

# Γενική και Ανόργανη Χημεία

Έγγραφο του Καθ. Γεωργίου

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

ΙΟΝΤΙΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ

..... άλλα κεφάλαια αναλόγως της  
ροής

Κώστας Γεωργίου

[www.aua.gr/georgiou](http://www.aua.gr/georgiou)

Elemental Metabolomics

Google Scholar

[www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Georgiou CA

# ΒΙΒΛΙΟ

Επιλογή ενός από τα:

1. Βασική ανόργανη χημεία,  
Ν. Κλούρα
2. Βασικές αρχές ανόργανης χημείας  
Γ. Πνευματικάκης, Χ.  
Μητσοπούλου, Κ. Μεθενίτης
3. Γενική χημεία, Ν. Ανδρικόπουλος  
Εύδοξος

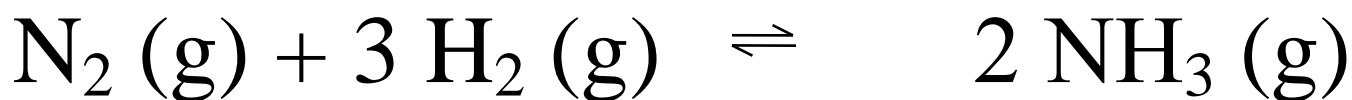
# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

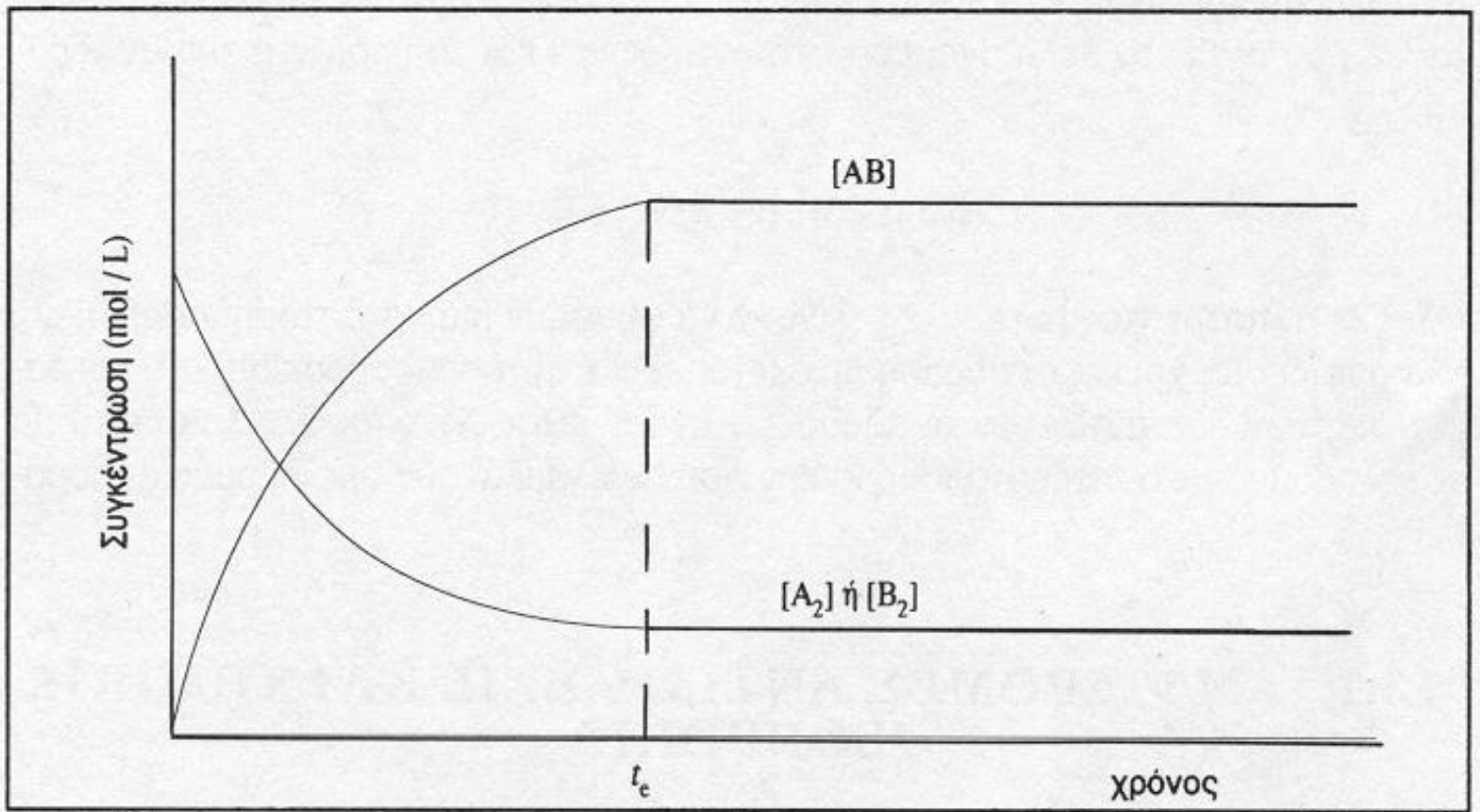
Δείτε πίνακα ανακοινώσεων

# ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



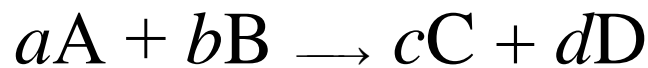
## ΑΜΦΙΔΡΟΜΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ





# ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

## Σχέση με τη σταθερά ισορροπίας



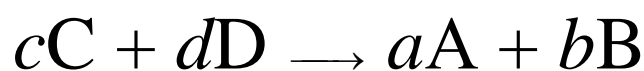
A, B, C, D : ουσίες

*a, b, c, d : συντελεστές της χημικής εξίσωσης*

Η ταχύτητα της αντίδρασης δίνεται από τη  
σχέση:

$$u_1 = k_1[A]^a [B]^b$$

$k_1$  είναι η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης



Η ταχύτητα της αντίδρασης δίνεται από τη  
σχέση:

$$u_2 = k_2 [C]^c [D]^d$$

Σε κατάσταση ισορροπίας οι δύο ταχύτητες είναι ίσες:

$$u_1 = k_1[A]^a [B]^b = u_2 = k_2 [C]^c [D]^d \Rightarrow$$

$$k_1[A]^a [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d \Rightarrow$$

**ΝΟΜΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ**

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

**$K$  : ΣΤΑΘΕΡΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ**

Ισχύει και για αντιδράσεις των οποίων ο μηχανισμός περιλαμβάνει πολλά στάδια

## ΣΤΑΘΕΡΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ $K_c$

Όταν οι συγκεντρώσεις των ουσιών εκφράζονται  
σε mol/L ( $\text{mol L}^{-1}$ )

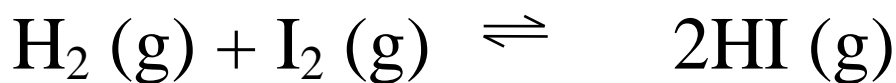
- Ανεξάρτητη από συγκεντρώσεις
  - Εξάρτηση από  $\theta$
  - Μονάδες

### ΘΕΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΚΑΙ $K_c$

- Μεγάλη  $K_c$  : μεγάλη συγκέντρωση των ουσιών στο δεξιό μέρος της χημικής εξίσωσης (ισορροπία μετατοπισμένη στα δεξιά)
- Μικρή  $K_c$  : μεγάλη συγκέντρωση των ουσιών στο αριστερό μέρος της χημικής εξίσωσης (ισορροπία μετατοπισμένη στα αριστερά)



# ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΑΠΟ $K_c$ & $Q$



$$K_c = 54,5$$

$$\text{HI } 0,012 \text{ mol/L}$$

$$\text{H}_2 \text{ } 0,003 \text{ mol/L}$$

$$\text{I}_2 \text{ } 0,002 \text{ mol/L}$$

$$Q = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{[0,012]^2}{[0,003][0,002]} = 24,0$$

$Q \neq K_c$  : Δεν υπάρχει ισορροπία

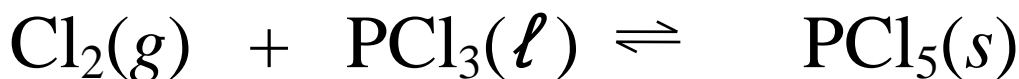
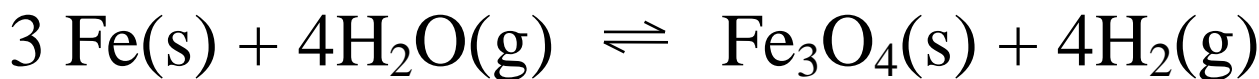
$Q < K_c$  η αντίδραση θα γίνει από αριστερά προς τα δεξιά

$Q = K_c$  το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία

$Q > K_c$  η αντίδραση θα γίνει από δεξιά προς τα αριστερά

## ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ:

όταν οι ουσίες βρίσκονται σε δύο ή περισσότερες φάσεις



DES ASKISI 13.6

Επειδή η συγκέντρωση ενός καθαρού στερεού ή υγρού είναι σταθερή **συγχωνεύεται** στην τιμή της  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[\text{H}_2]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^4}$$

$$K_c = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

$$K_c = \frac{1}{[\text{Cl}_2]}$$

βλέπουμε πόσο χρήσιμη είναι η αναγραφή σε μια χημική εξίσωση της φάσεως στην οποία βρίσκονται οι ουσίες { (s), (g), (ℓ), (aq) }

# ΣΤΑΘΕΡΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ $K_p$

αναφέρεται σε αέρια

Αντί των συγκεντρώσεων χρησιμοποιούνται  
οι μερικές πιέσεις

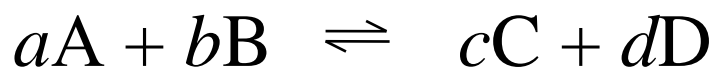
Τι είναι η μερική πίεση  $p$  ?

Πως συνδέεται η μερική πίεση αερίου A με  
την συγκέντρωση:

$$PV = nRT \Rightarrow p_a = \frac{n}{V}RT \Rightarrow p_a = [A]RT \Rightarrow$$

$$[A] = \frac{p_a}{RT}$$

Πως συνδέεται η  $K_c$  με την  $K_p$ ?



$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \frac{\left[\frac{p_c}{RT}\right]^c \left[\frac{p_d}{RT}\right]^d}{\left[\frac{p_a}{RT}\right]^a \left[\frac{p_b}{RT}\right]^b} = K_p (RT)^{c+d-a-b}$$

ή

$$K_p = K_c (RT)^{a+b-c-d}$$

Γενικά:

$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$  |  $\Delta n$  = μεταβολή στον αριθμό  
των mole από αριστερά προς τα δεξιά

## ΑΡΧΗ ΤΟΥ LE CHATELIER

Παράγοντες που επιδρούν στη θέση ισορροπίας

### C

Περίσσεια και απομάκρυνση (διάσπαση  $\text{CaCO}_3$ )

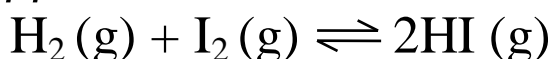


### P

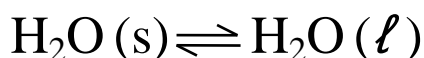
α) αν μεταβάλλεται ο όγκος: αύξηση πίεσης μετατοπίζει την αντίδραση εκεί που μειώνεται ο όγκος δηλ. δεξιά



β) αν δεν μεταβάλλεται ο όγκος: αύξηση της πίεσης δεν μετατοπίζει την ισορροπία



γ) αν δεν υπάρχουν αέρια: αύξηση της πίεσης δεν μετατοπίζει την ισορροπία. Εξάιρεση το  $\text{H}_2\text{O}$  που έχει μεγαλύτερο όγκο στην στερεή φάση (s) και μικρότερο όγκο στην υγρή φάση (l). Αύξηση της πίεσης οδηγεί την αντίδραση προς τα δεξιά διότι ορισμένη ποσότητα νερού καταλαμβάνει μικρότερο όγκο στην υγρή από ότι στην στερεή φάση



### θ

$\text{NH}_3$  σύνθεση εξώθερμη  $\Delta H = -92,4 \text{ kJ}$



Αύξηση της θερμοκρασίας την μετατοπίζει προς τα αριστερά

## 14. ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

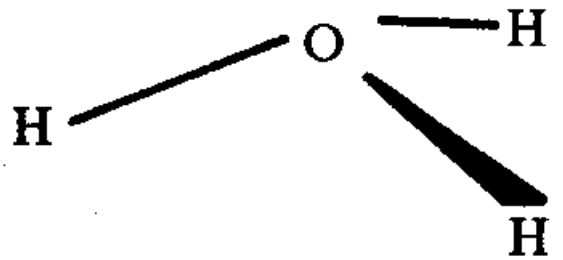
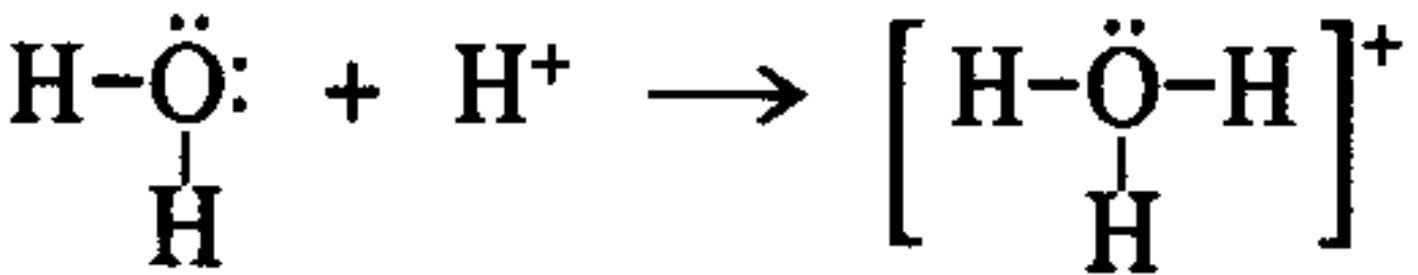
**ARRHENIUS** οι ηλεκτρολύτες δίστανται στο νερό σε **ιόντα**

