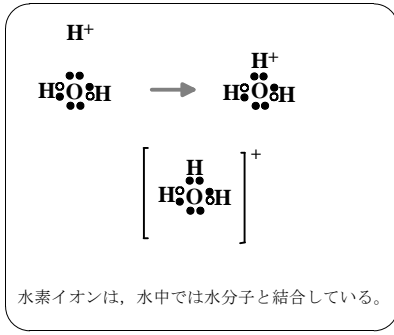


酸 acid

《酸》 acid (n: 酸, すっぱいもの a: 酸の, すっぱい)

《酸性》

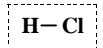
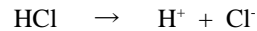
- pH () 以下
- 酸っぱい味 (酸味) を持つ
- リトマス () BTB ()
- 金属と反応して () を発生
(例) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$



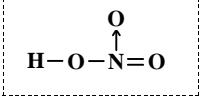
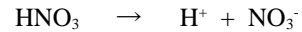
《酸性のもと》

水素イオン H^+

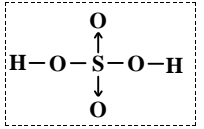
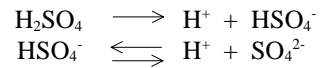
《塩化水素 HCl m.p. -114°C b.p. -85°C》



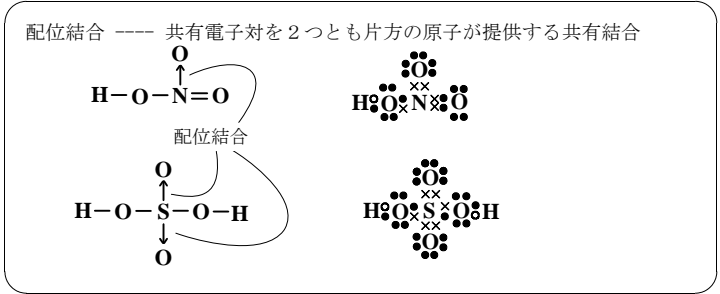
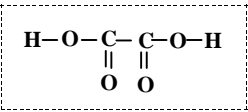
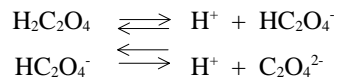
《硝酸 HNO_3 m.p. -42°C b.p. 86°C》



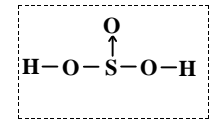
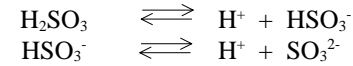
《硫酸 H_2SO_4 m.p. 10°C b.p. 330°C》



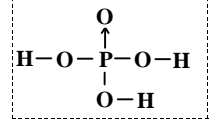
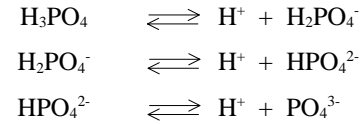
《シュウ酸 $(COOH)_2$ pKa1=1.271 pKa2=4.266》



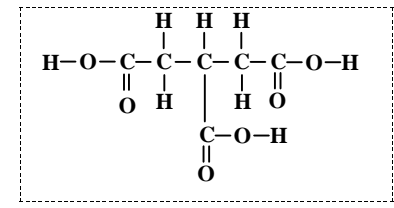
《亜硫酸 H_2SO_3 pKa1=1.76 pKa2=7.19》



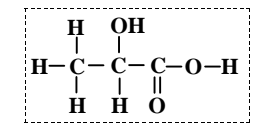
《リン酸 H_3PO_4 pKa1=2.15 pKa2=7.20 pKa3=12.38》



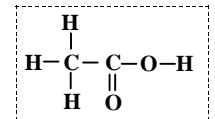
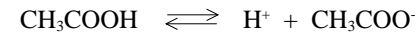
《クエン酸》



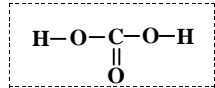
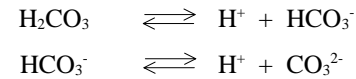
《乳酸》



《酢酸 CH_3COOH pKa=4.757》



《炭酸 H_2CO_3 pKa1=6.352 pKa2=10.329》



強酸と弱酸	酸の価数
強酸 (ほぼ完全に電離)	1 価の酸 HCl HNO₃ CH₃COOH
塩酸 硝酸 硫酸	2 価の酸 H₂SO₄ H₂CO₃
弱酸 (一部が電離し平衡状態になる)	3 価の酸 H₃PO₄

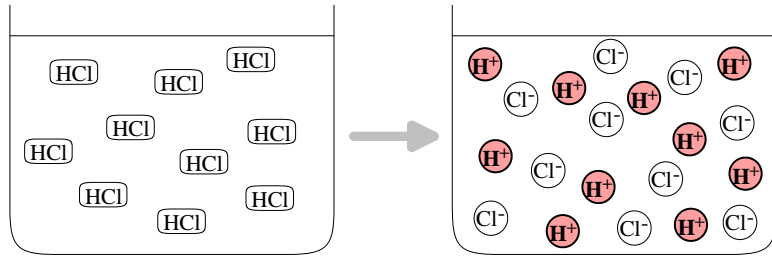
カルボキシル基



H^+ を放出した後の構造が安定している。

強酸と弱酸

強酸 HClの場合



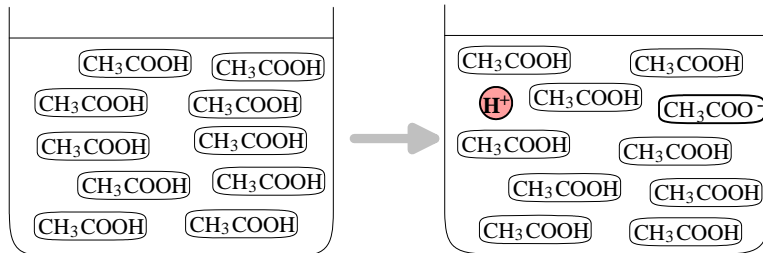
0.1 mol/L HCl



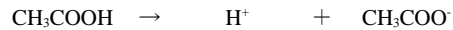
反応前	0.1 mol/L			
反応量	+) - 0.1 mol/L	+ 0.1 mol/L	+ 0.1 mol/L	
反応後		0.1 mol/L	0.1 mol/L	

