

제시문

가) 에너지는 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지, 열 에너지, 전기 에너지, 빛 에너지 등 여러 가지 형태가 있으며, 한 형태에서 다른 형태로 전환될 수 있다. 에너지의 단위는 주로 줄 (J)로 나타내지만, 전기 에너지나 원자와 같은 작은 세계의 에너지의 경우는 전하량의 최소단위인 기본전하량 e ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)에 전압 (V)을 곱한 전자볼트 (eV)를 에너지의 단위로 주로 사용한다. 여기서 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 이다. 빛 에너지는 빛의 진동수 f 에 비례하여 $E = hf$ 로 표현될 수 있는데 이때 비례상수 h 는 플랑크 상수라 하고 그 값은 대략 $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 이다.

우리가 눈으로 볼 수 있는 빛인 가시광선의 색은 파장 길이에 따라 나누어지는데 파장이 짧을수록 보라색이 되고, 파장이 길수록 주황색이나 빨간색이 된다. 가시광선 파장 영역 바로 밖에 있는 빛으로는 가시광선보다 파장이 긴 적외선과 가시광선보다 파장이 짧은 자외선이 있다. 빛의 속도 $c = f\lambda$ 이고, 진공 중에서 빛의 속도 c 가 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 이므로 진동수를 알면 파장 λ 를 구할 수 있다. 오른쪽 표는 적외선 및 자외선 영역과 가시광선의 색깔에 따른 파장과 진동수를 정리한 것이다.

구분	색상	파장 (nm)	진동수 (THz)
적외선	없음	1,000,000 ~ 780	0.3 ~ 384
가시광선	빨강	780 ~ 622	384 ~ 482
	주황	622 ~ 597	482 ~ 503
	노랑	597 ~ 577	503 ~ 520
	초록	577 ~ 492	520 ~ 610
	파랑	492 ~ 455	610 ~ 659
자외선	보라	455 ~ 380	659 ~ 789
	없음	380 ~ 10	789 ~ 30,000

(1 nm = 10^{-9} m , 1 THz = 10^{12} Hz)

나) 보어는 전자가 원자핵을 중심으로 특정한 궤도에서 원운동을 하는 원자모형을 제시하였다. 전자가 특정한 궤도에만 있기 때문에 핵을 중심으로 원운동을 하는 전자의 에너지는 불연속적이다. 보어의 모형에 따르면 수소 원자에서 전자의 에너지는 다음과 같이 표현된다.

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

여기서 양의 정수 n 은 양자수라 하며, 전자의 궤도 반지름이 원자핵으로부터 가까운 곳부터 $n=1, 2, 3, \dots$ 으로 나타낸다. $n=1$ 인 경우에 가장 낮은 에너지를 갖는데, 이를 바닥상태라 하고 n 이 1보다 큰 경우를 들뜬상태라고 한다. 전자가 한 에너지 상태에서 다른 에너지 상태로 이동하는 것을 전이라고 한다. 전자가 양자수 m 인 궤도(에너지 E_m)에서 양자수 n 인 궤도(에너지 E_n)로 전이했을 경우에 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출하거나 흡수하게 된다. 이때 방출되거나 흡수되는 광자의 에너지 hf 는 다음과 같다.

$$hf = |E_m - E_n| \quad (m < n \text{이면 흡수, } m > n \text{이면 방출})$$

(다) 발광 다이오드 (Light Emitting Diode)는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만들어진다. 발광 다이오드에 전원을 연결하면 다이오드 내의 반도체에서 전도띠의 바닥에 있던 전자가 원자가띠의 꼭대기에 있는 양공으로 떨어지게 되며, 이때 그 사이 띠틈에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하게 된다. 따라서 발광 다이오드에 사용되는 반도체의 띠틈을 조절하면 우리가 원하는 파장의 빛을 방출하는 발광 다이오드를 만들 수 있다. 발광 다이오드는 효율이 높아 낮은 전력으로 밝은 빛을 낼 수 있기 때문에 신호등이나 실내조명 등에 널리 이용되고 있다.

$$10^{-4} \cdot 6.6 \cdot 3000 =$$

64

문제

1) 진동수가 $f = 3000 \text{ THz}$ 인 광자를 수소 원자의 바닥상태에 있는 전자에 충돌시킬 때, 이 광자의 에너지에 의해 전이된 전자가 가질 수 있는 들뜬상태의 최대 양자수를 구하시오. 또, 바닥상태에 있는 전자를 원자핵에서 완전히 벗어나게 하려면 전자에 충돌시키는 광자의 에너지는 얼마 이상이 되어야 하는지 서술하시오.

1 THz = 10^{12} Hz 이다. 계산에 필요한 물리량 및 상수는 제시문에 기술된 값을 사용하시오.)

2) 어떤 발광 다이오드 A에 전원을 연결하였더니 이 다이오드에서 파장 길이가 375 nm인 단색광 자외선이 방출되는 것을 확인하였다. 이 발광 다이오드에 사용된 반도체의 띠틈 에너지를 eV로 나타내시오. 또, 파장이 750 nm인 빨간색 단색광이 나오는 발광 다이오드 B를 제작하려면 다이오드 A에 사용된 반도체에 비해 에너지 띠틈이 몇 배인 반도체를 사용해야 하는지 서술하시오.

1 nm = 10^{-9} m 이다. 계산에 필요한 물리량 및 상수는 제시문에 기술된 값을 사용하시오.)

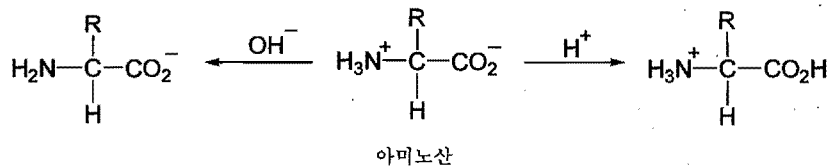
제시문

산은 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 염기는 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질이라고 아레니우스는 제안하였다. 또한, 브뢴스테드 로우리는 산은 다른 물질에게 수소 이온을 내줄 수 있는 분자나 이온이고, 염기는 다른 물질로부터 수소 이온을 받을 수 있는 분자나 이온이라 확장된 산-염기 정의를 제안하였으며, 이 정의는 수용액에서 일어나지 않는 반응에도 적용할 수 있다. 기체 상태의 염화 수소와 암모니아 반응하여 흰색의 염화 암모늄이 생성되는 반응을 생각해 보자. 염화 수소는 수소 이온을 내놓으므로 산이고, 암모니아는 수소 이온을 받으므로 염기이다.

수용액에서 산은 수소 이온과 음이온으로, 염기는 수산화 이온과 양이온으로 이온화한다. 산과 염기를 반응시키면 수소 이온과 수산화 이온 반응하여 산성과 염기성이 사라지는데, 이를 중화 반응이라고 한다. 산과 염기가 중화될 때 H^+ 와 OH^- 가 반응하여 H_2O 가 되고, 산의 성분인 음이온과 염기의 성분이었다 양이온이 만나 염을 생성한다. 중화 반응이 일어날 때 혼합용액에서 발생하는 열을 중화열이라고 한다. 이 반응하는 H^+ 와 OH^- 의 수가 많을수록 중화열이 크다.

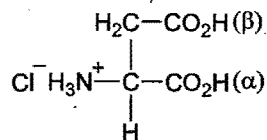
농도가 같은 염산과 아세트산 수용액을 마그네슘과 반응시키면 염산에서 기포가 더 활발하게 발생한다. 이처럼 산의 종류에 따라 금속과 반응 정도가 다른 것은 각각의 산이 수용액에서 수소 이온을 내놓는 정도, 즉 산의 세기가 다르기 때문이다. 염산이나 황산과 같이 수용액에서 거 대부분 이온화하여 수소 이온을 많이 내놓는 산을 강산이라고 한다. 반대로, 아세트산과 같이 수용액 상태에서 일부만 이온화하여 수소 이온 적게 내놓는 산을 약산이라고 한다.

아미노산은 중심탄소에 아미노기($-NH_2$), 카복시기($-CO_2H$), 곁가지($-R$)를 가지고 있다. 이 곁가지에 따라 아미노산의 종류가 결정된 아미노산은 수용액의 액성에 따라 분자의 존재 형태가 달라지는데, 산성 용액에서는 아미노기를 구성하는 질소 원자의 비공유 전자쌍이 H^+ 이온과 결합하는 염기로 작용하므로 수소 이온을 받고, 염기성 용액에서는 카복시기가 산으로 작용하므로 수소 이온을 내놓는다. 아래 그림 같이 아미노산은 물에 녹아 있을 때 분자 내에 음이온 $-CO_2^-$ 와 양이온 $-NH_3^+$ 를 가지는 양쪽성 이온의 상태로 존재한다.



문제

아스파르트산은 중심탄소에 아미노기($-NH_2$), 카복시기($-CO_2H$ (α)), 곁가지($-CH_2-CO_2H$ (β))가 연결된 형태의 천연 아미노산이다. 아스파르트산 염산이 반응하면 아래 구조와 같은 아스파르트산 염산염을 생성한다. 아스파르트산 염산염 1.0몰을 물에 녹인 1.0 L 용액을 X 용액, Na⁺ (화학적량: 40) 80g을 물에 녹인 1.0 L 용액을 Y 용액이라 하자.



(1) 같은 온도의 X 용액과 Y 용액을 혼합하여 만든 1.0 L 수용액의 온도 변화를 측정하였다. 아래 혼합용액 a, b, c, d, e, f, g 중에서 온도를 나타낼 수 있는 혼합용액을 예측하고 설명하시오. (모든 중화반응에서 H_2O 한 분자가 생성될 때의 중화열은 일정하다고 가정한다.)

	a	b	c	d	e	f	g
X 용액 (L)	0.90	0.80	0.60	0.50	0.40	0.20	0.10
Y 용액 (L)	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	0.80	0.90

(2) X 용액 0.10 L와 Y 용액 0.10 L를 혼합하여 중화반응을 완결시킨 후 생성된 아스파르트산 분자 또는 이온의 구조를 루이스 전자점식. 그리시오. (산의 세기: $-NH_3^+ < -CO_2H(\beta) < -CO_2H(\alpha)$)

제시문

(가) 우리 몸은 감각 기관으로부터 받아들이는 여러 정보를 분석하여 적절한 명령을 내림으로써 그에 알맞게 움직일 수 있도록 신호를 보낸다. 우리 몸에서 이와 같은 기능을 담당하고 있는 정보 전달망을 신경계라고 하는데, 신경계는 뇌와 척수로 구성된 중추 신경계와 감각 신경과 운동 신경으로 구성된 말초 신경계로 이루어져 있다. 중추 신경계는 체내에서 받아들이는 다양한 정보를 통합, 처리하여 적절한 반응이 일어날 수 있도록 한다. 말초 신경계는 감각 기관의 감각 수용기, 내장근과 골격근과 같은 반응기와 중추 신경계를 연결하고 있다. 말초 신경계는 해부학적으로는 12쌍의 뇌신경과 31쌍의 척수 신경으로 구성되며 기능적인 측면에서 자율신경계와 체성신경계로 구분될 수 있다.

(나) 체내의 삼투압이 너무 높거나 낮으면 세포에 이상이 생기기 때문에 우리의 몸은 일정한 삼투압을 유지해야 한다. 우리의 몸은 호르몬을 통해 수분량과 무기 염류의 양을 조절하여 삼투압을 일정하게 유지한다. 음식을 짜게 먹어 혈액의 삼투압이 높아지면 시상 하부의 명령에 의해 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비가 증가한다. 항이뇨 호르몬은 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하므로 항이뇨 호르몬의 분비가 증가하면 오줌의 양이 줄어들고 혈액의 삼투압이 낮아진다. 반대로 수분을 많이 섭취하여 혈액의 삼투압이 낮아지면 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비가 억제되어 수분의 재흡수가 줄어든다. 그 결과 오줌의 양이 증가하고 혈액의 삼투압이 높아진다. 체내 무기염류의 양은 부신 겉질에서 분비되는 호르몬인 알도스테론에 의해 조절된다. 체내 나트륨의 양이 줄어들면 알도스테론의 분비가 촉진된다. 알도스테론은 콩팥에서 나트륨의 재흡수를 촉진하여 체내 나트륨의 양이 증가한다. 체내 나트륨의 양이 많아지면 알도스테론의 분비가 억제되어 콩팥에서 흡수되는 나트륨의 양이 줄어든다. 그 결과 오줌을 통해 배설되는 나트륨의 양이 증가하게 된다.

(다) 운동 뉴런의 말단과 근육 섬유막은 시냅스처럼 얇은 간격을 두고 접해 있다. 흥분이 운동 뉴런을 따라 전도되어 축삭 돌기 말단에 이르면 이곳에서 아세틸콜린이 분비되고, 아세틸콜린이 근육 섬유막으로 확산되면 근육 섬유막이 탈분극되어 활동 전위가 발생한다. 이 활동 전위가 근육 원섬유에 전달되면 근육 원섬유가 수축한다.

문제

(1) 남아메리카 원주민들이 사냥할 때 화살촉에 묻혀 사용했던 큐라레(curare)는 골격근의 아세틸콜린 수용체에 작용하는 억제제이다. 큐라레를 묻힌 화살을 다리에 맞은 동물은 근육을 움직일 수 없게 된다. 한편, 동공을 커보이게 하기 위해 중세의 여인들이 사용했던 아트로핀(atropine) 역시 동공 근육에 있는 아세틸콜린 수용체의 억제제인 것으로 알려졌다. 큐라레 대신 아트로핀을 묻힌 화살을 맞은 동물은 도망갈 수 있다고 할 때, 아트로핀을 이용하면 사냥에 실패하는 이유를 제시문에 근거하여 큐라레의 경우와 비교하여 설명하시오.

144.

(2) 사고로 알도스테론을 분비하지 못하게 된 환자는 운동 뉴런을 통한 근육의 수축이 정상인에 비해 느리게 일어난다면 제시문을 바탕으로 그 이유를 추론하시오. 또한 이 환자의 근육에 마비가 왔을 경우 포도당을 투여하면 증세가 호전된다고 할 때, 포도당이 신경계에 어떻게 작용할 것인지를 유추하시오.