Οξέα: Ηλεκτρολύτες που δίνουν  $H^+(aq)$  σε υδατικό διάλυμα

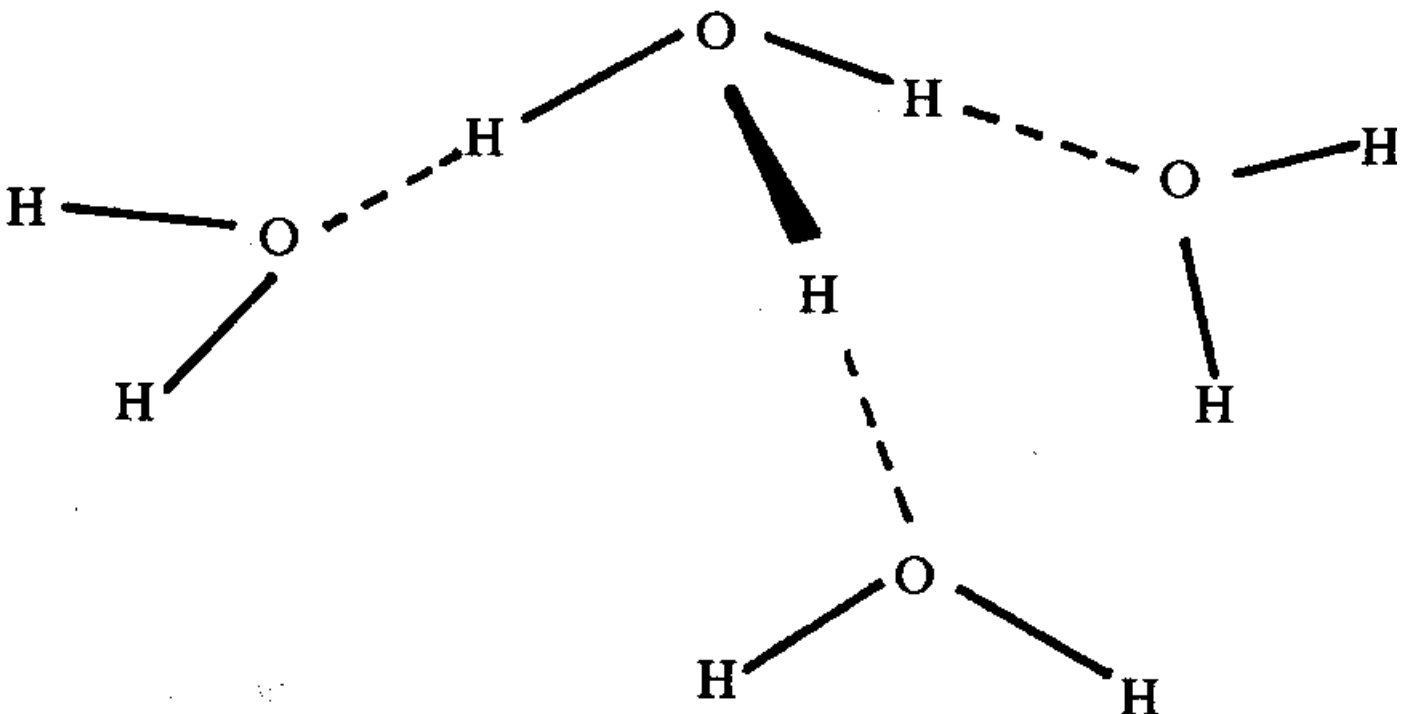
Βάσεις: Ηλεκτρολύτες που δίνουν  $OH^-(aq)$  σε υδατικό διάλυμα

$(aq) \Rightarrow$  σημαίνει ότι το ιόν είναι υδατωμένο δηλ. συνδεδεμένο με αριθμό μορίων νερού

Ιον Οξωνίου  $[H_3O^+]$



$H_9O_4^+$



Τι ονομάζεται εξουδετέρωση  
Αντίδραση Οξέως και Βάσεως → Αλάτι και Νερό

Τι είναι ισχυρό οξύ, βάση?  
Όσα δίστανται 100% (σε αραιά διαλύματα)  
Παραδείγματα

Ποια οξέα είναι μονοπρωτικά και ποιά πολυπρωτικά

# Όξινα, βασικά οξείδια και επαμφοτερίζοντα οξείδια (ZnO)

## Ορισμός

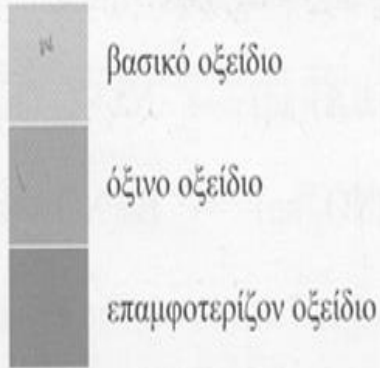


Αντίστοιχο οξύ  $\text{H}_2\text{ZnO}_2$



Αντίστοιχη βάση  $\text{Zn(OH)}_2$

1 1A												13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
2 2A		3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B						
$\text{Li}_2\text{O}$	$\text{BeO}$											$\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{N}_2\text{O}_5$		$\text{OF}_2$	
$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$											$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_4\text{O}_{10}$	$\text{SO}_3$	$\text{Cl}_2\text{O}_7$	
$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$											$\text{Ga}_2\text{O}_3$	$\text{GeO}_2$	$\text{As}_2\text{O}_5$	$\text{SeO}_3$	$\text{Br}_2\text{O}_7$	
$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{SrO}$											$\text{In}_2\text{O}_3$	$\text{SnO}_2$	$\text{Sb}_2\text{O}_5$	$\text{TeO}_3$	$\text{I}_2\text{O}_7$	
$\text{Cs}_2\text{O}$	$\text{BaO}$											$\text{Tl}_2\text{O}_3$	$\text{PbO}_2$	$\text{Bi}_2\text{O}_5$	$\text{PoO}_3$	$\text{At}_2\text{O}_7$	



