

Θεμέλιο του βιβλίου αποτελεί το Πρόγραμμα Σπουδών, η επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση η οποία προτείνεται σε αυτό, τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις), καθώς και οι ενδεικτικές δραστηριότητες ανά μεθοδολογικό βήμα.

Τα θεματικά πεδία του Προγράμματος Σπουδών είναι:

- Ηλεκτρομαγνητισμός
- Πεδία και Κύματα – Φως
- Σύγχρονη Φυσική – Τεχνολογία

Το βιβλίο αυτό περιλαμβάνει τα παραπάνω θεματικά, χωρισμένα σε τέσσερα κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1. Ηλεκτρισμός (Ηλεκτρικό φορτίο – Ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις, Συσσώρευση – Μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου, Ηλεκτρικό πεδίο – Διαφορά δυναμικού, Ηλεκτρικό ρεύμα, Ηλεκτρική αντίσταση – Νόμος του Ohm, Μελέτη ηλεκτρικών κυκλωμάτων και εφαρμογή των αρχών διατήρησης – Σύνδεση αντιστάσεων, Βραχυκύκλωμα – Ασφάλειες, Ηλεκτρική ενέργεια και ισχύς).

Κεφάλαιο 2. Ηλεκτρομαγνητισμός (Μαγνήτες – Μαγνητικό πεδίο της Γης, Από τον ηλεκτρισμό στον μαγνητισμό, Από τον μαγνητισμό στον ηλεκτρισμό – Νόμος Faraday – Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή).

Κεφάλαιο 3. Φως (Φύση και διάδοση του φωτός, Διάθλαση και εφαρμογές, Ηλεκτρομαγνητικά κύματα και φως).

Κεφάλαιο 4. Επιλεγμένα θέματα σύγχρονης Φυσικής (Δομή του πυρήνα του ατόμου – Πυρηνική ενέργεια – Σύντηξη – Σχάση – Ραδιενέργεια, Στοιχειώδη σωματίδια – Ύλη – Αντιύλη – Το καθιερωμένο πρότυπο, Στοιχεία κοσμολογίας και σχετικότητα).

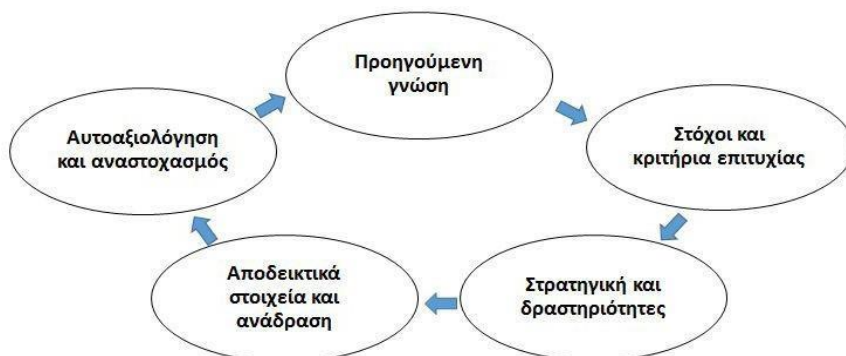
Προτεινόμενες Διδακτικές ώρες ανά Ενότητα

Ενότητα	Ώρες
1.1	3
1.2	4
1.3	2
1.4	3
1.5	3
1.6	3
1.7	2
1.8	3
2.1	2
2.2	4
2.3	3
3.1	3
3.2	5
3.3	2
4.1	4
4.2	2
4.3	2

Στις επόμενες σελίδες υπάρχουν στοιχεία από τη διδακτική της Φυσικής και επαφίεται στον εκπαιδευτικό να διαπιστώσει σε τι βαθμό το βιβλίο αυτό τον βοηθά στο δικό του διδακτικό μετασχηματισμό.

ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η διαμορφωτική αξιολόγηση χρησιμοποιείται ως εργαλείο για τη μάθηση μέσω της αυτοαξιολόγησης και της ομότιμης αξιολόγησης, και ως μάθηση. Η διαμορφωτική αξιολόγηση περιλαμβάνει είτε τυπικές είτε άτυπες διαδικασίες, που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων της μάθησης κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, τα οποία χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή της διδασκαλίας και για την κάλυψη των αναγκών των μαθητών. Η διαδικασία επιτρέπει στους/στις εκπαιδευτικούς και τους/τις μαθητές/τριες να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο των μαθητών/τριών και να προτείνουν προσαρμογές στην προσέγγιση του εκπαιδευτικού μέσω της ανατροφοδότησης.



Έγινε προσπάθεια ώστε το βιβλίο να αποτελεί όχι μόνο έναν οδηγό μάθησης, έναν πλοηγό για τη μελέτη του περιεχομένου, αλλά και ένα εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης, αφού τα αποδεικτικά στοιχεία της μάθησης καταγράφονται μέσα στο βιβλίο, το οποίο χαρακτηρίζεται ως βιβλίο- τετράδιο.

Στο πρώτο βήμα της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Έναυσμα του ενδιαφέροντος) εκτός από εικόνες ή video υπάρχει και το «Ας αναρωτηθούμε». Οι ερωτήσεις αυτές είναι κατάλληλες και για την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και για συζήτηση στην τάξη ή και εξ αποστάσεως σε κάποιο forum του σχολικού δικτύου.



Στο δεύτερο βήμα της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Διατύπωση υποθέσεων), ακολουθούν ερωτήματα και υπάρχει χώρος ώστε να γίνει καταγραφή των υποθέσεων των μαθητών/τριών, εναλλακτικά δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουν από κάποιες προτεινόμενες υποθέσεις, οι οποίες εμφανίζονται ως ερωτήσεις παιδιών που δίνουν πιθανές απαντήσεις. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται σημαντικές ανάγκες για μάθηση, με βάση τις προηγούμενες γνώσεις και ανιχνεύονται πιθανές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΩΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΝΤΑΙ

Οι μαθητές/τριες έρχονται στο σχολείο με ένα σύνολο «Εναλλακτικών Ιδεών» (στο εξής Ε.Ι.), όπως ονομάζονται, που σχετίζονται με τα φαινόμενα και τις έννοιες του φυσικού κόσμου. Οι Ε.Ι. των μαθητών/τριών είναι νοητικές κατασκευές τις οποίες δομούν οι μαθητές/τριες, προκειμένου να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα και βασίζονται στην άμεση εμπειρία από τον φυσικό κόσμο και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Οι αντιλήψεις των παιδιών για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα ενσωματώνονται σε εννοιολογικές δομές, που παρέχουν μία λογική και συνεπή κατανόηση του κόσμου από τη μεριά των παιδιών. Μερικές από τις ιδέες των μαθητών/τριών για τον φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, που δεν αλλάζουν εύκολα με τη διδασκαλία. Οι Ε.Ι. των μαθητών/τριών:

- είναι κυρίως βιωματικές.
- χαρακτηρίζονται από παγκοσμιότητα.
- παρουσιάζουν ομοιότητες με ιδέες που καταγράφηκαν στην ιστορία της επιστήμης.
- είναι υποσυνείδητες· δηλαδή, συνήθως, οι μαθητές/τριες δεν έχουν συνείδηση του είδους των ιδεών που κατέχουν και, ως εκ τούτου, των εξηγήσεων που μπορεί να δίνουν για τα φυσικά φαινόμενα. Για τον λόγο αυτό, κατά τη διδασκαλία, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να κάνουν ανάδειξη των ιδεών των μαθητών/τριών, ώστε να αποκτήσουν συνείδηση των ιδεών τους.
- ερμηνεύουν σε «ικανοποιητικό» βαθμό την «πραγματικότητα» και γι' αυτό οι μαθητές/τριες δεν είναι πρόθυμοι να τις εγκαταλείψουν.

Ποιοι είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις Ε.Ι. των μαθητών/τριών;

- Οι ιδέες αναπτύσσονται στην προσπάθεια των μαθητών/τριών να ερμηνεύσουν το φυσικό και τεχνητό περιβάλλον στο οποίο ζουν με βάση τις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν. Έτσι, οι ιδέες των μαθητών/τριών διαμορφώνονται:
- από την επίδραση των αντιλήψεων ανθρώπων μεγαλύτερης ηλικίας,
- από την επίδραση των Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας, των εξωσχολικών βιβλίων, του διαδικτύου κ.ά., από την αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά,
- από τη διδασκαλία και τα σχολικά εγχειρίδια. Πράγματι, η έλλειψη καλής επικοινωνίας του/της δασκάλου/ας με τους/τις μαθητές/τριες μπορεί να οδηγήσει τον/τη μαθητή/τρια στο να δώσει διαφορετικό νόημα σε αυτά που ακούει από τον/τη δάσκαλο/α από εκείνο που θα ήθελε να μεταδώσει ο ίδιος ο/η εκπαιδευτικός. Επίσης, οι μαθητές/τριες κατανοούν ό,τι διαβάζουν στα σχολικά εγχειρίδια επηρεαζόμενοι από δικά τους ερμηνευτικά σχήματα.
- από την καθημερινή γλώσσα. Πράγματι, η γλώσσα παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία Ε.Ι. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η σημειολογία είναι διαφορετική σε μια λέξη, όταν αυτή χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής και διαφορετική όταν η ίδια λέξη χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της επιστήμης, όπως, για παράδειγμα, οι λέξεις δύναμη ή σώμα. Εκφράσεις, όπως «κλείσε την πόρτα για μην μπει το κρύο» οδηγεί στην άποψη ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά μεγέθη, η ζέστη και το κρύο. Επίσης, για παράδειγμα, «η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος» οδηγεί στην αντίληψη ότι το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται.

Η ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΔΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Υπάρχουν τεχνικές για την ανάδειξη των Ε.Ι. των μαθητών;

Οι εκπαιδευτικοί ενδείκνυται να προσπαθούν να ενημερωθούν για τις απόψεις των μαθητών/τριών πριν από τη διδασκαλία ενός μαθησιακού αντικειμένου. Εκτός από τη μελέτη της βιβλιογραφίας στην οποία είναι καταγεγραμμένες οι ιδέες των μαθητών/τριών, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να εφαρμόζει και δικές του τεχνικές, προκειμένου να ενημερωθεί για τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών της τάξης του/της. Υπάρχουν και κάποιες τεχνικές που έχουν δοκιμαστεί στην πράξη και είναι αποδοτικές γι' αυτόν τον σκοπό. Αυτές μπορεί να είναι:

- Ερωτηματολόγιο ή προφορικές ερωτήσεις: Οι μαθητές/τριες καλούνται να απαντήσουν σε κατάλληλες ερωτήσεις γραπτά ή προφορικά.
- Γραπτές δηλώσεις: Ζητείται, για παράδειγμα, από τους/τις μαθητές/τριες να γράψουν προτάσεις οι οποίες να περιέχουν την υπό διδασκαλία έννοια ή την άποψή τους για ένα φαινόμενο.
- Αφίσες: Οι μαθητές/τριες καλούνται να σχεδιάσουν αφίσες ή απλά μια εικόνα σχετικά με τις απόψεις τους για ένα θέμα.
- Ταξινόμηση καρτών: Οι μαθητές/τριες καλούνται να ταξινομήσουν κάρτες.
- Νοητικά ή πραγματικά πειράματα: Οι μαθητές/τριες καλούνται να προβλέψουν νοητικά την εξέλιξη ενός πειράματος ή να πραγματοποιήσουν ένα πείραμα και να αιτιολογήσουν το αποτέλεσμα.
- Πρόβλεψη ή/και εξήγηση: Οι μαθητές/τριες καλούνται να διατυπώσουν μια πρόβλεψη για ένα φαινόμενο, δίνοντας κατάλληλη εξήγηση ή απλά, αν το φαινόμενο είναι γνωστό, να δώσουν εξήγηση.

