

Στο μικρόκοσμο των μορίων: Αντιδράσεις και ταχύτητα αντιδράσεων με τη χρήση λογισμικού PhET

Καπίας Θεόδωρος

Καθηγητής, Δρ Χημικός Μηχανικός (MSc, PhD), 1^ο Γενικό Λύκειο Ελευθερίου-Κορδελιού
karap1@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι προσομοιώσεις PhET (Physics Education Technology) αποτελούν πλέον ένα σημαντικότατο, σύγχρονο εργαλείο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα φιλική και απλή, διατίθενται δωρεάν και η μνήμη που καταλαμβάνουν είναι πολύ μικρή. Έχουν συνήθως καλαίσθητα, πολύχρωμα γραφικά και οι περισσότερες είναι μεταφρασμένες στα ελληνικά.

Η δομή των μορίων, η κίνησή τους, οι συγκρούσεις τους, το σπάσιμο των δεσμών, οι αντιδράσεις, οι ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν στο μικρόκοσμο, είναι φαινόμενα που προσεγγίζονται δύσκολα τόσο θεωρητικά, όσο και πειραματικά σε ένα σχολικό εργαστήριο.

Για τη διδασκαλία των εννοιών αυτών χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση PhET: "Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης (Reactions and rates)". Αναπτύχθηκε ένα σενάριο διδασκαλίας, ο κύριος κορμός του οποίου αποτελείται από τρία (3) φύλλα εργασίας, που βασίστηκαν στο σχήμα "πρόβλεψη – πειραματικός έλεγχος – εξήγηση". Κάθε φύλλο εργασίας περιλαμβάνει έξι (6) δραστηριότητες. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη μελέτη, προετοιμασία και σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας από τους μαθητές. Η εφαρμογή τους έδειξε πως μια απλή σχετικά προσομοίωση συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση και έρευνα των αντιδράσεων και γενικότερων θεμάτων χημικής κινητικής. Οι μαθητές με ιδιαίτερη επιτυχία και ενθουσιασμό συζήτησαν, συνέκριναν, ανέπτυξαν, σχεδίασαν, μελέτησαν και κατέγραψαν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ταχύτητα αντίδρασης, χημική κινητική, προσομοίωση Phet

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα προγράμματα PhET είναι ένα σύνολο διαδραστικών προσομοιώσεων φυσικών φαινομένων. Όλες οι προσομοιώσεις είναι ελεύθερα διαθέσιμες από τον ιστοχώρο PhET (<http://phet.colorado.edu/>), που δημιουργήθηκε από το Πανεπιστήμιο του Colorado το 2003 και ανανεώνεται συνεχώς με προσθήκη νέων. Σήμερα ο αριθμός τους είναι ενενήντα έξι (96). Οι προσομοιώσεις είναι γραμμένες σε γλώσσα προγραμματισμού Java και Flash και η μόνη απαίτηση είναι η προ-εγκατάσταση των προγραμμάτων αυτών, που διατίθενται δωρεάν. Η κάθε προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας από τον ιστοχώρο του PhET, είτε να αποθηκευθεί στον υπολογιστή και να αναπαραχθεί εκτός σύνδεσης. Ο σχεδιασμός των

προσομοιώσεων έγινε με βάση αρχές που έχουν προκύψει από έρευνα, συνεντεύξεις και αξιολογήσεις μέσα στην τάξη. Οι προσομοιώσεις ενθαρρύνουν την αλληλεπίδραση με τον άμεσο χειρισμό με μεταβολείς και με κουμπιά ελέγχου (click and drag) και αξιοποιούν τις δυνατότητες όλων των κατηγοριών αναπαράστασης (διανυσματική, αλγεβρική, γραφική, προσομοίωση, πίνακες τιμών κ.α). Βοηθούν στην οπτική κατανόηση εννοιών και φαινομένων, χρησιμοποιώντας καλαίσθητα γραφικά. Διαθέτουν όργανα μετρήσεων όπως χάρακες, χρονόμετρα, θερμομέτρα κ.α. Καθώς ο χρήστης χειρίζεται αυτά τα διαδραστικά εργαλεία, βλέπει άμεσα τα αποτελέσματα των ενεργειών του και μια ποικιλία διαφορετικών τρόπων αναπαράστασης των δεδομένων (όπως γραφήματα, πίνακες, κίνηση των αντικειμένων). Όλες οι προσομοιώσεις έχουν ελεγχθεί και αξιολογηθεί διεξοδικά. Έχουν μεταφραστεί σε σαράντα περίπου γλώσσες και αποτελούν πλέον σημαντικά εργαλεία στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε όλο τον κόσμο (I.T.Y., 2008; Loebblein).

Η δομή των μορίων, η κίνησή τους, οι συγκρούσεις τους, το σπάσιμο των δεσμών, οι αντιδράσεις και άλλα σχετικά φαινόμενα εισάγονται περιληπτικά στη Χημεία της Α' Λυκείου και περιγράφονται αναλυτικότερα στη Χημεία της Β' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης (Λιοδάκης κ.α., 2012α, 2012β). Οι περισσότερες από τις έννοιες αυτές δεν μπορούν να οπτικοποιηθούν και να μελετηθούν εύκολα, παρά μόνο με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης. Τέτοιο είναι το διαδραστικό λογισμικό PhET "Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης (Reactions and rates)". Η συγκεκριμένη εφαρμογή προσφέρεται για πειραματισμό σε φαινόμενα χημικής κινητικής και κατανόησης των αντιδράσεων. Ο μαθητής μπορεί να πειραματιστεί, σε καρτέλες διαφορετικής δυσκολίας, στο φαινόμενο των χημικών αντιδράσεων (σε μοριακή κλίμακα) και να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίτευξη, την ταχύτητα αλλά και την απόδοση αμφίδρομων αντιδράσεων. Μπορεί επίσης να μελετήσει ενεργειακά διαγράμματα αντιδράσεων (Loebblein; Loebblein & Koch). Άλλο παλαιότερο λογισμικό που έχει χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία σχετικών εννοιών είναι το "Chemistry Set 2000" (Καφετζόπουλος κ.α., 2006).

