ΔΙΔΑΣΚΑΛΕΙΟ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Μάθημα : « Η Φυσική στην καθημερινή ζωή »

Επιβλέποντες Καθηγητές : Βιτωράτος - Σακκόπουλος

Μετεκπαιδευόμενοι Δάσκαλοι : Ανδριανόπουλος Τάσος – Καμαρινόπουλος Σπύρος - Τζώνης Νίκος

ΠΑΤΡΑ 2006 – 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Η προσφορά των Ελλήνων σελ.4
Η συμβολή του Αριστοτέλη..... σελ.5
Η επιστημονική επανάσταση και οι εξελίξεις στη Φυσική.....σελ.8
Οι ιδέες των μαθητών - Τι είναι οι ιδέες των μαθητών σελ.12
Πώς δημιουργούνται οι ιδέες των μαθητών.....σελ.15
Ένα απλό κύκλωμα σελ.20
Σκοπός - διδακτικοί στόχοι - διατύπωση υποθέσεων σελ.21
Πειραματική αντιμετώπιση σελ.22
Εξαγωγή συμπεράσματος σελ.23
Εμπέδωση σελ.24

Βιβλιογραφία σελ.25

Ε΄ ΤΑΞΗ

ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ

ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Διδακτική ώρα 1

(Τετράδιο Εργασιών 104 σελ. Φύλλο Εργασίας 4)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέρος Πρώτο

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

1.1. Η προσφορά των Ελλήνων

Το γίγνεσθαι των Φ.Ε. είναι μια συναρπαστική ιστορία, που για να τη μελετήσουμε θα ανατρέξουμε στην ελληνική αρχαιότητα, όπου υπήρχε η αντίληψη ότι τα συμβαίνοντα στη φύση οφείλονται στις θελήσεις των θεών. Κατά τους αρχαίους, αν μπορούσαμε να ανακαλύψουμε τους νόμους της φύσης με θεωρητικό τρόπο, τότε η παρατήρηση θα ήταν περιττή. Έτσι, όταν η θεωρία ερχόταν σε αντίθεση με την παρατήρηση, τροποποιούνταν η πρώτη· όταν όμως δεν μπορούσε να συμβιβαστεί με την παρατήρηση, οι φιλόσοφοι υποστήριζαν ότι η παρατήρηση ήταν λανθασμένη.

Η συμβολή των Ελλήνων στην ανάπτυξη της φιλοσοφίας της φύσης υπήρξε σημαντική. Ο Θαλής προέβλεψε μια έκλειψη ηλίου, καθόρισε το έτος σε 365 ημέρες και θεώρησε το νερό σαν αρχή των πάντων. Κατά τη γνώμη του το νερό είναι η υλική πρώτη αρχή όλων των πραγμάτων. Όλα πηγάζουν από αυτό και όλα σε αυτό καταλήγουν.

Ο Αναξίμανδρος έπαιρνε σαν βάση την απροσδιόριστη ύλη (άπειρο) διακηρύσσοντας ότι αυτή βρίσκεται σε αιώνια και αδιάκοπη κίνηση. Κατά τη γνώμη του, από το άπειρο αποσπώνται τα *αντίθετα* στοιχεία. Ο Αναξιμένης, μαθητής του Αναξίμανδρου, πήρε σαν αρχή τον αέρα κατ' αυτόν τα *σώματα* γεννιούνται από διπλή αντίθετη κίνηση: Πύκνωση και αραίωση. Ο Ηράκλειτος είναι οπαδός της φωτιάς· κατά τη γνώμη του, ο κόσμος είναι ένας στην ολότητα του, δε

δημιουργήθηκε από κανένα θεό ή άνθρωπο, αλλά ήταν πάντα, είναι και θα είναι αιώνια ζωντανή φωτιά, που, σύμφωνα με ορισμένους νόμους, ανάβει και, σύμφωνα με άλλους, σβήνει. Υποστήριζε την ύπαρξη νομοτέλειας στη φύση, που την ονόμαζε «λόγο». Όλα στη φύση βρίσκονται στη διαδικασία της αιώνιας κίνησης, όλα διαρκώς αλλάζουν (τα πάντα ρει). Ο Ηράκλειτος υποστήριζε ότι δεν υπάρχουν εμπόδια στο ανθρώπινο λογικό και πίστευε ακλόνητα στη δυνατότητα γνώσης του κόσμου. Είχε επίσης επίγνωση του πόσο δύσκολη είναι η γνώση της αλήθειας. Στη φύση -έλεγε- αρέσει να κρύβεται. Γι᾽ αυτό δεν αρκεί να ανοίξει κανείς τα μάτια και τα αυτιά του για να γίνει σοφός και έμπειρος. Τη φύση πρέπει να τη συλλάβουμε με το λογικό της νόημα, που αυτό αποτελεί Η ατομική θεωρία ήταν το σπουδαιότερο επίτευγμα της υλιστικής φιλοσοφίας της περιόδου εκείνης. Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος δίδασκαν ότι τα στοιχεία είναι το πλήρες και το κενό. Το πρώτο αποτελεί το είναι και το δεύτερο το μη είναι. Οι ατομικοί φιλόσοφοι δέχονταν ότι υπάρχουν άπειροι κόσμοι, που γεννιούνται και χάνονται, αλλά τίποτα δεν προέρχεται από το μη ον και τίποτα δε φθείρεται στο μη ον. Υπάρχει απειρία ατόμων, σύμφωνα με το μέγεθος και τον αριθμό τους. Με την κίνηση και τους συνδυασμούς τους γεννιούνται τα σώματα.

Οι τέσσερις πρώτοι φιλόσοφοι είναι διαλεκτικοί, το ον της φιλοσοφίας είναι αξεχώριστο από το γίγνεσθαι, η ουσία του είναι υλική, η κίνηση του είναι ενδογενής και συχνά εξασφαλίζεται με την πάλη των αντιθέτων. Σημαντική υπήρξε επίσης η συμβολή του Αριστοτέλη στο επιστημονικό γίγνεσθαι.