Πώς επιτυγχάνεται η αλλαγή των Ε.Ι. των μαθητών/τριών προς αντιλήψεις συμβατές με την επιστημονική γνώση;

Η τροποποίηση των Ε.Ι. είναι σύνθετη διαδικασία, διότι συνεπάγεται αλλαγή του εννοιολογικού πλαισίου με το οποίο οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται τον φυσικό κόσμο. Όταν οι μαθητές/τριες, με βάση τις ιδέες τους, μπορούν να ερμηνεύουν αρκετά φυσικά φαινόμενα δεν είναι πρόθυμοι να τις αλλάξουν. Με άλλα λόγια, οι Ε.Ι. των μαθητών/τριών δεν τροποποιούνται εύκολα με τη διδασκαλία. Για να συμβεί αυτό, πρέπει οι μαθητές/τριες:

- να αναγνωρίσουν ότι υπάρχουν δεδομένα τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν με βάση αυτές τις ιδέες,
- να συνειδητοποιήσουν ότι οι εξηγήσεις τους ή οι προβλέψεις τους είναι μη ικανοποιητικές,
- να θελήσουν να αποδεχθούν άλλες πιθανές εξηγήσεις, οι οποίες όμως θα είναι κατανοητές, λειτουργικές και παραγωγικές.

Για τους παραπάνω σκοπούς οι εκπαιδευτικοί είναι καλό να:

- σχεδιάζουν μια σειρά διδασκαλιών για μια θεματική ενότητα, οι οποίες να έχουν ως στόχο τη συνολική τροποποίηση των Ε.Ι. των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα αυτής της ενότητας,
- να αναδεικνύουν τις ιδέες των μαθητών/τριών,
- να προβλέπουν τρόπους με τους οποίους οι μαθητές/τριες θα γίνουν ενήμεροι των απόψεών τους,
- να παρέχουν ευκαιρίες στους/στις μαθητές/τριες να ξανασκεφτούν τις απόψεις τους, ώστε να συμμετέχουν ενεργά στην τροποποίησή τους. Δηλαδή, με σωστό σχεδιασμό, να δημιουργούν συνθήκες γνωστικής σύγκρουσης,
- να φροντίζουν για μεταγνωστική αξιοποίηση (Τι ξέρω γι' αυτό; Τι ήξερα πριν; Πώς σκέφτηκα;).

Η ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ

Τι είναι η γνωστική σύγκρουση και τι απαιτεί ο σχεδιασμός της;

Η γνωστική σύγκρουση (cognitive conflict) αποτελεί ένα σημαντικό διδακτικό εργαλείο, γιατί είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο/η μαθητής/τρια έρχεται αντιμέτωπος/η όχι με τις απόψεις των άλλων, αλλά με τη διάψευση των δικών του/της απόψεων ή των προβλέψεων που κάνει στηριζόμενος/η στις αντιλήψεις του/της. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση αυτής της «σύγκρουσης» τόσο πιο μεγάλη διαταραχή θα επέλθει στις αρχικές αντιλήψεις του μαθητή/τριας. Η αντιπαραβολή των απόψεων των μαθητών/τριών με αυτές των επιστημόνων ή του/της δασκάλου/ας δεν θεωρείται γνωστική σύγκρουση.

Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση της γνωστικής σύγκρουσης για ένα θέμα απαιτεί:

- ο/η εκπαιδευτικός να γνωρίζει τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για το συγκεκριμένο θέμα,
- η πορεία που θα ακολουθήσουν οι μαθητές/τριες, προκειμένου να οδηγηθούν σε συμπεράσματα αντίθετα από τα πιστεύω τους, πρέπει να είναι στα μάτια τους ευλογοφανής και αξιόπιστη,
- η σύγκρουση που θα προκύψει πρέπει να είναι κατανοητή και διαπραγματεύσιμη από τους/τις ίδιους/ίδιες τους/τις μαθητές/τριες,
- προσοχή από τον εκπαιδευτικό, γιατί η γνωστική σύγκρουση γίνεται στην τάξη και ίσως να είναι αρνητική εμπειρία για κάποιον/α μαθητή/τρια, αν δεν υπάρχει κλίμα ελευθερίας στην τάξη και συστηματική αξιοποίηση του «λάθους».

Παρακάτω αναφέρονται κάποια παραδείγματα Ε.Ι. σε έννοιες σχετικές με το περιεχόμενο αυτού του βιβλίου.

Βαρύτητα – Στατικός ηλεκτρισμός – Μαγνητισμός – Ηλεκτρικό Πεδίο

Ορισμένοι μαθητές/τριες θεωρούν ότι η ισχυρότερη αλληλεπίδραση είναι η βαρυτική.

Επίσης ότι:

- Το στίλο που έτριψαν στα ρούχα τους έγινε μαγνήτης.
- Ο μαγνήτης έλκει όλα τα μέταλλα.
- Οι μεγάλοι μαγνήτες είναι ισχυρότεροι από τους μικρούς.
- Οι ηλεκτροστατικές και οι μαγνητικές δυνάμεις ταυτίζονται.
- Το ηλεκτρικό πεδίο δεν υπάρχει, αν δεν τοποθετηθεί σε αυτό «κάτι» που θα δεχτεί δυνάμεις και θα το ανιχνεύσει.
- Η διαφορά δυναμικού είναι ενέργεια.
- Οι πόλοι ενός μαγνήτη μπορούν να απομονωθούν.

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ορισμένοι μαθητές/τριες θεωρούν ότι:

- Ο ρόλος της πηγής είναι να παράγει ηλεκτρικά φορτία.
- Σε έναν ρευματοφόρο αγωγό, τα ηλεκτρόνια κινούνται με ταχύτητα που προσεγγίζει την ταχύτητα του φωτός.
- Η διαφορά δυναμικού είναι το αποτέλεσμα του ρεύματος και όχι η αιτία του.
- Τα ηλεκτρόνια επιβραδύνουν περνώντας μέσα από μια αντίσταση.
- Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεγαλύτερη πριν από μια αντίσταση, απ' ό,τι μετά από αυτήν.
- Όσο πιο ογκώδης είναι ο αγωγός, τόσο πιο μεγάλη είναι η αντίστασή του.
- Το καθαρό νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Φως

Ορισμένοι μαθητές/τριες θεωρούν ότι:

- Όλα τα φωτόνια έχουν την ίδια ενέργεια.
- Το φως έχει πάντοτε την ίδια ταχύτητα.
- Το μαύρο είναι χρώμα.
- Αν «κάτι» φωτίζεται, μπορούμε να το δούμε, χωρίς απαραίτητα το φως από αυτό να φτάσει στο μάτι μας.
- Τα μάτια μας βλέπουν το χρώμα του αντικειμένου και όχι το χρώμα του ανακλώμενου φωτός.
- Το φως είναι ένα μίγμα από σωματίδια και κύματα.
- Στη διάθλαση, η συχνότητα του φωτός αλλάζει.

Σύγχρονη Φυσική

Ορισμένοι μαθητές/τριες θεωρούν ότι:

- Τα μόνα στοιχειώδη σωματίδια είναι το πρωτόνιο, το νετρόνιο και το ηλεκτρόνιο.
- Τα άτομα εξαφανίζονται κατά την εκπομπή ραδιενέργειας.
- Ο χρόνος είναι απόλυτος.
- Μια μάζα μπορεί να κινείται με την ταχύτητα του φωτός.
- Η διαστολή του χρόνου και η συστολή του μήκους δεν έχουν αποδειχθεί πειραματικά.

Έργο- Ενέργεια

Ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι:

- Ένα αντικείμενο έχει έργο.
- Η ενέργεια είναι κάτι που σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα.
- Η ενέργεια είναι ένα ρευστό ή ένα συστατικό ή ένα προϊόν.
- Ένα σώμα έχει κινητική ενέργεια εφόσον κινείται και δυναμική ενέργεια εφόσον είναι ακίνητο.
- Η ενέργεια καταναλώνεται καθώς μεταμορφώνεται από μια μορφή σε μια άλλη.
- Η ενέργεια είναι μια δύναμη.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η επιστημονική καλλιέργεια περιλαμβάνει τις επιστημονικές διαδικασίες (αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω) αλλά και τα εξής:

Φύση της επιστήμης

Βασικά σημεία σχετικά με τη φύση της επιστήμης είναι:

- Οι νόμοι και οι θεωρίες εξυπηρετούν διαφορετικούς ρόλους στην επιστήμη και δεν έχουν ιεραρχική σχέση μεταξύ τους· οι θεωρίες εξηγούν τους νόμους της φυσικής.
- Δεν υπάρχει καθολική επιστημονική μέθοδος βήμα προς βήμα. (Παρόλο που υπάρχουν κοινές μέθοδοι, δεν υπάρχει μια βήμα προς βήμα προσέγγιση την οποία χρησιμοποιούν όλοι οι επιστήμονες).
- Η επιστήμη είναι μια πολύ δημιουργική προσπάθεια. Οι επιστημονικές θεωρίες παρέχουν ένα πλαίσιο για την ερμηνεία των δεδομένων και την πρόβλεψη νέων φαινομένων. Μια καλή θεωρία πρέπει να είναι επαληθεύσιμη και να μπορεί να προβλέπει αποτελέσματα που μπορούν να δοκιμαστούν.
- Η επιστημονική γνώση βασίζεται σε μεγάλο βαθμό, αλλά όχι εξολοκλήρου, στην παρατήρηση, τα πειραματικά δεδομένα, τα ορθολογικά επιχειρήματα, τη δημιουργικότητα και τον σκεπτικισμό.
- Η επιστημονική πρόοδος χαρακτηρίζεται από τον ανταγωνισμό μεταξύ ανταγωνιστικών θεωριών. Οι επιστήμονες μπορούν να ερμηνεύσουν διαφορετικά τα ίδια πειραματικά δεδομένα.
- Τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας δημοσιεύονται σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια για να αξιολογηθούν από την επιστημονική κοινότητα.
- Η συνεργασία και ο διάλογος μεταξύ των επιστημόνων προάγουν την εξέλιξη της γνώσης. Η ανάπτυξη επιστημονικών θεωριών, κατά καιρούς, βασίζεται σε ασυνεπή θεμέλια.
- Υπάρχουν ιστορικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιρροές στην επιστήμη.
- Η επιστήμη και η τεχνολογία επηρεάζουν η μία την άλλη, αλλά δεν είναι το ίδιο.
- Η επιστήμη περιορίζεται σε φυσικές και λογικές εξηγήσεις για τα φαινόμενα του κόσμου. Δεν ασχολείται με υπερφυσικές ή μεταφυσικές αιτίες που δεν μπορούν να ελεγχθούν εμπειρικά.