Χρησιμοποιώντας την προσομοίωση "Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης" αναπτύχθηκαν τρία διαφορετικά φύλλα εργασίας με τίτλους:

- "Τι είναι οι αντιδράσεις και γιατί συμβαίνουν;"
- "Εισαγωγή στη χημική κινητική, ενεργειακά διαγράμματα και ενέργεια ενεργοποίησης".
- "Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης" .

Η υλοποίηση κάθε φύλλου εργασίας απαιτεί μία (1) διδακτική ώρα. Η διδασκαλία διεξάγεται στην αίθουσα υπολογιστών και οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες 2-3 ατόμων. Κάθε φύλλο εργασίας αποτελείται από έξι δραστηριότητες. Το πρώτο φύλλο εργασίας χρησιμοποιήθηκε από μαθητές της Α' Λυκείου και Β' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης, ενώ τα άλλα δύο φύλλα μόνο από μαθητές της θετικής κατεύθυνσης.

Πρώτη δραστηριότητα και στα τρία φύλλα εργασίας είναι η πρόβλεψη. Με αυτήν επιδιώκεται οι μαθητές να αναγνωρίσουν και να διατυπώσουν τις απόψεις που έχουν για το φαινόμενο. Δε γίνεται συζήτηση, ούτε κρίνονται οι απόψεις τους.

Στη δεύτερη δραστηριότητα γίνεται η περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας και στην τρίτη η εκτέλεση της προσομοίωσης και η καταγραφή των αποτελεσμάτων. Οι δύο αυτές δραστηριότητες διαφοροποιούνται σε κάθε φύλλο εργασίας. Στο πρώτο φύλλο ζητείται απλά από τους μαθητές να διαβάσουν και να αποτυπώσουν περιληπτικά την πειραματική διαδικασία. Στο δεύτερο φύλλο οι μαθητές καλούνται να

προτείνουν τη δική τους πειραματική διαδικασία προς έλεγχο των αρχικών προβλέψεών τους. Καταγράφουν την πρότασή τους και στη συνέχεια μελετούν τις δραστηριότητες. Στη συνέχεια αναγνωρίζουν και σχολιάζουν, αιτιολογούν τυχόν διαφορές μεταξύ προταθείσας πειραματικής διαδικασίας και αυτής που τελικά θα εκτελέσουν. Στο τρίτο φύλλο εργασίας οι μαθητές έχουν ήδη εκτελέσει τα δύο προηγούμενα και έχουν αποκτήσει σχετική ευχέρεια στις καινούριες έννοιες και στις δυνατότητες της προσομοίωσης. Καλούνται λοιπόν να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν τη δική τους πειραματική διαδικασία προς έλεγχο των αρχικών προβλέψεών τους.

Στην τέταρτη δραστηριότητα και στα τρία φύλλα εργασίας πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ προβλέψεων και πειραματικών αποτελεσμάτων. Σε περίπτωση ύπαρξης διαφορών, οι μαθητές σχολιάζουν και αιτιολογούν. Στην πέμπτη δραστηριότητα διατυπώνονται ερωτήματα επέκτασης, που αφορούν κυρίως την κλίμακα της πειραματικής διαδικασίας. Στην έκτη δραστηριότητα αποτυπώνονται τα κύρια συμπεράσματα.

Βασικός παράγοντας αποτελεσματικής χρήσης των φύλλων εργασίας και επίτευξης των στόχων είναι η παραγωγική οργάνωση της συζήτησης των απόψεων μεταξύ των μαθητών. Ο καθηγητής συντονίζει, αποσαφηνίζει και βοηθάει. Σε καμία περίπτωση δε χαρακτηρίζει απόψεις ως λανθασμένες, ούτε τις καταδεικνύει ως σωστές.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1: ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΟΥΝ;

Το πρώτο φύλλο εργασίας εισάγει τους μαθητές στις χημικές αντιδράσεις και στα εμπλεκόμενα φαινόμενα. Οι κύριοι στόχοι του είναι οι μαθητές:

- ✦ Να κατανοήσουν τις αντιδράσεις και το νόμο διατήρησης της μάζας μέσω μοριακών μοντέλων.

- ✦ Να μελετήσουν την κίνηση των μορίων και τις συγκρούσεις τους.

- ✦ Να ερευνήσουν την αιτία και τον τρόπο πραγματοποίησης μιας αντίδρασης.

Παρακάτω παρατίθενται περιληπτικά οι έξι (6) δραστηριότητες του πρώτου φύλλου εργασίας. Στην αρχική δραστηριότητα της πρόβλεψης οι μαθητές απαντούν στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, με δυνατότητα καταγραφής και οποιασδήποτε άλλης άποψης:

- ✦ Όταν δυο χημικές ενώσεις έρθουν σε επαφή (τοποθετηθούν στο ίδιο δοχείο), τι πιστεύετε ότι θα συμβεί;