1.2. Η συμβολή του Αριστοτέλη

Στην προσφορά του Αριστοτέλη στην ανάπτυξη των Φ.Ε. θα σταθούμε περισσότερο· γιατί η φιλοσοφία του επηρέασε επί πολλούς αιώνες την ανάπτυξη της επιστήμης. Ο Αριστοτέλης, για να εξηγήσει

τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη φύση, απέδιδε σε κάθε ιδιότητα ένα μυστικιστικό γνώρισμα. Γιατί ένα σώμα είναι γλυκό; Γιατί περιέχει γλυκύτητα. Γιατί ένα πράγμα είναι θερμό; Γιατί περιέχει θερμότητα. Γιατί τα σώματα πέφτουν στο έδαφος; Γιατί έχουν κληρονομικό βάρος. Υποστήριζε ότι τα βαρύτερα σώματα πέφτουν ταχύτερα στη γη και ότι η συμπεριφορά ενός σώματος καθορίζεται από τη φύση. Κατά τη γνώμη του, κίνηση είναι η ενέργεια του κινητήρα στο κινητό. Η άποψη του Αριστοτέλη για την κίνηση (με τη στενή φυσική έννοια) ήταν λανθασμένη και είχε φυσικές και φιλοσοφικές επιπτώσεις. Συγκεκριμένα, αυτός υποστήριζε ότι αφού κάθε σώμα κινείται από κάποιο άλλο, αυτό από κάποιο άλλο κτλ., πρέπει να υπάρχει κάποιο πρώτο κινούν, από το οποίο να προέρχεται η κίνηση των σωμάτων. Αυτό το πρώτο κινούν είχε *ασαφής και* ακαθόριστες ιδιότητες όπως φαίνεται από το εξής απόσπασμα: «Το πρώτο κινούν κινεί τη *αληθεία* αΐδιον κίνησιν και εις άπειρον χρόνον. Φανερόν βεβαίως καθίσταται ότι είναι αδιαίρετον και αμερές και ότι δεν έχει κανένα μέγεθος». Το πρώτο κινούν μπορούσε να εκληφθεί ως ο Θεός. Οι απόψεις του σχετικά με την εξήγηση των φαινομένων κρίνονται σήμερα ως παιδαριώδεις και «ενίοτε αφελείς».

Ο Αριστοτέλης κατέληγε σε λανθασμένα συμπεράσματα όσον αφορά τη Φυσική, γιατί αγνοούσε το πείραμα και τον επιστημονικό τρόπο μελέτης της πραγματικότητας. Προσπαθούσε να εξηγήσει τα φαινόμενα όχι με τη βοήθεια της παρατήρησης και της πειραματικής μελέτης, αλλά με τις λέξεις. Το παιχνίδι με τις λέξεις, που είναι ένα εργαλείο της θρησκείας σε όλες τις εποχές από την αρχαιότητα έως σήμερα, χρησιμοποιήθηκε εύστοχα από το χριστιανισμό, αφού βρήκε υποστήριξη στα Φυσικό του Αριστοτέλη. Οι θεολόγοι έκαμαν επιτυχημένη σύνθεση ασαφών φράσεων του Αριστοτέλη και των δογμάτων της θρησκείας. Αυτές οι ρίζες είναι στενά δεμένες με τις απόψεις του Αριστοτέλη για τη φύση. Έτσι, όταν εμφανίστηκε η πειραματική Φυσική, ήταν αδύνατο να ξεριζωθεί η Φυσική του Αριστοτέλη. Κατά συνέπεια δεν είναι ανεξήγητο, γιατί μέχρι το 17ο

αιώνα κάθε κριτική στον Αριστοτέλη εθεωρείτο ως ανατρεπτική των δογμάτων των Πατέρων της Εκκλησίας. Μια απόφαση του Γαλλικού Κοινοβουλίου το 1624 απαγόρευε σε κάθε άνθρωπο, επί ποινή θανάτου, να κατέχει ή ειδικότερα να εκθέτει οποιεσδήποτε αλήθειες αντίθετες με τη διδασκαλία του Αριστοτέλη.

Έτσι έφθασαν στο σημείο οι άνθρωποι να πιστεύουν πως οτιδήποτε αφορούσε την επιστήμη και δεν υπήρχε στον Αριστοτέλη, δεν υπήρχε καθόλου. Ζήτηση φιλοσοφικής ή επιστημονικής αλήθειας έξω από τα παραδομένα κείμενα, όχι μόνο δεν ήταν νοητή, μα νομίζονταν και βέβηλη, αιρετική τάση. Αν ένα φαινόμενο δεν είχε ερευνηθεί από τον Αριστοτέλη, δεν υπήρχε. Οι άνθρωποι δεν πίστευαν στα μάτια τους, όσο πίστευαν στην παράδοση. Περίφημα έχουν γίνει μερικά προβλήματα, που απασχόλησαν τότε τη σκέψη των ανθρώπων και έμειναν άλυτα. Αν σε ένα δοχείο νερό βάλουμε ένα ζωντανό ψάρι, γίνεται το σύνολο βαρύτερο ή μένει το ίδιο; Το πρόβλημα έπρεπε να λυθεί με χωρία του Αριστοτέλη. Η ζυγαριά δεν είχε να πει τίποτα σ' αυτό. Και αν κανείς τολμούσε να τη μεταχειριστεί μπορούσαν να τον κάψουν. Το τελευταίο δεν είναι υπερβολή, αφού ο Γαλιλαίος με την απειλή της φυσικής εξόντωσης αναγκάστηκε να αποκηρύξει το επιστημονικό του πιστεύω, ο Κοπέρνικος μόνο στα βαθιά του γεράματα ανακοίνωσε τις σκέψεις του για τις κινήσεις των πλανητών, ενώ ο Νεύτωνας συμβιβάστηκε με το θρησκευτικό-κοινωνικό κατεστημένο της εποχής του, υποστηρίζοντας την ιδέα της «αρχικής ώθησης» στον κόσμο.

