



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Αειφορικής  
Γεωργίας Γεωπονική Σχολή

# Εργαστηριακές Ασκήσεις Γενικής Ανόργανης Χημείας

## 9<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### Προσδιορισμός $pK_a$ ασθενούς οξέος με τιτλοδότηση

Αγγελική Απ. Γαλάνη  
Χημικός PhD,  
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ)

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

# Σταθερά ιονισμού $K_a$ ασθενούς οξέος

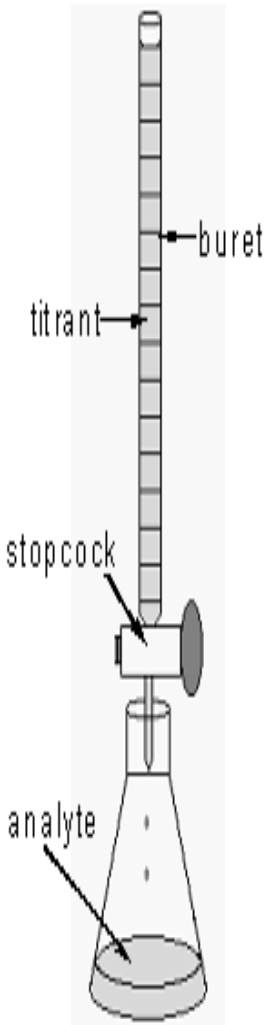
- Η ισχύς ενός οξέος  $HA$ , εξαρτάται από το κατά πόσο η αντίδραση ιονισμού του προχωρά προς τα δεξιά.



- Ποσοτικά η ισχύς του οξέος δίνεται από το μέγεθος μιας σταθεράς ισορροπίας. Αυτή η σταθερά ισορροπίας ονομάζεται  $K_a$ , και ορίζεται από τη σχέση:

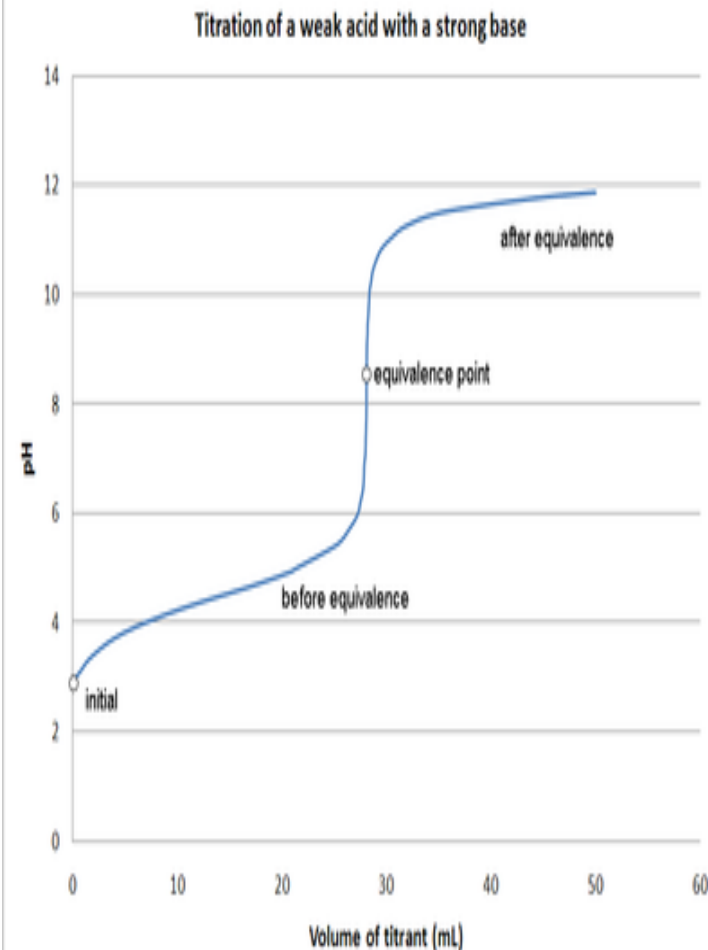
$$K_a = \{[H^+][A^-]\} / [HA] \quad (2)$$