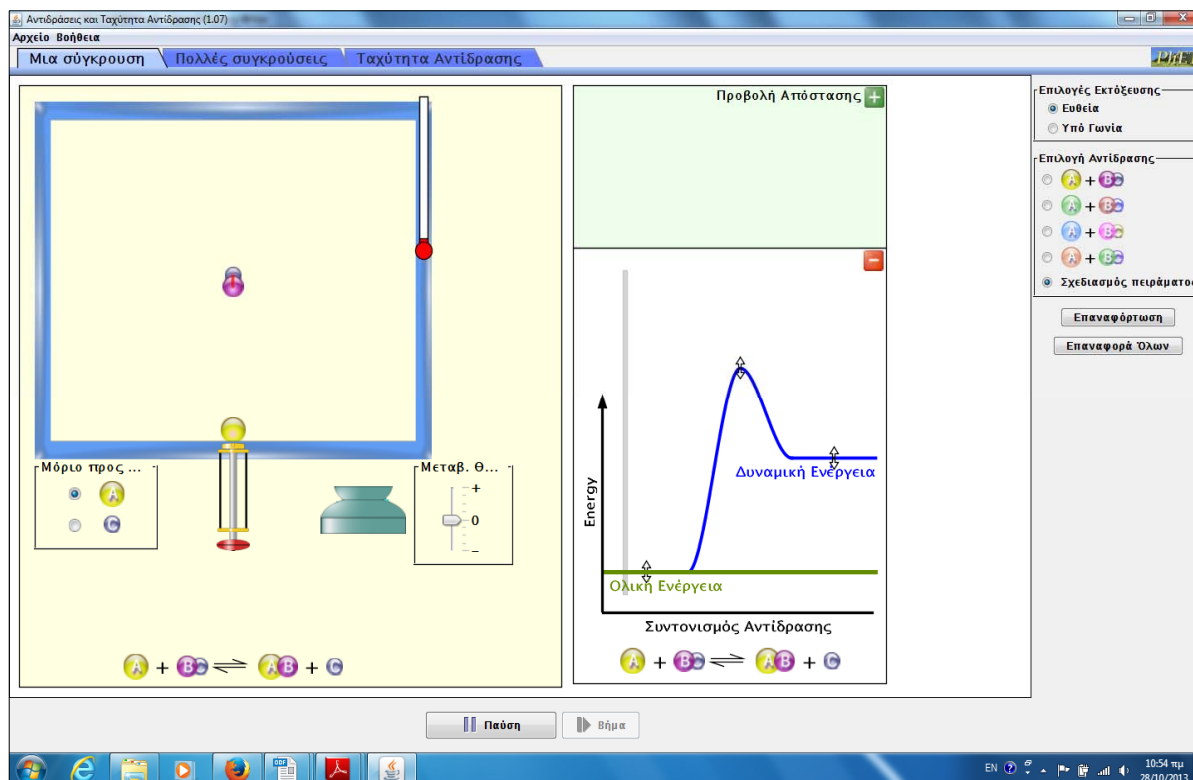
- ✦ Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις περιγράφουν το τι συμβαίνει σε μια χημική αντίδραση;

- ✦ Που πιστεύετε ότι οφείλονται οι χημικές αντιδράσεις;

Στο τελικό τμήμα της δραστηριότητας αυτής, χρησιμοποιούνται μοριακά μοντέλα, για να μελετηθούν εξισώσεις χημικών αντιδράσεων.

Οι μαθητές μετά το πρώτο στάδιο της πρόβλεψης, δουλεύουν πλέον ανά ομάδες στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αρχικά ερευνούν τις δυνατότητες της προσομοίωσης. Πριν την εκτέλεση του πειράματος, διαβάζουν τη δεύτερη και τρίτη δραστηριότητα της περιγραφής και εκτέλεσής του. Συζητούν τα στάδια αυτά και τα καταγράφουν περιληπτικά. Σκοπός της ενέργειας αυτής είναι η αποφυγή της μηχανικής εκτέλεσης της πειραματικής διαδικασίας. Στη συνέχεια εκτελούνται μια σειρά πειραμάτων που αφορούν “μία σύγκρουση” μεταξύ δύο διαφορετικών μορίων, κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 1). Σκοπός είναι η παρακολούθηση, περιγραφή και καταγραφή της κίνησης των μορίων και της γενικής συμπεριφοράς τους. Οι

μαθητές βλέπουν και προσπαθούν να εξηγήσουν ενεργειακά διαγράμματα, σπασίματα δεσμών, αμφίδρομες αντιδράσεις, αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα αργά. Στο τέλος εκτελούν πειράματα με πολλά μόρια σε διαφορετικές θερμοκρασίες.



Σχήμα 1: Οθόνη εργασίας στο πρώτο φύλλο

Μετά την καταγραφή των παρατηρήσεών τους, συγκρίνουν τις παρατηρήσεις τους με τις αρχικές τους προβλέψεις (τέταρτη δραστηριότητα). Στη συνέχεια προσπαθούν να προβλέψουν τι θα αλλάξει και τι ενδέχεται να συμβεί αν τοποθετηθούν στο δοχείο μεγάλες ποσότητες δύο διαφορετικών αερίων (πέμπτη δραστηριότητα). Στην τελική δραστηριότητα αποτυπώνουν τα κύρια συμπεράσματά τους.

Κατά την αρχική δραστηριότητα της πρόβλεψης, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές της Β' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης αλλά και της Α' Λυκείου:

- ✦ Πιστεύουν ότι οι αντιδράσεις σχετίζονται με σπάσιμο δεσμών, με ενεργειακές μεταβολές αλλά και με συγκρούσεις (πάνω από 60%).
- ✦ Θεωρούν ότι οι περισσότερες συγκρούσεις θα είναι “αποτελεσματικές” οδηγώντας σε αντίδραση (πάνω από 70%).
- ✦ Έχουν την άποψη ότι σχεδόν όλες οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στιγμιαία (πάνω από 80% των μαθητών της Α' και περίπου οι μισοί της Β' θετικής).
- ✦ Έχουν δυσκολία στο να κατανοήσουν και να εκφράσουν τις αμφίδρομες αντιδράσεις (σχεδόν όλοι οι μαθητές της Α' και περίπου οι μισοί της Β' θετικής).

Μετά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας οι μαθητές:

- ✦ Μπορούν μέσω πολύχρωμων μοριακών μοντέλων να περιγράψουν χημικές αντιδράσεις (περίπου 50% των μαθητών της Α' και πάνω από 80% της Β' θετικής).
- ✦ Αντιλαμβάνονται πλέον τις βασικές αρχές της κίνησης και της σύγκρουσης των μορίων (πάνω από 50% των μαθητών της Α' και πάνω από 80% της Β' θετικής).

