Università degli Studi Di Milano - Laurea in Scienze Infermieristiche
Polo Didattico "Ospedale Civile Legnano" - AA 2010-2011

Corso di Fisiologia Umana

EQUILIBRIO ACIDO-BASE

Dr. ALBERTO VIGNATI
Medicina Nucleare Legnano

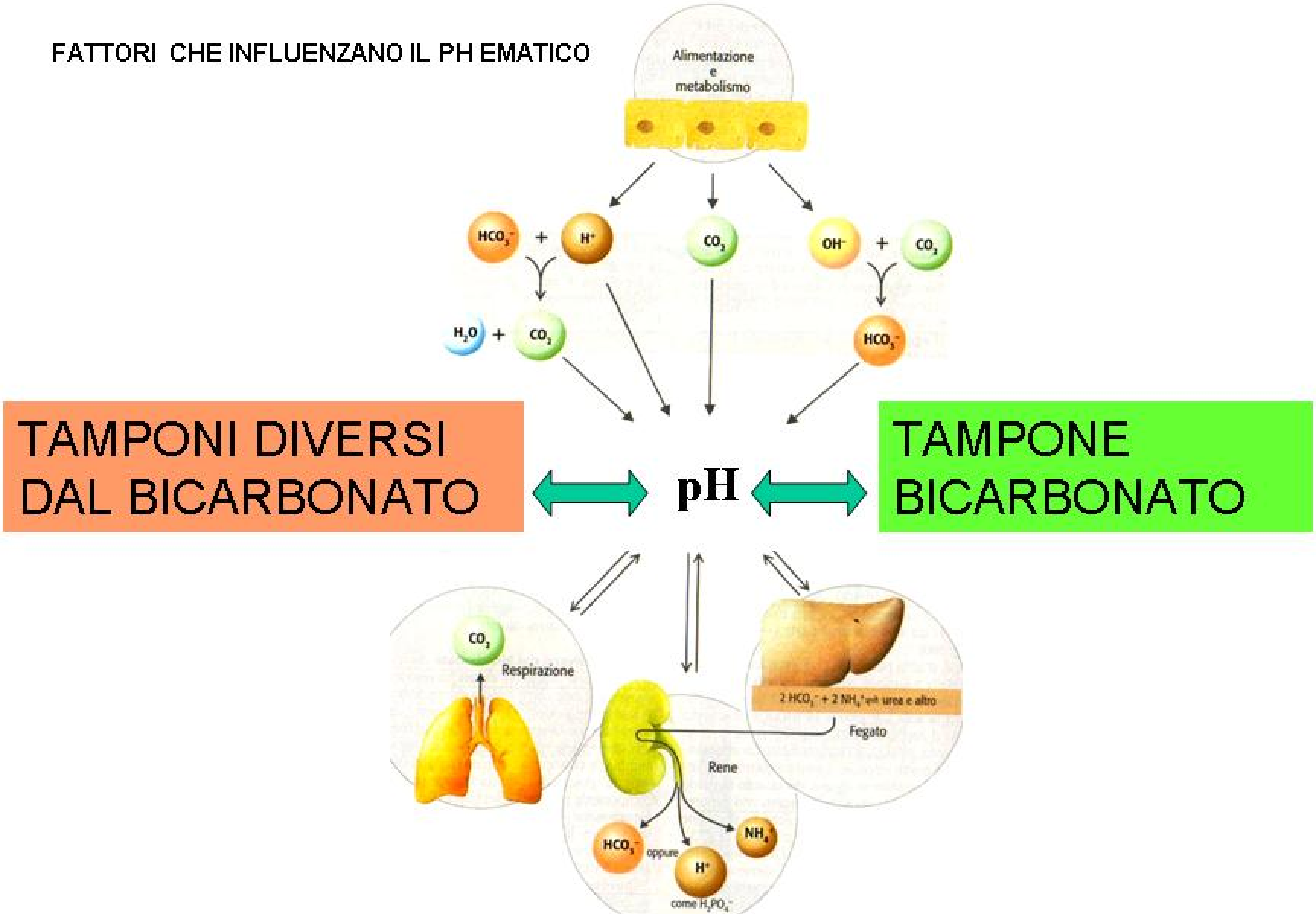
ACIDI e BASI

Arrhenius:
un acido è una sostanza che dissociandosi in acqua produce ioni H+.
Una base , invece, è una sostanza che dissociandosi in acqua produce ioni OH-.

Brønsted-Lowry:
un acido è una sostanza capace di cedere ioni H+ ad un'altra specie chimica detta base.

Lewis:
un acido è una sostanza capace di accettare un doppietto elettronico da un'altra specie chimica (detta base).

FATTORI CHE INFLUENZANO IL PH EMATICO



pH = logaritmo decimale negativo della concentrazione molale di ioni H^+ in moli/Kg H_2O

1 mole /Kg H_2O = pH 0

1 µmole/Kg H_2O = pH 6

10^{-14}moli/Kg H_2O = pH 14

$$-\log [H^+] = pH$$

logaritmo decimale di un numero "n"=

esponente che bisogna dare al 10 per ottenere "n"

$$10^{\log n} = n$$

Sistema tampone= l'insieme di un acido debole (AH) con la sua forma dissociata (A^-)

$$AH \Leftrightarrow A^- + H^+$$

E' un sistema che riduce (non annulla) le variazioni di pH causate nella soluzione dall'immissione di H+

Eq. HENDERSON-HASSELBALCH

$$AH \rightleftharpoons A^- + H^+$$

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

$$\log K_a = \log \frac{[A^-]}{[AH]} + \log ([H^+] \cdot f_H)$$

$$-\log ([H^+] \cdot f_H) = -\log K_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

pK = logaritmo decimale negativo della costante di dissociazione di un acido o base

se forma dissociata e non dissociata sono in uguale oncentrazione, allora pK=pH

Sistema tampone= l'insieme di un acido debole (AH) con la sua forma dissociata (A^-)

$AH \Leftrightarrow A^- + H^+$

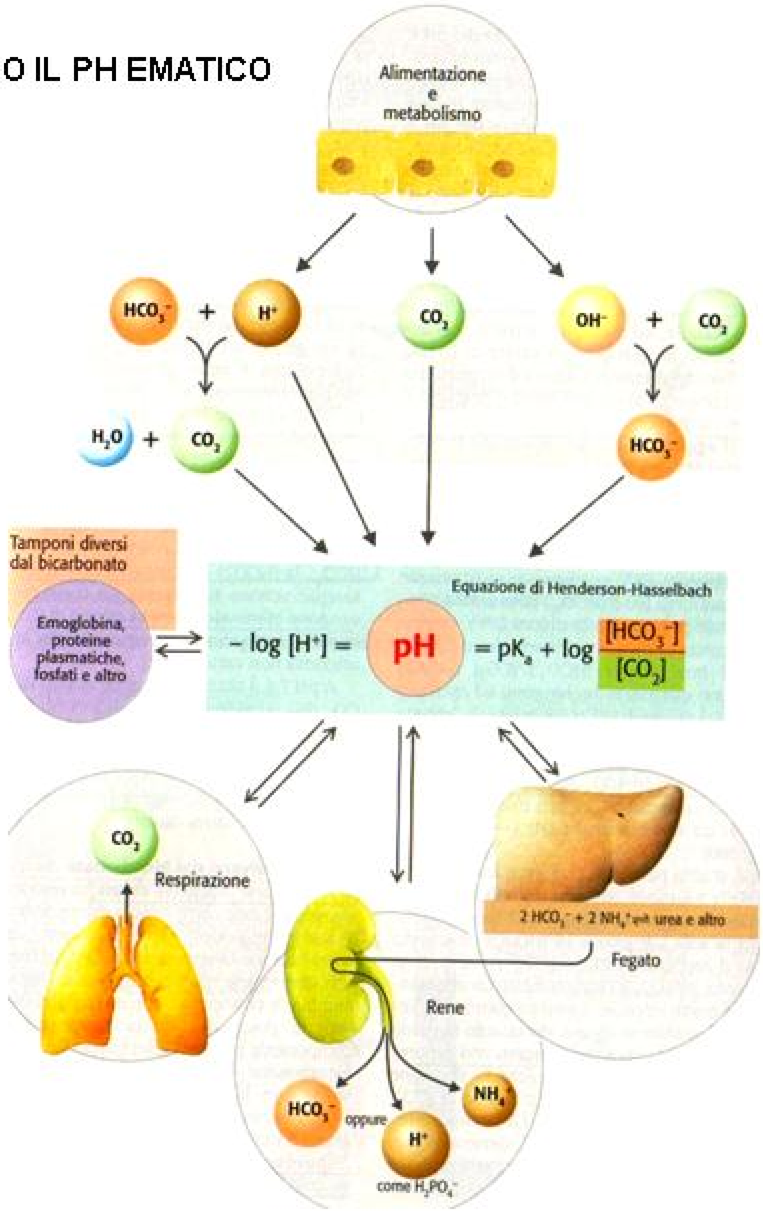
Eq. HENDERSON-HASSELBALCH

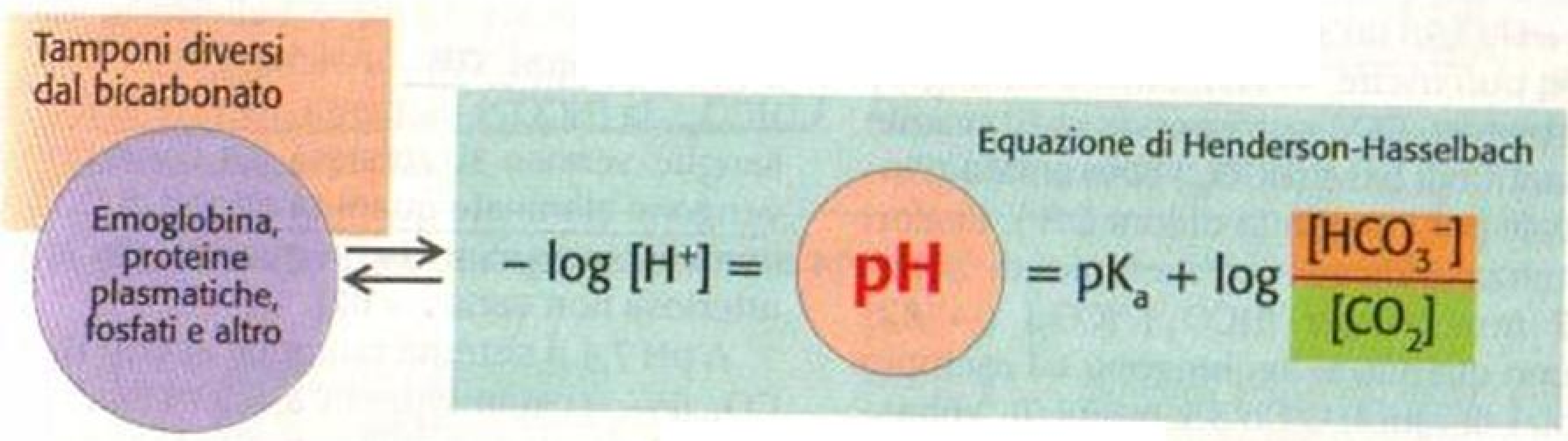
$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

Se forma dissociata e non dissociata sono in uguale concentrazione, allora pK=pH

Il coppia tampone (AH / A^-) è massimamente efficace per valori di pH vicini al pK della coppia stessa.

