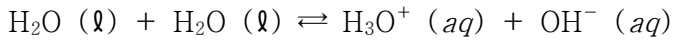


2017학년도 수시모집 논술시험 의예과(화학)

출제의도 및 제시문 분석

【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 다음 질문에 답하시오. (40점)

(가) 수용액의 용매인 물은 매우 적은 양이기는 하지만 물 분자끼리 H^+ 를 주고받아 다음과 같이 이온화 한다. 이를 물의 자동 이온화라고 한다.



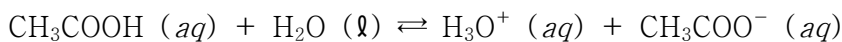
물의 이온곱 상수는 $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ 로 정의되어 있는데 이 값은 평형상수로 온도가 일정할 때는 항상 같은 값을 나타낸다. 예를 들어 $25^\circ C$ 에서 K_w 값은 1.0×10^{-14} 이다. 즉, $25^\circ C$ 에서 K_w 값은 1.0×10^{-14} 이므로 $pH + pOH = 14.0$ 이 된다. 그리고 용액의 중성은 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 인 상태로 정의 된다.

(나) 수용액의 액성을 판단하거나 pH를 측정하는 방법으로 pH 미터를 사용하는 방법과 지시약을 사용하는 방법이 있다. 지시약은 용액의 pH에 따라 색이 변화되는 물질들을 말한다. 지시약은 종류에 따라 변색되는 pH가 다르다. 그리고 지시약의 변색을 구별할 수 있는 범위는 pH 2정도이다. 또한 지시약의 변색 범위를 기준으로 낮은 pH에서 나타나는 색과 높은 pH에서 나타나는 색들도 지시약에 따라 매우 다양하다. 따라서 몇 가지 지시약을 섞어 만든 만능지시약을 이용할 경우 넓은 pH 영역에서 용액의 색에 따라 용액의 pH를 추정할 수 있다. 물론 정확한 용액의 pH를 측정하기 위해서는 pH 미터를 사용해야 한다.

산·염기 지시약의 변색 범위

지시약	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
티몰블루													
메틸오렌지													
메틸레드													
브롬티몰블루													
페놀레드													
페놀프탈레인													

(다) 화학적으로 산과 염기를 정의하는 여러 가지 방법 중 하나인 1923년 브뢴스테드와 로우리가 정의한 학설은, 산은 양성자를 내놓는 물질이고 염기는 양성자를 받아들이는 물질이라는 것이다. 다음은 아세트산과 물의 반응을 보여주는 반응식이다.



이 반응에서 CH_3COOH 는 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 과 CH_3COO^- 를 생성한다. CH_3COOH 는 H_2O 에 H^+ 를 주었으므로 산이고 H_2O 는 H^+ 를 받았으므로 염기이다. 이때 CH_3COOH 과 CH_3COO^- , H_2O 과 H_3O^+ 과 같이 양성자를 주고받아 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질을 짝산-짝염기라고 한다.

(라) 제시문 (다)의 반응의 평형상수는 다음과 같다. 아래 식에서 분모의 $[H_2O]$ 는 용매이므로 1로 간주하여 표기하지 않는다. $K = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$

$$K = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

이 K 값을 아세트산의 산 이온화 상수 (K_a)라고 한다. 같은 방법으로 일반적인 염기 B의

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

(마) 염산과 같이 수용액에서 대부분 이온화하는 산을 강산이라고 하고, 아세트산과 같이 수용액에서 일부만 이온화하는 산을 약산이라고 한다. 염기의 경우도 염기의 세기는 수용액에서 이온화 되는 정도에 의존한다. 따라서 산이나 염기와 같은 전해질이 수용액에서 이온화되는 정도를 나타내는 이온화도는 전체 용해된 전해질의 몰수 중에 이온화된 전해질의 몰수 비율로 정의되며, 이 값으로 산이나 염기의 상대적인 세기를 알 수 있다.

(바) 산과 염기를 반응시키면 용액속의 H_3O^+ 이온과 OH^- 이온이 반응하여 물이 생성되어 산성과 염기성이 없어지게 된다. 이를 중화반응이라고 한다. 즉, 산이나 염기가 중화점에 도달하기 위해서는 산의 $[H_3O^+]$ 와 염기의 $[OH^-]$ 가 같아야 한다. 따라서 농도를 아는 산성이나 염기성 표준 용액을 상대 염기나 산 시료 용액에 계속 가해 주어 종말점에서 용액의 물리적 성질의 변화를 확인하는 방법으로 농도를 모르는 상대 염기나 산의 농도를 알 수 있다. 이를 산 염기 중화 적정이라고 한다. 약 염기 B를 0.1 M HCl로 적정하였을 때 적정 곡선은 다음과 같다.