\parallel
 $[\text{H}^+] = 10^{-1} \rightarrow \text{pH} = 1$

弱酸 CH₃COOHの場合



0.1 mol/L CH₃COOH



反応前	0.1 mol/L			
反応量	+) - 0.001	+ 0.001	+ 0.001	
反応後	0.099 mol/L	0.001 mol/L	0.001 mol/L	

\parallel
 $[\text{H}^+] = 10^{-3} \rightarrow \text{pH} = 3$

塩基 base

《塩基》 base

酸と反応して塩をつくる
 (例) $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

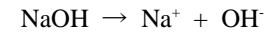
〈アルカリ性〉

- pH () 以上
- リトマス () B T B ()
- 手につけると () (slippery)

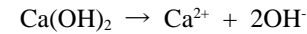
〈アルカリ性のもと〉

水酸化物イオン OH^-

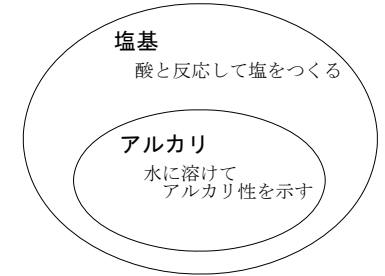
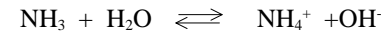
〈水酸化ナトリウム NaOH m.p. 328°C〉



〈水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 〉

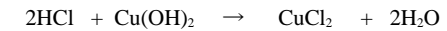


〈アンモニア NH_3 m.p. -77.7°C b.p. -33.4°C〉



強塩基と弱塩基	塩基の価数
強塩基 (水に溶ける水酸化物) NaOH $\text{Ca}(\text{OH})_2$	1 価の塩基 NaOH KOH NH_3
弱塩基 (一部が電離し平衡状態になる) NH_3	2 価の塩基 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{Cu}(\text{OH})_2$
弱塩基 (水に溶けにくい水酸化物) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$	3 価の塩基 $\text{Fe}(\text{OH})_3$

水に溶けにくい水酸化物 --- 酸とは反応 (中和) して塩を生じるので塩基である。

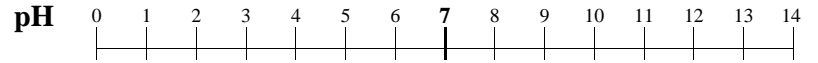
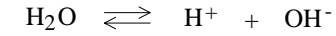


pH 水素イオン指数

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

$$\text{pH} = a \Leftrightarrow [\text{H}^+] = 10^{-a}$$

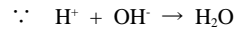
次の変化が、右向きに進んだり、左向きに進んだりしてバランスをとっている。



[H ⁺]	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴
[OH ⁻]	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

[H⁺], [OH⁻] の両方とも多量には存在できない。

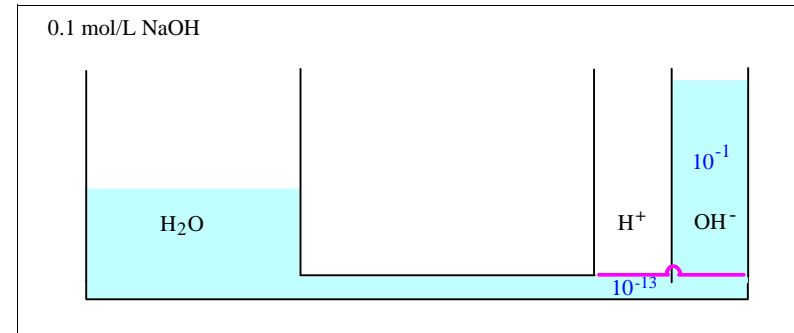
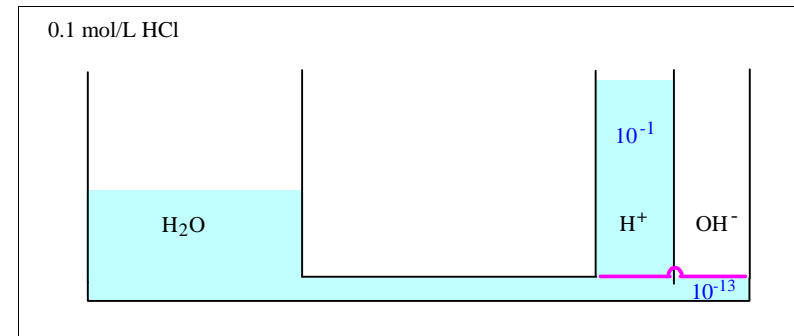
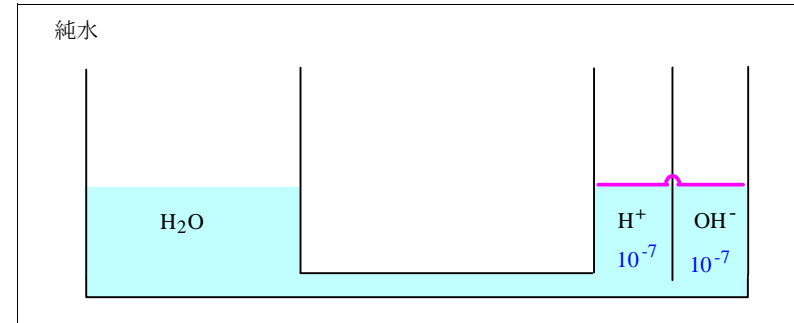