FATTORI CHE INFLUENZANO IL PH EMATICO





Tamponi diversi dal bicarbonato
Emoglobina, proteine plasmatiche, fosfati e altro
Equazione di Henderson-Hasselbach
$-\log[H^+] = \mathrm{pH} = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$

Eq. HENDERSON-HASSELBALCH

$$AH \rightleftharpoons A^- + H^+$$

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

$$\log K_a = \log \frac{[A^-]}{[AH]} + \log ([H^+] \cdot f_H)$$

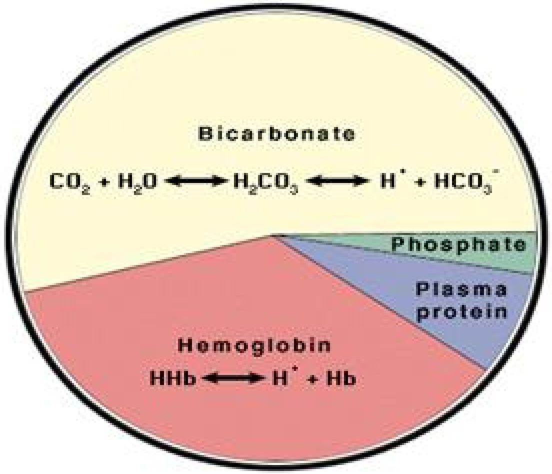
$$-\log ([H^+] \cdot f_H) = -\log K_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Contribution of buffer systems to total buffering in whole blood.



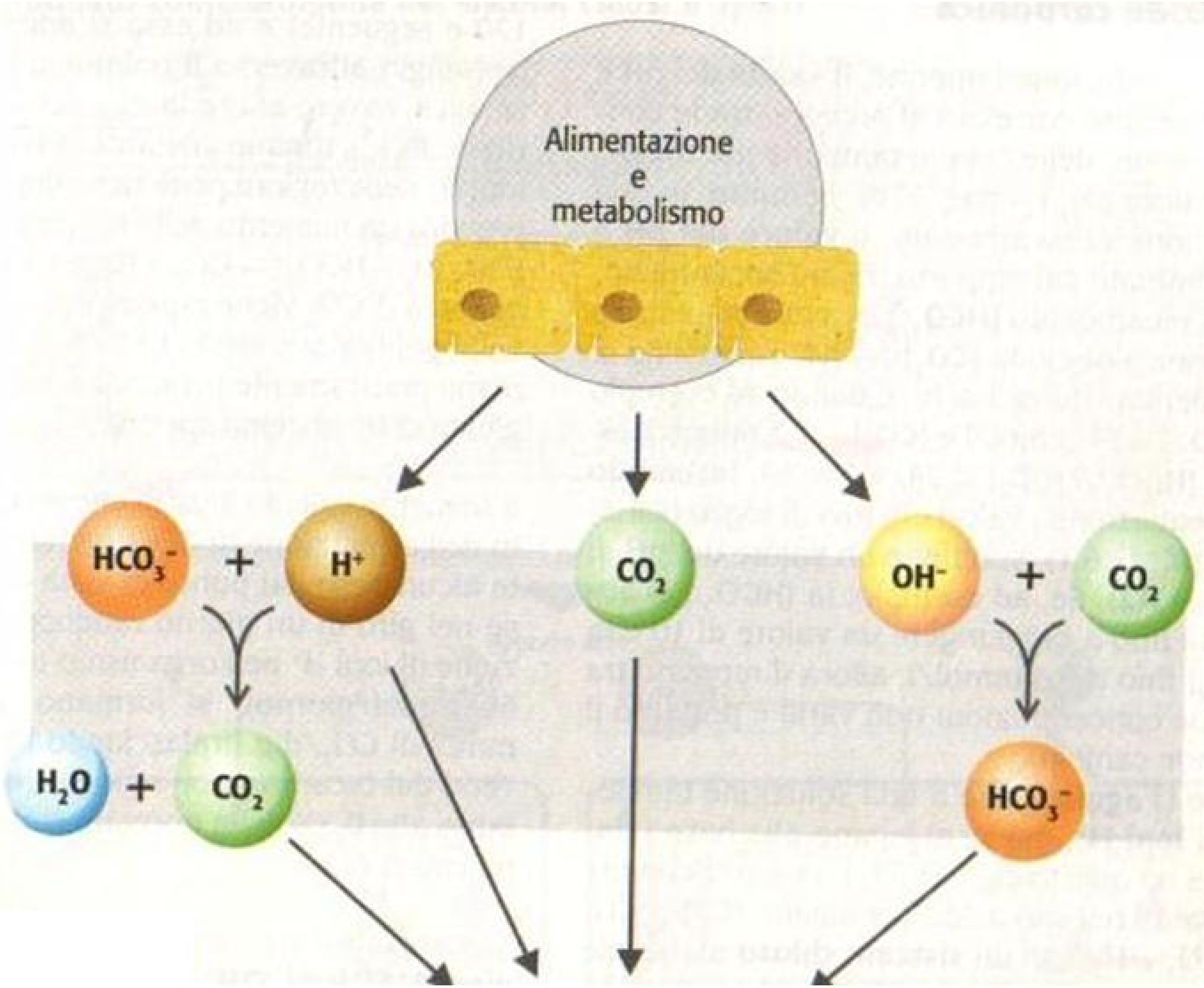
SISTEMI TAMPONE

1) BICARBONATO – CO_2 : $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$

2) EMOGLOBINA
$$\begin{cases} HbH \rightleftharpoons Hb^- + H^+ \\ \text{OSSI-Hb H} \rightleftharpoons \text{OSSI Hb}^- + H^+ \end{cases}$$

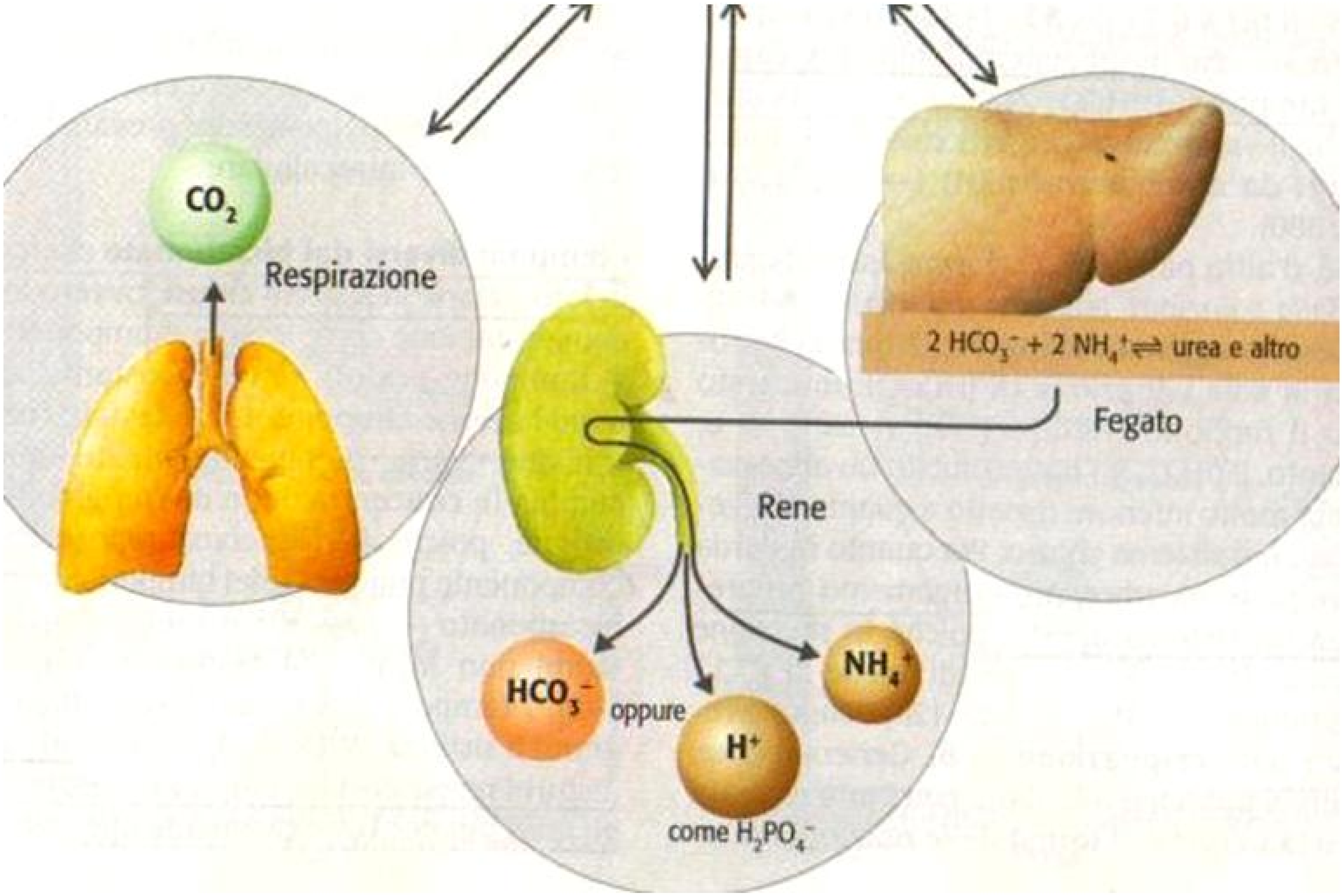
3) FOSFATI INORG. : $H_2PO_4^- \rightleftharpoons HPO_4^{--} + H^+$

