

## PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE

*Un **sale** è un solido ionico contenente un catione diverso da  $H^+$  e un anione diverso da  $OH^-$ .*

*I sali sono degli **elettroliti forti**, cioè in acqua si dissociano completamente, catione ed anione si separano.\**

*L'**idrolisi** è la reazione di una sostanza con l'**acqua**.*

*La **solvolisi** è la reazione tra una sostanza e il **solvente** in cui è **disciolta**, ad es. **metanolisi** è la reazione di una sostanza sciolta in metanolo con il metanolo stesso.*

## L'IDROLISI nel quotidiano

La neutralizzazione degli acidi con sali poco pericolosi.

Per neutralizzare l'acidità di stomaco, invece di ingoiare soda caustica!, si prende un antiacido che è costituito da sali di acidi deboli, come  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ;

Per neutralizzare fuoriuscite di acidi forti, come ad esempio l'acido solforico fuoriuscito da una batteria di automobile, si può usare  $\text{NaHCO}_3$ .

A causa di un tamponamento un camion cisterna ha rovesciato 83000 L di  $\text{HNO}_3$  concentrato sul terreno, che venne neutralizzato usando  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Il processo di invecchiamento della carta è dovuto all'idrolisi del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  che viene usato nella fabbricazione della stessa. Attualmente l'industria della carta sta sviluppando della carta con  $\text{CaCO}_3$  al posto di  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  e la carta dovrebbe durare per circa 300 anni.

# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE

Sali di basi forti e acidi forti;

Sali di basi forti e acidi deboli;

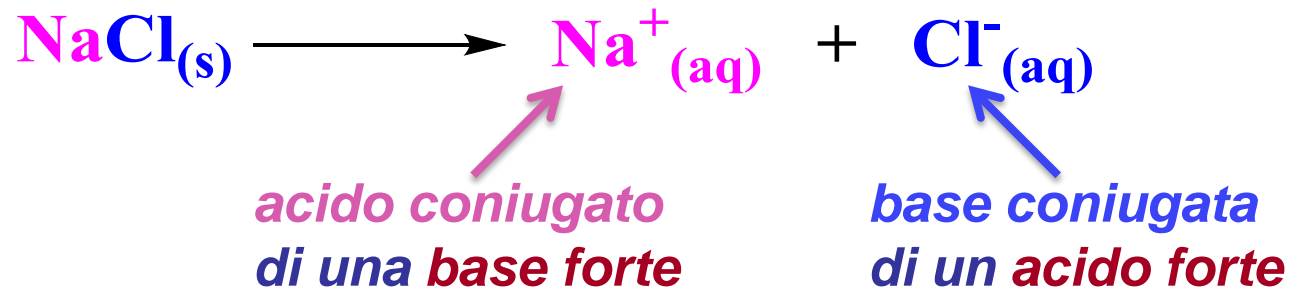
Sali di basi deboli e acidi forti;

Sali di basi deboli e acidi deboli.

---

## PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

### *Sali di basi forti e acidi forti*



*Né il catione né l'anione del sale danno reazione di idrolisi:*

*Il pH della soluzione è **NEUTRO!***

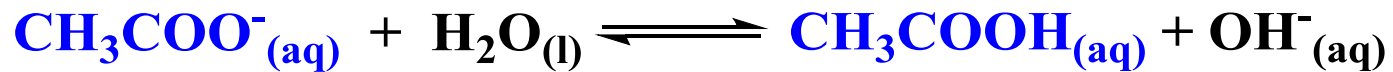
# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *Sali di basi forti e acidi deboli*



*acido coniugato  
di una base forte*

*base coniugata  
di un acido debole*



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$K_a = \frac{K_w}{K_b}$$

$$K_b = 5.6 \cdot 10^{-10}$$

*L'anione del sale dà reazione di idrolisi basica:*

*Il pH della soluzione è **BASICO!***

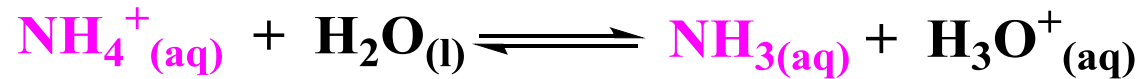
# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *Sali di basi deboli e acidi forti*



*acido coniugato  
di una base debole*

*base coniugata  
di un acido forte*



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a}$$

$$K_a = 5.6 \cdot 10^{-10}$$

*Il catione del sale dà reazione di idrolisi acida:*

*Il pH della soluzione è **ACIDO!***

## PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

### *Sali di basi deboli e acidi deboli*



*acido coniugato  
di una base debole*

*base coniugata  
di un acido debole*

*Sia il catione che l'anione del sale danno reazione di idrolisi, pertanto il pH della soluzione dipende dalla forza relativa dei composti coniugati!*

