

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ MS EXCEL

Αγγελόπουλος Βασίλειος
Καθηγητής Πειραματικού Λυκείου
Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά
anavasi@mail.otenet.gr,
admistrator@lyk-peir-ionid.att.sch.gr

Γεωργιάδου Αναστασία
Επιμορφώτρια ΤΠΕ - Παιδαγωγικό
Ινστιτούτο
anavasi@mail.otenet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τα πολύ υψηλής πολυπλοκότητας θέματα στο μάθημα της Χημείας της Γ' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης, είναι η διδασκαλία του μηχανισμού λειτουργίας των ρυθμιστικών διαλυμάτων. Η θεματική ενότητα δεν μπορεί να καλυφθεί εργαστηριακά παρά μόνο σε ποιοτικό επίπεδο και οι μαθητές το μόνο που μπορούν να διαπιστώσουν είναι η μεταβολή του χρώματος των δεικτών σε δύο παράλληλα συστήματα α) με διαλύτη καθαρό νερό και β) με ρυθμιστικό διάλυμα. Η ποσοτική μέτρηση της μεταβολής του pH και η διαγραμματική απεικόνιση μπορεί να μελετηθεί με την υποστήριξη εύχρηστου λογισμικού. Αυτό επιδιώχθηκε με τη χρήση εφαρμογής του Excel, η οποία αναπτύχθηκε με την εισαγωγή συνδυασμού κατάλληλων συναρτήσεων σε κελιά έτσι, ώστε να μετατραπεί σε εκπαιδευτικό διαδραστικό μέσο. Η χρήση της ψηφιακής εφαρμογής και του φύλλου εργασίας αποτέλεσαν μια ολοκληρωμένη δραστηριότητα, που δοκιμάστηκε σε δύο τμήματα της Γ τάξης στο Πειραματικό Λύκειο της Ιωνιδείου, αποδείχθηκε εξαιρετικά αποτελεσματική από τη δοκιμασία αξιολόγησης που ακολούθησε στην τάξη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φύλλο Excel, ρυθμιστικό διάλυμα, pH, αντοχή ρυθμιστικού διαλύματος αραιώση ρυθμιστικού διαλύματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη προσπάθειά τους να υλοποιήσουν τους στόχους των μαθημάτων τους είναι γνωστές.

Περίπου γνωστές είναι επίσης και οι πρόσθετες δυσκολίες που έχει να αντιμετωπίσει ο καθηγητής της χημείας, όπως:

- Οι ελάχιστες ώρες την εβδομάδα, που προβλέπει το ωρολόγιο πρόγραμμα για το μάθημα της χημείας στις περισσότερες τάξεις Γυμνασίου και Λυκείου,
- η έλλειψη εργαστηριακών χώρων,
- τα απόμακρα, αόρατα και αφηρημένα φαινόμενα τα οποία πρέπει να διδαχθούν, σύμφωνα με το τελευταίο πρόγραμμα σπουδών,
- τα δυσνόητα και πολύπλοκα προβλήματα που συνοδεύουν τη διδασκαλία των παραπάνω φαινομένων,

Τα παραπάνω κάνουν τη χημεία να φαίνεται στους μαθητές ως η πιο δυσνόητη, η πιο πολύπλοκη και η πιο άχρηστη επιστήμη από αυτές που διδάσκονται σε Γυμνάσιο και Λύκειο. Άμεση συνέπεια αυτών είναι οι μαθητές να θεωρούν το μάθημα της χημείας ανεπιθύμητο, και με κάθε τρόπο να προσπαθούν να το αποφύγουν. Μάλιστα

με την δυνατότητα επιλογής κατευθύνσεων, που το νέα εκπαιδευτικά προγράμματα δίνουν στους μαθητές, ένας από τους βασικούς λόγους που οι περισσότεροι μαθητές επιλέγουν την τεχνολογική κατεύθυνση στη Β' τάξη και τον κύκλο πληροφορικής και υπηρεσιών της τεχνολογικής κατεύθυνσης στη Γ' τάξη, είναι ότι στα προγράμματα σπουδών αυτών δεν περιλαμβάνεται το μάθημα της χημείας.