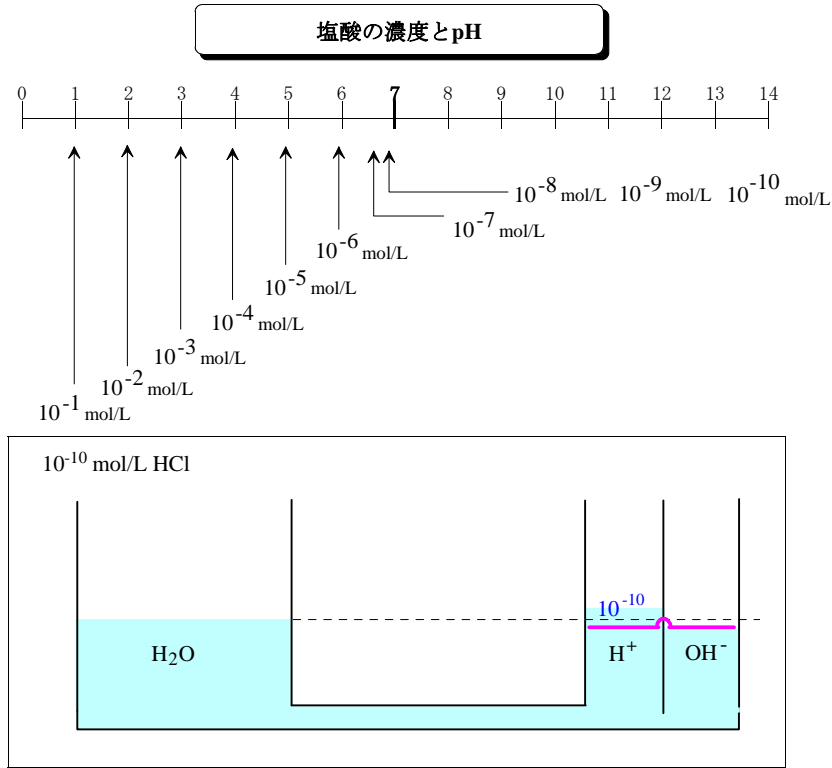
[H⁺], [OH⁻] の両方とも 0 にはならない。



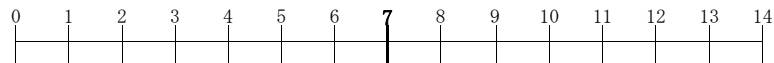
溶液	電離度	[HCl] mol/L	[H ⁺] mol/L	[OH ⁻] mol/L	pH
0.1M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 ⁻¹	1.0 × 10 ⁻¹³	1
0.01M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 ⁻²	1.0 × 10 ⁻¹²	2
0.001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻¹¹	3
0.0001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 ⁻⁴	1.0 × 10 ⁻¹⁰	4
0.00001M HCl	1.0	0.0	1.0 × 10 ⁻⁵	1.0 × 10 ⁻⁹	5

溶液	電離度	[CH ₃ COOH] mol/L	[H ⁺] mol/L	[OH ⁻] mol/L	pH
0.1M CH ₃ COOH	0.013	9.9 × 10 ⁻²	1.3 × 10 ⁻³	7.7 × 10 ⁻¹²	2.9
0.01M CH ₃ COOH	0.041	9.6 × 10 ⁻³	4.1 × 10 ⁻⁴	2.5 × 10 ⁻¹¹	3.4
0.001M CH ₃ COOH	0.12	8.8 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻⁴	8.2 × 10 ⁻¹¹	3.9
0.0001M CH ₃ COOH	0.34	6.6 × 10 ⁻⁵	3.4 × 10 ⁻⁵	3.0 × 10 ⁻¹⁰	4.5
0.00001M CH ₃ COOH	0.71	2.9 × 10 ⁻⁶	7.1 × 10 ⁻⁶	1.4 × 10 ⁻⁹	5.1





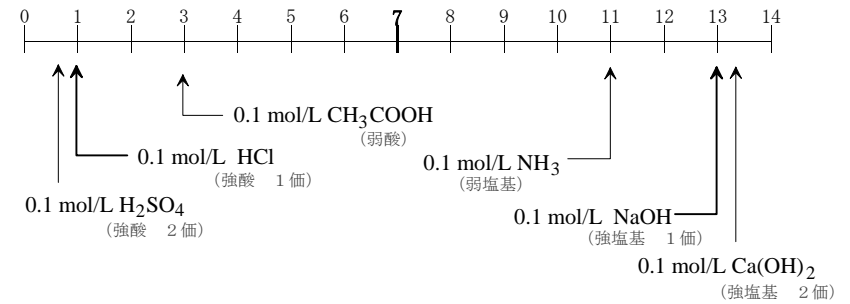
次の6種類の溶液のpHを図に描き入れなさい。おおよその位置でよい。



- 0.1 mol/L HCl
- 0.1 mol/L H₂SO₄
- 0.1 mol/L CH₃COOH (電離度0.01)
- 0.1 mol/L NaOH
- 0.1 mol/L Ca(OH)₂
- 0.1 mol/L NH₃ (電離度0.01)