- Μπορούν να περιγράψουν σε γενικές γραμμές το γιατί και πότε συμβαίνει μια χημική αντίδραση (περίπου 50% των μαθητών της Α' και πάνω από 80% της Β' θετικής).
- Παρατηρούν αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα αργά.
- Εισάγονται στην έννοια των αμφίδρομων αντιδράσεων και των ενεργειακών διαγραμμάτων (οι μαθητές της Β' θετικής).

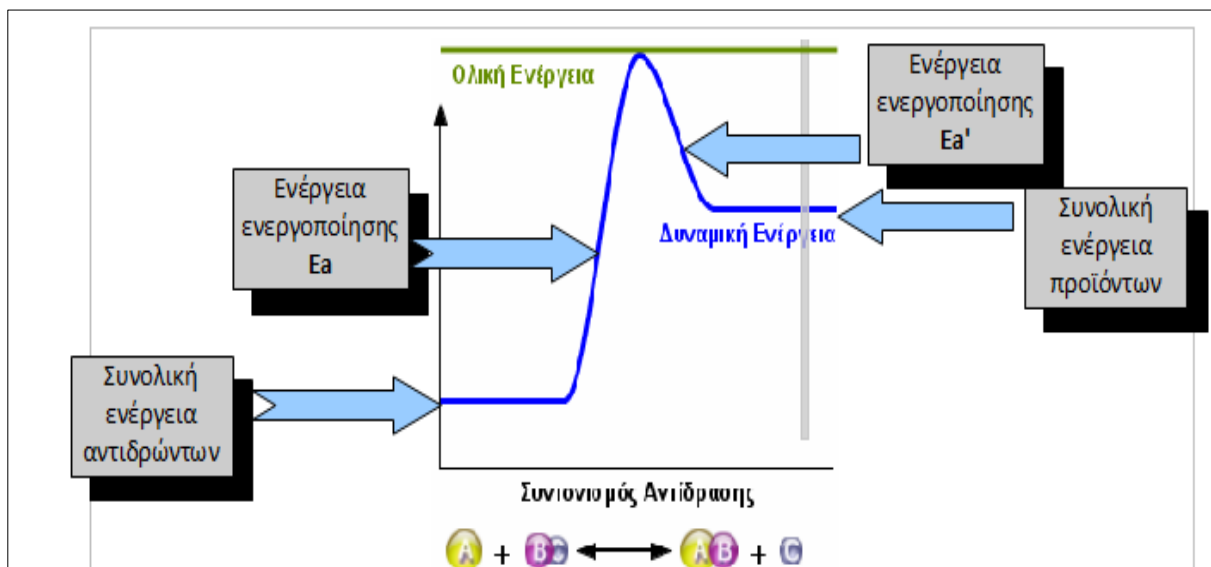
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι μαθητές της Β' Λυκείου έχουν ήδη ολοκληρώσει το πρώτο φύλλο εργασίας και έχουν εξοικειωθεί με τη χρήση της προσομοίωσης. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στο δεύτερο φύλλο είναι λιγότερο καθοδηγητικός και περισσότερο συντονιστικός.

Οι κύριοι στόχοι του δεύτερου φύλλου εργασίας είναι οι μαθητές:

- Να κατανοήσουν την έννοια της ταχύτητας μιας αντίδρασης.
- Να προβλέψουν και να περιγράψουν “αργές” και “γρήγορες” αντιδράσεις.
- Να μπορούν να προβλέψουν αν μια αντίδραση είναι “πετυχημένη”.
- Να κατανοήσουν και να μελετήσουν αμφίδρομες αντιδράσεις.
- Να διαπιστώσουν την έννοια της απόδοσης μιας αντίδρασης.
- Να κατανοήσουν και να μελετήσουν διαγράμματα ενέργειας σε αμφίδρομες, εξώθερμες, ενδόθερμες και θερμοουδέτερες αντιδράσεις.
- Να διαπιστώσουν και να αναφέρουν την “ενέργεια ενεργοποίησης”, μέσω των διαγραμμάτων ενέργειας.

Πριν την εκτέλεση του φύλλου εργασίας, δίνεται στους μαθητές το παρακάτω σχήμα που περιγράφει περιληπτικά τα διαγράμματα ενέργειας. Ακολουθεί σύντομη συζήτηση.



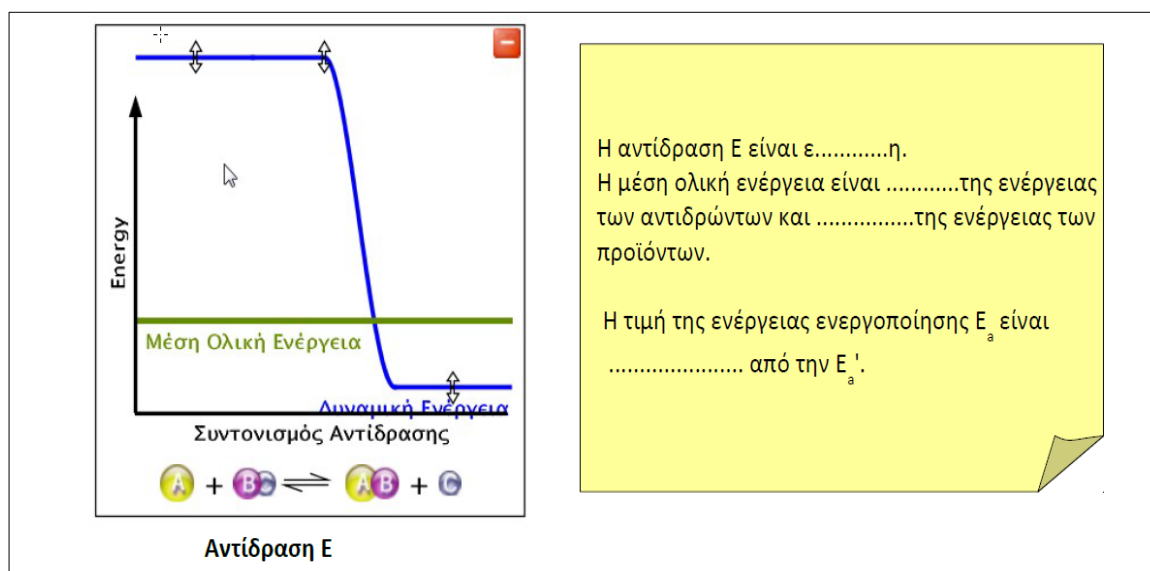
Σχήμα 2: Διαγράμμα ενέργειας αμφίδρομης αντίδρασης