Μέσα σε αυτές τις συνθήκες ο καθηγητής της χημείας πρέπει να επινοήσει τρόπους και μεθόδους διδασκαλίας που να κάνουν το μάθημα της χημείας πιο προσιτό, πιο ευχάριστο και πιο εύληπτο.

Για να το πετύχει αυτό πρέπει να επιστρατεύσει και να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που του προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες οι οποίες έχουν γίνει αρεστές και αγαπητές στους μαθητές κυρίως από τα παιχνίδια και τη διασκέδαση γενικότερα που του προσφέρουν.

Οι νέες όμως τεχνολογίες για να αξιοποιηθούν χρειάζονται και τα κατάλληλα λογισμικά τα οποία πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στα προγράμματα σπουδών. Κάτι τέτοιο όσον αφορά την χημεία του Λυκείου στην Ελληνική γλώσσα, στο βαθμό που είναι γνωστό, προς το παρόν δεν υπάρχει.

Η εμπειρία των 22 χρόνων στη εκπαίδευση του γράφοντος γενικά, αλλά και η εμπειρία στα εργαστήρια της χημείας ειδικότερα, έχουν δημιουργήσει την πεποίθηση ότι κάθε τι καινούργιο για να πετύχει τον σκοπό της δημιουργίας του πρέπει να είναι απλό, κατανοητό, προσιτό και εύκολο στη χρήση του.

Η παραπάνω πεποίθηση οδήγησε στην σκέψη να χρησιμοποιηθεί το Microsoft Excel, ένα απλό, προσιτό και γενικά γνωστό πρόγραμμα, ως βάση κατασκευής λογισμικού για μαθήματα χημείας. Χρησιμοποιήθηκαν δηλαδή οι δυνατότητες που παρέχει ένα λογιστικό φύλλο του Microsoft Excel για τη δημιουργία εφαρμογών οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ανακαλύψουν σχέσεις και λογικές που σχετίζονται με ορισμένα μαθήματα χημείας.

ΜΕΛΕΤΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται δύο μαθήματα για συνεχόμενες διδακτικές ώρες που είναι φτιαγμένα για την ενότητα «ρυθμιστικά διαλύματα» που διδάσκεται στην Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης.

Στην ενότητα αυτή μεταξύ των άλλων στόχων είχαν τεθεί και οι εξής.

Στο τέλος της διδασκαλίας οι μαθητές πρέπει να μπορούν :

- Να σχεδιάζουν σωστά διαγράμματα μεταβολής του pH ρυθμιστικού διαλύματος όταν προστίθεται σε αυτό ο ίδιος όγκος ισχυρού οξέος με αυξανόμενη συγκέντρωση.
- Να αναγνωρίζουν και να εξηγούν σύντομα τις διαφορές που παρουσιάζει η συμπεριφορά ενός Ρ.Δ. όταν προστίθεται σε αυτό ισχυρό οξύ και όταν προστίθεται σε αυτό ισχυρή βάση.
- Να υπολογίζουν την πιο μεγάλη συγκέντρωση του προστιθέμενου ισχυρού οξέος ή ισχυρής βάσης για την οποία παραμένει το διάλυμα ρυθμιστικό.
- Να ανακαλύπτουν τι διαφοροποίηση επιφέρει η αραίωση σε ένα ρυθμιστικό διάλυμα.

Οι παραπάνω στόχοι δεν μπορούν να υλοποιηθούν στο εργαστήριο της χημείας. Με το πείραμα είτε επίδειξης σε μετωπικό εργαστήριο είτε σε εργαστηριακές ασκήσεις στις οποίες τα πειράματα τα πραγματοποιούν οι ίδιοι οι μαθητές, μπορεί να διαπιστωθεί η διαφορά ρυθμιστικού διαλύματος και νερού από την αλλαγή ή όχι του χρώματος κάποιου δείκτη με την προσθήκη ισχυρού οξέος ή ισχυρής βάσης. Δεν φαίνεται όμως ο ποσοτικός χαρακτήρας της μεταβολής δηλαδή οι αλλαγές οι οποίες επέρχονται ανάλογα την ποσότητα του προστιθέμενου ισχυρού οξέος ή ισχυρής βάσης.

