

# Ορισμοί – Ρυθμιστικά συστήματα

**Χαράλαμπος Μηλιώνης**  
**Αναπληρωτής Καθηγητής Παθολογίας**  
**Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**



# Οξέα/Βάσεις - Ορισμοί

- **Ορισμός #1: Arrhenius (κλασικός, 1887)**

**Οξέα** – παράγουν ιόντα  $H^+$

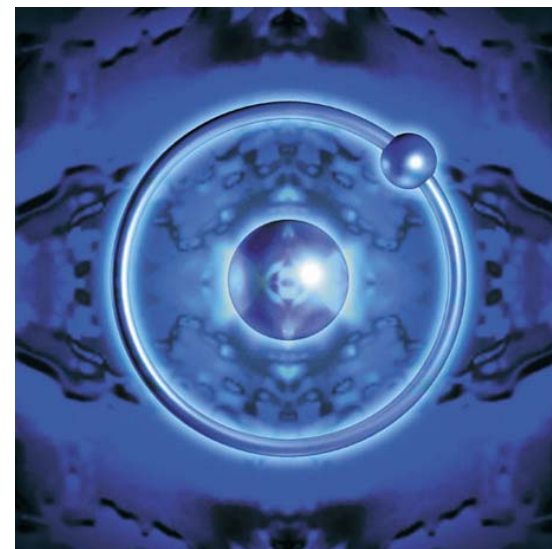
**Βάσεις** – παράγουν ιόντα  $OH^-$

# Οξέα/Βάσεις - Ορισμοί

- **Ορισμός #2: Brønsted – Lowry / 1922**

**Οξέα** – δότες πρωτονίων

**Βάσεις** – δέκτες πρωτονίων



# Οξέα/Βάσεις - Ορισμοί

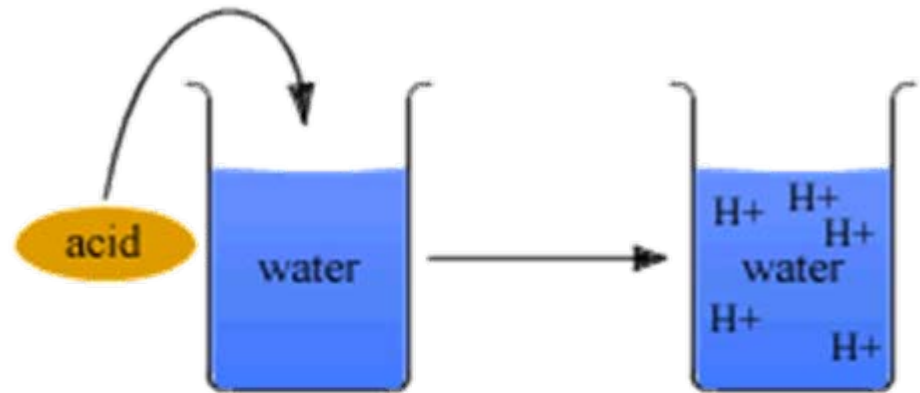
## Ορισμός #3 – Lewis

**Οξύ** – μια ένωση που δέχεται  
ένα ζεύγος ηλεκτρονίων

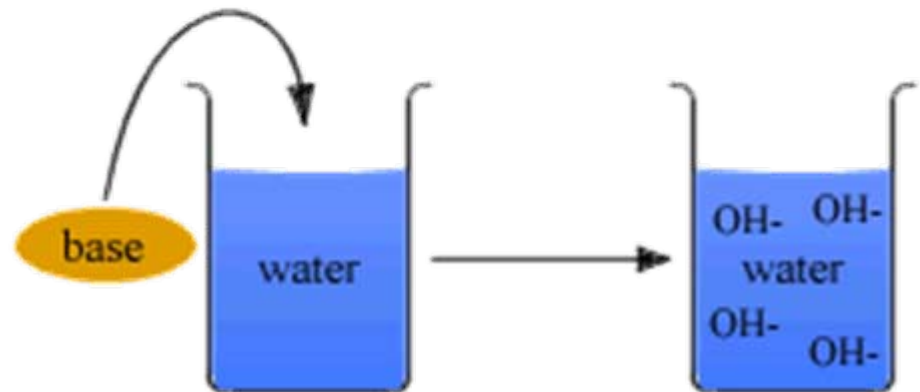
**Βάση** – μια ένωση που  
δίνει ένα ζεύγος  
ηλεκτρονίων

# Ιόντα: Οξέα & Βάσεις

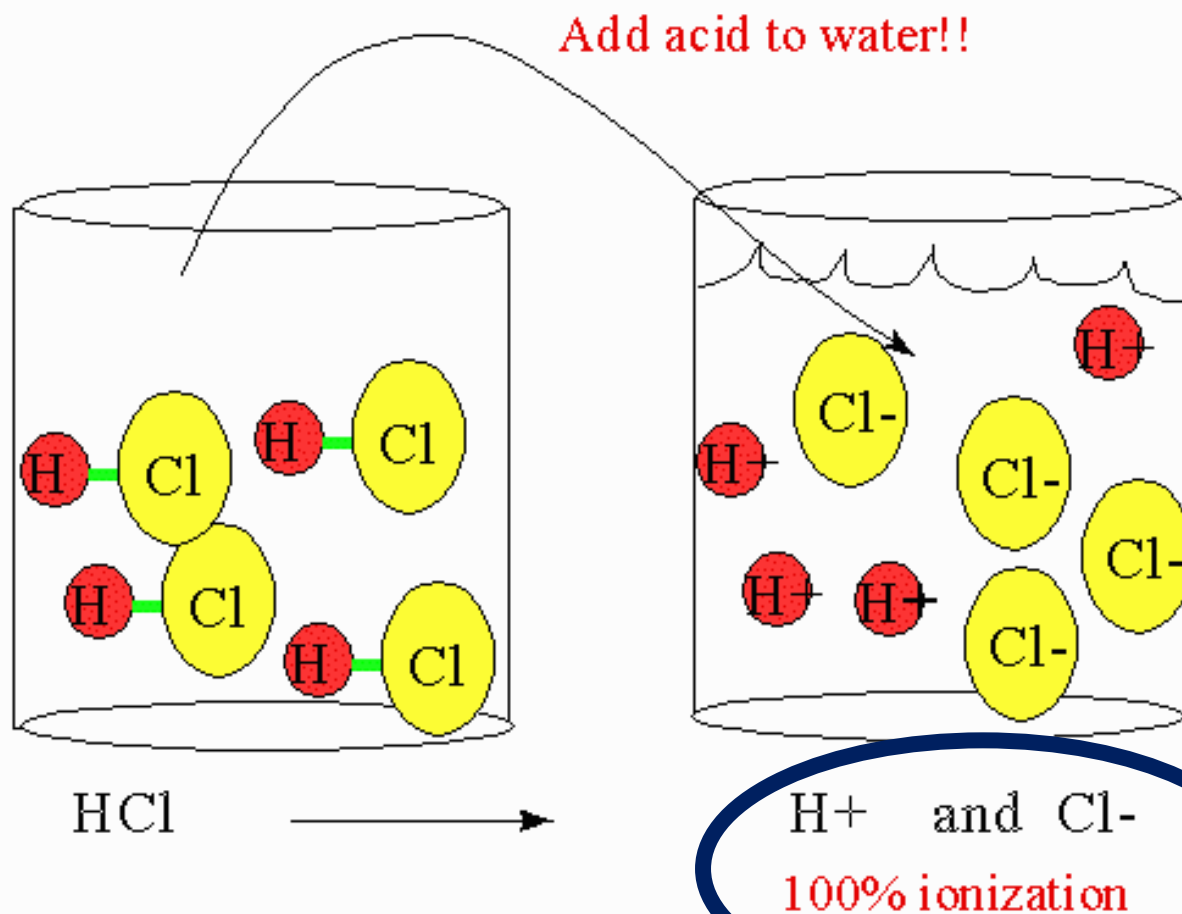
**Οξύ** είναι ένα ιοντικό σύμπλοκο που απελευθερώνει ιόντα **υδρογόνου ( $H^+$ )** σε υδατικό διάλυμα.