Έννοιες κλειδιά

Αναφέρονται ορισμένες όπως:

Δύναμη, Ενέργεια-Ύλη, Μοντέλο, Ακρίβεια, Χωρόχρονος, Κλίση, Ισορροπία, Θεμελιώδεις οντότητες, Αλληλεπίδραση, Κλίμακα

Σχέσεις επιστήμης τεχνολογίας και περιβάλλοντος / Υπολογιστική σκέψη

Τα τελευταία χρόνια προτείνονται οι διαδικασίες της Υπολογιστικής Σκέψης με σκοπό την επίλυση προβλημάτων στην πρακτική του STEM. Όπου Science: Η μελέτη του φυσικού κόσμου. Technology: Η τροποποίηση του φυσικού κόσμου για την ικανοποίηση των αναγκών των ανθρώπων. Engineering: Η εφαρμογή των μαθηματικών και των επιστημών για τη δημιουργία Τεχνολογίας. Math: Αριθμοί, πράξεις, μοτίβα και σχέσεις, χαρακτηριστικά της δομής. Οι διαδικασίες της υπολογιστικής σκέψης είναι οι εξής: Αφαίρεση: Αναγνώριση και εξαγωγή σχετικών πληροφοριών για τον ορισμό βασικών ιδεών. Σχεδιασμός αλγορίθμου: Δημιουργία μιας σειράς εντολών ή μοντέλων για την επίλυση παρόμοιων προβλημάτων ή για την εκτέλεση μιας εργασίας. Αποσύνθεση: Κατακερματισμός δεδομένων, διαδικασιών ή προβλημάτων σε μικρότερα διαχειρίσιμα μέρη. Αναγνώριση μοτίβων: Παρατήρηση μοντέλων, τάσεων και κανονικότητας στα δεδομένα. Το πλαίσιο αυτό δίνει τη δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες να επιλύουν δημιουργικά προβλήματα χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία και αναπτύσσοντας κομβικές δεξιότητες (ψηφιακός και πληροφοριακός γραμματισμός, αυτόνομη μάθηση, επικοινωνία συνεργασία καινοτομία και δημιουργικότητα, όπως αυτές περιγράφονται και αναπτύσσονται στο μοντέλο [ATS2020](#)).

Δεξιότητες

Ασφαλής χρήση συσκευών

Αλληλεπίδραση με Η/Υ

Μέτρηση με τη χρήση οργάνων του εργαστηρίου φυσικών επιστημών

Αξιοποίηση καθημερινών υλικών στο εργαστήριο φυσικών επιστημών

Χρήση ποσοτικών σχέσεων

Αξίες

Αμφισβήτηση

Ευαισθητοποίηση για την προστασία του περιβάλλοντος

Σεβασμός στη λογική

Επιθυμία για γνώση

Απαίτηση για επαλήθευση

Αναστοχασμός

Επίγνωση των συνεπειών

Στάσεις

Ενδιαφέρον

Αυτοπεποίθηση

Εκτίμηση των συντελεστών και των συνεργατών

Επιλογή των μέσων

Ανταπόκριση (τάση για απαντήσεις)

Τάση για εξηγήσεις

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Τι εννοούμε με τον όρο επιστημονικές διαδικασίες και ποιες είναι αυτές;

Επιστημονικές διαδικασίες ονομάζονται οι διαδικασίες που εφαρμόζουν οι επιστήμονες στην εργασία τους. Η άσκηση των μαθητών σε αυτές καλλιεργεί δεξιότητες που θα τους είναι χρήσιμες στη ζωή τους και, ταυτόχρονα, τους καθιστά ενήμερους για τη φύση των φυσικών επιστημών. Οι επιστημονικές διαδικασίες θεωρούνται βασικές συνιστώσες του επιστημονικού γραμματισμού. Συνεπώς, είναι απαραίτητο κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες, ώστε οι μαθητές να ασκούνται στις επιστημονικές διαδικασίες.

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δίνουν ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλέκονται στην επιστημονική διερεύνηση ερωτημάτων και στην επίλυση προβλημάτων. Ένας κατάλογος επιστημονικών διαδικασιών είναι αυτός που αναφέρεται στον «Οδηγό του Εκπαιδευτικού για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο» της UNESCO (1994). Αυτός ο κατάλογος περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες:

- Παρατήρηση Ταξινόμηση
- Διατύπωση μαθηματικών σχέσεων
- Μετρήσεις
- Οικοδόμηση χωροχρονικών σχέσεων
- Επικοινωνία
- Διατύπωση προβλέψεων
- Εξαγωγή συμπερασμάτων
- Διατύπωση λειτουργικών ορισμών
- Διατύπωση υποθέσεων
- Ερμηνεία δεδομένων
- Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών
- Διεξαγωγή πειραμάτων (Πραγματικών και νοητικών)

Ποια είναι τα βασικά βήματα μιας μικρής έρευνας που μπορούν να διεξάγουν οι μαθητές στα μαθήματα των Φ.Ε.;

- Επιλογή ενός γενικού ερωτήματος ή προβλήματος (στο πλαίσιο των δυνατοτήτων, των εμπειριών και των ενδιαφερόντων των μαθητών).
- Προσδιορισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών.
- Συζητήσεις και λήψη αποφάσεων για τον τρόπο που θα γίνει ο έλεγχος των μεταβλητών και γενικότερα η συλλογή των δεδομένων.
- Επιλογή των συσκευών και οργάνων που θα χρειαστούν - Έλεγχος των κινδύνων.
Διατύπωση προβλέψεων για το πιθανό αποτέλεσμα της έρευνας.
- Πραγματοποίηση των σχεδιασμένων παρατηρήσεων, πειραμάτων και μετρήσεων - Καταγραφή των δεδομένων. Έλεγχος της αξιοπιστίας των δεδομένων.
- Ερμηνεία των δεδομένων - Εξαγωγή συμπερασμάτων.
- Επισήμανση των σημείων στα οποία τα δεδομένα υποστηρίζουν ή καταρρίπτουν τις αρχικές προβλέψεις.
Αξιολόγηση της διαδικασίας.

Παρατήρηση

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Παρατήρηση» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η επιστήμη ξεκίνησε αλλά και εξελίχθηκε από την παρατήρηση φυσικών φαινομένων. Η Αστρονομία, για παράδειγμα, αναπτύχθηκε με τη συστηματική παρατήρηση του ουρανού. Στην ιστορία της Φυσικής μπορούμε να βρούμε περιπτώσεις όπου μία παρατήρηση ενέπνευσε κάποιον επιστήμονα για να σκεφτεί και να διατυπώσει μια θεωρία. Για παράδειγμα, η παρατήρηση της ανύψωσης της στάθμης του νερού με τη βύθιση κάποιου σώματος από τον Αρχιμήδη.

Η παρατήρηση μπορεί να αποτελέσει ερέθισμα, όχι μόνο για τη δραστηριοποίηση της επιστημονικής σκέψης, αλλά και αφητηρία μαθησιακών διαδικασιών. Οι άνθρωποι από παιδιά ακόμα παρατηρούν τον κόσμο και διατυπώνουν ερωτήματα για τη φύση των αντικειμένων και τις σχέσεις μεταξύ τους. Τα παιδιά, μέσω της παρατήρησης, αποκτούν αίσθηση του χώρου και του χρόνου. Η δεξιότητα της παρατήρησης ασκείται με την κινητοποίηση όλων των αισθήσεων και καθιστά ικανούς τους μαθητές να κάνουν αξιόπιστες και έγκυρες μετρήσεις, να ταξινομούν τα δεδομένα των παρατηρήσεών τους και να αναγνωρίζουν κανονικότητες σε αυτά τα δεδομένα. Επομένως, η παρατήρηση είναι μία από τις βασικές παραμέτρους της μαθησιακής διαδικασίας και η δραστηριότητα εκείνη με την οποία συνήθως ξεκινά μια επιστημονική διερεύνηση.

Στο μάθημα της Φυσικής συχνά διαπιστώνεται ότι η παρατήρηση από τους/τις μαθητές/τριες κάποιων φαινομένων ή πειραμάτων δεν τους/τις οδηγεί στις αναμενόμενες διαπιστώσεις. Οι μαθητές/τριες δεν παρατηρούν πάντα αυτό που θα θέλαμε να παρατηρήσουν, αλλά συχνά «βλέπουν» άσχετες λεπτομέρειες. Για τον λόγο αυτό, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να σχεδιάζουν κατάλληλες δραστηριότητες, που θα βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να αναπτύξουν τη δεξιότητα της παρατήρησης.

Ταξινόμηση

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Ταξινόμηση» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Ταξινόμηση είναι η διαδικασία της ομαδοποίησης με βάση κοινά γνωρίσματα. Η ταξινόμηση αποτελεί μία από τις σημαντικές επιστημονικές διαδικασίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαδικασίας της ταξινόμησης αποτελεί ο περιοδικός πίνακας των χημικών στοιχείων.

Η ταξινόμηση, στη διδακτική πράξη, είναι μια διαδικασία που βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να αναγνωρίσουν την ενότητα και την ποικιλία του φυσικού κόσμου. Η διαδικασία της ταξινόμησης συνήθως ακολουθεί τη διαδικασία της παρατήρησης και βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να εντοπίζουν τις ομοιότητες και τις διαφορές των υπό μελέτη φαινομένων ή αντικειμένων και να ανακαλύπτουν ιδιότητες με βάση την ομαδοποίηση. Μπορεί, για παράδειγμα, να ζητηθεί από τους/τις μαθητές/τριες να ταξινομήσουν σώματα, προκειμένου να κάνουν τη διάκριση μεταξύ καλών και κακών αγωγών του ηλεκτρικού ρεύματος.

Διατύπωση μαθηματικών σχέσεων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Διατύπωση μαθηματικών σχέσεων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η χρήση των Μαθηματικών στη Φυσική είναι σημαντική, αφού βοηθάει στη διατύπωση των ορισμών και των νόμων σύντομα και περιεκτικά και δίνει τη δυνατότητα ποσοτικών υπολογισμών. Μπορούμε να αναφέρουμε, ως χαρακτηριστικό παράδειγμα, τις εξισώσεις της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας του Maxwell, οι οποίες περιγράφουν σύντομα και περιεκτικά όλους τους νόμους της Φυσικής για τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Στη διδασκαλία της Φυσικής, στο Γυμνάσιο και ιδιαίτερα στο Λύκειο, γίνεται χρήση μαθηματικών σχέσεων. Οι μαθηματικές σχέσεις αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της κοινωνικής γλώσσας της επιστήμης και γι' αυτόν τον λόγο θα πρέπει να μεταδίδονται κατάλληλα στους/στις μαθητές/τριες. Η χρήση μαθηματικού φορμαλισμού στη διδασκαλία της Φυσικής απαιτεί μεγάλου βαθμού αφαίρεση και γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή από την πλευρά του/της εκπαιδευτικού. Πολλές φορές, οι μαθητές/τριες δεν έχουν συνείδηση του περιεχομένου των μαθηματικών σχέσεων που χρησιμοποιούν και κάνουν απλά μηχανιστική χρήση. Ο/Η δάσκαλος/α θα πρέπει να βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να κατανοήσουν τη φυσική σημασία της κάθε εξίσωσης ή διαγράμματος που θα χρησιμοποιήσουν.