# Καμπύλη τιτλοδότησης



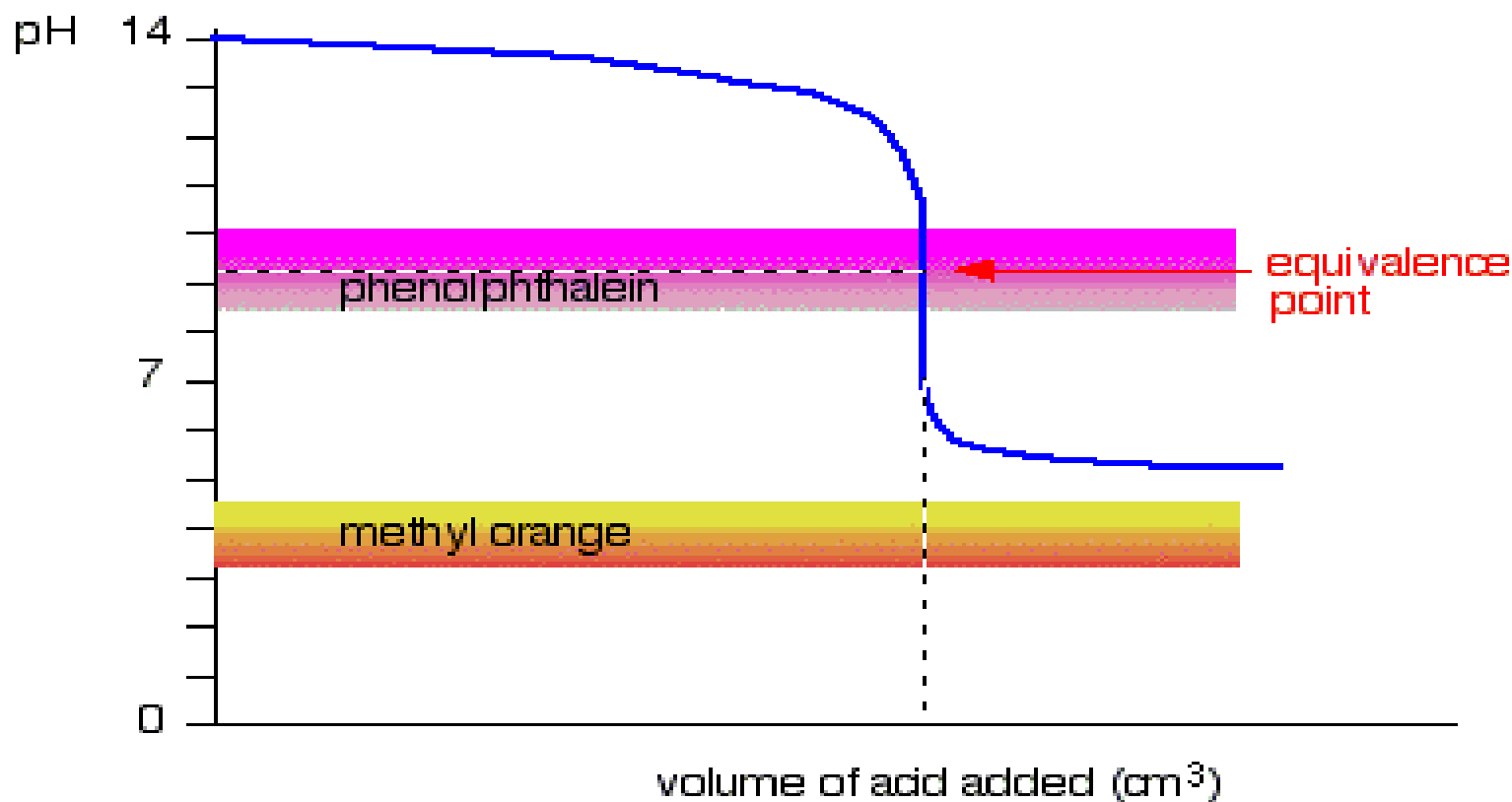
- Καμπύλη τιτλοδότησης, είναι το γράφημα των τιμών pH διαλύματος αναλύτη (άξονας y), ως συνάρτηση γνωστών και μετρημένων με ακρίβεια (με τη βοήθεια προχοϊδας) όγκων τιτλοδότη, (άξονας x).

- Κάθε τιμή pH αναλύτη, αντιστοιχεί σε προσθήκη συγκεκριμένου και γνωστού με ακρίβεια. όγκου τιτλοδότη.



<https://en.wikipedia.org>

# Καμπύλη τιτλοδότησης ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση - Εύρεση ισοδύναμου σημείου με τη βοήθεια δείκτη



# Καμπύλη τιτλοδότησης ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση

## Εύρεση ισοδύναμου σημείου με τη βοήθεια της 1<sup>ης</sup> παραγώγου τιτλοδότησης

- Το τελικό σημείο μπορεί να προσδιοριστεί επίσης και με τη σχεδίαση του πρώτου παραγώγου της τιτλοδότησης και την αναζήτηση της υψηλότερης κορυφής αυτής.
- Κάνουμε τη γραφική παράσταση  $\Delta\text{pH}/\Delta V$  (άξονας y) σε συνάρτηση με τον όγκο V ( άξονας x).

➤ Όπου

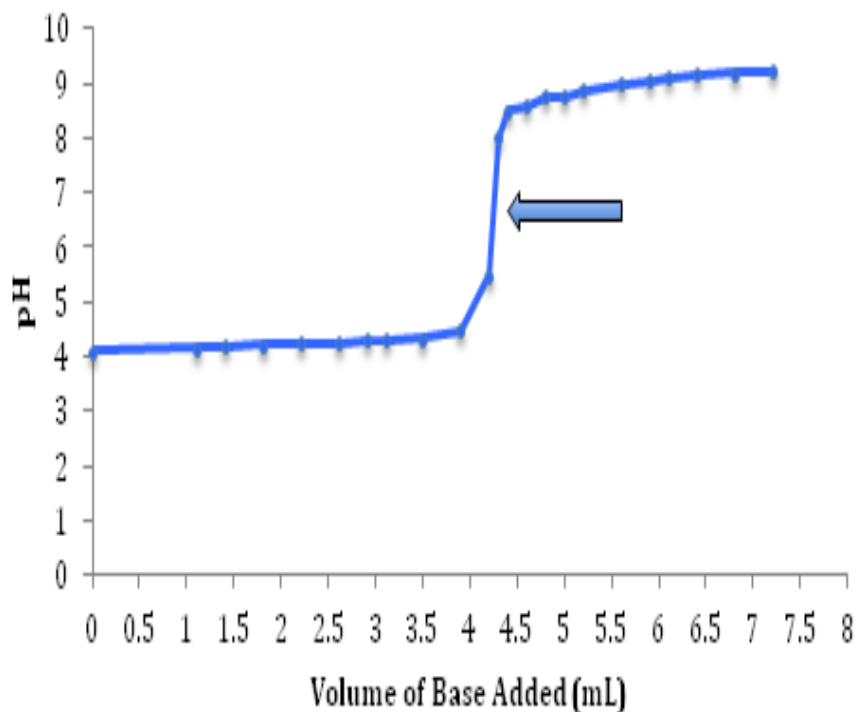
$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_2 - \text{pH}_1$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