**Βάση** είναι ένα ιοντικό σύμπλοκο που απελευθερώνει ιόντα **υδροξυλίου ( $OH^-$ )** σε υδατικό διάλυμα.

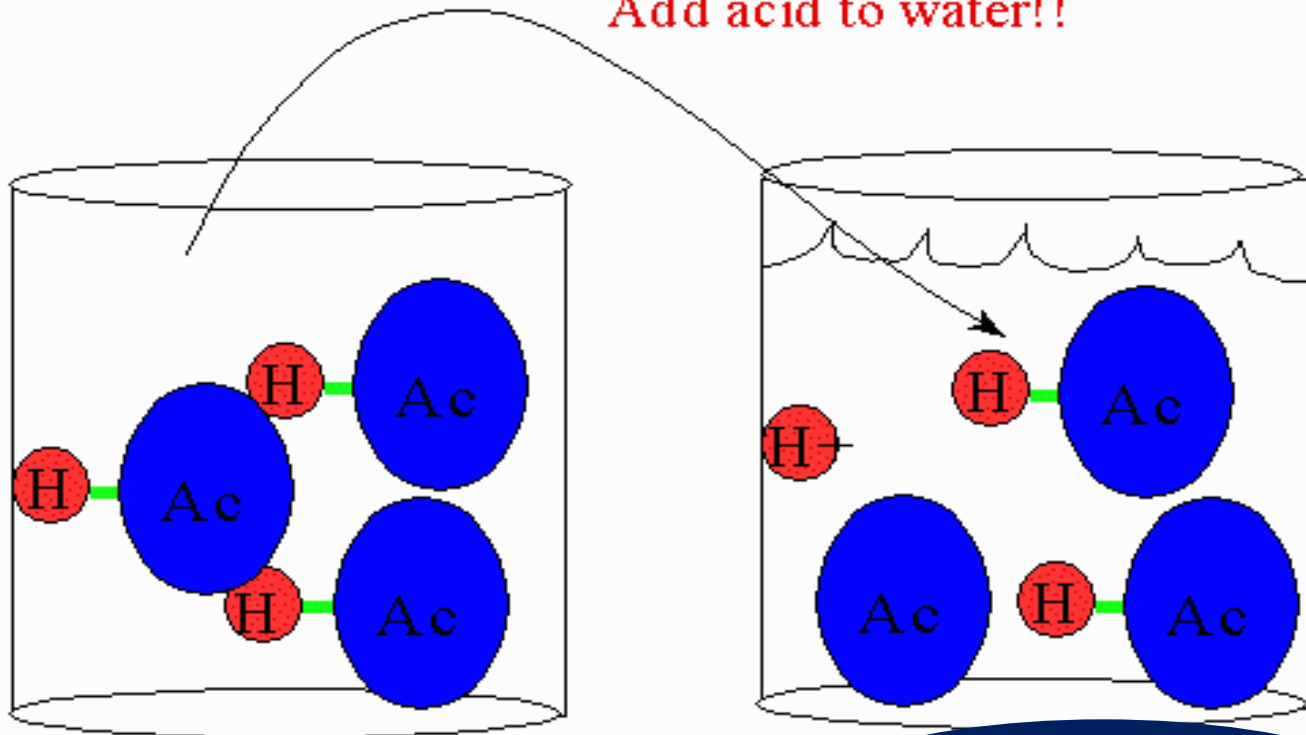


Strong acids completely dissociate in water.



Weak acids DO NOT completely dissociate in water.

Add acid to water!!

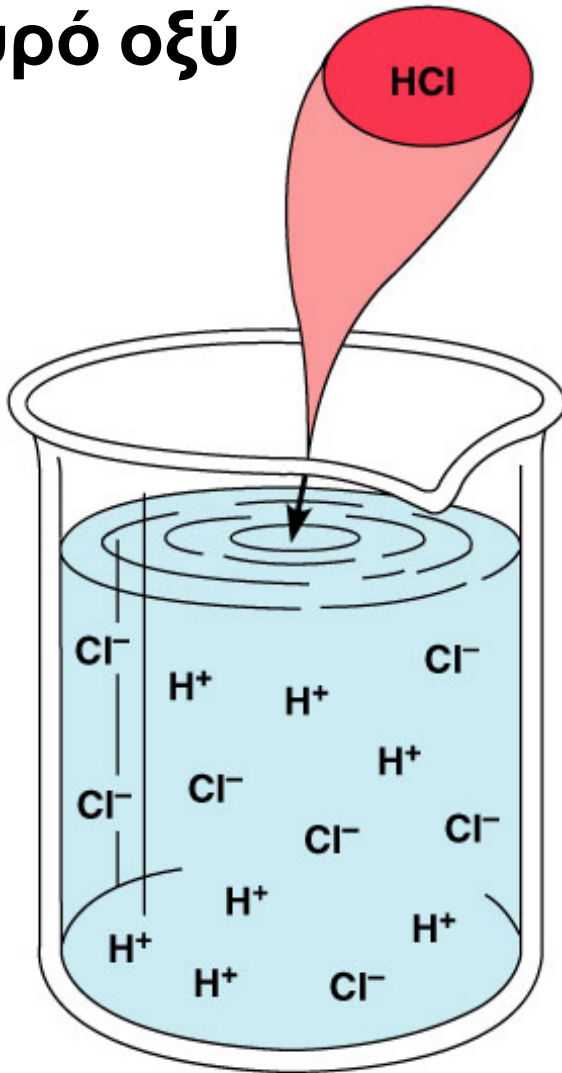


HAc

HAc = acetic acid =  $\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$

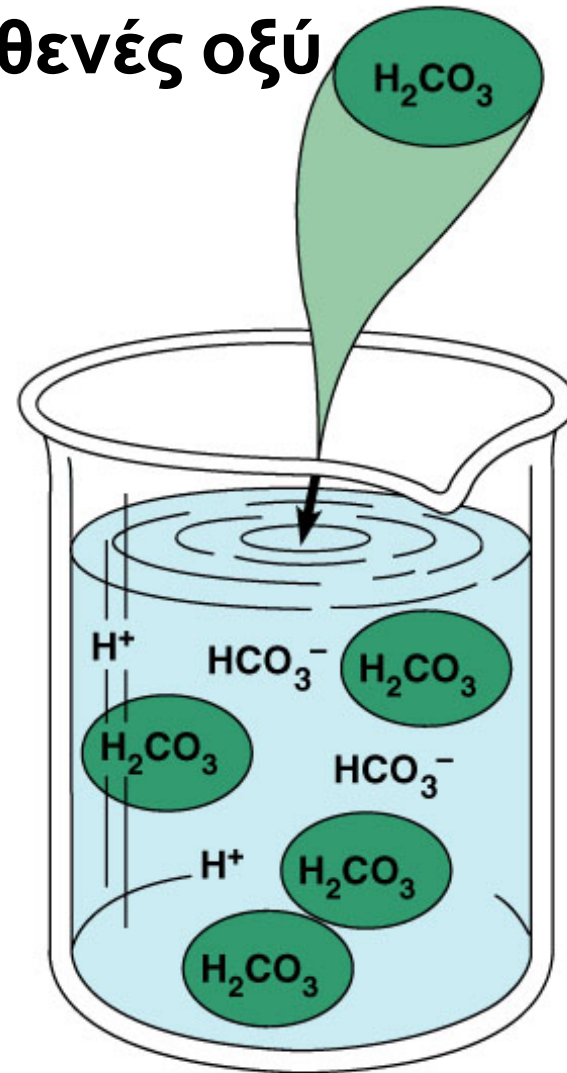
H<sup>+</sup> and Ac and HAc  
partial ionization

# Ισχυρό οξύ



(a)

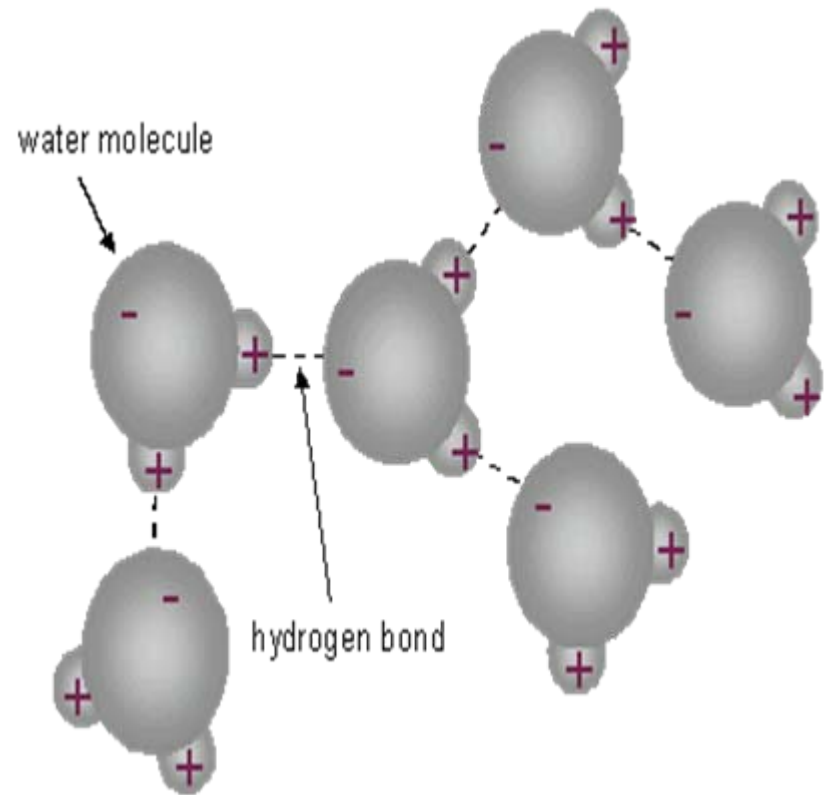
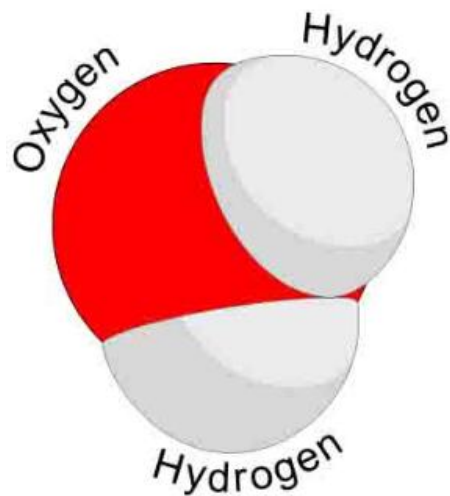
# Ασθενές οξύ



(b)