Στην αρχική δραστηριότητα της πρόβλεψης ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν αργές και γρήγορες αντιδράσεις, καθώς και τις πιθανές αιτίες που κάποιες αντιδράσεις συμβαίνουν γρήγορα, ενώ κάποιες άλλες αργά. Δίνονται τα ενεργειακά διαγράμματα τεσσάρων (4) αμφίδρομων αντιδράσεων, τα οποία συγκρίνουν, αναλύουν και τελικά απαντούν στις παρακάτω ερωτήσεις:

- Ποιες αντιδράσεις πιστεύετε ότι οδηγούν σε αποτελεσματική σύγκρουση;

- ♣ Ποιες αντιδράσεις πιστεύετε ότι είναι εξώθερμες;
- ♣ Ποιες αντιδράσεις πιστεύετε ότι είναι ενδόθερμες;
- ♣ Σε ποια αντίδραση το ενεργειακό φράγμα (ενέργεια ενεργοποίησης E_a) είναι υψηλότερο;
- ♣ Σε ποια αντίδραση το ενεργειακό φράγμα (ενέργεια ενεργοποίησης E_a) είναι χαμηλότερο;
- ♣ Μια από τις αντιδράσεις πραγματοποιείται πολύ γρήγορα. Ποια πιστεύετε ότι είναι αυτή;
- ♣ Μια από τις αντιδράσεις είναι πολύ αργή. Ποια πιστεύετε ότι είναι αυτή;
- ♣ Μπορείτε να κατατάξετε τις αντιδράσεις κατά σειρά αυξανόμενης ταχύτητας;

Στη συνέχεια οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν τα ενεργειακά διαγράμματα των πέντε (5) αντιδράσεων που θα εκτελέσουν κατά την πειραματική διαδικασία. Τους ζητείται να συμπληρώσουν κάποια κενά για καθεμιά από αυτές (Σχήμα 3). Καλούνται να προβλέψουν ποια από τις πέντε αντιδράσεις θα είναι η γρηγορότερη και ποια η πιο αργή και να πιθανολογήσουν, αν θα υπάρξει πλήρης μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει προϊδεασμός σχετικά με την πειραματική διαδικασία που ακολουθεί.



Σχήμα 3: Υπόδειγμα ενεργειακού διαγράμματος αντίδρασης και συμπλήρωσης κενών

Στη συνέχεια παρατίθενται αναλυτικά οι Δραστηριότητες 2 έως και 6, όπως αυτές αποτυπώνονται στο δεύτερο φύλλο εργασίας.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2^η

2.1 Με τα άλλα μέλη της ομάδας μπορεί να μην έχετε κάνει τις ίδιες προβλέψεις. Συζητήστε και σχεδιάστε ένα πείραμα, για να ελέγξετε την ορθότητα των προβλέψεών σας. Να περιγράψετε ή να ζωγραφίσετε το πείραμα ελέγχου που προτείνει η ομάδα σας:

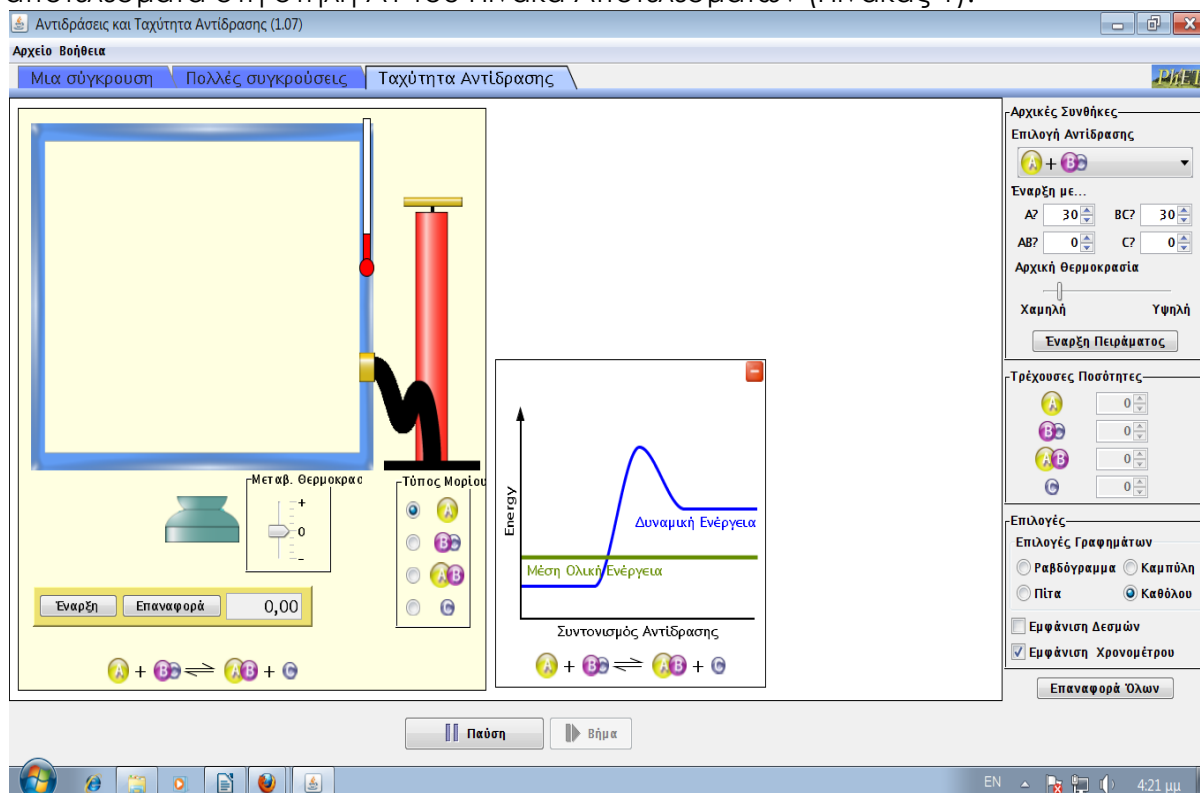
.....
 Να συγκρίνετε το πείραμα που σχεδιάσατε με το πείραμα που τελικά θα κάνετε και το οποίο περιγράφετε στη Δραστηριότητα 3. Συζητήστε τις διαφορές τους και γράψτε τις πιο σημαντικές:

2.2 Ανοίξτε την εφαρμογή “Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης”. Εμφανίζεται η καρτέλα «Μία σύγκρουση». Δίπλα στην καρτέλα «Μία σύγκρουση» βλέπετε τις δύο άλλες δυνατότητες: “Πολλαπλές συγκρούσεις” και “Ταχύτητα αντίδρασης”. Πάνω δεξιά στην οθόνη υπάρχουν οι “Επιλογές εκτόξευσης” (ευθεία ή υπό γωνία) και η “Επιλογή αντίδρασης” (τέσσερις (4) χημικές εξισώσεις και δυνατότητα σχεδιασμού πειράματος). Υπάρχει επίσης η δυνατότητα “προβολής απόστασης” και “προβολής ενέργειας”.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3^η

Ανοίξτε την εφαρμογή “Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης”. Εμφανίζεται η καρτέλα «Μία σύγκρουση». Πατήστε το κουμπί “Προβολή Ενέργειας”.

3.1 Πηγαίνετε στην επιλογή “Ταχύτητα αντίδρασης”, επιλέξτε την πρώτη αντίδραση (κίτρινο μόριο Α). Στις επιλογές γραφημάτων (δεξιά στη μέση) πατήστε “καμπύλη” και τοποθετήστε στο δοχείο 30 μόρια από κάθε αντιδρών (“τρέχουσες ποσότητες”). Ξεκινήστε το πείραμα. Στην οθόνη σας εμφανίζεται το διάγραμμα με τίτλο: τρέχουσες ποσότητες. Προσαρμόστε την κλίμακα του κατακόρυφου άξονα (με τα κουμπιά + και – στην κάτω αριστερή γωνία του γραφήματος), ώστε να φαίνονται οι καμπύλες τόσο των αντιδρώντων όσο και των προϊόντων. Στις Επιλογές κάτω δεξιά επιλέξτε “Εμφάνιση Χρονομέτρου”. Η οθόνη σας θα είναι αυτή του σχήματος 4. Χρειάζεται προσοχή στην “έναρξη” και στον “τερματισμό” του ρολογιού. Κάποιος από την ομάδα θα αναλάβει το χειρισμό του. Εστιάστε την προσοχή σας στο ραβδόγραμμα ποσοτήτων και στις κρούσεις που γίνονται στο δοχείο. Πατήστε “Έναρξη πειράματος”. Αφήστε το πείραμα να “τρέξει” για περίπου 300 (30s). Πατήστε “τερματισμό” και καταγράψτε τα αποτελέσματα στη στήλη Α1 του Πίνακα Αποτελεσμάτων (Πίνακας 1).



Σχήμα 4: Οθόνη εργασίας στο δεύτερο φύλλο

Στη συνέχεια εκτελέστε ξανά το ίδιο πείραμα για περίπου 1200 (120s) και καταγράψτε τα αποτελέσματα στη στήλη Α2 του Πίνακα Αποτελεσμάτων.

Περιγράψτε το φαινόμενο:

3.2 Πατήστε “επαναφορά όλων” και επιλέξτε τη 2^η αντίδραση (πράσινο μόριο Α). Επαναλάβετε ακριβώς την ίδια διαδικασία που εκτελέσατε στο 3.1. Συμπληρώστε στον Πίνακα Αποτελεσμάτων τις Στήλες Β1 και Β2. Εστιάστε την προσοχή σας στο ραβδόγραμμα ποσοτήτων και στις κρούσεις που γίνονται στο δοχείο.

Περιγράψτε το φαινόμενο:.....

3.3 Πατήστε “επαναφορά όλων” και επιλέξτε την 3^η αντίδραση (μπλε μόριο Α). Επαναλάβετε ακριβώς την ίδια διαδικασία που εκτελέσατε στο 3.1. Συμπληρώστε στον Πίνακα Αποτελεσμάτων τις Στήλες Γ1 και Γ2. Εστιάστε την προσοχή σας στο ραβδόγραμμα ποσοτήτων και στις κρούσεις που γίνονται στο δοχείο.

Περιγράψτε το φαινόμενο:

3.4 Πατήστε “επαναφορά όλων” και επιλέξτε την 4^η αντίδραση (κόκκινο μόριο Α). Επαναλάβετε ακριβώς την ίδια διαδικασία που εκτελέσατε στο 3.1. Συμπληρώστε στον Πίνακα Αποτελεσμάτων τις Στήλες Δ1 και Δ2. Εστιάστε την προσοχή σας στο ραβδόγραμμα ποσοτήτων και στις κρούσεις που γίνονται στο δοχείο.