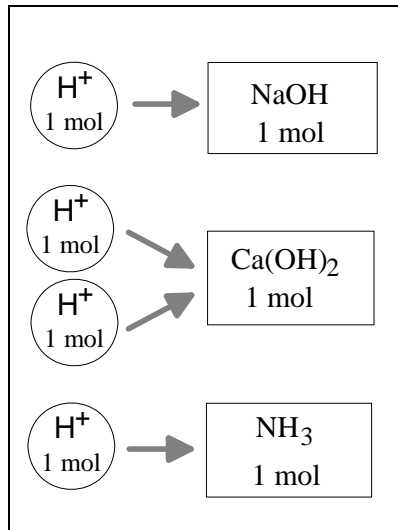
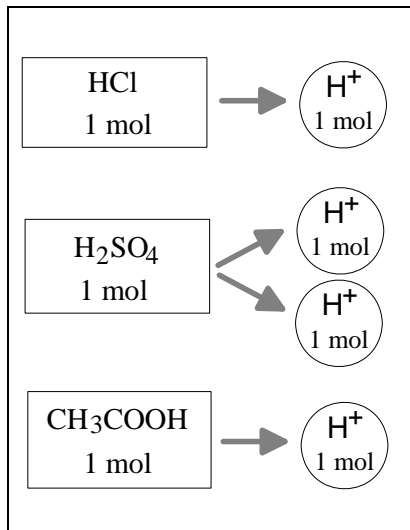
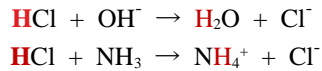
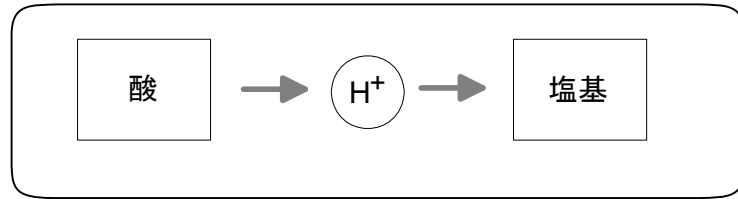
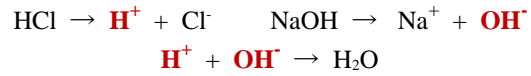
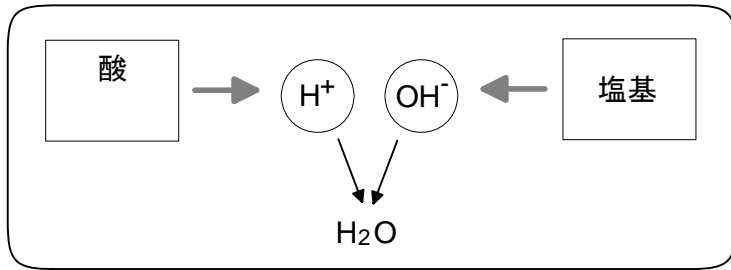
塩酸の濃度とpH

c (mol/L)	[H ⁺]	[OH ⁻]	pH
10 ⁻¹	0.10000000000	0.00000000000	1.0000
10 ⁻²	0.01000000000	0.00000000000	2.0000
10 ⁻³	0.00100000001	0.00000000001	3.0000
10 ⁻⁴	0.00010000010	0.00000000010	4.0000
10 ⁻⁵	0.00001000100	0.00000000100	5.0000
10 ⁻⁶	0.00000100990	0.00000000990	5.9957
10 ⁻⁷	0.00000016180	0.00000006180	6.7910
10 ⁻⁸	0.00000010512	0.00000009512	6.9783
10 ⁻⁹	0.00000010050	0.00000009950	6.9978
10 ⁻¹⁰	0.00000010005	0.00000009995	6.9998



	[OH ⁻]	[H ⁺]	pH
0.1 mol/L HCl		0.1 = 10 ⁻¹	1
0.1 mol/L H ₂ SO ₄		0.2 = 2 × 10 ⁻¹	<1 (0.70)
0.1 mol/L CH ₃ COOH (電離度0.01)		0.001 = 10 ⁻³	3
0.1 mol/L NaOH	0.1 = 10 ⁻¹	10 ⁻¹³	13
0.1 mol/L Ca(OH) ₂	0.2 = 2 × 10 ⁻¹	0.5 × 10 ⁻¹³	>13
0.1 mol/L NH ₃ (電離度0.01)	0.001 = 10 ⁻³	10 ⁻¹¹	11 (13.3)

中和



中和の量的関係

$$\text{酸の放出する H}^+ \text{の物質質量} = \text{塩基の放出する OH}^- \text{の物質質量}$$

(塩基の受け取る H⁺の物質質量)

$$\text{酸の価数} \times \text{酸の物質質量} = \text{塩基の価数} \times \text{塩基の物質質量}$$

中和滴定の量的関係

酸	a 価	c mol/L	V mL
塩基	b 価	c' mol/L	V' mL

$$a \times c \times V / 1000 = b \times c' \times V' / 1000$$

$$a \times c \times V = b \times c' \times V'$$

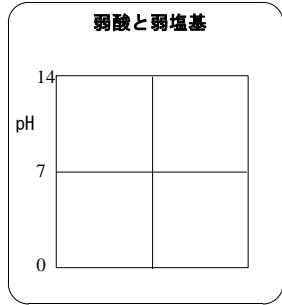
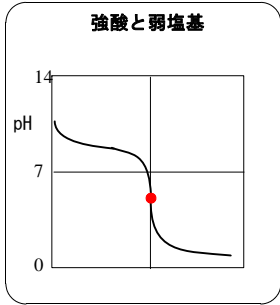
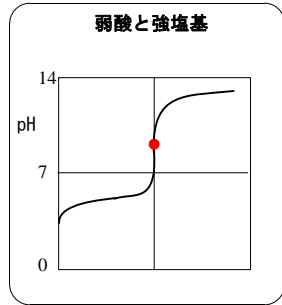
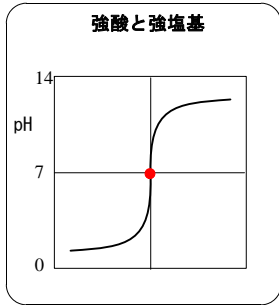
$$\text{酸の与える H}^+ \text{(mol)} = a \times c \text{ (mol/L)} \times V / 1000 \text{ (L)}$$

$$\text{塩基の受け取る H}^+ \text{(mol)} = b \times c' \text{ (mol/L)} \times V' / 1000 \text{ (L)}$$