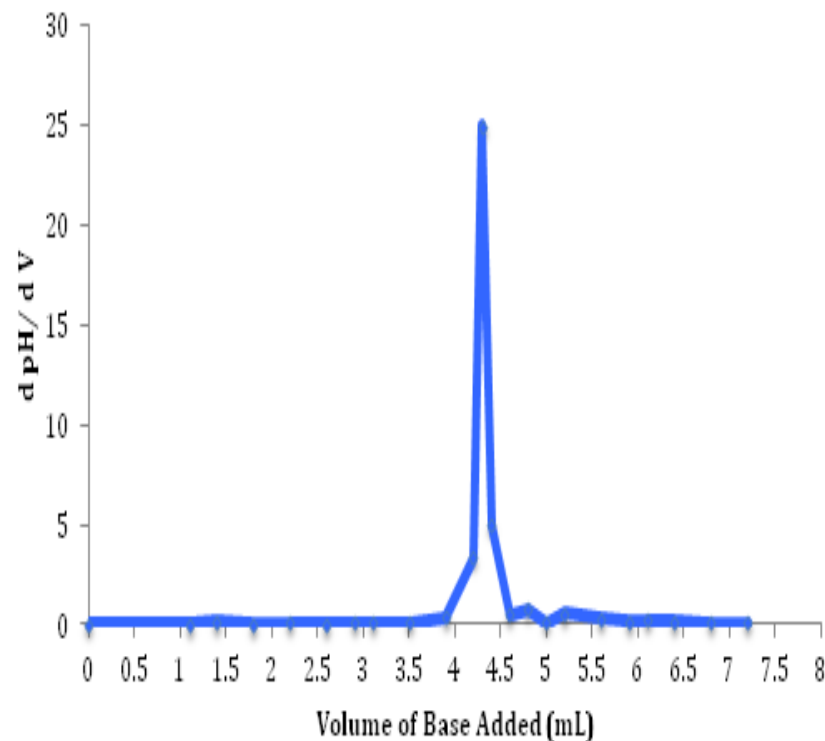
$$V = (V_2 + V_1)/2$$

# Καμπύλη τιτλοδότησης ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση Εύρεση ισοδύναμου σημείου με τη βοήθεια της 1<sup>ης</sup> παραγώγου της τιτλοδότησης

