

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

(1) 20℃의 황산( $H_2SO_4$ ) 수용액과 수산화나트륨( $NaOH$ )수용액을 서로 다른 부피비로 혼합한 용액의 최고 온도를 측정한 결과이다.

실험	I	II	III	IV	V
$H_2SO_4$ 수용액의 부피(mL)	10	20	30	40	50
$NaOH$ 수용액의 부피(mL)	50	40	30	20	10
최고 온도(℃)	22	24	23	22	21

실험 I~V의 혼합 용액에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단,  $H_2SO_4$ 과  $NaOH$ 은 모두 이온화 된다고 가정한다.)

**< 보 기 >**

가. 단위 부피당 이온 수는 II가 가장 적다.  
 나. III에서 양이온 수는 음이온 수의 2배이다.  
 다. I과 IV를 혼합한 용액 속의 양이온 수의 비는  $H^+ : Na^+ = 5 : 7$  이다.

- 가    ② 가, 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(2) 표는 중화 반응 실험 (가)~(다)에 대한 자료이다.

실험	$HCl(aq)$ 부피(mL)	$NaOH(aq)$ 부피(mL)	$Ca(OH)_2(aq)$ 부피(mL)	혼합 용액의 액성	혼합 용액 속 양이온의 상댓값
(가)	30	10	10	산성	2N
(나)	20	20	10	염기성	2N
(다)	10	20	20	염기성	3N

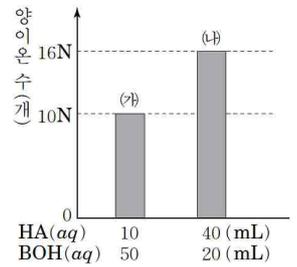
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단,  $HCl$ ,  $NaOH$ ,  $Ca(OH)_2$  은 모두 완전히 이온화된다.)

**< 보 기 >**

가. (가)~(다) 중에서 가장 많은 물이 생성되는 것은 (가)이다.  
 나. (다) 혼합용액에  $HCl(aq)$  30mL를 더 넣으면 중성이 된다.  
 다. 수용액 10ml에 들어 있는 전체 이온 수의 비는  $NaOH(aq) : Ca(OH)_2(aq) = 1 : 3$  이다.

- ① 가    ② 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(3) 그림은 산  $HA$  수용액과 염기  $BOH$  수용액을 서로 다른 부피비로 반응시켰을 때, 혼합 용액 속에 존재하는 양이온 수를 나타낸 것이다. BTB 용액을 가했을 때, (가)는 푸른색, (나)는 노란색으로 변화했다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보 기 >**

가. 생성된 물의 양은 (가)와 (나)가 같다.  
 나. (가)와 (나)를 혼합한 용액의 액성은 중성이다.  
 다.  $HA(aq)$  20ml와  $BOH(aq)$  40ml를 혼합할 때, 혼합 용액 속 양이온 수는 8N 개이다.

- ① 가    ② 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(4) 표는  $NaOH(aq)$ ,  $HCl(aq)$ ,  $HBr(aq)$ 을 실험 I, II와 같이 혼합하였을 때 혼합 용액 속에 존재하는 이온 모형과 혼합 용액의 액성을 나타낸 것이다. 혼합 용액의 최고 온도는 실험에서 II가 I에서보다 높다.

실험	$NaOH(aq)$	산 수용액	혼합 용액 속에 존재하는 이온 모형	혼합 용액의 액성
I	10 mL	$HCl(aq)$ 20 mL		—
II	20 mL	$HBr(aq)$ 10 mL		염기성

이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

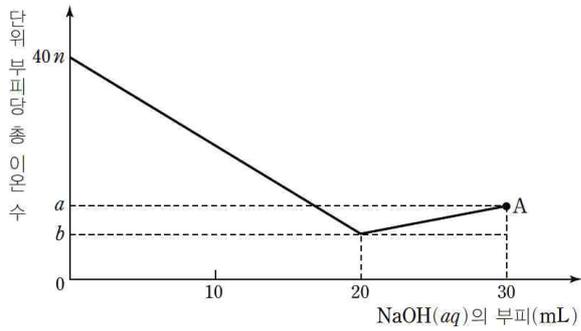
**< 보 기 >**

가. 생성된 물의 양은 실험 II가 I의 1.5배이다.  
 나. 단위 부피당 총 이온수비는  $HCl(aq) : HBr(aq) = 1 : 2$  이다.  
 다. 실험 I과 II의 두 혼합 용액을 섞었을 때 수용액의 액성은 중성이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)

(5) HCl(aq) 10mL에 NaOH(aq)을 조금씩 넣어 반응시킬 때 혼합 용액 속에 존재하는 단위 부피당 총 이온 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 생성된 물의 부피는 무시한다.)

< 보기 >

- 가. 단위 부피당 총 이온 수는 NaOH(aq)이 HCl(aq)의 2배이다.
- 나. A 점에서  $\frac{OH^- \text{ 이온수}}{Cl^- \text{ 이온수}} = 0.5$  이다.
- 다.  $a : b = 9 : 8$  이다.

가    ② 나    ③ 가, 나    ④ 가, 다    ⑤ 나, 다

(6) 표는 일정한 온도에서 묽은 염산(HCl)과 수산화나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피비로 혼합했을 때, 혼합 용액에 존재하는 음이온과 반응에서 생성된 물 분자 수를 나타낸 것이다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)
HCl(aq)의 부피(mL)	20	30	50
NaOH(aq)의 부피(mL)	40	30	10
혼합 용액 중 음이온 수(개)	12N	9N	5N
생성된 물 분자 수(개)	2N	3N	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

< 보기 >

- 가. ㉠은 3N이다.
- 나. (나)의 혼합 용액에 존재하는 양이온의 종류는 2가지이다.
- 다. 단위 부피당 이온수의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 1 : 3 이다.

① 가    ② 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(7) 표는 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 용액 (가), (나)에 대한 자료이다.