Μετρήσεις

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Μέτρηση» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η ποσοτική μελέτη των φυσικών φαινομένων γίνεται με δεδομένα που προκύπτουν από μετρήσεις. Συνεπώς, η λήψη μετρήσεων είναι μία από τις σημαντικές διαδικασίες των Φυσικών Επιστημών. Προφανώς και η διδασκαλία της Φυσικής θα πρέπει να περιλαμβάνει στη στοχοθεσία της την άσκηση των μαθητών/τριών σε διαδικασίες λήψης μετρήσεων, αφενός μεν επειδή αυτό απαιτείται από την ίδια τη φύση του μαθήματος της Φυσικής και, αφετέρου, για λόγους απόκτησης δεξιοτήτων από τους/τις μαθητές/τριες που θα τους είναι χρήσιμες στην καθημερινή ζωή. Οι μετρήσεις γίνονται με όργανα όπως ζυγός, θερμομέτρο κ.ά. και για τη λήψη τους απαιτείται τεχνική που αποκτάται με την άσκηση. Επίσης, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να γνωρίζουν ότι η κάθε μέτρηση εμπεριέχει ένα ποσοστό αβεβαιότητας και ότι το αποτέλεσμα μιας μέτρησης έχει νόημα όταν είναι γνωστή και η αβεβαιότητά του. Οι μαθητές/τριες, πολλές φορές, θεωρούν ότι δεν υπάρχει σφάλμα σε μια μέτρηση όταν αυτή γίνεται με «επιστημονικά όργανα».

Επικοινωνία

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Επικοινωνία» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η επικοινωνία στην επιστήμη είναι θεμελιώδης διαδικασία, γιατί επιτρέπει στον ερευνητή να ανακοινώνει γραπτά ή προφορικά τις σκέψεις του, τις ερευνητικές του προσπάθειες και τα συμπεράσματά του, κυρίως, σε περιοδικά και συνέδρια.

Οι μαθητές/τριες στο μάθημα της Φυσικής δυσκολεύονται να εκφραστούν, διότι η γλώσσα που απαιτείται δεν είναι αυτή που χρησιμοποιούν στην καθημερινή ζωή και πολλές λέξεις δεν έχουν το ίδιο νόημα. Στη σχολική τάξη ο/η μαθητής/τρια, προκειμένου να αναπτύξει την ικανότητα έκφρασης και επικοινωνίας, πρέπει να έχει πολλές ευκαιρίες, για να μεταφράζει τις σκέψεις του με λόγια, με γραπτά κείμενα, με σχέδια, με γραφήματα και εξισώσεις. Η ικανότητα επικοινωνίας παρεμποδίζεται όταν ο εκπαιδευτικός μονολογεί ή όταν οι μαθητές/τριες δεν εργάζονται ομαδικά. Είναι σκόπιμο οι μαθητές/τριες να:

- Ερμηνεύουν καταστάσεις αλληλοεπιδρώντας και συνεργαζόμενοι.
- Κοινοποιούν πληροφορίες και ιδέες αποτελεσματικά σε πολλαπλά ακροατήρια, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μέσων και μορφών.
- Συμβάλλουν σε ομάδες εργασίας για να παράγουν πρωτότυπα έργα ή για την επίλυση προβλημάτων.

Εξαγωγή συμπερασμάτων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Εξαγωγή συμπερασμάτων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Οι επιστήμονες διατυπώνουν τα συμπεράσματά τους στο τέλος της έρευνας που διεξάγουν. Έτσι και στην εκπαίδευση, στη Φυσική, η εξαγωγή συμπερασμάτων είναι μια πολύ ουσιαστική διαδικασία που βοηθάει τους/τις μαθητές/τριες να συνειδητοποιήσουν το τελικό αποτέλεσμα της διερεύνησής τους.

Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να έχουν αναπτύξει ένα σχετικά ικανοποιητικό επιστημονικό λεξιλόγιο, ώστε να μπορούν να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους σε ένα φύλλο εργασίας. Ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να ασκήσει τους/τις μαθητές/τριες σε αυτή τη δεξιότητα. Για παράδειγμα, αρχικά ένα συμπέρασμα μπορεί να το διατυπώνει αφήνοντας λίγα κενά και γράφοντας ξεχωριστά το κατάλληλο λεξιλόγιο και περισσότερες λέξεις από τις απαιτούμενες, ώστε οι μαθητές να επιλέγουν τις κατάλληλες. Σταδιακά αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνεται με ολοένα περισσότερα κενά έως ότου φτάσουν στο σημείο οι μαθητές/τριες να γράφουν μόνοι τους κάποια συμπεράσματα. Μπορεί ακόμα οι μαθητές/τριες να γράφουν ομαδικά κάποιο συμπέρασμα και να ακολουθεί συζήτηση σχετικά με αυτό στο οποίο ο/η εκπαιδευτικός έμμεσα να αναδεικνύει τα προβληματικά σημεία.

Διατύπωση λειτουργικών ορισμών

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Διατύπωση λειτουργικών ορισμών» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Οι ορισμοί παρέχουν οικονομία στην επικοινωνία μεταξύ των επιστημόνων, επειδή μια λέξη ή ένας όρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί μιας εκτεταμένης περιγραφής. Στη διδασκαλία της Φυσικής, οι ορισμοί παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο. Στόχος στη διδασκαλία της Φυσικής θα πρέπει να αποτελεί η διατύπωση ορισμών από τους μαθητές, αρκεί να είναι αποτέλεσμα δημιουργικής σκέψης και όχι να είναι το αποτέλεσμα απλής απομνημόνευσης. Πολλές φορές η ορθή διατύπωση ενός ορισμού, ενός μεγέθους ή μιας έννοιας από τους μαθητές δε σημαίνει απαραίτητα ότι την κατανοεί. Ο εκπαιδευτικός πρέπει κατά τη διδασκαλία να βοηθά τους/τις μαθητές/τριές του, ώστε οι ίδιοι αρχικά να διατυπώνουν τον ορισμό ενός φυσικού μεγέθους, έστω κι αν σε πρώτη φάση αυτός είναι ατελής, και, στη συνέχεια, με συζήτηση να παρέχονται οι απαραίτητες διευκρινίσεις.

Στον ορισμό ενός φυσικού μεγέθους (το οποίο είναι μια αφηρημένη έννοια) είναι σκόπιμο να περιλαμβάνονται τα εξής: Πού αναφέρεται, τι εκφράζει, πώς ορίζεται, τι μέγεθος είναι, πώς μετριέται. Στην περίπτωση ενός νόμου της Φυσικής είναι σκόπιμο να περιλαμβάνονται τα εξής: πού αναφέρεται, σε ποιο ερώτημα απαντά ο νόμος, ποια απάντηση δίνει, πώς διατυπώνεται, σε τι μας εξυπηρετεί.

Οικοδόμηση χωροχρονικών σχέσεων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Οικοδόμηση χωροχρονικών σχέσεων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Οι επιστήμονες εξετάζουν τις μεταβολές που συμβαίνουν τοπικά και χρονικά και διατυπώνουν σχέσεις των μεγεθών με τον χωρόχρονο. Οι μαθητές/τριες, ειδικότερα του Δημοτικού και του Γυμνασίου, παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση εννοιών που περιλαμβάνουν χωροχρονικές σχέσεις. Για παράδειγμα, έχουν δυσκολία στη διάκριση μεταξύ των εννοιών της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

Διατύπωση προβλέψεων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Διατύπωση προβλέψεων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η πρόβλεψη αποτελεί σημαντικό μέρος της εργασίας των επιστημόνων. Για την πρόβλεψη στηρίζονται σε δεδομένα και σε υπάρχοντα επιστημονικά μοντέλα, γεγονός που κάνει την πρόβλεψη να διαφέρει από την υπόθεση. Για παράδειγμα, ο Maxwell προέβλεψε με βάση την ηλεκτρομαγνητική του θεωρία την παραγωγή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Επίσης, χαρακτηριστικό παράδειγμα πρόβλεψης είναι η πρόγνωση του καιρού. Οι επιστήμονες με δεδομένα που συλλέγουν από διάφορες μετρήσεις, όπως της ταχύτητας των ανέμων, της θερμοκρασίας, της πίεσης κ.ά. κατασκευάζουν ένα μοντέλο του καιρού, που μοιάζει πολύ με τον καιρό που επικρατεί τις επόμενες μέρες.

Κατά τη διδασκαλία της Φυσικής, ο/η εκπαιδευτικός πρέπει να δίνει τη δυνατότητα με κατάλληλες ερωτήσεις στους/στις μαθητές/τριες να κάνουν προβλέψεις και ακολούθως να προβαίνουν στον έλεγχό τους. Οι προβλέψεις κινητοποιούν τη σκέψη των μαθητών και τους προκαλούν το ενδιαφέρον, προκειμένου να διερευνήσουν το αποτέλεσμα της πρόβλεψής τους. Οι μαθητές δεν έχουν τις απαραίτητες γνώσεις, πολλές φορές και την εμπειρία, για να κάνουν τεκμηριωμένες προβλέψεις. Επίσης, προβλέπουν το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας διαισθητικά, χωρίς να εφαρμόσουν τους νόμους που διδάχθηκαν. Γι' αυτόν τον λόγο, θα πρέπει ο/η εκπαιδευτικός να ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να προβλέπουν συγκεκριμένα γεγονότα και καταστάσεις για τα οποία έχουν εμπειρία και η πρόβλεψη να μπορεί να γίνει με βάση τη διδαγμένη γνώση. Επίσης, να μην δέχεται διαισθητικές απαντήσεις, αλλά να ζητά εξήγηση του αποτελέσματος με βάση τις γνώσεις τους από το μάθημα. Οι προβλέψεις των μαθητών καθώς και τα επιχειρήματά τους θα πρέπει να καταγράφονται με σαφήνεια, ώστε να μπορούν να αντιπαρατεθούν με το τελικό αποτέλεσμα της διερεύνησής τους.

Διατύπωση υποθέσεων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Διατύπωση υποθέσεων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Προκειμένου οι επιστήμονες να εξηγήσουν φαινόμενα στα οποία δεν έχει δοθεί ως εκείνη τη στιγμή εξήγηση, διατυπώνουν υποθέσεις. Οι υποθέσεις μπορεί να παράγονται από κατά εικασία υπολογισμούς, από την ύπαρξη κάποιων πειραματικών δεδομένων ή ίσως ακόμα να προέρχονται από έμπνευση.

Η διατύπωση υποθέσεων αποτελεί δεξιότητα αρκετά υψηλού επιπέδου και ο/η εκπαιδευτικός, που προσπαθεί συνειδητά να αναπτύξει αυτή τη δεξιότητα των μαθητών/τριών, πρέπει να τους ρωτά τακτικά να υποθέσουν τις αιτίες και να δώσουν εξηγήσεις για φαινόμενα ή καταστάσεις.