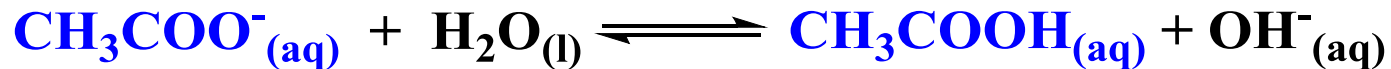
# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *Sali di basi deboli e acidi deboli*

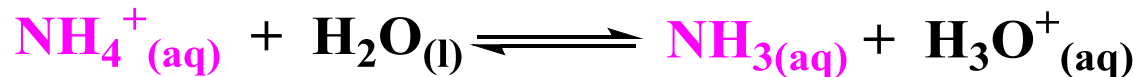


*acido coniugato  
di una base debole*

*base coniugata  
di un acido debole*



$$K_b = 5.6 \cdot 10^{-10}$$



$$K_a = 5.6 \cdot 10^{-10}$$

$$K_b = K_a$$

*il pH della soluzione è NEUTRO!*

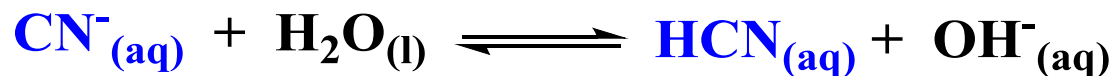
# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *Sali di basi deboli e acidi deboli*

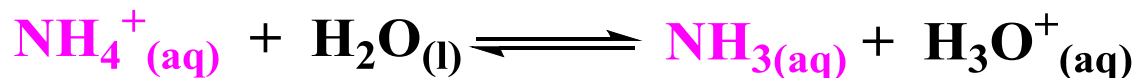


*acido coniugato  
di una base debole*

*base coniugata  
di un acido debole*



$$K_b = 2.5 \cdot 10^{-5}$$



$$K_a = 5.6 \cdot 10^{-10}$$

**Riflettiamo sui numeri**

$$K_b \gg K_a$$

*il pH della soluzione è **BASICO!***



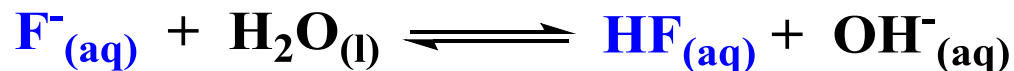
# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *Sali di basi deboli e acidi deboli*

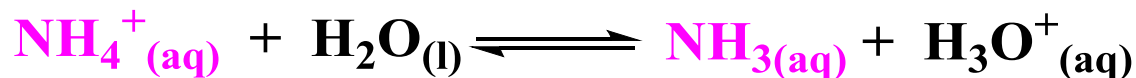


*acido coniugato  
di una base debole*

*base coniugata  
di un acido debole*



$$K_b = 1.4 \cdot 10^{-11}$$



$$K_a = 5.6 \cdot 10^{-10}$$

**Riflettiamo sui numeri**

$$K_a > K_b$$

*il pH della soluzione è **ACIDO!***

# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *esercizi*

1. Quale dei seguenti sali è il sale di una base forte e di un acido forte?



2. Scrivere gli equilibri di idrolisi, l'espressione della costante di idrolisi e calcolarne il valore per i seguenti anioni di acidi deboli:



3. Il nitrato di ammonio è un fertilizzante di uso comune. Le sue soluzioni acquose sono acide, perché?

# PROPRIETA' ACIDO-BASE DELLE SOLUZIONI SALINE:

## *esercizi*

4. Calcolare il pH delle soluzioni dei seguenti sali:

1.5 M in LiCN;

0.26 M in  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

5. Dei seguenti sali quale produrrà una soluzione acida? Quale una soluzione neutra? E quali una soluzione basica? Motivare la risposta.

acetato d'ammonio;

nitrato d'ammonio;

solfo d'ammonio;

solfito di calcio;

ipoclorito di litio;

cloruro di potassio.

## LE SOLUZIONI TAMPONE nel quotidiano

Il mare è una **soluzione tampone**;

Il sangue è un **sistema tampone**, il **pH** del sangue è **7.4**; il suo sistema tampone è costituito da diverse coppie acido debole/base coniugata tra cui  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ , diversi tamponi di natura proteica, ad es. emoglobina/emoglobinato.