용액		(가)	(나)
혼합 전 각 용액의 부피(mL)	HCl(aq)	10	20
	NaOH(aq)	20	10
혼합 후 용액에 존재하는 양이온의 모형			

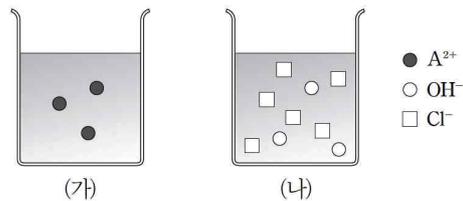
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

< 보기 >

- 가. 혼합 용액 (가)에서 음이온 수의 비는  $Cl^- : OH^- = 3 : 1$  이다.
- 나. 혼합 후 생성된 물 분자 수는 (가)가 (나)의 2배이다.
- 다. 혼합 용액 (가)와 (나)를 섞은 용액에 Mg을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 가, 다    ⑤ 나, 다

(8) 그림 (가)는 염화수소(HCl) 6몰이 녹아 있는 염산(HCl(aq))에 금속 A 3몰을 넣고 A가 모두 반응한 후 용액 속에 존재하는 양이온을, (나)는 (가)에서와 같은 HCl(aq)에 수산화나트륨(NaOH) x몰을 넣고 반응시켰을 때 용액 속에 존재하는 음이온을 각각 모형으로 나타낸 것이다. 모형 1개는 1몰을 의미한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, A는 임의의 원소 기호이며, 물과 반응하지 않는다.)

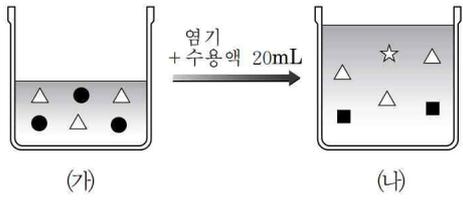
< 보기 >

- 가. x는 3 이다.
- 나. 수용액의 pH는 (가) < (나) 이다.
- 다. (가)의 음이온과 (나)의 양이온의 몰수비는 3 : 2 이다.

① 가    ② 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

(9) 묽은 염산(HCl) 20mL에 염기 수용액 20mL를 넣었을 때, 수용액 속의 이온을 모형으로 나타낸 것이다.17)



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보 기 >**

가. (나)의 수용액은 염기성이다.  
 나. 이온의 전하량 비는 ● : ■ = 1 : 2 이다.  
 다. 단위 부피당 이온 수는 묽은 염산과 염기 수용액이 같다.

- 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(10) 표는 HCl(aq)과 NaOH(aq)을 부피를 달리하여 반응시켰을 때 혼합 용액 속의 전체 양이온 수를 나타낸 것이다.

실험	HCl(aq)의 부피 (mL)	NaOH(aq)의 부피 (mL)	전체 양이온 수
(가)	20	5	2N
(나)	20	15	3N
(다)	30	10	3N
(라)	30	20	4N

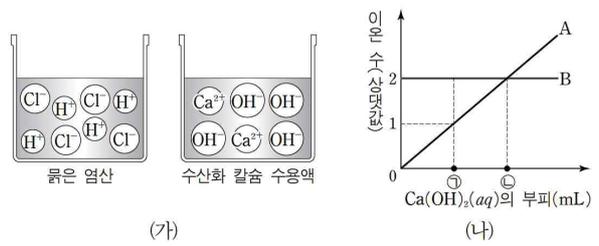
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보 기 >**

가. 단위 부피당 전체 이온 수비는  $\frac{NaOH(aq)}{HCl(aq)} = 3$  이다.  
 나. 생성된 물의 양은 (나)와 (다)가 같다.  
 다. (라)에서 혼합 용액의 액성은 염기성이다.

- ① 가    ② 나    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(11) 그림 (가)는 실험에 사용한 같은 부피의 묽은 염산(HCl)과 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>) 수용액의 이온 모형, (나)는 묽은 염산 20mL에 수산화칼슘 수용액을 조금씩 가할 때 혼합 용액 속에 존재하는 이온 수의 변화를 나타낸 것이다.



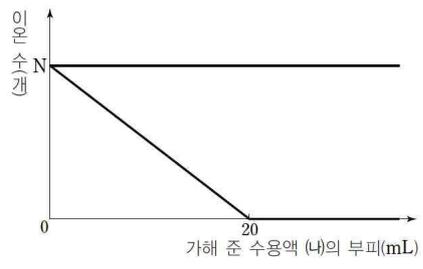
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보 기 >**

가. A와 B는 구경꾼 이온이다.  
 나. ㉠은 20ml 이다.  
 다. ㉡의 혼합 용액에서 양이온과 음이온의 개수비는 1 : 2이다.

- ① 나    ② 다    ③ 가, 나    ④ 가, 다    ⑤ 가, 나, 다

(12) 20ml의 수용액 (가)에 수용액 (나)를 조금씩 가할 때, 혼합 용액 속에 있는 2가지 이온의 개수 변화를 나타낸 것이다. (가), (나)는 각각 NaOH 수용액과 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 중 하나이다.



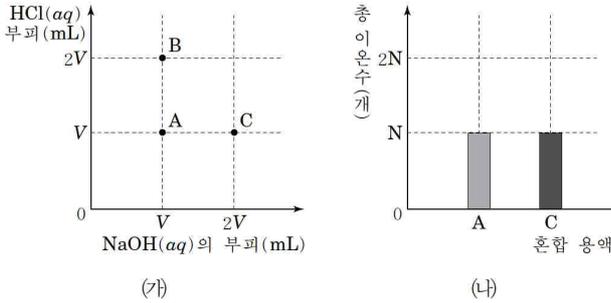
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

**< 보 기 >**

가. 수용액 (가)는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액이다.  
 나. 같은 부피의 두 수용액에 있는 이온의 총수는 (가) : (나) = 3 : 4 이다.  
 다. 수용액 (나) 10ml를 가했을 때 혼합 용액에는 양이온 수가 음이온 수의 4/3배이다.