4) PROTEINE PLASMATICHE

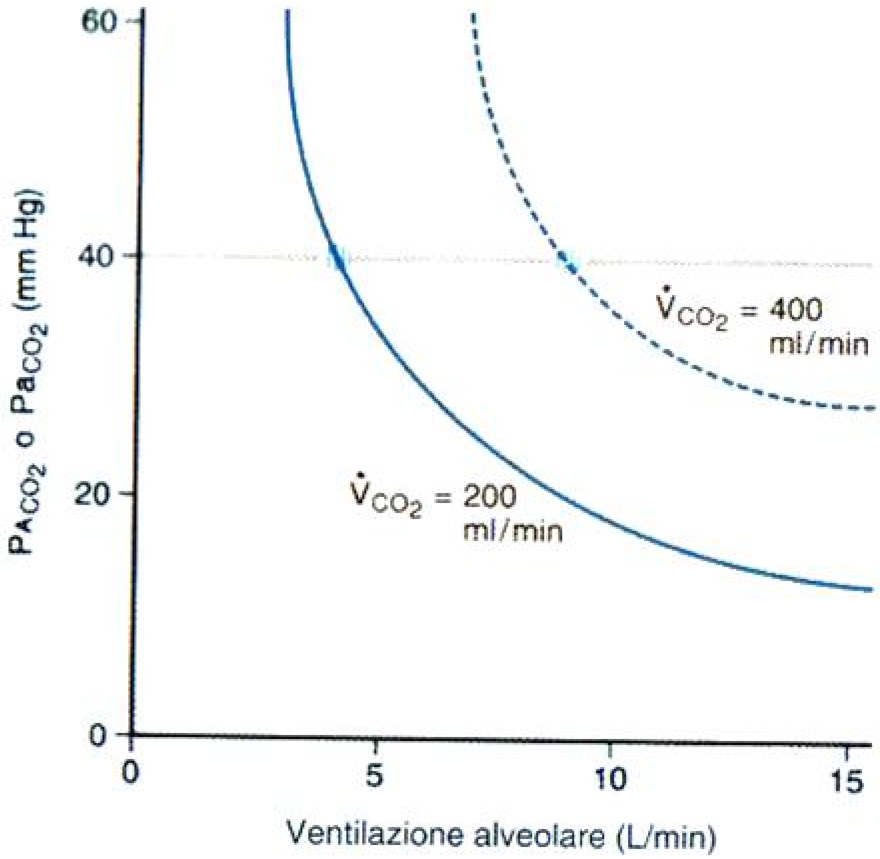


pH

pH

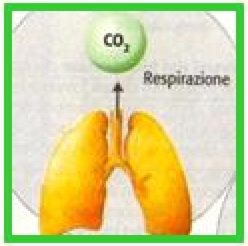


CO_2
Respirazione
$2\ HCO_3^- + 2\ NH_4^+ \rightleftharpoons$ urea e altro
Fegato
Rene
HCO_3^-
oppure
H^+
come $H_2PO_4^-$
NH_4^+



EQUAZIONE DELLA VENTILAZIONE ALVEOLARE

paCO2 = f (Va)



$$P_{A_{CO_2}} = \frac{\dot{V}_{CO_2} \times K}{\dot{V}_A}$$

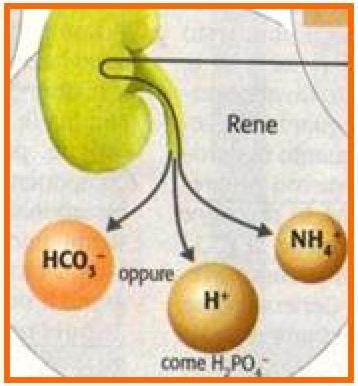
in cui

$\dot{V}_A$ = ventilazione alveolare (ml/min)

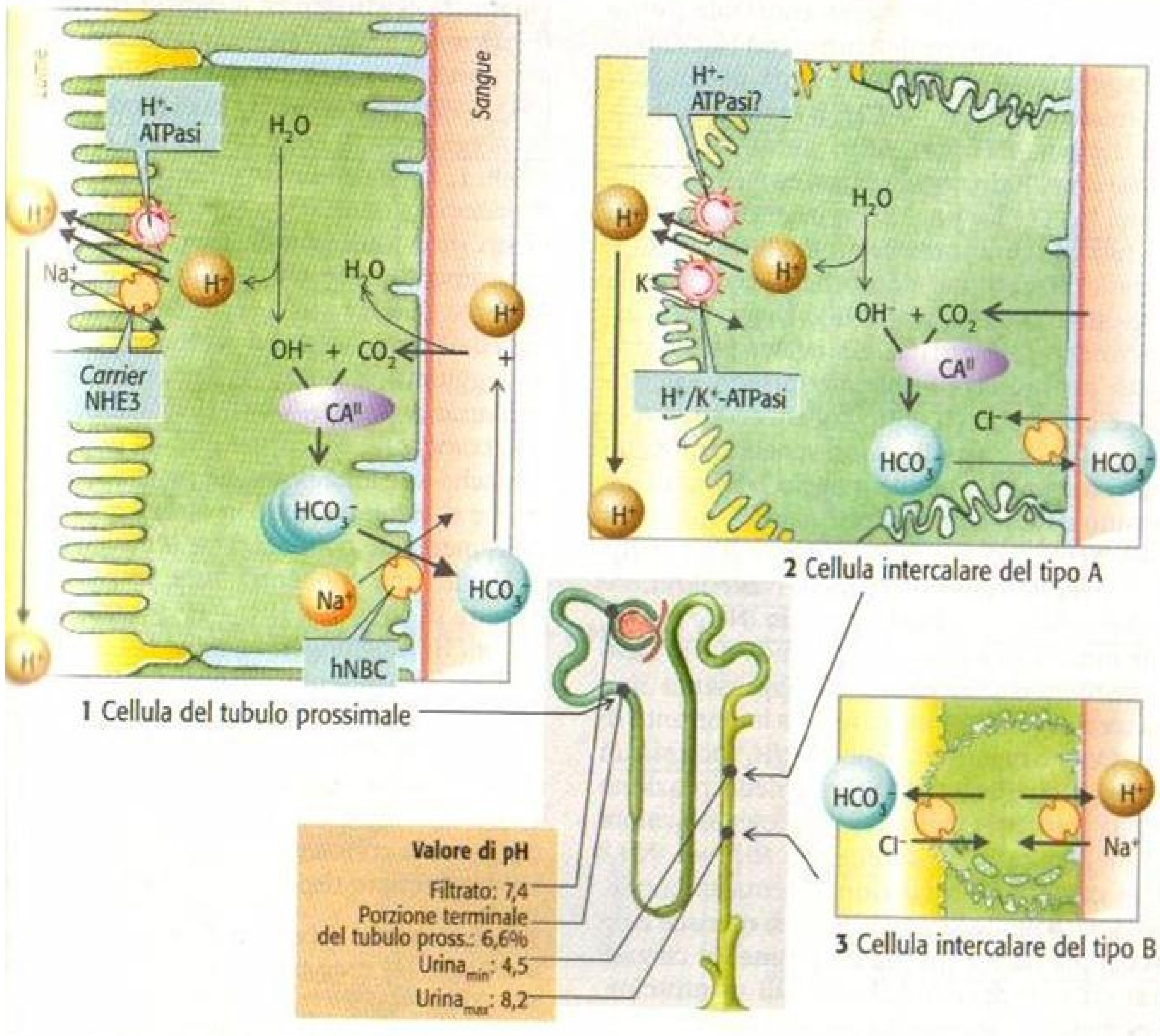
$\dot{V}_{CO_2}$ = velocità di produzione di CO_2

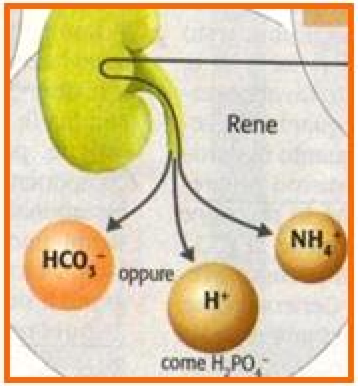
$P_{A_{CO_2}}$ = P_{CO_2} alveolare (mmHg)

K = costante (863 mmHg)