Περιγράψτε το φαινόμενο:.....

3.5 Πατήστε “επαναφορά όλων” και επιλέξτε την 5^η επιλογή στην επιλογή αντίδρασης “Σχεδιασμός πειράματος”. Ανεβοκατεβάστε τις ενεργειακές γραμμές προκειμένου να φτιάξετε το διάγραμμα που σας παρατίθεται στο σχήμα 3. Επαναλάβετε ακριβώς την ίδια διαδικασία που εκτελέσατε στο 3.1. Συμπληρώστε στον Πίνακα Αποτελεσμάτων τις Στήλες Ε1 και Ε2. Εστιάστε την προσοχή σας στο ραβδόγραμμα ποσοτήτων και στις κρούσεις που γίνονται στο δοχείο. Περιγράψτε το φαινόμενο:.....

Αριθμός πειράματος	A1	A2	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	Ε1	Ε2

Πίνακας 1: Αποτελέσματα πειραματικής διαδικασίας

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4^η

4.1 Είχατε προβλέψει ότι οι χημικές αντιδράσεις:

- συμβαίνουν πάντα ακαριαία (στιγμιαία)
- συμβαίνουν πάντα σχετικά αργά
- συνήθως συμβαίνουν ακαριαία (στιγμιαία) και σε κάποιες λίγες περιπτώσεις αργά
- συνήθως συμβαίνουν αργά και σε κάποιες λίγες περιπτώσεις ακαριαία (στιγμιαία)
- μπορεί να συμβαίνουν γρήγορα ή αργά, ανάλογα με τις συνθήκες

Μετά την εκτέλεση των προσομοιώσεων διαπιστώσατε ότι οι χημικές αντιδράσεις:

.....

4.2 Είχατε προβλέψει ότι σε μια χημική αντίδραση:

- α) η ενέργεια των αντιδρώντων είναι ίση με των προϊόντων
- β) η ενέργεια των αντιδρώντων είναι μεγαλύτερη από αυτή με των προϊόντων
- γ) η ενέργεια των αντιδρώντων είναι μικρότερη από αυτή των προϊόντων
- δ) η σχέση των ενεργειών αντιδρώντων και προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες.

Μετά την εκτέλεση των προσομοιώσεων διαπιστώσατε ότι σε μια χημική αντίδραση:

4.3 Είχατε προβλέψει ότι μεταξύ των πέντε αντιδράσεων (Α, Β, Γ, Δ, Ε) που "προσομοιώσατε", γρηγορότερη θα είναι η αντίδραση και πιο αργή η αντίδραση

Μετά την εκτέλεση των προσομοιώσεων διαπιστώσατε ότι γρηγορότερη είναι η αντίδραση και πιο αργή η αντίδραση

Αν οι προβλέψεις σας δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πώς εξηγείτε τις διαφορές;.....

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5^η

Τα πειράματα που εκτελέστηκαν παραπάνω αφορούσαν πολύ μικρό αριθμό μορίων. Στην πραγματικότητα ο αριθμός αυτός είναι τεράστιος. Θυμηθείτε ότι 1 mol μορίων ισούται με $6,02 \times 10^{23}$ μόρια.

5.1 Τα συμπεράσματα ενδέχεται να διαφοροποιηθούν σημαντικά για μεγάλο αριθμό μορίων;

ΝΑΙ ☐

ΟΧΙ ☐

5.2 Που πιστεύετε ότι θα παρατηρηθούν αξιοσημείωτες αλλαγές;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 6^η

Συμπερασματικά, όλες οι αντιδράσεις δεν έχουν την ίδιαΆλλες συμβαίνουν....., και άλλες έχουνταχύτητα. Μια αντίδραση λαμβάνει χώρα με μεγάλη ταχύτητα όταν η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης είναι.....

Άλλοι παράγοντες που ηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης είναι:.....

Όλες οι αντιδράσεις δεν είναισε πολλές υπάρχει.....μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα. Οι αντιδράσεις αυτές συμβαίνουν ταυτόχρονα και στιςκατευθύνσεις.

Σε γενικές γραμμές οι στόχοι του φύλλου εργασίας επετεύχθησαν σε ικανοποιητικό βαθμό. Μετά την πειραματική διαδικασία οι μαθητές:

- ✦ Μπορούν να διαβάσουν και να κατανοήσουν ενεργειακά διαγράμματα αντιδράσεων (περίπου 70%).
- ✦ Κατανοούν την έννοια της ταχύτητας μιας αντίδρασης και τους λόγους που κάποιες αντιδράσεις είναι αργές ενώ άλλες γρήγορες (σχεδόν όλοι).
- ✦ Αντιλαμβάνονται σε ικανοποιητικό βαθμό τις αμφίδρομες αντιδράσεις και τα φαινόμενα που εμπλέκονται σε αυτές (πάνω από 70%).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 3: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΙΑΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

Οι μαθητές έχουν ήδη εκτελέσει τα δύο πρώτα φύλλα εργασίας και έχουν εξοικειωθεί σε μεγάλο βαθμό με την προσομοίωση και τα εμπλεκόμενα φαινόμενα. Στο τρίτο φύλλο εργασίας καλούνται να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν τη δική τους πειραματική διαδικασία μέσω της οποίας θα μελετήσουν την επίδραση κάποιων παραμέτρων στην ταχύτητα της αντίδρασης. Τους ζητείται να ακολουθήσουν τη μεθοδολογία των έξι βημάτων που ακολούθησαν κατά την εκτέλεση των δύο προηγούμενων πειραματικών διαδικασιών. Η εμπλοκή του καθηγητή στη φάση αυτή είναι συντονιστική. Το φύλλο εργασίας είναι σύντομο και παρατίθεται αναλυτικά παρακάτω:

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1^η

1.1 Ποιοι από τους παρακάτω παράγοντες πιστεύετε ότι επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης:

ενέργεια ενεργοποίησης ☐ ενθαλπία αντίδρασης ☐ θερμοκρασία ☐
συγκέντρωση ☐ πίεση ☐ άλλο.....