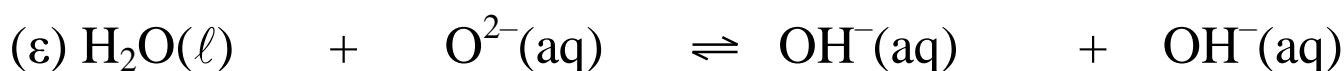
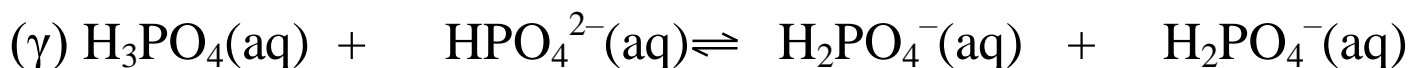
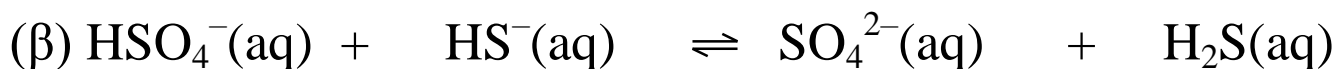
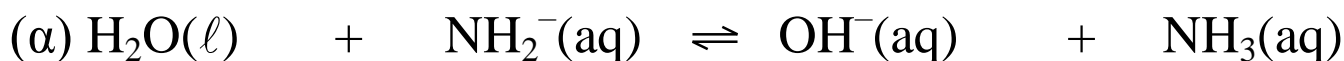
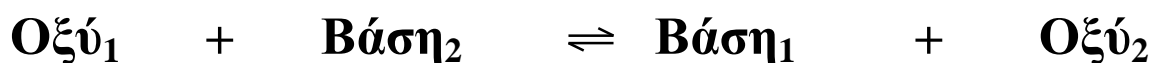
# ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ARRHENIUS

Ίόντα σε υδατικά διαλύματα  
όχι άλλοι διαλύτες, όχι στερεά & αέρια



## BRONSTED LOWRY

Οξύ δίνει  $H^+$  Βάση δέχεται  $H^+$



**Σημείωση:** Στις (γ) και (ε) η **Βάση**<sub>1</sub> είναι ίδια με το **Οξύ**<sub>2</sub>

Η ισορροπία ευνοεί το σχηματισμό του ασθενέστερου οξέως & βάσεως. Τι είναι συζυγές ζεύγος?

Πίν. 14.1 Μερικές αμφιπρωτικές ουσίες

Αμφιπρωτική ουσία	Συζυγές ζεύγος	
	Οξύ	Βάση
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	OH <sup>-</sup>
	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O
NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>
HS <sup>-</sup>	HS <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>
	H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>

Όσο πιο ισχυρό είναι ένα οξύ τόσο πιο ασθενής είναι η συζυγής του βάση

Πίν. 14.2 Σχετική ισχύς ορισμένων συζυγών ζευγών οξέος - βάσεως.

	Οξύ		Βάση	
	HClO <sub>4</sub>	100% σε H <sub>2</sub> O →	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
	HCl	100% σε H <sub>2</sub> O →	Cl <sup>-</sup>	
	HNO <sub>3</sub>	100% σε H <sub>2</sub> O →	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>		H <sub>2</sub> O	
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
	CH <sub>3</sub> COOH		CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub> S		HS <sup>-</sup>	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NH <sub>3</sub>	
	HCN		CN <sup>-</sup>	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	
	HS <sup>-</sup>		S <sup>2-</sup>	
	H <sub>2</sub> O		OH <sup>-</sup>	
	NH <sub>3</sub>	← 100% σε H <sub>2</sub> O	NH <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub>	← 100% σε H <sub>2</sub> O	H <sup>-</sup>	

↑ αυξανόμενη οξύτητα

← αυξανόμενη βασικότητα

# ΔΟΜΗ & ΙΣΧΥΣ QSAR

ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΑ ΥΔΡΙΔΙΑ  
HCl, HF, HI, H<sub>2</sub>S

ΟΞΟΟΞΕΑ  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub>

ΗΛΕΚΤΡΑΡΝΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ

2<sup>η</sup> ΣΤΑΘΕΡΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ

# ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΑ ΥΔΡΙΔΙΑ

Ενώσεις του Η με άτομα των ομάδων 3Α-7Α

ΑΠΟ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ  
ΙΔΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ↑ Η ΟΞΥΤΗΤΑ ΛΟΓΩ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΑΡΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

2<sup>η</sup> Περίοδος:  $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$

3<sup>η</sup> Περίοδος:  $\text{SiH}_4 < \text{PH}_3 < \text{H}_2\text{S} < \text{HCl}$

4<sup>η</sup> Περίοδος:  $\text{GeH}_4 < \text{AsH}_3 < \text{H}_2\text{Se} < \text{HBr}$

5<sup>η</sup> Περίοδος:  $\text{SnH}_4 < \text{SbH}_3 < \text{H}_2\text{Te} < \text{HI}$

The periodic table of the elements

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	H															He		
2	Li	Be								B	C	N	O	F		Ne		
3	Na	Mg								Al	Si	P	S	Cl		Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	A															
	L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Metals  
Metalloids  
Non-metals  
Transition Metals  
Gases

© CopyRight (c) 2002 RCGS

## ΑΠΟ ΠΑΝΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ ΣΕ ΜΙΑ ΟΜΑΔΑ ↑ Η ΟΞΥΤΗΤΑ ΛΟΓΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

5A Ομάδα:  $\text{NH}_3 < \text{PH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{SbH}_3$   
 6A Ομάδα:  $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te}$   
 7A Ομάδα:  $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$

### ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

F	Cl	Br	I
1,33	1,81	1,96	2,20

σύγκριση επίδρασης ηλεκτραρνητικότητας-μεγέθους

**ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΣΥΓΚΡΙΝΟΥΜΕ ΑΜΕΣΑ ΟΤΑΝ ΤΑ ΥΔΡΙΔΙΑ ΔΕΝ ΑΝΗΚΟΥΝ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΟΜΑΔΑ Η ΠΕΡΙΟΔΟ**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:  $\text{PH}_3$  &  $\text{H}_2\text{Se}$

Χρησιμοποιούμε ως “ενδιάμεσο” το  $\text{H}_2\text{S}$  ή την  $\text{AsH}_3$

The periodic table of the elements

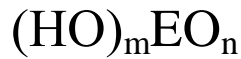
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	H															He		
2	Li	Be								B	C	N	O	F		Ne		
3	Na	Mg								Al	Si	P	S	Cl		Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	A															
	L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- Metals
- Metalloids
- Non-metals
- Transition Metals
- Gases

Copyright © 2003 ECOS

## ΟΞΟΟΞΕΑ

Όσα μη οργανικά οξέα περιέχουν Ο



βασική παράμετρος η ηλεκτραρνητικότητα

ΠΡΟΣΟΧΗ!! 3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

m

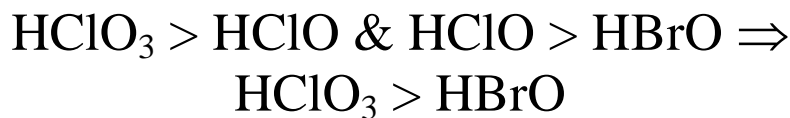
n

E

!!ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΣΥΓΚΡΙΝΟΥΜΕ ΟΞΕΑ ΠΟΥ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ n m & E!!