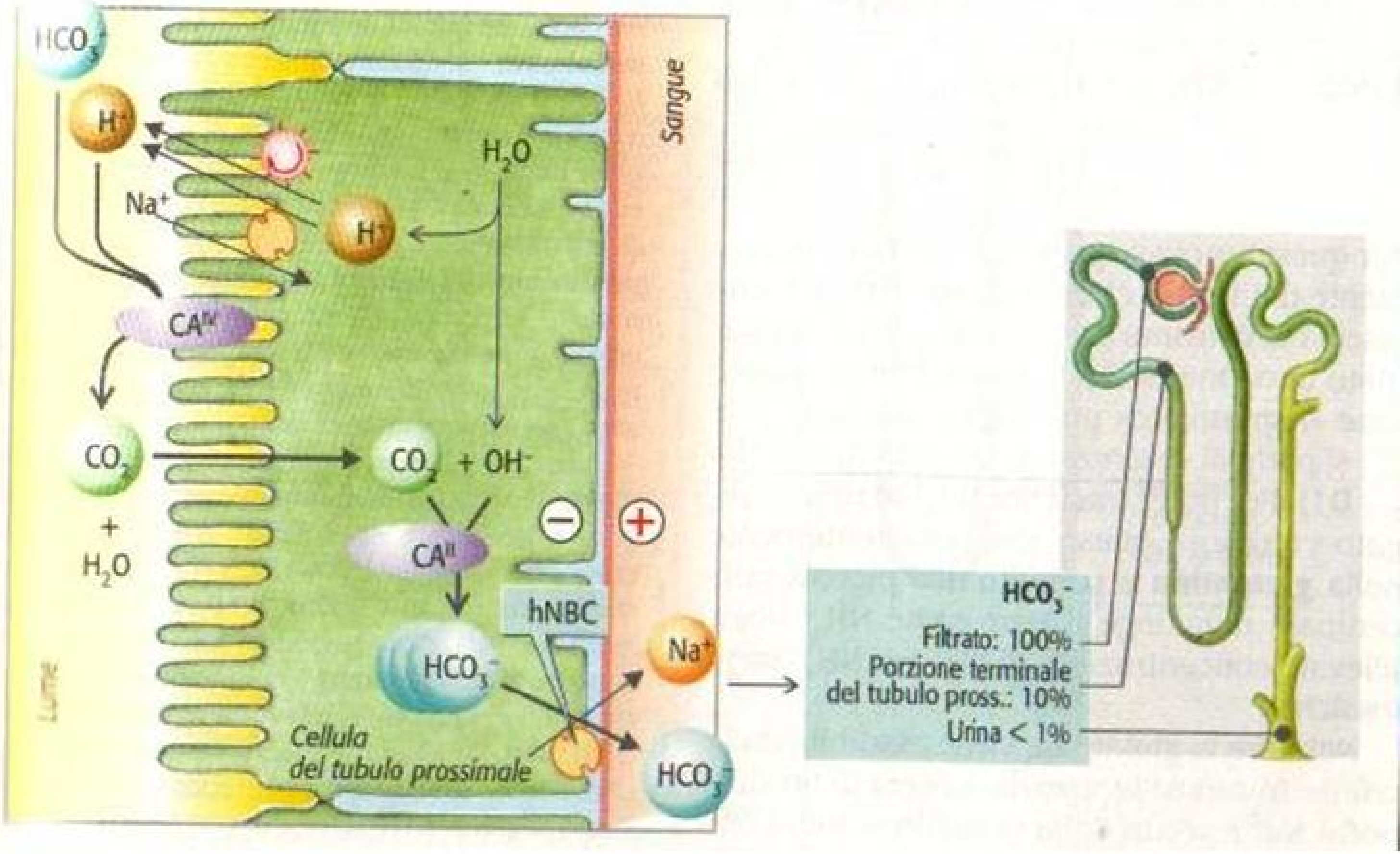


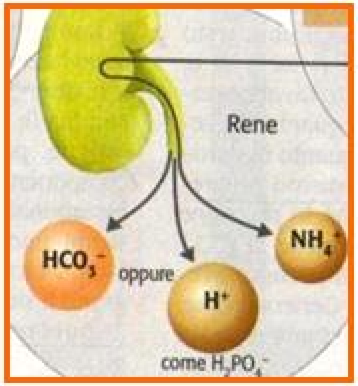
A. Secrezione di ioni H^+



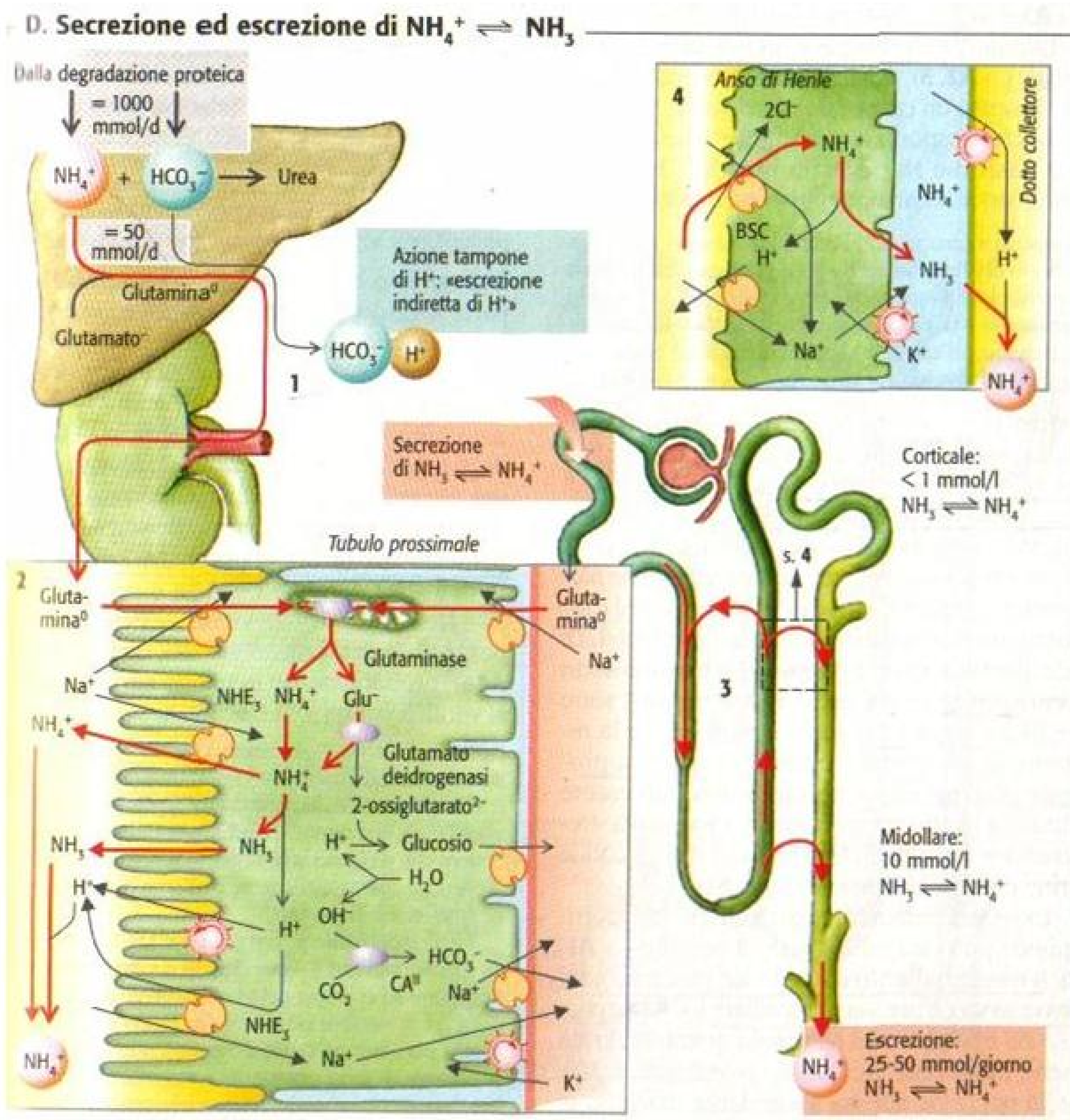


II. Riassorbimento di ioni HCO_3^-



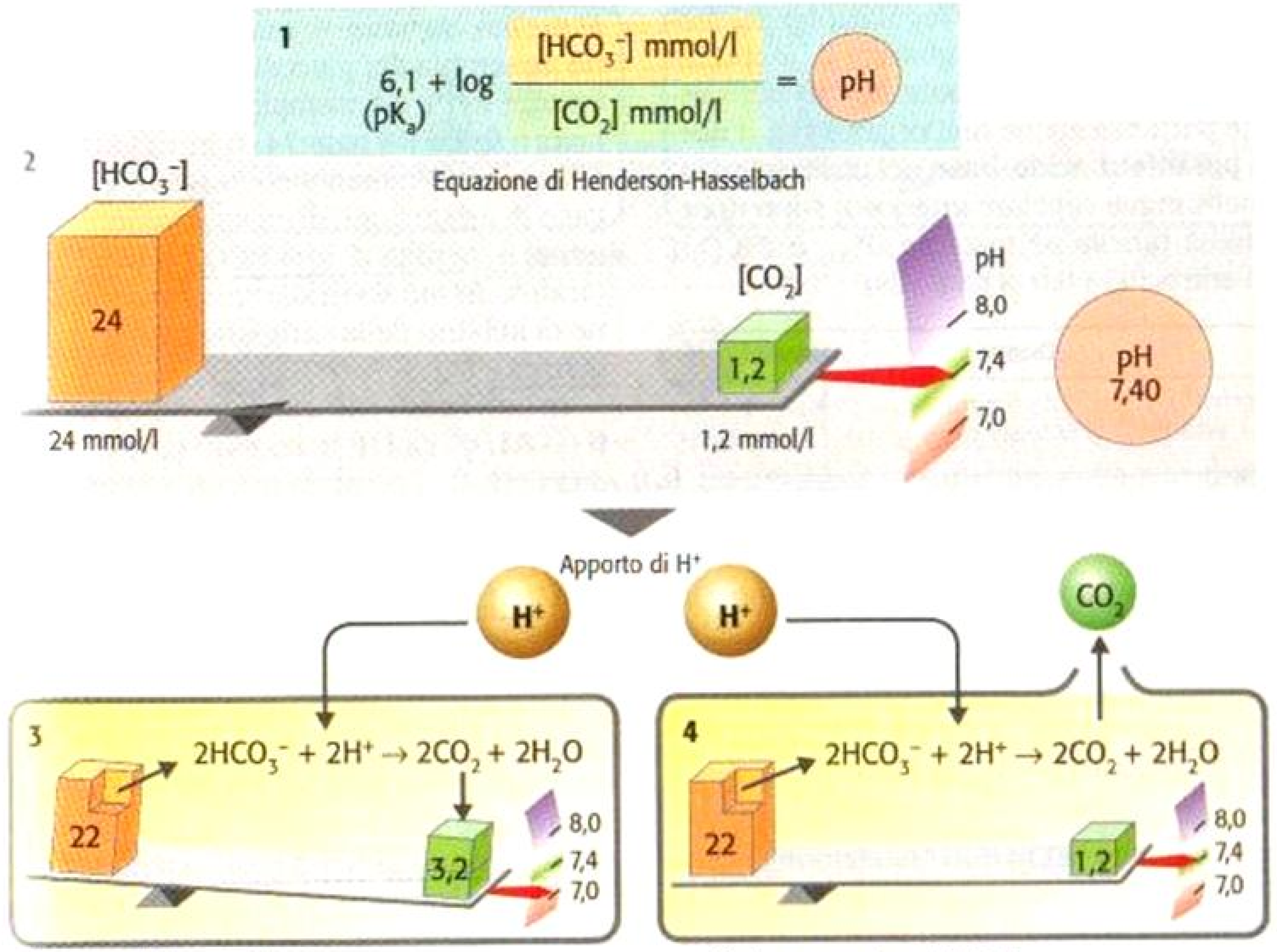


Rene
HCO_3^-
oppure
H^+
come $H_2PO_4^-$
NH_4^+



D. Secrezione ed escrezione di $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3$
Dalla degradazione proteica
≈ 1000 mmol/d
NH_4^+ + HCO_3^- → Urea
≈ 50 mmol/d
Glutamina⁰
Glutamato⁻
Azione tampone di H^+: «escrezione indiretta di H^+»
HCO_3^- H^+
1
Secrezione di $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$
Tubulo prossimale
2
Gluta-mina⁰
Glutaminase
Na^+
NHE_3 NH_4^+ Glu^-
Glutamato deidrogenasi
2-ossiglutarato^{2-}
NH_3
H^+ Glucosio
H_2O
OH^-
CO_2 CA^{II} HCO_3^-
NHE_3
K^+
NH_4^+
4
Ansa di Henle
Dotto collettore
2Cl⁻
BSC
3
s. 4
Corticale: < 1 mmol/l $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$
Midollare: 10 mmol/l $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$
Escrezione: 25-50 mmol/giorno $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$

