<문항별 해설 및 예시 답안>

수험생들의 논술능력을 측정하기 위해 위에 언급한 중점 평가영역에 관련시켜 3개의 주제와 관련된 소문항 7문제를 출제하였는데, 문제의 형식은 최근 몇 년 동안 본교가 제시해 온 틀을 유지했다. 아래 예시된 풀이는 답안의 하나이며, 수험생이 예시와 다른 풀이를 한 경우 문항의 의도를 옳게 파악하여 논리적이고 과학적으로 논술한 경우 이를 충분히 고려하고 반영한 채점이 이루어 진다.

□ 문제1-i 해설

고등학교 일반화학 수준에서 제시되는 원자의 구성 본질에 관한 질문이다. 역사적 흐름에 따라 나열된 실험과 해석결과를 읽고 학생들이 원자의 구성에 대한 현재의 결론에 논리적으로 도달을 수 있는가를 보기위한 문제이다.

■ 예시 답안

원자론을 발표한 돌턴은 원자를 단단하고 쪼갤 수 없는 것이라고 생각했다. 그러나 그 후 많은 실험적 결과로부터 이러한 생각이 옳지 않다는 것을 밝혀졌다. 톰슨은 음극선 실험을 통하여 원자 내에 전자가 있다는 것을 밝혀내었고, 비슷한 시기에 골트슈타인은 양성자가 원자 내에 존재함을 알아내었다. 즉, 원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 것이 아니라, 양성자, (중성자), 그리고 전자로 구성되어 있음을 알 수가 있었다. 양성자, (중성자), 그리고 전자의 공간적 배열에 관한 문제는 관심의 대상이었으며, 톰슨은 양성자와 전자가 원자 공간에 균일하게 퍼져있는 푸딩 모델을 제시 하였다. 그렇지만, 러더퍼드의 알파입자 산란실험을 통해 이러한 모형이 옳지 않고, 원자 가운데 양성자로 이루어진 원자핵이 존재하고 그 주변에 전자들이 존재하고 있는 새로운 모형을 제시하였다. 원자 내 전자는 원 또는 타원 궤도를 움직이는 작고 촘촘한 입자로서보다는 그 위치를 정확히 예측하기 어려운 파동함수로써 표현하는 것이 더 정확한 표현이며, 이들 전자의 분포는 발견될 확률과 연관성이 있는 오비탈이라고 불리는 모양과 부피가 정해진 공간 모형으로 나타낼 수 있다. (원자모형을 옳게 그리고 이 그림을 바탕으로 바르게 설명하여도 됨)

□ 문제 1-ii 해설

입자의 성격과 파동의 성격은 상반된것이 아니라 서로 연결되어 있다는 드브로이의 제안을 이해할 수 있는가를 보기위한 문제이다. 제시된 드브로이의 수식을 이해한다면, 전자를 포함한 모든 물질은 이러한 양면성을 갖고 있다는 결론에 도달를 수 있다. 수식은 수학적 풀이를 위해 사용될 수 있을 뿐 아니라 과학적 의미를 제시하는 수단으로 사용될 수 있음을 학생들이 이해하고 있는가를 판단하기 위한 문제이다.

■ 예시 답안

원래 파동의 성격을 띄고 있다고 믿었던 빛의 성격이 입자일 수도 있다는 증거가 아인슈타인에 의해 제시되자, 톰슨의 실험으로부터 입자라고 믿었던 전자가 파동일 수도 있지 않겠느냐는 생

각을 드브로이는 드브로이식을 통하여 제시하였다. 입자의 가장 큰 특징은 질량을 갖고 있는 것이며, 파동의 가장 큰 특징은 파장을 표시할 수 있다는 것이다. 질량 m과 속도 v를 갖는 입자는 그에 해당하는 파장 λ를 가져야 한다고 드브로이는 제시하고 있다. 결론적으로 전자가 파동의 성질과 입자의 성질을 모두 가지고 있음을 드브로이식을 통해 알 수 있다.

