

Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών εργασιών στα Γενικά Λύκεια
Περίοδος 2006 – 2007
Χημεία Κατεύθυνσης Β Λυκείου

Ενδεικτική προσέγγιση της εργαστηριακή δραστηριότητας :

Υπολογισμός θερμότητας αντίδρασης

Από τον Πέτρο Γ. Ιακώβου Χημικό Μηχανικό (ΠΕ12.08)

Στόχος : Να εξοικειωθούν οι μαθητές με :

1. Να μετρούν τη θερμότητα μιας αντίδρασης.
2. Να αναγνωρίζουν την έννοια της περίσσειας των αντιδρώντων.
3. Να αναγνωρίζουν ότι απαιτείται ενέργεια για το σπάσιμο χημικών δεσμών, ενώ ελευθερώνεται ενέργεια κατά το σχηματισμό τους.
4. Να διατυπώνεις και να εφαρμόζεις το νόμο του

Προκαταρκτικά :

Ενημερώνουμε τα παιδιά να έχουν μαζί τους το τετράδιο εργαστηριακών ασκήσεων .
Αν χρειαστεί τους ετοιμάζουμε σε φωτοτυπία τις σελίδες , που ακολουθούν.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο:

Αριθμός θέσης:

Προκαταρκτικές ερωτήσεις

- Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις υπό μοριακή και ιοντική μορφή, των παρακάτω αντιδράσεων:
 - νιτρικό οξύ + υδροξείδιο του νατρίου
 - οξικό οξύ + υδροξείδιο του ασβεστίου
 - φωσφορικό οξύ + καυστικό κάλιο
- Η τιμή της ΔH εξουδετέρωσης του νιτρικού οξέος με υδροξείδιο του βαρίου είναι $-116,4 \text{ kJ}$ ανά mol Ba(OH)_2 στους 298 K . Να υπολογιστεί το ποσό της θερμότητας που εκλύεται αν αναμιχθούν $50 \text{ mL } 0,5\text{M HNO}_3$ με $50 \text{ mL } 0,5 \text{ M Ba(OH)}_2$.
- Η διάλυση του καυστικού νατρίου είναι εξώθερμη, ενώ η διάλυση του χλωριούχου νατρίου ενδόθερμη. Πώς ερμηνεύετε αυτό; Να γίνει διαγραμματική απεικόνιση της μεταβολής ενέργειας (ενθαλπίας) πριν και μετά τη διάλυση.
- Η θερμότητα της αντίδρασης

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{H}_2\text{O}$$
 είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί πειραματικά. Προτείνετε σειρά πειραμάτων για τον έμμεσο προσδιορισμό της.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ (mL)	1° ΑΝΤΙΔΡΩΝ (°C)	T_1 (mL)	2° ΑΝΤΙΔΡΩΝ (°C)	T_2 (°C)	ΔT
1----	H ₂ O	-----	---g NaOH(s)	---	---
2----	HCl 0,5M	-----	---g NaOH(s)	---	---
3----	HCl 0,5M	-----	---NaOH 0,5M	---	---

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**1° ΠΕΙΡΑΜΑ:**

- Θερμότητα που απορροφά το διάλυμα: cal
- Θερμότητα που απορροφά η κωνική φιάλη: cal
- Συνολική θερμότητα που απορροφάται: cal
- Ποσότητα NaOH : mol
- Θερμότητα διάλυσης: cal/mol NaOH

2° ΠΕΙΡΑΜΑ:

- Θερμότητα που απορροφά το διάλυμα:cal
- Θερμότητα που απορροφά η κωνική φιάλη:cal
- Συνολική θερμότητα που απορροφάται:cal
- Ποσότητα NaOH:mol, ποσότητα HCl:mol
- Θερμότητα εξουδετέρωσης:cal/ mol NaOH
- στ) ΔH εξουδετέρωσης, ΔH_2 :Kcal / mol NaOH

3° ΠΕΙΡΑΜΑ:

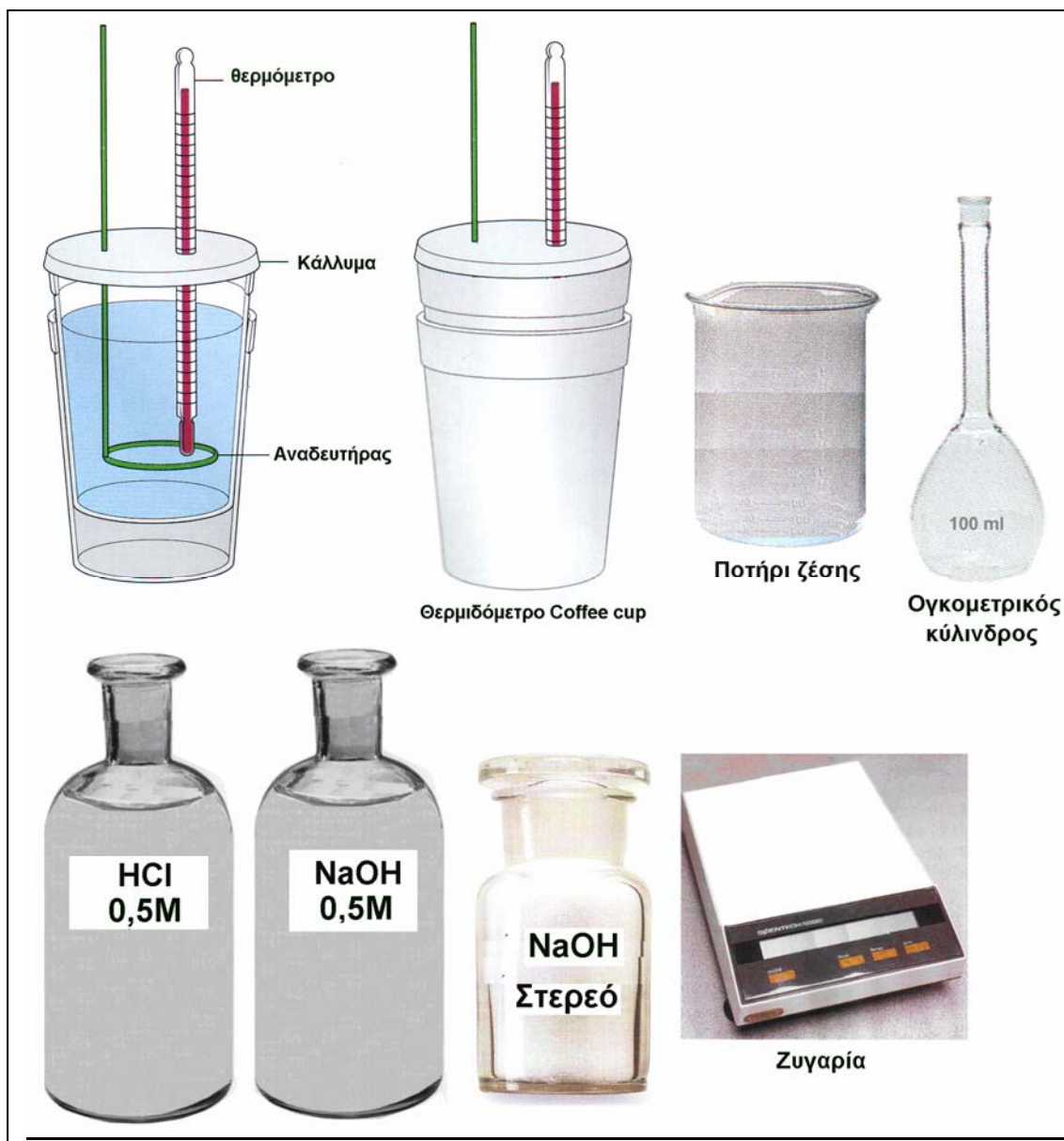
- Θερμότητα που απορροφά το διάλυμα:cal
- Θερμότητα που απορροφά η κωνική φιάλη:cal
- Συνολική θερμότητα που απορροφάται:cal
- Ποσότητα NaOH :mol, ποσότητα HCl :mol
- Θερμότητα εξουδετέρωσης:cal/ mol NaOH
- στ) ΔH εξουδετέρωσης, ΔH_3 :Kcal / mol NaOH

Ερωτήσεις

- Να συγκριθούν οι τιμές των ΔH_2 με το άθροισμα $\Delta H_1 + \Delta H_3$ και να ερμηνεύσετε τη σχέση που έχουν μεταξύ τους.
- Αν αντί για 2 g χρησιμοποιηθούν 10 g NaOH ποιες πιστεύετε θα είναι οι επιπτώσεις στον υπολογισμό του ΔH_1 και γιατί;

Στον εργαστηριακό πάγκο υπάρχουν :

- Θερμιδόμετρο τύπου coffee-cup (2 πλαστικά κύπελλα το ένα μέσα στο άλλο με καπάκι η φελλό
- Θερμόμετρο με υποδιαίρέσεις $0,1^\circ\text{C}$
- Γυάλινο ραβδί ανάδευσης
- Ζυγός με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων
- Περίπου 2g στερεού NaOH
- 100ml διαλύματος NaOH $0,5\text{M}$
- 300ml διαλύματος HCl $0,5\text{M}$
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 200ml



Προκαταρκτικό στάδιο : Απαντήσεις στις προκαταρκτικές ερωτήσεις του τετραδίου του εργαστηρίου (φύλο εργασίας)

Αφού κάνουμε μια σύντομη επανάληψη για τις εξώθερμες - ενδόθερμες αντιδράσεις, τον ορισμό της μεταβολής ενθαλπίας διάλυσης και εξουδετέρωσης, και τους νόμους της θερμοχημείας, ζητάμε από τους μαθητές, να γράψουν στο τετράδιο του εργαστηρίου σύντομες απαντήσεις στις προκαταρκτικές ερωτήσεις.