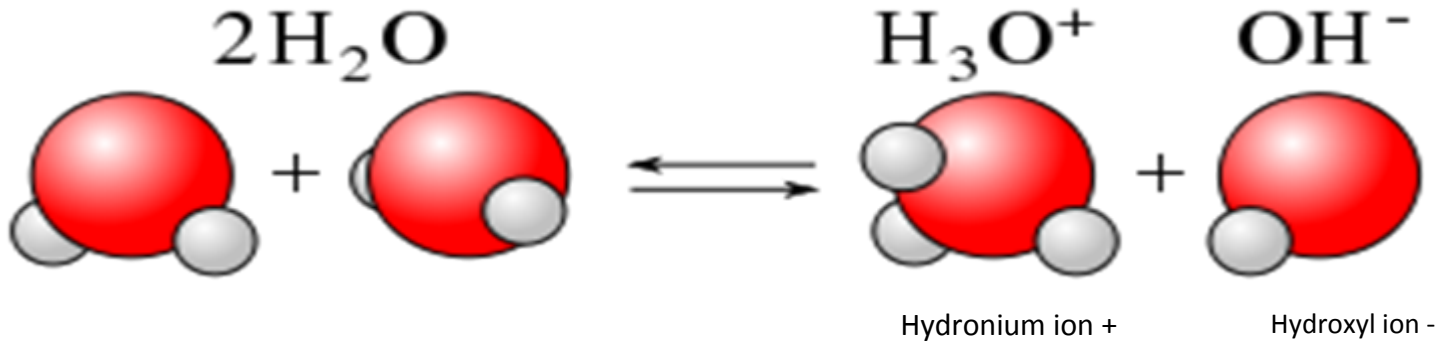
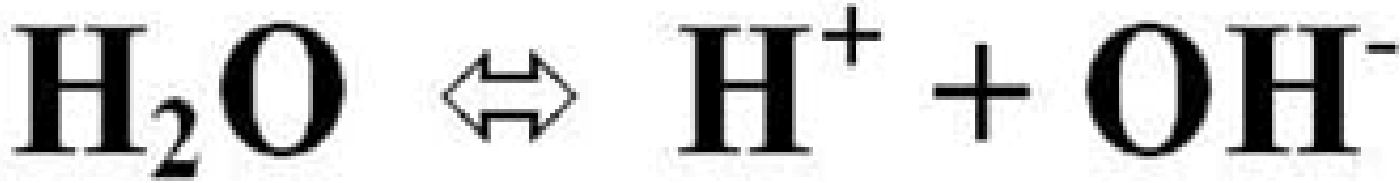


# Χαρακτηριστικό του ύδατος... μπορεί να σχηματίσει οξέα & βάσεις



# Διεύρυνση του

κλίμακας



ταγμένον νερό έχει ιόνες συγκεντρώσει

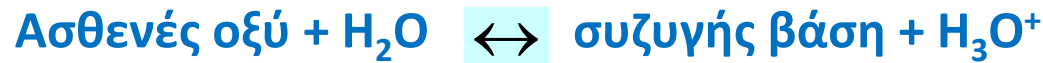
Οξέα: Περίσσεια  $\text{H}^+$  σε υδατικό διάλυμα

βάσεις: Περίσσεια  $\text{OH}^-$  σε υδατικό διάλυμα

οξέα & βάσεις αλληλοεξουδετερώνονται

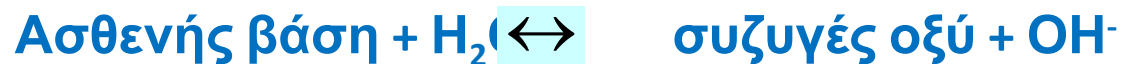
# Ιοντισμός ασθενών οξέων και βάσεων

- **Ασθενές οξύ:** το οξύ που ιοντίζεται μερικώς στο νερό



Ρυθμιστικό διάλυμα

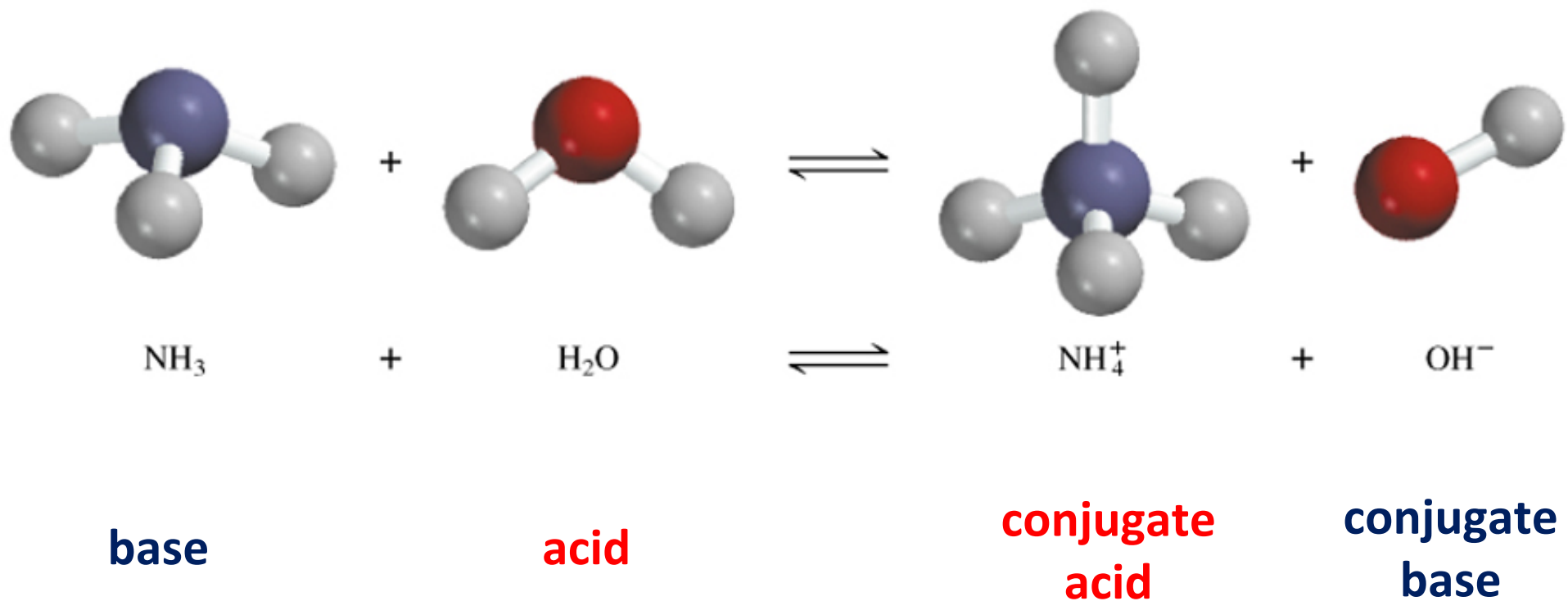
- **Ασθενής βάση:** η βάση που ιοντίζεται μερικώς στο νερό

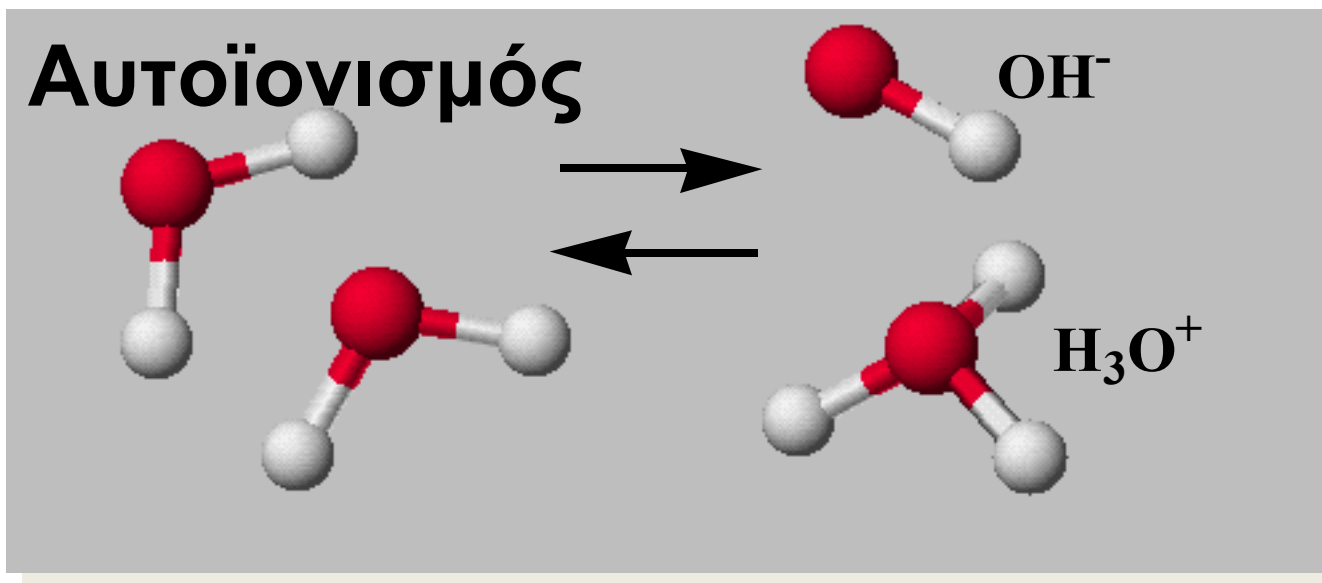


Ρυθμιστικό διάλυμα

A Brønsted-Lowry **acid** is a proton donor

A Brønsted-Lowry **base** is a proton acceptor





$$K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-14} \text{ στους } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Σε ουδέτερο διάλυμα  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

$$\rightarrow K_w = [\text{H}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2$$

