

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΣΕ ΜΙΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ. (εξουδετέρωση ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση) ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (Σ.Σ.Λ.Α) LoggerProGr της Vernier.

Στόχοι

Οι μαθητές:

- Να περιγράψουν μια ογκομετρική μέθοδο.
- Να κατανοήσουν τι σημαίνει πρότυπο διάλυμα.
- Να παρατηρήσουν την εξέλιξη του pH, της θερμοκρασίας και της *αγωγιμότητας* του διαλύματος κατά τη διαδικασία της ογκομέτρησης.
- Να ερμηνεύουν τις γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν πειραματικά και να προσδιορίζουν απ' αυτές το τελικό σημείο της αντίδρασης ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση.

Θεωρητικές Επισημάνσεις

- **Ογκομέτρηση** είναι η διαδικασία ποσοτικού προσδιορισμού μιας ουσίας με μέτρηση του όγκου διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπο διάλυμα) που χρειάζεται για την πλήρη αντίδραση με την ουσία.
- **Ισοδύναμο** σημείο είναι το σημείο της ογκομέτρησης που έχει αντιδράσει πλήρως η ουσία (στοιχειομετρικά) με ορισμένη ποσότητα του πρότυπου διαλύματος.

Το σημείο που παρατηρείται χρωματική αλλαγή του ογκομετρούμενου διαλύματος ονομάζεται **τελικό** σημείο ή πέρας της ογκομέτρησης. Το λογισμικό LoggerProGr της Vernier μας δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε το τελικό σημείο μιας ογκομέτρησης και με άλλους τρόπους. α. Με τον αισθητήρα pH μπορούμε να κατασκευάσουμε τη γραφική παράσταση της μεταβολής του pH του διαλύματος με το χρόνο και αν πετύχουμε σταθερή ροή του πρότυπου διαλύματος μέσω της προχοϊδας, μπορούμε τον άξονα χρόνου να τον μετατρέψουμε σε άξονα όγκου. Εκείνο που είναι σημαντικό και βοηθά στον εντοπισμό του τελικού σημείου είναι ότι ο ρυθμός μεταβολής dpH/dV , εμφανίζει μέγιστο ακριβώς στο τελικό σημείο. β. Με τον αισθητήρα θερμοκρασίας μπορούμε να πραγματοποιήσουμε το διάγραμμα μεταβολής της θερμοκρασίας θ με τον όγκο (μέσω του χρόνου). Σ' αυτό το διάγραμμα θα παρατηρήσουμε αρχικά μια, περίπου γραμμική, αύξηση της θερμοκρασίας που οφείλεται στην αντίδραση διάσπασης του ασθενούς οξέος, $CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$ όπως και στην αντίδραση σύνθεσης του νερού (εξουδετέρωση) . $OH^- + H^+ \rightarrow H_2O$ και συνεχίζεται μέχρι το τελικό σημείο. Μετά το τελικό σημείο πρέπει να παρατηρήσουμε πάλι αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος (φαίνεται αν πραγματοποιηθεί η αντίδραση σε θερμικά μονωμένο δοχείο) με μικρότερο όμως ρυθμό, γιατί αυτή οφείλεται μόνο στη θερμότητα που προκύπτει από την αραιώση του πρότυπου διαλύματος.

Σημασία έχει πως και αυτό το διάγραμμα εμφανίζει μια αλλαγή στη μορφή του

στο τελικό σημείο. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να εντοπίσουμε το τελικό σημείο με ακρίβεια.

γ. *Ο αισθητήρας αγωγιμότητας μας δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση της αγωγιμότητας του διαλύματος σαν συνάρτηση του όγκου (μέσω του χρόνου). Η καμπύλη αγωγιμότητας εμφανίζει σημαντική αλλαγή στο τελικό σημείο που οφείλεται βασικά στις πολύ διαφορετικές αγωγιμότητες που έχουν τα ανιόντα*

Έτσι και αυτό το διάγραμμα εμφανίζει μια αλλαγή στη μορφή του στο τελικό σημείο που μας δίνει τη δυνατότητα να το εντοπίσουμε με ακρίβεια. Όσο πιο κοντά είναι το τελικό σημείο με το ισοδύναμο τόσο πιο ακριβής είναι η ογκομέτρηση.