次の酸と塩基が中和するように、() 内に数字を入れよ。

酸	塩基
HCl 1 mol	Ca(OH) ₂ (0.5) mol
H ₂ SO ₄ 0.1 mol	NH ₃ (0.2) mol
0.1 mol/L HCl 10 mL	0.1 mol/L NaOH (10) mL
0.1 mol/L H ₂ SO ₄ 10 mL	0.1 mol/L NaOH (20) mL
0.1 mol/L HCl 10 mL	(0.2) mol/L NaOH 5 mL
(0.72) mol/L CH ₃ COOH 10 mL	0.9 mol/L NaOH 8 mL
H ₂ SO ₄ 1 mol	NH ₃ (44.8) L (標準状態)
0.1 mol/L H ₂ SO ₄ 100 mL	NH ₃ (0.448) L (標準状態)

滴定曲線



正塩の水溶液の液性

酸	塩基	塩
強酸	+ 強塩基	→ 中性
強酸	+ 弱塩基	→ 酸性
弱酸	+ 強塩基	→ 塩基性
弱酸	+ 弱塩基	→

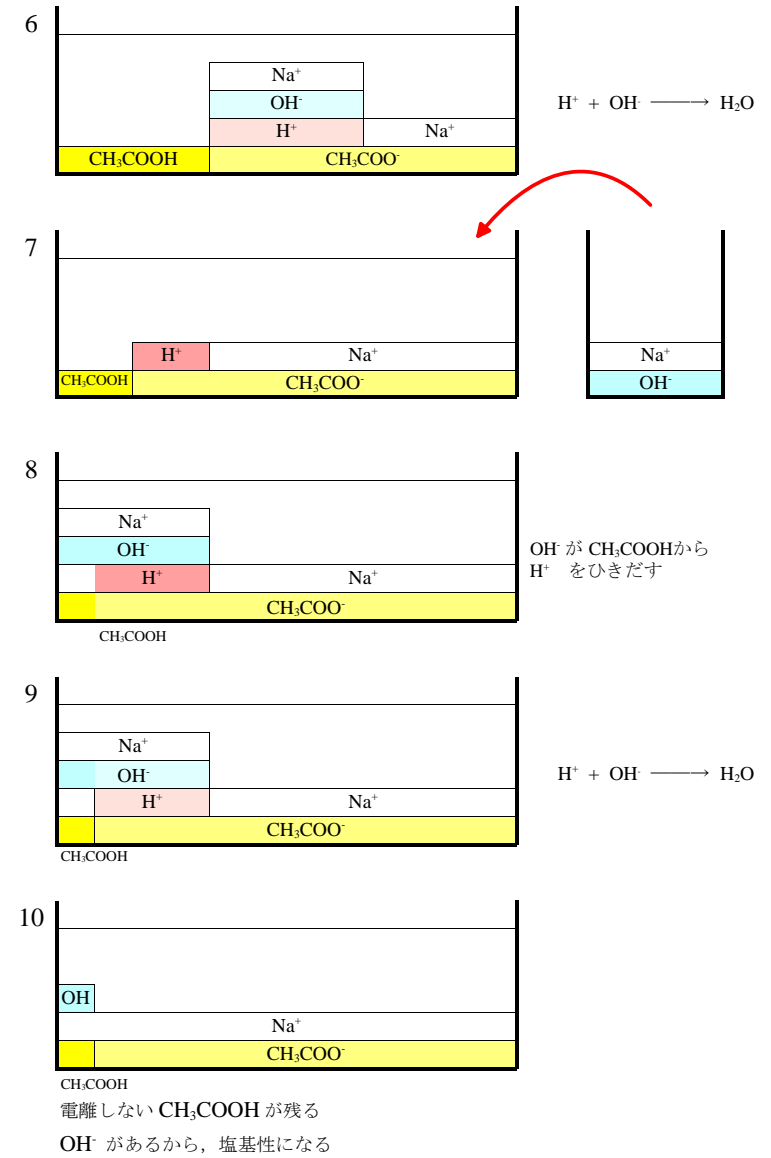
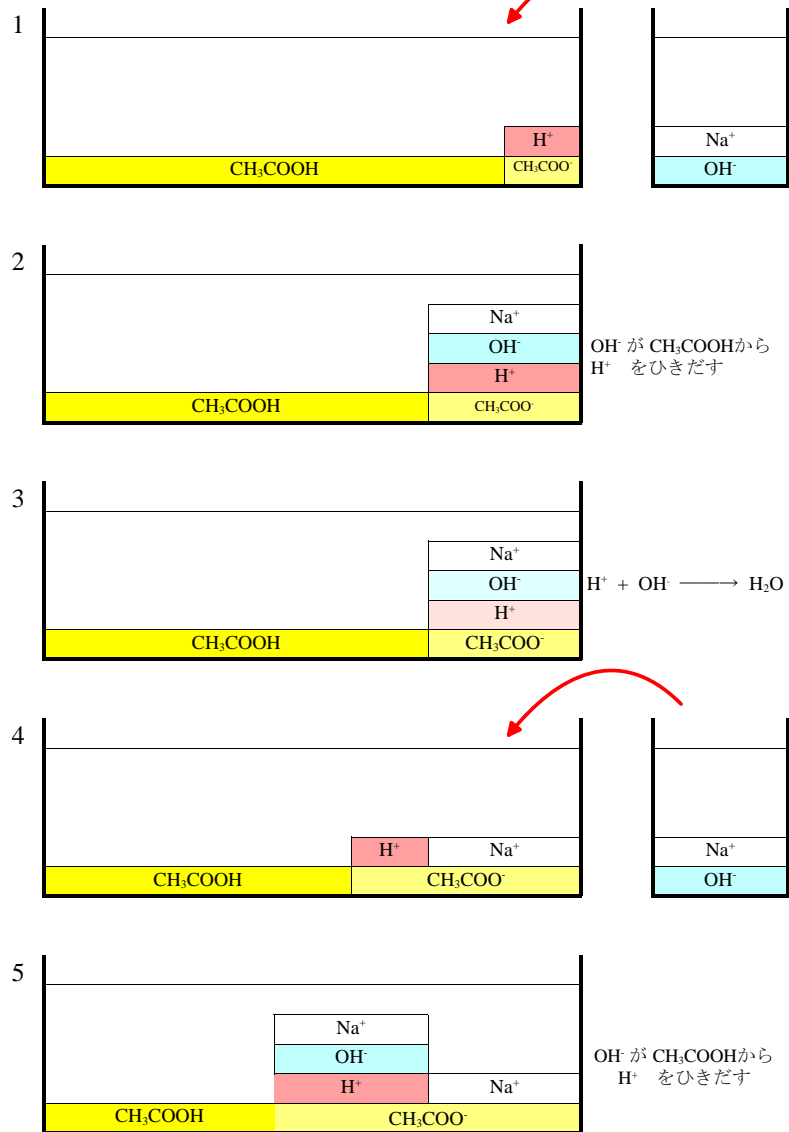
塩の水溶液の液性を推定