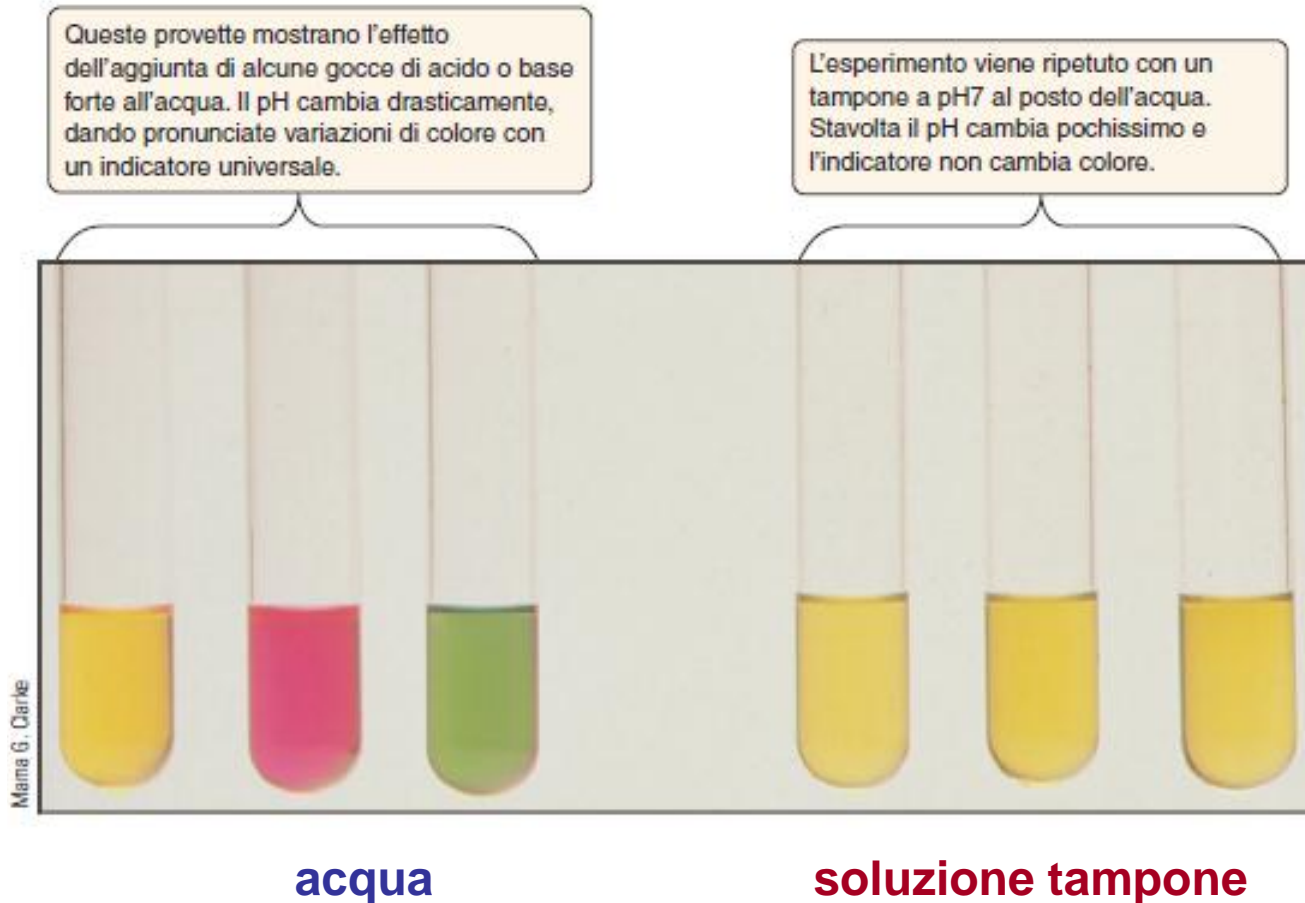
La coppia  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$  ha una scarsa capacità di assorbire ioni  $\text{OH}^-$  e una grande capacità di assorbire ioni  $\text{H}_3\text{O}^+$ , e questo è un bene perché i processi vitali producono molti più ioni  $\text{H}_3\text{O}^+$  che ioni  $\text{OH}^-$ .

Molte medicine sono tamponate per evitare danni gastrici.

# LE SOLUZIONI TAMPONE

*Una soluzione tampone contiene una **coppia acido debole/base coniugata** (o **base debole/acido coniugato**) dove sia l'acido che la base sono presenti in **concentrazioni significative**.*

*Una soluzione tampone **mantiene costante il pH** dopo l'aggiunta di **piccole quantità di un acido o di una base forte**.*



# LE SOLUZIONI TAMPONE

*Una soluzione tampone mantiene costante il pH dopo l'aggiunta di piccole quantità di un acido o di una base forte.*

Prima



(a) Il pH-metro indica il pH di acqua che contiene una traccia di acido (e dell'indicatore acido-base blu bromofenolo). La soluzione a sinistra è un tampone con pH circa 7 (anch'essa contiene blu bromofenolo)

