

Η ερευνητική εργαστηριακή άσκηση: Εφαρμογή στην ενότητα Χημική Κινητική

Αβραάμ Μαυρόπουλος¹, Αθηνά Πέτρου²

¹ Κολλέγιο Αθηνών, makmav@ath.forthnet.gr

² Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας

Περίληψη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της ερευνητικής μας δουλειάς που περιλαμβάνει την εφαρμογή της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης στην ενότητα της χημικής κινητικής. Η εργαστηριακή άσκηση πραγματοποιήθηκε από πρωτοετείς φοιτητές, από τους οποίους ζητήθηκε να προσδιορίσουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης και να μελετήσουν τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Η διαδικασία αξιολογήθηκε και από τους συμμετέχοντες στο εργαστήριο φοιτητές, οι οποίοι στη συνέχεια αξιολόγησαν τη δουλειά τους στην ομάδα (αυτοαξιολόγηση). Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να δείχουν τα πλεονεκτήματα της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης σε σχέση με την κλασική εργαστηριακή άσκηση.

Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Dewey (1933): «Όταν το άτομο μαθαίνει με τη μέθοδο της έρευνας-ανακάλυψης, αυξάνει την ικανότητά του να οργανώνει πληροφορίες. Κι αυτή η ικανότητα, του δίνει τη δυνατότητα να εφαρμόσει στην πράξη τις γνώσεις που αποκτά και να τις χρησιμοποιήσει αργότερα με ευχέρεια και επιτυχία στη λύση άλλων προβλημάτων».

Ο Μασσιάλας (1984) υποστηρίζει ότι: «Οι μαθητές με τη χρήση της ερευνητικής μεθόδου αποκτούν πολλές δεξιότητες, ενώ ταυτόχρονα εκδηλώνουν περισσότερο ενδιαφέρον και ενθουσιασμό».

Το *National Research Council* (NRS, 1995) δημοσιεύει τα *National Science Education Standards* και εστιάζει στην «Ερευνητική Μέθοδο» όπου κάνει αναφορά:

α) Στις ικανότητες που πρέπει να αναπτύξουν οι μαθητές ώστε να μπορούν να σχεδιάσουν και να διεξάγουν μια επιστημονική έρευνα.

β) Στις στρατηγικές διδασκαλίας και μάθησης που οδηγούν στην απόκτηση επιστημονικών εννοιών μέσω της έρευνας.

Διάφορες έρευνες (Psillos, Niedderer 2002) έχουν δείξει ότι:

α) Οι μαθητές στο εργαστήριο, συχνά λειτουργούν μηχανικά - το ενδιαφέρον τους επικεντρώνεται στη διεξαγωγή του πειράματος, χωρίς να καταλαβαίνουν:

- Τι ακριβώς κάνουν / ποια έννοια ή ποιο φαινόμενο μελετούν.
- Τι επιδιώκουν με αυτό /τους στόχους του πειράματος.
- Τη διαδικασία /για ποιους λόγους ακολουθούν μια διαδικασία.

β) Τα μη ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα οφείλονται στο ότι:

- Ο χρόνος που δινόταν για το πείραμα δεν ήταν επαρκής.
- Ο σχεδιασμός των πειραμάτων δεν ήταν «σωστός».
- Ο ρόλος του δασκάλου δεν ήταν «σωστός».
- Οι μαθητές ασχολούνταν επιφανειακά με τα πειράματα.

- Δε δείχνονταν εφαρμογές των πειραμάτων στην καθημερινή ζωή.

Σχετικά πρόσφατες έρευνες (*Hofstein, Navon, Kirpis & Mamlok-Naaman, in press/2004*) έδειξαν ότι, με την *ερευνητική εργαστηριακή άσκηση* οι μαθητές:

- Κατανοούν περισσότερο τις επιστήμες.
- Είναι ικανοί να ρωτούν περισσότερες και καλύτερες ερωτήσεις παρατηρώντας χημικά φαινόμενα.
- Αναπτύσσουν την ικανότητα να ρωτούν ερωτήσεις ως αναγνώστες επιστημονικών άρθρων.
- Αναπτύσσουν υψηλού επιπέδου μαθησιακές δεξιότητες και μεταγνωστικές ικανότητες.