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:  $\text{HClO}_3$  &  $\text{HBrO}$   
 $(\text{HO})\text{ClO}_2$   $(\text{HO})\text{Br}$   
m=1, E=Cl, n=2      m=1, E=Br, n=0

Χρησιμοποιούμε ως “ενδιάμεσο” το  $\text{HClO}$



## ΓΕΝΙΚΑ

Αύξηση του n αυξάνει την οξύτητα:

n=0 → πολύ ασθενές,

n=3 → πολύ ισχυρό

- **ΗΛΕΚΤΡΑΝΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ**

Οξικό, χλωροξικό & τριχλωροξικό  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$   $\text{CClH}_2\text{COOH}$   $\text{CCl}_3\text{COOH}$

- **2<sup>η</sup> ΔΙΑΣΤΑΣΗ**

Ασθενέστερα οξέα



# ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΩΡΙΑΣ BRONSTED LOWRY

Τα οξέα πρέπει να έχουν  $H^+$   
Οι βάσεις πρέπει να δέχονται  $H^+$



# ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΟΜΑΔΑ  
1A

ατομικός αριθμός → 1 1,00794 ← ατομικό βάρος<sup>†</sup>  
 ← σύμβολο  
 όνομα → Υδρογόνο

2A

3A 4A 5A 6A 7A 8A

1 1,00794 **H** 2 4,00260  
 Υδρογόνο **He**  
 Ηλιο

2 3 6,941 4 9,01218  
**Li** **Be**  
 Λίθιο Βηρύλλιο

3 11 22,9898 12 24,3050  
**Na** **Mg** 3B 4B 5B 6B 7B 8B 1B 2B  
 Νάτριο Μαγνήσιο

4 19 39,0983 20 40,078 21 44,9559 22 47,88 23 50,9415 24 51,9961 25 54,9381 26 55,847 27 58,9332 28 58,69 29 63,546 30 65,39 31 69,723 32 72,61 33 74,9216 34 78,96 35 79,904 36 83,80  
**K** **Ca** **Sc** **Ti** **V** **Cr** **Mn** **Fe** **Co** **Ni** **Cu** **Zn** **Ga** **Ge** **As** **Se** **Br** **Kr**  
 Κάλιο Ασβέστιο Σκάνδιο Τίτανο Βανάδιο Χρώμιο Μαγγάνιο Σίδηρος Κοβάλτιο Νικέλιο Χαλκός Ψευδάργυρος Γάλλιο Γερμάνιο Αρσενικό Σελήνιο Βρώμιο Κρυπτό

5 37 85,4678 38 87,62 39 88,9059 40 91,224 41 92,9064 42 95,94 43 (98) 44 101,07 45 102,906 46 106,42 47 107,868 48 112,411 49 114,818 50 118,710 51 121,75 52 127,60 53 126,904 54 131,29  
**Rb** **Sr** **Y** **Zr** **Nb** **Mo** **Tc** **Ru** **Rh** **Pd** **Ag** **Cd** **In** **Sn** **Sb** **Te** **I** **Xe**  
 Ρουβίδιο Στρόντιο Ύψριο Ζιρκόνιο Νίβιο Μολυβδένιο Τεχνητό Ρουθίνιο Ρόδιο Παλλάδιο Αργυρος Κάδμο Ινδίο Κασσίτερος Αντιμόνιο Τελουρίο Ιώδιο Ξένο

6 55 132,905 56 137,327 57 138,906 72 178,49 73 180,948 74 183,85 75 186,207 76 190,23 77 192,22 78 195,08 79 196,967 80 200,59 81 204,383 82 207,2 83 208,980 84 (209) 85 (210) 86 (222)  
**Cs** **Ba** **\*La** **Hf** **Ta** **W** **Re** **Os** **Ir** **Pt** **Au** **Hg** **Tl** **Pb** **Bi** **Po** **At** **Rn**  
 Καίσιο Βάριο Λανθάνιο Άφνιο Ταντάλιο Βολφράμιο Ρήνιο Όσμιο Ιριδίο Λευκόχρυσος Χρυσός Υδράργυρος Θάλλιο Μόλυβδος Βισμούθιο Πολώνιο Άστατο Ραδόνιο

7 87 (223) 88 226,025 89 227,028 104 105 106 107 108 109 110 111 112  
**Fr** **Ra** **†Ac** **Rf** **Ha** **Sg** **Ns** **Hs** **Mt** **Uun** **Uuu** **Uub**  
 Φράγκιο Ράδιο Ακτίνιο (261) (262) (263) (264) (265) (268) (269) (272) (277)

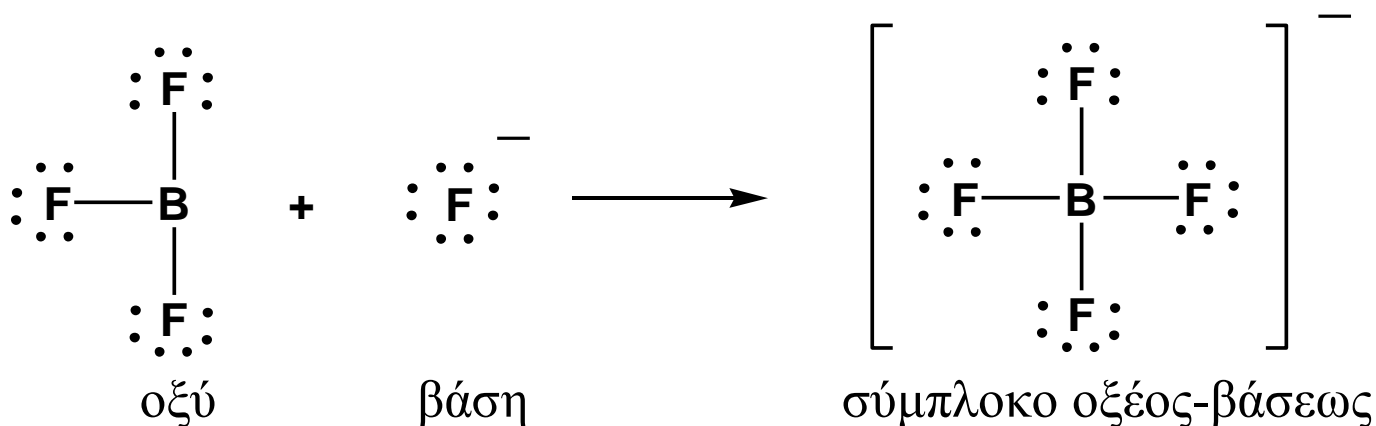
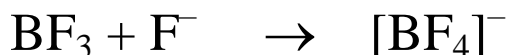
ΠΕΡΙΟΔΟΣ

# LEWIS

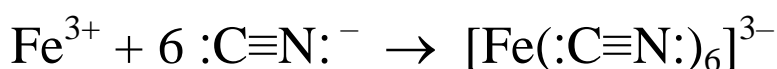
Βάση=δότης και οξύ=δέκτης ζεύγους e

Πυρηνόφιλο και Ηλεκτρονιόφιλο αντιδραστήριο

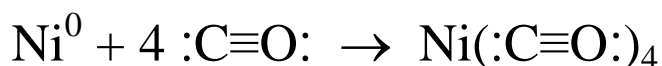
α) Ουδέτερα μόρια ή άτομα με ασυμπλήρωτη οκτάδα