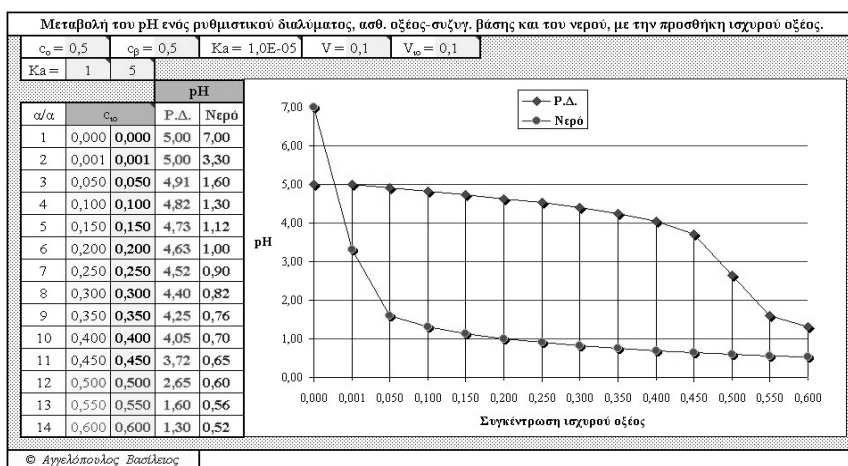
Αυτό επίσης που δεν φαίνεται είναι οι ποσότητες του προστιθέμενου ισχυρού οξέος ή ισχυρής βάσης για τι οποίες έχουμε σημαντική μεταβολή στο pH στο νερό και στο ρυθμιστικό διάλυμα ώστε από τη διαφορά να φανεί καθαρά ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί αυτό.

Τα παραπάνω μπορούν να μελετηθούν με την λύση προβλημάτων βασισμένα στην εξίσωση των Henderson και Hasselbalch. Για να γίνει όμως η μελέτη αυτή πρέπει να λυθούν πάρα πολλά προβλήματα κάτι που απαιτεί πάρα πολύ χρόνο και κόπο. Στον τομέα αυτόν βοηθούν οι υπολογιστές και το λογιστικό πακέτο Excel, πάνω στο οποίο έχει σχεδιαστεί η συγκεκριμένη εφαρμογή.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η εφαρμογή περιλαμβάνει επτά φύλλα, σε ένα βιβλίο Excel. Οι μαθητές ακολουθώντας τις οδηγίες των δύο φύλλων εργασίας πρέπει να ανοίξουν με τη σειρά καθένα από τα φύλλα αυτά και να γράψουν τις τιμές που τους αναφέρονται στα φύλλα εργασίας στις κατάλληλες θέσεις. Από τα διαγράμματα κυρίως αλλά και από τις τιμές που εμφανίζονται οι μαθητές πρέπει να βγάλουν κάποια συμπεράσματα και να απαντήσουν σε ερωτήσεις που αναφέρονται στα φύλλα εργασίας.

