

ΕΚΦΕ Δ' Δ/ΝΣΗΣ ΔΕΥΤ/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

*Εργαστηριακή άσκηση στη  
ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ*

*Ενθαλπία Εξουδετέρωσης*

(ΧΗΜΕΙΑ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ – ΘΕΤΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ)

**Συνεργάτες Χημικοί:**

**Ερρίκος Γιακουμάκης  
Γιώργος Καπελώνης  
Μάμπης Καρακώστας**



**Δεκέμβριος 2004**

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ

### Εισαγωγή

1. Για να προσδιορίσουμε τη θερμοχωρητικότητα  $C$  του θερμιδομέτρου χρησιμοποιούμε δύο όμοια θερμιδόμετρα. Στο πρώτο βάζουμε γνωστή ποσότητα ζεστού νερού και στο δεύτερο γνωστή επίσης ποσότητα κρύου νερού και μετράμε τη θερμοκρασία καθενός. Στη συνέχεια το ζεστό νερό μεταφέρεται στο θερμιδόμετρο με το κρύο νερό και μετράμε τη θερμοκρασία του μείγματος. Η θερμότητα που αποβάλλεται από το ζεστό νερό απορροφάται από το κρύο νερό και εν μέρει από το θερμιδόμετρο. Άρα ισχύει:

$$m_{\text{ζεστό}} \cdot c \cdot (T_{\text{ζεστό}} - T_{\text{τελική}}) = (m_{\text{κρύου}} \cdot c + C) \cdot (T_{\text{τελική}} - T_{\text{κρύου}})$$

2. Για να προσδιορίσουμε την ενθαλπία εξουδετέρωσης βάζουμε σε ένα θερμιδόμετρο ορισμένη ποσότητα διαλύματος οξέος γνωστής συγκέντρωσης και σε άλλο θερμιδόμετρο διάλυμα που περιέχει ισοδύναμη ποσότητα βάσης. Μετράμε τη θερμοκρασία καθενός από τα διαλύματα. Στη συνέχεια μεταφέρουμε το διάλυμα του οξέος στο διάλυμα της βάσης και μετράμε τη θερμοκρασία του μείγματος και υπολογίζουμε τη μεταβολή θερμοκρασίας  $\Delta T$ . Η θερμότητα που ελευθερώνεται κατά την εξουδετέρωση υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q = (m_{\text{ολ}} \cdot c + C) \Delta T$$

όπου  $m_{\text{ολ}}$  η μάζα του τελικού διαλύματος και  $c$  η ειδική θερμοχωρητικότητά του.

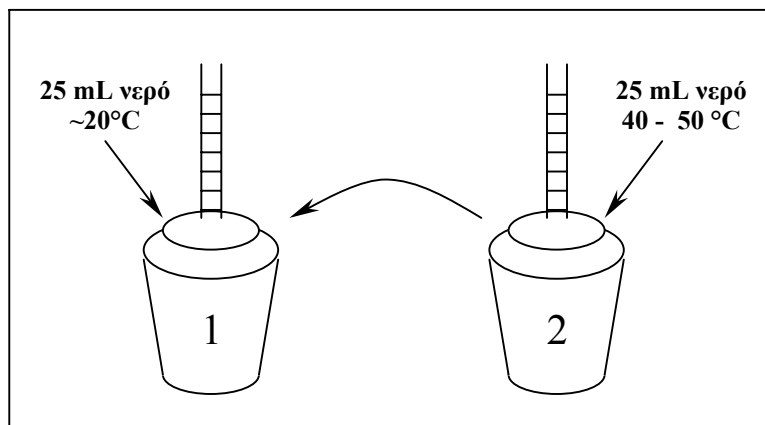
### Συσκευές και υλικό:

2 θερμιδόμετρα από πολυστυρένιο (No 1 και No 2)  
2 θερμιδόμετρα (No 1 και No 2)  
1 ποτήρι ζέσεως 250 mL  
λύχνος, τρίποδο πλέγμα