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

(13) (가)의 A~C는 묽은 염산(HCl)과 수산화나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액을, (나)는 (가)의 혼합 용액 A와 C에 들어 있는 총 이온수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 혼합 전 묽은 염산과 NaOH 수용액의 온도는 같다.)

**< 보기 >**

가. A에 Mg 리본을 넣으면 수소 기체가 발생한다.  
 나. B에 들어 있는 총 이온수는 2N개이다.  
 다. 혼합 용액의 최고 온도는 B < A < C 이다.

- 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(14) HA 수용액과 BOH 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 수용액 (가)~(다)에서 전체 음이온 수와 생성된 물 분자수를 나타낸 것이다.

혼합 용액	혼합한 용액의 부피(mL)		전체 음이온 수	생성된 물 분자수
	HA(aq)	BOH(aq)		
(가)	5	15	㉠	N
(나)	10	10	2N	N
(다)	15	5	3N	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, HA와 BOH는 수용액에서 완전히 이온화한다.)

**< 보기 >**

가. ㉠ + ㉡ = 2N 이다.  
 나. 전체 양이온 수는 (다)가 (가)의 2배이다.  
 다. 혼합 전 단위 부피당 용액의 총 이온 수비는 HA(aq) : BOH(aq) = 2 : 1 이다.

(15) 표는 묽은 염산(HCl) 20ml에 수산화나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피로 혼합한 용액 (가)~(다)에서 생성된 물 분자수를 나타낸 것이다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)
HCl(aq)의 부피(mL)	20	20	20
NaOH(aq)의 부피(mL)	10	30	60
생성된 물 분자수(개)	$\frac{1}{3}N$	N	N

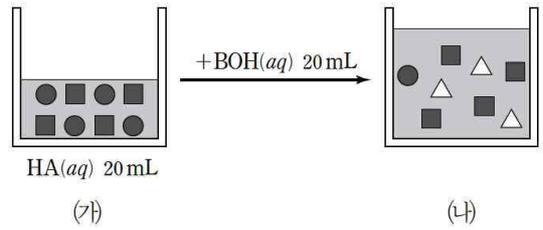
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보기 >**

가. 혼합 용액의 최고 온도는 (나)와 (다)가 같다.  
 나. (다)의 혼합 용액에 존재하는 총 이온수는 2N개이다.  
 다. 반응 전 용액의 단위 부피당 총 이온수의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 3 : 2 이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(16) 그림은 강산 HA 수용액 20ml에 강염기 BOH 수용액 20ml를 혼합하였을 때 수용액 속의 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

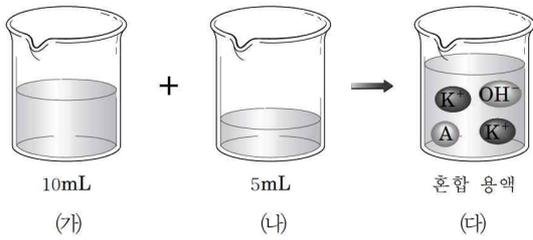
**< 보기 >**

가. ●는 H<sup>+</sup>이다.  
 나. 수용액의 전기 전도도는 (가)가 (나)보다 크다.  
 다. 수용액 20mL에 녹아 있는 이온 수는 HA(aq)가 BOH(aq)보다 많다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)

(17) 산 수용액 10ml(가)와 염기 수용액 5ml(나)를 섞었을 때, 혼합 용액(다)에 들어있는 이온을 입자 모형으로 나타낸 것이다.

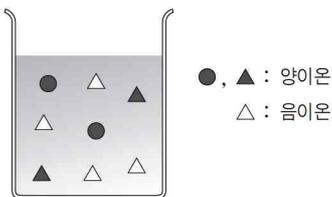


이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?(단, 산과 염기는 수용액에서 모두 이온화한다.)

< 보기 >

- 가. A는 -1가의 음이온이다.
- 나. 단위 부피당 양이온 수는 (나)가 (가)의 2배이다.
- 다. (다)에 산 수용액 10ml를 가한 후 물을 모두 증발시키면 KA와 KOH 고체가 남는다.

(18) 그림은 묽은 염산(HCl) 10ml에 수산화나트륨(NaOH) 수용액 10ml를 혼합하였을 때, 혼합 용액 속에 존재하는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.



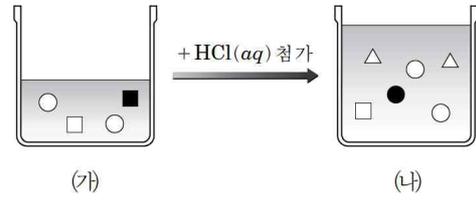
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

< 보기 >

- 가. 혼합 용액의 pH는 7보다 작다.
- 나. 혼합 용액에 NaOH 10ml를 더 넣어주면 용액 속 총 이온 수는 감소한다.
- 다. 혼합 전 용액의 단위 부피당 총 이온 수의 비 HCl : NaOH = 2 : 1 이다.

- 가    ② 나    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(19) 그림 (가)는 수산화나트륨(NaOH) 수용액 10ml에 질산(HNO3) 수용액 10ml를 혼합한 용액을, (나)는 (가)의 용액에 염산(HCl) 10ml를 혼합한 용액을 이온 모형으로 나타낸 것이다.



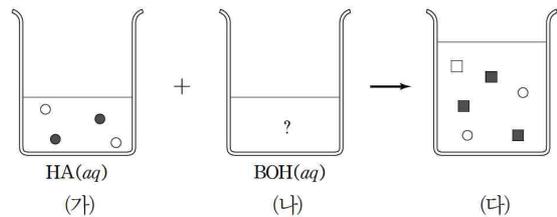
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

< 보기 >

- 가. ●은 H<sup>+</sup>이다.
- 나. 단위 부피당 H<sup>+</sup>의 수는 HCl(aq)이 HNO<sub>3</sub>(aq)의 2배이다.
- 다. NaOH(aq) 10ml에 HCl(aq) 10ml를 혼합시 pH는 7이다.