Ωστόσο η προσφορά του Αριστοτέλη στην καθιέρωση γενικών αρχών μελέτης της φύσης υπήρξε σημαντική. Αυτός εισήγαγε τη συστηματική παρατήρηση, τη συλλογή υλικού, την ταξινόμηση, την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από τα δεδομένα και καταξίωσε την επαγωγική μέθοδο. Κατ' αυτόν οι αισθήσεις είναι η κύρια πηγή επιμέρους γνώσεων, χωρίς να μας αποκαλύπτουν τα αίτια των πραγμάτων, ενώ η εμπειρία είναι ένας βαθμός γνώσης ανώτερος από την αίσθηση.

1.3. Η επιστημονική επανάσταση και οι εξελίξεις στη Φυσική.

Η νέα περίοδος για τις Φ.Ε., που ονομάζεται *επιστημονική επανάσταση,* άρχισε τον 16ο αιώνα και συνέπεσε με τις ανακαλύψεις του Κοπέρνικου και τις εργασίες του Gassendi, ο τελευταίος έφερε στο προσκήνιο την ατομική θεωρία του Δημόκριτου. Ο Κοπέρνικος έθεσε τα θεμέλια στην οικοδόμηση της επιστήμης. Η θεωρία του ότι ο ήλιος και όχι η γη είναι το κέντρο του πλανητικού μας συστήματος, ήταν πολύ σπουδαία, όχι τόσο για το περιεχόμενό της, όσο για την απλότητα και την ικανότητα της να ερμηνεύσει τις παρατηρήσεις που έκαμε αργότερα ο Tycho Brahe. Ο Ένγκελς γράφει για τη σημασία των ανακοινώσεων του Κοπέρνικου: Η επαναστατική πράξη με την οποία η έρευνα της φύσης κήρυξε την ανεξαρτησία της, επαναλαμβάνοντας κατά κάποιο τρόπο τη χειρονομία του Λούθηρου, που πέταξε στη φωτιά την παπική βούλα, ήταν η δημοσίευση του αθάνατου έργου στο οποίο ο Κοπέρνικος -έστω και δειλά, θα μπορούσε να πει κανείς, μονάχα από το κρεβάτι του θανάτου- έριξε το γάντι στην εκκλησιαστική αυθεντία για τα ζητήματα της φύσης. Απ' αυτή την πράξη χρονολογείται η χειραφέτηση των φυσικών ερευνών από τη θεολογία, αν και η αντιδικία για τα ιδιαίτερα αμοιβαία τους δικαιώματα συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας και σε πολλά μυαλά θα αργήσει ακόμα να ξεκαθαριστεί.

Το κύριο χαρακτηριστικό της καινούργιας νοοτροπίας ήταν ότι η παρατήρηση και το πειραματικό ψηλάφισμα άρχισαν να εκτοπίζουν τις σχολαστικές ομιλίες γύρω από τη φύση. Έγινε πλέον αποδεκτό ότι οι λέξεις που παλιότερα χρησιμοποιούνταν να περιγράψουν τα φαινόμενα, ήταν *ανίκανες* από μόνες τους να δηλώσουν ο,τιδήποτε. Η νέα περίοδος αποτέλεσε το θρίαμβο της παρατήρησης σαν πηγής της αλήθειας γύρω από τα συμβαίνοντα στη φύση. Η επιστημονική επανάσταση ένωσε το λογικό με το εμπειρικό, τη σκέψη με το

γεγονός, τη θεωρία με την πράξη. Αυτό παραμένει μέχρι σήμερα ως περιεχόμενο των Φ.Ε. Βέβαια το γεγονός ότι η Φυσική σήμερα έχει γίνει περισσότερο θεωρητική και οι νόμοι της είναι λιγότερο προφανείς, δεν αναιρεί τον κανόνα.

Ο Γαλιλαίος έκανε άλλο ένα μεγάλο βήμα στην επιστημονική επανάσταση. Έδωσε στην επιστήμη την αρχή του πειράματος, την ιδέα της ενεργητικής πρόκλησης στη φύση με τις ερωτήσεις του. Δεν είναι βέβαιο αν έκανε πειράματα για να επαληθεύσει τους ισχυρισμούς του, ούτε είναι γνωστό π.χ. αν πράγματι πέταξε σφαίρες από τον Πύργο της Πίζας. Το σημαντικό είναι ότι περιέγραψε τα πειράματα που μπορούσαν να γίνουν γι' αυτό το σκοπό. Βέβαιο είναι ότι η προγραμματισμένη παρατήρηση οφείλεται σ' αυτόν. Η προσέγγιση του Γαλιλαίου στη μελέτη των φαινομένων είναι όμοια με αυτή που φαίνεται στο *απόσπασμα* του Αριστοτέλη της προηγούμενης παραγράφου και την οποία ακολουθούν οι σύγχρονοι ερευνητές των Φ.Ε. Η φιλοσοφία της είναι η εξής: Πριν εξηγήσουμε ένα φαινόμενο πρέπει πρώτα να το περιγράψουμε. Ο Γαλιλαίος άφησε σκόπιμα αναπάντητη την ερώτηση γιατί συμβαίνει αυτό και όχι το άλλο είδος κίνησης και προσπάθησε να απαντήσει στο ερώτημα *«πώς συμβαίνει»* αυτό. *Κατά συνέπεια το πρόβλημα δεν ήταν να εξηγήσει, αλλά να περιγράψει.* Το θέμα των αιτίων της κίνησης μπορούσε να τεθεί ύστερα από την περιγραφή όλων των γεγονότων. Στην κορυφή της επιστημονικής επανάστασης είναι η εργασία του Newton, που θεωρείται ως ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών. Οι νόμοι του, μαζί με εκείνους του Kepler, μπορούσαν να ερμηνεύσουν παρατηρήσεις που έγιναν από τους Βαβυλώνιους και τους Έλληνες αστρονόμους. Ο άνθρωπος έμαθε να σκέφτεται διαφορετικά και αυτή η περίοδος υπήρξε ουσιώδης για τη δημιουργία του σύγχρονου πολιτισμού. Ο ίδιος ο Newton, για να δώσει έμφαση στην παρατήρηση και την ερευνητική προσπάθεια, υποστήριζε την άποψη ότι κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει τα πειράματα και τα γεγονότα.