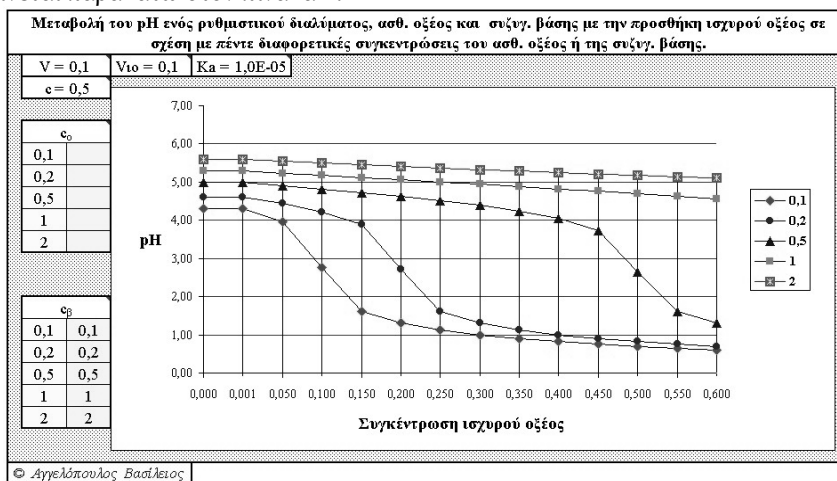
Στο πρώτο φύλλο εμφανίζεται το διάγραμμα της μεταβολής του pH ρυθμιστικού διαλύματος οξικού οξέος - οξικού νατρίου και νερού καθώς προσθέτουμε τον ίδιο πάντα όγκο ισχυρού οξέος, για να μην επηρεάζει η αραιώση, με συνεχώς αυξανόμενη συγκέντρωση. Το διάγραμμα που τελικά σχηματίζεται είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 1. Από το διάγραμμα του πίνακα 1 αλλά και από τις τιμές γίνεται φανερό η διαφορά του ρυθμιστικού διαλύματος από το καθαρό νερό, η τιμή της συγκέντρωσης του ισχυρού μονοπρωτικού οξέος για την οποία καταστρέφεται το ρυθμιστικό διάλυμα είναι ίση με την τιμή του οξικού νατρίου με το οποίο αντιδρά και ότι οι τιμές του pH αφού καταστραφεί το ρυθμιστικό διάλυμα πλησιάζουν αυτές του νερού.



Πίνακας 1

Στο δεύτερο φύλλο υπάρχει μια αντίστοιχη εφαρμογή με προσθήκη στο ίδιο ρυθμιστικό διάλυμα διαλύματος ισχυρής μονόξινης βάσης, ενώ στο τρίτο φύλλο έχει σχεδιαστεί να εμφανίζονται αυτόματα τα διαγράμματα των δύο πρώτων φύλλων μαζί για να μπορεί να γίνει η σύγκρισή τους.

Στο τέταρτο φύλλο σχηματίζονται καμπύλες οι ίδιες όπως στα προηγούμενα φύλλα αλλά με πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις του οξικού οξέος ή του οξικού νατρίου για να γίνει μελέτη του τρόπου με τον οποίο επηρεάζει η μεταβολή της συγκέντρωσης των συστατικών του ρυθμιστικού διαλύματος την συμπεριφορά του διαλύματος αυτού. Ένα από τα διαγράμματα που τελικά σχηματίζεται είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 2.

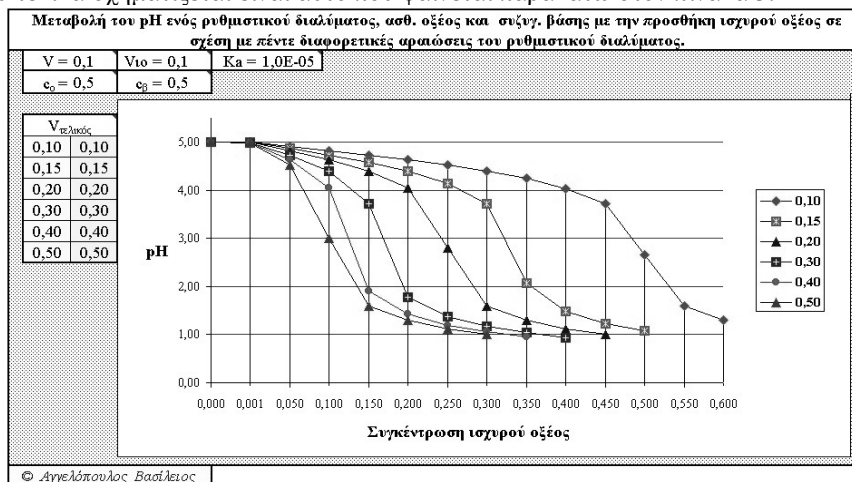


Πίνακας 2

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται φανερό ότι όσο πιο μεγάλη είναι η συγκέντρωση του οξικού νατρίου τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή (ρυθμιστική ικανότητα) του ρυθμιστικού διαλύματος. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι το οξικό νάτριο είναι το συστατικό του ρυθμιστικού διαλύματος που αντιδρά με το προστιθέμενο ισχυρό οξύ. Το αντίστοιχο διάγραμμα με πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις του οξικού οξέος που επίσης παράγεται δείχνει ότι δεν υπάρχει καμία διαφορά από την αλλαγή της συγκέντρωσης. Το διάγραμμα αυτό δεν εμφανίζεται για λόγους οικονομίας χώρου.