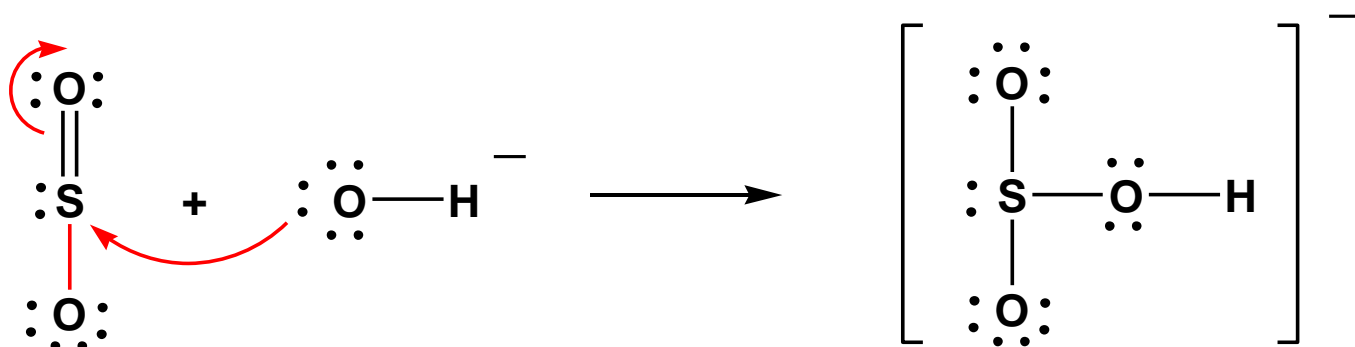
β) πολλά κατιόντα μετάλλων σε αντιδράσεις σχηματισμού συμπλόκων



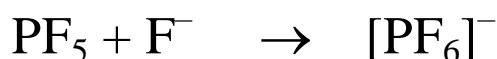
γ) μερικά άτομα μετάλλων κατά το σχηματισμό μεταλοκαρβονυλίων



δ) Ενώσεις, που λόγω παρουσίας πολλαπλού δεσμού (π-ηλεκτρονίων) εμφανίζουν κάποιο όξινο κέντρο



ε) ενώσεις των οποίων τα κεντρικά άτομα μπορούν να διευρύνουν τη στοιβάδα του σθένους των



Τα 10 ηλεκτρόνια γύρω από τον P γίνονται 12

**Πως ορίζεται η ισχύς των οξέων και βάσεων κατά Lewis**

Η σειρά ισχύος ομάδας οξέων (ή βάσεων) δεν είναι καθορισμένη, μεταβάλλεται ανάλογα με την φύση της ουσίας που αντιδρούν

Γενικά: Ηλεκτραρνητικοί υποκαταστάτες στο άτομο δέκτη αυξάνουν την οξύτητα κατά Lewis ενώ στο άτομο δότη ελαττώνουν τη βασικότητα

ΣΚΛΗΡΑ ΟΞΕΑ: Όταν υπάρχουν άτομα με μικρή ακτίνα, μεγάλο θετικό φορτίο, απουσία μη δεσμικών ηλεκτρονίων στη στοιβάδα του σθένους.

ΣΚΛΗΡΕΣ ΒΑΣΕΙΣ: Όταν υπάρχουν άτομα με μικρή ακτίνα, μεγάλη ηλεκτραρνητικότητα, και μεγάλου αριθμού οξείδωσης

$\Sigma+\Sigma \checkmark$

$M+M \checkmark$

$\Sigma+M \times$

$M+\Sigma \times$

# ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΗ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

## Αυτοϊονισμός του διαλύτη

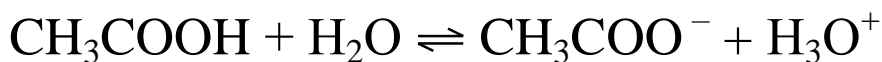


**ΟΞΥ:** Κάθε ουσία που αυξάνει τη συγκέντρωση του κατιόντος

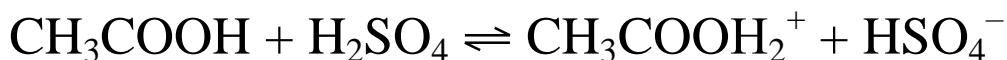
**ΒΑΣΗ:** >> >> ανιόντος

(χαρακτηρισμός σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο διαλύτη)

Το  $\text{CH}_3\text{COOH}$  στο νερό είναι οξύ



ενώ στο  $\text{H}_2\text{SO}_4$  βάση



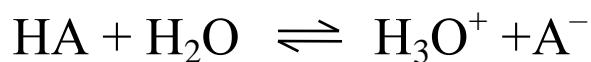
Φαινόμενο εξίσωσης διάστασης:

Όταν ο διαλύτης είναι βάση, τα οξικό και νιτρικό οξύ παρουσιάζουν την ίδια ισχύ

Η αμμωνία είναι **εξισωτής** και το νερό **διαφοροποιητής**

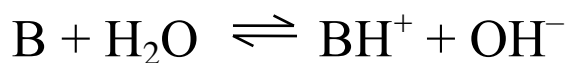
Ασκήσεις κεφ. 14:  
Όλες εκτός  
14.9 -14.14

## ΙΟΝΙΣΜΟΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΟΝΟΠΡΩΤΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΕΩΝ



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K[\text{H}_2\text{O}] = K_\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{σταθερά διαστάσεως ή ιονισμού}$$



$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

## 15.1 Ιονισμός ασθενών μονοπρωτικών οξέων και βάσεων

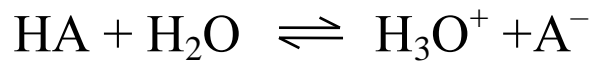
Πίν. 15.1 Σταθερές ιονισμού στους 25°C

Ασθενή οξέα		
Βενζοϊκό	$C_6H_5COOH \rightleftharpoons H^+ + C_6H_5COO^-$	$6,0 \cdot 10^{-5}$
Κυανικό	$HOCN \rightleftharpoons H^+ + OCN^-$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Μυρμηκικό	$HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Νιτρώδες	$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Οξικό	$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Υδραζωτικό	$HN_3 \rightleftharpoons H^+ + N_3^-$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Υδροκυανικό	$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
Υδροφθορικό	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$	$6,7 \cdot 10^{-4}$
Υποβρωμιώδες	$HOBr \rightleftharpoons H^+ + BrO^-$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
Υποχλωριώδες	$HOCl \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$	$3,2 \cdot 10^{-8}$
Χλωριώδες	$HClO_2 \rightleftharpoons H^+ + ClO_2^-$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Ασθενείς βάσεις		
Αμμωνία	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Ανιλίνη	$C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$	$4,6 \cdot 10^{-10}$
Διμεθυλαμίνη	$(CH_3)_2NH + H_2O \rightleftharpoons (CH_3)_2NH_2^+ + OH^-$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Μεθυλαμίνη	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Πυριδίνη	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$	$1,5 \cdot 10^{-9}$
Τριμεθυλαμίνη	$(CH_3)_3N + H_2O \rightleftharpoons (CH_3)_3NH^+ + OH^-$	$7,4 \cdot 10^{-5}$