Το 1687 ο Newton δημοσίευσε το έργο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Μαθηματικές αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας) και έθεσε τους νόμους της κίνησης των σωμάτων. Για 200 περίπου χρόνια οι νόμοι αυτοί ίσχυσαν αμετάβλητοι και επαληθεύτηκαν αναρίθμητες φορές, μέχρις ότου ο Einstein αμφισβήτησε την ισχύ τους στο μικρόκοσμο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα της εποχής εκείνης ήταν ότι η ανακάλυψη των νόμων της Μηχανικής συνοδεύτηκε από σπουδαίες μαθηματικές έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν άμεσα για τη λύση προβλημάτων Μηχανικής. Με τη σειρά τους τα νέα προβλήματα της Μηχανικής έθεσαν νέες απαιτήσεις για τα Μαθηματικά. Κατά το Γαλιλαίο, το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο σε μαθηματική γλώσσα. Στη γλώσσα αυτή είναι γραμμένοι οι νόμοι του Newton και του Kepler, που περιγράφουν ένα μηχανιστικό σύμπαν.

Παρόλο που η Μηχανική είναι ένα μικρό μόνο μέρος των Φ.Ε. αφού υπάρχουν πολλά φαινόμενα σε διάφορους τομείς της επιστήμης π.χ. ηλεκτρικά, μαγνητικά, θερμικό κτλ., για τους επιστήμονες οι νόμοι της Μηχανικής ήταν πάνω απ' όλα. Τα διάφορα φαινόμενα διαφέρουν μόνο στη μορφή των πεδίων δυνάμεων στα οποία συμβαίνουν. Ο Newton έκανε μια καλή ταξινόμηση των δυνάμεων, περιλαμβάνοντας, εκτός από τις βαρυτικές, τις ηλεκτρικές, τις μαγνητικές, τις χημικές και τις συνεκτικές. Αν μπορούσαν να ανακαλυφτούν οι νόμοι που διέπουν αυτά τα πεδία δυνάμεων, τότε οι νόμοι της Μηχανικής θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της κίνησης, όπως ακριβώς μπορούσε να προβλεφθεί η κίνηση ενός πλανήτη λόγω της βαρύτητας. Η φύση των δυνάμεων αυτών δεν απασχόλησε πολλούς επιστήμονες. Η απουσία ενός τέτοιου ενδιαφέροντος οφειλόταν ίσως ως ένα βαθμό στις σχέσεις που υπήρχαν μεταξύ επιστήμης και θρησκείας. Έτσι, όταν μια ερώτηση μένει χωρίς απάντηση, αφήνει ανοιχτή την πιθανότητα να συμπεριληφθεί ο Θεός μέσα στη γενική θεώρηση των πραγμάτων. Ο σημαντικότερος μεταξύ αυτών ήταν ο ίδιος ο Newton. «Μου φαίνεται

πιθανόν ότι ο Θεός διαμόρφωσε την ύλη σε σώματα στερεά, συμπαγή, σκληρά, αδιαπέραστα, ικανά για κίνηση και με μεγέθη, μορφές και ιδιότητες τέτοιας φύσης και σε μια τέτοια αναλογία στο χώρο, ώστε να ταιριάζουν κατά τον καλύτερο τρόπο για τον οποίο τα δημιούργησε. Και τα πρωτόγονα αυτό σωματίδια, όντας στερεά, είναι ασύγκριτα πιο σκληρά από οποιοδήποτε άλλο πορώδες σώμα που συντίθεται από αυτό κι είναι μάλιστα τόσο σκληρό, ώστε δε φθείρονται ποτέ και ούτε σπάνε σε κομμάτια, μια και δεν υπάρχει συνηθισμένη δύναμη ικανή να διαιρέσει αυτό που ο ίδιος ο Θεός έκανε ένα, την πρώτη στιγμή της δημιουργίας». Στο απόσπασμα αυτό, εκτός από τις ιδεαλιστικές απόψεις, ξεχωρίζει και η μηχανιστική αντίληψη του Newton για τον κόσμο.

Ο Descartes θέλησε να παράγει τους νόμους από προφανείς αρχές, ενώ ο Γαλιλαίος και ο Newton θέλησαν να τους εξάγουν από τα φαινόμενα. Και στις δύο περιπτώσεις η φύση εθεωρείτο αντικειμενική, παρά τη γενική της εξάρτηση από ένα υπερφυσικό ον.

Οι εργασίες των Clausius, Boltzman και Gibbs κατά το τέλος του 19ου αιώνα, έδειξαν ότι οι νόμοι της Μηχανικής και των πιθανοτήτων μπορούσαν να εφαρμοστούν ικανοποιητικά και στα αέρια. Αυτές οι εργασίες ενδυνάμωσαν την πίστη των επιστημόνων ότι ο κόσμος, τόσο στο μακροσκοπικό όσο και στο μικροσκοπικό επίπεδο, εξηγείται θαυμάσια από τους τρεις νόμους του Newton.