Στο πέμπτο φύλλο σχηματίζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα με αυτά του τετάρτου όταν στο ρυθμιστικό διάλυμα προσθέτουμε ισχυρή μονόξινή βάση αντί για το ισχυρό μονοπρωτικό οξύ.

Στο έκτο φύλλο σχηματίζονται καμπύλες οι ίδιες όπως στα προηγούμενα φύλλα αλλά με πέντε διαφορετικές αραιώσεις του ρυθμιστικού διαλύματος. Με τη διαδικασία αυτή γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο η αραιώση επηρεάζει τη συμπεριφορά του ρυθμιστικού διαλύματος. Ένα από τα διαγράμματα που τελικά σχηματίζεται είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 3.



Πίνακας 3

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται φανερό ότι όσο αραιώνεται το ρυθμιστικό διάλυμα μπορεί το pH να παραμένει ίδιο όμως το ρυθμιστικό διάλυμα χάνει την ρυθμιστική ικανότητά του.

Στο τελευταίο φύλλο εμφανίζεται η ίδια όπως προηγουμένως μελέτη με τη διαφορά ότι τώρα προστίθεται στο ρυθμιστικό διάλυμα ισχυρή μονόξινή βάση αντί για το ισχυρό μονοπρωτικό οξύ.

ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι μαθητές με την είσοδό τους στην αίθουσα για καθένα από τα δυο μαθήματα τα οποία έγιναν με την βοήθεια της παραπάνω εφαρμογής πήραν ένα φύλλο εργασίας. Στα φύλλα αυτά εργασίας υπήρχαν οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο έπρεπε να

χειριστούν την εφαρμογή αυτή καθώς και την κατάλληλη χρονική στιγμή κατά την οποία έπρεπε να ανοίγουν το κάθε φύλλο του Excel.

Επιπλέον στα φύλλα εργασίας υπήρχαν άξονες για να σχεδιάζουν τα διαγράμματα τα οποία όφειλαν να συμπληρώσουν είτε απαντώντας σε κάποιο ερώτημα είτε αξιοποιώντας την εφαρμογή στο Excel, χώροι για να διατυπώσουν συμπεράσματα τα οποία προέκυπταν από αυτά, να εξηγήσουν παρατηρήσεις που τους υποδεικνύονταν και να απαντήσουν διάφορα ερωτήματα.

Σε όλες τις περιπτώσεις που είχαν γνωρίσει τα διαγράμματα και τις τιμές όταν προστίθεται στο ρυθμιστικό διάλυμα ισχυρό μονοπρωτικό οξύ, και έπρεπε να το επαναλάβουν για την περίπτωση που προστίθεται ισχυρή μονόξινη βάση, τα διαγράμματα που αναμένονται να σχηματιστούν ζητούνται να τα προβλέψουν οι μαθητές πριν ανοίξουν την αντίστοιχη εφαρμογή.

Αυτό γίνεται για να ελέγχεται η κατανόηση των προηγούμενων επειδή η συμπεριφορά του ρυθμιστικού διαλύματος όταν προστίθεται σε αυτό ισχυρό μονοπρωτικό οξύ έχει πολλές ομοιότητες με αυτήν κατά την οποία προστίθεται ισχυρή μονόξινη βάση.