Όργανα – Αντιδραστήρια

α/α	ΟΡΓΑΝΑ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ
1	Υπολογιστής	Διαλύματα NaOH 2M & 0,5M
2	Καταγραφικό LoggerProGr	Διάλυμα CH ₃ COOH 0,2M
3	Αισθητήρες pH, αγωγιμότητας και θερμοκρασίας	Εύδι λευκό
4	Μαγνητικός αναδευτήρας	
5	Προχοΐδα	
6	Μεταλικές λαβίδες, ορθοστάτης, βάση	
7	Ποτήρι ζέσεως των 250 mL	
8	Ογκομετρικό κύλινδρος των 100 mL	
9	υδροβολέας	

Προετοιμασία 1^{ου} Πειράματος

1. Γεμίζουμε την προχοΐδα με πρότυπο διάλυμα NaOH 2M μέχρι την ένδειξη 0.
2. Με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου μετράμε 100mL από το διάλυμα CH₃COOH 0,2M και το προσθέτουμε στο ποτήρι ζέσεως των 250mL.
3. Στη συνέχεια προσθέτουμε στο ποτήρι το μαγνητάκι του αναδευτήρα και μερικές σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης (προεραϊτικά).
4. Τοποθετούμε το ποτήρι πάνω στο μαγνητικό αναδευτήρα και ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο ώστε το μαγνητάκι να στρέφεται με αργό ρυθμό.
5. Συνδέουμε στο καταγραφικό LabProTM τον αισθητήρα αγωγιμότητας στο κανάλι 1 (CH1) και τον αισθητήρα θερμοκρασίας στο κανάλι 2 (CH2)
6. Εμβαπτίζουμε στο ποτήρι τους αισθητήρες προσέχοντας να μην ακουμπούν στο μαγνητάκι

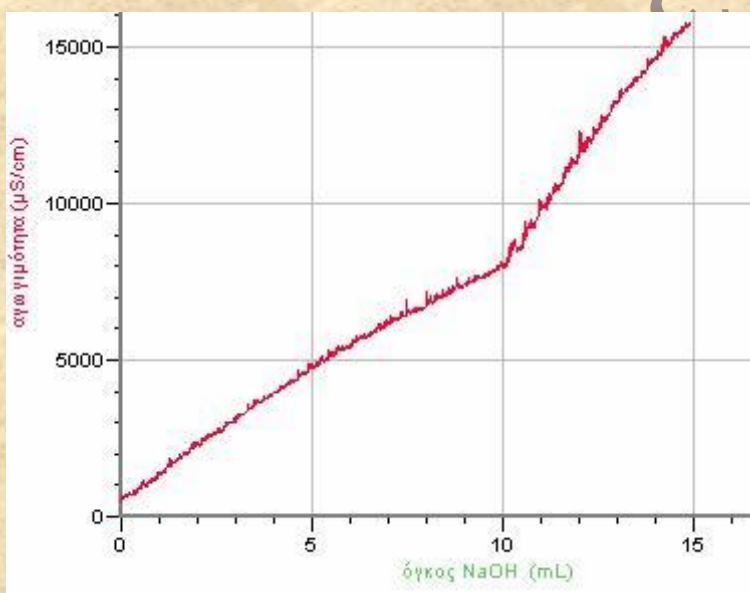
Ενεργοποίηση του Συστήματος LoggerProGr.

1. Συνδέστε τον καταγραφέα του ΣΣΛΑ LoggerProGr με υπολογιστή, στον οποίο έχει εγκατασταθεί το λογισμικό του συστήματος LoggerPro.