Ενδεικτικό παράδειγμα :

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

Ημερομηνία: 3-11-2006

Όνοματεπώνυμο: Μέγας Αλέξανδρος

Αριθμός θέσης: 1

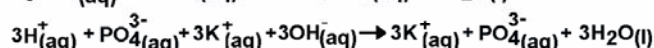
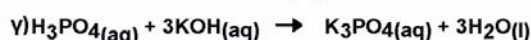
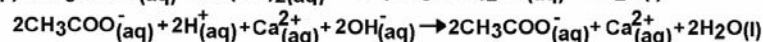
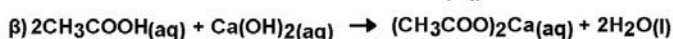
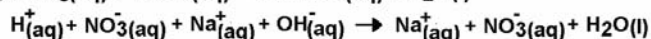
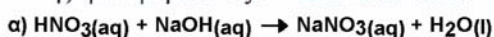
Προκαταρτικές ερωτήσεις

1. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις υπό μοριακή και ιοντική μορφή, των παρακάτω αντιδράσεων:

α) νιτρικό οξύ + υδροξείδιο του νατρίου

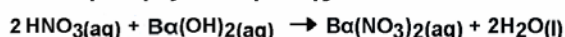
β) οξικό οξύ + υδροξείδιο του ασβεστίου

γ) φωσφορικό οξύ + καυστικό κάλιο



2. Η τιμή της ΔH εξουδετέρωσης του νιτρικού οξέος με υδροξείδιο του βαρίου είναι $-116,4 \text{ kJ}$ ανά mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ στους 298 K. Να υπολογιστεί το ποσό της θερμότητας που εκλύεται αν αναμιχθούν 50 mL 0,5M HNO_3 με 50 mL 0,5 M $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Η αντίδραση εξουδετέρωσης είναι :



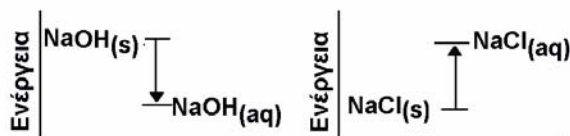
Το HNO_3 είναι σε στοιχειομετρικό έλλειμμα

Στα 50ml υπάρχουν 0,025mol HNO_3 και αντιδρούν με 0,0125mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$

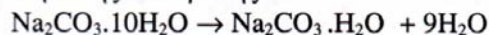
Κατα την αντίδραση 1mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$	εκλύεται θερμότητα	116,4kJ
" " " 0,0125mol "	" " "	Q = ;

$Q = 1,45\text{kJ}$

3. Η διάλυση του καυστικού νατρίου είναι εξώθερμη, ενώ η διάλυση του χλωριούχου νατρίου ενδόθερμη. Πώς ερμηνεύετε αυτό; Να γίνει διαγραμματική απεικόνιση της μεταβολής ενέργειας (ενθαλπίας) πριν και μετά τη διάλυση. Τα ανιόντα Cl^- είναι ογκοδέστερα των OH^- και διαλυτόνεται λιγότερο



4. Η θερμότητα της αντίδρασης



είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί πειραματικά. Προτείνετε σειρά πειραμάτων για τον έμμεσο προσδιορισμό της.

Θα μετρούσαμε την θερμότητα αφυδάτωσης του $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ και την θερμότητα σχηματισμού του $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Στην συνέχεια θα εφαρμόζαμε τους νόμους της θερμοχημείας

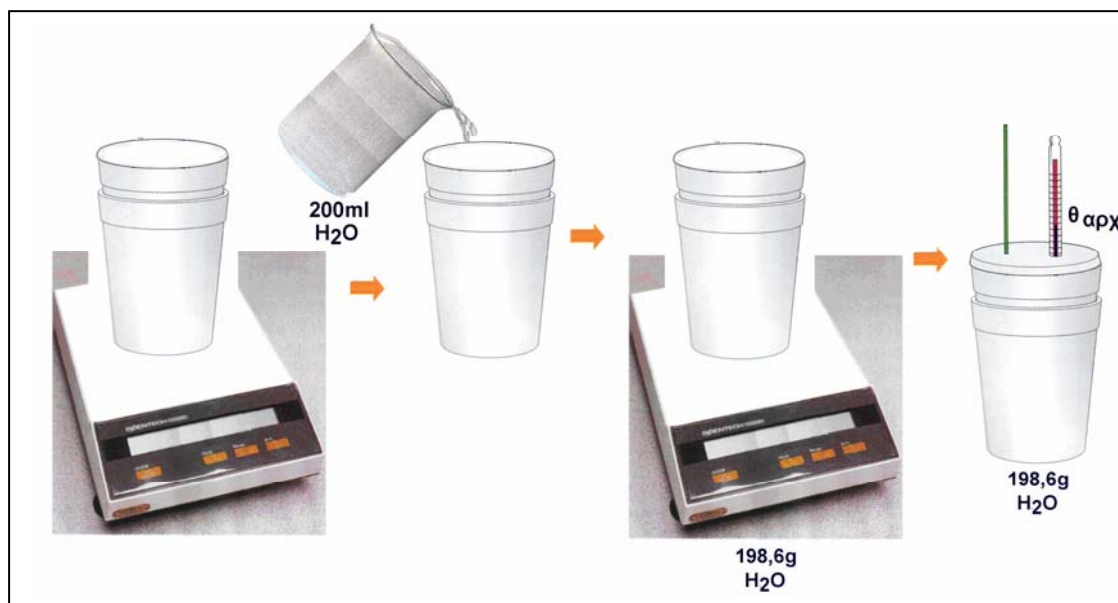
Οι πειραματικές διαδικασίες που θα εκτελεστούν θα γίνουν σε τρία (3) στάδια :