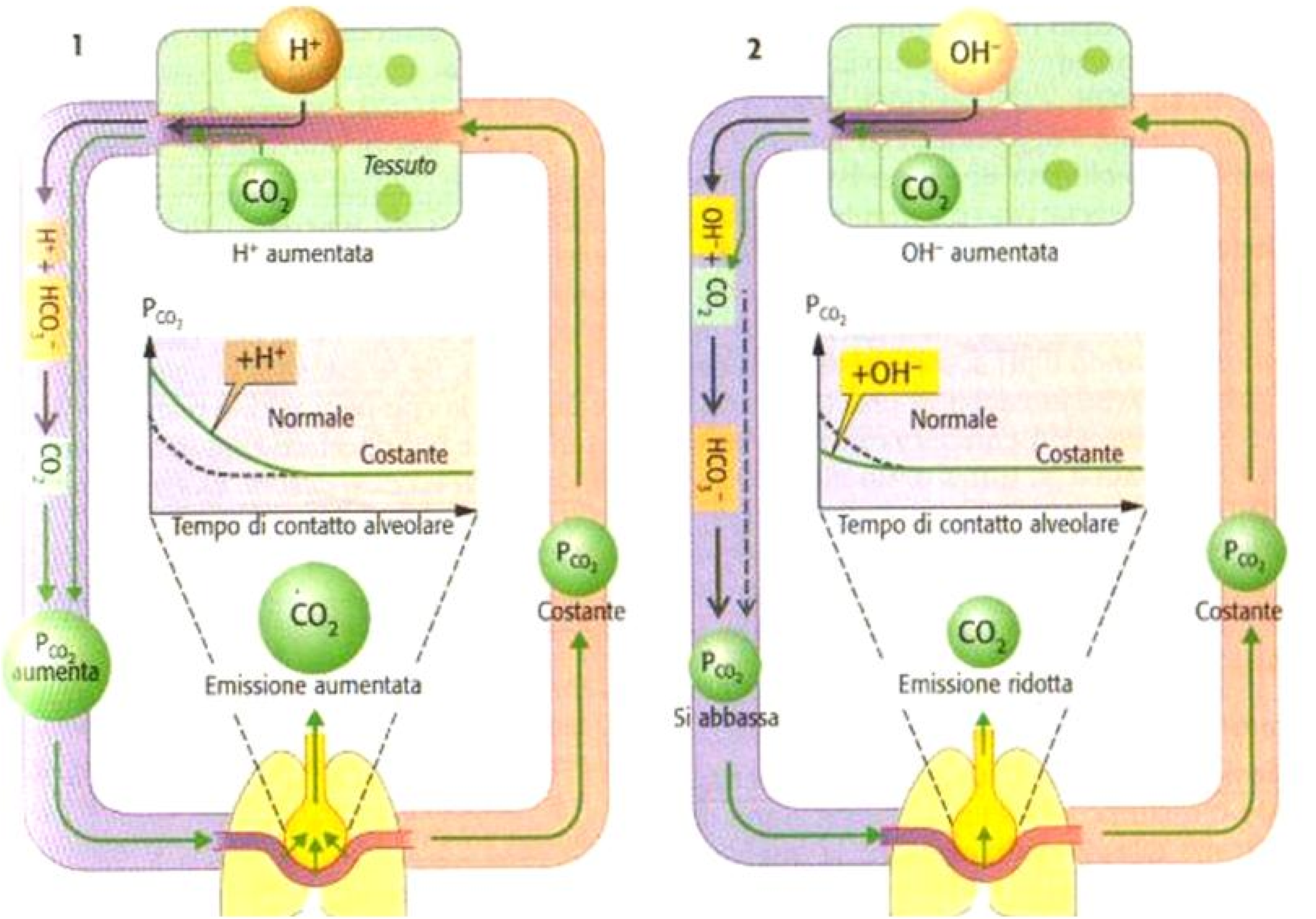
A. Bicarbonato come tampone nei sistemi chiusi e aperti