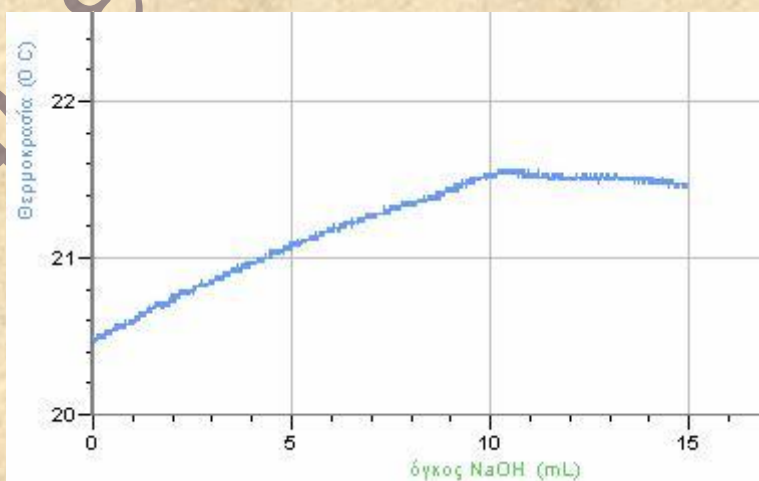
2. Ανοίξτε τον καταγραφέα και ακολουθείστε την διαδικασία στην οθόνη του υπολογιστή:
- α) Από το μενού **πείραμα** επιλέξτε **συλλογή δεδομένων**. Στο παράθυρο που εμφανίζεται ρυθμίστε στη **βάση χρόνου** 250 δευτερόλεπτα και **ρυθμό δειγματοληψίας** 10 δείγματα (μετρήσεις) ανά δευτερόλεπτο (συνολικός αριθμός δειγμάτων 2500) και πατήστε **ολοκληρώθηκε**.
- β) Για να αρχίσει η καταγραφή από το μενού **πείραμα** πατάμε **έναρξη συλλογής** οπότε εμφανίζεται στην οθόνη το διάγραμμα **αγωγιμότητας** και θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο (t).

Πειραματική Διαδικασία

Ανοίγουμε τη στρόφιγγα της προχοϊδας με σταθερή ροή σταγόνων ώστε η ογκομέτρηση να ολοκληρωθεί στον προβλεπόμενο χρόνο. Κλείνουμε τη στρόφιγγα της προχοϊδας και ταυτόχρονα σταματάμε την καταγραφή των μετρήσεων.



Εικόνα 1



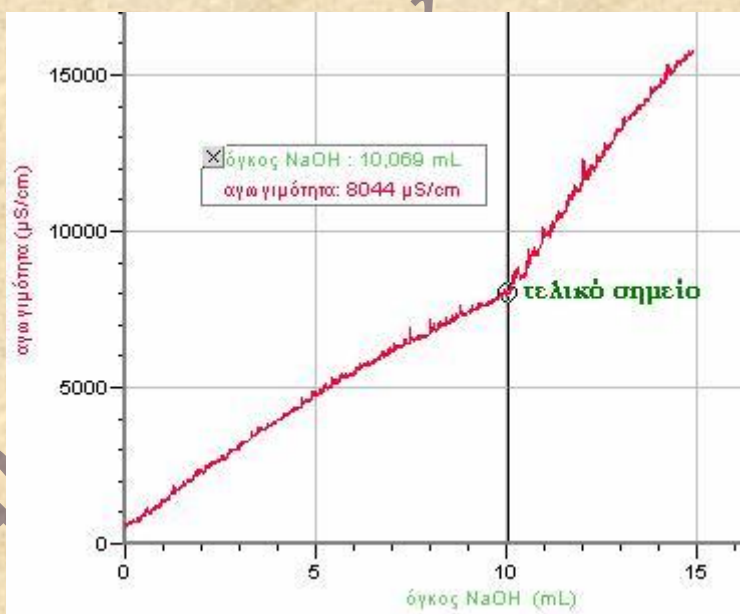
Εικόνα 2

Για να πάρουμε τα διαγράμματα των εικόνων 3,4 πρέπει να δημιουργήσουμε στήλη με τις τιμές του όγκου του πρότυπου διαλύματος. Ο όγκος αυτός είναι συνάρτηση του χρόνου της μορφής $V=a.t$, όπου a το πηλίκο του όγκου του πρότυπου διαλύματος που έχει περάσει από την προχοΐδα προς τον αντίστοιχο χρόνο (εδώ το $a=15/224$).