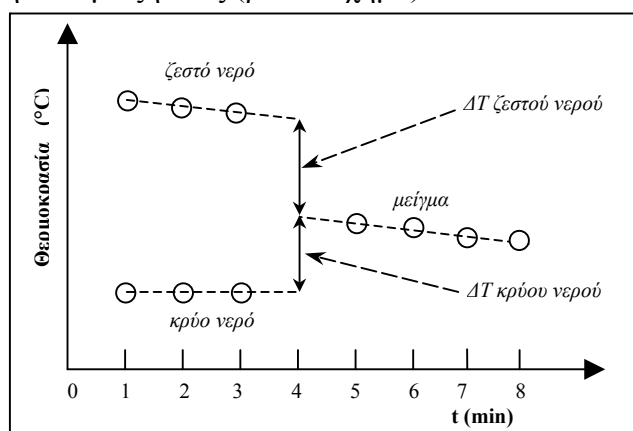
διαλύματα  
HCl 1M  
NaOH 1M  
CH<sub>3</sub>COOH 1M  
Νερό ( $\rho = 1 \text{ g/mL}$ )

### Διαδικασία:

#### Πείραμα Α. Προσδιορισμός της θερμοχωρητικότητας του θερμιδομέτρου 1



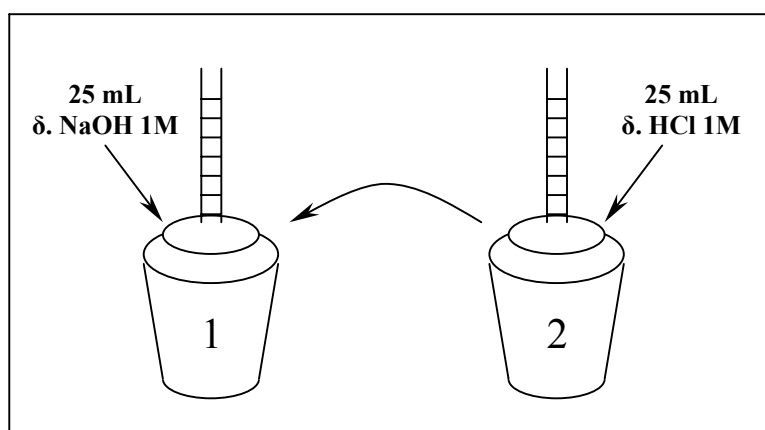
1. Βάζουμε 25 mL νερού που έχει θερμοκρασία δωματίου στο θερμιδόμετρο 1 και το πωματίζουμε.
2. Βάζουμε 25 mL νερού που το έχουμε θερμάνει σε θερμοκρασία 20-30 °C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία δωματίου στο θερμιδόμετρο 2 και το πωματίζουμε (χρονική στιγμή 0 min).
3. Σημειώνουμε την ένδειξη κάθε θερμομέτρου ανά min και για συνολικά 3 min (1min, 2 min, 3min).
4. Κατά τη χρονική στιγμή 4 min μεταφέρουμε το νερό του θερμιδομέτρου 2 στο θερμιδόμετρο 1 και πωματίζουμε αμέσως. Κατά τη χρονική στιγμή 4 min δεν παίρνουμε μέτρηση της θερμοκρασίας.
5. Σημειώνουμε την ένδειξη του θερμομέτρου 1 ανά min και για 4 ακόμη min.
6. Υπολογίσουμε γραφικά τις μεταβολές θερμοκρασίας του κρύου και του ζεστού νερού κατά την ανάμειξή τους (βλέπε σχήμα).



7. Υπολογίζουμε τη θερμοχωρητικότητα C του θερμιδομέτρου.

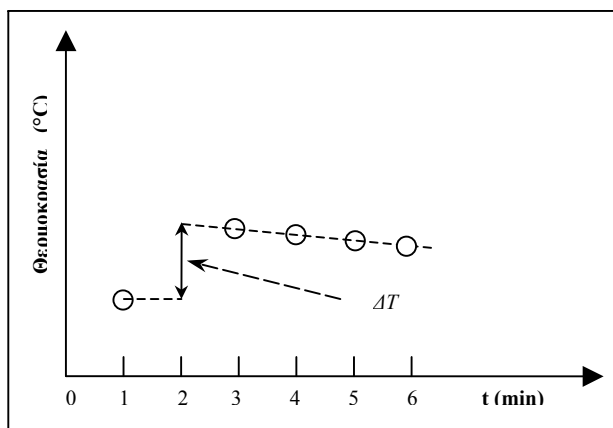
Δίνεται η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού  $c = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$ .