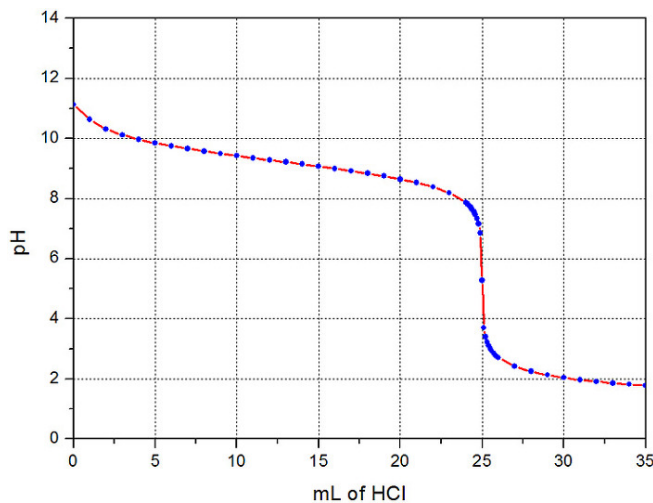


그림 1 약염기 B에 대한 0.1 M HCl의 적정 곡선

(사) 현대의 주기율표에서는 원소를 원자번호 순으로 나열하면서 화학적 성질이 비슷한 원소를 같은 세로줄에 오도록 하였다. 주기율표의 세로줄은 족이라고 하며 1족에서 18족까지 있다. 주기율표의 가로줄은 주기라고 하며 1주기에서 7주기까지 있다. 현대 주기율표에서 같은 족 원소들은 비슷한 화학적 성질을 가지며 원자번호에 따라 물리적 성질들이 규칙적으로 변한다. 원자의 크기, 이온화 에너지, 전기 음성도 등이 주기율표에서 주기성을 나타내는 원소의 성질 들이다.

문제 2-1. 물의 이온곱 상수 값은 같은 온도에서는 상수지만 온도가 달라짐에 따라 변화된다. 특히 온도가 올라가면 물의 이온화정도가 커져 이온화 상수의 값도 커진다. 25℃에서 중성의 pH와 사람의 체온인 36℃에서의 중성의 pH 크기를 비교하고, 그 근거를 논리적으로 설명하시오. (5점)

문제 2-2. 염산은 0.1 M에서 이온화도가 1.00인 강한 산성 물질이다. 따라서 염산은 물에 용해시키면 대부분이 용해되어 H^+ 와 Cl^- 로 나누어진다. 25℃에서 염산을 물에 녹여 1×10^{-8} M 용액을 만들었다면 이 수용액의 액성은 무엇인지를 쓰고, 그 근거를 논리적으로 설명하시오. (5점)

문제 2-3. NH_4Cl 를 물에 녹여 0.1 M 용액을 제조하였다. 염인 NH_4Cl 는 물에 용해되면 NH_4^+ 와 Cl^- 로 나누어진다. NH_4^+ 의 K_a 를 이용하여 이 수용액의 액성을 설명하시오. 참고로 NH_4^+ 의 짝염기인 NH_3 는 0.1 M일 때 염기 이온화도가 0.013이다. (8점)

문제 2-4. 300g의 HCl이 용해되어 있는 1 kg의 진한 HCl 용액이 있다. 이 진한 HCl 용액을 이용하여 0.1 M HCl 표준 용액을 만들려고 한다. 1L의 0.1 M의 HCl 용액을 만들기 위해서는 몇 mL의 진한 HCl 용액이 필요한지를 구하시오. 계산과정과 답을 모두 쓰시오. (단, HCl의 분자량은 36.5이다. 진한 HCl 용액의 밀도는 1.2 g/mL 이다.) (7점)

문제 2-5. 제시문 (바)에 있는 산 염기 중화 적정 실험을 지시약을 사용하여 산 염기 중화 적정 실험을 진행하려고 한다. 실험 장치를 도시하고, 각 장치의 이름과 각 장치에 들어있는 용액들이 각각 무엇인지 표기하시오. 단 지시약의 종류는 제시문 (나)의 그림에 소개되어 있는 지시약 중에서 선택하시오. (5점)

문제 2-6. O_2 , CO_2 , BF_3 분자들은 상온에서 기체이다. 그런데 이들 분자보다 분자량이 작은 물 (H_2O)은 실온에서 액체 상태로 존재한다. 각각의 물질들이 위와 같은 상태로 존재하는 이유를 설명하시오. (5점)

문제 2-7. 주기율표상에서 산소 (O) 보다 아래쪽에 있는 S와 Se의 수소화합물인 H_2S 와 H_2Se 는 상온에서 기체인데 물은 상온에서 액체로 존재한다. 각각의 물질들이 위와 같은 상태로 존재하는 이유를 설명하시오. (5점)

1. 출제의도

- (문제2-1)은 K_w 값이 온도에 따라 변한다고 하는 내용과 물의 중성에서의 수소이온 농도는 $\sqrt{K_w}$ 로 나타내어진다는 사실을 알고 있는지를 평가한다.
- (문제 2-2)는 물에는 물의 자동 이온화를 통해 이미 10^{-7} M의 H_3O^+ 가 존재하고 있다는 사실을 숙지하고 있는지 평가한다. 따라서 아무리 산을 희석하여도 염기성으로 변하지 않는다는 사실을 인식하고 이해하고 있는지 평가한다.
- (문제2-3)은 강산과 약염기로 이루어진 염이 물에 녹았을 때 용액의 액성이 어떻게 변화되는지를, 특히 약 염기의 짝산이 물과 반응하여 하드로늄이온과 염기를 만든다고 하는 브뢴스테드-로우리의 이온을 잘 이해하고 있는지를 평가한다.
- (문제2-4)는 일반적으로 판매되고 있는 무게 비 시약을 이용하여 몰 농도의 표준 용액을 만들 수 있는지에 대해서 평가한다. 각 농도에 대한 정확한 이해가 필수
- (문제2-5)는 적정 실험을 체험해 보았는지를 그리고 적정곡선을 이해하고 판단할 수 있는지를 평가한다.
- (문제2-6)은 무극성 분자와 극성을 많이 가지고 있는 분자들 간의 차이를 이해하고 있는지를 평가한다. 특히 물의 경우 커다란 쌍극자 모멘트 값에 의하여 수소결합이 생성되는 것이 결정적인 원인임을 알고 있는지 평가한다.
- (문제2-7)은 분자내 원자간 전기음성도 차이가 큰 물 분자는 쌍극자 모멘트 값이 커서 강력한 수소결합을 형성하고 그에 의하여 액체로 존재하는 데 S와 Se는 수소와 전기음성도 값의 차이가 작아 쌍극자 모멘트 값이 작거 또 따라서 아주 약한 수소결합 밖에 형성을 못하므로 상온에서 기체로 존재한다는 사실을 이해하고 있는지 평가한다.

2. 문항 분석

- (문제2-1)은 제시문 가에 나와 있는 물의 이온곱상수와 중성에 대한 문제이다.
- (문제2-2)은 물에는 물의 자동 이온화를 통해 이미 10^{-7} M의 H_3O^+ 가 존재하고 있다. 따라서 아무리 산을 희석하여도 pH가 7보다 커질 수가 없으므로 염기성으로 변하지 않는 것에 대한 문제이다.
- (문제2-3)은 강산과 약염기로 이루어진 염이 물에 녹았을 때 용액의 액성이 어떻게 변화되는지를, 특히 약 염기의 짝산이 물과 반응하여 하드로늄이온과 염기를 만든다고 하는 브뢴스테드-로우리의 정의에 대한 문제이다.
- (문제2-4)은 농도에 대한 정확한 원리를 이해하고 있는지와 농도의 종류가 서로 다른 시약을 이용하여 몰 농도의 표준 용액을 만들 수 있는지 (농도의 변환)에 대해서 평가한다. 특히 시판되는 무게비 시약을 이용하여 정확하게 몰농도로 농도변환을 할 수 있는지가 중요한 관건인 문제이다.
- (문제2-5)은 적정 실험과 같은 화학 실험을 직접 체험해 보았는지, 장비의 구성이나 이름을 알고 있는지 그리고 적정 곡선을 제대로 읽을 줄 아는지에 대한 문제이다
- (문제2-6)은 무극성 분자와 극성이 큰 분자들 간의 차이를 이해하고 있는지를 평가하며, 특히 물의 경우 커다란 쌍극자 모멘트 값에 의하여 수소결합이 생성되는 것이 상온에서 액체로 존재하는 결정적인 원인임을 알고 있는지 평가하는 문제이다
- (문제2-7)은 주기율표상의 전기 음성도 변화의 주기성을 파악하고 있는지 쌍극자-쌍극자 힘이 커지면 수소 결합이 생성됨을 알고 있는지 평가하는 문제이다.