

3

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ — pH

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

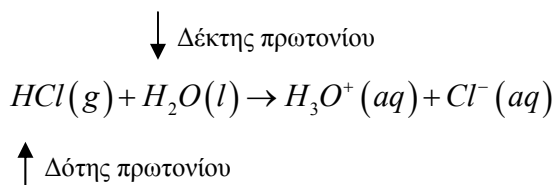
Η παρατήρηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων οξέων και βάσεων και η μελέτη και μέτρηση του pH διαλυμάτων οξέων, βάσεων και αλάτων.

Θεωρητικό Μέρος

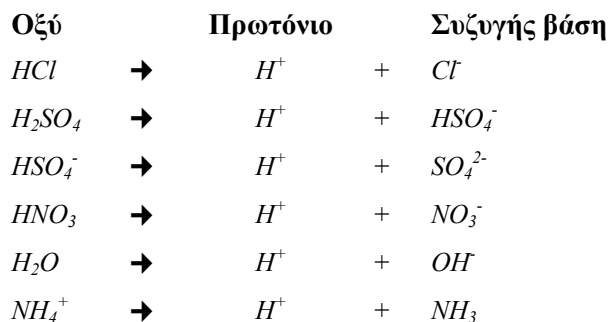
Η πιο διαδεδομένη θεωρία περί οξέων και βάσεων είναι η θεωρία Brønsted-Lowry, η οποία δίνει έμφαση στο ρόλο του πρωτονίου μελετώντας τις αντιδράσεις οξέων και βάσεων σαν αντιδράσεις μεταφοράς πρωτονίων.

Οξύ κατά Brønsted-Lowry

είναι κάθε μόριο ή ιόν που μπορεί να δράσει σαν δότης πρωτονίων. Στην αντίδραση διάλυσης του υδροχλωρίου σε νερό προς σχηματισμό του υδροχλωρικού οξέος, το HCl συμπεριφέρεται σαν οξύ κατά Brønsted-Lowry σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Πράγματι, στην ανωτέρω αντίδραση όλα τα μόρια του υδροχλωρίου δίνουν τα πρωτόνια τους στα μόρια νερού, τα οποία σχηματίζουν ιόντα υδροξωνίου (H_3O^+). Επομένως, το HCl συμπεριφέρεται σαν οξύ κατά Brønsted-Lowry. Γενικά, κάθε οξύ κατά Brønsted-Lowry, όταν χάνει ένα πρωτόνιο σχηματίζει μια βάση που ονομάζεται συζυγής βάση του οξέος, όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

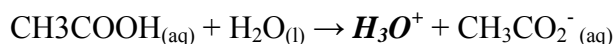
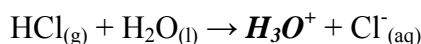


Τα οξέα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα ανόργανα και τα οργανικά οξέα. Είναι σημαντικά τόσο σαν εργαστηριακά αντιδραστήρια όσο και σαν βιομηχανικές πρώτες ύλες. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα υδατικά τους διαλύματα περιέχουν πάντα ιόντα υδροξωνίου (H_3O^+), σύμφωνα με τον ορισμό κατά Brønsted-Lowry, τα οποία τους προσδίδουν ένα σύνολο κοινών ιδιοτήτων κυριότερες των οποίων είναι οι παρακάτω:

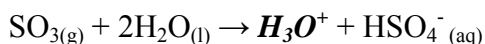
- Έχουν όξινη και καυστική γεύση
- αλλάζουν το χρώμα των δεικτών (π.χ. βάμμα ηλιοτροπίου από μπλε σε κόκκινο).

Όξινα υδατικά διαλύματα μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα με ένα από τους παρακάτω τρόπους:

A. Διάλυση οξέων σε νερό:



B. Διάλυση ανυδριτών οξέων (κυρίως οξείδια αμετάλλων) σε νερό:

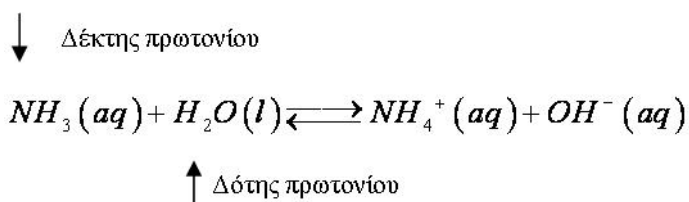


Το πιο διαδεδομένο ανόργανο οξύ είναι το θειικό οξύ (H_2SO_4), που φέρει την κοινή ονομασία «βιτριόλι». Το 1998, αναδείχθηκε πρώτο χημικό σε βιομηχανική κατανάλωση αφού μόνο στις Η.Π.Α η ετήσια παραγωγή θειικού οξέος ξεπέρασε τα 43 εκατομμύρια τόνους. Εκτός από τη δράση του σαν ισχυρό οξύ, το πυκνό θειικό οξύ δρα επιπλέον σαν **οξειδωτικό μέσο** και σαν **αφυδατικό μέσο**. Άλλα σημαντικά ανόργανα οξέα είναι το υδροχλωρικό οξύ (HCl), το νιτρικό οξύ (HNO_3) και το φωσφορικό οξύ (H_3PO_4), το οποίο αποτελεί συστατικό ενός από τα πιο διαδεδομένα αναψυκτικά παγκοσμίως, της coca cola (εικόνα 5.1.). Το νιτρικό και το φωσφορικό οξύ, όπως και το θειικό οξύ, έχουν πολύ καλές οξειδωτικές ιδιότητες και γι' αυτό χρησιμοποιούνται και σαν οξειδωτικά μέσα.

Τα πιο γνωστά οργανικά οξέα είναι το οξικό οξύ (CH_3COOH) που περιέχεται στο ξύδι, το κιτρικό οξύ ($C_3H_4(OH)(COOH)_3$) που περιέχεται στα εσπεριδοειδή και το ασκορβικό οξύ που αποτελεί συστατικό της βιταμίνης C. Επιπλέον, εμπορική σημασία έχουν και άλλα οργανικά οξέα, όπως το μυρμηκικό οξύ ($HCOOH$), το οξαλικό οξύ ($(COOH)_2 \cdot 2H_2O$), το ελαϊκό οξύ [$C_8H_{17}CH=CH(CH_2)_7COOH$] κ.α.

Βάση κατά Brønsted-Lowry

είναι κάθε μόριο ή ιόν που μπορεί να δράσει σαν δέκτης πρωτονίων. Στην αντίδραση διάλυσης της αμμωνίας σε νερό, η NH_3 συμπεριφέρεται σαν βάση κατά Brønsted-Lowry σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση, μερικά μόρια νερού αποβάλλουν πρωτόνια, τα οποία προσλαμβάνονται από μερικά μόρια αμμωνίας με αποτέλεσμα να σχηματίζονται ως προϊόντα ιόντα αμμωνίου και υδροξυλίου. Συνεπώς, η NH_3 συμπεριφέρεται σαν βάση κατά Brønsted-Lowry. Γενικά, κάθε βάση κατά Brønsted-Lowry όταν προσλαμβάνει ένα πρωτόνιο, σχηματίζει το συζυγές της οξύ, όπως φαίνεται στα πα-

Βάση		Πρωτόνιο		Συζυγές οξύ
OH^-	+	H^+	\rightarrow	H_2O
CN^-	+	H^+	\rightarrow	HCN
CO_3^{2-}	+	H^+	\rightarrow	HCO_3^-
HCO_3^-	+	H^+	\rightarrow	H_2CO_3
NH_3	+	H^+	\rightarrow	NH_4^+
H_2O	+	H^+	\rightarrow	H_3O^+

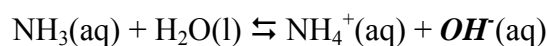
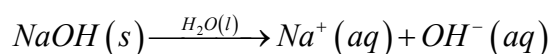
ρακάτω παραδείγματα:

Το κύριο χαρακτηριστικό των βάσεων είναι ότι τα υδατικά τους διαλύματα περιέχουν πάντα ιόντα υδροξυλίου (OH^-), σύμφωνα με τον ορισμό κατά Brønsted-Lowry, τα οποία τους προσδίδουν ένα σύνολο κοινών ιδιοτήτων κυριότερες των οποίων είναι οι παρακάτω:

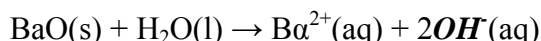
- Έχουν πικρή γεύση και σαπνοειδή αφή,
- αλλάζουν το χρώμα των δεικτών (π.χ. βάμμα ηλιοτροπίου από κόκκινο σε μπλε).