Δείγμα Φύλλου Εργασίας

Φ Υ Λ Λ Ο Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α Σ

Βασίλης Αγγελόπουλος ΠΕ04 χημικός

Τίτλος δραστηριότητας: Μελέτη ρυθμιστικών διαλυμάτων

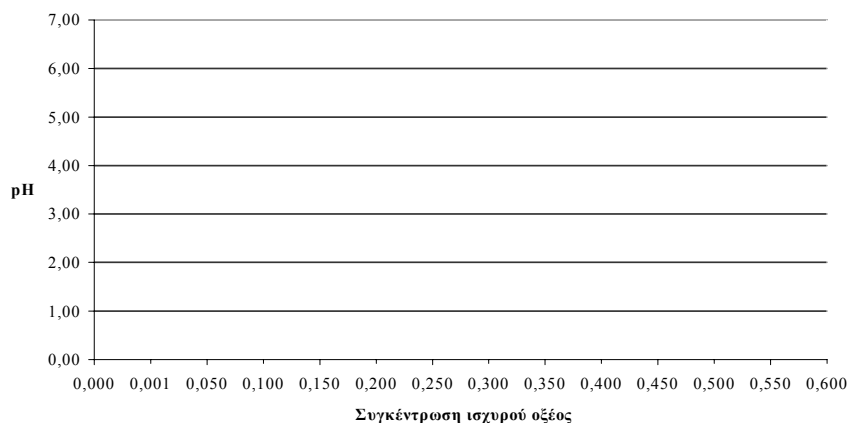
Ονοματεπώνυμο Ημερ/νια

Δραστηριότητα 1^η

Σε 14 δοχεία τα οποία περιέχουν 100 mL (0,1L) του ίδιου ρυθμιστικού διαλύματος $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$, σε συγκέντρωση 0,5 M το καθένα, προσθέτουμε 100 mL (0,1L) διαλύματος HCl. Η συγκέντρωση του διαλύματος του HCl που προσθέτουμε σε κάθε δοχείο είναι διαφορετική. Οι συγκεντρώσεις από το 1^ο προς το 14^ο είναι αντίστοιχα αυτές που φαίνονται στο κάτω μέρος των παρακάτω αξόνων. Η Ka του CH_3COOH δίνεται ίση με 10^{-5} .

Την ίδια ποσότητα και με τις ίδιες ακριβώς συγκεντρώσεις του ίδιου διαλύματος του HCl προσθέτουμε και σε 14 άλλα δοχεία τα οποία περιέχουν αποσταγμένο νερό.

Σχεδιάστε στο παρακάτω σύστημα αξόνων την καμπύλη μεταβολής του pH στα δοχεία που περιέχουν το ρυθμιστικό διάλυμα και στα δοχεία που περιέχουν το αποσταγμένο νερό.



Στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή ανοίξετε το βιβλίο του Excel με τον τίτλο «Buffer solution». Συμπληρώστε στα πράσινα κελιά τις συγκεντρώσεις των ενώσεων που αποτελούν το ρυθμιστικό διάλυμα, τον όγκο του, τη K_a του CH_3COOH , και τον όγκο του HCl όπως δίνονται στο παραπάνω πρόβλημα. Στη συνέχεια συμπληρώστε στα γαλάζια κελιά τις συγκεντρώσεις του ισχυρού οξέος όπως αναγράφονται στα κίτρινα κελιά.

1. Αν οι καμπύλες που σχηματίσατε στο παραπάνω διάγραμμα συμφωνούν με αυτές του φύλλου του Excel εξηγήστε σύντομα τον τρόπο σκέψης που σας οδήγησε στο σωστό αποτέλεσμα, διαφορετικά προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί σχηματίζονται οι καμπύλες που φαίνονται στο πρόγραμμα.

.....

2. Για ποια συγκέντρωση του ισχυρού οξέος έχουμε σχετικά μεγάλη μεταβολή στο pH του ρυθμιστικού διαλύματος και για ποια στο νερό. Εξηγήστε σύντομα τις μεταβολές αυτές.

.....

3. Αν συνεχίζαμε να προσθέτουμε ισχυρό οξύ με μεγαλύτερη συγκέντρωση, το pH του ρυθμιστικού διαλύματος και αυτό του νερού θα φτάσουν κάποια στιγμή στην ίδια τιμή;. Εξηγήστε σύντομα την απάντησή σας.

.....