### Πείραμα Β. Ενθαλπία εξουδετέρωσης του HCl από το NaOH.



1. Βάζουμε 25 mL διαλύματος NaOH 1M στο θερμιδόμετρο 1 και το πωματίζουμε.
2. Βάζουμε 25 mL διαλύματος HCl 1M στο θερμιδόμετρο 2 και το πωματίζουμε (χρονική στιγμή 0 min).

- Κατά τη χρονική στιγμή 1 min σημειώνουμε την ένδειξη κάθε θερμομέτρου. Αν οι ενδείξεις δεν είναι ίδιες, ως αρχική θερμοκρασία λαμβάνεται ο μέσος όρος των ενδείξεων των δύο θερμομέτρων.
- Κατά τη χρονική στιγμή 2 min μεταφέρουμε το υγρό του θερμιδομέτρου 2 στο θερμιδόμετρο 1 και πωματίζουμε αμέσως. Κατά τη χρονική στιγμή 2 min δεν παίρνουμε μέτρηση της θερμοκρασίας.
- Σημειώνουμε την ένδειξη του θερμομέτρου 1 ανά min και για 4 ακόμη min.
- Υπολογίζουμε γραφικά τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την αντίδραση εξουδετέρωσης.



- Υπολογίζουμε την ενθαλπία της αντίδρασης εξουδετέρωσης του NaOH από το HCl.

Η πυκνότητα του τελικού διαλύματος θεωρείται ίση με 1 g/mL και η ειδική θερμοχωρητικότητα του  $c = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{grad}^{-1}$ .

#### Πείραμα Γ. Ενθαλπία εξουδετέρωσης του $\text{CH}_3\text{COOH}$ από το NaOH.

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία του πειράματος Β χρησιμοποιώντας διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1M αντί του διαλύματος HCl 1M.

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ  
ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ**

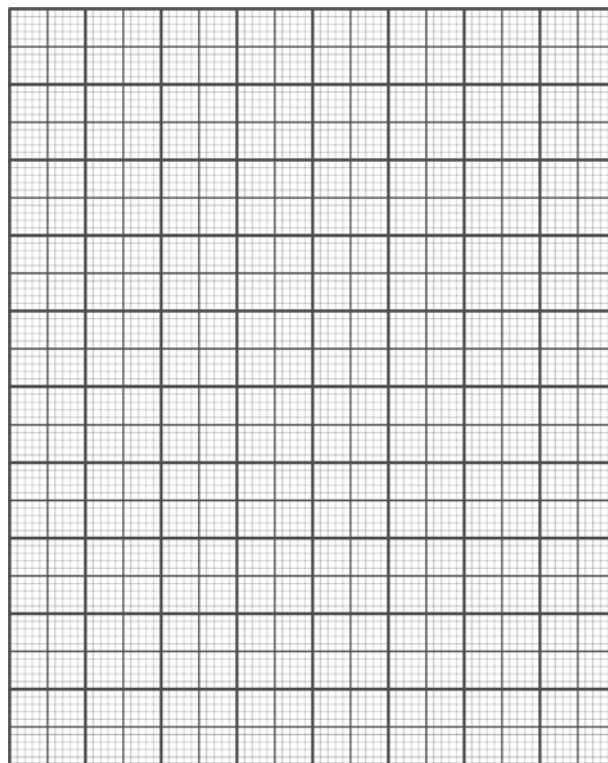
**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Πείραμα Α. Προσδιορισμός της θερμοχωρητικότητας του θερμιδομέτρου 1**

*Ενδείξεις θερμομέτρων (°C)*

	ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ			ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ			
t (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
Θερμιδόμετρο 1 (κρύο νερό)								
Μείγμα								
Θερμιδόμετρο 2 (ζεστό νερό)								