1.2 Πως πιστεύετε ότι μεταβάλλεται η ταχύτητα αντίδρασης με αύξηση της τιμής των παραμέτρων που σημειώσατε στο ερώτημα 1.1. Αναφέρετε κάθε παράμετρο ξεχωριστά.....

1.3 Αναφέρετε κάποια παραδείγματα από την καθημερινότητα, στα οποία η ίδια αντίδραση συμβαίνει με διαφορετικό ρυθμό σε διαφορετικές συνθήκες:.....

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2^η

Με τα άλλα μέλη της ομάδας σου μπορεί να μην έχετε κάνει τις ίδιες προβλέψεις. Συζητήστε και σχεδιάστε μια προσομοίωση, για να δείτε πως επηρεάζεται ο ρυθμός της ταχύτητας μιας αντίδρασης. Δεν είναι απαραίτητο όλες οι ομάδες να πραγματοποιήσετε την ίδια πειραματική διαδικασία. Θα πρέπει να συγκεντρώσετε τα δεδομένα που επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις προβλέψεις σας. Να περιγράψετε το πείραμα ελέγχου που προτείνει η ομάδα σας:

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3^η

Ανοίξτε την εφαρμογή "Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης". Τρέξτε την προσομοίωση σύμφωνα με το σχεδιασμό σας. Καταγράψτε τα αποτελέσματά σας και τις παρατηρήσεις σας.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4^η

Είχατε προβλέψει ότι ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων επηρεάζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

Μετά την εκτέλεση της δική σας προσομοίωσης διαπιστώσατε ότι ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων επηρεάζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

.....
Αν οι προβλέψεις σας δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πώς εξηγείτε τις διαφορές;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5^η

Τα πειράματα που εκτελέστηκαν παραπάνω αφορούσαν πολύ μικρό αριθμό μορίων. Στην πραγματικότητα ο αριθμός αυτός είναι τεράστιος. Θυμηθείτε ότι 1 mol μορίων ισούται με $6,02 \times 10^{23}$ μόρια.

5.1 Τα συμπεράσματα ενδέχεται να διαφοροποιηθούν σημαντικά για μεγάλο αριθμό μορίων;

ΝΑΙ ☐

ΟΧΙ ☐

5.2 Που πιστεύετε ότι θα παρατηρηθούν αξιοσημείωτες αλλαγές;

5.3 Πιστεύετε ότι οι παρατηρήσεις σας αφορούν όλες τις αντιδράσεις;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 6^η

Συμπερασματικά, η ταχύτητα μιας αντίδρασης επηρεάζεται από:

.....
Κατά την εκτέλεση του τρίτου φύλλου εργασίας όλες οι ομάδες ανέπτυξαν ικανοποιητικές πειραματικές διαδικασίες, μέσω των οποίων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ταχύτητα της αντίδρασης επηρεάζεται ανάλογα από τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση των αντιδρώντων. Αρκετές ομάδες κατέγραψαν τη συσχέτιση της συγκέντρωσης με την πίεση και τον όγκο των αερίων αντιδρώντων (περίπου 60%). Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (περίπου 20%) σχεδίασε πειράματα στα οποία επέδειξε και την επίδραση της ενέργειας ενεργοποίησης στην ταχύτητα της αντίδρασης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσομοίωση PhET “Αντιδράσεις και ταχύτητα αντίδρασης” βοήθησε τους μαθητές:

- Να παρατηρήσουν μη ορατές καταστάσεις κίνησης και σύγκρουσης μορίων.
- Να οπτικοποιήσουν τα φαινόμενα που συνδέονται με τη χημική αντίδραση.
- Να εκτελέσουν “πειράματα” τα οποία είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών.
- Να αλλάξουν μεταβλητές και να δουν την επίδρασή τους στα εμπλεκόμενα φαινόμενα.

Η προσομοίωση σε συνδυασμό με την χρήση των τριών φύλλων εργασίας έδωσε στους μαθητές τη δυνατότητα:

- Να κατανοήσουν τους στόχους των πειραμάτων που εκτέλεσαν.
- Να σχεδιάσουν και να μελετήσουν τα δικά τους πειράματα.
- Να συνεργαστούν και να ανταλλάξουν απόψεις.
- Να οδηγηθούν σε λογικά συμπεράσματα βασισμένοι σε δικές τους

παρατηρήσεις έπειτα από συζήτηση και συνεργασία με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών (Ι.Τ.Υ) (2008). Τομέας Επιμόρφωσης Κατάρτισης, Phet Διαδραστικές προσομοιώσεις Φυσικών φαινομένων, Εγχειρίδιο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, Πάτρα.

Καφετζόπουλος Κ., Γιαλούρης Π., Παπακωνσταντίνου Κ. (2006). Ένταξη της χρήσης Τ.Π.Ε. στα Α.Π.Σ. Ειδικότητας μέσω Σεναρίων, Ειδικότητα ΠΕ 04, Ενότητα 6.6 Χημεία, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, σσ.136-142.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. και Κάλλης Α. (2012) (α). Χημεία Α' Λυκείου, Οργανισμός Εκδοσεων Διδακτικών Βιβλίων, σσ.83-87.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. και Κάλλης Α. (2012) (β). Χημεία Β' Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης, Ο.Ε.Δ.Β., σσ.77-88.

Loeblein T. (2011). Using Phet in High-School Chemistry, ανακτήθηκε από τη διεύθυνση: <http://phet.colorado.edu/>, pp. 31-39, 107-114, 157-172.

Loeblein T., Koch L. (2013). Reactions and rates: Learning goals from the design team, . ανακτήθηκε από τη διεύθυνση: <http://phet.colorado.edu/>.