- ① 가    ② 나    ③ 가, 나    ④ 가, 다    ⑤ 가, 나, 다

(20) 그림은 같은 부피의 강산 HA(aq)과 강염기 BOH(aq)을 혼합하였을 때의 반응을 모형으로 나타낸 것이다.



(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

< 보기 >

- 가. (가)의 ●는 H<sup>+</sup>이다.
- 나. (다)의 pH는 7보다 작다.
- 다. 용액 속의 단위 부피당 이온 수는 (나)보다 (다)가 많다.

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

(21) 묽은 염산(HCl)과 수산화나트륨(NaOH) 수용액의 부피를 달리하여 혼합하였을 때 혼합 용액의 액성과 중화 반응에서 생성된 물 분자 수를 나타낸 것이다.

혼합 용액	(가)	(나)	(다)
HCl(aq)의 부피(mL)	20	40	60
NaOH(aq)의 부피(mL)	80	60	40
혼합 용액의 액성	염기성		산성
중화 반응에서 생성된 물 분자 수	2N		2N

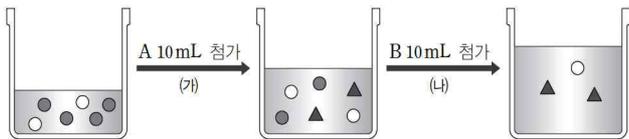
혼합 용액 (가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보기 >**

- 가. (나)의 액성은 산성이다.
- 나. 용액 속의  $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 (나)와 (다)에서 같다.
- 다. 용액 속의 총 이온 수는 (가)가 (다)보다 많다.

- 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(22) 그림은 어떤 강염기 수용액 20mL에 강산 A와 B의 수용액을 10mL 씩 차례로 첨가할 때 용액 중에 존재하는 이온 수를 모형으로 나타낸 것이다.



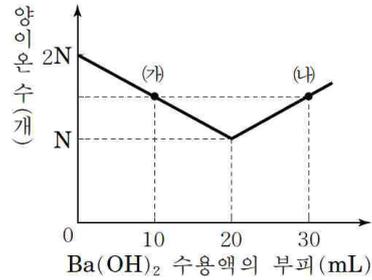
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

**< 보기 >**

- 가. ○는 +2가 이온이다.
- 나. (나) 반응에서 ○와 ●는 모두 알짜 이온이다.
- 다. 같은 부피에 들어 있는 수소 이온 수는 A와 B가 같다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(23) 그래프는 묽은 염산(HCl) 10ml에 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>)수용액을 조금씩 가할 때, 혼합 용액 속 양이온 수의 변화를 나타낸 것이다.



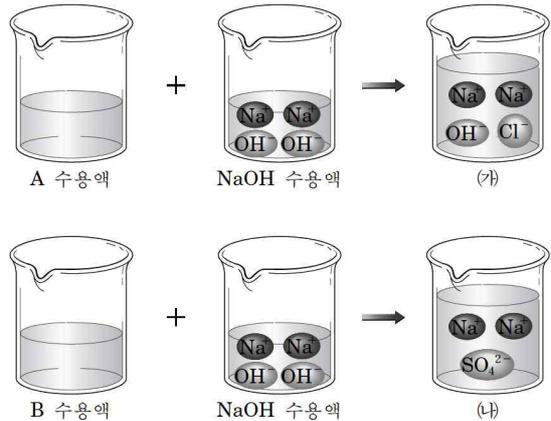
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 혼합 전 두 수용액의 온도는 같다.)

**< 보기 >**

- 가. 단위 부피당 총 이온수의 비는 HCl(aq) : Ba(OH)<sub>2</sub> = 4 : 3 이다.
- 나. 혼합 용액의 최고 온도는 (가) < (나) 이다.
- 다. 혼합 용액 (나)에 들어 있는 음이온 수는 3N개이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 다    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

(24) 그림과 같은 부피의 산 A와 B의 수용액에 각각 같은 부피의 NaOH 수용액을 가할 때, 일어나는 반응을 입자 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 사용한 NaOH 수용액의 농도는 같다.)

- ① A와 B는 강산이다.
- ② A 수용액의 pH는 B 수용액보다 작다.
- ③ 생성된 물 분자의 수는 (가) < (나)이다.
- ④ 혼합 용액의 최고 온도는 (가) < (나)이다.
- ⑤ 혼합 용액의 전기 전도도는 (가) > (나)이다.

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

(1) 중화 반응에서  $\Delta(\text{온도 변화}) \propto \frac{\text{생성된 } H_2O \text{의 몰수}}{\text{합 수용액의 총 부피}}$  이므로 산과 염기의 혼합 수용액의 부피가 같을 경우  $\Delta$ 가 같은 실험(이 문제에서는 I 과 IV)을 비교하여 분석한다. 실험 I 과 IV에서  $\Delta$ 와 혼합 수용액의 총 부피(60mL)가 같으므로 각각 생성된  $H_2O$ 의 몰수도 동일하다. 실험 I 은 염기성으로 생성된 물 분자 몰수는 산 수용액 10mL에 들어 있는  $H^+$ 의 몰수와 같고 실험 IV은 산성으로 생성된 물 분자몰수는 염기 수용액 20mL에 들어 있는  $OH^-$ 의 몰수와 같다. 따라서 ' $H_2SO_4$  10mL에 들어 있는  $H^+$ 몰수 = NaOH 20mL에 들어 있는  $OH^-$ 몰수'이고  $H_2SO_4$  1개에서  $H^+$ 가 2개 생성되므로 단위 부피당 몰수비 =  $H_2SO_4 : NaOH = \frac{1\text{개}}{10\text{ml}} : \frac{2\text{개}}{20\text{ml}} = 1 : 1$  이 된다.

각 혼합 용액에서 이온 수의 비는 다음과 같다.

용액	반응 후			
	$H^+$	$SO_4^{2-}$	$Na^+$	$OH^-$
I	0	1	5	3
II	0	2	4	0
III	3	3	3	0
IV	6	4	2	0
V	9	5	1	0

(2) 10mL에 들어 있는 이온 수를 아래처럼 정해 (가)-(다)에 대한 연립 방정식을 정리할 수 있다.