*Γραφικός υπολογισμός της μεταβολής θερμοκρασίας για το κρύο και το ζεστό νερό*



*Υπολογισμός της θερμοχωρητικότητας του θερμιδομέτρου 1:*

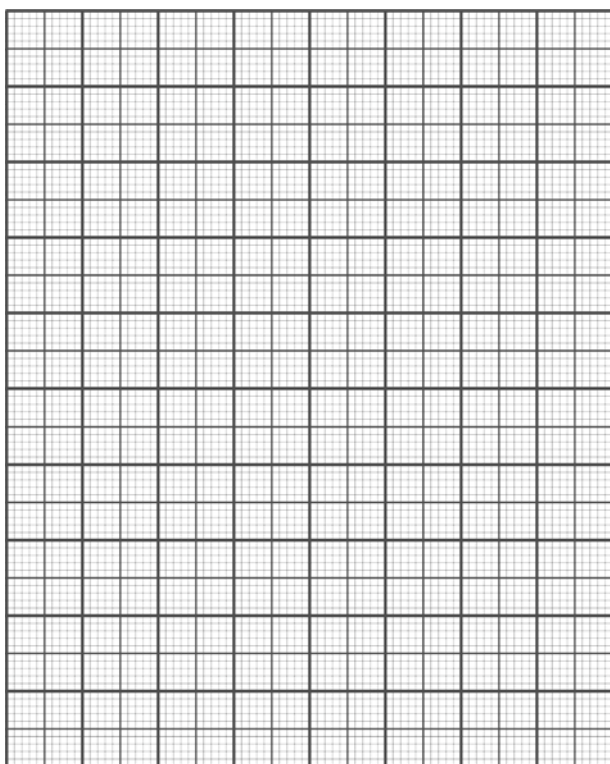
$m_{\text{ζεστό}}$ g	$T_{\text{ζεστό}}$ °C	$m_{\text{κρύου}}$ g	$T_{\text{κρύου}}$ °C	$T_{\text{τελική}}$ °C	$\Delta T_{\text{ζεστό}}$ °C	$\Delta T_{\text{κρύου}}$ °C	$q_{\zeta}$ που αποβάλλει το ζεστό νερό J	$q_{\kappa}$ απορροφά το κρύο νερό J	$C = \frac{q_{\zeta} - q_{\kappa}}{\Delta T_{\text{κρύου}}}$ J·°C
-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Πείραμα Β.** Προσδιορισμός της ενθαλπίας εξουδετέρωσης του HCl από το NaOH.

Ενδείξεις θερμομέτρων (°C)

	ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ			
t (min)	1	2	3	4	5	6
Θερμιδόμετρο 1 δ. NaOH						
Μείγμα						
Θερμιδόμετρο 2 δ. HCl						



Γραφικός υπολογισμός της μεταβολής θερμοκρασίας για τα διαλύματα NaOH και HCl.

Υπολογισμός της ενθαλπίας εξουδετέρωσης του NaOH από το HCl:

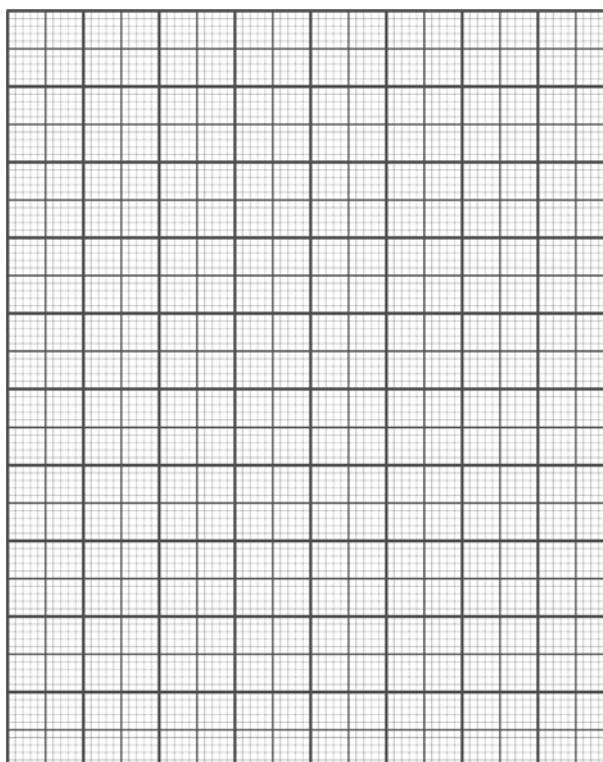
$m_{\delta.HCl}$ g	$m_{\delta.NaOH}$ g	$m_{ολική}$ g	$T_{αρχική}$ °C	$T_{τελική}$ °C	$\Delta T$ °C	$q$ kJ	$\Delta H_{εξουδ.}$ kJ/mol