n : 中性
a : 酸性
b : 塩基性

酸 (<i>Strong</i>)	塩基 (<i>Weak</i>)	塩
HCl	S	NaOH S NaCl <i>n</i>
CH ₃ COOH	w	NaOH S CH ₃ COONa <i>b</i>
2HCl	S	Ca(OH) ₂ S CaCl ₂ <i>n</i>
HCl	S	KOH S KCl <i>n</i>
2HCl	S	Mg(OH) ₂ w MgCl ₂ <i>a</i>
HCl	S	NH ₃ w NH ₄ Cl <i>a</i>
HNO ₃	S	NaOH S NaNO ₃ <i>n</i>
H ₂ SO ₄	S	NaOH S NaHSO ₄ <i>a</i>
H ₂ SO ₄	S	2NaOH S Na ₂ SO ₄ <i>n</i>
H ₂ SO ₄	S	Ca(OH) ₂ S CaSO ₄ <i>n</i>
H ₂ SO ₄	S	Mg(OH) ₂ w MgSO ₄ <i>a</i>
H ₂ SO ₄	S	Cu(OH) ₂ w CuSO ₄ <i>a</i>
H ₂ CO ₃	w	NaOH S NaHCO ₃ <i>b</i>
H ₂ CO ₃	w	2NaOH S Na ₂ CO ₃ <i>b</i>
H ₂ SO ₃	w	2NaOH S Na ₂ SO ₃ <i>b</i>
H ₂ SO ₄	S	KOH S KHSO ₄ <i>a</i>
H ₂ SO ₄	S	2KOH S K ₂ SO ₄ <i>n</i>

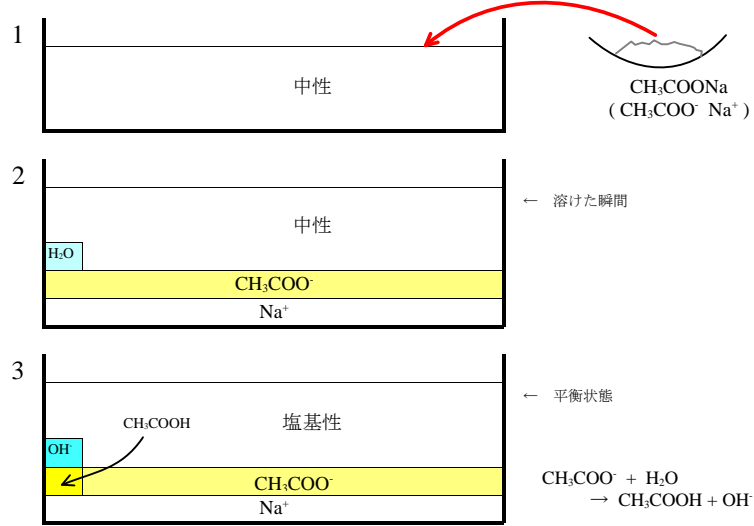
青字の場合は、正塩ではないので、規則は適用できない。ここにあげた3つの場合を覚えておけば十分である。
 NaHSO₄ (KHSO₄) は、H₂SO₄ を NaOH (KOH) で完全に中和する途中の生成物だから酸性と考えてよい。