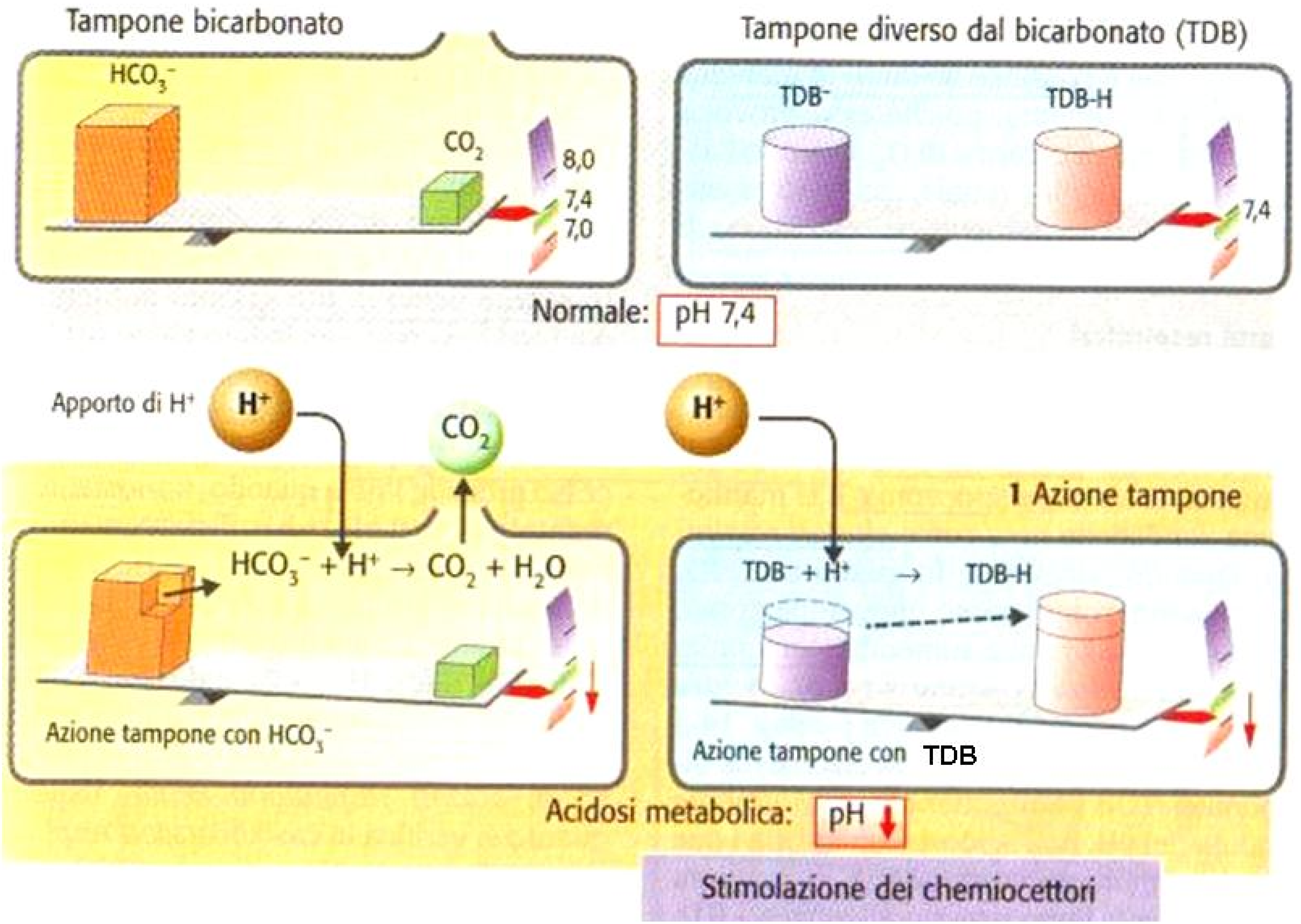
Sistema chiuso: pH 6,93

Sistema aperto: pH 7,36

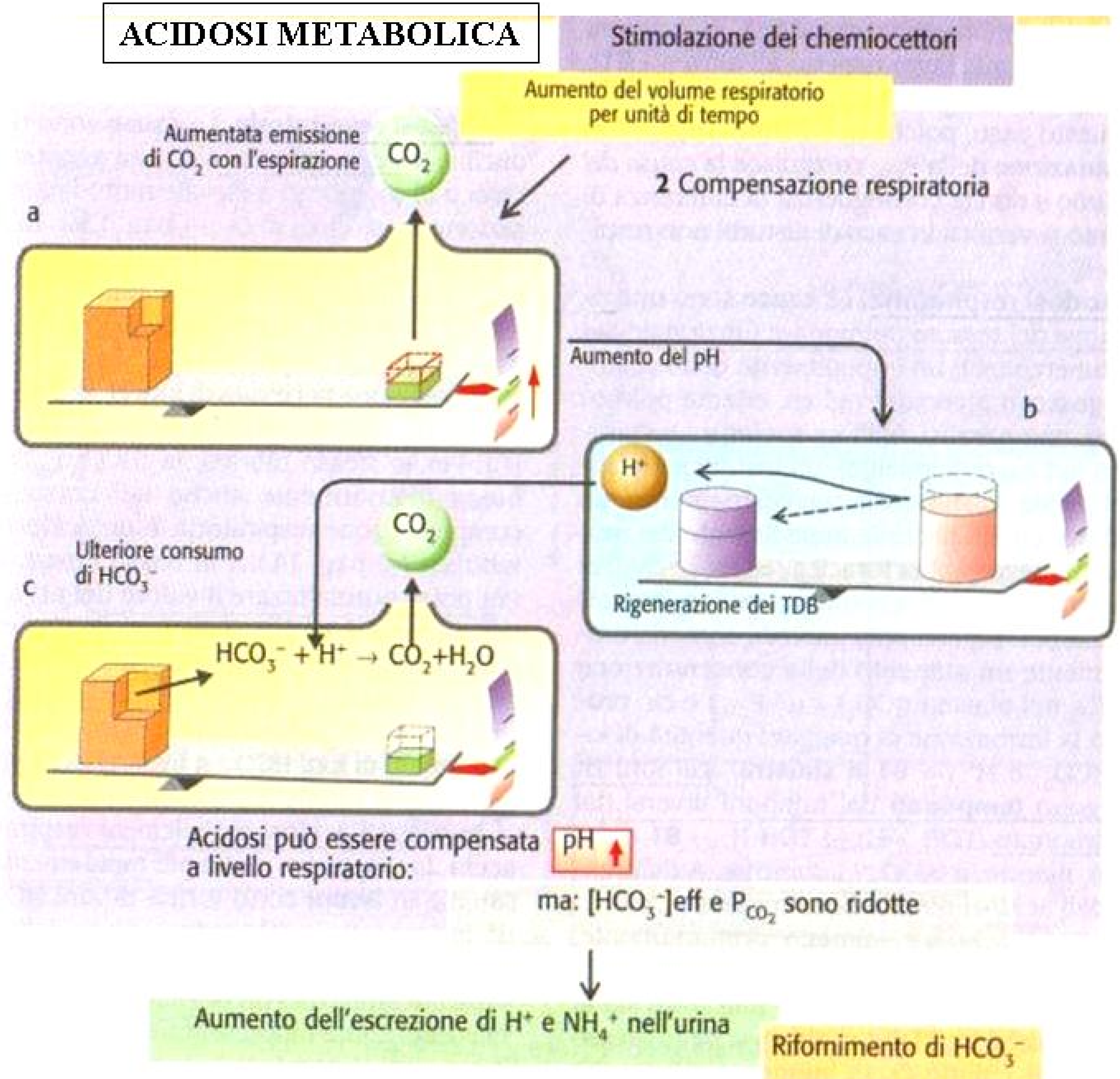
B. Bicarbonato come tampone (sistema aperto)