	HCl(aq)	NaOH(aq)	Ca(OH) <sub>2</sub> (aq)
이온	$H^+$ $Cl^-$	$Na^+$ $OH^-$	$Ca^{2+}$ $OH^-$
10mL 속 이온 수	x   x	y   y	z   2z

(가)에서 산성이므로  $H^+$ 의 수는  $3x - y - 2z$ ,  $Na^+$ 의 수는  $y$ ,  $Ca^{2+}$ 의 수는  $z$ 가 되고, 전체 양이온 수는  $3x - z = 2N$  이다. (나)와 (다)에서 혼합 용액의 역성이 염기성이므로  $H^+$ 는 존재하지 않고  $Na^+$ 과  $Ca^{2+}$ 만 존재한다. 그러므로 각각에서  $2y + z = 2N$ ,  $2y + 2z = 3N$  이다. 따라서  $x = z = N$ ,  $y = 0.5N$ 이다. 가. 생성되는 물 분자 수는 모두 반응한  $H^+$ 이나  $OH^-$ 의 수와 같다. (가)에서는 2.5N의  $OH^-$ 이 모두 반응했고, (나)와 (다)에서는 각각 2N, N의  $H^+$ 이 모두 반응하였으므로 (가)에서 생성된 물 분자 수가 가장 많다. 나. (다)에서  $H^+$ 과  $OH^-$ 의 수는 N과 5N이므로 40mL의 HCl(aq)을 더 넣어야 중성이 된다. 다. NaOH(aq)과 Ca(OH)<sub>2</sub>(aq) 10mL 속에 들어 있는 전체 이온 수는 각각 N과 3N 이다.

(3) ③ (가)는 염기성, (나)는 산성 용액이다. (가)에서 양이온 수 10개는 BOH(aq) 50mL에 들어 있는  $B^+$ 수와 같다. (나)에서는 BOH가 모두 반응하고 반응한  $H^+$ 만큼  $B^+$ 이 들어오므로 16N개는 HA(aq) 40mL에 들어 있는  $H^+$ 수와 같다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 HA(aq) : BOH(aq) = 2 : 1 이다. 가. (가)와 (나)에서 반응한 부피는 HA(aq) 10mL와 BOH(aq) 20mL이므로 (가), (나)에서 생성된 물의 양도 같다. 나. (가)와 (나)를 모두 혼합하면 HA(aq) 50mL와 BOH(aq) 70mL를 혼합한 것과 같으므로 혼합 용액의 역성은 산성이다. 다. HA(aq) 20mL와 BOH(aq) 40mL를 혼합하면 완전 중화되므로 양이온은  $B^+$ 만 존재한다. 이는 BOH(aq) 40mL 속의  $B^+$ 수와 같으므로 양이온 수는 8N개이다.

(4) ⑤ NaOH(aq)의 양이 실험 II가 I의 2배이므로 ●는  $Na^+$ 이고, □는  $OH^-$ , ★는  $Cl^-$ , ▲는  $Br^-$ , ■는  $H^+$ 이다. 가. 나. 반응 전과 후에 용액 속에 존재하는 총 이온수는 오른쪽 표와 같다. 따라서 실험 I에서는 2N개의 물이 생성되고, II에서는 3N개의 물이 생성되며, 단위 부피당 총 이온수비는 HCl : HBr = 1 : 2 이다. 다. 실험 I과 II의 두 혼합 용액을 섞으면  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 모두 반응하여 역성은 중성이다.

실험	NaOH(aq)	산 수용액	혼합 용액
I	$Na^+ : 2N$ $OH^- : 2N$	$H^+ : 3N$ $Cl^- : 3N$	$Na^+ : 2N$ $H^+ : N$ $Cl^- : 3N$
II	$Na^+ : 4N$ $OH^- : 4N$	$H^+ : 3N$ $Br^- : 3N$	$Na^+ : 4N$ $OH^- : N$ $Br^- : 3N$

(5) ⑤ 전체 반응식은  $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ 이다. 가. HCl 10mL에 들어 있는  $H^+$ 과  $Cl^-$ 은 각각 20n개이고 NaOH를 넣으면  $H^+$  1개가 소모될 때  $Na^+$  1개가 증가하므로 중화점까지 총 이온 수는 일정하다. 중화점까지 부피는 증가하므로 단위 부피당 전체 이온수는 감소하고, 중화점 이후는 증가한다. NaOH 20mL를 넣었을 때 중화점에 도달했으므로 단위 부피당 총 이온 수는 HCl이 NaOH의 2배이다. 나. 다. A점에서  $Cl^-$  20n개,  $Na^+$  30n개,  $OH^-$  10n개가 존재하므로  $\frac{OH^- \text{이온수}}{Cl^- \text{이온수}} = 0.5$ 이고, 단위 부피당 총 이온수(a)는  $\frac{60n}{40} = \frac{3}{2}n$  이다. 중화점에서  $Cl^-$  20n개,  $Na^+$  20n개가 존재하므로 단위 부피당 총 이온수(b)는  $\frac{40n}{30} = \frac{4}{3}n$  이다. 따라서  $a : b = \frac{3}{2}n : \frac{4}{3}n = 9 : 8$  이다.

(6) ③ 반응 전 각 용액에 들어 있는 이온 수와 혼합한 후 생성된 물 분자 수는 오른쪽의 표와 같다. 따라서, (나)의 혼합 용액에 존재하는 양이온은  $Na^+$  뿐이다.