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



# Η κλίμακα του pH = λογαριθμική

Η μεταβολή κατά  
μία μονάδα του  
pH  
= 10πλάσια  
μεταβολή της  
[H<sup>+</sup>]

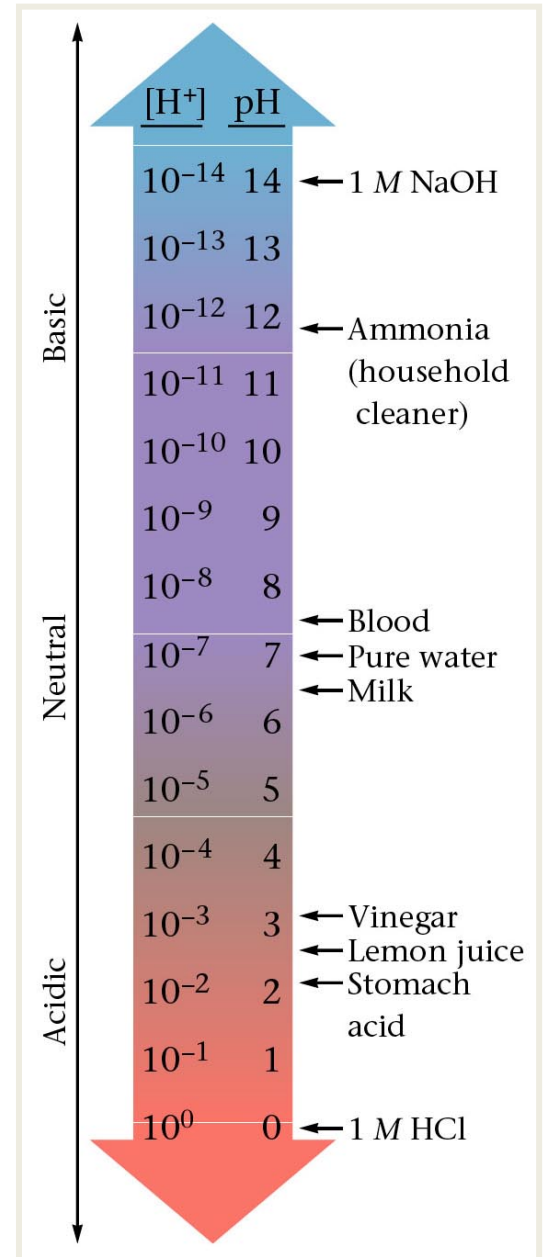
pH	Hydronium ion concentration (moles/L)
1	.1 (1 × 10 <sup>-1</sup> )
2	.01 (1 × 10 <sup>-2</sup> )
3	.001 (1 × 10 <sup>-3</sup> )
4	.0001 (1 × 10 <sup>-4</sup> )
5	.00001 (1 × 10 <sup>-5</sup> )
6	.000001 (1 × 10 <sup>-6</sup> )
7	.0000001 (1 × 10 <sup>-7</sup> )
8	.00000001 (1 × 10 <sup>-8</sup> )
9	.000000001 (1 × 10 <sup>-9</sup> )
10	.0000000001 (1 × 10 <sup>-10</sup> )
11	.00000000001 (1 × 10 <sup>-11</sup> )
12	.000000000001 (1 × 10 <sup>-12</sup> )
13	.0000000000001 (1 × 10 <sup>-13</sup> )
14	.00000000000001 (1 × 10 <sup>-14</sup> )

Η κλίμακα του pH αποτελεί τον τρόπο έκφρασης των συγκεντρώσεων των οξέων και των βάσεων. Αντί πολύ μικρών αριθμών, προκρίνεται η χρήση του αρνητικού δεκαδικού λογάριθμου της συγκέντρωσης του  $H^+$  (ή του  $OH^-$ ).

$< 7 =$  όξινο

$7 =$  ουδέτερο

$> 7 =$  αλκαλικό





# pH ρυθμιστικού διαλύματος HA/A<sup>-</sup>



Αρχικά	C <sub>οξύ</sub>		C <sub>βάση</sub>	
Ιοντίζονται/ παράγονται	-x		+x	+x
Ιοντική ισορροπία	C <sub>οξύ</sub> -x		C <sub>βάση</sub> +x	+x

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H^+]}{[HA]}$$



$$K_a = \frac{(C_{\text{βάση}} + x) \cdot [H^+]}{(C_{\text{οξύ}} - x)}$$

**Αν α << 0,1 πρακτικά:**

$$C_{\text{οξύ}} - x \approx C_{\text{οξύ}}$$

$$C_{\text{βάση}} + x \approx C_{\text{βάση}}$$

**Και καταλήγουμε:**

$$K_a = \frac{C_{\text{βάση}} \cdot [H^+]}{C_{\text{οξύ}}}$$



$$[H^+] = K_a \frac{C_{\text{οξύ}}}{C_{\text{βάση}}}$$

# pH ρυθμιστικού διαλύματος

$$[H^+] = K_a \frac{C_{οξύ}}{C_{βάση}}$$



$$-\log[H^+] = -\log K_a - \log \frac{C_{οξύ}}{C_{βάση}}$$



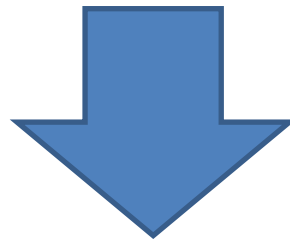
$$pH = pK_a + \log \frac{C_{βάση}}{C_{οξύ}}$$

$$pOH = pK_b + \log \frac{C_{οξύ}}{C_{βάση}}$$

**Εξίσωση Henderson- Hasselbalch**

# Το σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$

- αποτελεί την κύρια εφεδρεία βάσης του εξωκυττάριου χώρου



- χρησιμοποιείται ως **σύστημα αναφοράς για τον υπολογισμό του αρτηριακού pH** με τη μορφή της εξίσωσης Henderson-Hasselbach:



# Εξίσωση Henderson-Hasselbach

$$\text{pH} = 6.10 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{PaCO}_2}$$

# Έλεγχος συμβατότητας των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αερίων αίματος

**Εναλλακτική έκφραση της εξίσωσης  
Henderson-Hasselbach:**

$$[H^+] = 24 \times PaCO_2 / [HCO_3^-]$$

# Φυσιολογικές τιμές pH-I

Το pH είναι ένας τρόπος έκφρασης άκρως μικρών συγκεντρώσεων ενός οξέος σ' ένα διάλυμα

	pH	[H <sup>+</sup> ]
Φυσιολογικές τιμές	7,40	40x10 <sup>-6</sup> mEq/L
Φυσιολογικά όρια	7,37-7,43	43-37x10 <sup>-6</sup> mEq/L
Όρια συμβατά με ζωή	6,8-7,8	159-15x10 <sup>-6</sup> mEq/L

# Φυσιολογικές τιμές των παραμέτρων των οξεοβασικής ισορροπίας

	pH	PCO <sub>2</sub> (mmHg)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)
<b>Αρτηριακό αίμα</b>	<b>7.37-7.43</b>	<b>36-44</b>	<b>22-26</b>
<b>Φλεβικό αίμα</b>	<b>7.32-7.38</b>	<b>42-50</b>	<b>23-27</b>

# pH : 7.35-7.45

- Εάν η τιμή του  $\text{pH} < 7.35 =$  οξυαιμία
- Εάν η τιμή του  $\text{pH} > 7.45 =$  αλκαλαιμία
- Η διεργασία που οδηγεί στη μεταβολή του pH ονομάζεται οξέωση ή αλκάλωση ανάλογα με τον τρόπο που επηρεάζει το pH





**Στον ανθρώπινο οργανισμό παράγονται  
συνεχώς οξέα ( $H^+$ ) μέσω του κυτταρικού  
μεταβολισμού (και σχετικά μικρότερες  
ποσότητες βάσης)**

# Ποσότητες παραγόμενων οξέων

**Μεταβολισμός**

```
graph TD; A[Μεταβολισμός] --> B[Πτητικά (CO2)]; A --> C[Μη πτητικά οξέα];
```

**Πτητικά (CO<sub>2</sub>)**

22,4 Eq (22400 mEq/24ωρο)

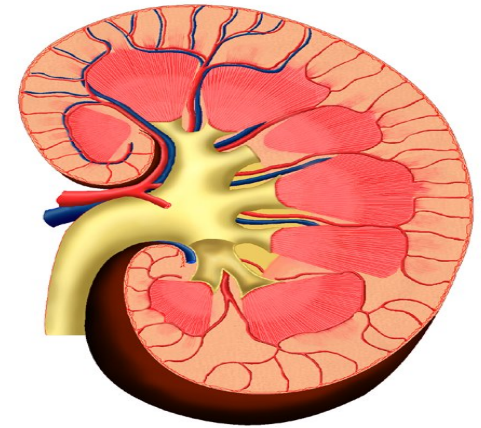
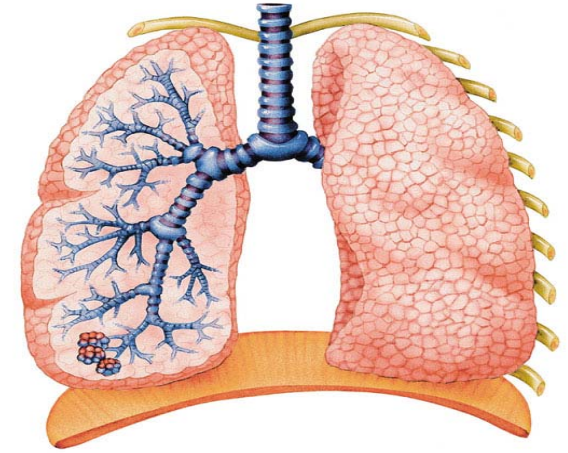
**Μη πτητικά οξέα**