## Βαθμός Διαστάσεως

$$\alpha = \frac{C \text{ ιονισμένου οξέως ή βάσεως}}{C \text{ ολικό}}$$



$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{C} = \frac{[\text{H}^+]}{C}$$

$$C = [\text{HA}] + [\text{A}^-]$$

2 ειδών προβλήματα:

α) δίνεται το  $\alpha$  και ζητείται το  $K_a$

β) δίνεται το  $K_a$  και ζητείται το  $\alpha$  (ίσως όχι ξεκάθαρα)

Πότε  $\alpha \cdot X \approx \alpha$  : Όταν  $X < 1\% \alpha$

# pH

Σταθερά διαστάσεως του νερού θερμοκρασία ~~ενεργότητα~~

pH	[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]	
14	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>0</sup>	
13	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-1</sup>	↑
12	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-2</sup>	αυξανόμενη
11	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-3</sup>	αλκαλικότητα
10	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-4</sup>	
9	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-5</sup>	
8	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	
7	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>	ουδετερότητα
6	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	
5	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup>	
4	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-10</sup>	
3	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-11</sup>	αυξανόμενη
2	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-12</sup>	οξύτητα
1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-13</sup>	↓
0	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-14</sup>	

→ pH ουδέτερου διαλύματος=6,83

Υπολογίστε τη συγκέντρωση των H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> και OH<sup>-</sup> του ουδέτερου διαλύματος. Υπολογίστε την περιοχή στην οποία κυμαίνονται οι συγκεντρώσεις των H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> και OH<sup>-</sup> στο αίμα του οποίου οι φυσιολογικές τιμές pH κυμαίνονται μεταξύ 7,38 - 7,42.

H

$$\Theta=37\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow K_w = 2,4 \times 10^{-14}$$

Το νικοτινικό οξύ, μια από τις βιταμίνες του συμπλέγματος Β, είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ με μοριακό τύπο  $\text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$ . Με διάλυση 0,492 g νικοτινικού οξέος σε 200 mL ύδατος προκύπτει διάλυμα με pH 3,26. Να υπολογισθεί η σταθερά διαστάσεως και ο βαθμός ιοντισμού του νικοτινικού οξέος.

Υπόδειξη: Υπολογίστε πρώτα τη συγκέντρωση του νικοτινικού οξέος.

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

$$1 \text{ mol } \text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2 = 123,111 \text{ g} \Rightarrow 0,492 \text{ g } \text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2 =$$

$$\frac{0,492 \text{ g}}{123,111 \text{ g/mol}} = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$$

Ο όγκος του διαλύματος είναι 200 mL ή 0,200 L. Συνεπώς, η συγκέντρωση είναι:

$$\frac{4,00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,200 \text{ L}} = 0,0200 \text{ M}$$

$$\text{pH} = 3,26 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,26} = 5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Το  $\text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$  ως ασθενές μονοπρωτικό οξύ δίσταται στο νερό σύμφωνα με την εξίσωση:

	$\text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$	+ $\text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_3\text{O}^+$	+ $\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2^-$
Αρχικές συγκεντρώς.	0,0200 M			0	0
Μεταβολές διάστασης	$-5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$			$5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$	$5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$
Συγκεντρώσεις ισορρ.	$(0,0200 \text{ M} - 5,5 \times 10^{-4} \text{ M})$ $= 0,0190 \text{ M}$			$5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$	$5,5 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HC}_6\text{H}_4\text{NO}_2]} = \frac{(5,5 \times 10^{-4} \text{ M}) \times (5,5 \times 10^{-4} \text{ M})}{0,019 \text{ M}} = \frac{3,025 \times 10^{-7}}{0,019} \text{ M} = 1,6 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\alpha = \frac{[\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2^-]}{C} = \frac{5,5 \times 10^{-4} \text{ M}}{0,0200 \text{ M}} = 0,028 \text{ ή } 2,8 \%$$

Το δραστικό συστατικό της ασπιρίνης είναι το ακετυλοσαλικυλικό οξύ,  $\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4$ , ένα μονοπρωτικό οξύ με  $K_a = 3,3 \times 10^{-4}$  στους  $25^\circ\text{C}$ . Ποιο είναι το pH διαλύματος που προκύπτει με διάλυση δύο δισκίων ασπιρίνης, καθένα από τα οποία περιέχει 0,325 g ακετυλοσαλικυλικού οξέος, σε 250 mL ύδατος;

Υπόδειξη: Υπολογίστε πρώτα τη συγκέντρωση του ακετυλοσαλικυλικού οξέος

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο διάλυμα διαλύονται  $2 \times 0,325 \text{ g} = 0,650 \text{ g HC}_9\text{H}_7\text{O}_4$

$1 \text{ mol HC}_9\text{H}_7\text{O}_4 = 180,160 \text{ g} \Rightarrow 0,650 \text{ g HC}_9\text{H}_7\text{O}_4 =$

$$= \frac{0,650 \text{ g}}{180,160 \text{ g/mol}} = 3,61 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Ο όγκος του διαλύματος είναι 250 mL ή 0,250 L. Συνεπώς, η συγκέντρωση είναι:

$$\frac{3,61 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 1,44 \times 10^{-2} \text{ M}$$

Το  $\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4$  ως ασθενές μονοπρωτικό οξύ δίσταται στο νερό σύμφωνα με την εξίσωση

	$\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	+	$\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-(\text{aq})$
Αρχικές συγκεντρώσεις	$1,44 \times 10^{-2}$				0		0
Μεταβολές λόγω διάστασης	-x				+x		+x
Συγκεντρώσεις ισορροπίας	$1,44 \times 10^{-2} - x$				x		x

Αντικαθιστώντας τις συγκεντρώσεις ισορροπίας στην έκφραση της  $K_a$  λαμβάνουμε:

$$K_a = \frac{x^2}{1,44 \times 10^{-2} - x} = 3,3 \times 10^{-4}$$

Κάνουμε την προσέγγιση  $1,44 \times 10^{-2} - x \cong 1,44 \times 10^{-2}$ , και βρίσκουμε  $x = 2,2 \times 10^{-3}$ . Ελέγχουμε την ορθότητα της προσέγγισης και βλέπουμε ότι  $x \cong 15\%$  του  $1,44 \times 10^{-2}$

ΟΠΟΤΕ, θα πρέπει να λύσουμε την εξίσωση 2ου βαθμού

$$x^2 + (3,3 \times 10^{-4})x - (4,8 \times 10^{-6}) = 0.$$

Από τις δύο ρίζες, κρατάμε μόνο τη θετική, αφού η αρνητική δεν έχει φυσική σημασία:

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,0 \times 10^{-3} \text{ M}, \text{ οπότε } \text{pH} = -\log [2,0 \times 10^{-3}] = 2,70$$

Αν κάναμε την προσέγγιση θα είχαμε 10% σφάλμα.

