

## το πλαίσιο της άσκησης των μαθητών στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου

από τον διαδικτυακό τόπο το Πανεπιστημιακό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών (διδασκική τω Φυσικών Επιστημών). Είναι διαθέσιμο στη διαδικτυακή θέση:  
[http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/new\\_ant/new\\_method.htm](http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/new_ant/new_method.htm)

Η επιστημονική μέθοδος θα λέγαμε ότι είναι μία σειρά καλά καθορισμένων διαδικασιών που χρησιμοποιεί ο επιστήμονας στην προσπάθειά του να ανακαλύψει τα μυστικά της φύσης, δηλαδή να βρει τους νόμους και να κατασκευάσει θεωρίες για την εξήγηση των φαινομένων. Αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) γιατί λειτουργεί ανεξάρτητα από τα άτομα που τη χρησιμοποιούν. Εφαρμόζεται παγκόσμια και βοηθάει τους επιστήμονες να απαλλαγούν, όσο αυτό είναι δυνατόν, από τις ανθρώπινες αδυναμίες τους και να είναι αντικειμενικοί στην αναζήτηση της γνώσης και της αλήθειας της φύσης. Ωστόσο δεν αποτελεί πανάκεια στην ανακάλυψη της γνώσης. Κανείς δεν μπορεί να υποστηρίξει ότι αν οι επιστήμονες την εφαρμόζουν θα ανακαλύψουν τη γνώση. Στην ιστορία της επιστήμης δεν υπάρχει ούτε μία περίπτωση όπου οι επιστήμονες ακολούθησαν την ίδια ακριβώς μεθοδολογία και έφθασαν στη γνώση.

Στη σημερινή εποχή είναι απαραίτητο οι μαθητές να ασκηθούν στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται, εργάζονται και λύνουν τα προβλήματα οι επιστήμονες, στις διαδικασίες που χρησιμοποιούν στις έρευνες τους. Η ανάπτυξη της γνώσης επιβάλλει ολοένα και περισσότερα καθήκοντα. Έτσι η χρησιμοποίηση τους σε τομείς όπως π.χ. ιατρική, βιομηχανία, γεωργία απαιτεί από τους σημερινούς νέους να μάθουν τους τρόπους με τους οποίους αποκτιούνται οι γνώσεις και πώς εφαρμόζονται στην πράξη. Επιπλέον το γεγονός ότι η επιστημονική γνώση εξελίσσεται ή κάποιες φορές αναθεωρείται επιβάλλει στα εκπαιδευτικά συστήματα όλων των χωρών να διδάξουν τους μαθητές πώς να μαθαίνουν. Άσκηση των μαθητών στην επιστημονική μεθοδολογία τους βοηθάει στην κατάκτηση της γνώσης. Γι' αυτό βασικός στόχος της διδασκαλίας των Φ.Ε. είναι και η άσκηση των μαθητών στις διαδικασίες που συνιστούν την επιστημονική μεθοδολογία.

Οι διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου είναι οι ακόλουθες:

1. Παρατήρηση
2. Ταξινόμηση
3. Μαθηματικές εκφράσεις
4. Μέτρηση
5. Χωροχρονικές σχέσεις
6. Επικοινωνία,
7. Προβλέψεις
8. Εξαγωγή συμπερασμάτων
9. Λειτουργικοί ορισμοί
10. Υποθέσεις
11. Ερμηνεία
12. Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών
13. Πειραματισμός
14. Κατασκευή μοντέλων

Ο κατάλογος των διαδικασιών είναι ιεραρχημένος. Κάθε διαδικασία αντιπροσωπεύει ένα υψηλότερο επίπεδο δεξιοτήτων από τις προηγούμενες και τις περιλαμβάνει.