Γενικά, με την ερευνητική εργαστηριακή άσκηση (*Μαυρόπουλος, 1997, 2004*) προωθείται:

- η συμμετοχή και η συνεργασία
- η δράση και η αυτενέργεια
- η αυτόνομη μάθηση
- η έμμεση καθοδήγηση.
- η σύνδεση ζωής και μάθησης.

Η διαδικασία της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης

Η διαδικασία της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

α) Οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν / λύσουν κάποιο «πρόβλημα» (ερευνητικό ερώτημα / θέμα) πειραματικά.

β) Οι μαθητές συνεργάζονται με τα μέλη της ομάδας τους, και:

- Μελετούν τη σχετική με το «πρόβλημα» βιβλιογραφία (βιβλιογραφική έρευνα – βιβλιοθήκη / διαδίκτυο αναζητώντας μεθόδους / διαδικασίες και μέσα για τη λύση του «προβλήματος»).
- Διατυπώνουν λύσεις / απαντήσεις (*υπόθεση*) στο «πρόβλημα» - προσδιορίζουν τις μεταβλητές και τον τρόπο ελέγχου τους.
- Επινοούν και σχεδιάζουν / οργανώνουν πειραματική διαδικασία για τον έλεγχο ορθότητας των προτεινόμενων λύσεων / απαντήσεων (της υπόθεσης) και επιλέγουν τα απαραίτητα μέσα (*ουσίες, όργανα, συσκευές*).

γ) Ο δάσκαλος *ελέγχει τους σχεδιασμούς των πειραμάτων, από άποψη ορθότητας, απλότητας, ασφάλειας* και κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις.

δ) Οι μαθητές στη συνέχεια, πηγαίνουν στο *εργαστήριο*:

- διεξάγουν το πείραμα,
- επεξεργάζονται / αναλύουν τα αποτελέσματα,
- βγάζουν συμπεράσματα.

Ο ρόλος του δασκάλου στην ερευνητική μέθοδο (*Massialas, 1984*), δεν είναι να προσφέρει έτοιμες γνώσεις, αλλά:

- να δημιουργεί τις συνθήκες, από τις οποίες μπορεί να αναπτυχθεί κάποιο πρόβλημα.
- να προγραμματίζει και να καθοδηγεί έμμεσα τη μάθηση.
- να έχει διαθέσιμα υλικά και πηγές, ώστε οι μαθητές να μπορούν να ερευνήσουν το θέμα.
- να ενθαρρύνει τους μαθητές με ερωτήσεις να *διερευνήσουν /ανακαλύψουν* πρόσθετα ζητήματα, να διατυπώσουν υποθέσεις και να επιλύσουν αντιφατικές ιδέες και τοποθετήσεις.
- να προτρέπει τους μαθητές να θέτουν ερωτήματα - προβλήματα και να ψάχνουν για εναλλακτικές λύσεις ή και αντίθετες απόψεις.

Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στον τομέα της σύγχρονης χημικής εκπαίδευσης, η οποία προτρέπει σε *ερευνητικές διδακτικές προσεγγίσεις*, με στόχο την *ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας*, την *ικανότητα λύσης προβλημάτων* και *λήψης αποφάσεων*. Σκοπός της έρευνας ήταν η εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου στη *χημική κινητική* και συγκεκριμένα στην ταχύτητα αντίδρασης και τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Μετά τη διεξαγωγή του πειράματος, ζητήθηκε από τους φοιτητές να προβούν σε αξιολόγηση της διαδικασίας και σε αυτοαξιολόγηση.

Το δείγμα

Η εργαστηριακή άσκηση πραγματοποιήθηκε από 33 πρωτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες του φυσικού τμήματος, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 11 τριμελείς ομάδες. Το 69,2% των φοιτητών/είχαν παρακολουθήσει θετική κατεύθυνση στο σχολείο, ενώ το 30,8% τεχνολογική κατεύθυνση. Προκειμένου να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με την προηγούμενη εργαστηριακή εμπειρία των συμμετεχόντων στην έρευνα, ζητήθηκε από τους φοιτητές να απαντήσουν στην ερώτηση «*πόσα εργαστήρια κάνατε στο Γυμνάσιο / Λύκειο;*». Όπως προέκυψε από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση αυτή, το 56% δεν είχε κάνει καθόλου εργαστήριο, το 16% ένα, το 12% δύο, το 8% τρία και το 8% τέσσερα.