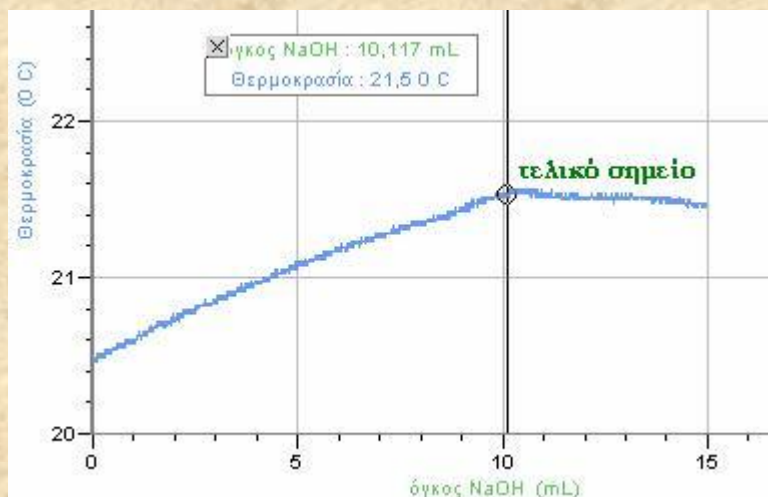
Δημιουργία στήλης με το όνομα : όγκος NaOH, από το μενού δεδομένα επιλέξτε **Νέα Υπολογισμένη Στήλη** και στη περιγραφή στήλης, στο όνομα γράφετε **όγκος NaOH**, στο σύντομο όνομα **V** και στις μονάδες **mL**. Στο κελί εξίσωση, γράφουμε $15/224 * \text{"Χρόνος"}$, από τις **επιλογές** μπορείτε να επιλέξετε το χρώμα, το πλήθος των δεκαδικών που θα εμφανίζει η στήλη κ.λ.π. πατάτε ολοκληρώθηκε και έχετε έτοιμη τη στήλη με καταγραμμένες τις τιμές του όγκου.

Τα διαγράμματα που παίρνουμε εντοπίζουν με ακρίβεια το τελικό σημείο της ογκομέτρησης.

Για τον ακριβή προσδιορισμό του, από το μενού **ανάλυση** επιλέγουμε **παρεμβολή**, τότε στη θέση του κένσορα εμφανίζεται μια κατακόρυφη ευθεία με ένα κύκλο που καθώς μετακινούμε τον κένσορα ακολουθεί τη καμπύλη μεταβολής της αγωγιμότητας. Ταυτόχρονα στην οθόνη εμφανίζεται πλαίσιο στο οποίο διαβάζουμε τις συντεταγμένες της θέσης του κένσορα. Έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τον όγκο του πρότυπου διαλύματος (NaOH 2M) που χρειάστηκε για την εξουδετέρωση του διαλύματος CH₃COOH 0,2M. (βλέπε εικόνες 3 και 4)



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Στοιχειομετρικά υπολογίζεται πως ο απαιτούμενος όγκος δ. NaOH 2M για να εξουδετερώσει πλήρως τα 100mL του διαλύματος CH₃COOH 0,2M είναι 10 mL (ισοδύναμο σημείο).

Από τα διαγράμματα φαίνεται πως το τέλος της αντίδρασης (τελικό σημείο) επιτυγχάνεται από 10,069 mL δ. NaOH 2M (εικόνα 3) ή 10,117 mL δ. NaOH 2M (εικόνα 4). Μια πολύ καλή προσέγγιση.