Βασικά (ή αλκαλικά) υδατικά διαλύματα μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

Α. Διάλυση βάσεων σε νερό:



B. Διάλυση ανυδριτών βάσεων (οξείδια των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών) σε νερό:



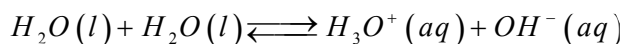
Οι ευρύτερα διαδεδομένες βάσεις είναι η αμμωνία (γνωστό προϊόν οικιακής χρήσης) καθώς και τα ευδιάλυτα υδροξείδια των αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, όπως το υδροξείδιο του νατρίου, που χρησιμοποιείται για στεγνό καθάρισμα με την κοινή ονομασία “καυστική σόδα”, το υδροξείδιο του μαγνησίου που καλείται “γάλα μαγνησίας” και το υδροξείδιο του καλίου με την εμπορική ονομασία “καυστικό κάλιο”. Γενικά, τα περισσότερα καθαριστικά οικιακής χρήσεως, όπως τα σαπούνια, τα απορρυπαντικά και τα καθαριστικά φούρνου είναι ή σχηματίζουν μετά τη διάλυσή τους στο νερό βασικά διαλύματα.

Δυναμικό Υδρογόνου (pH) Υδατικών Διαλυμάτων

Η οξύτητα ή η αλκαλικότητα των υδατικών διαλυμάτων οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση ιόντων υδροξωνίου ή υδροξυλίου αντιστοίχως, σύμφωνα με τη θεωρία Brønsted-Lowry περί οξέων και βάσεων. Ο Δανός βιοχημικός S.P.L. Sørensen θεμελίωσε την έννοια του δυναμικού υδρογόνου (potential of Hydrogen ή pouvoir Hydrogene) ως μέτρου για την αποτίμηση της οξύτητας ή αλκαλικότητας των υδατικών διαλυμάτων. Έτσι λοιπόν όρισε ότι το δυναμικό υδρογόνου ενός διαλύματος, το οποίο συμβόλισε με τα αρχικά pH, ισούται με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (ή υδροξωνίου) στο διάλυμα, όπως φαίνεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση ορισμού του pH:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Στο χημικώς καθαρό νερό, τα μόρια του νερού αυτοδιίστανται, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Στους 25°C, η σταθερά χημικής ισορροπίας K_w της παραπάνω αντίδρασης παίρνει την τιμή 10^{-14} σύμφωνα με τη παρακάτω εξίσωση:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 1.00 \times 10^{-14}$$

Λαμβάνοντας υπόψη τη στοιχειομετρία της παραπάνω αντίδρασης αυτοδιάστασης του νερού, συνάγεται ότι οι συγκεντρώσεις των ιόντων υδροξωνίου και υδροξυλίου στο χημικώς καθαρό νερό είναι ίσες μεταξύ τους.

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1.00 \times 10^{-7} M$$

Συνεπώς, σύμφωνα με τον ανωτέρω ορισμό του pH, ένα ουδέτερο υδατικό διάλυμα, όπως το χημικώς καθαρό νερό έχει pH ίσο με 7:

$$pH = -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Ουδέτερο διάλυμα}$$

Κατ' επέκταση των ανωτέρω, στους 25°C ένα διάλυμα εμφανίζει όξινη συμπεριφορά, όταν η συγκέντρωση υδροξονίων είναι μεγαλύτερη από $1.00 \times 10^{-7} M$, άρα το pH του διαλύματος είναι μικρότερο από 7 ($pH < 7$).

$$pH = -\log[H_3O^+] < -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Όξινο διάλυμα}$$

Επίσης, ένα διάλυμα εμφανίζει αλκαλική ή βασική συμπεριφορά, όταν η συγκέντρωση υδροξονίων είναι μικρότερη από $1.00 \times 10^{-7} M$, άρα το pH του διαλύματος είναι μεγαλύτερο από 7 ($pH > 7$).

$$pH = -\log[H_3O^+] > -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Βασικό διάλυμα}$$

Η κλίμακα του pH στους 25°C

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	όξινο			ουδέτερο				βασικό						



Εικόνα 5.1. Το φωσφορικό οξύ χρησιμοποιείται σαν προσθετικό σε πολλά αναψυκτικά, για να τους δώσει ξινή γεύση.