1^ο στάδιο πειραματικής εργασίας : Υπολογισμός θερμότητας διάλυσης του $\text{NaOH}_{(s)}$

Στο στάδιο αυτό εκτελούνται τα εξής βήματα :

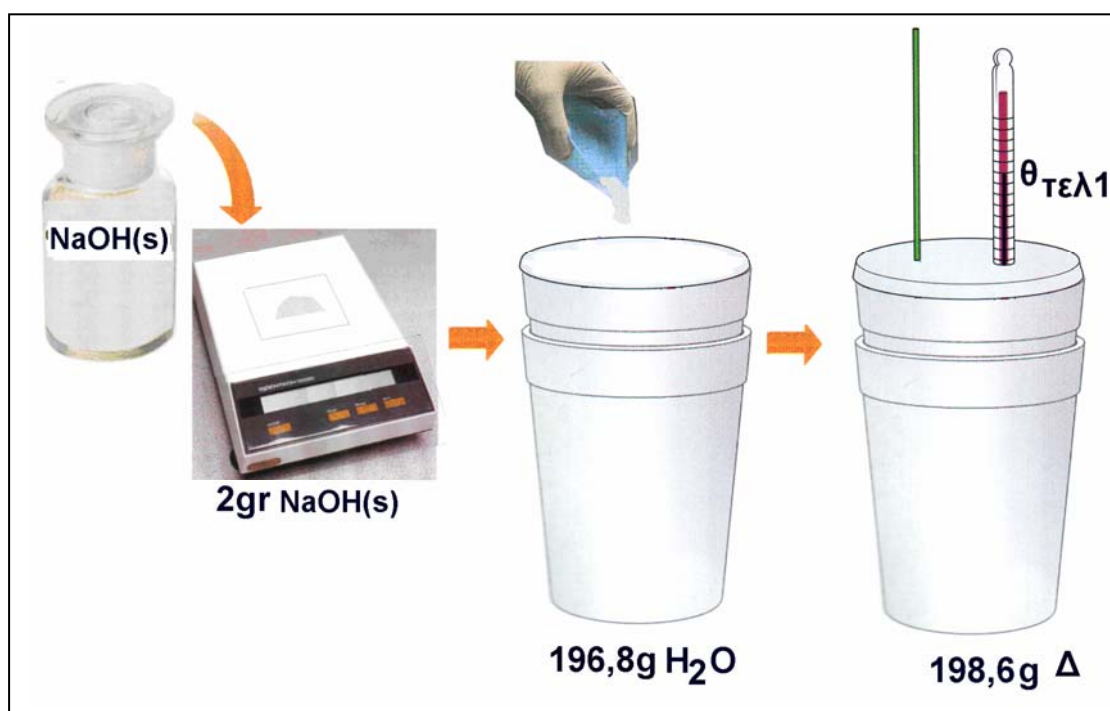
1^ο βήμα :

Ζυγίζουμε το θερμιδόμετρο (τα δύο κύπελλα του καφέ). Προσθέτουμε 200ml νερού δικτύου ύδρευσης ζυγίζουμε και βρίσκουμε την μάζα θερμιδόμετρου + νερού, αφαιρούμε την μάζα του θερμιδόμετρου και βρίσκουμε την μάζα του νερού . (Στο πείραμα μας βρίσκεται 196,8g). Ανακατεύουμε καλά με το θερμόμετρο , μέχρι να φθάσει την θερμοκρασία του εργαστηρίου. Καταγράφουμε αυτήν την θερμοκρασία ($\theta_{\text{αρχ1}}$) .



2^ο βήμα :

Ζυγίζουμε 2g στερεού NaOH και τα διαλύουμε στο νερό που υπάρχει μέσα στο θερμιδόμετρο αναδεύοντας . Μετράμε την θερμοκρασία του διαλύματος , μετά την διάλυση . Καταγράφουμε αυτήν την θερμοκρασία ($\theta_{\text{τελ1}}$) .



3^ο βήμα :

Υπολογίζουμε την θερμότητα που εκλύθηκε κατά την διάλυση των 2g στερεού NaOH από την θεμελιώδη σχέση της θερμοδομετρίας, θεωρώντας την θερμοχωρητικότητα των πλαστικών ποτηριών αμελητέα και την θερμοχωρητικότητα του διαλύματος ίση με την θερμοχωρητικότητα του νερού. Η μάζα του διαλύματος είναι $m_{\Delta 1} = m_{H_2O} + m_{NaOH} = 198,8g$.