용액	(가)	(나)	(다)
HCl(aq)	$H^+ : 2N$ $Cl^- : 2N$	$H^+ : 3N$ $Cl^- : 3N$	$H^+ : 5N$ $Cl^- : 5N$
NaOH(aq)	$Na^+ : 12N$ $OH^- : 12N$	$Na^+ : 9N$ $OH^- : 9N$	$Na^+ : 3N$ $OH^- : 3N$
생성된 물 분자 수(개)	2N	3N	3N

(7) ④ 가. 혼합 후 ■ 수는 (가)보다 많으므로 ■는  $Na^+$ 이고, ●는  $H^+$ 이다. (나)의 이온 수로부터 단위 부피 속의 이온 수의 비는 HCl : NaOH = 3 : 2임을 알 수 있다. 따라서 혼합 용액 (가)에서 음이온 수의 비는  $Cl^- : OH^- = 3 : 1$ 이다. 나. 혼합 용액 (가)와 (나)에서 반응한  $H^+$ 수의 비는 3 : 2이므로 생성된 물 분자수는 (가)가 (나)의 1.5배이다. 다. 혼합 용액 (가)와 (나)를 섞은 용액에는  $H^+$ 이 존재하므로 Mg를 넣으면 수소 기체가 발생한다.

(8) ② 가.  $H^+$  6몰이 녹아 있는 수용액에 NaOH를 넣었을 때  $OH^-$  3몰이 남아 있으므로 넣어진 NaOH는 9몰이다. 나. (가)에서  $H^+$ 은 모두 반응했고, (나)에서는  $OH^-$  3몰이 있으므로 수용액의 pH는 (가) < (나)다. 다. 수용액에서는 양이온의 총 전하와 음이온의 총 전하가 같다. (가)에는  $A^{2+}$ 이 3개가 들어 있고 음이온은 모두 -1가이므로 음이온은 6개이고, (나)에는 음이온이 모두 9개가 들어 있고 양이온은 모두 +1가이므로 양이온은 9개다. 따라서 (가)의 음이온과 (나)의 양이온의 몰수비는 2 : 3이다.

(9) ⑤ 가. 염기와의 반응 후에 ●은 모두 없어지고 △의 수는 변화가 없으므로 ●는  $H^+$ , △는 구경꾼 이온인  $Cl^-$ 이다. (나)에서 △ 이외에 두 종류의 이온 즉, 구경꾼 이온인 양이온과  $OH^-$ 이 존재하므로 (나)는 염기성을 띈다. 나. △ 즉,  $Cl^-$ 이 3개 존재하므로 용액이 전기적으로 중성이 되기 위해서는 ☆은  $OH^-$ 이고, ■은 +2가의 양이온이어야 한다. 따라서 이온의 전하량 비는 ● : ■ = 1 : 2 이다. 다. 염기 수용액 20mL에는 양이온(■) 2개와  $OH^-$ (☆) 4개, 총 6개의 이온이 존재하므로 단위 부피당 이온수는 HCl 수용액과 같다.

(10) ④ HCl(aq)이 과량일 때 혼합 용액 속의 양이온은  $H^+$ ,  $Na^+$ 이 존재하며 전체 양이온 수는 반응 전 HCl(aq)의  $H^+$ 수와 같다. NaOH(aq)이 과량일 때 양이온은  $Na^+$ 만 존재하며 전체 양이온 수는 반응 전 NaOH(aq)의  $Na^+$ 수와 같다. HCl(aq)에 NaOH(aq)를 혼합할 때, NaOH(aq)이 과량인 실험을 찾기 위해 HCl(aq)의 부피를 60mL로 변형하여 다음과 같은 표를 만들었다. 표에서 60mL의 HCl(aq)에 NaOH(aq)을 15mL와 20mL를 넣었을 때는 전체 양이온 수가 6N으로 같다가 40mL와 45mL를 넣었을 때는 증가하므로 실험 (가)와 (다)는 HCl(aq)이 과량이고 실험 (나)와 (라)는 NaOH(aq)이 과량임을 알 수 있다. 따라서 실험 (가)에서 60mL의 HCl(aq)에는 6N개의  $H^+$ 이 있고 실험 (라)에서 40mL의 NaOH(aq)에는 8N개의  $Na^+$ 이 있다.

실험	HCl(aq)의 부피(mL)	NaOH(aq)의 부피(mL)	전체 양이온 수
(가)	60	15	6N
(나)	60	45	9N
(다)	60	20	6N
(라)	60	40	8N

가. 단위 부피당 전체 이온수 비는  $\frac{NaOH(aq)}{HCl(aq)} = \frac{40ml}{12N} = 2$  이다. 나. (나)와 (다) 모두 HCl(aq) 20mL와 NaOH(aq) 10mL가 중화 반응하므로 생성된 물의 양은 (나)와 (다)가 같다. 다. (라)는 NaOH(aq)이 과량이므로 염기성이다.

(11) ⑤ 가. A는  $Ca(OH)_2$ 를 첨가할수록 이온 수가 증가하므로 칼슘이온이고, B는  $Ca(OH)_2$ 를 첨가해도 이온 수의 변화가 없으므로 염화이온이다. 따라서 A와 B는 중화 반응에 관여하지 않는 구경꾼 이온이다. 나. ㉠은 칼슘이온과 염화이온의 이온 수비가 1 : 2 이므로  $OH^- : H^+ = 1 : 1$  이다. 따라서 ㉠이 중화점이다. 중화점에서 묽은 염산 20mL와 반응하는  $Ca(OH)_2$ 수용액은 20mL이다. 다. ㉡은 중화점보다 수산화칼슘 수용액이 과량으로 첨가된 지점이므로 ㉡에는 수소이온을 제외한 나머지 3가지 이온이 존재하고 개수비는  $Cl^- : Ca^{2+} : OH^- = 4 : 4 : 4$  이다. 따라서 양이온과 음이온의 개수비는 1 : 2 이다.

(12) 다 가. 수용액 (가)는 양이온과 음이온의 수가 같으므로 NaOH수용액이다. 나. 20mL 수용액 (가)에 20mL 수용액을 (나)를 가했을 때 완전히 중화되었으므로 20mL의 수용액 (가)에 있는 이온의 총수는 2N개이고, 20mL의 수용액 (나)에 있는 이온의 총수는 1.5N개이다. 다. 이온 수는 오른쪽의 표와 같이 나타낼 수 있다. 두 용액을 혼합했을 때  $OH^-$ 과  $H^+$ 이 반응하여  $OH^-$ 이 0.5N개 남으므로 양이온은 N개, 음이온은 0.75N개이다.