□ 문제 2-i 해설

혈액형의 유전에 관한 이해를 학생들이 제대로 하고 있는지를 측정하고 싶었으며 다른 지식이 없더라도 [제시문 2-나]를 제대로 독해할 수 있다면 논리적인 추론을 하는데 별다른 어려움이 없도록 출제하였다.

■ 예시 답안

아이가 cis-AB형을 갖는다는 것은 [제시문-나]에 의하여 한 염색체안에 A, B 유전자를 갖고 있고 다른 염색체에 O 유전자를 가지고 있으므로 한 염색체 안의 A, B 유전자를 모두 가지려면 부모 중 cis-AB 형인 사람의 염색체 중 A, B 유전자가 모두 들어있는 경우와 부모중 다른 쪽으로부터 O 유전자를 물려 받는다. 그러므로 cis-AB 형과 AO 인 사람이 결혼했을 경우 아이가 cis-AB 형일 확률은 25%, cis-AB 형인 사람이 BO 인 사람과 결혼했을 경우 아이가 cis-AB 형일 확률은 25%이다. 또한 O형인 사람과 결혼했을 경우 아이가 cis-AB 형일 확률은 50%이다. 배우자가 AA, BB 혹은 AB인 경우 아이는 cis-AB 형을 갖지 않는다. 배우자들은 AO 인 사람이 20명, BO 인 사람이 16명, OO 인 사람이 28명이므로 확률적으로 보면 cis-AB 형을 갖는 아이의 수는 평균이 23명이 된다.

□ 문제2-ii 해설

인간의 혈액형은 일반적으로 A형, B형, O형, AB형으로 크게 구분되며 부모의 혈액형에 따라 자손의 혈액형이 결정되는 전형적인 유전 양식을 나타낸다. 본 문제는 혈액형의 유전 현상이 [제시문 2-가]와 [제시문 2-나]에서 설명한 멘델의 우열의 법칙을 따름과 동시에 멘델 유전법칙을 벗어난 공동 우성 현상이 존재함을 이해하고 있으면 손쉽게 해결할 수 있는 문제이다. A형의 특징을 나타내는 대립유전자와 B형의 특징을 나타내는 대립유전자는 O형을 결정하는 대립유전자에 대해 각각 우성을 나타내는 데 반해, A형을 나타내는 대립유전자와 B형을 나타내는 대립유전자는 서로 우열의 관계가 나타나지 않음으로 인해 공동 우성의 형태로 나타나게 된다. 본 문제는 수험생들이 이러한 유전법칙을 이해함으로서 실생활에서 A형, B형, O형, AB형의 혈액형이 어떻게 결정되는가를 이해하고 있는 가를 알아보고자 하는 문제이다.

■ 예시 답안 1

A형을 결정하는 유전자를 I^A, B형을 결정하는 유전자를 I^B라 하고 O형을 결정하는 유전자는 I^A와 I^B에 열성인 유전자인 i 라고 표시하자. A형의 경우의 유전자형은 두가지 경우인 I^AI^A, I^Ai 두가지 종류가 될 것이다. I^A는 i에 대하여 우성이므로 이는 우열의 법칙에 따라 A형이 나타나

게 된다. 반면 AB형의 경우의 유전자형은 I^AI^B이다. 이는 I^A와 I^B 유전자의 경우 적혈구에서 모두 발현되어 A형과 B형의 특징을 동시에 나타내는 AB형의 혈액형을 띠게 된다. 이는 I^A와 I^B 사이의 우열관계가 없는 공동우성(co-dominance) 특징을 나타내기 때문이다. 이는 멘델의 우열의 법칙을 벗어나는 경우라 할 수 있다.