### **1. Η παρατήρηση**

Παρατηρώ σημαίνει εξετάζω προσεχτικά, ερευνώ. Η παρατήρηση προϋποθέτει την ενεργοποίηση και τη χρήση όλων των αισθήσεων- Από μόνες τους οι παρατηρήσεις δεν είναι

τόσο σπουδαίες, γίνονται όμως σπουδαίες, με τις ερωτήσεις που ακολουθούν και την απορρηματική κατάσταση που δημιουργούν. Βέβαια αυτό που παρατηρούμε δεν θα πρέπει να ανάγεται σε απόλυτη αρχή μιας και ό,τι δεν είναι παρατηρήσιμο δε σημαίνει ότι δεν υπάρχει. Η παρατήρηση είναι μία σύνθετη διαδικασία που σχετίζεται άμεσα με τη θεωρητική γνώση διαφορετικά η αισθητηριακή γνώση θα ήταν άχρηστη. Για παράδειγμα, τι νόημα έχει να καταγράψει κανείς οτιδήποτε παρατηρεί χωρίς κάποιο σκοπό, χωρίς μία θεωρητική γνώση; Η παρατήρηση επομένως είναι πάντοτε επιλεκτική δηλαδή προϋποθέτει ένα αντικείμενο προς παρατήρηση επιλεγμένο εκ των προτέρων, μία άποψη, ένα πρόβλημα. Είναι τέχνη και, όπως όλες οι τέχνες, μπορεί να διδαχθεί.

Για τη σχολική πράξη, η παρατήρηση σαν αφετηρία της γνώσης είναι μία διαδικασία πολύ σημαντική. Όταν οι μαθητές ασκούνται στην παρατήρηση μπορούν και συγκεντρώνουν περισσότερες ενδείξεις, μπορούν και περιγράφουν καλύτερα αυτό που συμβαίνει. Είναι λοιπόν σπουδαίο οι μαθητές όχι μόνο να παρατηρούν αλλά και να περιγράφουν με κάθε λεπτομέρεια αυτό που παρατήρησαν. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές γίνονται ολοένα και πιο ικανοί να διαχωρίζουν την παρατήρηση από την ερμηνεία ή και από το συμπέρασμα. Η παρατήρηση και το πείραμα αποτελούν βασικές συνιστώσες της σύγχρονης μεθόδου έρευνας στις Φ.Ε. αρκεί να υπάρχει σαφής στόχος και προγραμματισμός.

## **2) Η ταξινόμηση**

Η ταξινόμηση ομοειδών αντικειμένων είναι μία διαδικασία πολύ θεμελιώδης για τις Φ.Ε. και βοηθάει στο να μπει τάξη στις έρευνες των επιστημόνων για τη φύση. Συστήματα ταξινόμησης είναι π.χ η διάκριση φυτά / ζώα, σπονδυλωτά / ασπόνδυλα, καλοί και κακοί αγωγοί της θερμότητας. Η ομαδοποίηση βοηθάει στην ανακάλυψη ιδιοτήτων με τις οποίες γίνεται η ταξινόμηση και η περιγραφή. Ακόμα και οι παρατηρήσεις αποκτούν άλλο νόημα, όταν μπορούν να ταξινομηθούν. Η κατάλληλη ταξινόμηση δίνει την αίσθηση της ενότητας και την αναγνώριση της ποικιλίας.

Σε σχολικό επίπεδο η ταξινόμηση βοηθάει τους μαθητές να ανακαλύψουν ιδιότητες με τις οποίες μπορούν να περιγράψουν τα αντικείμενα που ομαδοποιούν. Για παράδειγμα η ταξινόμηση των χημικών ενώσεων σε οξέα, βάσεις και άλατα βοηθάει στην ανακάλυψη και την εμπέδωση της γνώσης. Στο κατώτερο επίπεδο οι μαθητές ασκούνται στην ταξινόμηση, γιατί έμμεσα μαθαίνουν και να παρατηρούν. Μπορούμε να τους δώσουμε π.χ φύλλα φυτών και να τους ζητήσουμε να τα ταξινομήσουν ανάλογα με το σχήμα, το χρώμα, το πάχος, τη νεύρωση κ.ά.

