2017학년도 수시모집 논술시험 의예과(화학)
출제의도 및 제시문 분석

==========

【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 다음 질문에 답하시오. (40점)

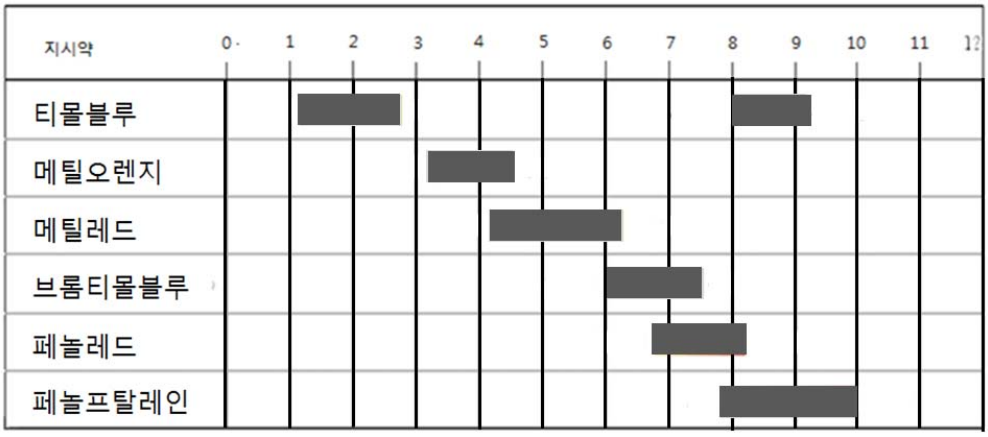
(가) 수용액의 용매인 물은 매우 적은 양이기는 하지만 물 분자끼리 H^+를 주고받아 다음과 같이 이온화 한다. 이를 물의 자동 이온화라고 한다.

$H_2O\ (\ell) + H_2O\ (\ell) \rightleftarrows H_3O^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

물의 이온곱 상수는 $K\omega = [H_3O^+][OH^-]$로 정의되어 있는데 이 값은 평형상수로 온도가 일정할 때는 항상 같은 값을 나타낸다. 예를 들어 25℃에서 $K\omega$ 값은 1.0×10^{-14}이다. 즉, 25℃에서 $K\omega$ 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



(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.

$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (\ell) \rightleftarrows H_3O^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

이 반응에서 CH_3COOH는 H_2O과 반응하여 H_3O^+과 CH_3COO^-를 생성한다. CH_3COOH는 H_2O에 H^+를 주었으므로 산이고 H_2O는 H^+를 받았으므로 염기이다. 이때 CH_3COOH과 CH_3COO^-, H_2O과 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 1 로 간주하여 표기하지 않는다. $K = \dfrac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$

이 K 값을 아세트산의 산 이온화 상수 (K_a)라고 한다. 같은 방법으로 일반적인 염기 B의 염기 이온화 상수 (K_b)는 다음과 같이 정의된다. $K_b = \dfrac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$

(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.

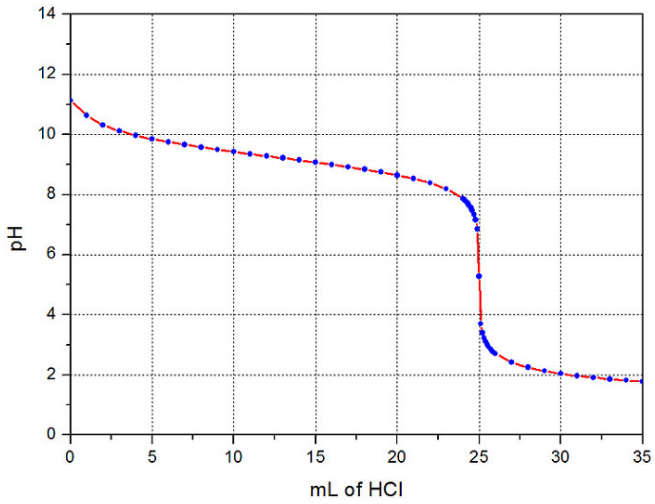


그림 1 약염기 B에 대한 0.1 M HCl의 적정 곡선

(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_4Cl를 물에 녹여 0.1 M 용액을 제조하였다. 염인 NH_4Cl는 물에 용해되면 NH_4^+와 Cl^-로 나누어진다. NH_4^+의 K_a를 이용하여 이 수용액의 액성을 설명하시오. 참고로 NH_4^+의 짝염기인 NH_3는 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_2S와 H_2Se는 상온에서 기체인데 물은 상온에서 액체로 존재한다. 각각의 물질들이 위와 같은 상태로 존재하는 이유를 설명하시오. (5점)