1-1,5 mEq H<sup>+</sup>/kgBΣ/24ωρο

## Καθημερινά παράγονται:

• ~ 200 ml  $\text{CO}_2$  ανά λεπτό ή 288 L/24h → αποβάλλονται με την αναπνοή

• ~ 70 mEq  $\text{H}^+$  (μη πτητικά οξέα) → αποβάλλονται από τους νεφρούς



*"Life is a struggle,  
not against sin,  
not against the Money Power,  
not against malicious animal magnetism,  
but against hydrogen ions."*



H. L. Mencken (1880-1956)



# Σχέση μεταξύ του pH & [H<sup>+</sup>] μέσα σε πλαίσια συμβατά με τη

ζωή

pH

[H<sup>+</sup>] (nmol/L)

---

<b>7.80</b>	<b>16</b>
-------------	-----------

<b>7.70</b>	<b>20</b>
-------------	-----------

<b>7.60</b>	<b>26</b>
-------------	-----------

<b>7.50</b>	<b>32</b>
-------------	-----------

---

<b>7.40</b>	<b>40</b>
-------------	-----------

---

<b>7.30</b>	<b>50</b>
-------------	-----------

<b>7.20</b>	<b>63</b>
-------------	-----------

<b>7.10</b>	<b>80</b>
-------------	-----------

<b>7.00</b>	<b>100</b>
-------------	------------

<b>6.90</b>	<b>125</b>
-------------	------------

<b>6.80</b>	<b>160</b>
-------------	------------



# Σημασία διατήρησης του pH

---

- Δραστηριότητα ενζύμων
  - Κατάσταση ιονισμού ουσιών (όξινων, βασικών)
  - Διαπερατότητα κυτταρικών μεμβρανών
  - Συσταλτικότητα μυοκαρδίου
  - Κατανομή ηλεκτρολυτών ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ )
-

# Ρυθμιστικά συστήματα - Έννοιες

- Ενώ από τον καθημερινό μεταβολισμό παράγονται σημαντικές ποσότητες οξέος, η συγκέντρωση των  $H^+$  στο αίμα είναι πολύ μικρή και παραμένει **σε ιδιαίτερα σταθερά επίπεδα**.
- Η διατήρηση αυτή του pH σε σταθερά επίπεδα **παρά το μεγάλο φορτίο οξέος** που παράγεται καθημερινά οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στη δράση των ρυθμιστικών συστημάτων.



## Η παραγωγή οξέων δε μεταβάλλει το pH του οργανισμού

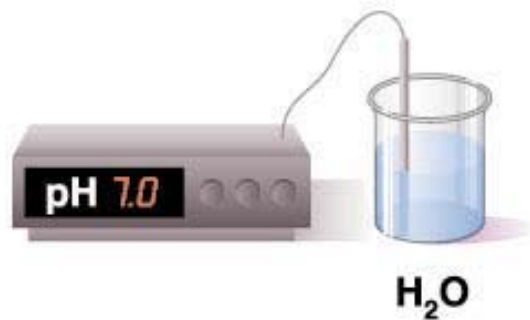
Εξουδετέρωση με 3 διαφορετικούς τρόπους:

- Τα ρυθμιστικά συστήματα - δρουν άμεσα = 1<sup>η</sup> γραμμή προστασίας του οργανισμού
- Το αναπνευστικό σύστημα, - αποβολή του CO<sub>2</sub>  
→ έναρξη δράσης εντός min - h
- Τους νεφρούς - δρουν μέσα σε ώρες έως και ημέρες = ο ισχυρότερος ρυθμιστής

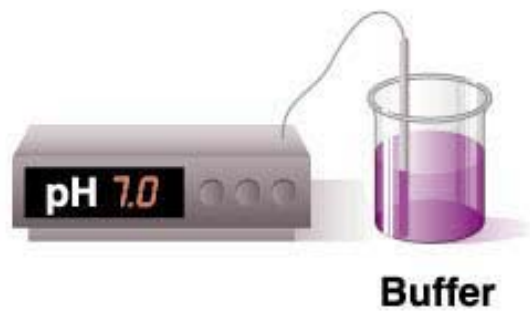




- Τα ρυθμιστικά συστήματα (**buffers**) αποτελούν το σύνολο των ανιόντων, τα οποία προσφέρονται για την εξουδετέρωση των οξέων.



$\text{H}_2\text{O}$



Buffer





# Ρυθμιστικά συστήματα

• Δρουν άμεσα (σε sec) και περιορίζουν τις μεταβολές του pH

• Αποτελούνται από 2 ή περισσότερα συστατικά:

- ένα ασθενές οξύ και τη συζυγή του βάση [ή το άλας της] ή
- μία ασθενή βάση και το συζυγές της οξύ [ή το άλας της])

# Ρυθμιστικά συστήματα

- $pK$  του ρυθμιστικού συστήματος  $\rightarrow$  υποδηλώνει το  $pH$  του διαλύματος στο οποίο το σύστημα είναι αποτελεσματικότερο

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

- Μέγιστη ρυθμιστική ικανότητα ενός διαλύματος: όταν  $pH = pK$
- Αποτελεσματικότερα συστήματα:  $pK = 6,4 - 8,4$  (ή  $pH = pK \pm 1$ )

# ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ενδοκυττάρια

Εξωκυττάρια

Hb  
( $pK=7-8$ )

Ενδοκυττάρια  
πρωτεϊνών

Οργανικού  
φωσφόρου

Διπτανθρακικών

Κυταρόπλασμα

Διπτανθρακικών

Ανόργανου  
φωσφόρου  
(ούρα)

Πρωτεϊνών  
(κυρίως Λευκωματίνη)

CaCO<sub>3</sub>  
Υδροξυαπατίτη  
(οστά)



# Ρυθμιστικά συστήματα

- Οι **αναπνευστικές** διαταραχές εξουδετερώνονται κυρίως από τα **ενδοκυττάρια** ρυθμιστικά συστήματα
- Οι **μεταβολικές** διαταραχές εξουδετερώνονται από τα **εξωκυττάρια**

# Ρυθμιστικά συστήματα

Η ολική ρυθμιστική ικανότητα των υγρών του οργανισμού είναι περίπου **15 mEq/kgΣΒ** ή **45 mEq/L** ή **1.200 mEq** και είναι αρκετή να αντιρροπήσει την ολική παραγωγή των μη πτητικών οξέων



# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος



Καρβονική ανυδράση





# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος

$pK=6,1$

999 μόρια  $CO_2$  στο διάλυμα : 1 μόριο  $H_2CO_3$



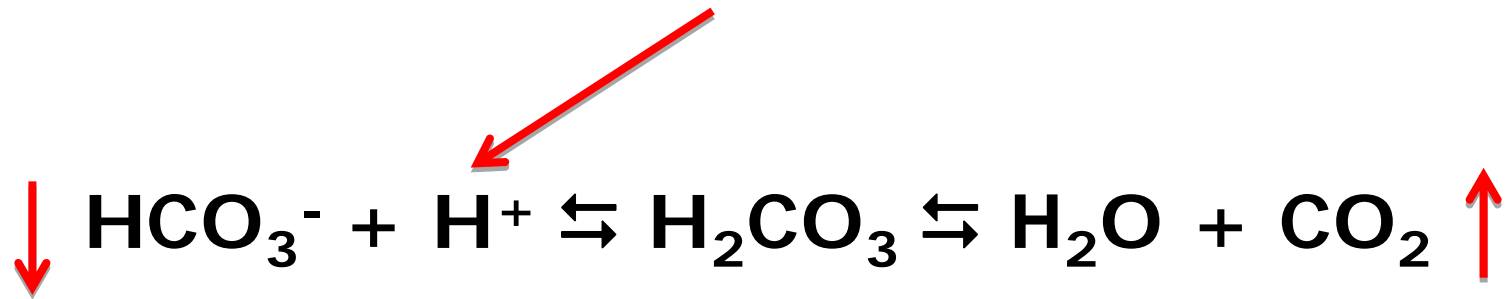


# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος

- Κύρια μορφή **εφεδρείας βάσης** του εξωκυττάριου χώρου
- Διατίθεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις
- Το τελικό προϊόν της εξουδετέρωσης = πτητικό αέριο ( $\text{CO}_2$ )  $\rightarrow$  **αποβάλλεται** διά των πνευμόνων  $\rightarrow$   $P_a\text{CO}_2 = \text{σταθερή}$
- **Διαχέεται** διαμέσου των κυτταρικών μεμβρανών
- Σχετίζεται με τους **πνεύμονες** ( $\text{CO}_2$ ) και με τους **νεφρούς** ( $\text{HCO}_3^-$ )