Ερμηνεία δεδομένων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Ερμηνεία δεδομένων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Τα δεδομένα από μόνα τους δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία – για να αποκτήσουν αξία πρέπει να ερμηνευτούν κατάλληλα, να οδηγήσουν σε γενικεύσεις και να συσχετιστούν με τα ερωτήματα που έχουν τεθεί. Η συσσώρευση πληροφοριών χωρίς ερμηνεία είναι διαδικασία χωρίς αξία. Όμοια, στο Γυμνάσιο ή το Λύκειο, τα δεδομένα που συλλέγουν οι μαθητές/τριες μέσω μετρήσεων, πειραματισμού ή παρατηρήσεων, θα πρέπει να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να οδηγήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Μια βασική διαδικασία της επιστήμης είναι η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών. Δηλαδή, η διαπίστωση των παραγόντων που επηρεάζουν ένα φαινόμενο ή μια φυσική ποσότητα και με ποιον τρόπο. Οι επιστήμονες, όταν μελετούν ένα φαινόμενο ή ένα φυσικό μέγεθος, αναζητούν τις παραμέτρους (μεταβλητές) που το επηρεάζουν. Γι' αυτόν τον σκοπό συνήθως πειραματίζονται δημιουργώντας καταστάσεις τέτοιες, ώστε η επίπτωση κάθε παράγοντα στο φαινόμενο ή στο υπό μελέτη μέγεθος να ελέγχεται χωριστά.

Οι μαθητές/τριες, για να ασκηθούν στη συγκεκριμένη επιστημονική διαδικασία, θα πρέπει για τη διερεύνηση ενός ερωτήματος:

- να εντοπίζουν όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές που θα μπορούσαν να επιδράσουν στην εξαρτημένη μεταβλητή του ερωτήματος και
- να μεταβάλλουν διαδοχικά μόνον τη μία από αυτές, κρατώντας όλες τις άλλες σταθερές.

Υπάρχει περίπτωση, κατά τον έλεγχο των μεταβλητών, οι μαθητές/τριες να μην μπορέσουν να εντοπίσουν όλες τις μεταβλητές και μερικές να παραμείνουν κρυμμένες. Τότε, κατά τη διερεύνηση, οι μαθητές/τριες, μη γνωρίζοντας ότι υπάρχουν και κρυμμένες μεταβλητές, δεν τις κρατούν σταθερές, με αποτέλεσμα αυτές να παρεμβαίνουν στην όλη διαδικασία και να αλλοιώνουν τα συμπεράσματά τους. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται η κατάλληλη παρέμβαση του εκπαιδευτικού.

Διεξαγωγή πειραμάτων

Ποιος ο ρόλος της επιστημονικής διαδικασίας «Διεξαγωγή πειραμάτων» στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Η διεξαγωγή πειραμάτων είναι μια από τις βασικές επιστημονικές διαδικασίες. Με τον πειραματισμό δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης ή μιας θεωρίας (π.χ. με το πείραμα των Michelson – Morley δοκιμάστηκε η θεωρία του αιθέρα), αναζητούνται νέα φαινόμενα που προβλέφθηκαν θεωρητικά, δημιουργούνται νέα υλικά, εξάγονται εμπειρικοί νόμοι κ.ά. Το πείραμα είναι πράξη και ως πράξη προϋποθέτει γνώση, αλλά είναι και πηγή γνώσης. Με άλλα λόγια, υπάρχει μια κυκλική συσχέτιση πειράματος και θεωρίας.

Η χρήση του πειράματος στη διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να έχει τρεις λειτουργίες:

- A)** την εννοιολογική (βοηθά στη διαμόρφωση του εννοιολογικού πλαισίου των μαθητών π.χ. απόκτηση γνώσης του επιστημονικού περιεχομένου, εννοιών, αρχών, νόμων κ.λπ.)
- B)** την επιστημολογική (άσκηση των μαθητών στη μεθοδολογία της επιστήμης π.χ. έλεγχος θεωρητικών προβλέψεων, ερμηνεία δεδομένων κ.λπ.)
- Γ)** την παιδαγωγική (βοηθά στην ανάπτυξη ενδιαφέροντος, δεξιοτήτων και ικανοτήτων π.χ. παρατήρηση, χειρισμός οργάνων, κριτική σκέψη, υπομονή, επιμονή, παρώθηση, στάσεις, στρατηγικές σκέψης και λύσεων κ.λπ.)

Το πείραμα στην παραδοσιακή διδασκαλία χρησιμοποιείται κυρίως, για να επιβεβαιώσει μία θεωρία. Σε μια σύγχρονη διδασκαλία φυσικών επιστημών, το πείραμα χρησιμοποιείται με πολλαπλή στοχοθεσία, όπως για τον έλεγχο και την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών/τριών, για την άσκησή τους σε ψυχοκινητικές και νοητικές δεξιότητες, για την εξοικείωση με τις επιστημονικές διαδικασίες ή για την «ανακάλυψη» της γνώσης με διερεύνηση.

Ποιοι είναι οι κυρίως στόχοι μιας πειραματικής εργασίας;

Οι μαθησιακοί στόχοι ενδείκνυται να είναι σαφείς και σχετικά λίγοι σε αριθμό για κάθε δεδομένη πειραματική εργασία. Στόχοι που τίθενται κυρίως για Εργαστηριακές Δραστηριότητες είναι:

- Μέτρηση φυσικών μεγεθών με την κατάλληλη ακρίβεια.
- Αναγνώριση παραγόντων, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των μετρήσεών τους.
- Χειρισμός υλικών, συσκευών, εργαλείων και οργάνων μέτρησης.
- Σαφείς περιγραφές των παρατηρήσεων και των μετρήσεών τους.
- Αναπαράσταση πληροφοριών με κατάλληλους λεκτικούς, εικονογραφικούς, γραφικούς και μαθηματικούς όρους.
- Ικανότητα των μαθητών/τριών να υπερασπίζονται ορθολογικά τα συμπεράσματα και τις προβλέψεις τους.
- Αποτελεσματική επικοινωνία και συνεργασία των μαθητών/τριών με τους συνομηλίκους τους και τον/τη δάσκαλό/α τους.
- Αναφορά των παρατηρήσεων, των συμπερασμάτων και των προβλέψεων σε μορφές που κυμαίνονται από άτυπη συζήτηση ως μια επίσημη εργαστηριακή έκθεση.
- Ικανότητα αναγνώρισης των ερωτήσεων που μπορούν να διερευνηθούν μέσω του πειράματος και στη συνέχεια σχεδιασμός κατάλληλου πειράματος και πραγματοποίησή του με εξαγωγή συμπερασμάτων και αξιολόγηση.

Τι είναι τα **Νοητικά πειράματα** και ποιος ο ρόλος τους στη Φυσική και στη διδασκαλία της;

Σημαντικοί επιστήμονες που διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της Φυσικής, χρησιμοποίησαν κατά τις εργασίες τους όχι μόνο τα «πραγματικά» πειράματα αλλά και τα λεγόμενα Νοητικά Πειράματα (ΝΠ), τα οποία είναι πειράματα που εκτελούνται «στο εργαστήριο του μυαλού». Παραδείγματα ΝΠ είναι «τα συνδεδεμένα σώματα που πέφτουν» του Γαλιλαίου, «ο κάδος» και «το κανόνι» του Νεύτωνα, «ο ανεγκυστήρας» και το «τρένο» του Αϊνστάιν, «ο δαίμονας του Maxwell», «το μικροσκόπιο» του Heizenberg, «η γάτα» του Schrodinger κ.ά.

Τα ΝΠ σχεδιάζονται και εκτελούνται μόνο με τη σκέψη και όχι στην πραγματικότητα, γιατί απαιτούν σκηνικά που είναι αδύνατον να δημιουργηθούν ή η πιθανή πραγματοποίηση είναι υπέρμετρα επιζήμια.

Τα ΝΠ, αν και περιλαμβάνουν στοιχεία από το φυσικό κόσμο, συνήθως, υποθέτουν καταστάσεις που δεν υπάρχουν στην καθημερινή ζωή, όπως δάπεδα χωρίς τριβές ή υπερβολική θερμοκρασία. Επίσης, απαιτούν από τον πειραματιστή να φανταστεί και να προβλέψει οριακές καταστάσεις και να καταλήξει σε αποτελέσματα με βάση κάποιες υποθέσεις. Συνεπώς, η χρήση των ΝΠ στη διδασκαλία ωθεί τους/τις μαθητές/τριες να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους, να σκεφτούν αφαιρετικά, να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα, να κάνουν υποθέσεις και να βγάλουν συμπεράσματα κάνοντας συλλογισμούς.

Οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι τα ΝΠ είναι αναντικατάστατα εργαλεία προκειμένου να διδάξουν νόμους που περιλαμβάνουν σχέσεις με σημαντική αφαίρεση, όπως, για παράδειγμα, νόμους από τη θεωρία της σχετικότητας. Η νοητική πρόβλεψη του αποτελέσματος ενός πειράματος ενθαρρύνει τους/τις μαθητές/τριες να εκφράσουν τις ιδέες τους για τις έννοιες που πρόκειται να διδαχτούν. Είναι, συνεπώς, προφανές ότι τα ΝΠ είναι χρήσιμα για τη διαδικασία της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών/τριών. Επίσης τα ΝΠ, καθώς έχουν έναν ιδιαίτερο ρόλο στην ιστορία των ΦΕ, μπορούν να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να προσεγγίσουν τις ΦΕ μέσω της ιστορίας τους και να τους εξοικειώσουν με πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες.

ΜΑΘΗΣΗ ΜΕΣΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Ποιοι οι στόχοι της μάθησης μέσω διερεύνησης (inquiry-based learning IBL);

Στο τέλος του προηγούμενου αιώνα και στις αρχές του 21ου αιώνα εμφανίζονται διδακτικές προτάσεις που προτείνουν τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) με στοιχεία των επιστημονικών διαδικασιών. Προτείνεται η εισαγωγή μεθόδων διερεύνησης στη διδασκαλία των ΦΕ (αναφέρεται ως Inquiry-Based Science Education IBSE), καθώς και δράσεις για αντίστοιχη επιμόρφωση των διδασκόντων.

Για τη μάθηση μέσω διερεύνησης υπάρχουν πολλές εναλλακτικές προτάσεις και δεν μπορεί να δοθεί ένας σαφής ορισμός, ωστόσο θα μπορούσαμε γενικά να πούμε ότι είναι μια διδακτική προσέγγιση που επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να βιώσουν τις διαδικασίες με τις οποίες κατακτούν τη γνώση, καθώς απαντούν σε ερευνητικές ερωτήσεις μέσω της ανάλυσης δεδομένων από τους ίδιους.

Οι μαθητές μέσω της διερεύνησης επιδιώκεται να αναπτύξουν πολύτιμες δεξιότητες της έρευνας και να είναι προετοιμασμένοι για τη δια βίου μάθηση.

Τα μαθησιακά αποτελέσματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν την

- κριτική σκέψη,
- την ικανότητα για ανεξάρτητη έρευνα,
- την ευθύνη για τη μάθηση και την πνευματική ανάπτυξη και ωριμότητα.

Βασικοί στόχοι είναι:

- (i) η μάθηση του περιεχομένου,
- (ii) η άσκηση των μαθητών/τριών σε διαδικασίες της επιστήμης και
- (iii) η κατανόηση της φύσης της επιστήμης.