## Titration



## First Derivative of Titration

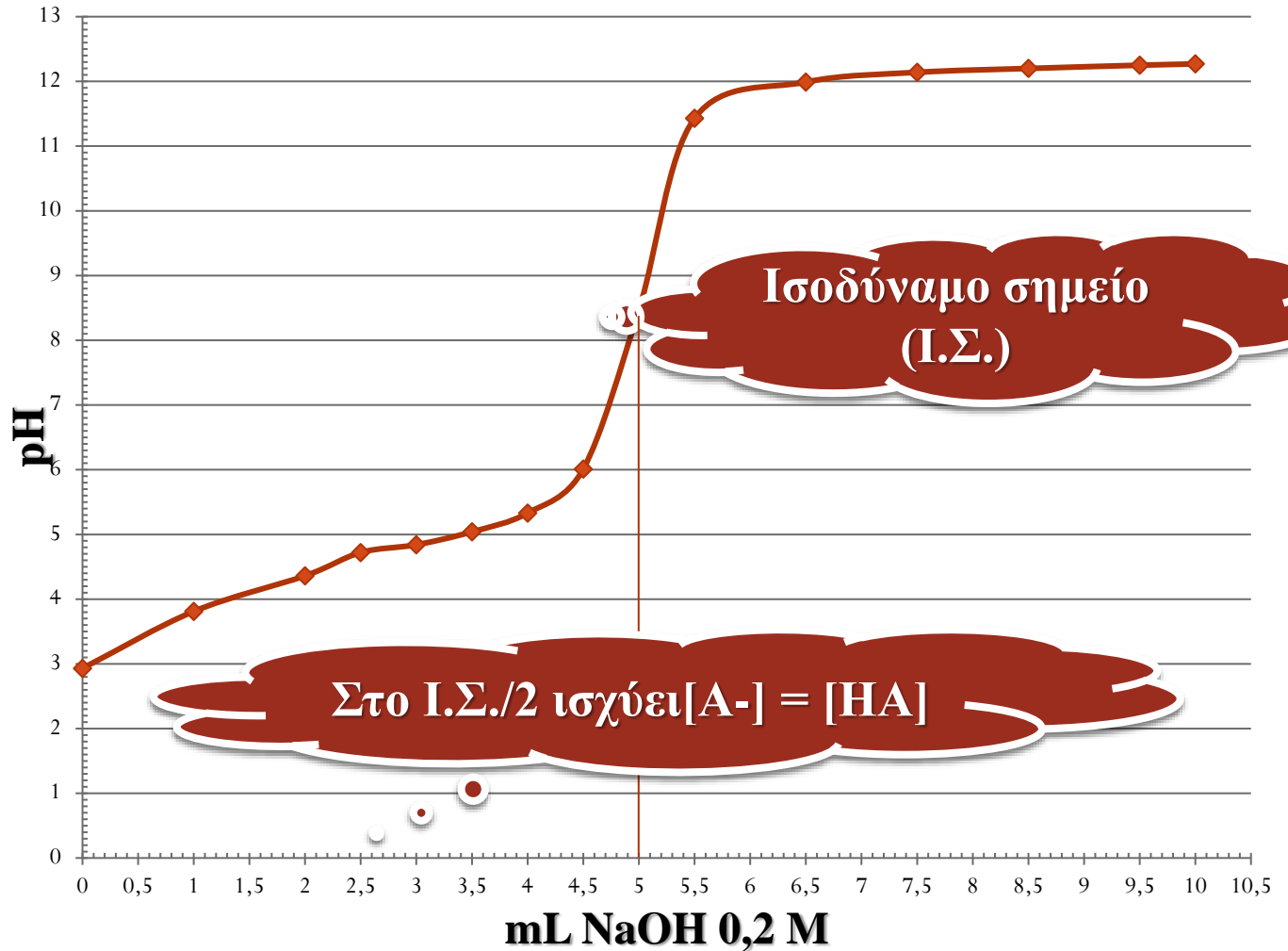


<http://cheo.pbworks.com/w/page/85564222/Acid%20Base%20Titration>

# Καμπύλη τιτλοδότησης

Τιτλοδότηση ασθενούς οξέος με NaOH

mL NaOH	pH
0	2,93
1	3,81
2	4,36
2,5	4,72
3	4,84
3,5	5,04
4	5,33
4,5	6,01
5	8,47
5,5	11,43
6,5	11,99
7,5	12,14
8,5	12,2
9,5	12,25
10	12,27

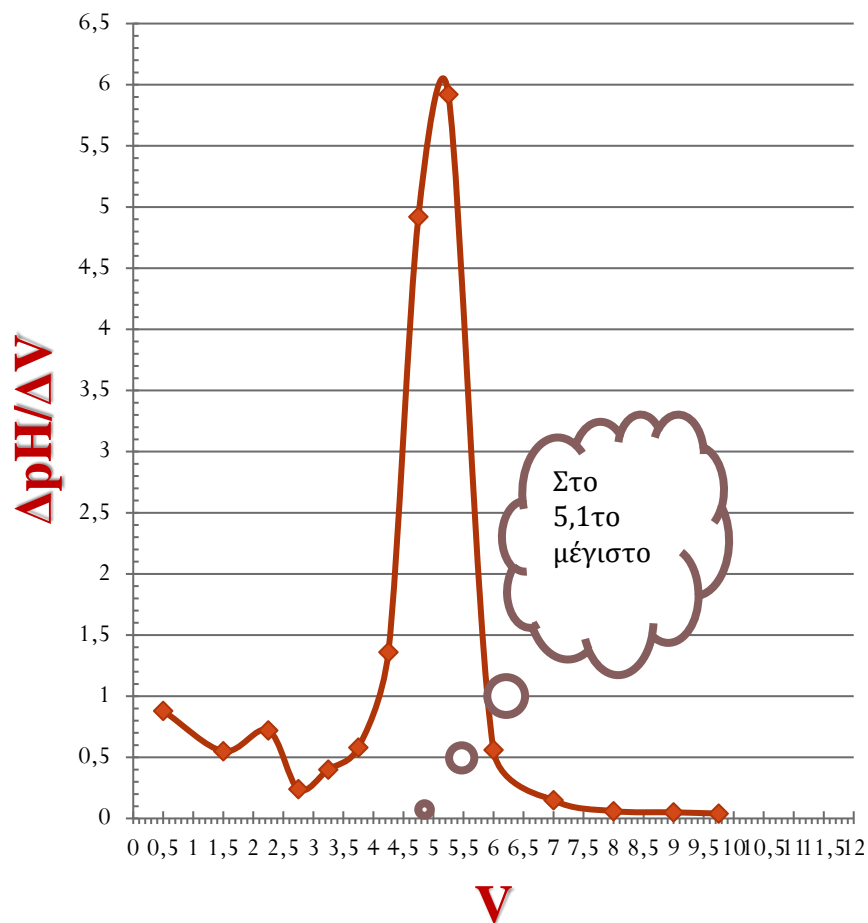




# Τρόπος κατασκευής της 1ης παραγώγου της τιτλοδότησης

mL NaOH	pH	$\Delta V$	$\Delta pH$	V	$\Delta pH/\Delta V$
0	2,93				
1	3,81	1	0,88	0,5	0,88
2	4,36	1	0,55	1,5	0,55
2,5	4,72	0,5	0,36	2,25	0,72
3	4,84	0,5	0,12	2,75	0,24
3,5	5,04	0,5	0,2	3,25	0,4
4	5,33	0,5	0,29	3,75	0,58
4,5	6,01	0,5	0,68	4,25	1,36
5	8,47	0,5	2,46	4,75	4,92
5,5	11,43	0,5	2,96	5,25	5,92
6,5	11,99	1	0,56	6	0,56
7,5	12,14	1	0,15	7	0,15
8,5	12,2	1	0,06	8	0,06
9,5	12,25	1	0,05	9	0,05
9,75	12,27	0,5	0,02	9,75	0,04

## 1η παράγωγος τιτλοδότησης



Γιατί στο Ι.Σ./2 όπου  $[A^-]=[HA]$ , ισχύει ότι  $pH = pKa$

Όπως για το pH ισχύει η σχέση  $pH = -\log[H^+]$  έτσι και το  $pKa$  ισχύει η σχέση  $pKa = -\log Ka$