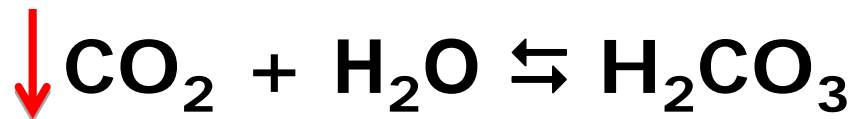
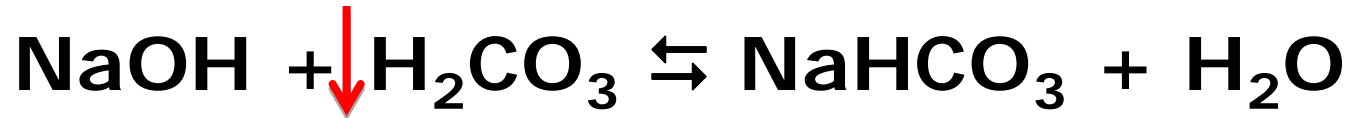


# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος





# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος



**↓ PaCO<sub>2</sub> στο αίμα → καταστολή της αναπνοής →  
↓ ρυθμός αποβολής του CO<sub>2</sub>**

# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος

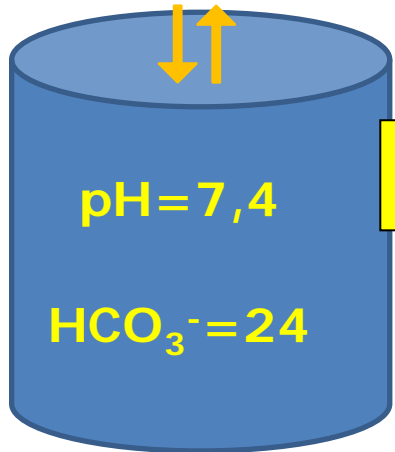
## Το σημαντικότερο ρυθμιστικό σύστημα

- Έχει  $pK = 6,1$
- Βρίσκεται σε αφθονία (ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια)
- Λειτουργεί ως ανοιχτό σύστημα

# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος

Ανοικτό σύστημα

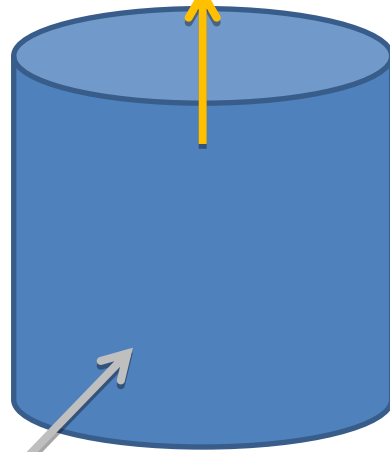
$\text{CO}_2$   
40 mmHg



Κλειστό σύστημα

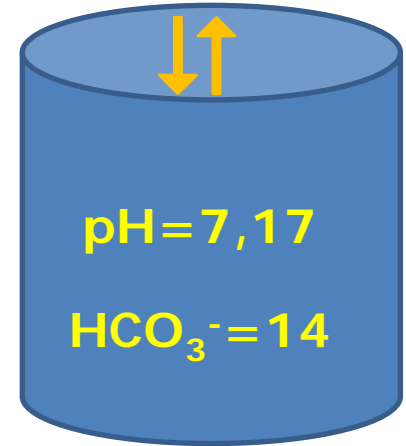
**+ HCl**

$\text{CO}_2$

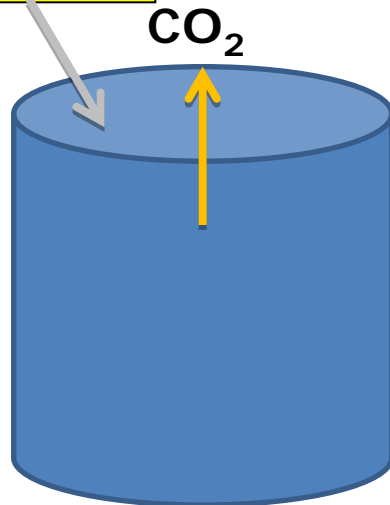


Εξισορρόπηση

$\text{PaCO}_2$   
40 mmHg



$\text{PaCO}_2$   
> 40 mmHg



Έλλειψη  
εξισορρόπησης

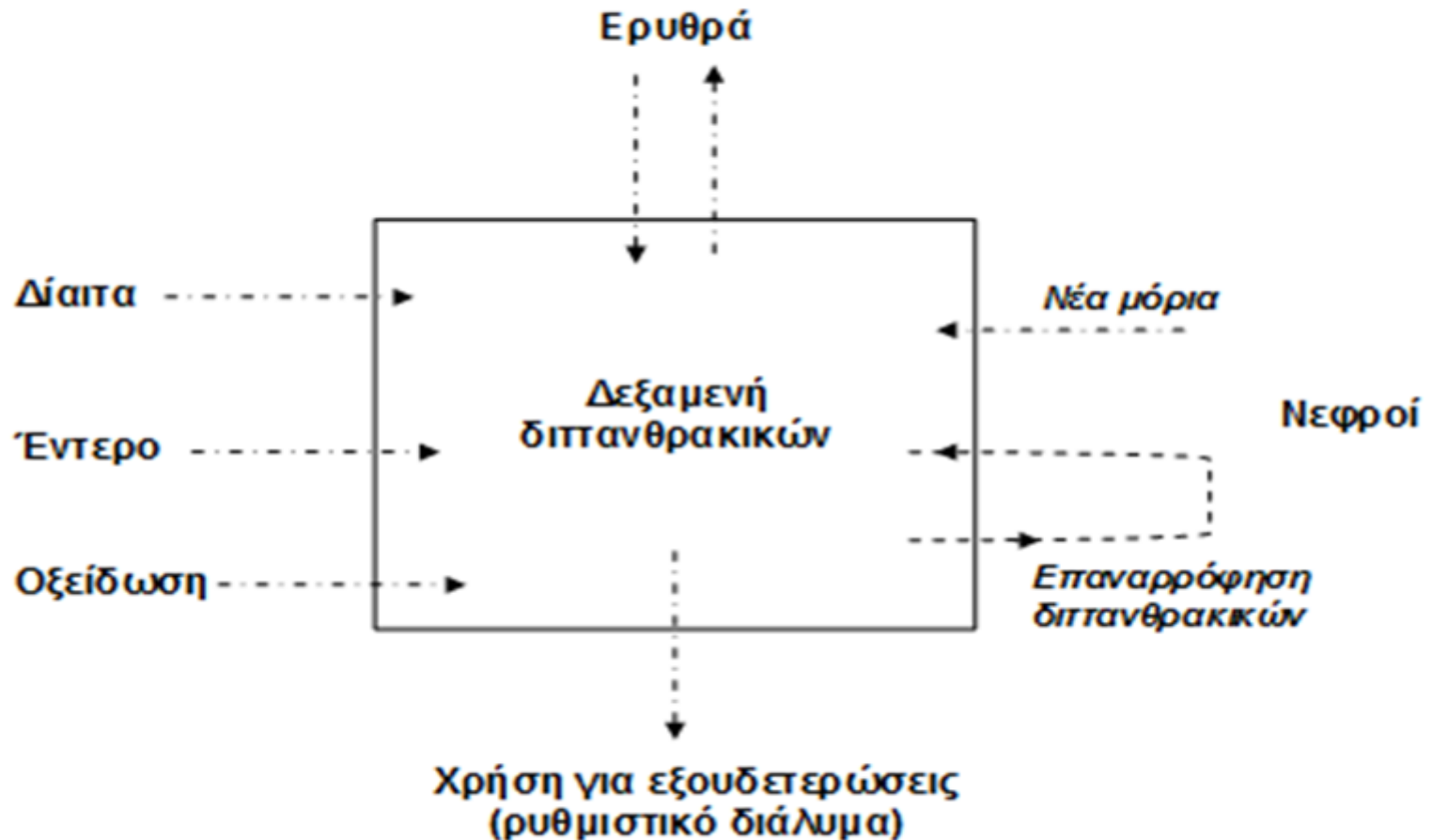
pH=6,9

$\text{HCO}_3^- < 24$

# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος

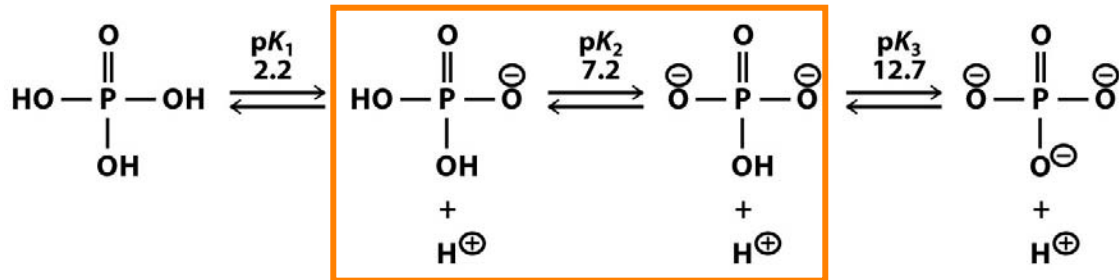
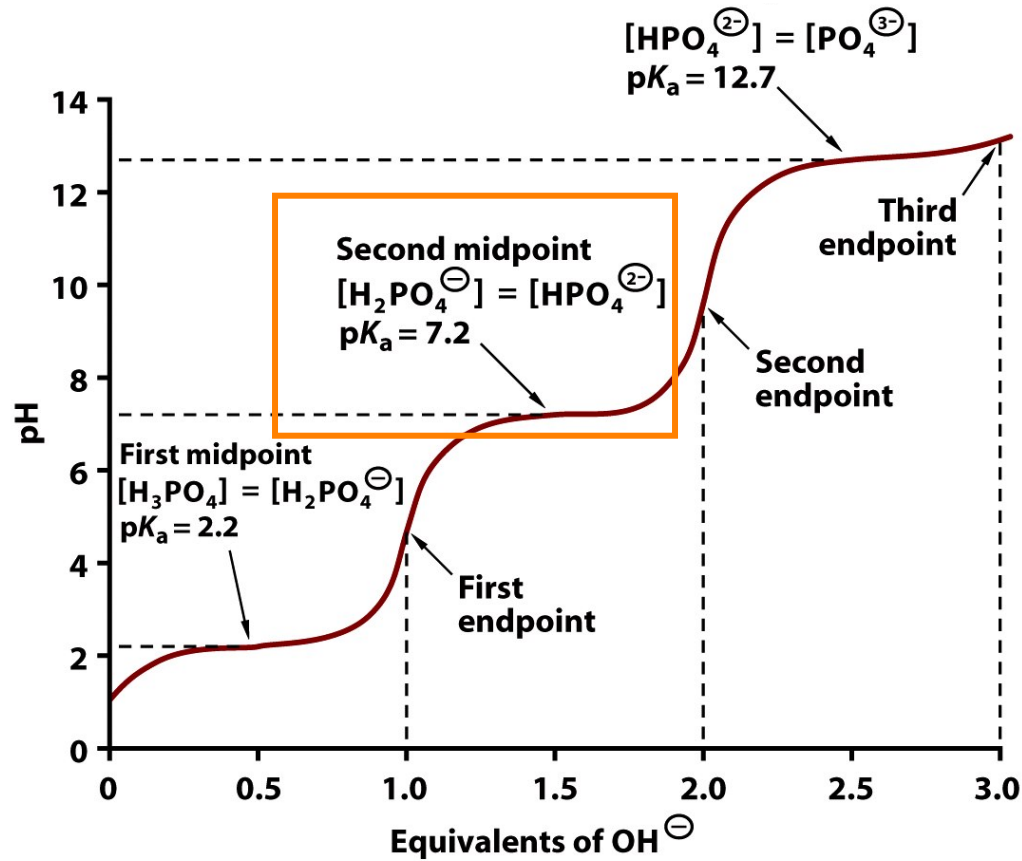
- Χώρος διττανθρακικών =  $24 \times 0,6 \times \Sigma B$
- Άτομο με  $\Sigma B$  70 kg  $\rightarrow$  1080 mEq
- Κατανάλωση σε  $1.080/70$  (mEq  $H^+$ /d) = 14 d
- Αναπλήρωση ?

# Ρυθμιστικό σύστημα του ανθρακικού οξέος





# Phosphate buffering

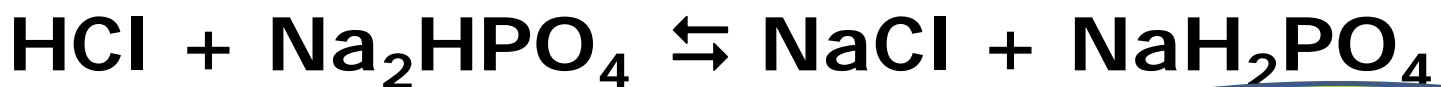


# Ρυθμιστικό σύστημα των φωσφορικών

- Έχει  $pK = 6,8$
- Χαμηλή συγκέντρωση στον εξωκυττάριο χώρο (8% της συγκέντρωσης των  $\text{HCO}_3^-$ )
- Μικρή καθημερινή παραγωγή
- Σημαντικά ρυθμιστικά συστήματα στον ενδοκυττάριο χώρο (2,3-DPG, ATP, ADP, AMP)

# Ρυθμιστικό σύστημα των φωσφορικών

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$  [οξύ] /  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  [βάση]



Ασθενές οξύ




Ασθενής  
βάση



# Ρυθμιστικό σύστημα των φωσφορικών

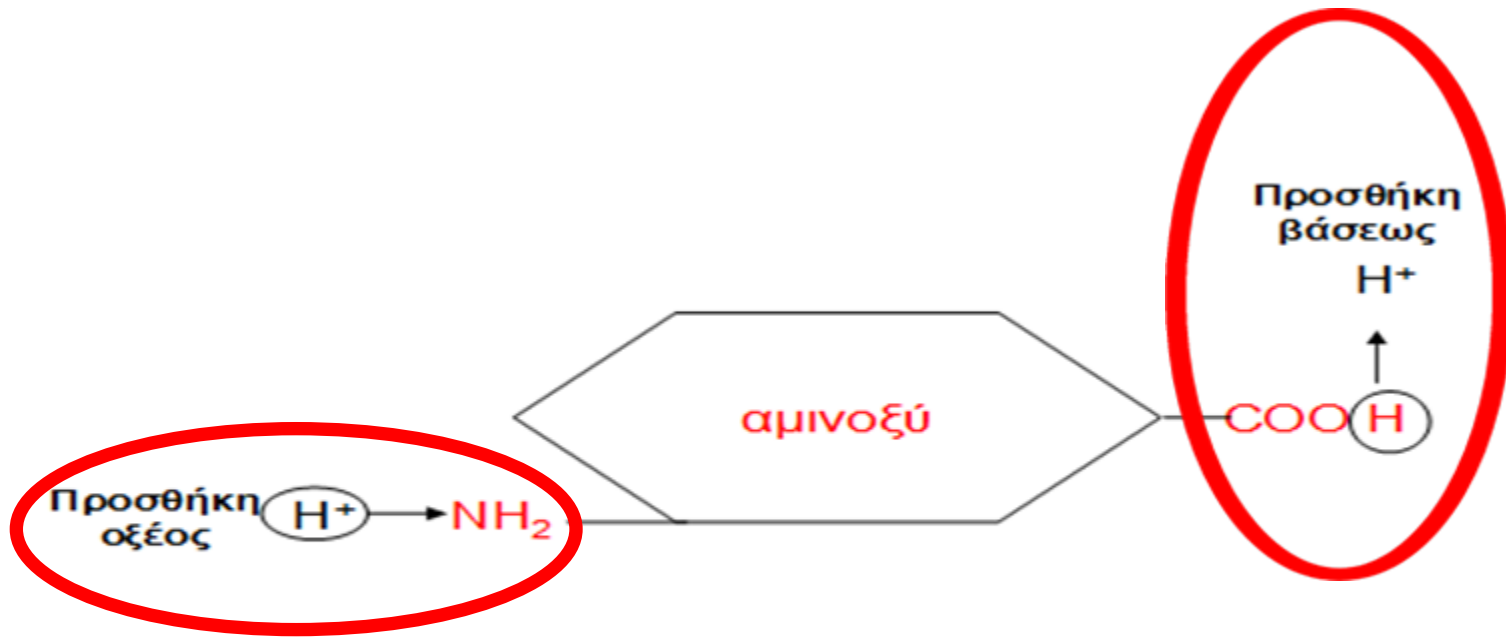
## Σπειραματικό διήθημα

- Μεγάλη συγκέντρωση  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$  (περίπου 50 Eq/L)
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4$  στο πρόουρο  αποβολή τιτλοποιήσιμης οξύτητας

# Ρυθμιστικό σύστημα των πρωτεϊνών

- Συμπεριφέρονται άλλοτε ως βάσεις και άλλοτε ως οξέα (αμφολύτες)
- **Ισοηλεκτρικό σημείο** είναι το pH του διαλύματος, στο οποίο ο αμφολύτης συμπεριφέρεται ως διπολικό ιόν

# Ρυθμιστικό σύστημα των πρωτεϊνών





# Ρυθμιστικό σύστημα των πρωτεϊνών

- Έχει  $pK = 5,4$  έως  $9,4$
- Καλύπτει τα  $\frac{3}{4}$  της ρυθμιστικής ικανότητας του οργανισμού, εξαιτίας της μεγάλης του συγκέντρωσης
- Εντοπίζεται κυρίως **ενδοκυττάρια** (-Hb, ενδοκυττάρια λευκώματα), αλλά και **εξωκυττάρια** (κυρίως η λευκωματίνη)

# Ρυθμιστικό σύστημα των ερυθρών αιμοσφαιρίων

- Τα ερυθρά αιμοσφαίρια διαθέτουν 3 ρυθμιστικά συστήματα
  - Αιμοσφαιρίνη (-Hb)
  - Διττανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ )
  - Φωσφορικά



# Ρυθμιστικό σύστημα των ερυθρών αιμοσφαιρίων

- Το σημαντικότερο ρυθμιστικό σύστημα: η **αναχθείσα αιμοσφαιρίνη** ( $\text{-Hb}$ ) & η **οξυαιμοσφαιρίνη** ( $\text{-HbO}_2$ )