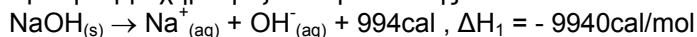
$$Q_1 = m_{\Delta 1} C_{H_2O} (\theta_{\text{τελ1}} - \theta_{\text{αρχ1}}) = (198,8)(1)(27,5 - 25,00) \text{cal} = 497 \text{cal}$$

Με απλή μέθοδο των τριών, εφόσον γνωρίζουμε ότι η σχετική μοριακή μάζα του NaOH είναι $M_{rNaOH} = 40$ και άρα τα moles του NaOH είναι 0,05mol, βρίσκουμε την θερμότητα διάλυσης τους στερεού NaOH στο νερό, στις συνθήκες του πειράματος (πίεση 1atm, θερμοκρασία εργαστηρίου 25°C).

Κατά την διάλυση στο νερό 0,05mol στερεού NaOH εκλυονται 497 cal
 " " " " " 1 " " " " $|\Delta H_1| = ;$ →

$$|\Delta H_1| = \frac{497}{0,05} \text{cal} \rightarrow \Delta H_1 = -9940 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

Άρα η θερμοχημική εξίσωση διάλυσης του NaOH είναι :



Συμπληρώνουμε τον πίνακα του πειράματος 1.

Ενδεικτικό παράδειγμα :**1^ο ΠΕΙΡΑΜΑ:**

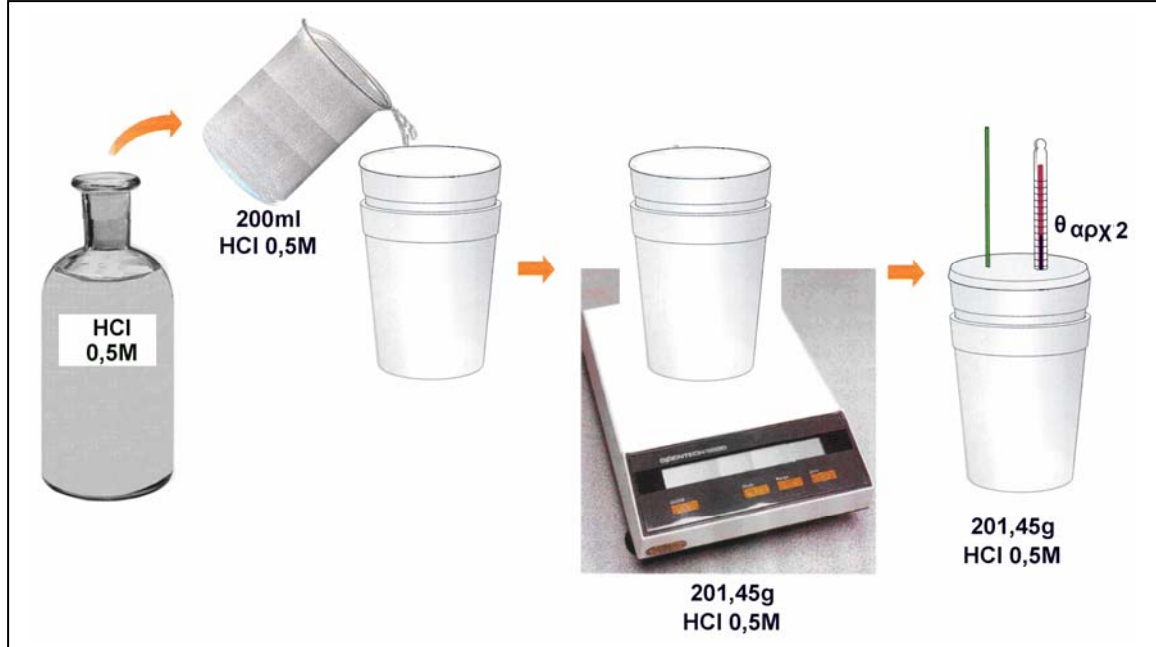
- | | | |
|---|------|--------------|
| α) Θερμότητα που απορροφά το διάλυμα: ... | 497 | cal |
| β) Θερμότητα που απορροφά το θερμοδόμετρο ... | 0 | cal |
| γ) Συνολική θερμότητα που απορροφάται: ... | 497 | cal |
| δ) Ποσότητα NaOH : ... | 0,05 | mol |
| ε) Θερμότητα διάλυσης: ... | 9940 | cal/mol NaOH |

Πλένουμε το μέσα ποτήρι, που βρισκόταν το διάλυμα, καλά και προχωράμε στο επόμενο στάδιο.