$$Ka = \{[H^+][A^-]\} / [HA] \quad (2)$$

Από την άλγεβρα είναι γνωστό ότι  $\log(ab) = \log a + \log b$

Ετσι, από τη (2) προκύπτει ότι

$$-\log Ka = -\log \{([H^+][A^-]) / [HA]\}$$

$$-\log Ka = -\log \{[H^+]( [A^-] / [HA] )\}$$

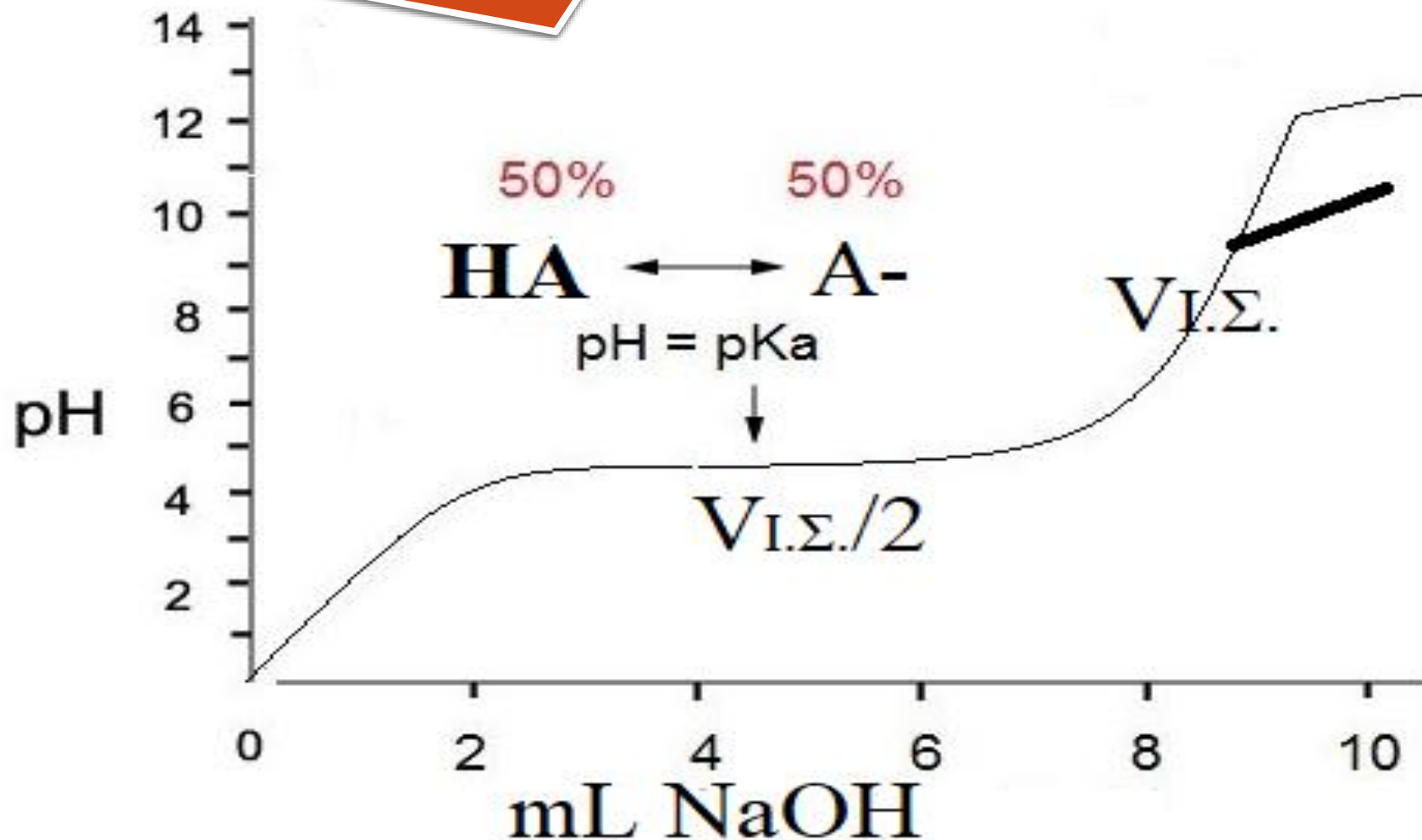
$$-\log Ka = -\log [H^+] - \log [A^-] / [HA]$$

$$pKa = pH - \log[A^-]/[HA]$$

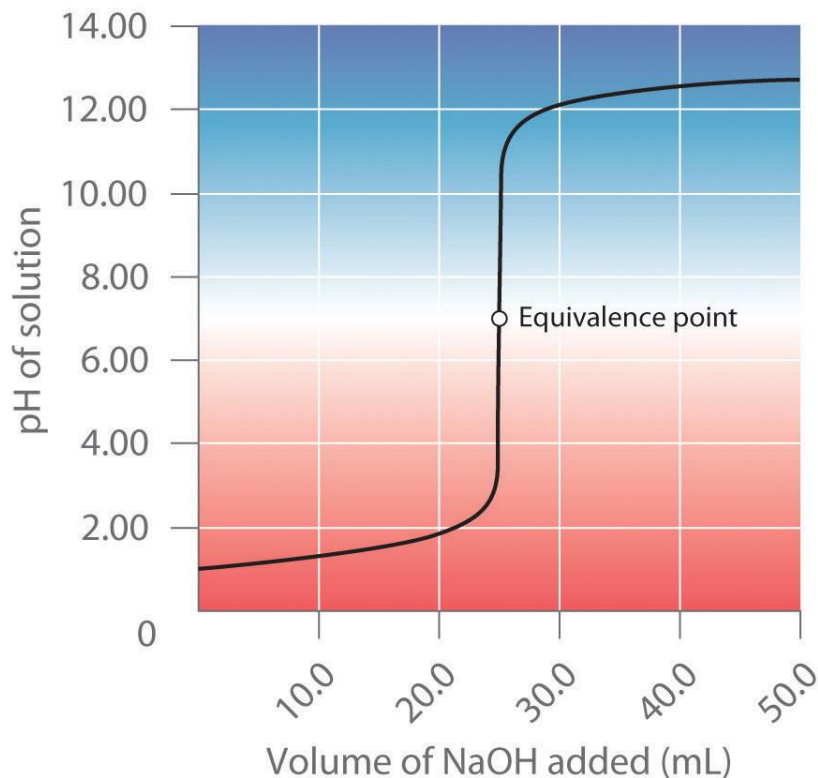
$$pH = pKa + \log[A^-]/[HA] \quad (3)$$

Εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς πως όταν  $[A^-] = [HA]$ , τότε από την εξίσωση (3) προκύπτει ότι  $pH = pKa$  (αφού  $\log 1 = 0$ )