■ 예시 답안 2

A형의 유전자형은 AA와 AO의 유전자형을 가지게 된다. AO의 경우 A형을 나타내는 A 대립유전자가 O형을 나타내는 대립유전자 O에 대하여 우성이므로 AO의 유전자형을 갖는 사람은 멘델의 우열의 법칙에 따라 A형을 나타나게 된다. AB형의 경우 AB 유전자형을 가지게 된다. 이 경우 적혈구 상에 A 유전자형과 B 유전자형을 동시에 나타내어 AB 혈액형의 특징을 나타내게 된다. 이는 대립유전자 A와 B사이에 우열관계가 없는 공동우성(co-dominance) 특징을 나타내기 때문이다. 이는 멘델의 우열의 법칙을 벗어나는 경우라 할 수 있다.

□ 문제 2-iii 해설

종종 우리들은 방송을 통해 O형이면서 Rh-형인 헌혈자를 구한다는 소식을 접하게 된다. 이러한 이유는 인간의 혈액형이 A형, B형, O형, AB형으로 구분됨과 동시에 Rh+형과 Rh-형으로 구분되기 때문이다. [제시문 2-가]와 문제의 지문에서 설명한 것처럼 ABO 형태의 혈액형을 결정하는 유전자와 Rh형을 결정하는 유전자는 서로 다른 염색체상에 존재하며 이들은 멘델의 독립의 법칙에 따라 유전되고 Rh+는 Rh-에 대해 우성이다. 그러므로 본 문제는 멘델의 독립의 법칙을 이해하고 (문제 2-ii)에서 제시한 A형, B형, O형 간의 우열의 관계를 명확히 이해하고 있으면 큰 어려움이 없이 풀 수 있는 문제이다. 이 문제는 수험생들이 어머니의 혈액형과 아들의 혈액형을 중심으로 아버지의 혈액형을 결정하는 가능한 유전자형들이 무엇인지를 유추하는 문제로서 생물1을 배우고 기본적인 수학적 사고력이 있는 수험생이면 누구나가 풀 수 있는 문제이다.

■ 예시 답안 1

A형을 결정하는 유전자를 I^A, B형을 결정하는 유전자를 I^B라 하고 O형을 결정하는 유전자는 I^A와 I^B에 열성인 유전자인 i 라고 표시하자. 그리고 Rh+를 나타내는 우성 유전자를 R이라 하고 Rh-를 나타내는 열성유전자를 r이라 표시하자. 아들의 경우 O형이기 때문에 어머니의 A형은 열성유전자 i 를 가진 I^Ai 형이다. 아버지의 경우는 반드시 열성 유전자 i를 가지고 있어야만 O형 (ii)인 아들이 태어날 수 있다. 그러므로 아버지는 A형일때 I^Ai, B형일때 I^Bi O형인 ii인 3가지의 유전자형을 다 가질 수 있다. 아들의 경우 Rh-형이므로 Rh 유전자에 대해 열성인 rr인 유전자형을 가지게 된다. 그러므로 어머니의 Rh+ 혈액형의 유전자형은 Rr인 형태이다. 아들이 Rh-형이므로 아버지 역시 열성 유전자인 r을 반드시 가져야 하므로 Rr인 경우 rr인 경우 두 가지가 있을 수 있다. 따라서 아버지의 유전자형은 I^Ai/Rr I^Ai/rr, I^Bi/Rr, I^Bi/rr, ii/Rr, ii/rr인 6가지가 가능하다.

■ 예시 답안 2

A형을 결정하는 유전자를 A, B형을 결정하는 유전자를 B라 하고 O형을 결정하는 유전자는 A와 B에 열성인 유전자인 O 라고 표시하자. 그리고 Rh+를 나타내는 우성 유전자를 R라 하고 Rh-를 나타내는 열성유전자를 r라 표시하자. 아들의 경우 O형이기 때문에 어머니의 A형은 열성유전자 O 를 가진 AO 유전자형이다. 아버지의 경우는 반드시 열성 유전자 O를 가지고 있어야만 O형 (유전자형 OO)인 아들이 태어날 수 있다. 그러므로 아버지는 A형인 경우 AO, B형인 경우 BO, O형인 경우 OO인 3가지의 유전자형을 다 가질 수 있다. 아들의 경우 Rh-형이므로 Rh 유전자에 대해 열성인 rr인 유전자형을 가지게 된다. 그러므로 어머니의 Rh+ 혈액형의 유전자형은 Rr인 형태이다. 아들이 Rh-형이므로 아버지 역시 열성 유전자인 r을 반드시 가져야 하므로 Rr인 경우 rr인 경우 두 가지가 있을 수 있다. 따라서 아버지의 유전자형은 AO/Rr AO/rr, BO/Rr, BO/rr, OO/Rr, OO/rr인 6가지가 가능하다.