## **3) Μαθηματικές εκφράσεις**

Η χρήση των Μαθηματικών στην εξερεύνηση της φύσης έχει αποδειχθεί πολλαπλά σημαντική, αφού βοηθάει στη διατύπωση των ορισμών, των νόμων, στην κωδικοποίηση των παρατηρήσεων και στις μετρήσεις. Εξάλλου οι στατιστικοί κανόνες βοηθούν στο συσχετισμό ομάδων παρατηρήσεων με τις υποθέσεις. Τα Μαθηματικά παρέχουν μια δυνατή γλώσσα για τις επιστημονικές συνομιλίες. Η μελέτη πολλών φαινομένων γίνεται ενοποιητικά με τη βοήθεια των Μαθηματικών, με αποτέλεσμα τη βαθύτερη κατανόησή τους. Μπορούμε να αναφέρουμε ως παράδειγμα τις εξισώσεις του Maxwell που ενοποίησαν το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Στη σχολική τάξη η χρήση των Μαθηματικών στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι εκτεταμένη. Οι μαθητές κατανοούν καλύτερα ένα φαινόμενο ή ένα νόμο όταν η διατύπωση είναι σε μαθηματική γλώσσα. Ωστόσο είναι αναγκαίο να μην περιορίζεται η διδασκαλία στην απλή μαθηματική διατύπωση, αλλά να τους βοηθούμε να βιώνουν το πώς χρησιμοποιούνται οι νόμοι στην τεχνική και στην παραγωγική διαδικασία. Γιαυτό τα διάφορα προβλήματα εφαρμογής πρέπει να έχουν μια γνήσια λειτουργία επίγνωσης, δεν πρέπει να είναι τυπικά προβλήματα, όπου η μηχανιστική αντικατάσταση των δεδομένων σε κάποιο τύπο δίνει το αριθμητικό αποτέλεσμα. Είναι αναγκαίο να συνηθίσουν οι μαθητές, πριν από τη λύση τέτοιων προβλημάτων, σε κάθε νέα εξίσωση ή διάγραμμα, να θέτουν μόνοι τους το ερώτημα, πού μπορεί να χρησιμεύσει η εξίσωση ή το διάγραμμα;

#### **4) Η μέτρηση**

Η εισαγωγή του πειράματος στη μελέτη των φαινομένων επέβαλλε την ποσοτική μελέτη τους. Η ποσοτική μελέτη στηρίζεται σε δεδομένα που προκύπτουν από μετρήσεις και εκφράζονται με αριθμούς.

Ειδικότερα, από την άποψη της σύνδεσης της διδασκαλίας των Φ.Ε με η ζωή και την πράξη, απαιτείται η ικανότητα των μαθητών να ενεργούν με μερικούς κανόνες π.χ ικανότητα μέτρησης μεγεθών. Ακόμη τόσο για τον καθορισμό αυτών που συμβαίνουν στη φύση και την τεχνική, όσο και για την εφαρμογή των γνωστών νομοτελειών, απαιτείται η διεξαγωγή μετρήσεων των αντίστοιχων μεγεθών.

Οι μετρήσεις γίνονται με όργανα όπως π.χ ζυγός, θερμόμετρο. Απαιτείται κάποια τεχνική που αποκτιέται με την άσκηση. Οι μετρήσεις είναι μετρήσεις προσέγγισης γιατί εξαρτώνται από τον τρόπο μέτρησης, τη συσκευή μέτρησης και την υποκειμενική συμπεριφορά αυτού που μετρά. Στη σημερινή εποχή επιβάλλεται η άσκηση των μαθητών στις μετρήσεις για να μπορούν να κάνουν μετρήσεις όποτε χρειάζεται στην καθημερινή τους ζωή.

#### **5) Οι χωροχρονικές σχέσεις**

Οι χωροχρονικές σχέσεις περιλαμβάνουν την έρευνα και τη χρήση σχημάτων την απόσταση, την κίνηση, την ταχύτητα, την επιτάχυνση κτλ. Είναι προφανές ότι οι μικρής ηλικίας μαθητές δύσκολα αντιλαμβάνονται την ύπαρξη σχέσης μεταξύ των μεγεθών, γιατί μπορούν να προσεγγίσουν μόνο ποιοτικά τις σχετικές έννοιες. Αντίθετα οι μαθητές του Γυμνασίου ή του Λυκείου προσεγγίζουν τις έννοιες με ολοκληρωμένο τρόπο.

#### **6) Η επικοινωνία**

Η επικοινωνία είναι βασικής σημασίας διαδικασία, γιατί επιτρέπει στον ερευνητή να ανακοινώνει τις σκέψεις του, τις ερευνητικές του προσπάθειες και τα συμπεράσματα του. Γίνεται γραπτά ή προφορικά.

Στη σχολική τάξη ο μαθητής προκειμένου να αναπτύξει την ικανότητα έκφρασης και επικοινωνίας πρέπει να έχει πολλές ευκαιρίες να εκφράζει τις σκέψεις του γραπτά ή προφορικά. Στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας η επικοινωνία επιτυγχάνεται με την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών και την ομαδική εργασία.

