

모의 논술고사 문제지(자연계 Ⅱ)

접수번호

성명 ()

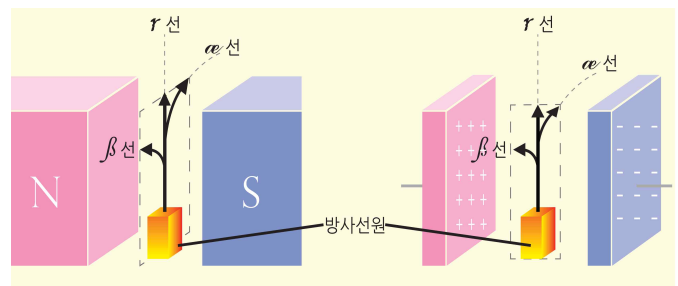
<유의사항>

1. 제목은 쓰지 마시고 특별한 표시를 하지 마시오.
2. 제시문 속의 문장을 그대로 쓰지 마시오.
3. 답안작성과 정정은 반드시 본교에서 지급한 필기구를 사용하시오.
4. 본교에서 지급한 필기구를 사용하지 않았거나, 답안지에 특별한 표시를 한 경우에는 감점 또는 0점 처리합니다. (예: 감사합니다. 등)
5. 답안 정정 시에 수정액 등을 사용한 경우에는 감점 처리합니다.

※ 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

[가] 1896년 베르렐(Becquerel, A.H.)은 우라늄 광석이 빛을 차단한 사진 건판을 감광시키는 투과성이 강한 방사선을 방출하고 있음을 발견하였다. 원소가 방사선을 내는 성질이 방사능이며, 방사능을 띤 원소를 방사성 원소라고 한다.

방사성 원소로는 천연적으로 존재하는 우라늄(U), 라듐(Ra), 토륨(Th), 폴로늄(Po) 등이 있는데 요즘에는 방사성 원소를 인공적으로도 만들며 이들을 인공 방사성 원소라고 한다. 1899년 러더포드(Rutherford, E.)는 우라늄이 세 가지 다른 종류의 방사선을 방출하는 것을 발견하였다. 그는 이 세 가지 종류를 투과하는 정도에 따라 알파(α)선, 베타(β), 감마(γ)선 등으로 불렀다. 이 세 가지 종류의 방사선은 각 방사선의 질량, 전하, 그리고 에너지에 따라 전기장과 자기장에서 움직이는 경로가 옆 그림과 같이 다르다.



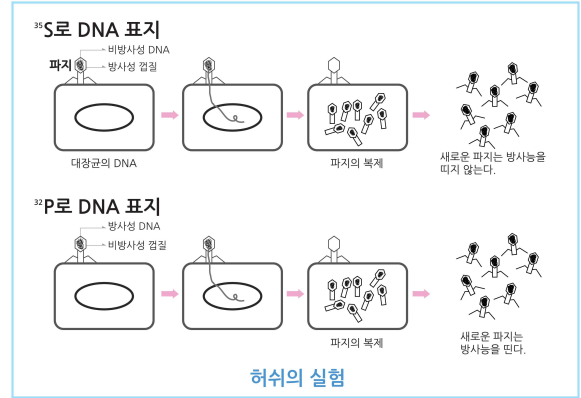
[나] 전기장 \vec{E} 와 자기장 \vec{B} 가 가해진 공간에서 속도 \vec{v} 로 움직이는 전하 q 는 전기장에 의해 $q\vec{E}$ 의 전기력을 받고, 자기장에 의해 $q\vec{v} \times \vec{B}$ 의 자기력을 받는다. 전하의 속도와 자기장이 서로 수직인 경우에, 자기력의 크기는 qvB 가 되고, 자기력의 방향은 전하의 운동방향과 자기장 방향 모두에 수직하며, 오른손으로 전하에 의한 전류의 방향에서 자기장 방향으로 감싸주었을 때 엄지손가락이 향하는 방향으로 자기력이 작용한다. 따라서 자기력만 작용하는 경우 자기력은 항상 전하의 운동방향에 수직으로 작용하여 등속원운동을 일으킨다. 전하의 원운동 궤도 반지름은 자기력이 구심력 역할을 함을 이용하여 구할 수 있다.