2^ο στάδιο πειραματικής εργασίας : Υπολογισμός θερμότητας εξουδετέρωσης $\text{HCl}_{(aq)}$ από $\text{NaOH}_{(s)}$

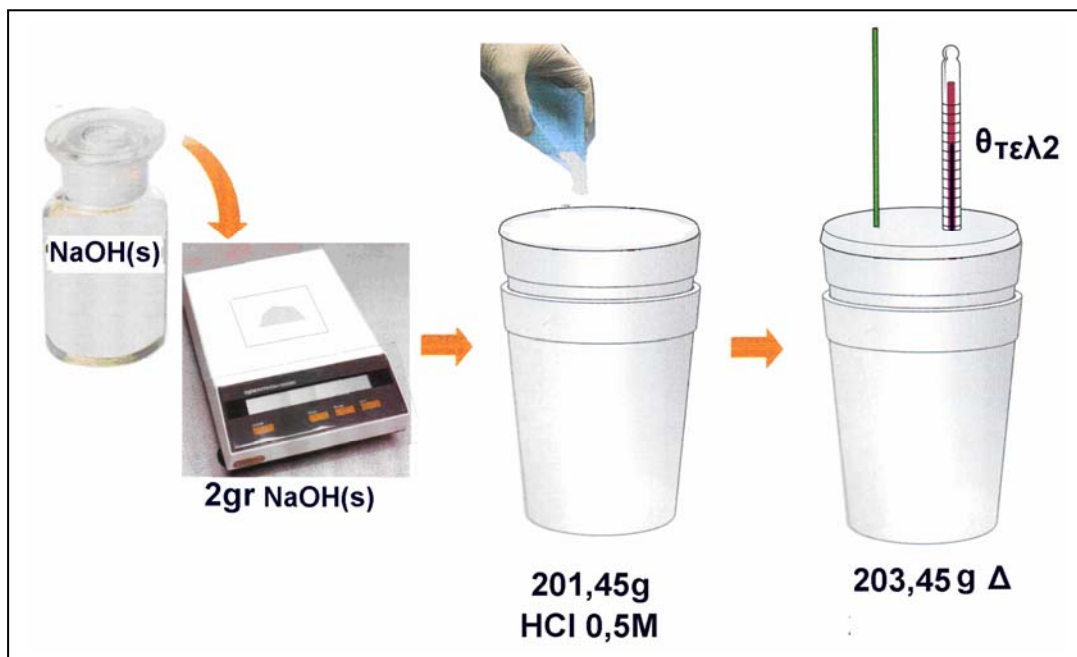
1^ο βήμα :

Βάζουμε στο θερμοδόμετρο υδατικό διάλυμα όγκου 200ml HCl 0,5M, ανακατεύουμε μέχρι η θερμοκρασία να φθάσει την θερμοκρασία του εργαστηρίου και σταθεροποιηθεί ($\theta_{\text{αρχ2}}$) και ζυγίζουμε το διάλυμα. Στο πείραμα μας η καθαρή μάζα του διαλύματος (αφού αφαιρεθεί η μάζα του θερμοδόμετρου), βρίσκεται ίση με $m_{\Delta \text{HCl}} = 201,45g$



2° βήμα :

Ζυγίζουμε πάλι 2g στερεού NaOH και τα διαλύουμε στο διάλυμα του HCl που υπάρχει μέσα στο θερμιδόμετρο αναδεύοντας . Μετράμε την θερμοκρασία του διαλύματος , μετά την αντίδραση εξουδετέρωσης ($\theta_{\text{TE}\Delta 2}$). Καταγράφουμε αυτήν την θερμοκρασία .



3° βήμα :

Υπολογίζουμε την θερμότητα που εκλύθηκε κατά την εξουδετέρωση του HCl από τα 2gr στερεού NaOH από την θεμελιώδη σχέση της θερμιδομετρίας , θεωρώντας την θερμοχωρητικότητα των πλαστικών ποτηριών αμελητέα και την θερμοχωρητικότητα του διαλύματος ίση με την θερμοχωρητικότητα του νερού .
 Η μάζα του διαλύματος είναι $m_{\Delta 2} = m_{\text{HCl}} + m_{\text{NaOH}} = 203,45\text{g}$.

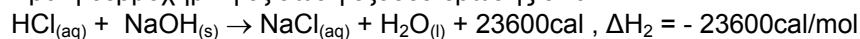
$$Q_1 = m_{\Delta 2} C_{\text{H}_2\text{O}} (\theta_{\text{TE}\Delta 2} - \theta_{\text{αρχ}2}) = (203,45)(1)(30,8 - 25,00)\text{cal} = 1180\text{cal}$$

Με απλή μέθοδο των τριών , εφόσον γνωρίζουμε ότι τα moles του NaOH που αντιδρούν με ίσα moles HCl , (το οποίο είναι σε περίσσεια) είναι 0,05mol, βρίσκουμε την θερμότητα εξουδετέρωσης , στις συνθήκες του πειράματος [πίεση 1atm , θερμοκρασία εργαστηρίου ($\theta_{\text{αρχ}}$ =) 25°C].

Κατα την εξουδετέρωση 0,05mol HCl εκλυονται 1180cal
 " " " " " 1 " " " " $|\Delta H_2| =$ →

$$|\Delta H_2| = \frac{1180}{0,05} \text{ cal} \rightarrow \Delta H_2 = - 23600 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

Άρα η θερμοχημική εξίσωση εξουδετέρωσης είναι :



Συμπληρώνουμε τον πίνακα του πειράματος 2.