Προετοιμασία 2ου Πειράματος

1. Γεμίζουμε την προχοϊδα με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,5M μέχρι την ένδειξη 0.
2. Με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου μετράμε 100mL ξύδι λευκό και το προσθέτουμε στο ποτήρι ζέσεως των 250mL
3. Στη συνέχεια προσθέτουμε στο ποτήρι το μαγνητάκι του αναδευτήρα και μερικές σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης (προαιρετικά).
4. Τοποθετούμε το ποτήρι πάνω στο μαγνητικό αναδευτήρα και ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο ώστε το μαγνητάκι να στρέφεται με αργό ρυθμό.
5. Συνδέουμε στο καταγραφικό LabPro™ τον αισθητήρα pH στο κανάλι 1 (CH1) και τον αισθητήρα θερμοκρασίας στο κανάλι 2 (CH2)
6. Εμβαπτίζουμε στο ποτήρι τους αισθητήρες προσέχοντας να μην ακουμπούν στο μαγνητάκι .

Ενεργοποίηση του συστήματος LoggerProGr.

1. Συνδέστε τον καταγραφέα του ΣΣΑΑ LoggerProGr με υπολογιστή, στον οποίο έχει εγκατασταθεί το λογισμικό του συστήματος LoggerPro.
2. Ανοίξτε τον καταγραφέα και ακολουθείστε την διαδικασία στην οθόνη του υπολογιστή:
 - α) Από το μενού **πείραμα** επιλέξτε **συλλογή δεδομένων**. Στο παράθυρο που εμφανίζεται ρυθμίστε στη **βάση χρόνου** 250 δευτερόλεπτα και **ρυθμό**

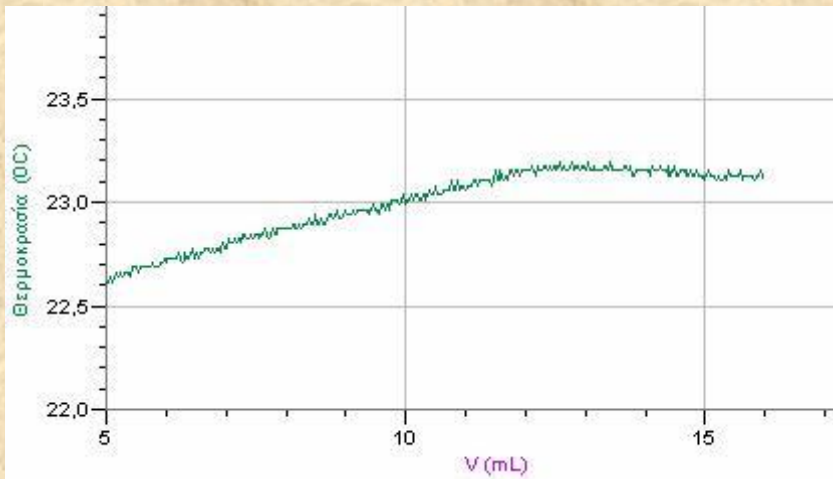
δειγματοληψίας 10 δείγματα (μετρήσεις) ανά δευτερόλεπτο (συνολικός αριθμός δειγμάτων 2500) και πατήστε **ολοκληρώθηκε**.

β) Για να αρχίσει η καταγραφή από το μενού **πείραμα** πατάμε **έναρξη συλλογής** οπότε εμφανίζεται στην οθόνη το διάγραμμα **pH** και θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο (t).