Η πειραματική διαδικασία

Α' φάση. Στους φοιτητές δόθηκαν τα επόμενα όργανα και ουσίες:

Όργανα	Ουσίες
4 κωνικές φιάλες (250 mL) 10 δοκιμαστικοί σωλήνες ογκομετρικοί κύλινδροι θερμόμετρο / χρονόμετρο λύχνος / πλέγμα / τρίποδας	HCl(aq): 0,5M, 1,0M, 3,0M, 6,0M 10 κομμάτια ταινίας Mg παγάκια

Στη συνέχεια, τέθηκε το ερευνητικό ερώτημα και διατυπώθηκαν κάποιες οδηγίες και ερωτήσεις:

Ερευνητικό ερώτημα: Να σχεδιάσετε και να πραγματοποιήσετε πείραμα για να προσδιορίσετε:

- Την ταχύτητα αντίδρασης.
- Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα αντίδρασης με μεταβολή της θερμοκρασίας, της συγκέντρωσης και της επιφάνειας επαφής των αντιδρώντων.

A) Πριν αρχίσετε την πειραματική διαδικασία, να απαντήσετε στις ερωτήσεις A1, A2, A3.

A1) Τι γνωρίζετε για το θέμα;

A2) Τι άλλο θα θέλατε να γνωρίζετε για το θέμα;

A3) Σε τι θα βασιστείτε για να βρείτε το ζητούμενο; *Συζητήστε τις ιδέες/απόψεις* στην ομάδα σας (Αν διαφωνείτε σε κάποια σημεία, γράψτε τις διαφωνίες σας).

Γράψτε τα βήματα / διαδικασία που θα ακολουθήσετε.

B1) *Πραγματοποιήστε το πείραμα που σχεδιάσατε:*

B1.1. Γράψτε τις μετρήσεις / τα αποτελέσματα σε κάθε βήμα.

B1.2. Γράψτε τα συμπεράσματά σας και αιτιολογήστε τα.

B2) Αξιολογήστε τη διαδικασία, αναφέροντας: α) Αδύνατα σημεία / παραλείψεις / σφάλματα, β) Τι άλλο θα μπορούσατε να κάνετε που πιθανόν θα βελτίωνε τη διαδικασία που σχεδιάσατε.

B3) Γράψτε, αν έχετε κάποια ιδέα για εναλλακτικό τρόπο προσέγγισης του θέματος ή για άλλη σχετική έρευνα

B4) Να αναφέρετε πλεονεκτήματα ή και μειονεκτήματα της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης και σε σχέση με την κλασική εργαστηριακή άσκηση όπου εργάζεστε με οδηγίες.

B5) Ποια μορφή εργαστηριακής άσκησης προτιμάτε;

B' φάση. Μετά το τέλος της εργαστηριακής άσκησης δόθηκε στους φοιτητές ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση (αυτοαξιολόγηση) της κάθε ομάδας. Στον πίνακα 1 των αποτελεσμάτων παρατίθενται οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις των φοιτητών.

Αποτελέσματα

A' φάση

Παρακάτω παρατίθενται οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους φοιτητές στις ερωτήσεις B2 έως B5.

B2) Αξιολογήστε τη διαδικασία, αναφέροντας: α) Αδύνατα σημεία / παραλείψεις / σφάλματα, β) Τι άλλο θα μπορούσατε να κάνετε που πιθανόν θα βελτίωνε τη διαδικασία που σχεδιάσατε.

Απαντήσεις

- Περισσότερες τιμές για να μειωθεί το σφάλμα.
- Σφάλματα χρονομέτρου - ηλεκτρονική χρονομέτρηση.

B3) Γράψτε, αν έχετε κάποια ιδέα για εναλλακτικό τρόπο προσέγγισης του θέματος ή για άλλη σχετική έρευνα.

Απαντήσεις

- Μελέτη με διαφορετικά δείγματα (ποσότητες) αντιδρώντων.
- Να χρησιμοποιήσουμε αντιδρώντα που να αλλάζει το χρώμα τους.
- Μελέτη της δράσης του καταλύτη.

B4) Να αναφέρετε πλεονεκτήματα ή και μειονεκτήματα της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης και σε σχέση με την κλασική εργαστηριακή άσκηση όπου εργάζεστε με οδηγίες.