2^ο ΠΕΙΡΑΜΑ:

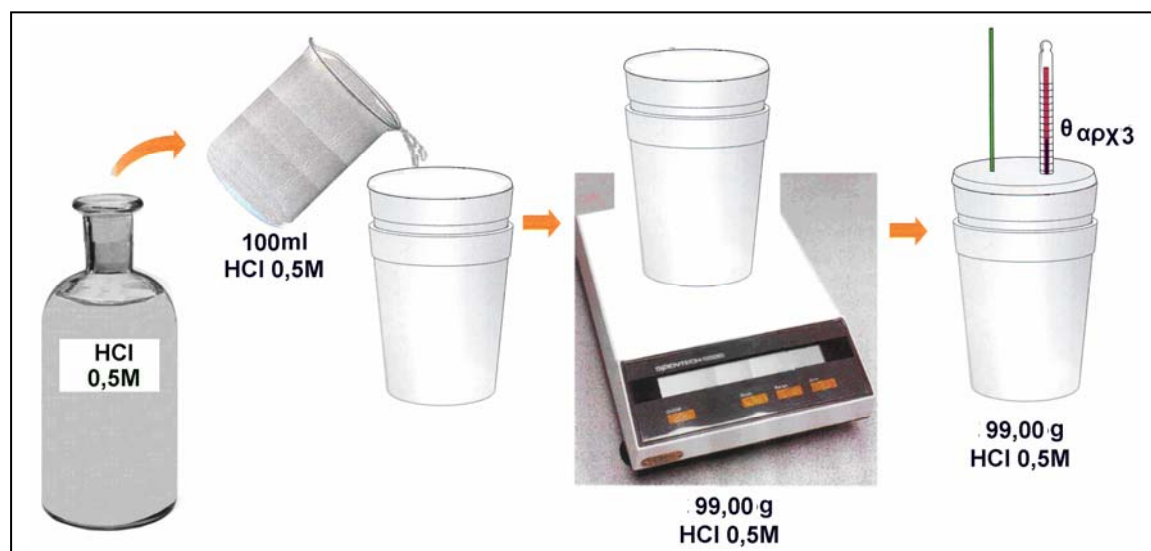
α) Θερμότητα που απορροφά το διάλυμα: <u>1180</u> cal
β) Θερμότητα που απορροφά το θερμιδόμετρο: <u>0</u> cal
γ) Συνολική θερμότητα που απορροφάται: <u>1180</u> cal
δ) Ποσότητα NaOH: <u>0,05</u> mol, ποσότητα HCl: <u>0,10</u> mol
ε) Θερμότητα εξουδετέρωσης: <u>23600</u> cal/ mol NaOH
στ) ΔH εξουδετέρωσης, ΔH_2 : <u>-23,600</u> Kcal /mol NaOH

Ξεπλύνουμε καλά το θερμιδόμετρο.

3^ο στάδιο πειραματικής εργασίας : Υπολογισμός θερμότητας εξουδετέρωσης $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ από $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$

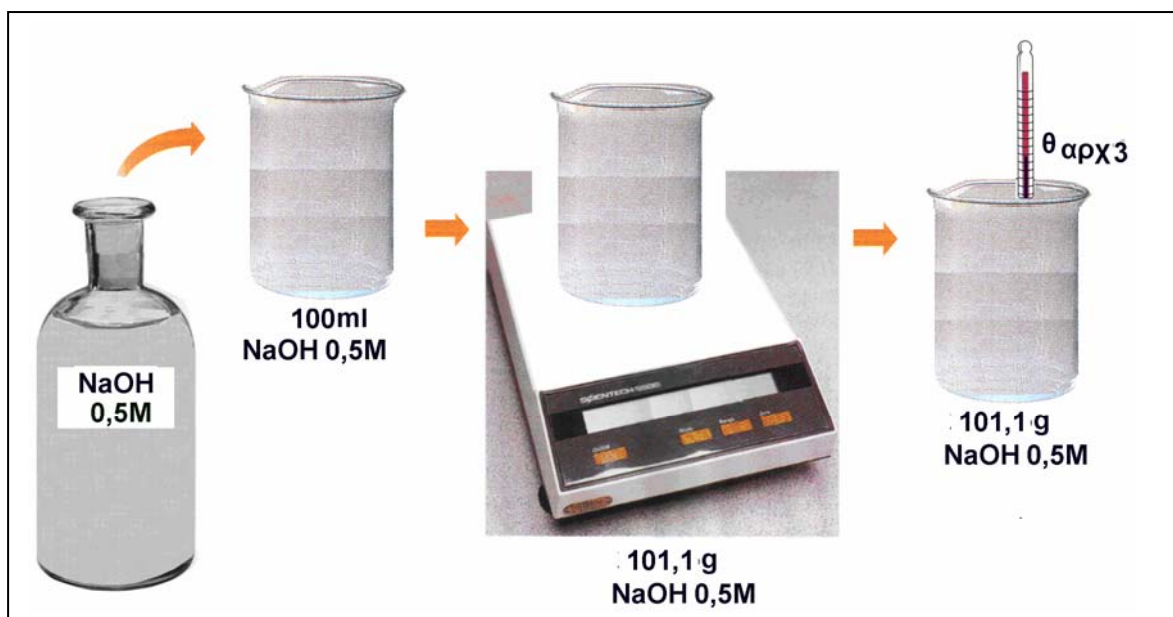
1^ο βήμα :