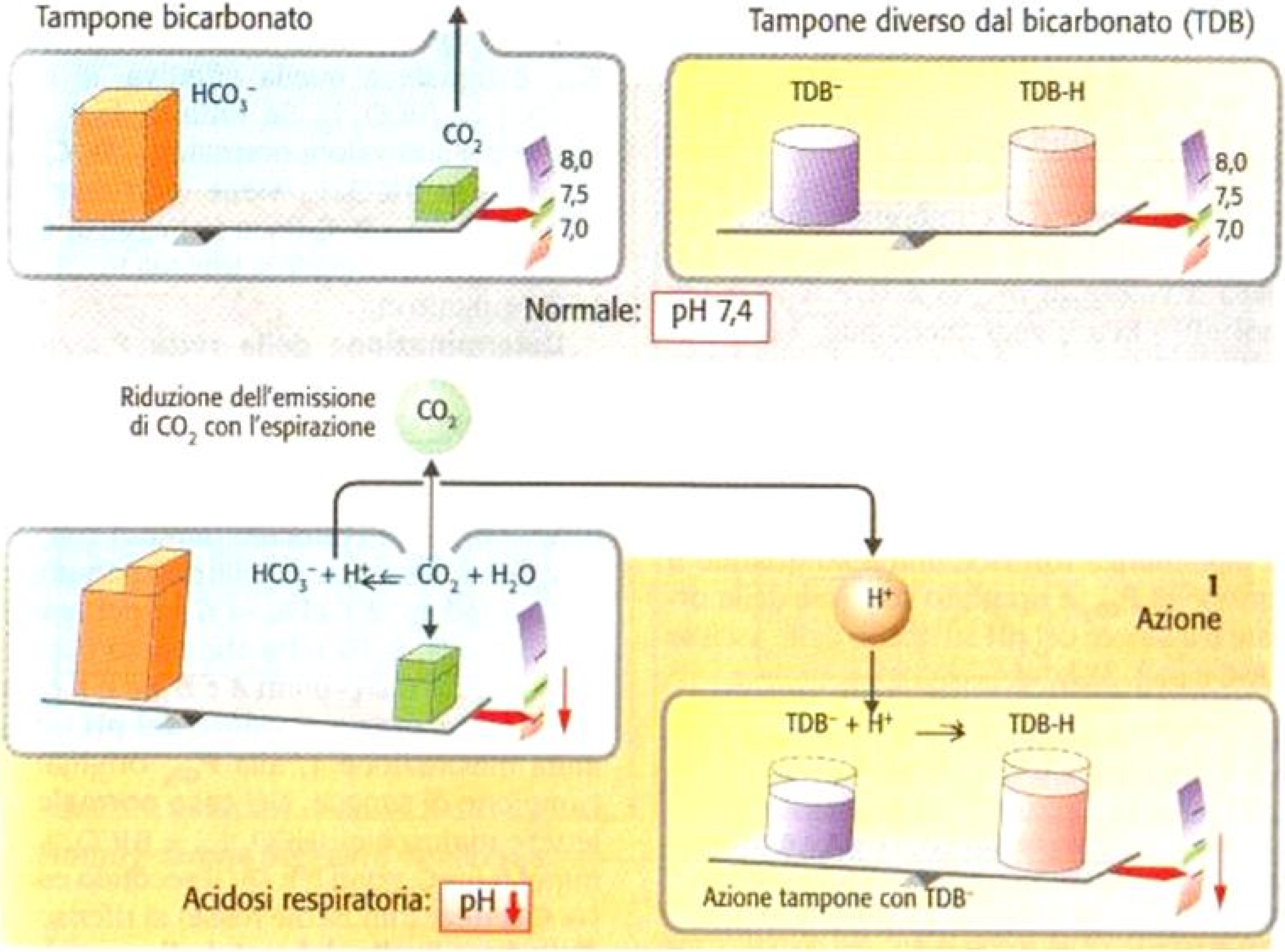
A. Acidosi metabolica



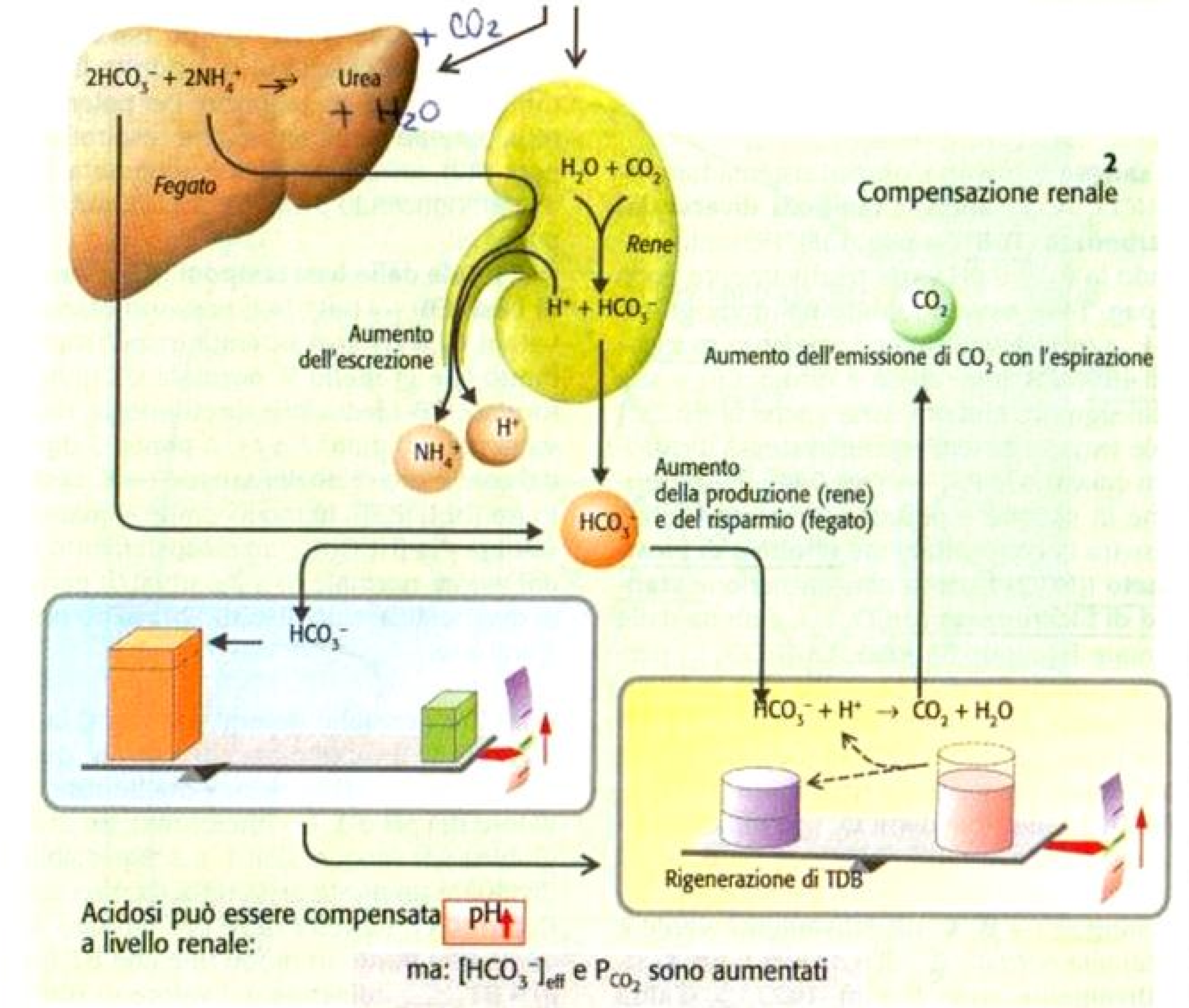
ACIDOSI METABOLICA



B. Acidosi respiratoria



ACIDOSI RESPIRATORIA



DIAGRAMMI DAVENPORT

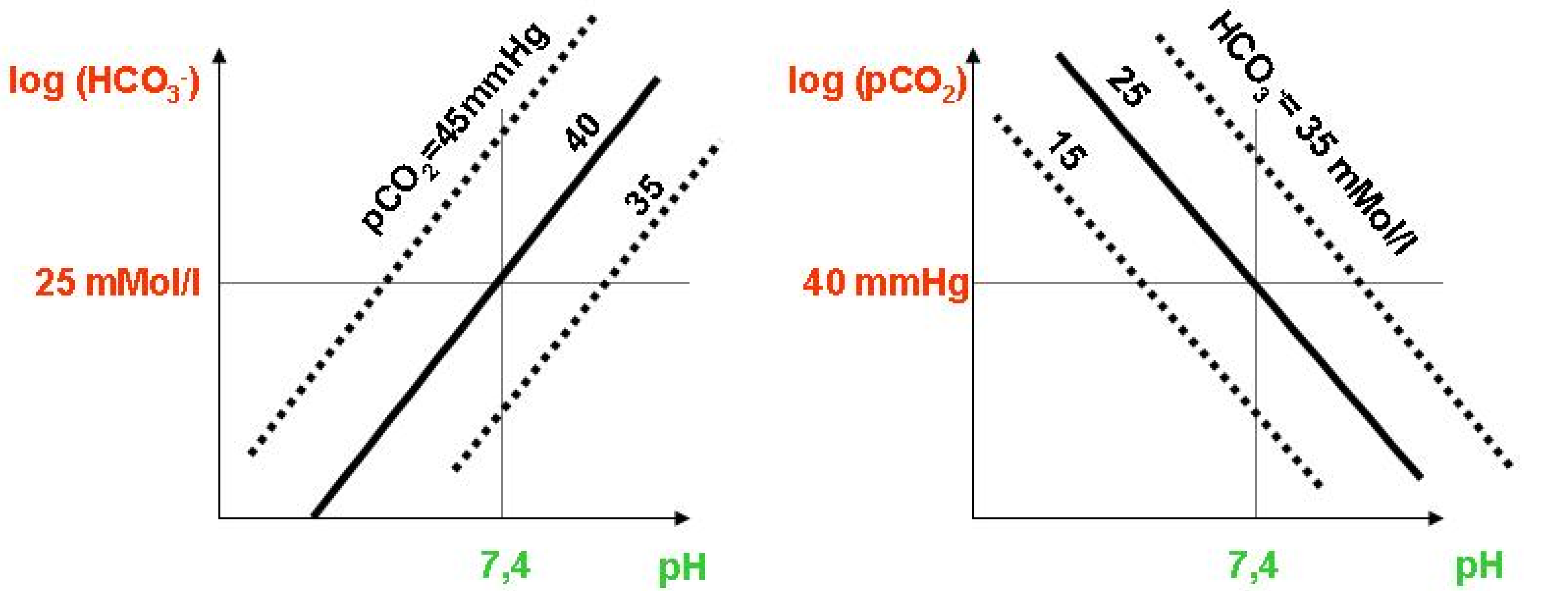
$pH = pK + \log (HCO_3^-/CO_2)$

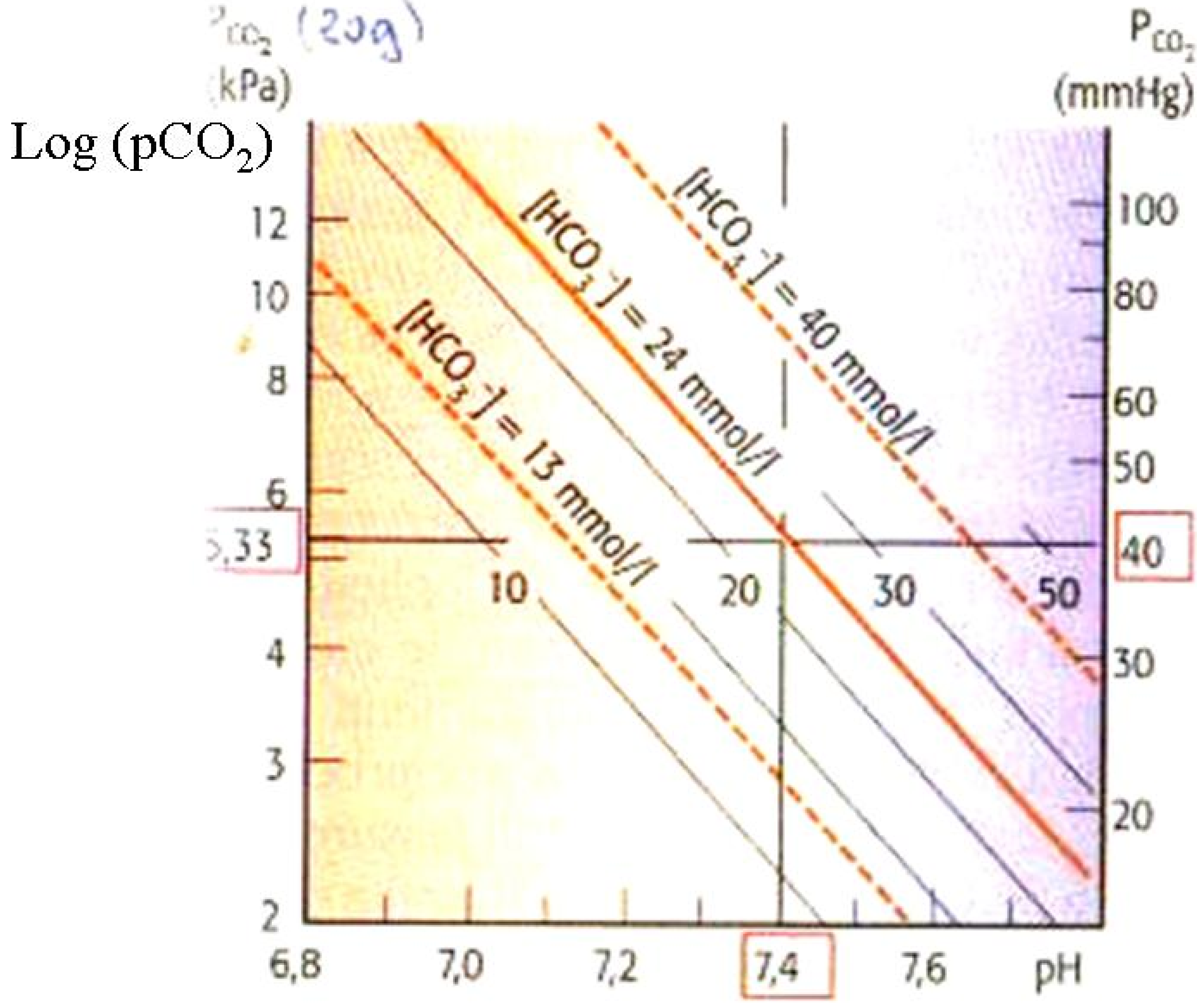
$pH = pK + \log (HCO_3^-) - \log (CO_2)$

$\log (HCO_3^-) = pH - pK + \log (CO_2)$

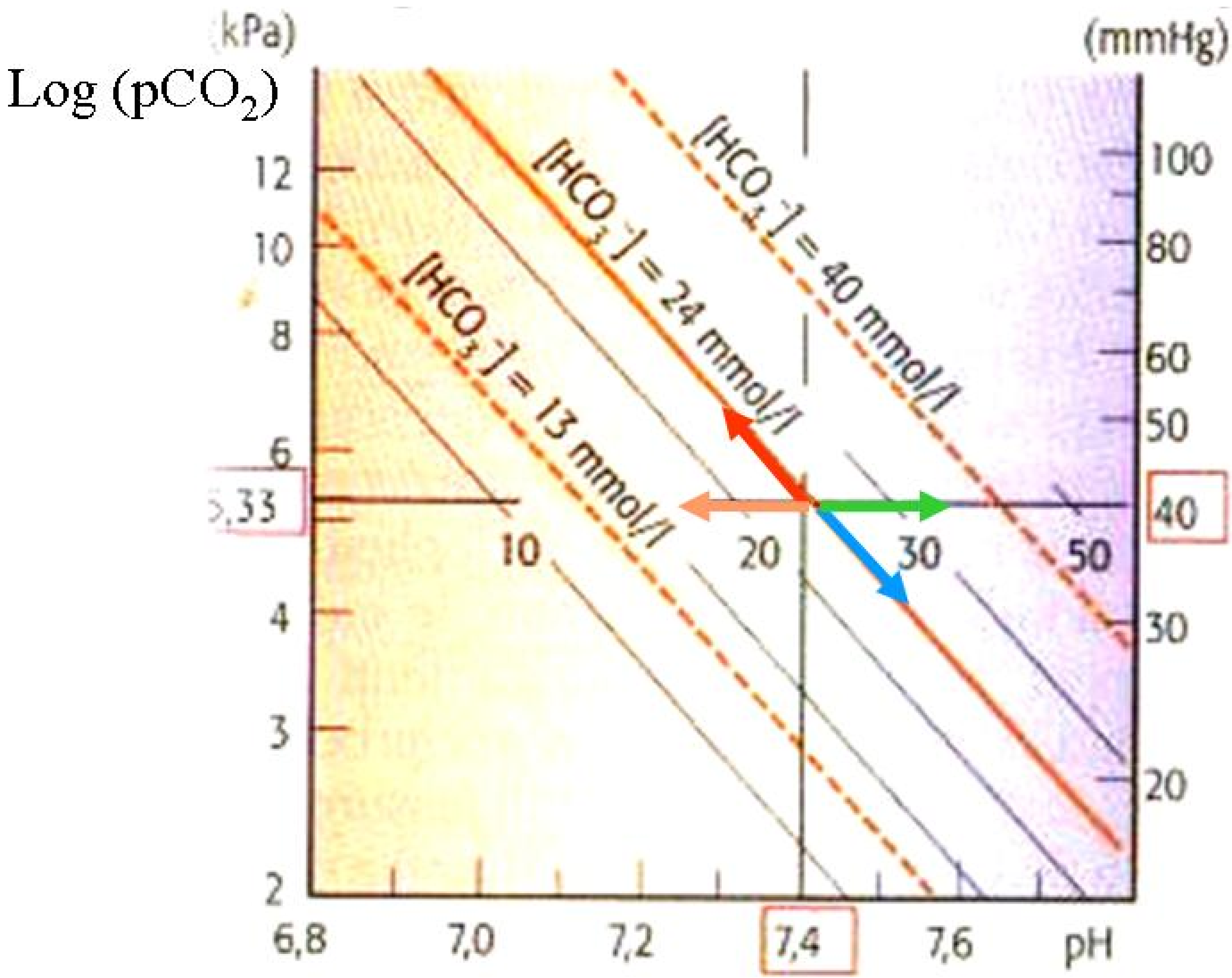
$\log (CO_2) = - pH + pK + \log (HCO_3^-)$

