

## 2016학년도 건국대학교 수시모집 논술고사 - 자연계

-출제 의도 및 문제 해설, 예시답안-

### ※ 수학 출제 의도 및 문제 해설

#### ◎ 수학 출제 의도

[문제 1] 다음 사항을 알아본다.

- (1) 두 평면의 교선을 찾을 수 있는가?
- (2) 삼수선의 정리를 이해하고 있는가?
- (3) 두 평면이 이루는 이면각을 이해하고 있는가?

[문제 2] 다음 사항을 알아본다.

- (1) 평면과 직선의 교점을 찾을 수 있는가?
- (2) 직선의 방정식을 구할 수 있는가?
- (3) 두 직선이 이루는 각의 크기를 계산할 수 있는가?
- (4) 함수의 최댓값을 찾을 수 있는가?

#### ◎ 제시문 출처

- (가) 기하와 벡터 (기하와 벡터, 교학사 106쪽)  
(나) 기하와 벡터 (기하와 벡터, 성지출판 93쪽)

#### ◎ 예시답안

[문제1-1] (단답형) 정답:  $\frac{\sqrt{19}}{2}$

점  $A, B, D$ 가 각각  $(0,0,0)$ ,  $(3,0,0)$ ,  $(0,3,0)$ 에 오도록 도형을 좌표공간에 놓는다. 평면  $ABCD$ 의 방정식은  $z=0$ 이다.

평면  $AEFG$ 는  $(0,0,0)$ ,  $(3,0,1)$ ,  $(0,3,1)$ 을 지나므로 평면  $AEFG$ 의 방정식은  $x+y-3z=0$ 이다.

따라서, 두 평면  $ABCD$ 와  $AEFG$ 의 교선  $l$ 의 방정식은

$z=0, x+y=0$ 이다.

$xy$ 평면 위에서 직선  $x+y=0$ 에 수직이고 점  $B$ 를 지나는 직선의 방정식은  $y=x-3$ 이다.

$x+y=0, y=x-3$ 을 연립하여 풀어서 두 직선의 교점  $(\frac{3}{2}, -\frac{3}{2}, 0)$ 을 얻는다. 삼수선의 정리에 의하여

점  $(\frac{3}{2}, -\frac{3}{2}, 0)$ 은 점  $P$ 에서 교선  $l$ 에 내린 수선의 발  $H$ 이다.  $P$ 의 좌표가  $(3, 0, \frac{1}{2})$ 이므로, 선분  $PH$ 의

길이는  $\sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{19}}{2}$  이다.

**[문제1-2]** (서술형) 정답:  $\frac{3}{\sqrt{22}}$

점  $A, B, D$  가 각각  $(0,0,0), (3,0,0), (0,3,0)$ 이 되도록 도형을 좌표공간에 놓는다. 점  $E, G$ 의 좌표를 각각  $(3,0,p), (0,3,q)$ 라 하자. 점  $F$ 의 좌표는  $(3,3,p+q)$ 가 된다.

평면  $ABCD$ 의 방정식은  $z=0$ 이다. 점  $A, E, G$ 를 이용하여 평면  $AEFG$ 의 방정식  $-px - qy + 3z = 0$ 을 얻는다. 두 평면의 법선벡터는 각각  $(-p, -q, 3), (0, 0, 1)$ 이므로

$$\cos\theta = \frac{(-p, -q, 3) \cdot (0, 0, 1)}{\sqrt{p^2 + q^2 + 9}} = \frac{3}{\sqrt{p^2 + q^2 + 9}} \text{ 이다.}$$

사각형  $AEFG$ 의 정사영이 사각형  $ABCD$ 이므로  $s = \frac{9}{\cos\theta} = 3\sqrt{p^2 + q^2 + 9}$  이다.

$$t = \frac{3}{2}(p+q + (2p+q) + (p+2q)) = 6(p+q) \text{ 이다.}$$

$t = 2s$ 를 이용하여  $p+q = \sqrt{p^2 + q^2 + 9}$ 을 얻고, 양변을 제곱하여  $pq = \frac{9}{2}$ 를 얻는다.