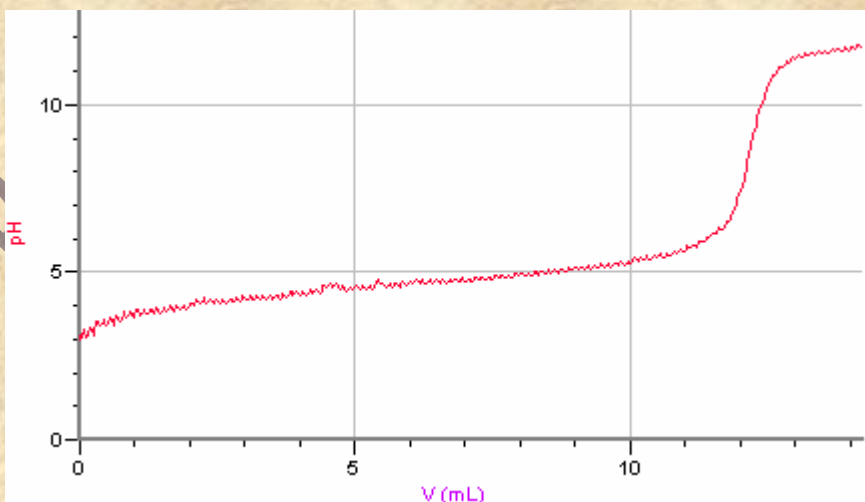
Πειραματική Διαδικασία

Ανοίγουμε τη στρόφιγγα της προχοϊδας με σταθερή ροή σταγόνων ώστε η ογκομέτρηση να ολοκληρωθεί στον προβλεπόμενο χρόνο.

Κλείνουμε τη στρόφιγγα της προχοϊδας και ταυτόχρονα σταματάμε την καταγραφή των μετρήσεων.



Εικόνα 5



Εικόνα 6

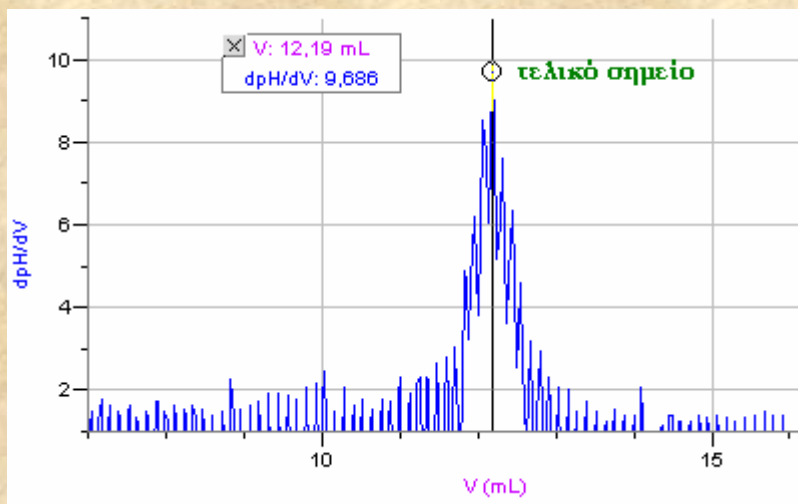
Τα διαγράμματα που παίρνουμε φαίνονται στις εικόνες 5 και 6. Για τον προσδιορισμό του όγκου που αντιστοιχεί στο τελικό σημείο μπορούμε να δουλέψουμε όπως και πριν, όμως θα εκμεταλλευτούμε μια άλλη δυνατότητα που μας δίνει το LoggerProGr.

Εδώ εκτός από τη στήλη του όγκου, πρέπει να δημιουργήσουμε και νέα στήλη που θα περιέχει τις τιμές της παραγώγου pH ως προς τον όγκο.