CH₃COOH 水溶液を、NaOH 水溶液で滴定した場合、中和点ではなぜ塩基性になるか

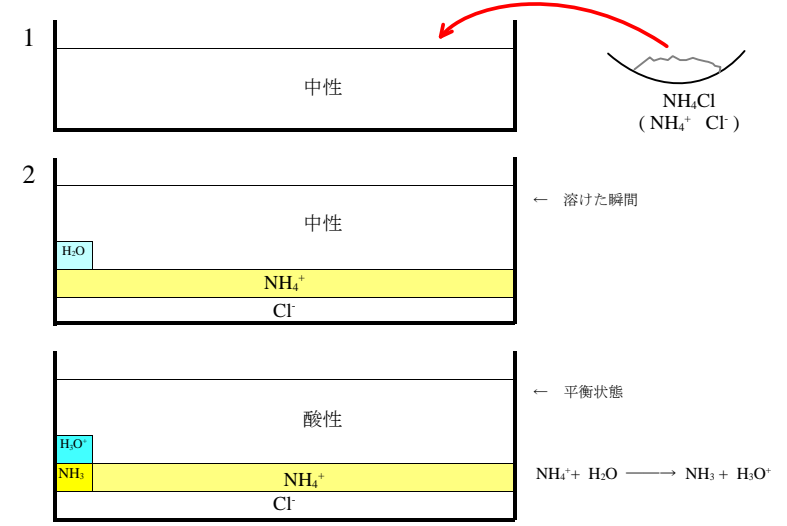


塩の加水分解

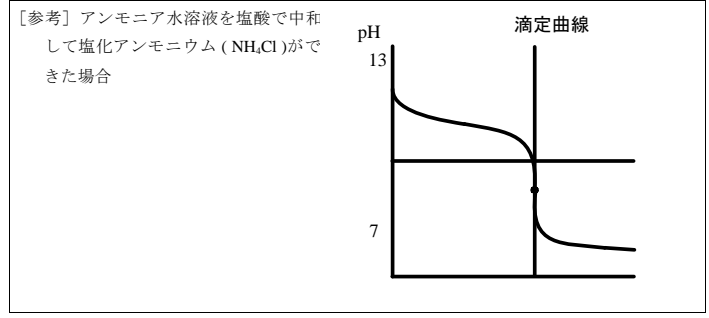
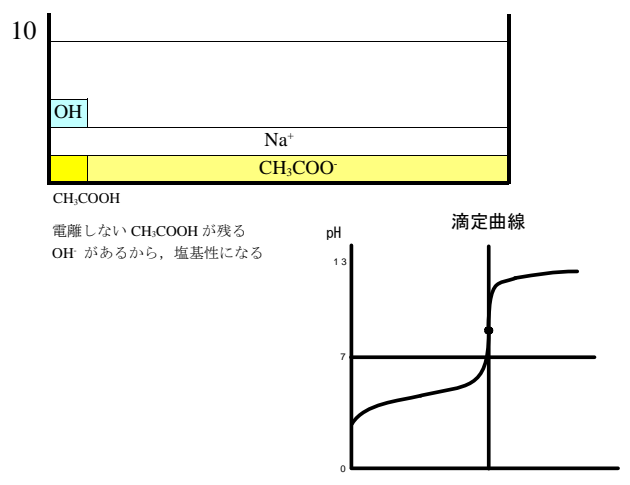
酢酸ナトリウム (CH₃COONa) を水に溶かした場合



塩化アンモニウム (NH₄Cl) を水に溶かした場合



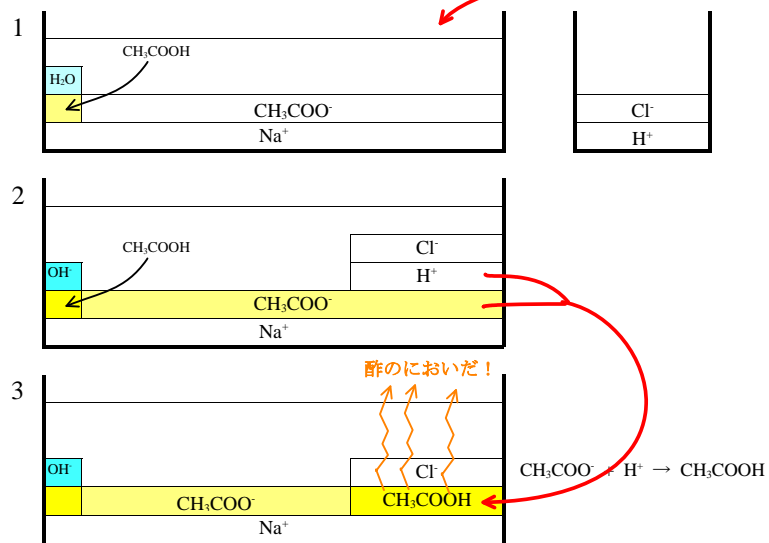
[参考] 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液が中和して酢酸ナトリウム (CH₃COONa) ができた場合



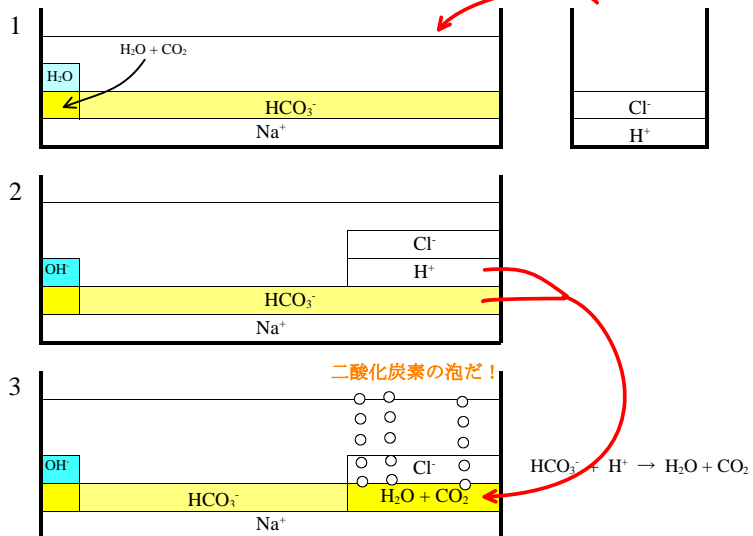
正塩の水溶液の液性			
酸	塩基		塩
強酸	+ 強塩基	→	中性
強酸	+ 弱塩基	→	酸性
弱酸	+ 強塩基	→	塩基性
弱酸	+ 弱塩基	→	