1. Μέτρηση pH

Πειραματική Διαδικασία

Προσδιορίστε το pH των αντιδραστηρίων και των οικιακών προϊόντων χρησιμοποιώντας πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο. Παρατηρήστε την επίδραση της συγκέντρωσης και τις ισχύος των οξέων στο pH .

Αντιδραστήρια	pH από πεχάμετρο	pH από πεχαμετρικό χαρτί
1. Νερό βρύσης,	_____	_____
2. Απιονισμένο νερό	_____	_____
3. Διάλυμα HCl 0.01M	_____	_____
4. Διάλυμα HCl 0.1M	_____	_____
5. Διάλυμα HCl 1 M	_____	_____
6. Διάλυμα CH ₃ COOH 0.1 M	_____	_____
7. Διάλυμα NaOH 0.1 M	_____	_____
8. Διάλυμα NH ₃ 0.1 M	_____	_____
9. Ξύδι	_____	_____
10. Χυμός λεμονιού	_____	_____
11. Αναψυκτικό	_____	_____
12. Διάλυμα Μαγειρικής σόδας	_____	_____
13. Διάλυμα Απορρυπαντικού	_____	_____

Παρατηρήσεις: _____

2. Επίδραση της ισχύος και της συγκέντρωσης του οξέος στην ταχύτητα της αντίδρασης

Πειραματική Διαδικασία

Σε τέσσερις δοκιμαστικούς σωλήνες τοποθετούνται περίπου 5ml από διαφορετικά υδατικά διαλύματα οξέων. Προστίθεται μικρή ποσότητα σκόνης Zn σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα και παρατηρούνται οι μεταβολές που λαμβάνουν χώρα. Καταγράφονται:

- A. οι μεταβολές που προκαλούνται από την επίδραση υδροχλωρικού (HCl) και οξικού οξέος (CH₃COOH) ίδιας συγκέντρωσης στη σκόνη Zn και,
- B. οι μεταβολές που προκαλούνται από τη μείωση της συγκέντρωσης (3M, 0.1 M) του ίδιου οξέος στην ταχύτητα της αντίδρασης.

HCl

3 M: _____

0.1M: _____

CH₃COOH

3 M: _____

0.1M: _____

3. Οξειδωτική δράση των οξέων – Πυκνό θειικό οξύ

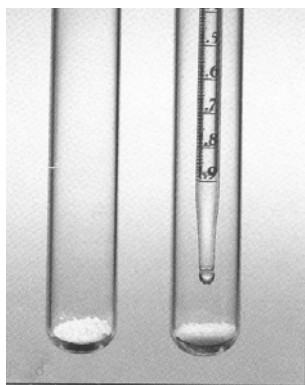
Πειραματική Διαδικασία

Αντιδραστήρια

1. Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4)
2. Στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI).

Το θειικό οξύ (H_2SO_4) δρα, όταν είναι πυκνό, σαν οξειδωτικό μέσο. Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4), ενώ σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI). Με

σιφώνιο ακριβείας σταγόνες πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) προστίθενται στον σωλήνα που περιέχει το ιωδιούχο νάτριο (εικόνα 5.2). Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Εικόνα 5.2. Προσθήκη πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) σε στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI).

Στο πείραμα αυτό το θειικό οξύ δρα σαν οξειδωτικό μέσο, προκαλώντας οξείδωση του ιωδίου που βρίσκεται στο ιωδιούχο νάτριο (NaI) σε ελεύθερο I_2 .

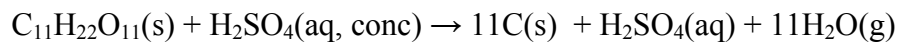
Καταγράφονται οι μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της αντίδρασης.