수용액	20 mL의 수용액 (가)		10 mL의 수용액 (나)	
이온의 종류	$Na^+$	$OH^-$	$H^+$	$SO_4^{2-}$
이온 수(개)	N	N	$\frac{1}{2}N$	$\frac{1}{4}N$

(13) ⑤ 가. A와 C에서 HCl(aq)의 부피가 Vml로 같고 NaOH(aq)의 부피가 Vml와 2Vml인데 총 이온 수는 N개로 같다. 따라서 HCl(aq) Vml에 NaOH(aq) 2Vml 넣을 때까지도 중화 반응이 계속 일어나므로, 혼합 용액 A의 역성은 산성을 띈다. 나. 혼합 전 HCl(aq) Vml에 들어 있는 총 이온수가 N개 이므로, HCl(aq) 2Vml에 들어 있는 총 이온수는 2N개이다. 따라서 혼합 용액 B에서 총 이온수는 2N개이다. 다. 혼합된 용액의 총 부피는 A 2Vml, B 3Vml, C 3Vml이고, 중화된 정도는 A : B : C = 1 : 1 : 2 이므로 혼합 용액의 최고 온도는  $B < A < C$  이다.

(14) 가, 나, 다 실험 (가)의 역성이 산성이고 생성된 물 분자수가 N개 라면 염기 수용액 속의  $OH^-$ 의 수가 N개임을 의미한다. 실험 (나)는 산 수용액의 부피는 증가하고 염기 수용액의 부피는 감소하였으므로 역성은 산성이고 이 때 생성된 물 분자수는 염기 수용액 속의  $OH^-$ 의 수가 감소하였으므로 N개보다 작을 것이다. 이는 실험 결과에 위배되므로 HA(aq)와 BOH(aq) 속의 이온 수와 혼합 용액 속 전체 음이온수, 생성된 물 분자 수는 다음과 같다.

**중화 반응에서의 양적관계(개념 분석 문제)**

. ㉠은 1.5N, ㉡은 0.5N이므로  
 ㉠ + ㉡ = 2N이다.

나. 혼합 용액은 전기적으로 중성이므로 양이온과 음이온의 전하가 모두 1가이므로 (다)에서 전체 양이온 수는 3N이고, (가)에서는 1.5N이다.

혼합 용액	HA(aq)		BOH(aq)		전체 음이온수	생성된 물 분자수
	H <sup>+</sup>	A <sup>-</sup>	B <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>		
(가)	N	N	1.5N	1.5N	1.5N	N
(나)	2N	2N	N	N	2N	N
(다)	3N	3N	0.5N	0.5N	3N	0.5N

- (15) (나)와 (다)에서 생성된 물 분자수가 같고 (가)에서 생성된 물 분자수가  $\frac{1}{3}$ N개이므로 (나)가 원래 전하 중화된 용액임을 알 수 있다. 따라서 HCl(aq) 10mL에는 H<sup>+</sup>이  $\frac{1}{2}$ N개, NaOH(aq) 10mL에는 OH<sup>-</sup>이  $\frac{1}{3}$ N개가 들어 있다.
- 가. (나)와 (다)에서 생성된 물 분자수가 같으므로 발생한 중화열은 같은데, 용액의 부피는 (나)가 (다)보다 작으므로 혼합 용액의 최고 온도는 (나)가 (다)보다 높다.
- 나. (다)에서 HCl(aq) 20mL(H<sup>+</sup> N개, Cl<sup>-</sup> N개)와 NaOH(aq) 60mL(Na<sup>+</sup> 2N개, OH<sup>-</sup> 2N개)를 혼합하면 존재하는 이온은 Na<sup>+</sup> 2N개, Cl<sup>-</sup> N개, OH<sup>-</sup> N개 총 4N개이다.
- 다. HCl(aq)과 NaOH(aq) 각 10mL에 들어 있는 총 이온수는 각각 N개, N개이므로 단위 부피당 총 이온수의 비는 HCl(aq) : NaOH(aq) = N : N = 3 : 2 이다.

- (16) ㉠
- 가. (가)보다 (나)에서 개수가 줄어든 ●는 중화 반응한 이온이다. 따라서 ●는 H<sup>+</sup>이다.
- 나. 이온의 개수는 (가)와 (나)가 같지만 수용액의 부피는 (가)가 (나)보다 작다. 단위 부피당 이온 수가 많은 (가)가 (나)보다 전기 전도도가 크다.
- 다. (나)에서 H<sup>+</sup>이 남아 있으므로 BOH의 OH<sup>-</sup>이 모두 중화 반응한 것을 알 수 있다. (가)와 비교해서 (나)에만 존재하는 △는 B<sup>+</sup>이고, 20mL의 BOH(aq)에는 3개의 BOH가 들어 있다. 따라서 20mL의 HA(aq)에는 8개의 이온이 존재하지만 20mL의 BOH(aq)에는 6개의 이온이 존재한다.

- (17) 가
- 가. 혼합 용액 (다)가 전기적으로 중성이 되어야하므로 양이온과 음이온의 총 전하량이 같다. 따라서 A는 -1가의 음이온이다.
- 나. (나)의 부피가 (가)의 절반인데도 혼합 용액 속에 OH<sup>-</sup>이 1개 남았으므로 단위 부피당 양이온 수는 (나)가 (가)의 4배이다.
- 다. (다)에 산 수용액 10mL를 가하면 남김없이 중화 반응이 일어나서 혼합 용액에는 K<sup>+</sup>과 A<sup>-</sup>만 남게 된다. 따라서 물을 모두 증발시키면 KA고체만 남는다.