$\overline{DG} - \overline{BE} = 2$ 이므로  $q-p=2$  이다. 따라서  $p^2 + q^2 = (q-p)^2 + 2pq = 4 + 9 = 13$ 이다.

따라서  $\cos\theta = \frac{3}{\sqrt{p^2 + q^2 + 9}} = \frac{3}{\sqrt{13+9}} = \frac{3}{\sqrt{22}}$  이다.

**[문제2-1]** (단답형) 정답:  $\frac{1}{4}$

그림자가 점  $(h,k,0)$ 인 점과  $P$ 를 잇는 직선의 방정식은  $x = (h+1)t - 1, y = kt, z = -t + 1$  이다 (단,  $t$ 는 실수). 이 직선과  $yz$ 평면과의 교점은  $(0, \frac{k}{h+1}, \frac{h}{h+1})$ 이다. 따라서 점  $A$ 와  $B$ 를 그림자로 갖는 점은  $(0, \frac{1}{2}, \frac{7}{8}), (0, \frac{3}{4}, \frac{7}{8})$ 이다.

선분  $AB$ 를 그림자로 갖는 선분의 길이는 이 두 점 사이의 거리인  $\frac{1}{4}$ 이다.

**[문제2-2]** (서술형) 정답:  $\frac{1}{3}$

문제 2-1의 풀이에 따라 점  $(h,k,0)$ 를 그림자로 갖는 점은  $(0, \frac{k}{h+1}, \frac{h}{h+1})$ 이다.

직선  $m$ 을 그림자로 갖는 직선을 찾는다. 점  $(h,7,0)$ 을 그림자로 갖는 점은

$(0, \frac{7}{h+1}, \frac{h}{h+1})$ 이다.

$y = \frac{7}{h+1}, z = \frac{h}{h+1}$ 로 놓고  $h = \frac{7-y}{y}$ 임을 이용하여  $h$ 를 소거하면  $y+7z=1$ 을 얻는다.

따라서, 직선  $m$ 를 그림자로 갖는 직선의 방정식은  $y+7z=1$  이다.

같은 방법으로, 직선  $n$ 을 그림자로 갖는 직선을 찾는다. 점  $(h, h+3, 0)$ 을 그림자로 갖는 점은  $(0, \frac{h+3}{h+1}, \frac{h}{h+1})$ 이고, 구하는 직선의 방정식은  $y+2z=3$ 이다.

두 직선의  $yz$ 평면에서의 기울기는 각각  $\tan\theta_1 = -\frac{1}{7}$ ,  $\tan\theta_2 = -\frac{1}{2}$  이므로

$$|\tan\theta| = |\tan(\theta_1 - \theta_2)| = \left| \frac{\tan\theta_1 - \tan\theta_2}{1 + \tan\theta_1 \tan\theta_2} \right| = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

또는, 두 직선의  $yz$ 평면에서의 법선벡터가 각각  $(1, 7)$ ,  $(1, 2)$ 이므로

$$\cos\theta = \frac{(1, 7) \cdot (1, 2)}{|(1, 7)|| (1, 2)|} = \frac{3}{\sqrt{10}} \text{이고, 따라서 } \tan\theta = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

**[문제2-3]** (서술형) 정답:  $\frac{5}{3}$

$1 < t < 3$ 일 때,  $xy$ 평면에서 주어진 원과 직선  $x=t$ 의 교점을 잇는 선분의 길이는  $2\sqrt{1-(t-2)^2}$ 이다. 선분의 두 끝점을  $A, B$ 라 하고,  $A, B$ 를 그림자로 갖는  $yz$ 평면 위의 두 점을 각각  $A', B'$ 이라 하자. 삼각형  $PAB$ 와 삼각형  $PA'B'$ 는 닮음비가  $t+1:1$ 인 닮은 삼각형이다. 따라서,  $xy$ 평면 위의 직선  $x=t$ 로부터

얻어지는 선분을 그림자로 갖는  $yz$  평면 위의 선분의 길이는  $f(t) = \frac{2\sqrt{1-(t-2)^2}}{t+1}$ 이다.