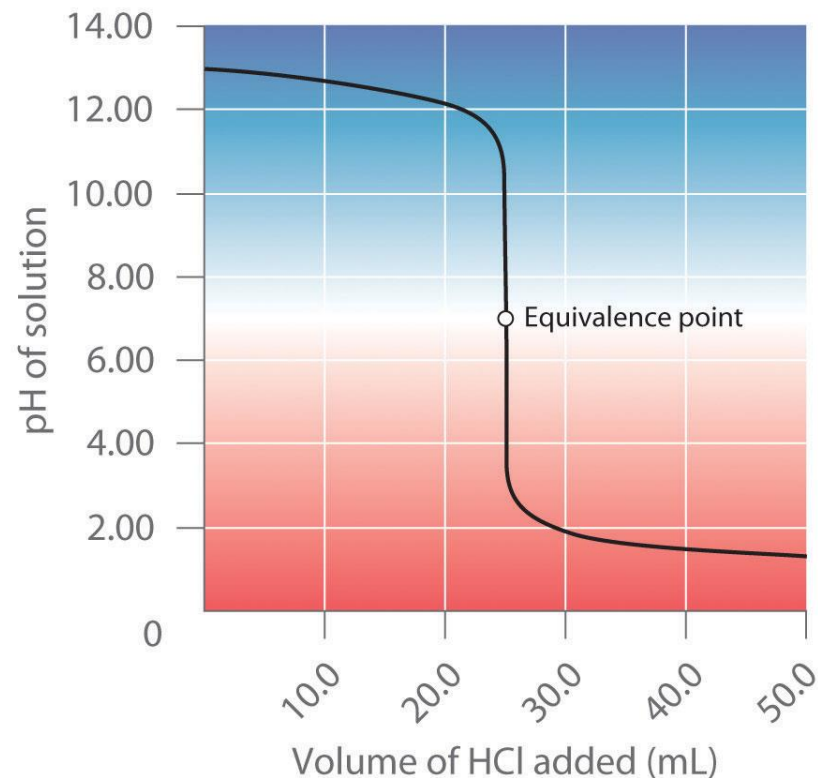
Στο  $V_{I.S.}/2$  όπου  $[A^-]=[HA]$ , ισχύει ότι  $pH = pK_a$



# Καμπύλες τιτλοδότησης μονοπρωτικού οξέος και μονόξινης βάσης



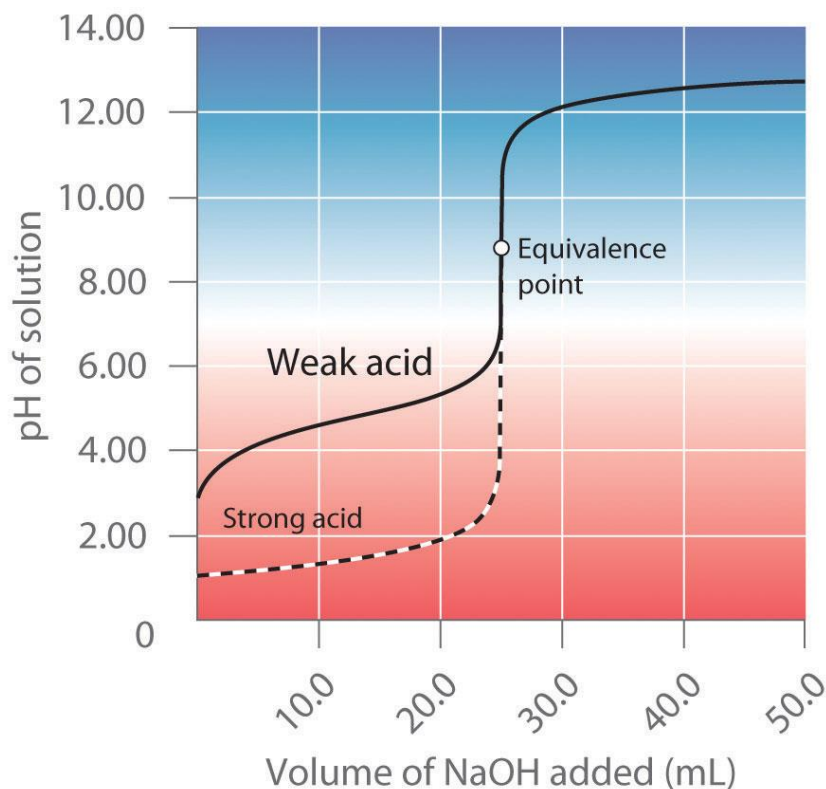
**(a) Strong acid titrated with strong base**