Ποια είναι τα βασικά σημεία της διδακτικής πρότασης της μάθησης μέσω διερεύνησης (inquiry-based learning IBL);

Η διδακτική πρόταση της μάθησης μέσω διερεύνησης αποτελεί τον απόηχο του ανακαλυπτικού μοντέλου και λαμβάνει υπόψη τα πορίσματα του κονστрукτιβισμού για τη μάθηση.

Τα βασικά σημεία της διδακτικής πρότασης της μάθησης μέσω διερεύνησης στα οποία συμφωνούν οι περισσότεροι ερευνητές είναι:

- Η μάθηση διεγείρεται από την έρευνα.
- Δημιουργούνται μαθησιακά περιβάλλοντα που ενθαρρύνουν τους/τις μαθητές/τριες να αναζητούν πληροφορίες για ένα ερώτημα ή ένα πρόβλημα που τους ενδιαφέρει και να υλοποιούν σχετικές διερευνήσεις ή μικρές έρευνες, για να απαντήσουν στο συγκεκριμένο ερώτημα ή πρόβλημα.
- Η μάθηση οικοδομείται από τον/τη μαθητή/τρια και υποβοηθείται από μια διαδικασία αναζήτησης της γνώσης.
- Ο ρόλος του δασκάλου είναι να ενεργεί ως διαμεσολαβητής της γνώσης, λαμβάνοντας υπόψη ό,τι ήδη γνωρίζουν οι μαθητές/τριες και να τους βοηθά να κάνουν διασυνδέσεις με τις υπάρχουσες εννοιολογικές τους δομές.
- Οι μαθητές/τριες έχουν ενεργό ρόλο στη μάθησή τους και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων.
- Οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ομάδες (συνεργατική μάθηση).

Ποια είναι τα επίπεδα της διερεύνησης;

Έχουν καταγραφεί από τους ερευνητές τέσσερα επίπεδα της διαδικασίας της διερεύνησης, με αυξανόμενο βαθμό των ερευνητικών ικανοτήτων που απαιτούνται από τους/τις μαθητές/τριες:

1ο επίπεδο (επιβεβαιωτική διερεύνηση)

Οι μαθητές/τριες επιβεβαιώνουν κάτι εκ των προτέρων γνωστό, μέσω προτεινόμενης διαδικασίας από τον/την εκπαιδευτικό.

2ο επίπεδο (καθοδηγούμενη διερεύνηση)

Οι μαθητές/τριες ερευνούν ένα ερώτημα που τους δίνεται μέσω προτεινόμενης διαδικασίας από τον/την εκπαιδευτικό.

3ο επίπεδο (προσανατολισμένη διερεύνηση)

Οι μαθητές/τριες ερευνούν ένα ερώτημα που τους δίνεται, αλλά οι ίδιοι σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν.

4ο επίπεδο (ανοιχτή διερεύνηση)

Οι μαθητές/τριες ερευνούν ένα ερώτημα που διατυπώνουν οι ίδιοι και επίσης οι ίδιοι σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν.

ΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των εικονικών εργαστηρίων έχουν διερευνηθεί εκτενώς (για παράδειγμα, Hamed, & Aljanazrah, 2020; Daineko, et al. 2017; Zacharia & Olympiou, 2011). Μερικά από τα πλεονεκτήματα των εικονικών πειραμάτων είναι:

- Δεν απαιτούν περίπλοκο, ακριβό εξοπλισμό και πολλές συσκευές.
- Μοντελοποιούν αντικείμενα, διαδικασίες και φαινόμενα, που συχνά δεν γίνονται αντιληπτά στο πραγματικό εκπαιδευτικό εργαστήριο, όπως αντικείμενα του μικρόκοσμου.
- Είναι δυνατόν, οι χρήστες να αλλάξουν εύκολα τις πειραματικές ρυθμίσεις αλλάζοντας συγκεκριμένες παραμέτρους του μοντέλου, κάτι που στο πραγματικό εργαστήριο είναι συνήθως δύσκολο ή και αδύνατο να γίνει. Για παράδειγμα, σε ένα εικονικό πείραμα οπτικής, μπορεί να κάνει κανείς διαδοχικές μικρές αλλαγές στον δείκτη διάθλασης ενός γυάλινου πρίσματος.
- Τα εικονικά πειράματα είναι ασφαλή και δεν είναι δυνατή η καταστροφή συσκευών λόγω αδέξιου χειρισμού.
- Στα εικονικά πειράματα είναι δυνατή η απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο, γραφημάτων φυσικών μεγεθών, διανυσμάτων και πεδίων.

Ωστόσο, η αποκλειστική χρήση εικονικών πειραμάτων έχει ορισμένα μειονεκτήματα και περιορισμούς. Πιο συγκεκριμένα, όταν χρησιμοποιούνται μόνο εικονικά πειράματα:

- Οι μαθητές/τριες δεν συνειδητοποιούν ότι στα πραγματικά πειράματα μπορεί να υπάρξουν απροσδόκητα γεγονότα, που μπορεί να συμβούν και να οδηγήσουν σε λάθος μετρήσεις, οι οποίες πρέπει να αποκλειστούν από την ανάλυση των δεδομένων.
- Οι μαθητές/τριες δεν αναπτύσσουν πρακτικές και βιωματικές δεξιότητες και δεν αποκτούν την αίσθηση της κλίμακας και του μεγέθους, όπως, για παράδειγμα, την αίσθηση του βάρους ενός αντικειμένου.
- Η έρευνα έχει δείξει ότι ο συνδυασμός πειραματισμού σε πραγματικά και εικονικά εργαστήρια «βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να μάθουν καλύτερα από όταν κάνουν μόνο πραγματικά ή μόνο εικονικά πειράματα» (Sullivan, et al., 2017).

ΤΑ ΤΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΑ QUIZ (ερωτηματολόγια)

Τα τακτικά συνεργατικά quiz ως αποτελεσματική στρατηγική:

- Φαίνεται να επικρατεί η άποψη μεταξύ των εκπαιδευτικών ότι ένα τεστ ή ένα quiz διάρκειας 15 λεπτών έχει μικρή αξία και το βλέπουν μόνο ως βάση για τη βαθμολόγηση των μαθητών/τριών υποτιμώντας την όποια παιδαγωγική αξία του. Όμως, τα συχνά quiz δεν είναι μόνο για τη βαθμολόγηση των μαθητών/τριών, αλλά βοηθούν τον/την εκπαιδευτικό στη διδασκαλία και τον/τη μαθητή/τρια στη μάθηση. Αποτελούν μια διδακτική τεχνική (Murray JP, 1990).
- Η δημιουργία των quiz δίνει στον/στην εκπαιδευτικό την προοπτική του μαθήματος και την ανατροφοδότηση για το τι έχουν και τι δεν έχουν μάθει οι μαθητές/τριες. Με τη συμπλήρωση των quiz οι μαθητές/τριες έχουν την ευκαιρία να δουν τι έχουν μάθει και να ανακαλύψουν τον σκοπό και το βάθος της γνώσης τους. Δίνουν, δε, και ένα κίνητρο στους/στις μαθητές/τριες, στο πλαίσιο της αυτορρυθμιζόμενης μάθησης (Tuckman, B.W. 1997).
- Πολλές φορές όμως η παιδαγωγική αξία των quiz υποτιμάται. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους. Στην άμεση ανατροφοδότηση από τον/την εκπαιδευτικό χωρίς να υπάρχει πρώτα συζήτηση μεταξύ των μαθητών/τριών και στην ατομική και όχι συνεργατική συμπλήρωση των quiz. Μάθηση χωρίς στήριξη από κανέναν είναι παιδαγωγικά αβάσιμη. Όταν οι μαθητές/τριες μαθαίνουν με άλλους, έχουν τη συναισθηματική και διανοητική υποστήριξη που τους επιτρέπει να πάνε πέρα από αυτό που τους επιτρέπει η παρούσα γνώση και οι ικανότητές τους (Johnson DW & Johnson RT 1996).
- Βέβαια, θα πρέπει τα προβλήματα που τίθενται στους/στις μαθητές/τριες να είναι στη ζώνη της επικείμενης ανάπτυξής τους και όσο το δυνατόν αυθεντικά και με νόημα για τους/τις μαθητές/τριες. Τα τακτικά συνεργατικά quiz είναι μια αποτελεσματική διδακτική στρατηγική και βοηθούν τους/τις μαθητές/τριες στη διατήρηση της μάθησης (Rao SP, Collins HL, and DiCarlo SE 2002, Gortright RN, Collins HL, Rodenbaugh DW, & DiCarlo SE 2003).

ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
Υποθέσεις - Προβλέψεις	<u>Έως 10 μόρια:</u> Αξιολογούμε αν οι μαθητές/τριες διατύπωσαν κάποια υπόθεση ή πρόβλεψη που θα μπορούσε να επαληθευτεί από τα αποτελέσματα του πειράματος.
Δεδομένα	<u>Έως 30 μόρια:</u> Οι μαθητές/τριες σημειώνουν τις μετρήσεις τους στον πίνακα των δεδομένων.
Σκοπός	<u>Έως 10 μόρια:</u> Αξιολογούμε αν οι μαθητές/τριες έχουν αντιληφθεί τον σκοπό του πειράματος.
Συζήτηση- Συμπεράσματα- Γενικεύσεις.	<u>Έως 50 μόρια:</u> Οι μαθητές/τριες, αφού συζητήσουν, εκτιμήσουν και εξηγήσουν τα αποτελέσματά τους, καταγράφουν τις δυσκολίες που συνάντησαν και πώς τις ξεπέρασαν. Καταγράφουν επίσης τις απαντήσεις τους σε διάφορα ερωτήματα για προβληματισμό. Ακόμη, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να συζητήσουν τον σκοπό και τους στόχους του πειράματος σε σχέση με τα αποτελέσματα. Τα συμπεράσματα θα πρέπει να είναι καθαρά και θα πρέπει να δηλώνεται αν επαληθεύτηκαν οι υποθέσεις και οι προβλέψεις τους. Αξιολογούμε αν έχουν περιγράψει τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας σε γενικές γραμμές.

Ένα άλλο εργαλείο που βοηθά στην αξιολόγηση είναι το φύλλο ομαδικής αυτοαξιολόγησης εργαστηριακών δραστηριοτήτων, το οποίο συμπληρώνεται από τους/τις μαθητές/τριες.