$t = t_0$ 일 때  $f(t)$ 가 최댓값을 가지므로, 극값 정리에 의하여  $f'(t_0) = 0$ 이다.

$$f'(t_0) = \frac{-6t_0 + 10}{(t_0 + 1)^2 \sqrt{1 - (t_0 - 2)^2}} = 0 \text{에서 } t_0 = \frac{5}{3} \text{이다.}$$

## ※ 생명과학 출제 의도 및 문제 해설

### ◎ 생명과학 출제 의도

고등학교 생명과학1 과정에서 학습하는 진핵 세포내 세포 소기관에 대한 내용과 세포 주기와 세포 분열에 대한 이해를 바탕으로 유전의 기본 원리에 대해 이해하고 있는지, 핵분열과 세포질 분열로 이루어진 체세포 분열의 과정을 단계별로 정확히 이해하고 있는지를 평가한다. 주어진 제시문을 바탕으로 핵 내 DNA와 미토콘드리아의 DNA를 구별하고 이를 고교과정에서 비중 있게 다루어지는 세포 주기 및 유전과 연결시켜 통합적으로 이해할 수 있는지, 세포질 유전과 반성 유전을 이해하고 있는지, 그리고 고교과정에서 학습하는 다양한 종류의 세포들의 특징을 이해하고 세포 주기를 정확히 표현할 수 있는지가 주요 평가 요소이다.

### ◎ 제시문 출처

(가) 교학사, 비상교육, 상상아카데미, 천재교육 생명과학1 교과서 ‘1-1 생물의 구성’  
(나), (다) 교학사, 비상교육, 상상아카데미, 천재교육 생명과학1 교과서 ‘2-1 세포와 세포분열’

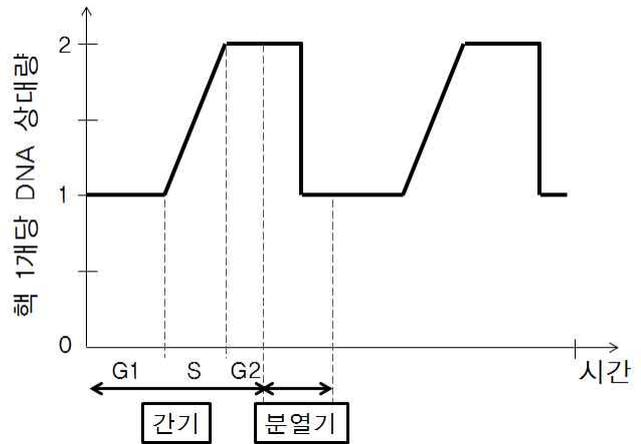
### ◎ 예시답안

#### [문제1]

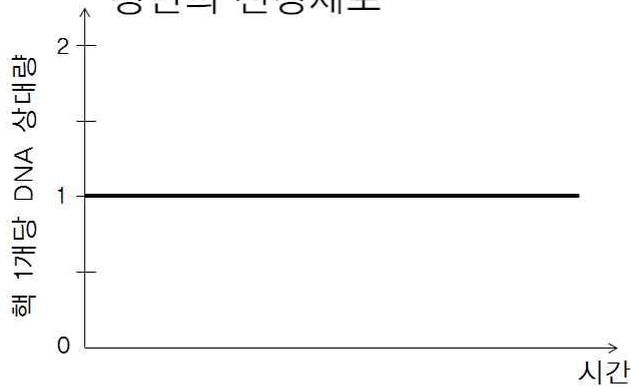
적록색맹은 핵 내 X염색체 상에 존재하는 유전자 돌연변이에 의해 발생하여 반성유전되는 증상이고, 레베르 시신경병의 경우에는 미토콘드리아 DNA에 이상이 생겨 발생하는 유전 질환이다. 제시문 (다)에서 유추해 볼 때, 정자의 미토콘드리아는 수정란에 포함되지 않으므로 미토콘드리아 DNA는 모계유전이 될 것임을 알 수 있다. 따라서 친할머니가 레베르 시신경증을 앓고 있다면, 건우의 아버지는 레베르 시신경병을 앓고 있겠지만, 어머니의 건강한 미토콘드리아 DNA를 전해받은 오빠 건우와 여동생 건희 모두 레베르 시신경병이 발생할 가능성은 매우 낮다 (=없다). 만약 어머니 역시 레베르 시신경병 유전자를 보유하고 있다면, 건우와 건희 모두 레베르 시신경병이 발생할 것이라고 예상할 수 있다.