Εξάλλου, το γεγονός ότι την εποχή εκείνη δεν υπήρχε ελπίδα για τη μελέτη της φύσης σε μικροσκοπική κλίμακα, οδήγησε να μπουν στο περιθώριο τα προβλήματα της δομής της ύλης. Κατά κάποιο τρόπο αυτά θεωρούνταν σαν προβλήματα μεταφυσικής και φιλοσοφίας, και γι᾽ αυτό δεν ανήκαν στη σφαίρα των Φ.Ε. Η αντίληψη που επικρατούσε ήταν ότι τα σώματα και τα σωματίδια κινούνται σύμφωνα με τους νόμους του Newton. Ήταν επίσης γνωστοί οι τύποι που παρείχαν τις δυνάμεις σε σχέση με την απόσταση και τις ιδιότητες των αλληλεπιδρόντων σωμάτων. Εκείνο που απέμενε ήταν η αντικατάσταση των δεδομένων στις διαφορικές

εξισώσεις και όλα τα προβλήματα θα ελύνονταν. Έτσι η Φυσική εθεωρείτο μια τελειωμένη επιστήμη. Όταν το 1873 προτάθηκε να ιδρυθούν εργαστήρια στο Cambridge, ο μαθηματικός Todhunter υποστήριξε ότι δεν ήταν αναγκαίο να βλέπουν οι σπουδαστές πειράματα, επειδή τα αποτελέσματα μπορούσαν να τους δοθούν από τους καθηγητές τους, πιθανόν κληρικούς με ώριμη γνώση και αναγνωρισμένη ικανότητα και προπαντός με άψογο χαρακτήρα. Ακόμα και ο L.Bragge, του οποίου οι έρευνες πάνω στην κρυσταλλογραφία με τη βοήθεια των ακτινών Χ είναι ιστορικές, υποστήριζε ότι στις αρχές του 20ού αιώνα η Φυσική ήταν τελειωμένη. Κατά συνέπεια δε θεωρείται παράξενο γιατί, όταν ο *Max*, Plank του οποίου οι ανακαλύψεις πάνω στη φύση του φωτός έφεραν επανάσταση στη σύγχρονη Φυσική (θεωρία των Κβάντα), ζήτησε τη συμβουλή του δασκάλου του, αυτός του απάντησε να μη σπουδάσει Φυσική, γιατί τα πάντα έχουν ανακαλυφθεί. Αυτή η θεώρηση της επιστήμης βοήθησε στην ανάπτυξη φιλοσοφικών τάσεων (θετικισμός), που θεωρούσαν ότι η Φ.Ε. έπρεπε να περιοριστούν στα στενά τους επιστημονικό πλαίσια.

Οι ιδέες των μαθητών - Τι είναι οι ιδέες των μαθητών

Από τά μέσα της δεκαετίας του '70 και μετά παρατηρείται στο χώρο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μια έντονη ερευνητική δραστηριότητα σε παγκόσμια κλίμακα που τείνει να επηρεάσει αποφασιστικά το οικοδόμημα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών .

Σύμφωνα με τη νέα θεώρηση των πραγμάτων, κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχτούν στο σχολείο. Π.χ. πριν ο μαθητής διδαχτεί στο σχολείο τι είναι το φως έχει διαμορφώσει κάποια δική του άποψη για την έννοια αυτή.

Η αναγνώριση του ρόλου των μαθητών στη διδασκαλία και τη μάθηση μας είναι γνωστή πριν από τη δεκαετία του '50.

Τα παιδιά μέσω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και μέσα από την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα αρχίζουν να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποπίπτει στην αντίληψη τους.

Οι απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα ομαδοποιούνται και συγκροτούν ερμηνευτικά πρότυπα που καταγράφονται συνήθως ως εναλλακτικές ιδέες των παιδιών ή παρανοήσεις, προϋπάρχουσες ιδέες, αυθόρμητες αντιλήψεις, διαισθητικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών, αναπαραστάσεις ή ως νοητικά μοντέλα.

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ, παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας. Οι ιδέες αυτές είναι επαρκείς για τους μαθητές για την ερμηνεία των φαινομένων και συγκροτούν μια αυτοσυνεπή ως ένα βαθμό γνωστική δομή με περιορισμένη ισχύ. Πολλές φορές επηρεάζονται ελάχιστα από την παραδοσιακή ή την πειραματική διδασκαλία .

Οι ιδέες των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από τους μηχανισμούς που αυτά διαθέτουν και με τους οποίους αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους. Αλλά και ο τρόπος που οι μαθητές παρατηρούν και καταλήγουν σε συμπεράσματα επηρεάζεται από τα διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα που έχουν δημιουργήσει.

Οι παρατηρήσεις π.χ. γίνονται αποδεκτές ή απορρίπτονται αν είναι σε αρμονία ή όχι με τις προσδοκίες τους. Ακόμα και οι ερωτήσεις που κάνουν και κατ' επέκταση ο τρόπος που ερμηνεύουν τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν φαίνεται να επηρεάζονται από τα νοητικά σχήματα που διαθέτουν .

Οι ιδέες τους φαίνονται στους ίδιους τους μαθητές ευλογοφανείς παρόλο που οι ενήλικες συχνά δε συμφωνούν. Η χρήση της

γλώσσας δεν είναι ακριβής. Παιδιά διαφορετικής ηλικίας αλλά και κουλτούρας είναι δυνατό να έχουν παρόμοιες ιδέες. Οι ιδέες δε χρησιμοποιούνται σταθερά σε σχέση με αυτό που οι επιστήμονες ονομάζουν «παρόμοιες περιπτώσεις». Η φύση αυτού που τα παιδιά θεωρούν ως εξήγηση διαφέρει επίσης από την επιστημονική άποψη.

Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι, παρόλο που μερικά παιδιά μπορούν να εφαρμόσουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αποτυγχάνουν να τις εφαρμόσουν εκτός του σχολείου για να ερμηνεύσουν μερικά φαινόμενα.

Ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά αναπτύσσουν τις προσωπικές τους θεωρίες ή εποικοδομήσεις που βασίζονται στην άμεση εμπειρία από το φυσικό κόσμο και τις άτυπες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία.

Οι ιδέες των παιδιών είναι δυνατό να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωση τους .

