

Section 03

2014학년도 중앙대학교 모의논술

자연계열

자연계열 모의논술 문제지

◆ 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가)

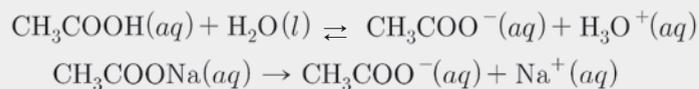
어떤 일로 인해 일어난 결과가 다시 원인에 영향을 미치는 자동 조절 방식을 피드백이라고 하는데, 결과가 원인을 억제하는 조절은 음성 피드백이라 하고, 반대로 결과가 원인을 강화시키는 것을 양성 피드백이라 한다. 우리 몸에서도 피드백에 의해 체온, 혈당량, 삼투압 등이 일정한 범위에서 크게 벗어나지 않게 유지되며, 이것을 항상성이라고 한다.

항상성을 유지하는데 가장 중요한 중추는 간뇌의 시상하부이다. 시상하부는 감각 기관을 통해 내부 변화를 감지하고, 자율 신경과 호르몬을 통해 반응을 조절하여 몸 상태를 일정하게 유지한다. 갑상샘에서 분비되어 세포 대사를 조절하는 호르몬인 티록신의 분비량도 피드백에 의해 조절된다. 시상하부는 갑상샘 자극 호르몬 방출인자 TRH를 분비하고, TRH는 뇌하수체 전엽을 자극하여 뇌하수체 전엽에서 갑상샘 자극 호르몬 TSH의 분비를 촉진하며, TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 그런데 티록신이 과다 분비되면 이것이 다시 시상하부와 뇌하수체 전엽에 작용하여 TRH와 TSH의 분비를 억제시킴으로써 티록신 농도가 계속 증가하는 것을 막는다.

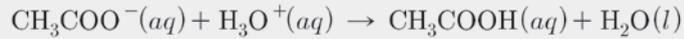
(나)

순수한 물에 약산의 산이나 염기를 넣으면 pH는 급격하게 변한다. 그러나 약산과 그 짝염기의 염으로 된 용액이나 약염기와 그 짝산으로 된 용액은 산이나 염기를 넣어도 pH가 크게 변하지 않는다. 이러한 용액을 완충 용액이라고 한다.

아세트산과 아세트산 나트륨은 수용액에서 다음과 같이 이온화한다.



아세트산은 약산이며 매우 적은 양만 이온화하고 아세트산 나트륨은 대부분 이온화하므로, 아세트산과 아세트산 나트륨을 함께 넣은 수용액에는 CH_3COOH , CH_3COO^- , Na^+ 가 함께 존재한다. 여기에 염산과 같은 강산을 넣게 되면 아래의 반응식과 같이 염산으로부터 이온화되어 나온 대부분의 H_3O^+ 가 CH_3COO^- 와 결합하여 CH_3COOH 가 되므로 H_3O^+ 가 소모되어 용액의 pH에는 별 영향을 주지 못한다.



만일 강염기인 수산화 나트륨을 넣으면, NaOH에서 이온화되어 나온 대부분의 OH^- 는 CH_3COOH 와 반응하므로, 혼합 용액의 pH는 거의 일정하게 유지된다.

(다)

화학 반응은 여러 가지 다른 속도로 일어난다. 화학 반응의 속도는 단위 시간 동안에 감소한 반응 물질의 농도나 증가한 생성 물질의 농도로 나타낼 수 있다.

$$\text{반응 속도} = \frac{\text{반응 물질의 농도 변화량}}{\text{반응 시간}} = \frac{\text{생성 물질의 농도 변화량}}{\text{반응 시간}}$$

다음과 같은 일반적인 반응의 경우를 생각하여 보자.



이 반응의 반응 속도 v 는 $v = k[A]^m[B]^n$ 으로 표시된다. 여기서 비례 상수 k 는 반응 속도 상수라고 하는데, k 는 반응에 따라 고유한 값을 가지며, 농도와는 관계가 없고 온도에 따라 변하는 값이다. 또한 지수 m 과 n 을 반응 차수라고 하며, 이들은 실험을 통하여 결정된다. 1차 반응은 어떤 시점에서 남아 있는 반응 물질의 양이 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이 일정하며, 이 시간을 반감기라고 한다.

대부분의 반응 속도는 반응 물질의 농도, 온도 및 촉매와 관계가 있다. 화학 반응이 일어나려면 반응 물질의 입자들이 서로 충돌해야 하는데, 입자들의 충돌 횟수가 증가하면 반응 속도는 증가한다. 반응 물질의 농도가 진해지면 분자 수가 많아지고, 온도가 올라가면 분자의 움직임이 활발해져서 충돌 횟수가 증가하게 되어 반응 속도가 증가하는 것이다.

화학 반응에 관여하여 자신은 변하지 않고 반응 속도를 변화시켜 주는 물질을 촉매라고 한다. 이때 반응 속도를 빠르게 하는 물질을 정촉매, 느리게 하는 물질을 부촉매라고 한다. 정촉매는 화학 반응의 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 빠르게 하는 반면 부촉매는 활성화 에너지를 증가시켜 반응 속도를 느리게 한다.

(라)

전기에서 단위 시간당 전환된 전기에너지를 전력이라고 하며, 이는 전기적 일률에 해당한다. 전력 P 는 전압 V 와 전류 I 의 곱으로 표시한다.

$$P = VI$$

전력의 단위로는 W(와트)를 사용하며, 1W는 1V의 전압에 1A의 전류가 흐를 때의 일률이다. 이것은 1초 동안 1J의

역학적 일을 하는 것과 같다. 가정에서 사용하는 전기 제품에서는 소비 전력을 W 로 나타내거나 이와 동등한 단위 값을 갖는 VA (볼트암페어)로 표시한다.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1 \text{ J/s}$$

가정에서 사용하는 전기에너지는 전력과 공급 시간의 곱으로 나타낸 kWh 로 표현된다. 이를 J 로 환산하면 다음과 같다.

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ W} \times 1 \text{ 시간} = 10^3 \text{ W} \times 3,600 \text{ 초} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

그러면 전력 수송 과정에서 전선의 저항에 의한 전기에너지 소모는 어떻게 될까? 전력이 P 일 때, 저항 R 에 의해 시간당 열에너지로 변환되는 전기에너지는 전압이 V 이고 전류가 I 일 때 I^2R 이지만, $2V$, $I/2$ 일 때는 $I^2R/4$ 이 된다. 즉 전압을 n 배로 높이면 손실되는 에너지는 처음 손실되는 에너지보다 $1/n^2$ 배로 줄지만, 전류가 n 배가 되면 처음보다 n^2 배로 늘어난다.

어떤 물체의 온도를 1°C 올리는 데 필요한 열량을 열용량이라 한다. 물질에 Q 의 열에너지를 가하여 온도가 ΔT 만큼 올라갔다면 그 물체의 열용량 C 는

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

로 나타낼 수 있다. 이때 열용량의 단위는 J/K 또는 $J/^\circ\text{C}$ 이다.

(마)

함수 $y = f(x)$ 가 구간 $[a, b]$ 에서 연속이고, $f(x) \geq 0$ 이라고 하자. 이때, 곡선 $y = f(x)$ 와 두 직선 $x = a$, $x = b$ 및 x 축으로 둘러싸인 도형의 넓이 S 는 구분구적법을 이용하면 다음과 같이 구할 수 있다.

구간 $[a, b]$ 를 n 등분하여 양 끝 점과 각 분점의 x 좌표를 차례로

$$x_0 (= a), x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n (= b)$$

이라 하고, 구간 $[x_{k-1}, x_k]$ ($k = 1, 2, \dots, n$)의 길이를 Δx 라고 하면

$$\Delta x = \frac{b-a}{n}$$

이다. Δx 를 밑변으로 하고 높이가 $f(x_k)$ 인 직사각형의 넓이의 합을 S_n 이라 하면

$$S_n = f(x_1)\Delta x + f(x_2)\Delta x + \dots + f(x_k)\Delta x + \dots + f(x_n)\Delta x = \sum_{k=1}^n f(x_k)\Delta x$$

이므로 구하는 넓이 S 는 다음과 같다.

$$S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k)\Delta x$$

이때, 이 극한값을 함수 $y = f(x)$ 의 a 에서 b 까지의 정적분이라 하고, 기호로

$$\int_a^b f(x) dx$$

와 같이 나타낸다. 함수의 평균은 정의역에서 함수값을 평균한 것으로 정의하는데, 구간 $[a, b]$ 에서 함수 $f(x)$ 의 정적분을 해당 구간의 길이로 나눈 것을 의미한다.

[문제 1] 외부 온도 변화에 따른 체내의 항상성 조절 과정에서 시상하부의 기능과 외부에서 어느 정도의 산이나 염기를 가했을 때 수용액의 pH 변화를 조절하는 완충 용액의 기능을 비교하여, 그 공통점과 차이점을 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [20점]

[문제 2] 호르몬 검사는 내분비 질환의 진단에 필수적이다. 아래 표는 건강한 사람과 내분비 질환 환자의 식사 후 혈액 내 호르몬 A와 B의 농도를 시간 별로 측정하여 얻은 결과인데, 호르몬 A는 호르몬 B의 분비량 조절에 직접적 영향을 미치는 호르몬이다. 제시문 (가)와 (다)에 근거하여, 아래 표에서 호르몬 B의 분비량이 호르몬 A에 의해 조절되는 방식을 건강한 사람과 내분비 질환 환자의 경우 각각 추론하고, 내분비 질환 환자의 경우 호르몬 B의 분비가 호르몬 A에 의해 저해되는 현상을 화학 반응의 관점에서 논리적으로 설명하시오. [20점]

건강한 사람

시간(h)	1	2	3	4	5
호르몬 A 농도	20	19	19	5	1
호르몬 B 농도	1	18	20	19	15

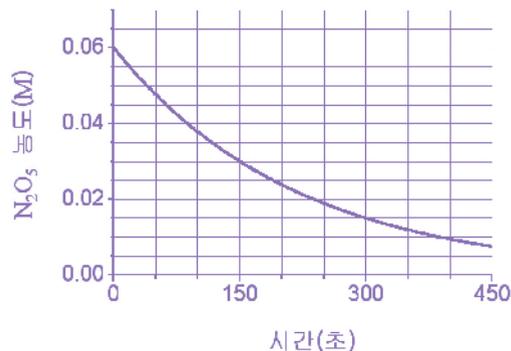
내분비 질환 환자

시간(h)	1	2	3	4	5
호르몬 A 농도	18	16	16	4	1
호르몬 B 농도	1	2	5	8	10

[문제 3] 오산화 이질소(N_2O_5)는 다음과 같은 화학 반응식으로 분해 반응이 일어난다.



시간에 따른 N_2O_5 농도의 변화는 관계식 $\ln [N_2O_5]_t = -kt + \ln [N_2O_5]_0$ 를 따른다. 여기서 k 는 반응 속도 상수, $[N_2O_5]_0$ 는 N_2O_5 의 초기 농도, $[N_2O_5]_t$ 는 시간 t 에서 N_2O_5 의 농도이다. $50^\circ C$ 에서 초기 농도가 $0.06 M$ 인 N_2O_5 의 분해 반응이 일어날 때, 그 농도 변화는 아래 그래프와 같다. 이 반응의 반응 차수를 그래프로부터 추론하고, 150초와 300초 사이에서 N_2O_5 의 평균 농도를 구하는 과정을 제시문 (다)와 (마)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [20점]



[문제 4] 서미스터는 저항기의 일종으로, 온도에 따라 물질의 저항이 변하는 성질을 이용한 전기적 장치이다. 특히, NTC 서미스터는 전기 저항이 온도에 따라 지수함수적으로 감소하는 특성을 가진다. NTC 서미스터가 그림과 같이 도선에 연결되어 있고, 일정한 전류 I 가 시간 $0 \sim t$ 초 동안 흐른다고 하자.



서미스터의 열용량이 C 이고, 서미스터의 저항 R 이 온도 T 에 따라 아래의 식과 같이 변할 때, 서미스터에서 소모되는 전기 에너지의 합을 구하는 과정을 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 단, 전류가 흐르기 전 서미스터의 온도는 T_0 이고, 전류가 흐르는 시간 동안 서미스터는 외부에 열에너지를 빼앗기지 않는다고 가정하시오. [20점]

$$R = R_0 e^{-aT} \quad (R_0 > 0, a > 0)$$

[문제 5] 배리스터는 저항기의 일종으로, 전압에 따라 저항이 변하는 특성을 갖는다. 아래의 그림 (a)와 같이 배리스터와 저항을 이용하여 회로를 구성하였다. 사용된 배리스터의 저항 $R(x)$ 은 전압 x (V)에 따라 다음 식과 같이 변화한다.

$$R = e^{-1.2x}$$

회로에 연결된 전원의 전압은 평상시 1 V인데 그 값이 불안정하여 임의로 크게 변할 수 있으며, 공급할 수 있는 최대 전력은 10 kW이다. 과도한 전류가 흐르게 되어 최대 전력을 넘어서려 하는 경우, 전압이 저하되면서 전력이 유지된다.

이 회로의 배리스터와 병렬로 연결된 1Ω짜리 저항에 흐를 수 있는 최대 전류를 구하는 과정을 제시문 (라)에 근거하여 논리적으로 설명하고, 이 회로에 사용된 배리스터의 기능을 제시문 (가)와 (라)에 근거하여 추론하시오. 필요 시 그림 (b)에 주어진 두 함수의 그래프를 참조하시오. [20점]

(힌트 : 배리스터가 있는 경우와 없는 경우의 평상시 전류와 최대 전류를 각각 비교해 볼 것.)



그림 (a)

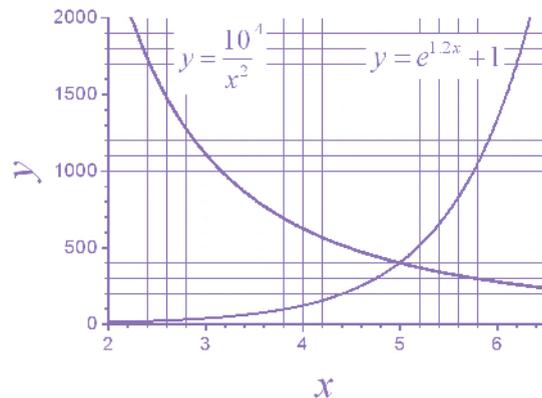


그림 (b)