[다] 두 개의 분자 X와 Y가 생물물 Z를 만드는 화학반응은 두 반응물 X, Y의 충돌에 의해서 일어난다. 이와 같은 이분자 반응의 속도는 각 반응물의 농도에 따라 변화하는데, 반응물의 농도가 커지면 전체적인 충돌수가 많아져서 반응 속도는 빨라지게 된다. 경우에 따라서는 Z가 다시 X와 Y로 바뀌는 분해 반응이 일어나기도 하는데, 앞서 소개한 반응을 정반응이라 하고 거꾸로 일어나는 반응을 역반응이라 한다. 이와 같이 정반응과 역반응이 반응 조건의 변화에 따라 동시에 일어나는 반응을 가역반응이라고 한다. 특히 정반응과 역반응의 속도가 같아지면 겉보기에는 반응이 정지된 것처럼 보이는데, 이러한 상태를 화학 평형 상태 또는 동적 평형 상태라고 한다. 한편 어떤 화학 반응은 그 역반응이 무시될 수 있을 정도로 매우 적게 일어나는데, 이러한 반응을 비가역반응이라고 한다.

[라] 갑상선 호르몬의 일종인 티록신은 체내의 대사과정에 관여하며 거의 모든 세포에 영향을 미치는데, 이 티록신 분자는 체외에서 흡수된 요오드(I)와 갑상선 단백질과의 비가역 반응을 통해 형성된다. 일반적으로 음식을 통해 몸으로 흡수된 요오드는 땀과 소변으로 빠르게 배출되거나, 갑상선 호르몬인 티록신을 형성하여 체내에 축적된다. 그러나 불행히도 핵발전소에서 일어나는 핵분열 과정의 부산물인 방사성 요오드(^{131}I)와 자연계에 존재하는 안정한 요오드(^{127}I)는 화학적인 성질이 유사하므로, 체내에서 일어나는 흡수과정 또는 티록신 형성과정에서 구별되지 않는다. 이에, 방사성 요오드(^{131}I)에 노출되면 세포에 유해한 방사선을 방출하기 때문에, 체내에 머무르는 시간이 길어질수록 위험이 증가하게 된다.

[마] 생물체를 구성하는 세포의 핵 내에는 모든 생명활동에 필요한 정보를 지닌 염색체가 있고 전자현미경으로 염색체의 구조를 살펴보면 염색사라는 실 모양의 구조물이 있는데 이 주성분은 DNA와 단백질이다. 1952년 허쉬(Hershey, A.)와 체이스(Chase, M.)는 단백질 껍질로 싸여있고 매우 단순한 구조로 되어 있는 파지의 유전물질이 DNA임을 증명하였다. 당시에는 파지가 박테리아에 어떻게 감염되어 새로운 파지가 만들어지는지 자세하게 알려져 있지 않았다. 그러나 파지 스스로는 복제될 수 없기 때문에 새로운 파지는 박테리아에 의해서 합성될 수밖에 없다고

가정하였다. 즉, 박테리아에 의해 파지가 합성되기 위해서는 파지의 유전물질이 박테리아의 세포 속으로 들어가야 한다고 생각되었다. 따라서, 허쉬와 체이스는 박테리아가 파지에 의해서 감염될 때 세포 속으로 들어오는 파지의 성분을 알아낸다면 유전물질의 본질을 규명할 수 있을 것으로 가정하였다. 그리고 파지의 구성물질인 DNA와 단백질 등 어떤 것이 숙주 세포 속으로 전달되어 다음 세대의 파지입자들을 만들어내는지 알아보기로 하였다. 허쉬와 체이스는 이를 위해 황(sulfur)과 인(phosphorus)의 동위원소인 ^{35}S 와 ^{32}P 를 이용하였다. (^{35}S 반감기: 87.1일, ^{32}P 반감기: 14.3일)



[바] DNA의 반보존적 복제에 대한 증명실험은 1958년에 메셀슨(Meselson, M.)과 스탈(Stahl, F.)에 의해서 발표되었다. 이들은 동위원소 ^{14}N 대신에 ^{15}N 으로 표식된 $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 이 질소영양원으로 들어 있는 배지에서 대장균을 여러 세대 배양함으로써 DNA의 모든 질소 염기가 ^{15}N 으로 표식된 DNA(^{15}N - ^{15}N)를 얻고, 정상적 동위원소인 ^{14}N 이 들어 있는 배지에서 배양하면서 대장균의 여러 세대 DNA를 조사하였다. ^{15}N 은 안정한 동위원소이므로 시간이 경과되어도 붕괴되지 않고 처음의 양이 보존되므로 본 실험에서 표지인자로서 정확한 DNA의 양을 추적할 수 있다.