Dopo aggiunta di HCl 0.10 M



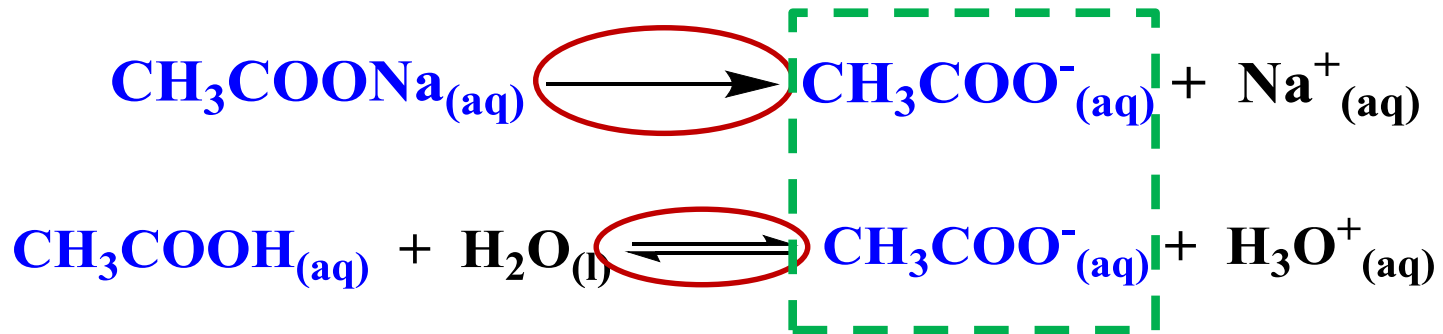
(b) Quando si aggiungono 5 mL di HCl 0.10 M a ognuna delle soluzioni, il pH dell'acqua scende di diverse unità, mentre il pH del tampone resta costante, come evidenziato anche dall'indicatore che non cambia colore.

## LE SOLUZIONI TAMPONE:

### *classi ed esempi*

Una soluzione di un **acido debole** contenente un **sale dell'acido debole**:  **$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$** ;

Una soluzione di una **base debole** contenente un **sale della base debole**:  **$\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$** .

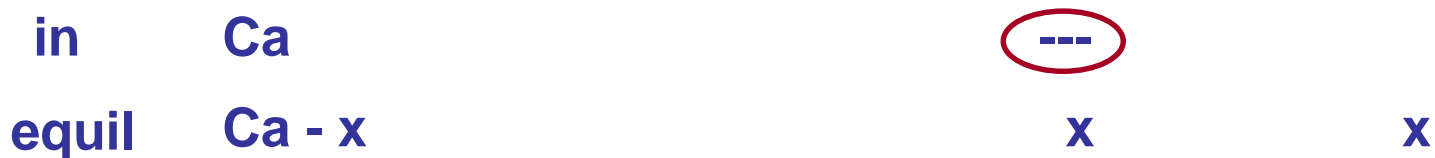
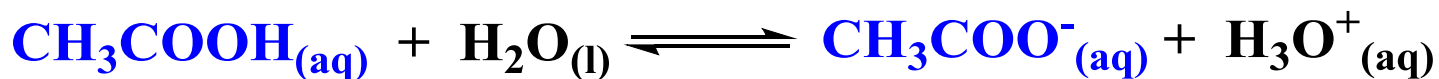


Calcolare la concentrazione degli ioni  $\text{H}_3\text{O}^+$  e il pH di una soluzione tampone formata da  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.1 M e  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0.2 M.

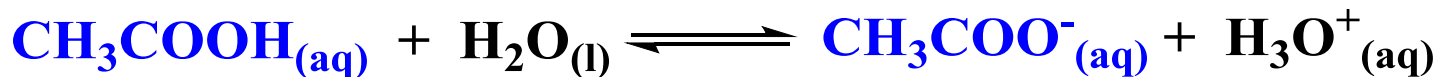
## LE SOLUZIONI TAMPONE:

Confronto tra una **soluzione di  $\text{CH}_3\text{COOH}$**  e una **soluzione tampone  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$**

**soluzione di  $\text{CH}_3\text{COOH}$**



**soluzione tampone  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$**





## LE SOLUZIONI TAMPONE:

Confronto tra una **soluzione di  $\text{CH}_3\text{COOH}$**  e una **soluzione tampone  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$**

**TABELLA 19-1** *Paragone tra  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  e pH nelle soluzioni di acido acetico e acido acetico-acetato di sodio*

Soluzione	% $\text{CH}_3\text{COOH}$ Ionizzato	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	pH
0.10 M $\text{CH}_3\text{COOH}$	1.3%	$1.3 \times 10^{-3} \text{ M}$	2.89
0.10 M $\text{CH}_3\text{COOH}$			
e 0.20 M $\text{NaCH}_3\text{COO}$	0.0090%	$9.0 \times 10^{-6} \text{ M}$	5.05

}  $\Delta\text{pH} = 2.16$

Riflettiamo sui numeri

## LE SOLUZIONI TAMPONE:

Confronto tra una **soluzione di  $\text{CH}_3\text{COOH}$** , una di  **$\text{CH}_3\text{COONa}$**   
e una **soluzione tampone  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$**