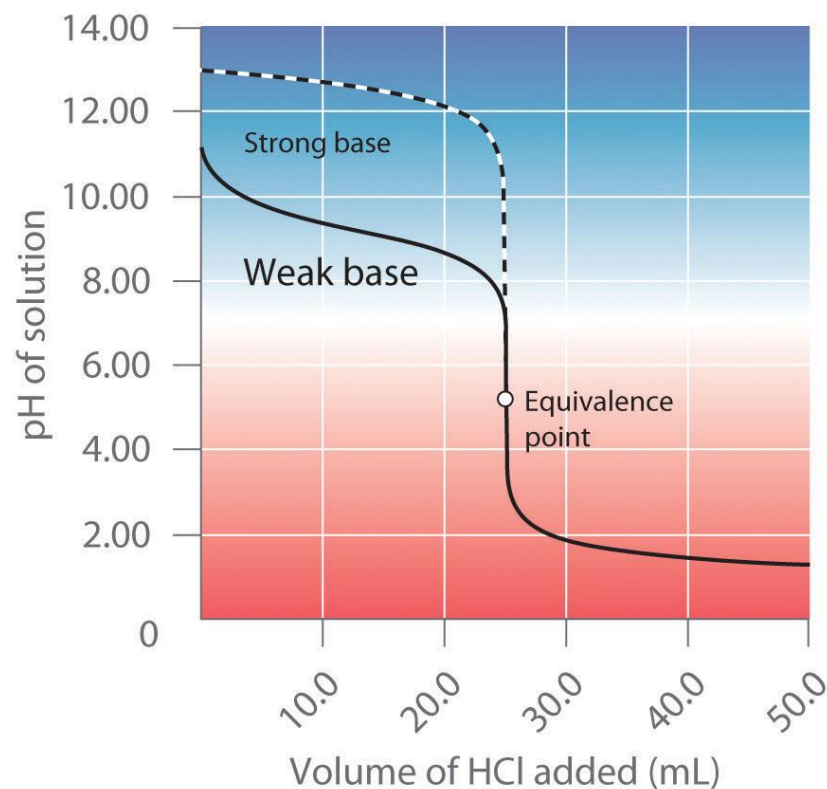
**(b) Strong base titrated with strong acid**

[https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/UCD\\_Chem\\_002BH/Chapters/Unit\\_III%3A\\_Chemical\\_Equilibria/VI%3A\\_Acid%E2%80%93Base\\_Equilibria/15.06%3A\\_Acid-Base\\_Titration\\_Curves](https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/UCD_Chem_002BH/Chapters/Unit_III%3A_Chemical_Equilibria/VI%3A_Acid%E2%80%93Base_Equilibria/15.06%3A_Acid-Base_Titration_Curves)

# Καμπύλες τιτλοδότησης μονοπρωτικού οξέος και μονόξινης βάσης



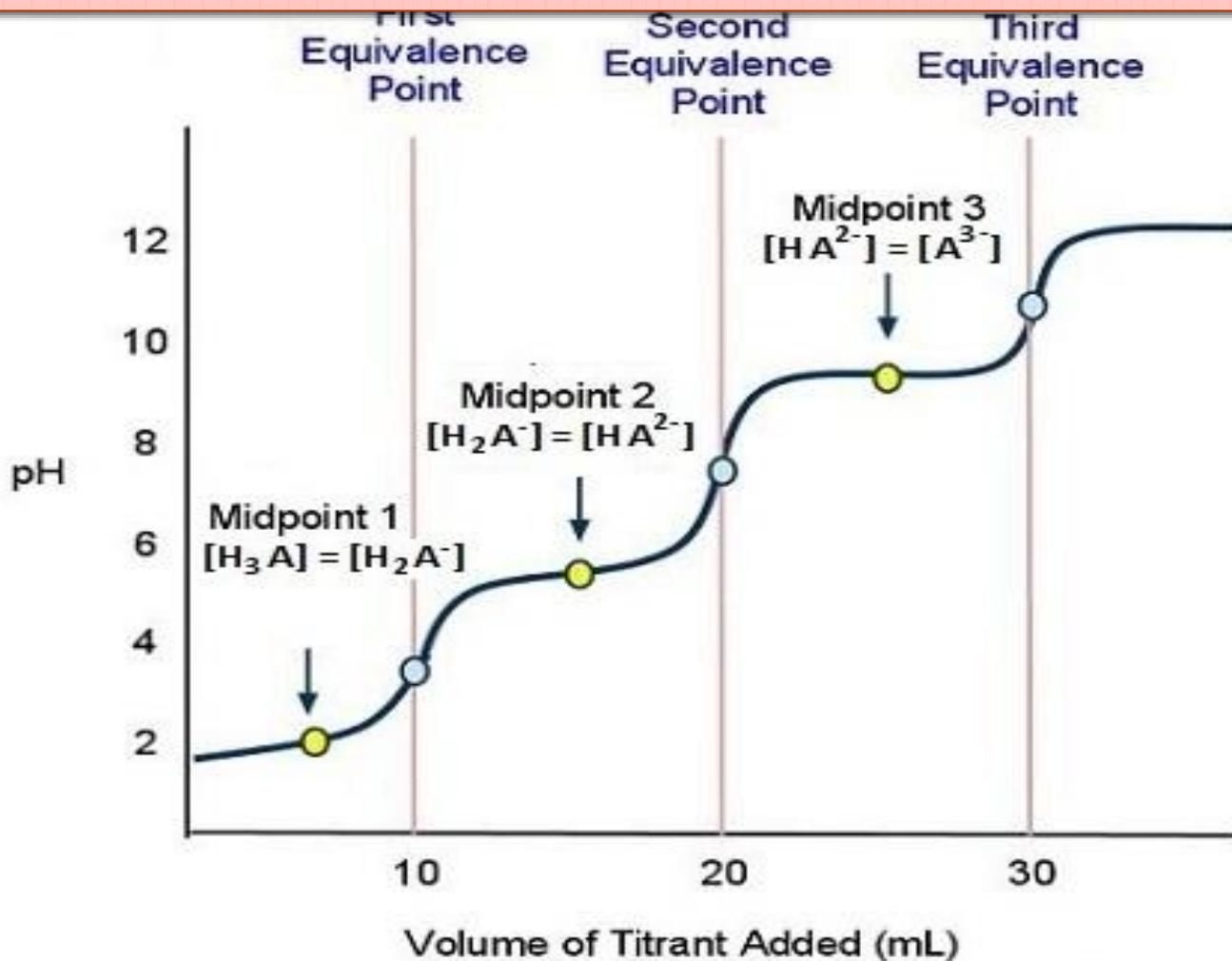
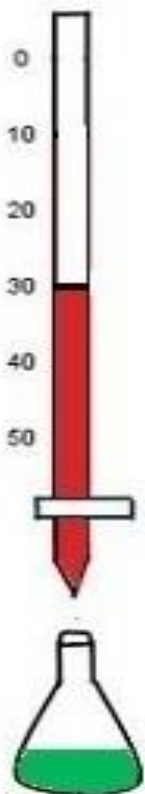
**(a) Weak acid titrated with strong base**