적록 색맹의 경우, 친할머니의 X 염색체 상의 적록색맹 유전자를 물려받을 수밖에 없는 건우의 아버지는 적록색맹(X<sup>h</sup>Y)일 것으로 예상할 수 있다. 따라서 어머니가 적록색맹 유전자를 보유하고 있지 않다면, 어머니의 X 염색체를 물려받은 오빠 건우는 적록 색맹이 아닐 것으로 예상된다. 건희의 경우 적록 색맹을 유발하는 아버지의 X 염색체를 물려받았지만 어머니의 정상 X 염색체도 함께 물려받을 것이므로 건희는 적록색맹 유전자 보인자(X<sup>H</sup>X<sup>h</sup>)이나 적록 색맹 형질은 나타나지 않을 것으로 예상할 수 있다. 만약 어머니가 적록색맹이라면, 오빠 건우와 여동생 건희 모두 적록색맹일 것이다. 어머니가 적록색맹 보인자(X<sup>H</sup>X<sup>h</sup>)라면 오빠 건우는 정상 (확률 50%)이거나 적록색맹(확률 50%)이고 건희는 적록색맹 보인자 (확률 50%) 이거나 적록색맹(확률 50%)일 것이다.

**[문제2]** 주어진 성인의 체세포에서 두 세포 주기 동안 변하는 핵 1개당 DNA 상대량 그래프를 분석해보면, 오른쪽에서 볼 수 있듯이 G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub>기로 이루어진 간기와 분열기를 구별할 수 있다. 이를 바탕으로 각 세포의 시간에 따른 DNA 상대량 그래프를 그리면 아래와 같다.

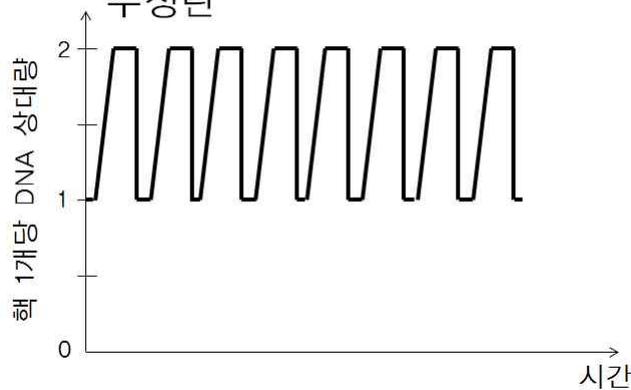


성인의 신경세포

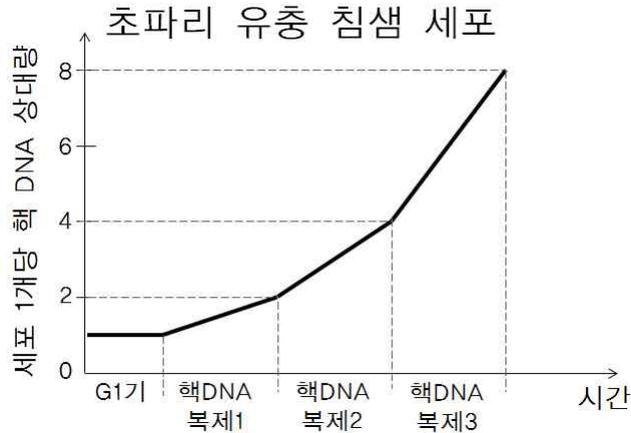


성인의 신경 세포는 분화가 끝난 다음 더 이상 분열하지 않는 세포이다. 따라서 시간이 지나도 핵 1개당 DNA 상대량은 변화가 없을 것으로 예상할 수 있다.