Charles D. Winters

Soluzione acquosa  
di acido acetico  
pH 2.7

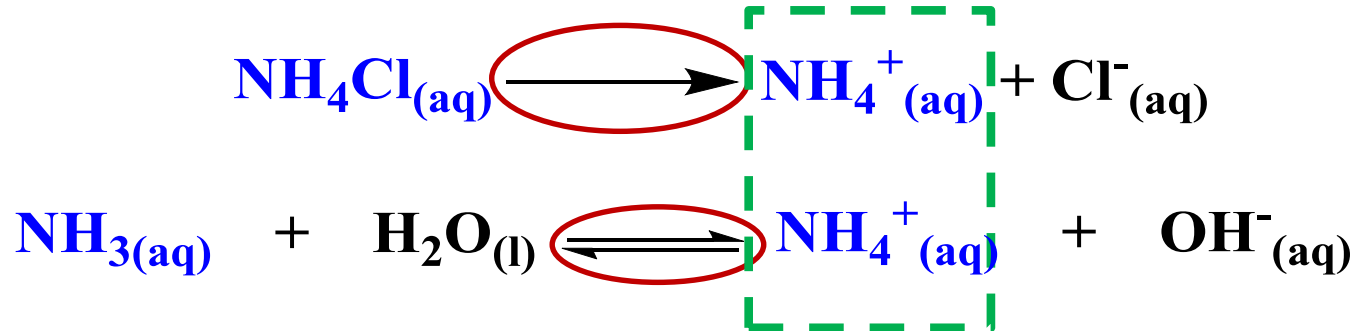
Soluzione acquosa  
di acetato di sodio  
pH 9

Miscela  
di acido acetico  
ed acetato di sodio

## LE SOLUZIONI TAMPONE:

### *classi ed esempi*

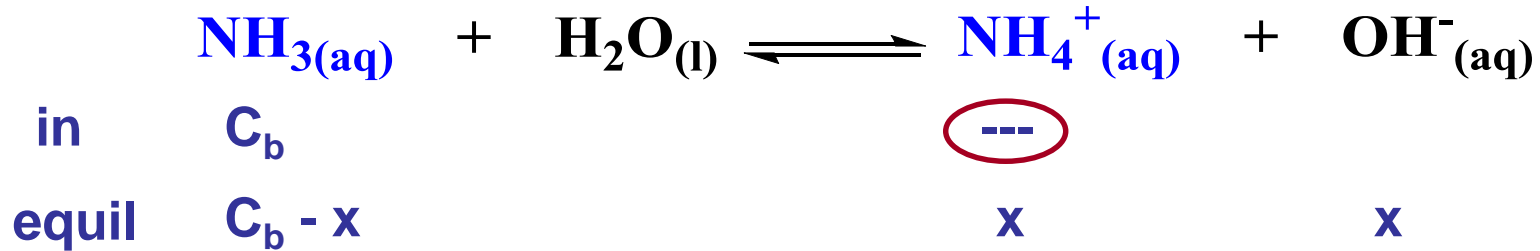
Una soluzione di una **base debole** contenente un **sale** della base debole:  **$NH_3/NH_4Cl$** .



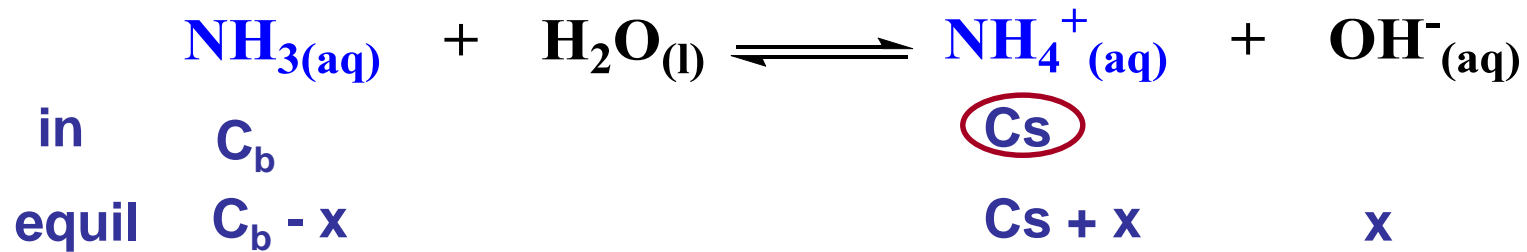
Calcolare la concentrazione degli ioni  $OH^-$  e il pH di una soluzione tampone formata da  $NH_3$  0.2 M e  $NH_4Cl$  0.1 M.