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, τις οποίες αποκαλούν και επιστήμη των μαθητών, δεν αποτελούν τα συνηθισμένα λάθη χωρίς ιδιαίτερη σημασία, αλλά νοητικές κατασκευές τις οποίες τα παιδιά χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Με αυτή την έννοια, οι ιδέες των παιδιών αποτελούν αυτοδύναμα σχήματα που όμως διαφέρουν από το επιστημονικό πρότυπο στο ότι ερμηνεύουν διαφορετικά τα φαινόμενα.

Από τις έρευνες που έγιναν σε διάφορες χώρες σχετικά με τις ιδέες των παιδιών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Τα παιδιά πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις νια μια ποικιλία θεμάτων των Φ.Ε.
2. Οι αντιλήψεις τους είναι δυνατό να επηρεαστούν από τη διδασκαλία

με τρόπους που δε γνωρίζουμε ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες από αυτή.

3. Οι διαισθητικές ιδέες τους ασκούν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.
4. Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές επειδή αποτελούν το σκελετό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων.

Πώς δημιουργούνται οι ιδέες των μαθητών.

Πώς άραγε αναπτύσσονται οι ιδέες ή οι παρανοήσεις των παιδιών; Ποιοι παράγοντες είναι περισσότερο ευνοϊκοί;

Οι ιδέες αναπτύσσονται στην προσπάθεια των παιδιών να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν με αναφορά στις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν. Τα παιδιά, όπως οι επιστήμονες, χρησιμοποιούν τις ομοιότητες και τις διαφορές για να οργανώσουν τα φαινόμενα και τα γεγονότα, και κατά τη διάρκεια της παρατήρησης των γεγονότων και των φαινομένων ψάχνουν για στοιχεία και για σχέσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων. Ο εγκέφαλος δεν είναι ένας παθητικός καταναλωτής πληροφοριών, αλλά εποικοδομεί ενεργά τις δικές του ερμηνείες των πληροφοριών και βγάζει συμπεράσματα από αυτές . Όπως οι επιστήμονες, έτσι και τα παιδιά συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις.

Πολλές ιδέες των παιδιών φαίνεται να αναπτύσσονται καθώς αυτά προσπαθούν να ερμηνεύσουν το φυσικό τους περιβάλλον.

Οι ιδέες των παιδιών διαμορφώνονται με την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, των μέσων επικοινωνίας, την

αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά από τη διδασκαλία, τα σχολικά εγχειρίδια κ.τ.λ.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση εναλλακτικών ιδεών παίζει η γλώσσα που χρησιμοποιείται από τους μεγάλους. Εκφράσεις π.χ. όπως «κλείσε την πόρτα για να μη φύγει η ζέστη» ή «να μη μπει το κρύο» οδηγούν στην άποψη ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη, η ζέστη και το κρύο. Όπως όμως γνωρίζουμε, αυτό που υπάρχει είναι η ενέργεια, η οποία μπορεί να μεταφερθεί από ένα σώμα σε άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Ανάλογες αντιλήψεις δημιουργούνται στα παιδιά από τα μέσα μαζικής επικοινωνίας, όταν αναφέρονται σε επιστημονικά ή τεχνολογικά θέματα. Π.χ. συχνά ακούγεται η έκφραση: «η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος...». Στα παιδιά δημιουργείται η εσφαλμένη εντύπωση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι που καταναλώνεται.

Όταν ο μαθητής ακούσει ή διαβάσει μια επιστημονική πρόταση για να την κατανοήσει πρέπει να χρησιμοποιήσει την καθημερινή ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων λέξεων. Είναι όμως πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι ίδια με αυτή που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου.

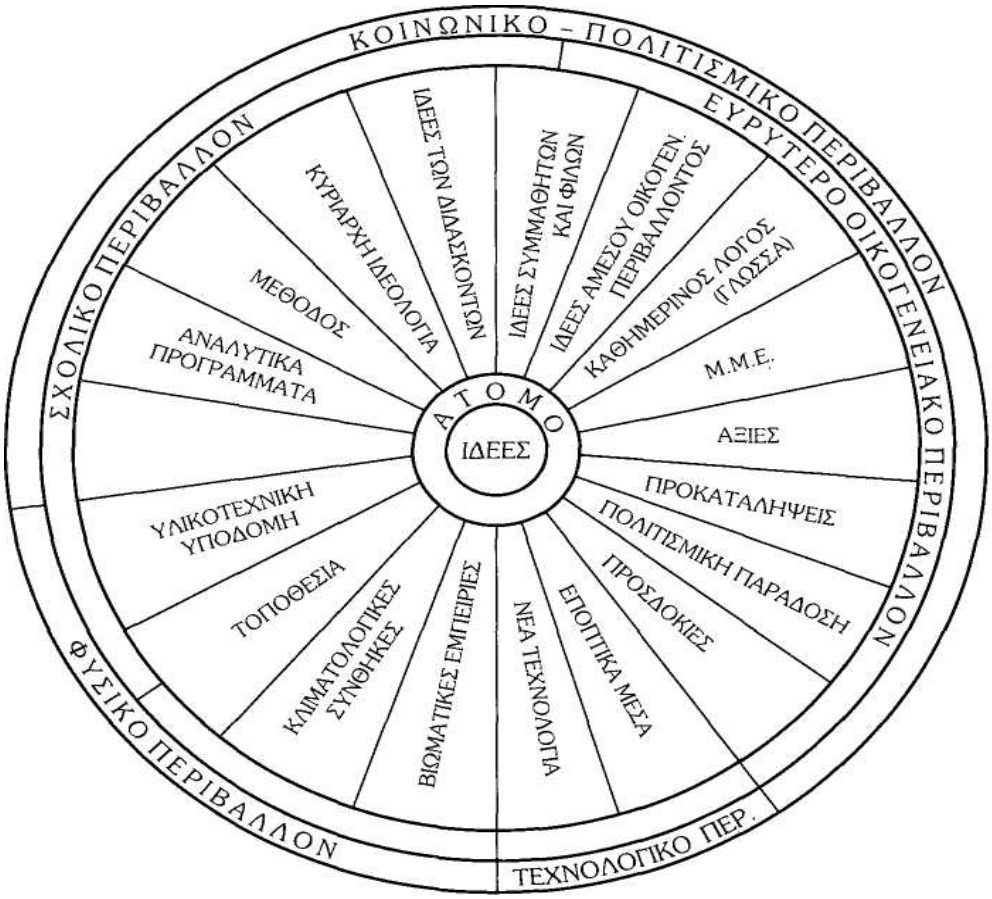
Η λέξη π.χ. σωματίδιο στην επιστήμη σημαίνει άτομο, μόριο ή ιόν. Στην καθημερινή γλώσσα σημαίνει μικρό κομμάτι στερεού που είναι ορατό με γυμνό μάτι.