#### **7) Οι προβλέψεις**

Η πρόβλεψη είναι το έξυπνο μάντεμα. Έχει σχέση με τη διαίσθηση και τη φαντασία. Είναι ένα σημαντικό μέρος της δουλειάς του επιστήμονα, ο οποίος συχνά κάνει την ερώτηση: «Τι θα συμβεί αν.....»

Κάνει την πρόβλεψη και προχωρεί στον έλεγχο της. Για την πρόβλεψη στηρίζεται σε δεδομένα, γεγονός που κάνει την πρόβλεψη να διαφέρει από την υπόθεση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα πρόβλεψης είναι η πρόγνωση του καιρού. Οι επιστήμονες με δεδομένα διάφορες μετρήσεις όπως της ταχύτητας των ανέμων, της θερμοκρασίας, της πίεσης κατασκευάζουν ένα μοντέλο του καιρού που μοιάζει πολύ με τον καιρό που επικρατεί τις επόμενες μέρες.

Στη σχολική τάξη με ερωτήσεις του τύπου «Τι θα συνέβαινε αν...» δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κάνουν -προβλέψεις και να προβαίνουν στη συνέχεια στον έλεγχο τους.

#### **8) Τα συμπεράσματα**

Τα συμπεράσματα είναι αντικειμενικές εξηγήσεις των παρατηρήσεων. Είναι περισσότερο χρήσιμα από την παρατήρηση, γιατί ενώ ίσως την έχει αφετηρία φθάνει μέσω του συλλογισμού πολύ πιο πέρα από αυτή π.χ. ο επιστήμονας παρατηρώντας το φυτό που βγαίνει από τα δυο άκρα του κεριού μπορεί να συμπεράνει ότι είναι πιθανό να διαπερνάει όλο το κεριό.

#### **9) Οι λειτουργικοί ορισμοί**

Οι λειτουργικοί ορισμοί παρέχουν οικονομία στην επικοινωνία, επειδή μια λέξη ή ένας όρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί έναντι μιας εκτεταμένης περιγραφής, αν ο χρήστης κάμει από την

αρχή ξεκάθαρη τη σημασία που της αποδίδεται. Έτσι με τον όρο «ταχύτητα» εννοούμε το ρυθμό μεταβολής του διαστήματος, ενώ με την «επιτάχυνση» το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας. Οι λέξεις ταχύτητα και επιτάχυνση έχουν λειτουργικοί σχέση, αφού ορίζονται με το πώς μετριούνται.

Στη διδασκαλία των Φ.Ε. οι ορισμοί παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο. Εδώ όμως πρέπει να ερευνηθεί τι εκφράζει η ευχέρεια στον ορισμό. Είναι αποτέλεσμα δημιουργικής σκέψης του μαθητή ή προέρχεται από απλή απομνημόνευση; Στη δεύτερη περίπτωση η ικανότητα ενός μαθητή να ορίσει ένα μέγεθος ή μια έννοια δε σημαίνει ότι και την κατανοεί. Παρόμοιος κίνδυνος υπάρχει αν επιχειρήσει κάποιος να διδάξει μια έννοια μόνο με τον ορισμό. Όταν οι ορισμοί υπάρχουν στο εγχειρίδιο τότε λειτουργούν ως απλές πληροφορίες, που όμως δε θεωρούνται γνώσεις. Συνεπώς οι ορισμοί πρέπει να δίνονται από τους ίδιους τους μαθητές ή στη χειρότερη των περιπτώσεων οι μαθητές να επιχειρήσουν να δώσουν τον ορισμό έστω και λανθασμένα

### **10) Οι υποθέσεις**

Οι υποθέσεις παράγονται από κατά εικασία υπολογισμούς. Ίσως να προέρχονται από έμπνευση. Η ύπαρξη μερικών πειραματικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει στη διατύπωση μιας υπόθεσης. Ο σχηματισμός υποθέσεων είναι μια θεμελιωμένη διαδικασία και παρουσιάζεται σαν εξήγηση φαινομένων που μένουν ανεξήγητα σε ορισμένη στιγμή. Η ιστορία των επιστημών δείχνει ότι πάρα πολύ συχνά μια υπόθεση έγινε ένα εξαιρετικά παραγωγικό κίνητρο για την παραπέρα ανάπτυξη της γνώσης.