$y = a\,x + b$



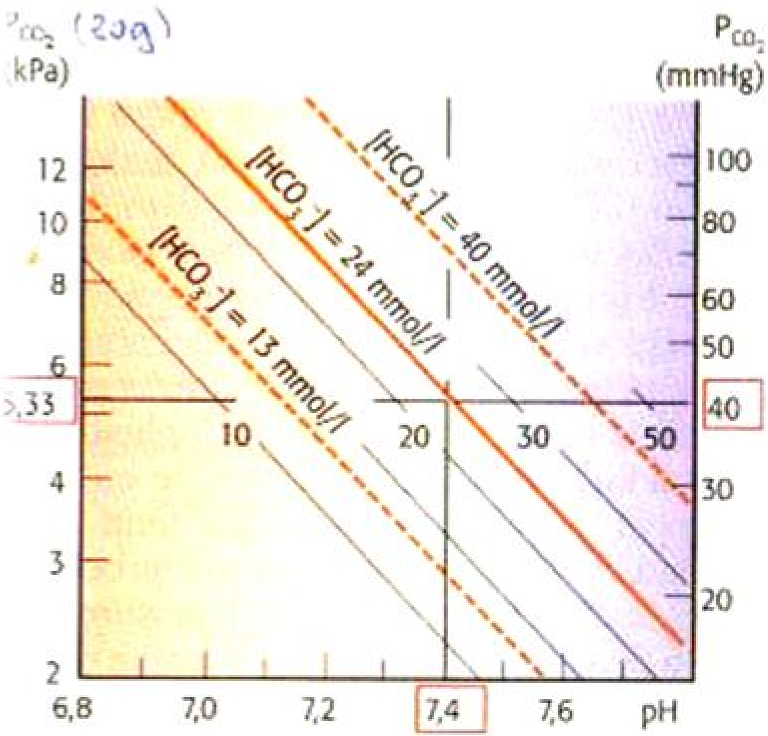


Pco2 (log)
(kPa)
Log (pCO_2)
Pco2
(mmHg)
[HCO3-] = 40 mmol/l
[HCO3-] = 24 mmol/l
[HCO3-] = 13 mmol/l
12
10
8
6
5,33
4
3
2
100
80
60
50
40
30
20
10
20
30
50
6,8
7,0
7,2
7,4
7,6
pH

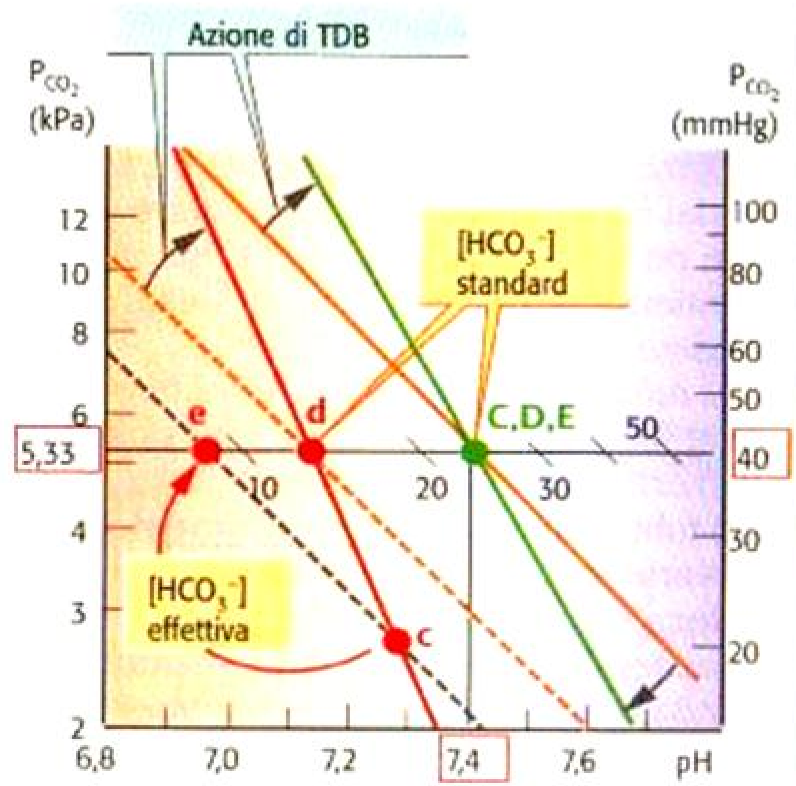


(kPa)
(mmHg)
Log (pCO2)
12
10
8
6
5,33
4
3
2
100
80
60
50
40
30
20
[HCO3-] = 40 mmol/l
[HCO3-] = 24 mmol/l
[HCO3-] = 13 mmol/l
10
20
30
50
6,8
7,0
7,2
7,4
7,6
pH

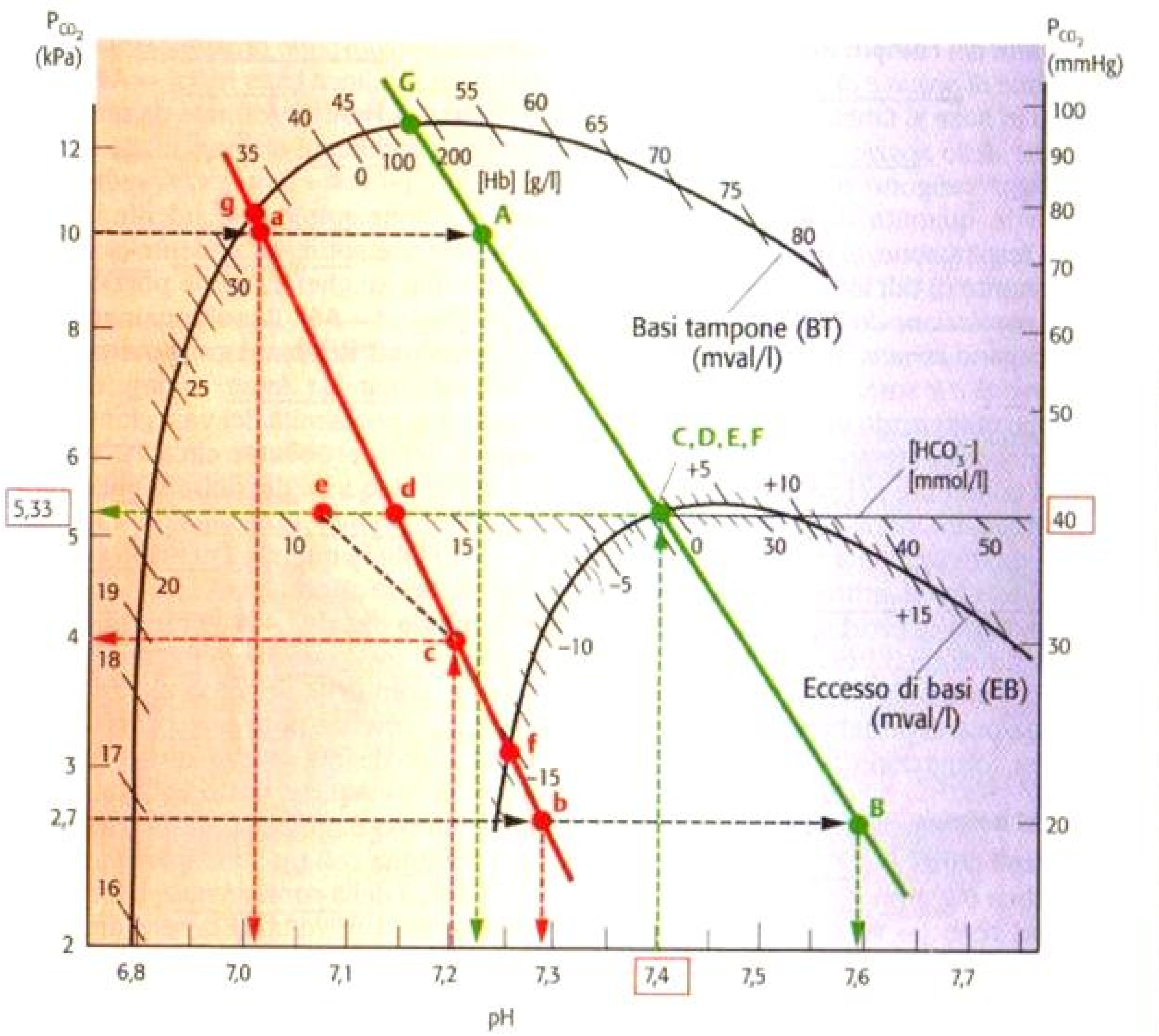
A. Nomogramma P_{CO_2}/pH (senza TDB)



B. Nomogramma P_{CO_2}/pH (con TDB)



C. Nomogramma Siggaard-Andersen



CAUSE DI ACIDOSI METABOLICA

1. Insufficienza renale e ↓escrez. H^+
2. Iper-kaliemia
3. Cheto-acidosi
4. Acido lattico
5. Dieta iper-proteica
6. Perdita renale di ioni bicarbonato
7. diarrea

CAUSE DI ALCALOSI METABOLICA

1. Aggiunta di basi
2. Ipo-kaliemia
3. Aumentata degradazione di anioni org.
4. Dieta vegetariana
5. vomito

CONCENTRAZIONI

Esempio: $1 cm = 1 m / 100$

$L_{cm} = L_m \times 100$

1 mg/ l = (1 mMole / l) / massa molec

$C_{mg/l} = C_{mM/l}$ x massa molec

1 mEq/l= 1 mM/l / valenza

$C_{mEq/l} = C_{mM/l}$ x valenza

ione / m.	massa a	mM/l	mg/100ml
K^+	39	4	16
Na^+	23	140	330
Ca^{++}	40	2.5 (5 mEq/l)	10
Ca^{++} libero	40	1	4
Cl^-	35	100	350
HCO_3^-	61	25	152
GLC	180	5	90
UREA	60	5	30

Massa at.: N=14 O=16 C=12 H=1

Glucosio: $C_6H_{12}O_6$

Urea: NH_2- CO – NH_2