Εισάγουμε στο θερμιδόμετρο 100ml υδατικού διαλύματος HCl 0,5M , αφήνουμε αυτό να αποκτήσει τη θερμοκρασία του εργαστηρίου ($\theta_{\text{αρχ3}}$). Καταγράφουμε την θερμοκρασία. Ζυγίζουμε το διάλυμα .Στο πείραμα μας η καθαρή μάζα του διαλύματος βρέθηκε $m_{\text{HCl}} = 99,00\text{gr}$.



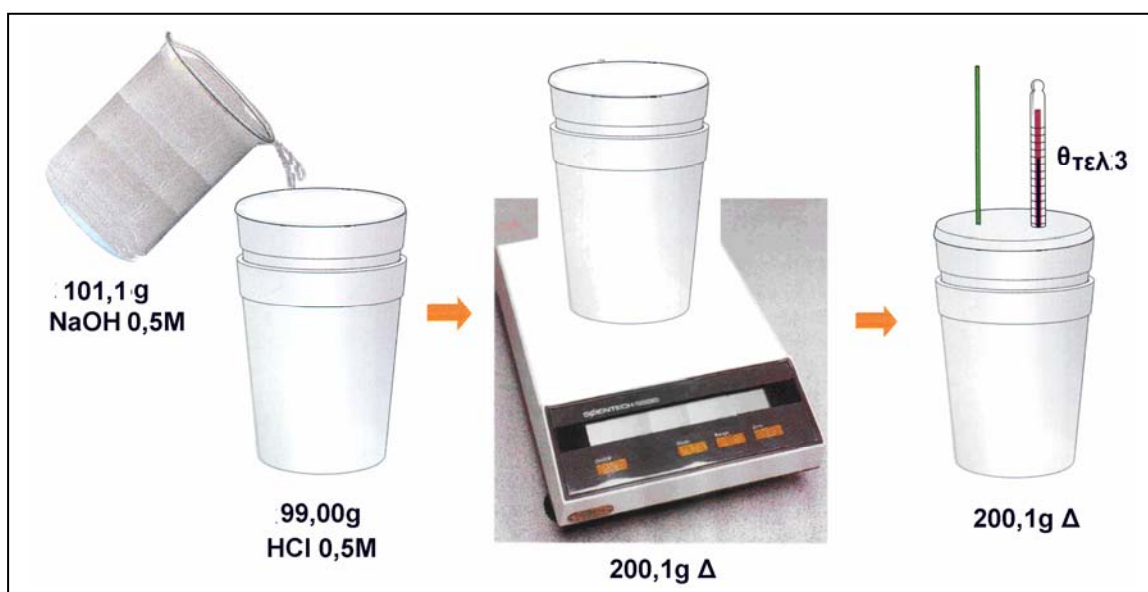
2^ο βήμα :

Σε ένα άλλο ποτήρι ζέσης έχουμε 100ml υδατικού διαλύματος NaOH 0,5M , στην θερμοκρασία του εργαστηρίου , που πρέπει να είναι κοινή στα δύο διαλύματα ($\theta_{\text{αρχ3}}$). Ζυγίζουμε το διάλυμα .Στο πείραμα μας η καθαρή μάζα (αφού αφαιρεθεί η μάζα του ποτηριού ζέσης) , βρέθηκε $m_{\text{NaOH}} = 101,1\text{g}$



3^ο βήμα :

Εισάγουμε και το διάλυμα του NaOH στο θερμιδόμετρο και ανακατεύουμε καλά μέχρι να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία ($\theta_{\text{τελ3}}$)



Υπολογίζουμε την θερμότητα που εκλύθηκε κατά την εξουδετέρωση από την θεμελιώδη σχέση της θερμιδομετρίας, θεωρώντας την θερμοχωρητικότητα των πλαστικών ποτηριών αμελητέα και την θερμοχωρητικότητα του τελικού διαλύματος ίση με την θερμοχωρητικότητα του νερού. Η μάζα του διαλύματος είναι $m_{\Delta 3} = m_{\text{HCl}} + m_{\text{NaOH}} = 200,1\text{g}$.

$$Q_3 = m_{\Delta 3} C_{\text{H}_2\text{O}} (\theta_{\text{τελ3}} - \theta_{\text{αρχ3}}) = (200,1)(1)(28,4 - 25,00)\text{cal} = 683\text{cal}$$

Με απλή μέθοδο των τριών, εφόσον γνωρίζουμε ότι τα moles του NaOH που αντιδρούν με ίσα moles HCl είναι 0,05mol, βρίσκουμε την θερμότητα εξουδετέρωσης, στις συνθήκες του πειράματος (πίεση 1atm, θερμοκρασία εργαστηρίου 25°C).