### **11) Η ερμηνεία των δεδομένων**

Τα δεδομένα π.χ πληροφορίες, παρατηρήσεις, μετρήσεις κτλ., από μόνες τους έχουν πολύ λίγο ενδιαφέρον. Για να αποκτήσουν επιστημονική αξία πρέπει να φωτιστούν κατάλληλα, δηλαδή να ερμηνευτούν κατάλληλα, να οδηγήσουν σε γενικεύσεις και να συσχετιστούν με τις ερωτήσεις. Η συσσώρευση πληροφοριών χωρίς ερμηνεία είναι διαδικασία χωρίς αξία. Κατά συνέπεια μπορούμε να μιλήσουμε για μάθηση μόνο αν τα δεδομένα υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία και οδηγήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

### **12) Η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών**

Οι ερευνητές είναι συχνά υποχρεωμένοι να αναζητούν όλες εκείνες τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στα φαινόμενα. Για το σκοπό αυτό καταφεύγουν στο πείραμα. Κάθε χωριστή κατάσταση απομονώνεται και ελέγχεται με τη μεγαλύτερη δυνατή προσέγγιση. Αυτές οι απομονωμένες και ελεγχόμενες καταστάσεις αποτελούν τις μεταβλητές του πειράματος. Τέτοιες μεταβλητές μπορεί να είναι η θερμοκρασία, η υγρασία/ η πίεση, ο όγκος, η μάζα κτλ. Ο ερευνητής παρατηρεί και καταγράφει τις διαφορές σε δυο πειράματα, όταν αλλάξει η μεταβλητή σε ένα από αυτά.

Στη διδασκαλία των Φ.Ε. η ικανότητα κατανόησης της ανεύρεσης και του διαχωρισμού των μεταβλητών εξαρτάται από την εμπειρία του μαθητή. Βασική πάντως προϋπόθεση είναι η άσκηση στις παραπάνω διαδικασίες.

### **13) Ο πειραματισμός**

Το πείραμα αποτελεί βασική συνιστώσα της επιστημονικής έρευνας, αποτελεί ένα μοντέλο διαλεκτικής διαμεσολάβησης ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση. Οι λειτουργίες του πειράματος είναι συνοπτικά οι εξής;

- Δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης
- Δοκιμάζεται συνολικά μια θεωρία
- Αναζητούνται νέα φαινόμενα που προβλέφθηκαν θεωρητικά.
- Δημιουργούνται νέα υλικά π.χ στη Χημεία
- Δημιουργούνται νέα αντικείμενα

Το πείραμα είναι πράξη και ως πράξη προϋποθέτει γνώση αλλά είναι και πηγή γνώσης. Σύμφωνα με τον εποικοδομισμό το πείραμα χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Φ. Ε για την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών ή για την εισαγωγή μιας έννοιας στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν προϋπάρχουσες ιδέες. Στο ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας το πείραμα χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη της γνώσης και στο παραδοσιακό μοντέλο χρησιμοποιείται απλά για να επιβεβαιώσει μία θεωρία ή να επιβεβαιώσει τα όσα ελέχθησαν από το δάσκαλο «αυθεντία».

#### **14) Η κατασκευή μοντέλων**

Οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν μερικά φαινόμενα, στα οποία συνήθως υπεισέρχονται αόρατα συστατικά της ύλης, όπως άτομα, μόρια, κτλ. Καταφεύγουν στη χρήση μοντέλων. Συνήθως ο επιστήμονας επινοεί ένα μοντέλο ή πρότυπο, που στοχεύει να περιγράψει ή να εξηγήσει μια περιοχή του πραγματικού. Ένα μοντέλο μπορεί να είναι ένας μαθηματικός τύπος.

Στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι ανάγκη να τονιστεί ότι το μοντέλο δεν αποτελεί πραγματικότητα, αλλά ότι αναπαριστά κατά προσέγγιση τον τρόπο που εμείς φανταζόμαστε την πραγματικότητα. Θα πρέπει π.χ. να τονίσουμε στους μαθητές ότι οι εικόνες ή τα σκίτσα που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια και αναφέρονται στο άτομο και τη δομή του δεν είναι φωτογραφίες των ατόμων αφού αυτά δε φαίνονται στο μικροσκόπιο αλλά μοντέλα των ατόμων.