□ 문제3-i 해설

이 문항은 [제시문 3-가]의 페르마의 원리를 이용하여 [제시문 3-나]의 스넬의 법칙에 대한 논리적인 근거를 제시하는 것이 가능한지의 여부를 묻는 것이다. 특히 스넬의 법칙은 여러 가지로 그 성립 이유가 제시될 수 있는데 그러한 방법중 한가지라도 정확히 논리적인 근거를 제시할 수 있는지의 여부를 묻고자 하였다.

■ 예시 답안

[제시문 3-가]의 페르마 원리에 의하여 빛이 움직이는 경로는 걸리는 시간을 최소로 하는 경로로 움직인다. 시간은 거리를 속력으로 나누면 얻어지므로 선분 $\overline{PO}$의 길이를 속력 v_1 으로 나눈 것과 선분 $\overline{OQ}$의 길이를 속력 v_2 로 나눈 것의 합을 최소가 되도록 하는 경로가 페르마의 원리에 의한 빛이 움직이는 경로이다. 이러한 최소값은 미분에 의하여 구할 수 있는데 $P(0,a), O(x,0), Q(b,c)$ 라 두면 이동하는데 걸리는 시간은 $\frac{\sqrt{x^2+a^2}}{v_1}+\frac{\sqrt{(b-x)^2+c^2}}{v_2}$이 되고 최소 시간을 구하기 위해서는 미분을 하면 $\frac{x}{v_1\sqrt{x^2+a^2}}=\frac{b-x}{v_2\sqrt{(b-x)^2+c^2}}$인 x에서 최소값을 갖는다. 이 식을 정리하면 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$ 를 만족하는 x를 지나게 된다.

□ 문제3-ii 해설

이 문항은 [제시문 3-가]의 페르마의 원리와 [제시문 3-나]의 스넬의 법칙에 대한 설명을 읽고 이해한 경우, 이런 과학적 사실을 "물에 빠진 사람을 구출하는 것"과 같은 실생활에서 마주칠 수 있는 상황에 응용이 가능한지 여부를 묻는 것이다.

■ **예시 답안**

만약 호수의 경계면이 평평하다고 가정하고 P 위치에 모래사장에 있는 사람이, Q의 위치에 호수에 빠진 다른 사람이 있다고 하면 이 사람을 최단시간에 구출하기 위해서는 이동하는데 걸리는 시간이 최소가 되는 경로를 따라서 이동해야 한다. 그러므로 P에서 호수와 땅의 경계면 위의 점 O까지의 거리를 모래위에서 뛰는 속도로 나눈 것과 O에서 Q까지의 거리를 호수에서 수영하는 속도로 나눈 것을 합한 것이 최소가 되는 경로를 따라 움직여야 최단시간에 구출할 수 있을 것이다. 즉, v_1을 모래위에서 뛰는 속도라 하고, v_2를 호수에서 수영하는 속도라 할 때, 스넬의 법칙과 같은 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$를 만족하는 경로를 지나야 한다. 예를 들어 뛰는 속도가 수영하는 속도보다 빠르다면 $v_1 > v_2$이고 따라서 $\theta_1 > \theta_2$를 만족한다. 그러므로 뛰는 속도가 수영하는 속도보다 빠르다면 〈그림 1〉 과 같은 경로로 이동하면 가장 최단 시간안에 그 사람을 구출할 수 있다.