**LE SOLUZIONI TAMPONE:**  
**Confronto tra una *soluzione di NH<sub>3</sub>* e una  
*soluzione tampone NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl***

*soluzione di NH<sub>3</sub>*



*soluzione tampone NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl*



**LE SOLUZIONI TAMPONE:**  
**Confronto tra una *soluzione di NH<sub>3</sub>* e una**  
***soluzione tampone NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl***

**TABELLA 19-2** *Paragone tra [OH<sup>-</sup>] e pH nelle soluzioni di ammoniaca e ammoniaca-cloruro di ammonio*

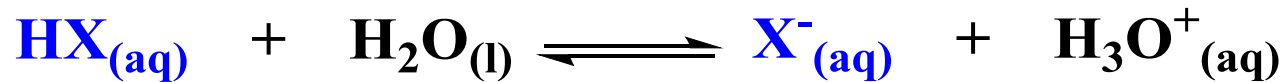
Soluzione	% di NH <sub>3</sub> Ionizzata	[OH <sup>-</sup> ]	pH
0.20 M aq NH <sub>3</sub>	0.95%	$1.9 \times 10^{-3} M$	11.28
0.20 M aq NH <sub>3</sub> e 0.10 M aq NH <sub>4</sub> Cl	0.018%	$3.6 \times 10^{-5} M$	9.56

} ΔpH = -1.72

**Riflettiamo sui numeri**

## LE SOLUZIONI TAMPONE:

### *L'equazione di Henderson - Hasselbach*



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^{+}][\text{X}^{-}]}{[\text{HX}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^{+}] = K_a \frac{[\text{HX}]}{[\text{X}^{-}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^{+}] = K_a \frac{[\text{HX}]}{[\text{base coniugata}]}$$

$$-\log [\text{H}_3\text{O}^{+}] = -\log K_a - \log \frac{[\text{HX}]}{[\text{base coniugata}]}$$

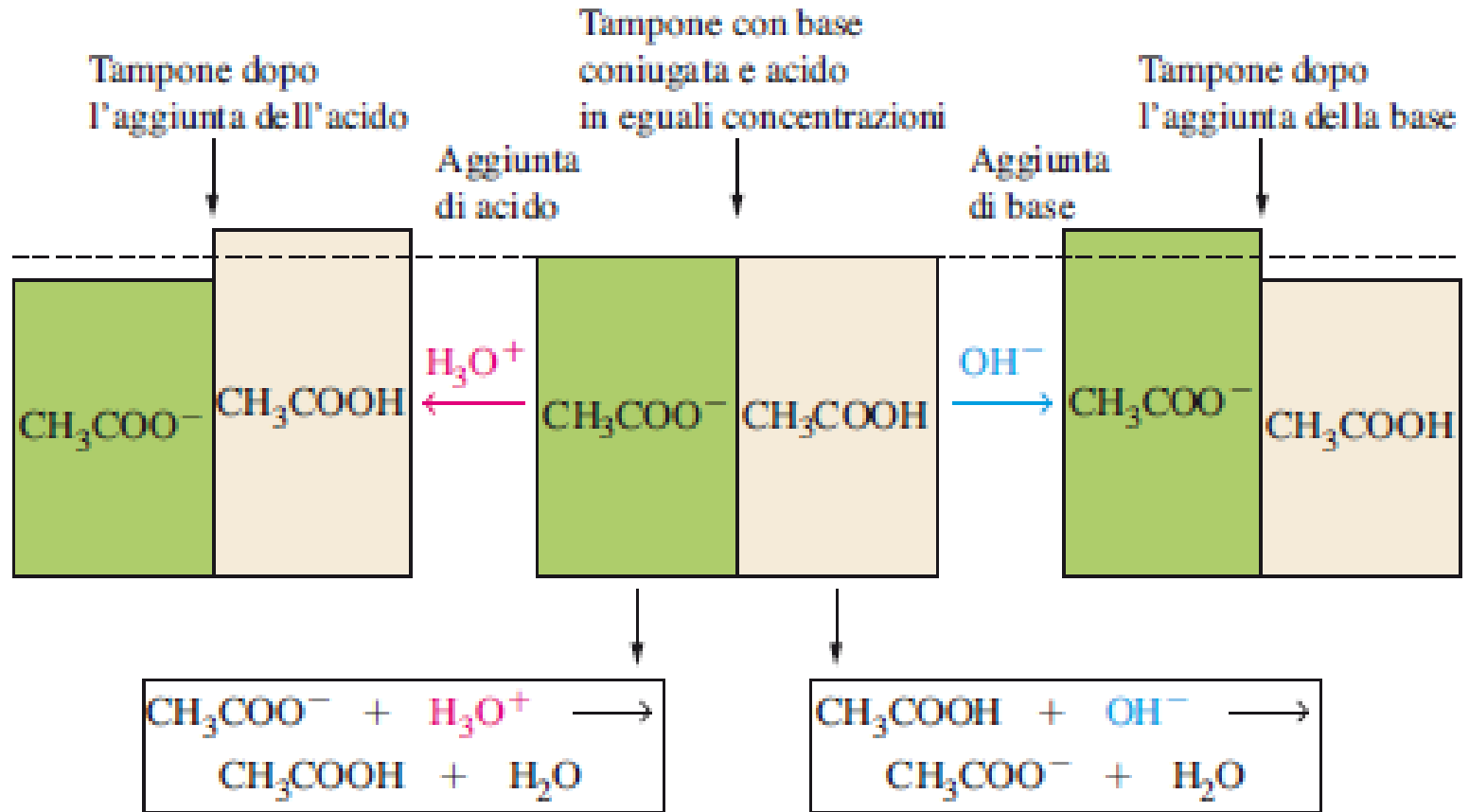
$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{HX}]}{[\text{base coniugata}]}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{C_a}{C_s}$$