Απαντήσεις

α) Πλεονεκτήματα

- 1) Αναγκαστήκαμε να συνεργαστούμε.
- 2) Η αύξηση του βαθμού αυτενέργειας και η ανάληψη πρωτοβουλιών που είναι πολύ χρήσιμες για την κατανόηση του πειράματος. Η κλασική άσκηση οδηγεί στην επιφανειακή κατανόηση του πειράματος και του φαινομένου.
- 3) Η λήψη πρωτοβουλίας από τους φοιτητές, ο σχεδιασμός και η οργάνωσή της από αυτούς και η καλύτερη επαφή με την ουσία του πειράματος.
- 4) Προάγει την κριτική σκέψη, κάνει το πανεπιστήμιο πιο ερευνητικό χώρο, διδακτικό και όχι μοντελοποιημένο όπως η Β/θμια εκπαίδευση. Η άσκηση με συνταγή δεν προάγει την κριτική σκέψη και κάνει το φοιτητή ένα απλό εκτελεστή της συνταγής.
- 5) Γίνεται κατανοητή η άσκηση. Με την άσκηση με συνταγή δεν αναπτύσσουν τρόπο σκέψης οι φοιτητές.
- 6) Είχαμε άμεση επαφή με το τι συμβαίνει στο πείραμα.
- 7) Η ερευνητική άσκηση ήταν πρωτότυπη γιατί σκεφτόμαστε εμείς τι θα κάνουμε.

- 8) Με αυτό τον τρόπο κατανοούμε καλύτερα την πειραματική διαδικασία, το νόημα του πειράματος, τι πραγματικά μετράμε και μπορούμε να ανακαλύψουμε τρόπους πειραματισμού.
- 9) Η πειραματική διαδικασία χωρίς συνταγή, μας αφήνει να σκεφτούμε τον τρόπο που θα κάνουμε το πείραμα και να κατανοήσουμε γιατί κάνουμε αυτό που κάνουμε, αντί να εκτελούμε απλά εντολές. Είναι πιο δημιουργικό και πιο ενδιαφέρον για εμάς. Επίσης, μας κάνει πιο προσεκτικούς καθώς δεν γνωρίζαμε τα αποτελέσματα.
- 10) Αυξάνεται η κρίση μας και προσπαθούμε να εφαρμόσουμε στην πράξη τη θεωρία, μόνοι μας. Προτιμάμε την ερευνητική γιατί έχουμε ελευθερία κινήσεων και σκέψης.
- 11) Ο φοιτητής αποκτά άνεση στη διαδικασία του πειράματος και παίρνει πρωτοβουλίες που τον κάνουν να αποκτά δομημένη σκέψη και διεισδυτική ματιά στα φαινόμενα. Προτιμάμε την ερευνητική διαδικασία γιατί μέσα από τα λάθη μαθαίνει κανείς εμπειρικά και αποκτά σταδιακά την ζητούμενη επιστημονική νοοτροπία.

β) Μειονεκτήματα:

- Τα όχι καθοδηγημένα αποτελέσματα.
- Περισσότερες πιθανότητες σφάλματος.
- Με την άσκηση με συνταγή υπάρχει καλύτερος συντονισμός για τη διεξαγωγή της εργασίας.
- Μπορεί να έγιναν λάθη που θα είχαν αποφευχθεί αν είχαμε συνταγή.
- Με τη συνταγή έχουμε περισσότερες πληροφορίες.

B5) Ποια μορφή εργαστηριακής άσκησης προτιμάτε;

- 3 από τις 11 ομάδες (ποσοστό 27,27%) προτιμούν την άσκηση με συνταγή.
- 8 από τις 11 ομάδες (ποσοστό 72,73%) προτιμούν την ερευνητική εργαστηριακή άσκηση.

B' φάση

Στον πίνακα 1 παρατίθενται στοιχεία από το δείγμα, οι ερωτήσεις και τα αποτελέσματα της αυτοαξιολόγησης των ομάδων.