Παρανοήσεις δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, λόγω έλλειψης καλής επικοινωνίας μεταξύ δασκάλων και μαθητών. Όταν ο δάσκαλος επικοινωνεί με την τάξη αυτό που πετυχαίνει συνήθως είναι να περάσουν στους μαθητές οι λέξεις και οι χειρονομίες που χρησιμοποιεί και όχι το νόημα αυτό καθεαυτό. Ο δάσκαλος έχει κάποιες ιδέες τις οποίες προσπαθεί να μεταδώσει στους μαθητές μεταφράζοντας τες σε λέξεις, σχήματα, διαγράμματα ή σύμβολα. Ο μαθητής μπορεί να τα προσέξει όλα αυτά, αλλά πρέπει να βρει και ένα νόημα για να τους αποδώσει. Υπάρχει μεγάλη

πιθανότητα το νόημα που θα δώσει ο μαθητής να μην είναι το ίδιο με εκείνο που ήθελε να αποδώσει ο δάσκαλος. Η πιθανότητα αυτή γίνεται μάλιστα μεγαλύτερη αν η γλώσσα που χρησιμοποιείται δεν του είναι οικεία.

Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια ο τρόπος που οι μαθητές κατανοούν ό,τι διαβάζουν σ' αυτά επηρεάζεται από τα ερμηνευτικά τους σχήματα. Κατασκευάζουν δηλαδή ερμηνείες, συσχετίζοντας αυτό που ήδη γνωρίζουν με αυτό που διαβάζουν και γι᾽ αυτό είναι δυνατό να δίνουν ερμηνείες διαφορετικές από εκείνες στις οποίες αποβλέπει ο συγγραφέας του εγχειριδίου.

Αναλυτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν τις ιδέες των ατόμων φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Στο χώρο της εξωσχολικής ζωής ο μαθητής έρχεται σε επαφή με τα φυσικά φαινόμενα στο σπίτι, στο δρόμο, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και της άθλησης, παρατηρώντας τα ακούσια.
Η επαφή του όμως αυτή με τα φαινόμενα δεν είναι συστηματική, αφού η αλληλουχία τους είναι τυχαία και δεν αποτελεί πρωταρχική επιδίωξη του παιδιού η κριτική τους ανάλυση με στόχο την κατανόηση.
Ο τρόπος αντιμετώπισης δεν είναι σχεδιασμένος με αιτιότητα ούτε με οριοθετημένες
γνωστικές επιδιώξεις. Στη σχολική ζωή αντίθετα, η ύλη που παρουσιάζεται στο μαθητή είναι σχεδιασμένη και οργανωμένη με βάση την επιθυμία του δασκάλου να
προσφέρει στο μαθητή υλικό για μάθηση. Τα ερεθίσματα που δέχεται ο μαθητής από το φυσικό του περιβάλλον και τον κοινωνικό του περίγυρο κατά μη συστηματικό τρόπο συμπληρώνονται από οργανωμένες διαδικασίες διδασκαλίας - μάθησης.

Στο «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» προτείνεται για το συντονισμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο, που αποτελεί μια παιδαγωγική προσέγγιση της ιστορικά καταξιωμένης επιστημονικής ερευνητικής μεθόδου, της μεθόδου με την οποία ο επιστήμονας, ο ερευνητής, ο άνθρωπος, ερεύνησε και ερευνά τον φυσικό κόσμο.
Στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο ο δάσκαλος αναζητά εναύσματα προκαλώντας το ενδιαφέρον των μαθητών, προβληματίζει τους μαθητές προτρέποντας τους να διατυπώσουν υποθέσεις, τους ενεργοποιεί στην εκτέλεση πειραμάτων και στην καταγραφή παρατηρήσεων, προκαλεί συζήτηση για τη διεύρυνση των παρατηρήσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων και εξασφαλίζει την εμπέδωση οδηγώντας τους μαθητές σταδιακά στη γενίκευση, στη μεταφορά και εφαρμογή της γνώσης στα φαινόμενα της καθημερινής ζωής.

ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ

ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΤΑΞΗ Ε

ΕΝΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Διδακτική ώρα 1 (Τετράδιο Εργασιών σελ 104 Φύλλο Εργασίας 4)

ΣΚΟΠΟΣ

Να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για τα φαινόμενα τα σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα, τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα με μπαταρίες, διακόπτες και λαμπτήρες και να ευαισθητοποιηθούν για τους κινδύνους που προκύπτουν από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας .

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να κατασκευάσουν οι μαθητές μια λυχνιολαβή και να τη χρησιμοποιήσουν σε ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Να συσχετίσουν οι μαθητές τα στοιχεία ενός κυκλώματος με τα αντίστοιχα σύμβολα.