Παρατηρήσεις: _____

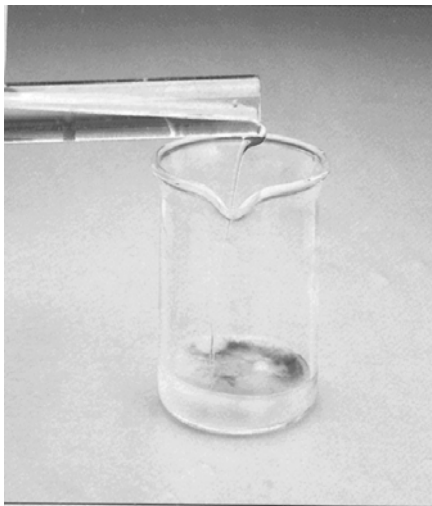
4. Αφυδατική δράση πυκνού θειικού οξέος

Πειραματική Διαδικασία

Το πυκνό θειικό οξύ δρα σαν αφυδατικό μέσο. Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται πυκνό διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4), ενώ σε ποτήρι ζέσεως τοποθετείται ζάχαρη εμπορίου ($\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Με το δοκιμαστικό σωλήνα προστίθεται το πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) στο ποτήρι ζέσεως, όπου βρίσκεται η ζάχαρη. Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Καταγράφονται και εξηγούνται οι μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της δοκιμής (εικόνα 5.3 και εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.3 Προσθήκη πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) σε ζάχαρη.



Εικόνα 5.4. Μετατροπή της ζάχαρης σε άνθρακα (C).

Παρατηρήσεις: _____

Ζητούμενα

Συντάξτε μια εργαστηριακή αναφορά στην οποία

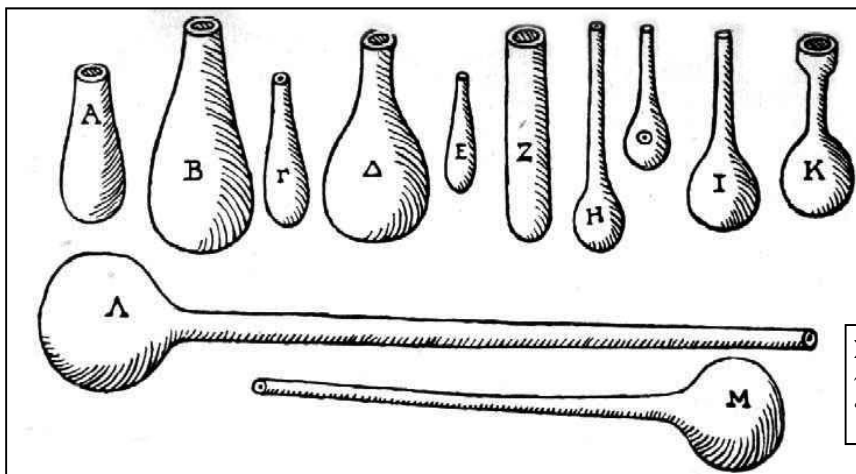
- A Να συγκρίνετε τις πειραματικές μετρήσεις του pH με τις θεωρητικά προβλεπόμενες τιμές, δικαιολογώντας τις όποιες αποκλίσεις.
- B Να σχολιάσετε την επίδραση της ισχύος και της συγκέντρωσης οξέων και βάσεων στο pH.
- Γ. Να υπολογίσετε το pH διαλύματος HCl 10^{-8} M.
- Δ. Να σχολιάσετε την οξειδωτική και αφυδάτιξη δράση του θεικού οξέος.
- E. Να επιλύσετε την παρακάτω άσκηση.

Άσκηση

Η τυπική χημική σύσταση τσιμέντου τύπου portlant είναι :

CaO	63.82 %
SiO ₂	20.56 %
Al ₂ O ₃	5.50 %
Fe ₂ O ₃	2.99 %
K ₂ O	0.76 %
Na ₂ O	0.95 %
Λοιπά	0.52 %

Όταν το τσιμέντο αναμειγνύεται με νερό ο πολφός που δημιουργείται είναι βασικός. Εξηγήστε θεωρητικά αυτήν την παρατήρηση, προσδιορίστε τρία συστατικά του τσιμέντου που εμφανίζουν βασική (αλκαλική) συμπεριφορά και καταγράψτε τις αντιδράσεις που συμβαίνουν, όταν αυτό αναμειγνύεται με το νερό.



Συσκευές από το βιβλίο του Ανδρέα Λιβάνιου "Αλχημεία" (1606)