Τέλος, παραθέτουμε:

- Ένα εργαλείο αξιολόγησης της συμπεριφοράς, το οποίο συμπληρώνεται από τον/την καθηγητή/τρια την ώρα που οι μαθητές/τριες εργάζονται. Μπορεί να είναι ατομικό ή ομαδικό.
- Ένα φύλλο καταγραφής παρατηρήσεων.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Ομάδα

Ημερομηνία

Δραστηριότητα

1=ναι 2=όχι 3=νομίζουμε ότι έτσι είναι

4=χρειάζεται βελτίωση 5=ικανοποιητική 6=εξαιρετική

Αναπτύξατε ένα σαφές πλάνο πριν ξεκινήσετε;	
Είχε κάθε μέλος της ομάδας συγκεκριμένα πράγματα να κάνει;	
Είστε ικανοί να δουλέψετε ως ομάδα;	
Συζητήσατε τον σκοπό για τον οποίο κάνατε τη δραστηριότητα;	
Υπήρξε κάποια υπόθεση που διατυπώθηκε;	
Πόσο καλά προβλέψατε αυτά που συνέβησαν;	
Οι οδηγίες ακολουθήθηκαν επακριβώς;	
Πόσο καλά χρησιμοποιήσατε τον εξοπλισμό και τα υλικά;	
Πήρατε όλα τα μέτρα ασφαλείας;	
Ήταν οι μετρήσεις σας ακριβείς;	
Πόσο σωστές ήταν οι καταγραφές των δεδομένων;	
Καθαρίζατε επιμελώς το εργαστήριο μετά τη δραστηριότητα;	
Εξετάζατε τα δεδομένα προσεκτικά για να εντοπίσετε το νόημά τους;	
Χρησιμοποιήσατε αποδεκτές τεχνικές για την ανάλυση των δεδομένων;	
Ήταν τα αποτελέσματα σύμφωνα με τα δεδομένα;	
Εξετάσατε την αρχική σας υπόθεση;	
Υπολογίσατε τα πειραματικά σφάλματα;	
Υπήρξε σχετική έρευνα που χρησιμοποιήθηκε για την υποστήριξη της εργασίας σας;	
Άλλο:	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΜΑΘΗΤΗ Ή ΟΜΑΔΑΣ

Μαθητής/τρια ή ομάδα

Δραστηριότητες:

α.....

β.....

γ.....

δ.....

ε.....

στ.....

1=σπάνια 2=περιστασιακά 3= συχνά 4=συστηματικά

	α	β	γ	δ	ε	στ
Παραμένει στο καθήκον						
Ακολουθεί τις κατευθύνσεις						
Εκδηλώνει αρχηγία						
Σέβεται τις ιδέες των άλλων						
Συνεργάζεται						
Επικοινωνεί αποτελεσματικά						
Μοιράζεται τα καθήκοντα ισοδύναμα						
Εργάζεται με ασφάλεια						
Χειρίζεται τον εξοπλισμό σωστά						
Αναπτύσσει πρωτοβουλίες						
Εκδηλώνει επιστημονική περιέργεια						

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Ημερομηνία:

Τόπος :

Όνοματεπώνυμο εκπαιδευτικού:

Περιγραφή περιστατικού / συμβάντος:

Ερμηνεία/συναισθήματα:

Κάθε καταγραφή, καλό είναι:

1. Να περιορίζεται σε ένα μόνο παρατηρούμενο περιστατικό. (ένας/μια μαθητής/τρια είπε/έκανε κάτι σε κάποια στιγμή μέσα ή έξω από τον κύκλο μάθησης που δείχνει πιθανή επιρροή από όσα λέγονται και γίνονται σε σχέση με τις κομβικές δεξιότητες)
2. Να περιέχει μια πραγματική, μη-επαγωγική περιγραφή του παρατηρούμενου περιστατικού. (π.χ.: Ο/Η μαθητής/τρια δήλωσε ότι: «Πρώτη φορά μου άρεσε που ασχολήθηκα με τον υπολογιστή» και όχι «Ο μαθητής/Η μαθήτρια εξέφρασε την ικανοποίησή του/της για τη νέα μέθοδο»)
3. Να περιέχει μια περιγραφή της κατάστασης κατά τη διάρκεια της οποίας συνέβη το περιστατικό, ώστε η συμπεριφορά να μπορεί να είναι κατανοητή. Καταγραφή ατμόσφαιρας / διάθεσης / ενδιαφέροντος κ.λπ.
4. Να περιέχει ακόμα και εξέλιξη που παρατηρείται σε έναν/μια μαθητή/τρια με οποιονδήποτε τρόπο, σε σύγκριση με προηγούμενη εμπειρία μας από τον/τη συγκεκριμένο/η μαθητή/τρια.
5. Να γραφτεί το συντομότερο δυνατό μετά το μάθημα/συμβάν, ώστε να συμπεριληφθούν όλες οι σημαντικές λεπτομέρειες.
6. Να περιλαμβάνει μια ξεχωριστή ενότητα στην οποία περιγράφεται η ερμηνεία ή και τα συναισθήματα του/της εκπαιδευτικού για το συμβάν.

Εκπαιδευτικά Προβλήματα

- Η βιωματική ανακάλυψη της σχέσης που συνδέει τη διαφορά δυναμικού και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Η εμπέδωση της διαφοράς μεταξύ της ωμικής και της μη ωμικής αντίστασης
- Η κατανόηση της αξίας του Νόμου του Ωhm ως εργαλείο πρόβλεψης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα κύκλωμα γνωστής πηγής πριν κλείσει το κύκλωμα (κλείσουμε τον διακόπτη).

Προαπαιτούμενες Γνώσεις

- Οι έννοιες της διαφοράς δυναμικού, της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και της ηλεκτρικής αντίστασης αγωγού.
- Η συναρμολόγηση ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με πηγή, αγωγούς, αντίσταση και διακόπτη.
- Η σύνδεση αμπερόμετρου και βολτόμετρου σε κύκλωμα και η λήψη μετρήσεων με τα όργανα αυτά.
- Η κατασκευή διαγραμμάτων σε χιλιοστομετρικό (millimetré) χαρτί, η εύρεση της κλίσης της προκύπτουσας γραμμής και η φυσική της ερμηνεία.

Στόχοι

Στο τέλος του μαθήματος, ο/η μαθητής/τρια πρέπει:

- να μπορεί να σχεδιάζει και να συναρμολογεί πειραματική διάταξη για τον πειραματικό έλεγχο του νόμου του Ωhm,
- να μπορεί να διατυπώνει λεκτικά και με μαθηματικό συμβολισμό τον νόμο του Ωhm,
- να μπορεί να σχεδιάζει τη γραφική παράσταση έντασης – τάσης,
- να εφαρμόζει τον νόμο του Ωhm στην επίλυση προβλημάτων,
- να γνωρίζει σε ποιες περιπτώσεις ισχύει ο νόμος του Ωhm και σε ποιες δεν ισχύει,
- να δίνει τη μικροσκοπική ερμηνεία της ηλεκτρικής αντίστασης μεταλλικού αγωγού,
- να αντιληφθεί τη συμβολή των μοντέλων του μικρόκοσμου (ΤΠΕ) στη βαθύτερη κατανόηση του Νόμου του Ωhm αλλά και γενικότερα των φαινομένων του μικρόκοσμου.

Στάσεις-αξίες-δεξιότητες

Δίνεται η δυνατότητα στον/στη μαθητή/τρια:

- να εξοικειωθεί με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης/έρευνας (υπόθεση-έλεγχος-συμπέρασμα),
- να συνεργάζεται με τους/τις συμμαθητές/τριές του/της,
- να παρουσιάζει τις απόψεις του/της στο κοινό (τάξη),
- να επιχειρηματολογεί για να στηρίξει τις απόψεις του/της στο επίπεδο της ομάδας αλλά και στην ολομέλεια της τάξης.

Οργάνωση της τάξης και υλικοτεχνική υποδομή

Για το προτεινόμενο σενάριο οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε 3μελείς ομάδες και απαιτούνται μπαταρίες (δύο μπαταρίες 4,5 V ανοιγμένες), καλώδια, αντιστάσεις (κεραμικές 22,5Ω και 18Ω), διακόπτης, λαμπτήρας (6V), βολτόμετρο και αμπερόμετρο για όλες τις ομάδες. Επιπλέον ο/η εκπαιδευτικός θα χρειαστεί τροφοδοτικό, μεταβλητή αντίσταση, διακόπτη, λαμπτήρα και προαιρετικά μια ταινία led.

Συνεπώς, το σενάριο σχεδιάστηκε για εφαρμογή στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί και στην αίθουσα διδασκαλίας εφόσον τα απαραίτητα υλικά είναι διαθέσιμα.

Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται διαδραστική οθόνη ή ένα σύστημα Η/Υ-βιντεοπροβολέα, με σύνδεση στο διαδίκτυο, για να μπορεί να προβληθεί προσομοίωση.

Διδακτική Προσέγγιση

Στο σενάριο ακολουθείται η προσέγγιση της διερεύνησης με χαμηλή καθοδήγηση. Οι μαθητές/τριες έχουν ενεργό ρόλο και είναι χωρισμένοι/νες σε ομάδες.

Η συνεργασία στην ομάδα και η συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης είναι βασικά χαρακτηριστικά της προτεινόμενης διδασκαλίας. Άλλωστε, στόχος δεν είναι μόνο η κατάκτηση της γνώσης αλλά και η εξοικείωση με τον επιστημονικό τρόπο απόκτησης της γνώσης.

Ο ρόλος του/της εκπαιδευτικού είναι να παρέχει εναύσματα, να συμβουλεύει όταν του/της ζητείται και να καθοδηγεί, αν μια ομάδα οδηγηθεί σε αδιέξοδο.

Λέξεις κλειδιά

- Νόμος του Ohm
- Αντίσταση αγωγού
- Ωμική αντίσταση
- Μη ωμική αντίσταση

Σύνοψη φάσεων σεναρίου

1^η Φάση: Έναυσμα

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Δομικά – Διαδραστικά στοιχεία: Πείραμα από τον εκπαιδευτικό, βίντεο

2^η Φάση: Προβληματισμός-Διατύπωση Υποθέσεων

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Δομικά – Διαδραστικά στοιχεία: Καταιγισμός ιδεών/Νοητική θύελλα

3^η Φάση: Διερεύνηση από τους μαθητές

Χρονική διάρκεια: 35 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Δομικά – Διαδραστικά στοιχεία: Σχεδιασμός και εκτέλεση πειραμάτων

4^η Φάση: Εξαγωγή αποτελεσμάτων, Αξιολόγηση αποτελεσμάτων, Επεκτάσεις

Χρονική διάρκεια: 40 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Σχολική τάξη

Δομικά – Διαδραστικά στοιχεία: Γραφικές παραστάσεις, μελέτη στις ομάδες, συζήτηση στην ολομέλεια, προσομοίωση

5^η Φάση: Αξιολόγηση σεναρίου

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Σχολική τάξη

Δομικά – Διαδραστικά στοιχεία: Σύντομο ερωτηματολόγιο

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των πέντε φάσεων:

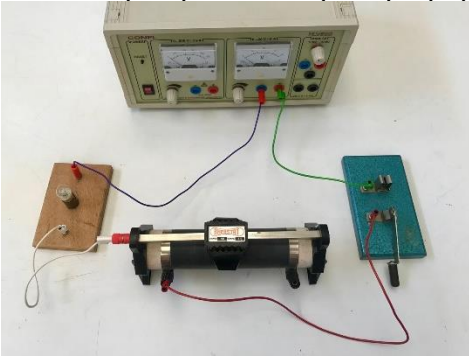
1^η Φάση: Έναυσμα – Προβληματισμός – Διατύπωση υποθέσεων

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Διαδικασία:

Ο εκπαιδευτικός κατασκευάζει το κύκλωμα της εικόνας, χρησιμοποιώντας ένα τροφοδοτικό, διακόπτη, λαμπάκι και μεταβλητή αντίσταση.