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ

Με κατάλληλες ερωτήσεις δίνουμε εναύσματα για συζήτηση, προτρέποντας τους μαθητές να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με τη χρησιμότητα της
λυχνιολαβής:
- Πώς στερεώναμε τα καλώδια στο λαμπάκι, στο πείραμα της προηγούμενης ενότητας;
- Είναι ασφαλής αυτός ο τρόπος σύνδεσης;
- Πώς συνδέονται τα καλώδια στις λάμπες που χρησιμοποιούμε καθημερινά στα σπίτια μας;

Σημειώνουμε τις υποθέσεις των μαθητών στον πίνακα χωρίς να τις σχολιάσουμε.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Προκαλούμε σύντομη συζήτηση, βοηθώντας τους μαθητές να θυμηθούν όσα μελέτησαν στην προηγούμενη ενότητα σχετικά με τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία. Αφού υπογραμμιστεί και πάλι ότι χρειάζονται δύο καλώδια, ώστε να
συνδέεται κάθε επαφή του λαμπτήρα με έναν πόλο της μπαταρίας, τους ζητάμε να σχεδιάσουν στην εικόνα τα δύο καλώδια έτσι, ώστε το λαμπάκι στο κύκλωμα του σκίτσου να φωτίζει. Τους προτρέπουμε επίσης να χρωματίσουν το λαμπάκι
με κίτρινο χρώμα. Εισάγουμε την έννοια του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος και
ζητάμε από τους μαθητές να δικαιολογήσουν το επίθετο «κλειστό». Στη συνέχεια ζητάμε από τους μαθητές να σημειώσουν στο βιβλίο τους τα στοιχεία του κυκλώματος που παρατηρούν στην εικόνα.
Μπαταρία
Καλώδια
Λυχνιολαβή
Λαμπάκι
Στο πείραμα αυτό οι μαθητές κατασκευάζουν μια λυχνιολαβή, την οποία εντάσσουν σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Πριν οι μαθητές ξεκινήσουν την κατασκευή, καλό είναι να συζητήσουμε τις οδηγίες στην τάξη και να απαντήσουμε σε
ενδεχόμενες σχετικές ερωτήσεις των μαθητών. Οι συνδετήρες χρησιμεύουν για τη σύνδεση της λυχνιολαβής στην μπαταρία. Είναι προφανές ότι δεν μπορούμε να
χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες με πλαστικό κάλυμμα.
Αφού οι μαθητές συνδέσουν τη λυχνιολαβή στην μπαταρία, συμπληρώνουν την εικόνα σχεδιάζοντας τα καλώδια. Στη συνέχεια επιστρέφουν τα όργανα και τα υλικά στη θέση τους και συμπληρώνουν την παρατήρηση στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους.

ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ

Ζητάμε από τους μαθητές να διατυπώσουν ένα γενικό συμπέρασμα κάνοντας μία αναδρομή στις υποθέσεις που διατύπωσαν στην αρχή του μαθήματος. Προκαλούμε συζήτηση στην τάξη, μέσα από την οποία οι μαθητές σχολιάζουν και συμπληρώνουν τις υποθέσεις τους σχετικά με τη χρησιμότητα των λυχνιολαβών. Μπορούμε να ρωτήσουμε:

- Σε τι χρησιμεύουν οι λυχνιολαβές;
- Αν δε χρησιμοποιούσαμε λυχνιολαβές, θα ήταν ευκολότερη ήδυσκολότερη η σύνδεση των λαμπτήρων;
- Είναι ασφαλές να χρησιμοποιούμε λυχνιολαβές για τη σύνδεση των λαπτήρων;

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια των σκίτσων, εξηγούμε στους μαθητές τα σύμβολα που αντιστοιχούν στα βασικά στοιχεία ενός κυκλώματος.

ΕΜΠΕΔΩΣΗ

ΦΩΤΕΙΝΟΣ ΠΑΝΤΟΓΝΩΣΤΗΣ

Κόψε ένα χαρτόνι .
Γράψε αριστερά πέντε ερωτήσεις. Και δίπλα τις απαντήσεις, όχι όμως στη σωστή σειρά .

Κόψε πέντε κομμάτια καλώδιο και αφαίρεσε με το ψαλίδι από τις άκρες τους το πλαστικό . Στερέωσε στις άκρες των καλωδίων συνδετήρες.

Γύρισε το χαρτόνι ανάποδα .Στερέωσε με τον συνδετήρα μια άκρη ενός καλωδίου σε μια ερώτηση. Την άλλη άκρη του καλωδίου στερέωσε τη στην αντίστοιχη απάντηση .Ένωσε τις υπόλοιπες ερωτήσεις με τις αντίστοιχες απαντήσεις ,χρησιμοποιώντας από ένα καλώδιο για κάθε ερώτηση .

Σύνδεσε τη λυχνιολαβή στην μπαταρία.

Ο φωτεινός παντογνώστης είναι έτοιμος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δαρδανός , Γ. «Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών » , Επιμέλεια πρόλογος Π. Κόκκοτας , Εκδόσεις *τυπωθύτω* , Αθήνα .

2. Δ.Ε.Π.Π.Σ. , «Φυσικά Δημοτικού » ,διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : http://www.pi-schools.gr (20 – 4 – 2007).

3. Κόκκοτα , Π., «Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία Των Φυσικών Επιστημών » Εκδόσεις Γρηγόρη , Αθήνα 1998 .

4. Κόκκοτα , Π., « Διδακτική των Φυσικών Επιστημών » , Εκδόσεις Γρηγόρη , Αθήνα 1998 .

5. Παιδαγωγική Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια – Λεξικό .

6. «ΦΩΣ , Μια Διαθεματική Προσέγγιση», Ένωση Ελλήνων Φυσικών , Αθήνα 2005 .

7. Φυσικά δημοτικού , « Ερευνώ και ανακαλύπτω » , Βιβλίο του μαθητή , Ε΄, Τάξη .

8. Φυσικά δημοτικού , «Ερευνώ και ανακαλύπτω » ,Βιβλίο του δασκάλου , Ε΄, Τάξη.

9. Φυσικά δημοτικού , « Ερευνώ και ανακαλύπτω » , Τετράδιο Εργασιών , Ε΄, Τάξη.