<문제 II-1> 제시문 [가], [나]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (23점)

(1) 제시문 [가]의 그림에 기술된 두 실험을 참조하여 알파(α)선, 베타(β), 감마(γ)선을 이루는 입자의 성질 (질량, 전하, 에너지) 중에 확실히 밝혀낼 수 있는 것을 찾고 그 이유를 논술하시오.

(2) 제시문 [가]의 자기장 실험에서 입자들의 궤도 반지름 r 을 측정하고, 전기장 실험에서 입자들의 초기속도 v 를 측정하였다. 그 결과, 알파선의 r/v 값이 베타선의 r/v 값의 3680배임이 확인되었다. 베타선의 정체가 실상 전자이고, 알파선은 양성자와 중성자로만 이루어져 있음 또한 확인되었다. 제시문과 문제의 조건, 그리고 옆 표만을 이용할 때 알파선의 실체에 대해서 논술하시오.

| | 전자 | 양성자 | 중성자 |
|----|-------|-----------|-----------|
| 질량 | m_e | $1840m_e$ | $1840m_e$ |
| 전하 | $-e$ | $+e$ | 0 |

<문제 II-2> 제시문 [다], [라]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (24점)

(1) 안정한 요오드(^{127}I)가 함유된 요오드화 칼륨(KI)과 같은 물질을 충분히 섭취하면, 방사성 요오드가 체내에 흡수되더라도 그 피해를 줄일 수 있다. 위 제시문을 바탕으로 그 이유를 논술하시오. (단, 티록신 형성에 필요한 갑상선 단백질의 양은 일정하기 때문에, 필요한 양 이상의 요오드가 체내에 흡수되더라도 티록신은 일정량 이상 만들어지지 않는다고 가정하시오)

(2) 티록신 형성 과정이 역반응도 활발히 일어나는 가역반응이라고 가정하면, 충분히 반응이 진행된 후 정반응과 역반응의 속도가 같아지는 동적 평형 상태에 도달하게 될 것이다. 이와 같이 티록신이 만들어지는 반응이 가역적인 경우와 제시문 [라]에 설명된 비가역적인 경우에 대하여, 체내로 흡수되는 방사성 요오드의 피해를 최소한으로 줄이기 위한 요오드화 칼륨의 복용 방법을 논술하시오. (단, 외부로부터 흡수된 요오드는 티록신을 형성하지 않는 한 24시간이 경과하면 땀과 소변을 통해 대부분 배출된다고 가정하시오)

<문제 II-3> 제시문 [마], [바]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (23점)

(1) 제시문 [바]의 증명실험에 사용된 표적물질로서의 ^{15}N 을 제시문 [마]의 유전물질이 단백질인지 DNA인지를 증명한 연구에 ^{32}P 대신 사용될 수 있는지 없는지를 답하고 그 이유를 논술하시오.

(2) 제시문 [바]의 실험에서 ^{14}N 과 안정한 동위원소인 ^{15}N 대신 ^{31}P 와 ^{32}P 를 사용하였다고 가정한다. 즉, ^{32}P 로 표지된 대장균을 어버이(G_0)세대로 하여 ^{31}P 배지로 옮겨 자손 1세대(G_1), 2세대(G_2), 3세대(G_3)... 자손 10세대(G_{10})를 얻었다. G_{10} 의 모든 대장균을 모아서 추출한 DNA의 총량 중 ^{32}P 가 표지된 DNA의 비율은 얼마인가? (G_0 에서 G_{10} 까지 배양하는데 걸린 시간은 28.6일이었다) 풀이 과정을 논술하시오.