*L'equazione di Henderson - Hasselbach*

# LE SOLUZIONI TAMPONE:

## *Come funzionano*



## LE SOLUZIONI TAMPONE:

***Variazioni di pH*** causate dall'aggiunta di acido o di base forte ad un litro di soluzione

**TABELLA 19-3** *Variazioni di pH causate dall'aggiunta di acido o di base ad un litro di soluzione*

1 L di soluzione di partenza	Aggiungiamo 0.010 moli di NaOH(s)		Aggiungiamo 0.010 moli di HCl(g)	
	variazione di pH	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] diminuisce di un fattore	variazione di pH	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] aumenta di un fattore
soluzione tampone (0.10 M NaCH <sub>3</sub> COO e 0.10 M CH <sub>3</sub> COOH)	+0.08 unità di pH	1.2	-0.08 unità di pH	1.2
0.10 M CH <sub>3</sub> COOH	+0.91	8.1	-0.89	7.8
H <sub>2</sub> O pura	+5.00	100000	-5.00	100000

**Riflettiamo sui numeri**



# LE SOLUZIONI TAMPONE:

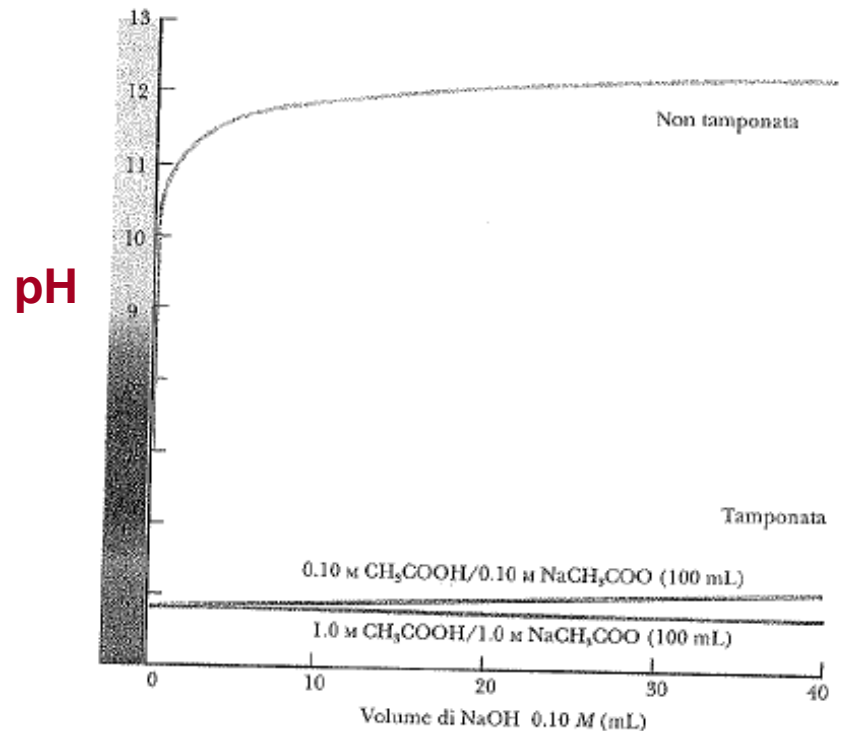
## *La capacità tamponante*

La **capacità tamponante** è il numero di moli di acido forte o di base forte che è necessario aggiungere ad **1 L** di soluzione tampone per modificare il suo **pH di un'unità**.

Intervallo tampone

$$\text{pKa} - 1 < \text{pH} < \text{pKa} + 1$$

Effetto della **diluizione** sulla capacità tamponante



# LE SOLUZIONI TAMPONE:

## *esempi*

**TABELLA 14.1** Sistemi tampone con differenti valori di pH

pH desiderato	Sistema tampone		$K_a$ (acido debole)	$pK_a$
	Acido debole	Base debole		
4	Acido lattico (HLac)	Ione lattato ( $\text{Lac}^-$ )	$1.4 \times 10^{-4}$	3.85
5	Acido acetico ( $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ )	Ione acetato ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ )	$1.8 \times 10^{-5}$	4.74
6	Acido carbonico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )	Ione idrogeno carbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	$4.4 \times 10^{-7}$	6.36
7	Ione diidrogeno fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )	Ione idrogeno fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ )	$6.2 \times 10^{-8}$	7.21
8	Acido ipocloroso ( $\text{HClO}$ )	Ione ipoclorito ( $\text{ClO}^-$ )	$2.8 \times 10^{-8}$	7.55
9	Ione ammonio ( $\text{NH}_4^+$ )	Ammoniaca ( $\text{NH}_3$ )	$5.6 \times 10^{-10}$	9.25
10	Ione idrogeno carbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	Ione carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	$4.7 \times 10^{-11}$	10.32