- (18) ㉢
- 가. HCl(aq)의 H<sup>+</sup>과 NaOH(aq)의 OH<sup>-</sup>은 1 : 1의 개수비로 반응하여 물을 생성하고, Cl<sup>-</sup>과 Na<sup>+</sup>은 중화 반응에 참여하지 않는 구경꾼 이온이다. 혼합 용액 속에 존재하는 양이온이 2종류이므로 NaOH(aq)의 구경꾼 이온인 Na<sup>+</sup>과 반응하고 남은 HCl(aq)의 H<sup>+</sup>이며, 음이온은 Cl<sup>-</sup>이다. 따라서 혼합 용액은 H<sup>+</sup>이 존재하는 산성 용액이므로 용액의 pH는 7보다 작다.
- 나. 다. HCl(aq) 10mL에는 H<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>이 각각 4개씩 들어있고, NaOH(aq) 10mL에는 Na<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>이 각각 2개씩 들어 있다. 따라서 혼합 전 단위 부피당 용액의 총 이온 수는 HCl(aq) : NaOH(aq) = 2 : 1 이다. 혼합 용액에 NaOH(aq) 10mL를 가하면 Na<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>이 각각 2개씩 들어오고, 2개의 OH<sup>-</sup>이 2개의 H<sup>+</sup>과 반응하여 물을 생성하고, Na<sup>+</sup> 2개는 반응하지 않으므로 용액의 총이온 수는 변하지 않는다.

- (19) ㉠
- (가), (나)에서 다음과 같은 중화 반응이 일어난다.
- (가) : Na<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> + H<sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → Na<sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O
- (나) : Na<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> + H<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> → Na<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O
- 따라서 용액 10mL에 들어있는 이온 수는 표와 같고, NaOH(aq)와 HCl(aq)은 같은 부피비로 반응하여 중화된다.
- | 용액                    | H <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | OH <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| NaOH(aq)              | -              | 2N              | 2N              | -                            | -               |
| HNO <sub>3</sub> (aq) | N              | -               | -               | N                            | -               |
| HCl(aq)               | 2N             | -               | -               | -                            | 2N              |

- (20) 가
- 가. (다)의 혼합 용액에서 ●의 개수가 감소한 것으로 보아 ●는 H<sup>+</sup>이다.
- 나. (다)의 혼합 용액에 OH<sup>-</sup>이 존재하므로 염기성이며 pH는 7보다 크다.
- 다. (가)와 (나)의 부피가 같고, 중화 반응으로 물이 생성되므로 (다)의 부피는 (나)의 2배보다 크다. (나)의 용액에 포함된 이온의 개수는 6개이므로 단위 부피당 이온 수는 (나)가 (다)보다 많다.

- (21) ㉢
- (가)에서 혼합 용액의 액성이 염기성이므로 HCl 20mL의 H<sup>+</sup>이 모두 반응했으며, (다)에서 혼합 용액의 액성이 산성이므로 NaOH 40mL의 OH<sup>-</sup>이 모두 반응했다. (가)와 (다)에서 생성된 물 분자 수가 같으므로 HCl 20mL에는 H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>이 각각 2N개씩 들어 있고, NaOH 40mL에는 Na<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>이 각각 2N개씩 들어 있다.
- 가. (나)에서 H<sup>+</sup> 4N개와 OH<sup>-</sup> 3N개가 반응하므로 생성되는 물 분자는 3N개이고, 수용액의 액성은 산성이다.
- 나. 중화 반응이 일어날 때 H<sup>+</sup>과 OH<sup>-</sup>이 1 : 1의 개수비로 반응하며, HCl(aq)과 NaOH(aq)에서 양이온과 음이온의 개수비는 각각 1 : 1 이므로 혼합 용액 (나)와 (다)에서  $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}} = 1$ 로 일정하다.
- 다. (가)의 혼합 용액에 Na<sup>+</sup> 4N개, Cl<sup>-</sup> 2N개, OH<sup>-</sup> 2N개가 존재하며, (다)의 혼합 용액에 H<sup>+</sup> 4N개, Cl<sup>-</sup> 6N개, Na<sup>+</sup> 2N개가 존재하므로 총 이온 수는 (가)가 8N개, (다)가 12N개이다.

- (22) ㉠
- 가. 염자 수가 많은 ●는 OH<sup>-</sup>이므로 ○는 +2가 이온이다. 만일 염자 수가 적은 ○를 OH<sup>-</sup>으로 본다면 양이온의 전하량이 +0.5이므로 적절하지 않다.

- 나. (나) 반응에서 ○와 ●가 모두 감소하므로 알짜이온이다.
- 다. A와 B 10mL가 각각 같은 개수의 OH<sup>-</sup>과 반응했으므로 같은 부피에 들어 있는 수소 이온 수는 A와 B가 같다.

- (23) ㉡
- 가. 물은 염산 10mL에 들어 있는 양이온(H<sup>+</sup>) 수가 2N개이므로 4N개의 이온이 들어 있다. 중화점에서 수산화바륨 수용액 20mL가 반응하므로 20mL에 3N개의 이온이 들어 있다. 따라서 단위 부피당 총 이온수의 비는 HCl(aq) : Ba(OH)<sub>2</sub>(aq) = 8 : 3 이다.
- 나. 혼합 용액의 부피는 (나)가 (가)의 2배이고, 중화열도 2배로 혼합 용액의 최고 온도는 같다.
- 다. (나)에서 혼합 용액에 들어 있는 음이온의 수는 Cl<sup>-</sup> 2N개, OH<sup>-</sup> N개이다.

- (24) ㉡
- ① A는 HCl이고 B는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>이므로 모두 강산이다.
- ② B 수용액의 H<sup>+</sup>농도는 A 수용액보다 크므로 pH는 B수용액이 A 수용액보다 작다.
- ③, ④ 중화된 양이 (나)가 (가)보다 많으므로 생성된 물분자의 수와 혼합 용액의 최고 온도는 (가) < (나)이다.
- ⑤ (가) 용액이 (나) 용액보다 이온 수가 많고 OH<sup>-</sup>이 존재하므로 전기 전도도가 크다.