Γενικά ισχύει ότι, αν  $C_a / K_a > 100$ , το σφάλμα είναι μικρότερο από 5% και μπορούμε να κάνουμε τη σχετική προσέγγιση. ( $C_a$  = η αρχική συγκέντρωση του οξέος)

Σε διάλυμα το οποίο περιέχει  $1,0 \times 10^{-2} M$   $\text{AgNO}_3$  και  $2,0 \times 10^{-2} M$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  προστίθεται, υπό ανάδευση, στερεό  $\text{NaCl}$ . Δεχόμενοι ότι κατά την προσθήκη  $\text{NaCl}$  δεν μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος, πόση θα πρέπει να γίνει η συγκέντρωση του  $\text{NaCl}$  για να αρχίσει η καθίζηση του  $\text{PbCl}_2$  και πόση για να αρχίσει η καθίζηση του  $\text{AgCl}$ ; Ποιο από τα δύο άλατα θα καταβυθισθεί πρώτο;

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η εξίσωση ισορροπίας και η  $K_{sp}$  για την καθίζηση του  $\text{AgCl}$  και του  $\text{PbCl}_2$  είναι:



Η καθίζηση των αλάτων αρχίζει, όταν για το γινόμενο των ιόντων  $Q$  ισχύει  $Q > K_{sp}$  (Κριτήριο Καθιζήσεως), οπότε:

$$\begin{aligned} \text{AgCl: } Q &= [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = (1,0 \times 10^{-2}) \times [\text{Cl}^-] > 1,8 \times 10^{-10} \\ &\Rightarrow [\text{Cl}^-] > \mathbf{1,8 \times 10^{-8} M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PbCl}_2: Q &= [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = (2,0 \times 10^{-2}) \times [\text{Cl}^-]^2 > 1,6 \times 10^{-5} \\ &\Rightarrow [\text{Cl}^-]^2 > 8,0 \times 10^{-4} \Rightarrow [\text{Cl}^-] > \mathbf{2,8 \times 10^{-2} M} \end{aligned}$$

Επειδή το  $\text{NaCl}$ , ως ισχυρός ηλεκτρολύτης, δίσταται πλήρως στο νερό και επειδή 1 τυπική μονάδα  $\text{NaCl}$  παρέχει 1 ιόν  $\text{Cl}^-$ , οι παραπάνω συγκεντρώσεις  $\text{Cl}^-$  είναι οι ζητούμενες.

Εξάλου, αφού  $1,8 \times 10^{-8} M < 2,8 \times 10^{-2} M$ , κατά τη σταδιακή προσθήκη  $\text{NaCl}$  στο διάλυμα, το  $\text{AgCl}$  θα καταβυθισθεί πριν από το  $\text{PbCl}_2$ .

Δείκτης	pK	Περιοχή pH αλλαγής χρώματος	Χρώμα	
			όξινο περιβάλλον	αλκαλικό περιβάλλον
Ερυθρό κρεσόλης		0,2-1,8	κόκκινο	κίτρινο
Μπλε θυμόλης (όξινο πεδίο)	1,6	1,1-2,8	κόκκινο	κίτρινο
Πορτοκαλί τού μεθυλίου	3,5	3,1-4,5	κόκκινο	κίτρινο
Πράσινο βρωμοκρεσόλης	4,9	3,8-5,5	κίτρινο	μπλε
Ερυθρό τού μεθυλίου	5,0	4,2-6,3	κόκκινο	κίτρινο
Ηλιοτρόπιο	7,0	5,0-8,0	κόκκινο	μπλε
Μπλε βρωμοθυμόλης	7,3	6,0-7,6	κίτρινο	μπλε
Μπλε θυμόλης (βασικό πεδίο)	9,0	8,0-9,6	κίτρινο	μπλε
Φαινολοφθαλείνη	9,5	8,3-10,0	άχρωμο	κόκκινο
Κίτρινο αλιζαρίνης		10,0-12,1	κίτρινο	κόκκινο

Τι είναι η επίδραση κοινού ιόντος

Τι είναι ρυθμιστικό διάλυμα?

Υπολογισμός του pH ρυθμιστικού διαλύματος (περιορισμοί)

Πότε γίνεται μέγιστη η ρυθμιστική ικανότητα

$$\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$$

Ιονισμός πολυπρωτικών οξέων

Γιατί το CO<sub>2</sub> και SO<sub>2</sub> κάνουν όξινα διαλύματα?

Υδρόλυση

Άλας προερχόμενο από εξουδετέρωση

- α) Ισχυρή βάση & Ισχυρό οξύ pH=7
- β) Ισχυρή βάση & Ασθενές οξύ pH>7
- γ) Ασθενή Βάση & Ισχυρό οξύ pH<7
- δ) Ασθενή βάση & Ασθενές οξύ ?



## 15. ΙΟΝΤΙΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ

15.1. Ιονισμός ασθενών μονοπρωτικών οξέων και βάσεων  
παράδειγμα υπολογισμών νικοτινικό οξύ

15.2. Ιονισμός νερού pH  
θυμίζουμε τα σχετικά με ενεργότητα

15.3. Δείκτες  
Πίνακας (ασθενή οξέα 1:100) ηλιοτρόπιο  $K=10^{-7}$   
Κόκκινο (HIn) Μπλέ (In<sup>-</sup>)

15.4. Ρυθμιστικά δ/τα  
θυμίζουμε την ανάλυση που κάναμε πριν τις διακοπές (ύλη από το τετράδιο)

15.5. Ιονισμός πολυπρωτικών οξέων  
Θυμίζουμε: σχετική ισχύς 1<sup>ης</sup> 2<sup>ης</sup> 3<sup>ης</sup> διάστασης (διαφάνεια από βιβλίο)  
Υπολογισμοί: θυμίζουμε τα σχετικά με το H<sub>2</sub>S το παράδειγμα σελ.484

15.6. Υδρόλυση  
Διαφάνεια (συνοπτικά χωρίς βαθμούς υρόλυσης)

15.7. Ογκομετρήσεις  
Ύλη γνωστή από εργαστήριο

15.8. Γινόμενο διαλυτότητας  
Σχέση K<sub>sp</sub> και διαλυτότητας  
$$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$$

Παράγοντες που επηρεάζουν την διαλυτότητα:

- α) κοινό ιόν
  - β) μη κοινό ιόν
  - γ) υδρόλυση
  - δ) θερμοκρασία αλλάζει την σταθερά K<sub>sp</sub>
- Κριτήριο σχηματισμού ιζήματος  
Παράδειγμα NaBr & NaCl

15.9. Ισορροπίες που περιλαμβάνουν σύμπλοκα ιόντα



# ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