Δημιουργία στήλης με το όνομα : dpH/dV , από το μενού δεδομένα

επιλέξτε **Νέα Υπολογισμένη Στήλη** και στη περιγραφή στήλης, στο όνομα

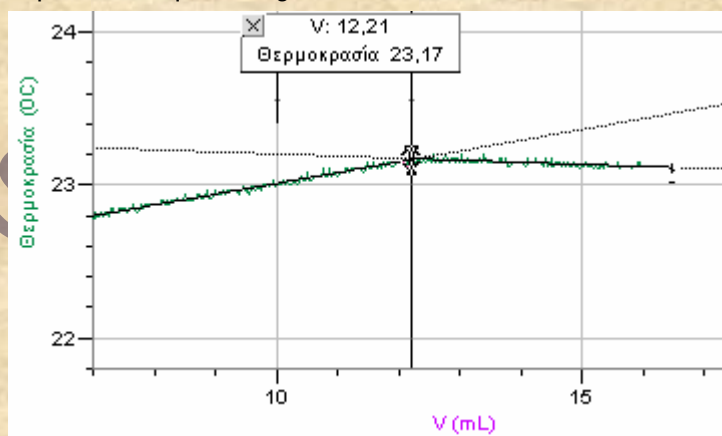
γράφετε **dpH/dV** , στο σύντομο όνομα **dpH/dV** και στις μονάδες αφήνουμε κενό. Στο κελί εξίσωση γράφουμε {derivative("pH", "V")}, από τις **επιλογές** μπορείτε να επιλέξετε το χρώμα, το πλήθος των δεκαδικών που θα εμφανίζει η στήλη κ.λ.π. πατάτε ολοκληρώθηκε και έχετε έτοιμη τη στήλη με τις τιμές της συνάρτησης



εικόνα 7

καταγραμμένες τις τιμές dpH/dV .

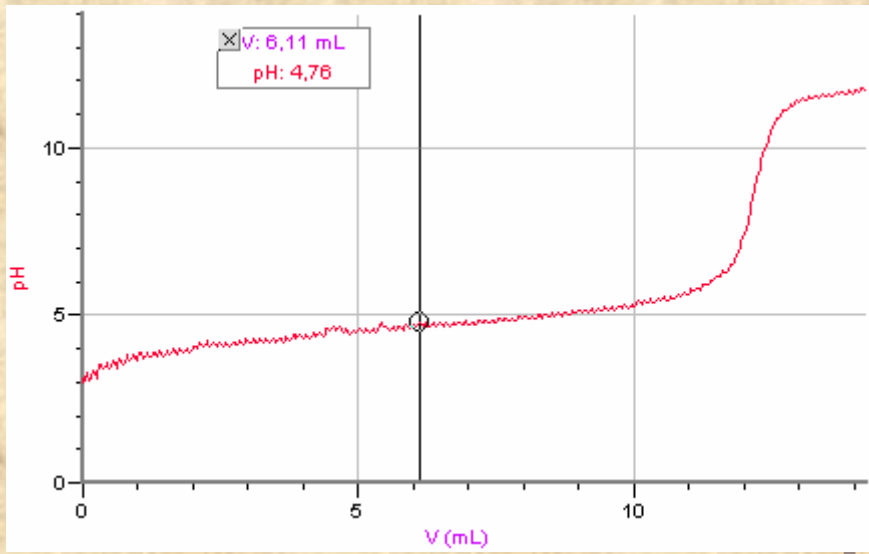
Στην εικόνα 7 φαίνεται ότι η συνάρτηση dpH/dV ως προς V εμφανίζει μέγιστο για $V=12.19$ mL. Ενώ στην εικόνα 8, τα δύο ευθύγραμμα τμήματα του διαγράμματος θερμοκρασίας – όγκου (εικόνα 5) φαίνεται ότι τέμνονται για $V=12.21$ mL. Δηλαδή ο όγκος του πρότυπου διαλύματος (NaOH 0,5M) που απαιτείται για την εξουδετέρωση των 100 mL ξυδιού είναι περίπου $V=12.20$ mL. Από τον οποίο υπολογίζουμε την περιεκτικότητα του ξυδιού σε CH_3COOH .



Εικόνα 8

Επίσης είναι ενδιαφέρον να δούμε ότι το pH του διαλύματος, όταν ο όγκος που έχει περάσει από την προχοΐδα είναι ίσος με $V/2$ δηλ. περίπου 6,1 mL, είναι 4,76 όπως ακριβώς προβλέπεται από τη σχέση Henderson-Hasselbalch (βλέπε εικόνα 9).

Εκφε Κεφαλονιάς



Εικόνα 9

Γ. Κουρούκλης