Ανοίξετε το φύλλο με την ονομασία «οξύ 2». Συμπληρώστε στα πράσινα κελιά τις ίδιες τιμές όπως προηγουμένως, για το ρυθμιστικό διάλυμα και τις ίδιες τιμές του ισχυρού οξέος οι οποίες όμως τώρα αφορούν ισχυρή βάση. Αφού συμπληρώσετε και τις αντίστοιχες τιμές στα γαλάζια κελιά, απαντήστε στις ίδιες όπως παραπάνω ερωτήσεις.

.....

 Ανοίξτε το φύλλο με την ονομασία «οξύ 3». Συγκρίνεται τις καμπύλες μεταβολής του pH στο ρυθμιστικό διάλυμα όταν προστίθεται σ' αυτό ισχυρό οξύ και όταν προστίθεται ισχυρή βάση. Προσπαθήστε να δικαιολογήστε σύντομα τη διαφορά αυτή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μάθημα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή έγινε στο ένα τμήμα της Γ' Τάξης Θετικής κατεύθυνσης του Πειραματικού Λυκείου της Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά, ενώ στο άλλο έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο αλλά με άλλον καθηγητή. Και στα δύο τμήματα έγινε σε επόμενα μαθήματα γραπτή δοκιμασία αξιολόγησης. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης αυτής δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί ώστε να μπορούν να διατυπωθούν κάποια συμπεράσματα. Αυτό που φάνηκε από την εφαρμογή είναι ότι οι μαθητές όπως δήλωσαν την βρήκαν ενδιαφέρουσα και τους βοήθησε να αποσαφηνίσουν ορισμένα δυσνόητα σημεία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cobb D., Mynhier G. κ.ά., Ο οδηγός της Microsoft για το Excel . *μετάφραση Πανόπουλος Τ., Κοντόπουλος Π. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.*
2. Mager F. Robert (1975) *Preparing Instructional Objectives Fearon Publishers, Inc., Belmont, California.*, (1985) διδακτικοί στόχοι και διδασκαλία, εκδ. Αφ. Κυριακίδη, σειρά *Παιδαγωγική και Εκ/ση* σελ. 1-3.
3. Γεωργιάδου Α., (2000), Ο ρόλος της Στοχοθεσίας για τη Διδασκαλία -Σπονδύλωση του Στόχου, στο *Διδακτική των Φ.Ε. και διδακτική της Χημείας- μαθήματα σε μεταπτυχιακό επίπεδο*, επιμέλεια Γ. Τσαπαρλής για το διαπανεπιστημιακό πρόγραμμα ΔιΧηNET, σελ. 178-186.
4. Δημητρακοπούλου Α., (1999), "Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδασκαλία των Φ. Ε. -Τι προσφέρουμε και πώς τις αξιοποιούμε" *Επιθεώρηση Φυσικής* 1-14
5. Δημητρακοπούλου Α., (1999), Ποιοτικά Διερευνητικά Λογισμικά Θετικών Επιστημών: Ποιες κεντρικές αρχές σχεδιασμού τα προσδιορίζουν, *4ο Συν. Διδακτικής των Μαθηματικών και της Πληροφορικής στην Εκ/ση*, Ρέθυμνο.
6. Κοντογιαννοπούλου – Πολυδωρίδη Γ., (1991), *Οι εκπαιδευτικές και Κοινωνικές Διαστάσεις της Χρήσης των Ν. Τεχνολογιών στο Σχολείο*, Σύγχρονα Θέματα, τεύχη. 46-47, σελ. 77-93.
7. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (1998), *Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών - Φυσικές Επιστήμες / 2.Χημεία* σελ. 205-212.
8. Σταυρίδου Ε., (1991), Τα επιστημονικά μοντέλα στη διδασκαλία της χημείας - μαθησιακές δυσκολίες, *Χημικά χρονικά*, 53(5) . σελ 133 – 136.
9. Τσαπαρλής Γ., (1985), Μερικές από τις δυσκολίες της χημείας στο Λύκειο -Ιονικές και μοριακές αντιδράσεις στα *Θέματα διδακτικής φυσικής και χημείας στη μέση εκπαίδευση*, -Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. σελ 249(1989) και *Σύγχρονη εκπαίδευση* τεύχος 24 , 40.