Συμπεράσματα

- 1) Οι απόψεις των περισσότερων ομάδων φοιτητών, σχετικά με τα πλεονεκτήματα της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης, ταυτίζονται με αυτά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και περιλαμβάνονται στην εισαγωγή. Από τις απαντήσεις τους φαίνεται ότι δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ελευθερία που τους δίνεται για να αναπτύξουν πρωτοβουλία ως προς την επιλογή μεθόδων και διαδικασιών (αναφέρουμε ενδεικτικά τις απαντήσεις 2, 3, 7, 9, 11).
- 2) Από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης, φαίνεται ότι το ενδιαφέρον των φοιτητών εστιάζεται στο συνεργατικό κλίμα που επιτεύχθηκε μέσα στις ομάδες. Οι περισσότερες ομάδες φοιτητών (εκτός μιας) συνεργάστηκαν πολύ καλά, όπως φαίνεται από την ερώτηση (8), όπου απαντούν κατά 83,33% θετικά.
- 3) Οι περισσότεροι φοιτητές, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της έρευνας, προτιμούν τελικά την ερευνητική εργαστηριακή άσκηση (σε ποσοστό 72,73%) σε σχέση με την κλασική εργαστηριακή άσκηση, ενώ σε ποσοστό 91,7% δηλώνουν ότι τους άρεσε η ερευνητική εργαστηριακή άσκηση.
- 4) Οι απαντήσεις των φοιτητών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, δηλαδή η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, της ικανότητας λύσης προβλημάτων και της λήψης αποφάσεων, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ερευνητικής εργαστηριακής άσκησης.

Πίνακας 1: Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης της ομάδας*

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ			
ΟΜΑΔΑ: ...			
1. Τι κατεύθυνση παρακολούθησατε στο σχολείο;	69,2% ΘΕΤΙΚΗ	30,8% ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ	
2. Πόσα εργαστήρια κάνατε στο Γυμνάσιο / Λύκειο;	0 ΕΡΓ: 56%, 1 ΕΡΓ: 16%, 2 ΕΡΓ: 12%, 3 ΕΡΓ: 8%, 4 ΕΡΓ: 8%		
////////////////////	ΝΑΙ	ΛΙΓΟ	ΟΧΙ
1. Οργανωθήκαμε γρήγορα	9/12 75%	3/12 25%	0/12 0%
2. Συμμετείχαμε όλοι	9/12 75%	3/12 25%	0/12 0%
3. «Μείναμε» στο πλαίσιο της εργασίας	10/12 83,3%	2/12 16,7%	0/12 0%
4. Κάναμε σωστή διαχείριση χρόνου	8/12 66,7%	4/12 33,3%	0/12 0%
5. Μοιραστήκαμε ιδέες και απόψεις	9/12 75%	3/12 25%	0/12 0%
6. Συζητήσαμε τις διαφορετικές απόψεις	8/12 66,7%	3/12 25%	1/12 8,3%
7. Ελέγχσαμε αντικρουόμενες πληροφορίες	4/12 33,3%	5/12 41,7%	3/12 25%
8. Συνεργαστήκαμε όλοι (συνεργατικό κλίμα)	10/12 83,3%	2/12 16,7%	0/12 0%
9. Μας άρεσε η διαδικασία	11/12 91,7%	1/12 8,3%	0/12 0%

* Οι ομάδες στον πίνακα εμφανίζονται 12 γιατί ένας φοιτητής από μία ομάδα έδωσε απαντήσεις μόνος του.

Παραπομπές

- J. Dewey (1933): Πώς σκεπτόμεθα (Αθήνα)
- Β. Μασσιάλας (1984): Προγράμματα βασισμένα στη μέθοδο της ανακάλυψης και της διερεύνησης (Νέα Παιδεία)
- Α.Σ. Μαυρόπουλος (2004): Στοιχεία διδακτικής μεθοδολογίας (εκδ. ΣΑΒΒΑΛΑ)
- Α.Σ. Μαυρόπουλος (1997): Διδάσκω Χημεία (εκδ. ΣΑΒΒΑΛΑ)
- Γ.Τσαπαρλής (1991): Θέματα διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη μέση εκπαίδευση (εκδ. ΓΡΗΓΟΡΗ)
- Γ.Φλουρής (1984): Η αρχιτεκτονική της διδασκαλίας και η διαδικασία της μάθησης (εκδ. ΓΡΗΓΟΡΗ)
- Avi Hofstein (2004): The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation and research, Chemistry Education Research and Practice, 5, 247-264.
- NRC (2000): Inquiry and the National Science Education Standards
- W. Robinson (2004): The Inquiry Wheel, an Alternative to the Scientific Method, Journal of Chemical Education, 81, 791-792.
- D. Psillos, H. Niedderer (2002): Teaching and Learning in the Science Laboratory (Kluwer Academic Publishers)
- G. Roehring, J.Luft (2004): Inquiry teaching in High School Chemistry Classrooms: The role of knowledge and beliefs, Journal of Chemical Education, 81, 1510-1516.