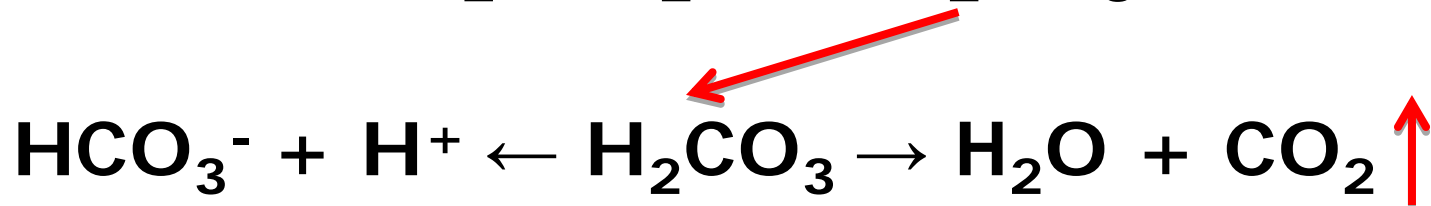
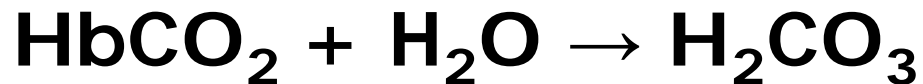
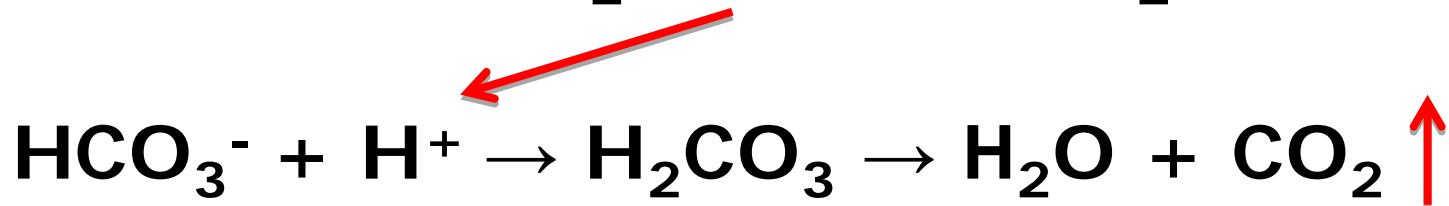
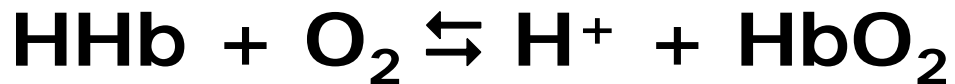


- $\text{pK} = 5,4 - 9,4$
- 2πλάσια συγκέντρωση από τις πρωτεΐνες του πλάσματος & 3 φορές μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα



# Ρυθμιστικό σύστημα των ερυθρών αιμοσφαιρίων

Μεταφορά  $O_2$  από τους πνεύμονες  $\rightarrow$  ιστούς



Εξουδετέρωση 15-20 mEq  $H^+$



# Ρυθμιστικό σύστημα των ερυθρών αιμοσφαιρίων

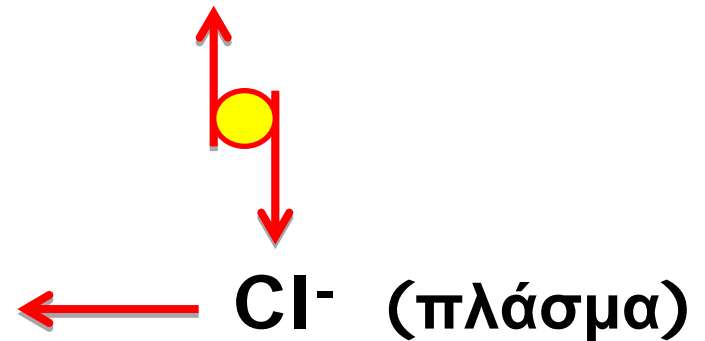
Μεταφορά CO<sub>2</sub> από τους ιστούς → Hb

Είσοδος CO<sub>2</sub> στα ερυθρά αιμοσφαίρια



Καρβονική ανυδράση

Διατήρηση ενδοκυττάριου pH



↑PaCO<sub>2</sub> / ↓pH στο φλεβικό αίμα

# Ρυθμιστικό σύστημα των οστών

## ● Κυτταρικά συστατικά

- Οστεοβλάστες
- Οστεοκλάστες
- Οστεοκύτταρα

## ● Μη κυτταρικά συστατικά

- Οργανική θεμέλια ουσία (95% κολλαγόνο τύπου 1)
- Ανόργανη θεμέλια ουσία (κυρίως κρύσταλλοι αλκαλικού υδροξυαπατίτη- $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$ )



# Ρυθμιστικό σύστημα των οστών

- Τα οστά «**καταβολίζονται**» και παρέχουν ρυθμιστικά διαλύματα, ικανά να εξουδετερώσουν οξέα στον εξωκυττάριο χώρο



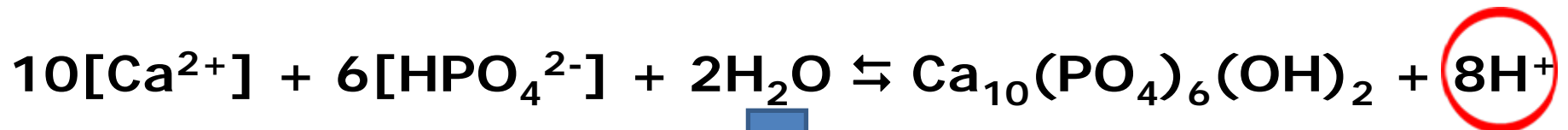
# Ρυθμιστικό σύστημα των οστών

- 1. Φυσικο-χημική διαδικασία (ιοντική ανταλλαγή)**- διέγερση των οστεοκλαστών (σε χρόνια ΜΟ προσλαμβάνουν  $H^+$  και αποδίδουν  $HCO_3^-$  και  $Ca_2^+$ )
- 2. Λύση των κρυστάλλων τους (οστεοκλαστική απορρόφηση των οστών)** – Μέσω *PGs* οι οποίες καταστέλλουν την οστεοβλαστική και διεγείρουν την οστεοκλαστική δραστηριότητα

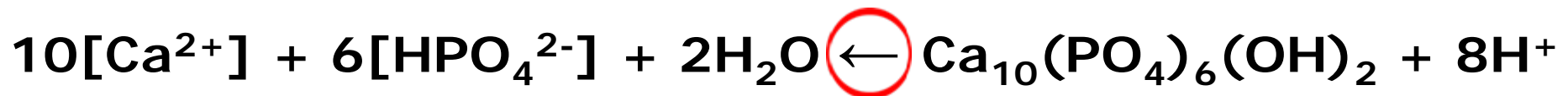


# Ρυθμιστικό σύστημα των οστών

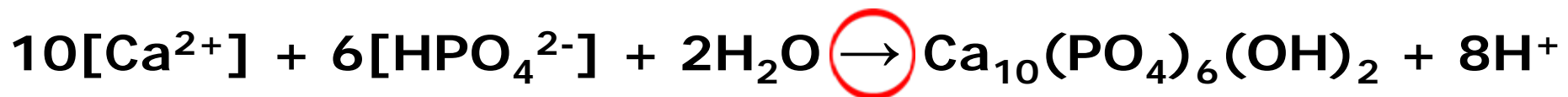
## Υδροξυαπατίτης



Οξέωση



Αλκάλωση



# Ρυθμιστικά συστήματα στον ανθρώπινο οργανισμό

Η διατήρηση **φυσιολογικής ηλεκτροχημικής κατάστασης** στον ενδοκυττάριο και περικυττάριο χώρο είναι απαραίτητη για τη **βιοχημική ισορροπία** της ζωής.

Ο κυτταρικός μεταβολισμός και η ομοιοστασία του οργανισμού είναι **ΣΥΝΥΦΑΣΜΕΝΑ** με την οξεοβασική ισορροπία

Υγρά	Ελάχιστο	Μέγιστο
Αρτηριακό αίμα	7.35	7.45
Φλεβικό αίμα	7.31	7.41
Γαστρικό υγρό	1.20	3.00
Υγρό παχέος εντέρου	7.90	8.00
Ούρα	4.80	8.00



# Ρυθμιστικά συστήματα στον ανθρώπινο οργανισμό

Η διακύμανση του pH, που είναι συμβατή με τη ζωή, **αφορά ένα εύρος τιμών μεταξύ 6.85 και 7.80**. (ανάλογα με την ηλικία και τη διάρκεια της οξεοβασικής διαταραχής).

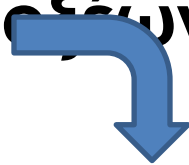
Ο όρος **οξυαιμία** περιγράφει καταστάσεις κατά τις οποίες το pH είναι χαμηλότερο από 7.35.

Με τον όρο **αλκαλαιμία** περιγράφονται καταστάσεις με αύξηση του pH >7.45.

# Ρυθμιστικά συστήματα στον ανθρώπινο οργανισμό

Τα ρυθμιστικά συστήματα αποτελούν άμυνα 1ης γραμμής του οργανισμού για τη διατήρηση του pH και της οξεοβασικής ισορροπίας.

Η προστατευτική τους δράση συνίσταται στη δέσμευση προσλαμβανόμενων ή των ενδογενώς παραγόμενων οξέων ή βάσεων



η μεταβολή του pH είναι μη σημαντική, ενώ συγχρόνως παρέχεται ο χρόνος για την κινητοποίηση και τη δράση του αναπνευστικού και νεφρικού αντισταθμιστικού μηχανισμού.