**Πείραμα Γ. Προσδιορισμός της ενθαλπίας εξουδετέρωσης του  $\text{CH}_3\text{COOH}$  από το  $\text{NaOH}$ .**

Ενδείξεις θερμομέτρων ( $^{\circ}\text{C}$ )

	ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ			
t (min)	1	2	3	4	5	6
Θερμιδόμετρο 1 δ. $\text{NaOH}$						
Μείγμα						
Θερμιδόμετρο 2 δ. $\text{CH}_3\text{COOH}$						

Γραφικός υπολογισμός της μεταβολής θερμοκρασίας για τα διαλύματα  $\text{NaOH}$  και  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

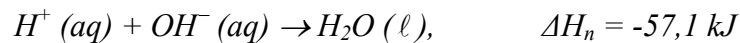


Υπολογισμός της ενθαλπίας εξουδετέρωσης του  $\text{NaOH}$  από το  $\text{CH}_3\text{COOH}$ :

$m_{\delta.οξέος}$ g	$m_{\delta.ΝαΟΗ}$ g	$m_{ολική}$ g	$T_{αρχική}$ $^{\circ}\text{C}$	$T_{τελική}$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T$ $^{\circ}\text{C}$	$q$ kJ	$\Delta H_{εξουδ.}$ kJ/mol

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί χρησιμοποιήσαμε θερμιδόμετρα από ποτήρια πολυστυρενίου και όχι γυάλινα ποτήρια ζέσεως;
2. Κατά το πείραμα Α, σε ποιο από τα θερμιδόμετρα 1 και 2 παρατηρήσατε μεταβολή της θερμοκρασίας πριν την ανάμειξη και γιατί;
3. Η τιμή της θερμοχωρητικότητας C του θερμιδομέτρου βρέθηκε πολύ μικρή. Αν δεν τη λάβετε υπόψη στους υπολογισμούς ποια τιμή προκύπτει για την ενθαλπία εξουδετέρωσης;
4. Η πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος από ισχυρή βάση είναι  $\Delta H^\circ = -57,1 \text{ kJ/mol}$ . Η πειραματική τιμή που υπολογίσατε αποκλίνει από την τιμή αυτή. Πού μπορεί να οφείλεται η απόκλιση αυτή;
5. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση

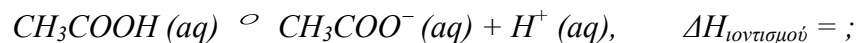


ενώ για την εξουδετέρωση



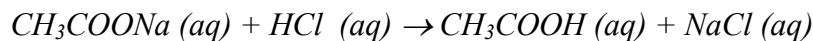
όπου  $\Delta H_{\text{πειρ}}$  η πειραματική τιμή που υπολογίσατε.

- α. Να υπολογίσετε την ενθαλπία ιοντισμού του οξικού οξέος:



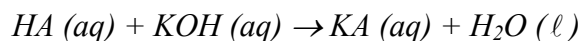
- β. Η ενθαλπία ιοντισμού που υπολογίσατε έχει θετικό ή αρνητικό πρόσημο; Πώς το ερμηνεύετε;

- γ. Να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης:

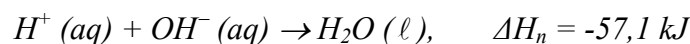


6. Διάλυμα Α έχει όγκο 200 mL και περιέχει το οξύ HA με συγκέντρωση 2M. Διάλυμα Β έχει όγκο 300 mL και περιέχει KOH με συγκέντρωση 1M. Όταν αναμειξουμε τα διαλύματα Α και Β παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $7,2^\circ\text{C}$ .

- α. Να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης:



- β. Το HA είναι ισχυρό ή ασθενές οξύ;  
Δίνεται ότι στις συνθήκες του πειράματος:



και η πυκνότητα του τελικού διαλύματος  $\rho = 1 \text{ g/mL}$ .