Καθώς αυξάνει τη διαφορά δυναμικού στο τροφοδοτικό, το λαμπάκι φωτοβολεί εντονότερα, δηλαδή η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το λαμπάκι αυξάνεται.

Ο εκπαιδευτικός θέτει το ερώτημα «γιατί αυξάνεται η ένταση του ρεύματος;».

Από τη συζήτηση στην τάξη αναμένεται να προκύψει ότι η αιτία φαίνεται να είναι η αύξηση της διαφοράς δυναμικού.

Στη συνέχεια, κρατώντας τη διαφορά δυναμικού σταθερή, μετακινεί τον δρομέα της μεταβλητής αντίστασης και θέτει ένα νέο ερώτημα «Τι είναι τώρα αυτό που προκαλεί τη μεταβολή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος;».

Από τη συζήτηση στην τάξη αναμένεται να προκύψει ότι η αιτία φαίνεται να είναι η μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης του κυκλώματος.

Εναλλακτικά, ο εκπαιδευτικός μπορεί, αντί να κάνει το πείραμα, να χρησιμοποιήσει το βίντεο 1.5.2 του βιβλίου μαθητή/τριας.

Στη συνέχεια, αφήνει το κύκλωμα σε σημείο που να μπορούν οι μαθητές να το βλέπουν ή την οθόνη με την εικόνα του πειράματος ανοιχτή.

2^η Φάση: Προβληματισμός-Διατύπωση Υποθέσεων

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Διαδικασία:

Ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να διατυπώσουν τις ιδέες τους γρήγορα και χωρίς σχόλια. Καταγράφει όλες αυτές τις ιδέες στον πίνακα, αταξινόμητες μέχρι τα παιδιά να σταματήσουν. Με αφορμή την πληθώρα των ιδεών καλεί τους μαθητές να τις σχολιάσουν.

3^η Φάση: Διερεύνηση από τους μαθητές

Χρονική διάρκεια: 35 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Διαδικασία:

Κάθε ομάδα μαθητών/τριών έχει μπροστά της 2 ανοιγμένες μπαταρίες 4,5V, καλώδια σύνδεσης, διακόπτη, βολτόμετρο, αμπερόμετρο, 1 αντίσταση 22,5Ω, 1 αντίσταση 18 Ω και ένα λαμπάκι 6V.

Ζητείται να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν από ένα πείραμα για κάθε αντίσταση, έτσι ώστε να υπολογίσουν την τιμή της. Στη συνέχεια, να επαναλάβουν το ίδιο πείραμα για το λαμπάκι.

Στο τέλος, η κάθε ομάδα παίρνει τις μετρήσεις μαζί της, ώστε στην επόμενη διδακτική ώρα να έχει έτοιμα τα διαγράμματα έντασης-διαφοράς δυναμικού για τις δύο αντιστάσεις και για το λαμπάκι.

4^η Φάση: Εξαγωγή αποτελεσμάτων, Αξιολόγηση αποτελεσμάτων, Επεκτάσεις

Χρονική διάρκεια: 40 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Σχολική τάξη

Διαδικασία:

Ο/Η εκπαιδευτικός ελέγχει τις γραφικές παραστάσεις και δίνει συμβουλές για τυχόν διορθώσεις που απαιτούνται.

Οι ομάδες των μαθητών/τριών παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια και, από τη συζήτηση που ακολουθεί στην τάξη, προκύπτει ο Νόμος του Ohm «Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει μία αντίσταση είναι ανάλογη με τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντίστασης. Συνεπώς, το πηλίκο V/I παραμένει σταθερό».

Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να βρουν τις κλίσεις των γραμμών για τις δύο αντιστάσεις και θέτει το ερώτημα «Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης?».

Από τη συζήτηση στην τάξη αναμένεται να προκύψει ότι είναι η ηλεκτρική αντίσταση. Σε αυτό το σημείο, οι ομάδες συγκρίνουν τις τιμές που βρήκαν με τις τιμές του κατασκευαστή για τις δύο αντιστάσεις και προτείνουν πιθανές αιτίες σφαλμάτων.

Ο/Η εκπαιδευτικός θέτει ένα νέο ερώτημα: «Για κύκλωμα με γνωστή διαφορά δυναμικού στα άκρα του, τι θα κάνουμε ώστε η ένταση του ρεύματος που το διαρρέει να μην ξεπεράσει μια τιμή πάνω από την οποία καταστρέφονται οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτό?».

Ακολουθεί συζήτηση στην τάξη, κατά την οποία οι ομάδες των μαθητών/τριών παρουσιάζουν και συζητούν τις απόψεις τους. Τη συζήτηση κατευθύνει ο/η εκπαιδευτικός και από αυτή θα προκύψει ότι η επιλογή κατάλληλης αντίστασης είναι κρίσιμη για την ασφάλεια των συσκευών που υπάρχουν στο κύκλωμα. Αν υπάρχει διαθέσιμη μια ταινία led, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να δείξει στους μαθητές τη σύνδεση εναλλάξ led και αντιστάσεων στην ταινία αυτή, σαν επιβεβαίωση των συμπερασμάτων.

Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί την προσομοίωση της σελίδας 71 του βιβλίου μαθητή/τριας και να γίνει συζήτηση στην ολομέλεια για την έννοια της ηλεκτρικής αντίστασης στον μικρόκοσμο των καλωδίων.

Ακολουθεί ένα νέο ερώτημα που τίθεται στους μαθητές «Το λαμπάκι συμπεριφέρεται όπως οι δύο αντιστάσεις που μελετήσατε?».

Οι μαθητές/τριες καλούνται να συγκρίνουν τη γραφική παράσταση του λαμπτήρα με τις γραφικές παραστάσεις των δύο αντιστάσεων. Αναμένεται να προκύψει ότι ο Νόμος του Ohm δεν ισχύει για την περίπτωση του λαμπτήρα και να γίνει συζήτηση για ωμικές και μη ωμικές αντιστάσεις.

5^η Φάση: Αξιολόγηση σεναρίου

Χρονική διάρκεια: 5 λεπτά

Χώρος διεξαγωγής: Σχολική τάξη

Διαδικασία:

Η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης διδασκαλίας μπορεί να διαπιστωθεί κατά τη διάρκεια της διενέργειάς της (διαμορφωτική αξιολόγηση) αλλά και μετά το πέρας της (τελική αξιολόγηση).

Η πρώτη βασίζεται στη συμμετοχή και συνεργασία των μαθητών/τριών και φυσικά στο παραγόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα κατά την εκτέλεση της κάθε δραστηριότητας. Η δεύτερη, προτείνεται να βασιστεί σε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο που μπορεί να προβάλλεται στον διαδραστικό πίνακα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το ερωτηματολόγιο ένα ελεύθερο λογισμικό, όπως το Kahoot ή το Plickers (στην περίπτωση αυτή οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο θα δίνονται με μορφή πολλαπλής επιλογής) ή ακόμα και να δοθεί σαν έντυπο στους μαθητές.

Η διαδικασία της αξιολόγησης λειτουργεί και ως ένας τρόπος ανακεφαλαίωσης του περιεχομένου της διδασκαλίας.

Κάποια ενδεικτικά ερωτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα παρακάτω:

1. Ποια βήματα ακολούθησες για να διερευνήσεις τη σχέση που συνδέει τη διαφορά δυναμικού με την ένταση του ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;
2. Πώς από τη γραφική παράσταση δύο φυσικών μεγεθών συμπεραίνεις αν είναι ανάλογα ή όχι;
3. Πώς βρήκες την αντίσταση, σε κάθε περίπτωση;
4. Διατύπωσε τον νόμο του Ohm.
5. Πότε μια αντίσταση χαρακτηρίζεται ως ωμική;
6. Είναι το λαμπάκι ωμική αντίσταση;

Βιβλιογραφία

Ambrose, et al. (2010) «How learning works : seven research-based principles for smart teaching»

Bliss et al., (2001) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Τόμος Α, έκδοση ΕΑΠ, Πάτρα.

Bybee, R.W. (2002). Scientific Inquiry, Student Learning and the Science Curriculum. In R.W. Bybee (ed.) Learning Science and the Science of Learning. Arlington, (pp. 25-35). VA.:NSTA Press

Chaturvedi, S. K., & Dharwadkar, K. A. (2011). Simulation and visualization enhanced engineering education - development and implementation of virtual experiments in a laboratory course. Mechanical & Aerospace Engineering Faculty Publications. 87.

Daineko, Y., Dmitriyev, V., Ipalakova, M. (2017). Using Virtual Laboratories in Teaching Natural Sciences: An Example of Physics Courses in University. Comput Appl Eng Educ 25:39-47.

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (2000). Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μτφ Χατζή Μ. Επιμέλεια Κόκκοτας Π., Τυπωθήτω, Αθήνα

Eisenkraft Arthur (2003). Expanding the 5E Model. The Science Teacher, 70,6, 56-59.

Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B., Jodl H. (2008). Remotely controlled laboratories: Aims, examples, and experience. American Journal of Physics – special theme issue 2008.

Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. Journal of Information Technology Education Research, 19, 976-995.

Kole, J. A., & Healy, A. (2007). Using prior knowledge to minimize interference when learning large amounts of information. Memory & Cognition, 35, 124 - 137.

O'Brien, D. (2021). A Guide for Incorporating e-teaching of physics in a post-COVID world. *American Journal of Physics*. 89 p.p. 403-12

Pols, F. (2020). A Physics Lab Course in Times of COVID-19. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education* 24(2), 172-178

Sullivan, S., Gnesdilow, D., Puntambekar, S., & Kim, J., (2017) Middle school students' learning of mechanics concepts through engagement in different sequences of physical and virtual experiments, *International Journal of Science Education*, 39:12, 1573-1600.

Turner, J., Parisi, A., (2008). A Take-Home Physics Experiment Kit for On-Campus and Off-Campus Students. *Teaching Science*, 54(2), 20-23

Unesco, (1994) Οδηγός του Εκπαιδευτικού για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο, 2η Ελληνική Έκδοση, RED-T-POINT, Αθήνα.

Zacharia Z. C. & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. Learning and Instruction, 21, 317-331.

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. Έκθεση

της Ευρωπαϊκής Ένωσης: Science Education Now, A Renewed Pedagogy for the future of Europe(2007).

Καριώτογλου Π., (2006) Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου φυσικών επιστημών, Γράφημα, Θεσσαλονίκη. Κασσέτας

A. (2004) Το μήλο και το Κουάρκ. Διδακτική της Φυσικής. Εκδόσεις Σαββάλας.

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

Κουμαράς Π. (2017) Διδάσκοντας Φυσική αύριο. QUTENBERG

Οικονομίδης Σ., Καλκάνης Γ. (2009), «Συσχέτιση διαγραμματικών, γραφικών, μαθηματικών και λεκτικών αναπαραστάσεων με διερευνητικά εκπαιδευτικά λογισμικά και ερωτηματολόγια – Εφαρμογή, αξιολόγηση, προτάσεις», 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

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

ARNOLD B. ARONS (1992), «ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ», εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ

PAUL G. HEWITT (2018), «Οι έννοιες της Φυσικής», ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