# LE SOLUZIONI TAMPONE: *tramite reazioni di neutralizzazione*

Reazione tra:

una base **debole** e un acido **forte** in difetto

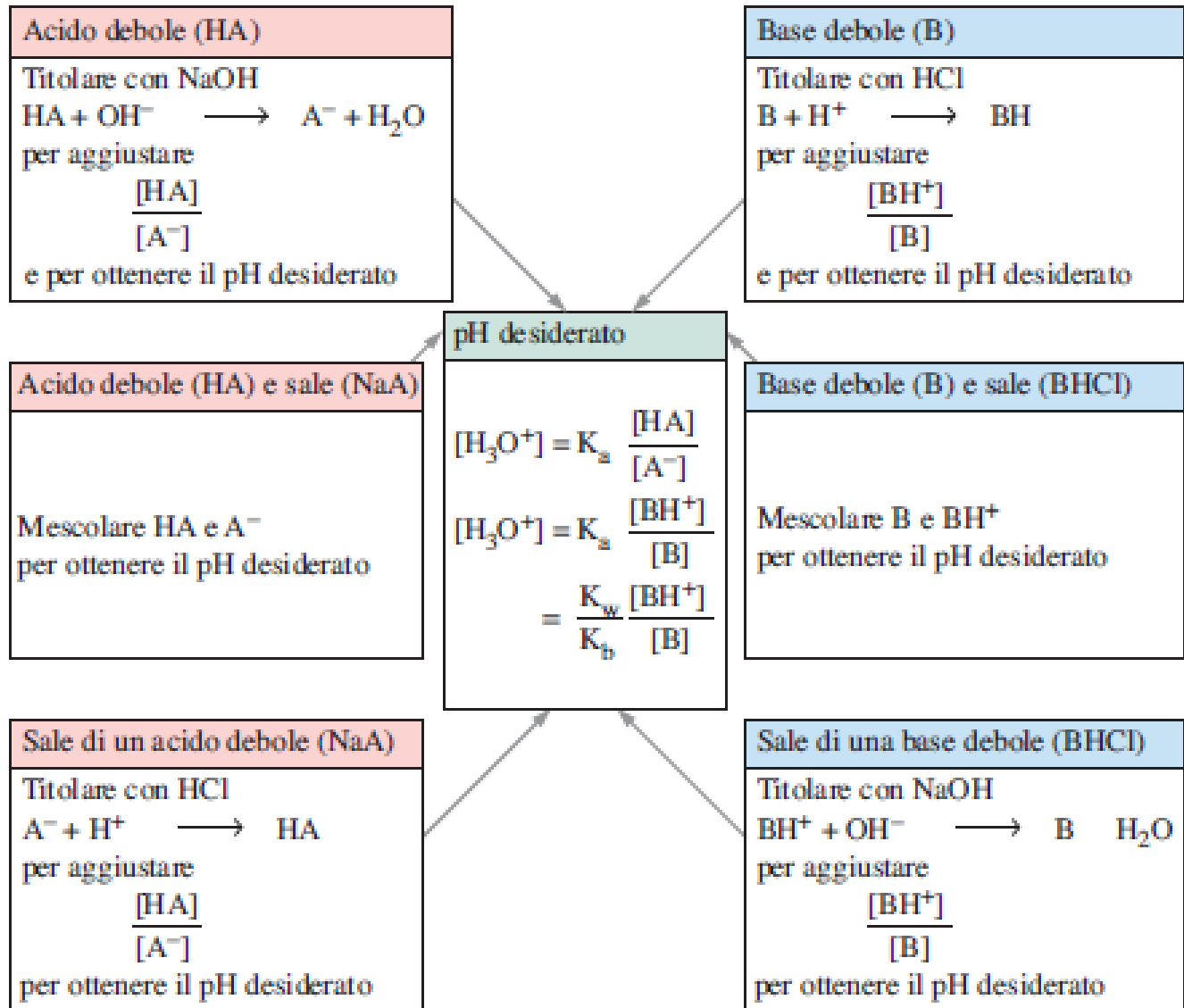


un acido **debole** e una base **forte** in difetto



# LE SOLUZIONI TAMPONE: *preparazione*

**Parziale  
neutralizzazione**



**Parziale  
neutralizzazione**