**(b) Weak base titrated with strong acid**

[https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/UCD\\_Chem\\_002BH/Chapters/Unit\\_III%3A\\_Chemical\\_Equilibria/VI%3A\\_Acid%E2%80%93Base\\_Equilibria/15.06%3A\\_Acid-Base\\_Titration\\_Curves](https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/UCD_Chem_002BH/Chapters/Unit_III%3A_Chemical_Equilibria/VI%3A_Acid%E2%80%93Base_Equilibria/15.06%3A_Acid-Base_Titration_Curves)

# Καμπύλη τιτλοδότησης πολυπρωτικού οξέος



# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## Σκεύη-Αντιδραστήρια

- ✓ Προχοΐδα
- ✓ Κωνική φιάλη 50 mL
- ✓ Πεχάμετρο
- ✓ Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,06 M
- ✓ Διάλυμα  $\text{NaOH}$  0,2 M

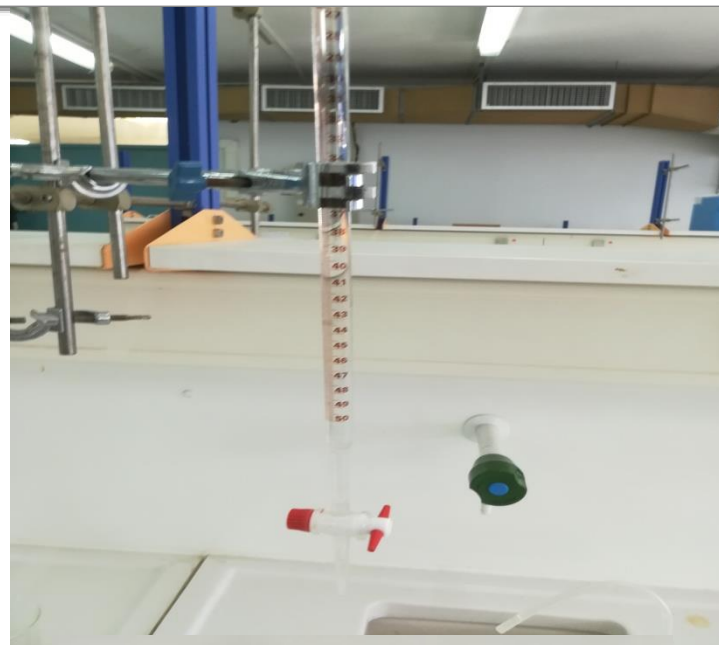
## Μέτρα Ασφαλείας

- ✓ Απαραίτητη η χρήση ποδιάς, γαντιών και προστατευτικών γυαλιών



# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

1. Γεμίζουμε μια προχοΐδα με διάλυμα  $\text{NaOH}$   $0,2 \text{ M}$ .
2. Προσθέτουμε σε κωνική φιάλη των  $100 \text{ mL}$ ,  $50 \text{ mL}$  διαλύματος  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $0,06 \text{ M}$ .
3. Μετρούμε το  $\text{pH}$  του διαλύματος με πεχάμετρο.







## Μετρήσεις - Αποτελέσματα

- 3.** Εφόσον βρούμε από την 1<sup>η</sup> παράγωγο τα mL NaOH 0,2 M που αντιστοιχούν στο Ι.Σ. της ογκομέτρησης, βρίσκουμε από την καμπύλη τιτλοδότησης τα mL NaOH 0,2 M που αντιστοιχούν στο Ι.Σ./2 και το pH που αντιστοιχεί σε αυτό, άρα και το pK<sub>a</sub> (όπως αναλυτικά περιγράφεται, για άλλες τιμές βέβαια, στο παράδειγμα στις διαφάνειες 7,8 και 9 του παρόντος).

# Βιβλιογραφία

- [https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/UCD\\_Chem\\_002BH/Chapters/Unit\\_III%3A\\_Chemical\\_Equilibria/VI%3A\\_Acid%E2%80%93Base\\_Equilibria/15.06%3A\\_Acid-Base\\_Titration\\_Curves](https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/UCD_Chem_002BH/Chapters/Unit_III%3A_Chemical_Equilibria/VI%3A_Acid%E2%80%93Base_Equilibria/15.06%3A_Acid-Base_Titration_Curves)
- [http://www.webassign.net/question\\_assets/ucscgenchem1/lab\\_5/manual.pdf](http://www.webassign.net/question_assets/ucscgenchem1/lab_5/manual.pdf)
- <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/chemical-processes/titrations-and-solubility-equilibria/a/acid-base-titration-curves>
- <file:///C:/Users/user/Desktop/10-pka.pdf>
- <http://www.umich.edu/~chem125/W09/Lec08E4W09key.pdf>
- <http://cheo.pbworks.com/w/page/85564222/Acid%20Base%20Titration>
- <https://archive.cnx.org/contents/ad4e6317-3d04-4fd1-8434-94979749828d@1/bis2a-2-2-ph-and-pka>
- <http://mmsphyschem.com/AcBsFd.htm>
- Δεληγιαννάκης Ιωάννης, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Γενικής Φυσικοχημείας», Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων