



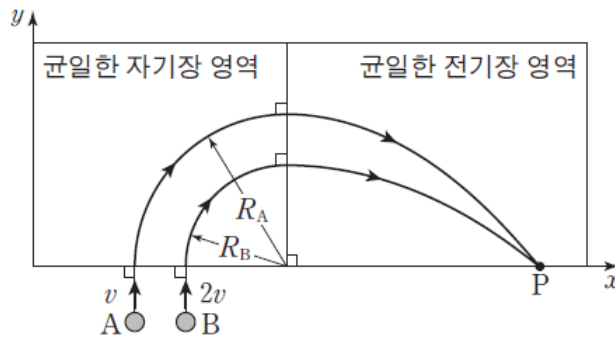
자, 여러분~! 앞에서 구경 잘 했죠...? 이제 물/화/생 각 영역별로 하나씩 선택해서 연습해보세요. 전년도(2014학년도) 수능 기출문제와 연계한 고려대 기출문제입니다.

참, 영역별 논술문제 예시답안은 맨 뒤에 있어요~~~!

1. 첫 번째 꼭지 “물리 영역”

(1) 수능 문항으로 감(感) 잡기

▣ 그림은 xy 평면에서 질량이 같은 입자 A, B가 자기장 영역에 각각 v , $2v$ 의 속력으로 입사하는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 자기장 영역에서 각각 반지름 R_A , R_B 인 원궤도를 따라 운동한 후 전기장 영역에서 포물선 운동을 하여 점 P에 도달한다. 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, 전기장의 방향은 $-y$ 방향이다.



$R_A : R_B$ 는? (단, 입자의 크기는 무시한다.) (2014학년도 대수능 물리 II 18번)

- ① $\sqrt{2} : 1$ ② $\sqrt{3} : 1$ ③ $2 : 1$ ④ $3 : 2$ ⑤ $4 : 3$

[정답] ①

[해설]

자기장 영역에서 반지름 $r = \frac{mv}{Bq}$ 이고, 전기장 영역에서 반지름 $r = \frac{1}{2}at^2$ 이다. 전기장 영역에서 수평 도달 거리를

l 이라 하면 $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{1}{2} \frac{qB}{m} \left(\frac{l}{v}\right)^2$ 이다. B, m, E, l 은 통제변인이므로 $q^2 \propto v^3$ 이다. 또한 $r^2 \propto \frac{v^2}{q^2} \propto \frac{1}{v}$ 이므로,

$r \propto \frac{1}{\sqrt{v}}$ 이다. 따라서 $R_A : R_B = \sqrt{2} : 1$ 이다.



(2) 논술 문항 따라잡기

▣ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (2012학년도 고려대 기출 응용)

<제시문>

전하 입자를 가속시키는 장치인 사이클로트론의 원리를 이해하기 위하여 다음을 생각한다. 그림 2에서와 같이 위쪽에는 반경이 R 인 반원 모양의 상자 1이, 그리고 아래쪽에는 반경이 $R-\delta$ 인 반원 모양의 상자 2가 거리 x 만큼 떨어져서 서로 마주보고 있다. 질량이 m 이고 전기 전하량이 $+q$ 입자가 상자 1의 직선 부분 중심에 정지하고 있다. 이때, 전위차 V 를 두 상자 사이에 걸어 주어 입자를 상자 2 쪽으로 직선 가속 운동을 시킨다. 상자들이 있는 공간에는 지면에서 수직으로 나오는 방향으로 균일한 자기장 B 가 존재한다. 따라서 상자 2로 들어온 입자는 원운동을 하여 상자 2를 탈출하게 되는데 이때 전위차 $-V$ 를 걸어 주어 다시 상자 1 쪽으로 직선 가속을 받게 한다. 이러한 과정을 반복하여 입자를 가속하는 방법을 생각해 보자. 단, 상자 외부 자기장은 없고 전하 입자의 크기, 가속도 운동으로 인한 전자기파의 방출, 상대론적 효과 및 중력은 무시할 수 있다고 가정하자. 이 장치는 진공에서 작동한다.

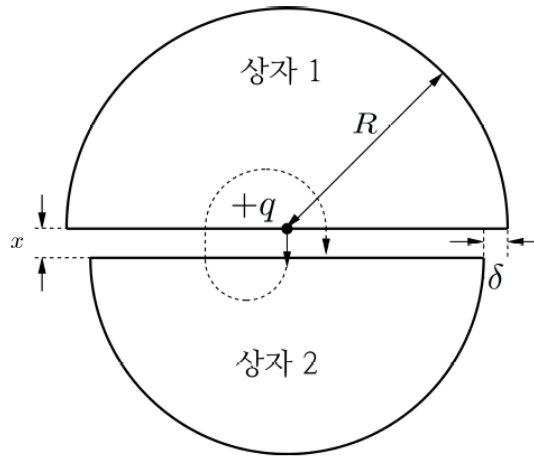


그림. 이상적인 사이클로트론의 단면도

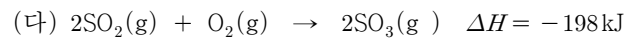
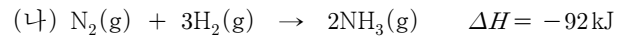
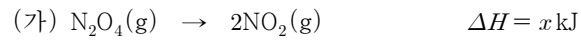
[논 제] n 번 회전 후 상자 1의 직선 부분에 있는 전하 입자의 위치는 처음 정지해 있던 중심 지점으로부터 얼마나 떨어져 있는지 B, m, q, V 의 함수로 표현하시오.



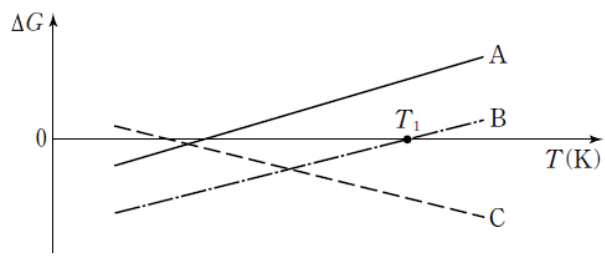
2. 두 번째 쪽지 “화학 영역”

(1) 수능 문항으로 감(感) 잡기

▣ 다음은 반응 (가)~(다)의 열화학 반응식이다.



그림은 온도(T)에 따른 반응 (가)~(다)의 자유 에너지 변화(ΔG)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (2014학년도 대수능 화학 II 18번)

< 보 기 >

ㄱ. A는 (나)에 해당한다.

ㄴ. B에서 $T > T_1$ 일 때, $|\Delta H| > |T\Delta S|$ 이다.

ㄷ. (가)에서 $x > 0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[정답] ④

[해설]

(가)에서 $\Delta S_{\text{계}} > 0$ 이고, (나)는 $\Delta S_{\text{계}} < 0$, (다)도 $\Delta S_{\text{계}} < 0$ 이다.

ㄱ. (나)와 (다)는 온도 상승에 따라 ΔG 가 증가하는 반응이므로 (가)와 C를 짝지을 수 있다. A와 B는 연장선이 y 축과 만나는 점에서 $\Delta G = \Delta H$ 이므로 (나)와 A, (다)와 B를 짝지을 수 있다.

ㄴ. B에서 $T > T_1$ 일 때 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S > 0$ 이므로, $\Delta H > T\Delta S$ 이다. 그런데 ΔH 와 ΔS 모두 음의 값이므로, $|\Delta H| < |T\Delta S|$ 이다.

ㄷ. (가)는 C이므로 연장선과 y 축이 만나는 점의 $\Delta G = \Delta H > 0$ 이다.

김세영과 함께 하는 과학논술

Do Scipedia!



(2) 논술 문항 따라잡기

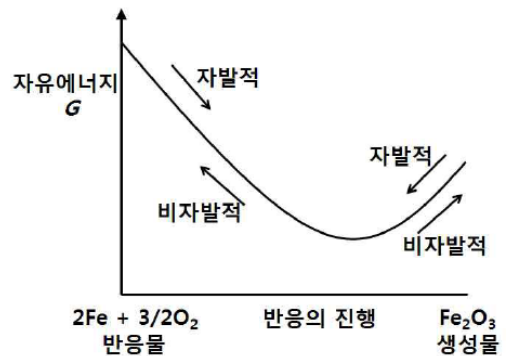
▣ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (2013학년도 고려대 기출 응용)

<가>

엔트로피(S)는 계(system)의 무질서도와 밀접한 관계를 가지며 무질서도가 증가하는 계의 엔트로피의 변화(ΔS)는 양의 값을 갖는다. 오존(O_3)이 산소분자(O_2)와 산소라디칼(O)로 분해되는 반응은 엔트로피가 증가하는 전형적인 예이다. 또한 일반적으로 같은 몰수의 고체, 액체, 기체 순으로 물질의 엔트로피 값이 증가한다. 한편, 엔탈피(H)는 분자 내에서 원자 간에 작용하는 결합력과 밀접한 관계가 있다. 원자간 결합력이 약한 분자들이 원자간 결합력이 강한 분자들로 변하는 화학반응을 발열반응이라 부르며, 발열반응의 엔탈피 변화(ΔH)는 음의 값을 가진다.

<나>

화학 반응의 자발성은 반응의 자유에너지 변화(ΔG)의 부호로 판단할 수 있다. 자유에너지의 변화(ΔG)는 엔탈피의 변화(ΔH), 엔트로피의 변화(ΔS), 온도(T)에 의하여 결정되며 그 관계는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 로 표현된다. 일반적으로 ΔH 와 ΔS 는 온도의 변화에 큰 영향을 받지 않으므로, 임의의 온도 T 에서 ΔG 값을 구할 때 표준상태($25^\circ C$, 1기압)에서 측정된 ΔH° 와 ΔS° 로 대체해서 사용하면 된다. 자발적인 반응은 음의 ΔG 값을 가지며, 계의 자유에너지가 최솟값을 가지게 되면 ($\Delta G = 0$) 그 계는 정반응의 속도와 역반응의 속도가 동일한 화학평형 상태에 도달하게 된다.



[그림 1]

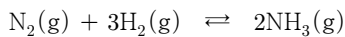
상온에서 철이 녹스는 과정($2Fe + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow Fe_2O_3$)은 자발적인

발열반응이다. 그러나 아주 고온에서는 이 반응의 역반응이 일어나게 되어 제철소의 용광로에서 산화철로부터 순수한 철을 얻을 수 있다. 이 반응의 자유에너지의 변화를 아래 그래프에 표시하였다.

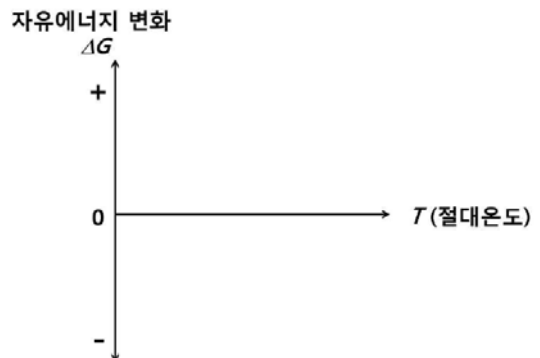
<다>

화학평형의 정반응과 역반응간의 상대적인 우세는 화학평형상수(K)에 의해 결정되며, K 가 1보다 월등히 크면 정반응이 우세하고 그 반대의 경우 역반응이 우세하다. 표준상태($25^\circ C$, 1기압)의 화학평형상수는 $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ 의 관계식에 의해 얻을 수 있다(ΔG° 은 표준상태에서 측정된 수치, R 은 양의 값을 가지는 기체상수).

[논 제] 다음의 화학반응식에서 질소와 수소가 반응하여 암모니아를 형성하는 반응은 발열반응이고, 상온에서의 화학평형상수 K 값은 1보다 아주 큰 값을 갖는다.



제시문을 이용하여 이 반응의 ΔG 와 온도(T)의 관계를 오른쪽 그래프의 형태를 이용하여 도시하고, 도시 과정을 설명하시오. 또한 반응온도 $T_1 = 250K$ 의 화학평형상수 K_1 과 반응온도 $T_2 = 500K$ 에서의 화학평형상수 K_2 를 ΔH° 와 ΔS° 을 이용하여 표현하고, K_1 과 K_2 의 상대적인 크기에 대해 비교 설명하시오.





3. 세 번째 쪽지 “생명과학 영역”

(1) 수능 문항으로 감(感) 잡기

▣ 표는 젓당 분해 효소의 발현에 관여하는 유전자에 돌연변이가 일어난 대장균 I~Ⅲ에 대한 자료이다.

돌연변이 대장균	돌연변이 발생 부위	결과
I	조절 유전자	억제 단백질을 생성 못함
Ⅱ	작동 유전자(작동 부위)	억제 단백질이 작동 유전자에 결합 못함
Ⅲ	젓당 분해 효소 유전자	젓당 분해 효소를 생성 못함

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 다른 돌연변이는 고려하지 않는다.) (2014학년도 대수능 생명과학Ⅱ 18번)

< 보 기 >

ㄱ. I 은 포도당이 없는 젓당 배지에서 젓당 분해 효소를 생성하지 못한다.
 ㄴ. Ⅱ에는 젓당 오페론에 돌연변이가 있다.
 ㄷ. Ⅲ은 억제 단백질을 생성한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[정답] ④

[해설]

- ㄱ. 돌연변이 I 은 억제 단백질을 생성하지 못하므로 포도당이 없는 젓당 배지에서 젓당 오페론의 구조 유전자가 발현되어 젓당 분해 효소가 합성될 수 있다.
- ㄴ. 돌연변이 Ⅱ는 작동 유전자에 돌연변이가 일어났다. 작동 유전자는 오페론의 구성 요소이므로 젓당 오페론에 돌연변이가 있다고 할 수 있다.
- ㄷ. 조절 유전자가 정상이면 억제 단백질은 항상 합성된다.

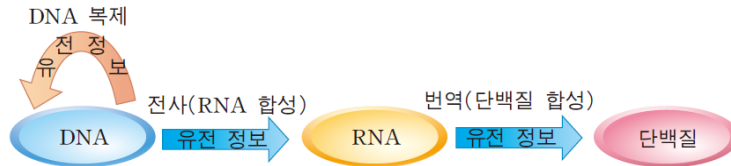


(2) 논술 문항 따라잡기

▣ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (2011학년도 고려대 모의 응용)

<가>

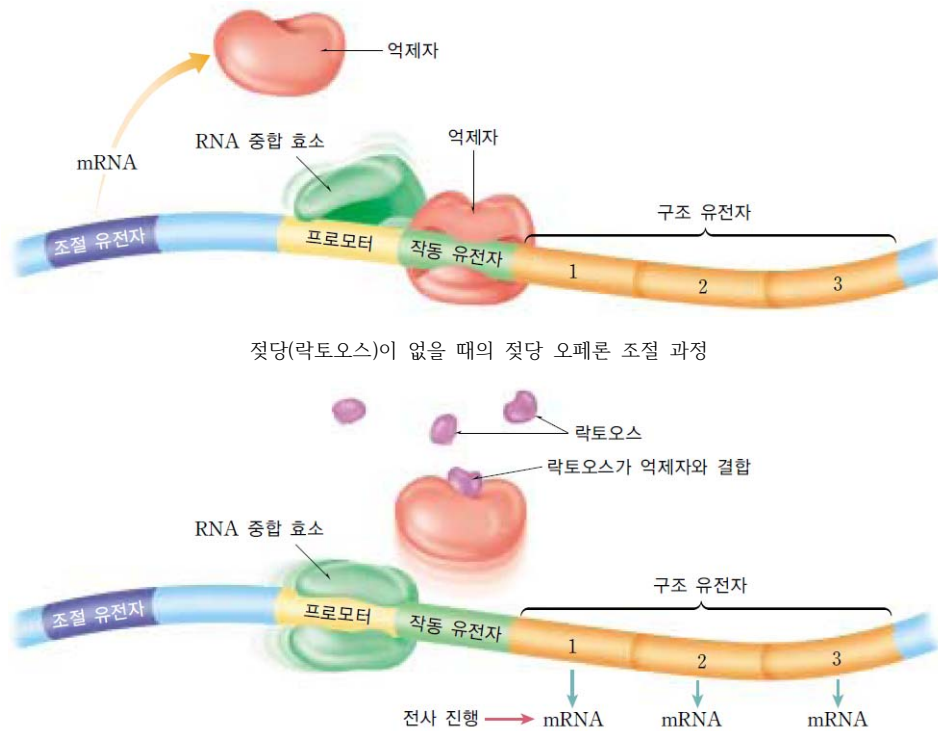
유전자는 특정 단백질을 만드는 데에 대한 지시를 내린다. 그러나 유전 물질인 DNA로부터 직접 단백질이 생성되는 것은 아니다. DNA에 담겨 있는 유전 정보는 RNA라는 중계자에 의해 단백질 합성 과정으로 전달된다. 유전자에 저장된 정보로부터 단백질을 합성하여 형질이 나타나는 과정을 유전자 발현이라고 하며, 이 과정에서 유전 정보가 DNA에서 RNA로, RNA에서 단백질로 발현되는 흐름을 생명의 중심 원리라고 한다.



[그림1] 생명의 중심 원리

<나>

생물체는 다양한 방법으로 유전자의 발현을 조절한다. 1960년대 초반 프랑스의 생화학자 자콥과 모노는 대장균에서 젖당분해에 관여하는 효소를 연구하던 중에 유전자의 발현 조절 과정을 발견하였다. 대장균은 평상시에는 젖당(락토오스)을 분해하는 효소를 만들지 않으나, 젖당 이외의 다른 에너지원이 없으면 대장균은 젖당을 분해하는 효소를 만들어낸다. 이 때, 만들어진 효소들(효소 A, B, C)은 하나의 조절 부위에 의해 조절되며 이러한 복합체를 젖당 오페론이라고 부른다.([그림2])



[그림 2]



<다>

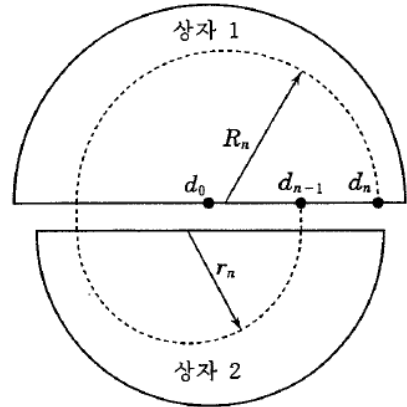
젓당 오페론에서 세 가지 효소에 대한 유전 정보를 가지고 있는 유전자를 구조 유전자라 하며, 이 유전자는 근처에 위치한 작동 유전자에 의하여 발현이 조절된다. 젓당이 세포 속에 없으면, 조절 유전자의 산물인 억제 단백질(억제자)이 작동 유전자에 결합하여 구조 유전자의 전사를 억제한다. 젓당이 세포 속에 많이 존재하게 되면 젓당이 억제 단백질과 결합, 억제 단백질의 구조를 변형시켜 작동 유전자와 결합하는 것을 방해하고, 작동 유전자가 활성화되어 구조 유전자의 전사가 시작된다. 작동 유전자 옆에 위치한 프로모터는 RNA 중합 효소와 결합하는 부위로 구조 유전자의 전사를 조절한다.([그림2])

[논 제] 제시문 <나>는 젓당이 존재할 때 세 가지 효소의 전사가 일어남을 설명하고 있다. 그러나 자외선이나 화학 물질 등은 유전자의 돌연 변이를 유발하며 이 변이가 일어나면 젓당이 없어도 위 효소들의 전사가 일어나는 변형 대장균이 만들어질 수 있다. (1) 어떠한 돌연 변이가 생겼을 때 이러한 현상이 나타날 수 있는지 논술하시오. 또한 (2) 생명공학 기술을 이용하여 원하는 시기에 대장균으로부터 인슐린을 대량으로 생산할 수 있는 방법에 대해 논술하시오.



<물리 예시답안>

전하가 매회 회전운동을 통해 이동하는 과정 중, 상자 1에서의 속력을 V_n , 상자 2에서의 속력을 v_n 이라 하고, 상자 1에서의 궤도 반경을 R_n , 상자 2에서의 궤도 반경을 r_n 이라 하자. 이때 n 회 회전 후 전하의 위치 (d_n)는 오른쪽 그림과 같이 $n-1$ 회 회전 후 전하의 위치(d_{n-1})보다 $d_n - d_{n-1}$ 만큼 이동한 것으로 생각해 볼 수 있다. 즉, 상자 2에서 왼편으로 원 궤도의 직경 $2r_n$ 만큼 이동한 후, 다시 상자 1로 진입하여 오른편으로 $2R_n$ 만큼 이동하여, 매회 $d_n - d_{n-1} = 2R_n - 2r_n$ 만큼 위치가 변하는 것으로 이해할 수 있다.



사이클로트론 내에서 원운동 하는 전하는 로렌츠의 힘이 구심력의 역할을 하므로 다음과 같이 궤도 반경에 대한 식을 구할 수 있다.

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \quad \therefore r = \frac{mv}{qB}$$

한편, 매 회 회전하는 전하는 회당 두 번에 걸쳐 전기장에 의해 가속되므로 전기 에너지가 운동 에너지로 전환되는 관계를 통해 다음과 같이 V_n 과 v_n 의 일반식을 도출할 수 있다. 이때 상자 1에 비해 상자 2에 위치한 전하는 가속 구간을 1회 덜 지나감을 유의하자.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mV_n^2 &= (2n)qV \quad \therefore V_n = \sqrt{\frac{4nqV}{m}} \\ \frac{1}{2}mv_n^2 &= (2n-1)qV \quad \therefore v_n = \sqrt{\frac{(4n-2)qV}{m}} \end{aligned}$$

따라서 n 회 회전 후 전하의 위치 변화량은

$$\begin{aligned} d_n - d_{n-1} &= 2R_n - 2r_n \\ &= 2\frac{m}{qB}(V_n - v_n) \\ &= \frac{2\sqrt{2}}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}(\sqrt{2n} - \sqrt{2n-1}) \end{aligned}$$

이다.

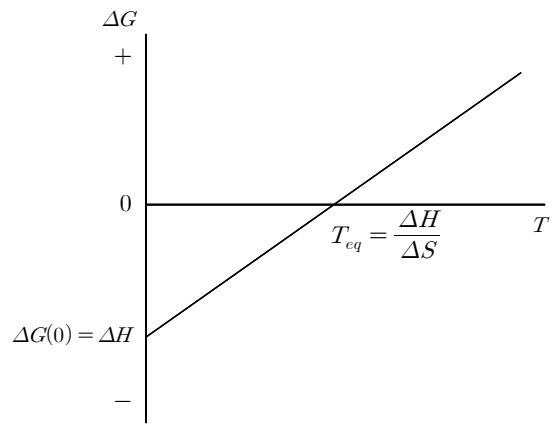
이 $d_0 = 0$ 임을 고려하여 점화식을 풀면 n 회 회전 후 전하의 위치, 즉 d_n 값이

$$d_n = \frac{2\sqrt{2}}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}\sum_{k=1}^n(\sqrt{2k} - \sqrt{2k-1})$$

임을 알 수 있다.

<화학 예시답안>

주어진 암모니아 합성 반응은 발열반응이다. 따라서 엔탈피 변화는 $\Delta H < 0$ 이다. 또한 기체의 몰수가 감소하는 반응이므로, 엔트로피의 변화는 $\Delta S < 0$ 가 된다. 따라서 제시문에 주어진 식 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 온도가 특정 온도보다 낮을 경우 $\Delta G < 0$ 일 것이고, 온도가 특정 온도보다 높을 경우 $\Delta G > 0$ 가 될 것이다. 또한 ΔH 와 ΔS 는 온도의 변화에 큰 영향을 받지 않는다 했으므로, 상수로 취급하면 그래프는 아래와 같은 1차 함수의 형태를 이룰 것이다.



위 그래프에서 평형이 되는 온도는 $\Delta G=0$ 일 때의 온도이므로, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 평형온도 $T_{eq} = \frac{\Delta H}{\Delta S}$ 이 된다. 한편 그래프에서 ΔH 는 y 절편에 해당하고($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 $T=0$ 일 때의 ΔG 값), $-\Delta S$ ($\Delta S < 0$)는 기울기가 된다.

한편 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -RT \ln K$ 에서 $\ln K = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R}$ 이고, $K = e^{-\frac{\Delta H^\circ - T\Delta S^\circ}{RT}}$ 이다. 따라서

$$K_1 = e^{-\frac{\Delta H^\circ - 250\Delta S^\circ}{250R}}$$

$$K_2 = e^{-\frac{\Delta H^\circ - 500\Delta S^\circ}{500R}}$$

이다.
또한

$$\ln K_2 - \ln K_1 = \ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{250} \right) = 0.002 \frac{\Delta H^\circ}{R} < 0 \quad (\because \Delta H^\circ < 0)$$

이므로, $K_1 > K_2$ 이다. 그 이유는 암모니아 합성반응이 발열반응이므로 온도가 증가할 경우 역반응(흡열반응)이 정반응에 비해 우세해지기 때문이다.

<생명과학 예시답안>

※ 고려대에서 제시한 예시답안입니다.

(1) 젓당 오페론이 활성화 될 수 있는 다음의 경우들을 기술할 수 있어야 한다.

- ① 조절유전자의 프로모터 돌연변이로 인해 억제단백질의 생성 자체가 안 되는 경우
- ② 억제단백질이 발현은 되지만 돌연변이로 인해 작동유전자에 결합을 하지 못하는 경우
- ③ 작동유전자의 돌연변이로 인해 억제단백질이 결합을 하지 못하는 경우

(2) 생물II 교과서에 언급된 유전자 재조합과정에 대한 기술이 필요하며 인슐린을 원하는 시기에 발현시키기 위해서는 재조합 플라스미드가 있는 대장균을 젓당 배지 하에 키운다는 것을 언급해야 한다. 즉, 조절유전자, 프로모터, 작동유전자가 있는 플라스미드에 인슐린 유전자가 도입된 플라스미드를 제작한 후, 대장균에 생성한 플라스미드를 넣어 주고 젓당이 있는 배지에서 대장균을 증식시킨다.

김세영과 김태환의 과학논술
Do Scipedia!