強い酸が弱い酸を追い出す
強い塩基が弱い塩基を追い出す

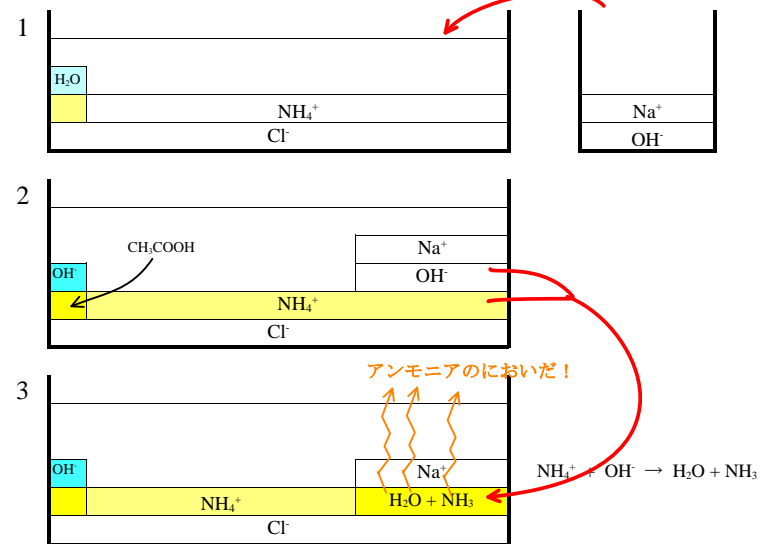
酢酸ナトリウム水溶液に塩酸を加えた場合



炭酸水素ナトリウム水溶液に塩酸を加えた場合



塩化アンモニウム水溶液に水酸化ナトリウムを加えた場合



弱い酸の塩	強い酸	弱い酸
CaF_2	$+$ H_2SO_4	\rightarrow $\text{HF} + \text{CaSO}_4$
FeS	$+$ H_2SO_4	\rightarrow $\text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$
FeS	$+$ 2HCl	\rightarrow $\text{H}_2\text{S} + \text{FeCl}_2$
NaHSO_3	$+$ H_2SO_4	\rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{NaHSO}_4$
Na_2CO_3	$+$ H_2SO_4	\rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
CaCO_3	$+$ 2HCl	\rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2$
NaHCO_3	$+$ HCl	\rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{NaCl}$
Na_2CO_3	$+$ 2HCl	\rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2 \text{NaCl}$
$2 \text{CH}_3\text{COONa}$	$+$ H_2SO_4	\rightarrow $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基
$2 \text{NH}_4\text{Cl}$	$+$ Ca(OH)_2	\rightarrow $2 \text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

強い酸 が 弱い酸 を追い出す
強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

弱い酸の塩	強い酸	弱い酸		
+	→	HF	+	CaSO ₄
+	→	H ₂ S	+	FeSO ₄
+	→	H ₂ S	+	FeCl ₂
+	→	H ₂ O + SO ₂ (H ₂ SO ₃)	+	NaHSO ₄
+	→	H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	Na ₂ SO ₄
+	→	H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	CaCl ₂
+	→	H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	NaCl
+	→	H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	2 NaCl
+		2 CH ₃ COOH	+	Na ₂ SO ₄

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基		
+	→	2 NH ₃	+	CaCl ₂ + 2 H ₂ O

酸の強弱

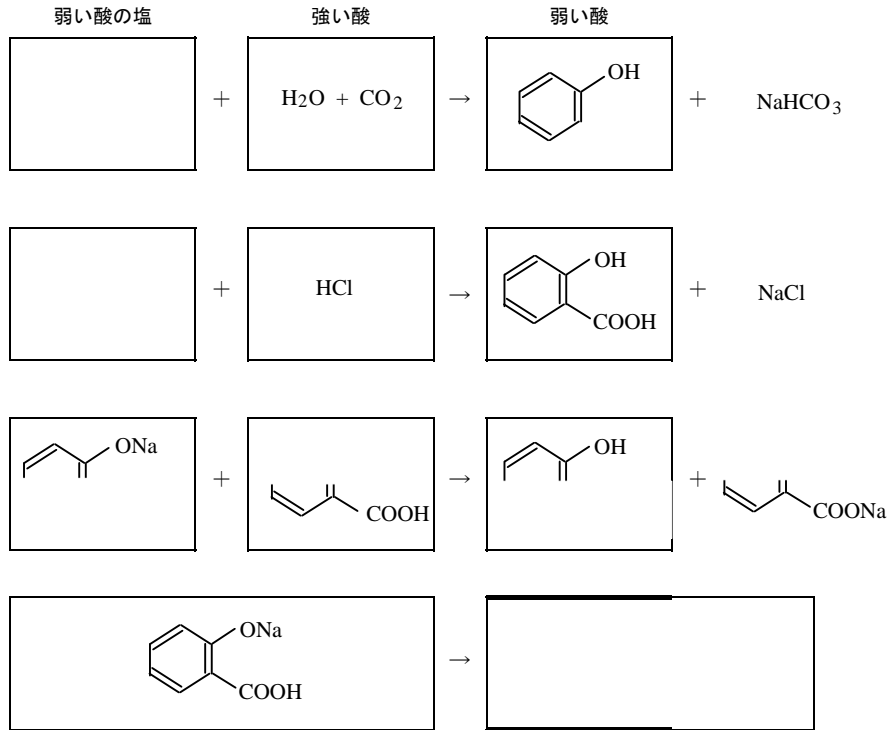
HCl, H₂SO₄ > Carboxylic Acid > H₂CO₃ > Phenol
(-COOH)

強い酸 が 弱い酸 を追い出す
強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

弱い酸の塩	強い酸	弱い酸		
CaF ₂	+ H ₂ SO ₄	→ HF	+	CaSO ₄
FeS	+ H ₂ SO ₄	→ H ₂ S	+	FeSO ₄
FeS	+ 2 HCl	→ H ₂ S	+	FeCl ₂
NaHSO ₃	+ H ₂ SO ₄	→ H ₂ O + SO ₂ (H ₂ SO ₃)	+	NaHSO ₄
Na ₂ CO ₃	+ H ₂ SO ₄	→ H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	Na ₂ SO ₄
CaCO ₃	+ 2 HCl	→ H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	CaCl ₂
NaHCO ₃	+ HCl	→ H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	NaCl
Na ₂ CO ₃	+ 2 HCl	→ H ₂ O + CO ₂ (H ₂ CO ₃)	+	2 NaCl
2 CH ₃ COONa	+ H ₂ SO ₄	→ 2 CH ₃ COOH	+	Na ₂ SO ₄

弱い塩基の塩	強い塩基	弱い塩基		
2 NH ₄ Cl	+ Ca(OH) ₂	→ 2 NH ₃	+	CaCl ₂ + 2 H ₂ O

強い酸 が 弱い酸 を追い出す
 強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す



強い酸 が 弱い酸 を追い出す
 強い塩基 が 弱い塩基 を追い出す