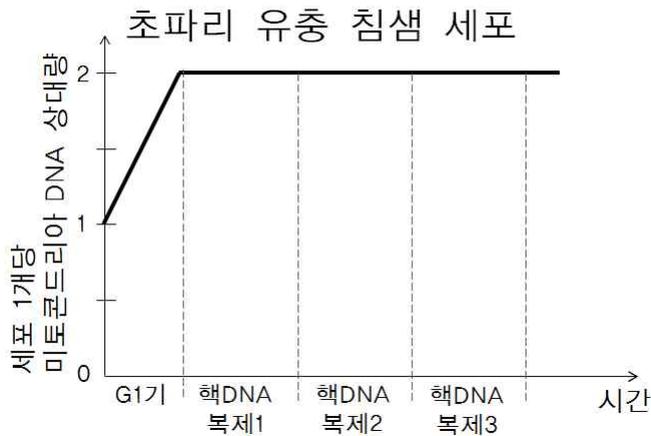
수정란



제시문 (다)에 제시된 바와 같이 수정란의 세포주기는 G<sub>1</sub>기와 G<sub>2</sub>기는 거의 없고 짧은 S기와 분열기만 존재한다고 하였으므로, 수정란은 짧은 세포 주기가 반복하여 진행될 것으로 예상할 수 있다.



제시문 (나)에서 볼 수 있듯이 초파리 유충의 거대 염색체는 염색체가 2개씩 쌍으로 붙어있어서 침샘 세포로 분화를 시작하는 세포의 염색체 수는 체세포 염색체 수의 반이나, 핵 DNA의 양은 체세포와 같다. 침샘 세포의 핵 DNA는 복제가 일어날 때마다 두 배로 증가하므로, 세 번의 핵 DNA 복제 기간 동안 DNA 상대량은 8배로 증가될 것이라고 예상할 수 있다. 단, 거대 염색체의 경우 분열 없이 상동 염색체가 붙은 채로 복제만 거듭한다고 제시되었으므로 DNA의 양은 증가만 할 뿐 G2기로 진행되지는 않을 것으로 예상할 수 있다.



세포내 소기관인 미토콘드리아는 자체 DNA를 가지고 있으며(제시문 (가)), 핵 DNA 복제시기와 달리 미토콘드리아 DNA는 세포질내의 세포내 소기관 수가 증가되는 G1기에 복제가 일어날 것이다(제시문 (나)). 초파리 유충 침샘 세포의 경우 세포질 분열이 없기 때문에 G1기에 미토콘드리아 DNA 양은 2배로 늘어나고, 이후 핵 DNA 복제 기간 동안에는 세포 주기가 진행되지 않기 때문에 변화 없이 유지될 것으로 예상할 수 있다.

## ※ 화학 출제 의도 및 문제 해설

◎ 출제 의도 : 다음의 사항을 알아본다:

- (1) 보어의 수소 원자 모형을 이해하고 있는가?
- (2) 발머계열 및 빛과 에너지의 상관관계를 이해하고 있는가?
- (3) 오비탈과 오비탈의 에너지, 유효 핵전하를 이해하고 있는가?

◎ 제시문 출처 : 교학사 화학I, p70-73, p77-80

비상교육 화학I, p76-86

천재교육 화학I, p79-93

상상아카데미 화학I, p77-86

◎ 예시답안

### [문제 1]

보어의 수소 원자 모형에서 각 전자 궤도의 에너지는 제시문(나)에서 주어진 식과 같이 주양자수  $n$ 의 제곱에 반비례 하여 얻어진다. 또한 빛의 에너지와 파장사이에는 제시문(다)에서 주어진 바와 같이 반비례 관계가 성립한다. 따라서 에너지 간격이 큰 궤도간에 전자전이가 일어날 경우 에너지가 큰 짧은 파장의 빛이 방출 혹은 흡수되며, 에너지 간격이 작은 궤도간에 전자전이가 일어날 경우 에너지가 작은 긴 파장의 빛이 방출 혹은 흡수된다.

수소 원자의 가시광선 영역에서 선 스펙트럼은 제시문의 그림과 같이 4개의 선으로 얻어진다. 가시광선 영역에서 얻어지는 스펙트럼은 발머 계열이라고 하는데 주양자수가  $n \geq 3$  에서  $n=2$ 로의 전자전이가 발머 계열에 해당한다.

여기서 486 nm 파장이 주양자수  $n=4$ 에서  $n=2$ 로의 전자 전이에 의한 것이라고 문제에서 주어져 있으므로 이보다 긴 파장(작은 에너지)에서 얻어지는 오른쪽의 선(약 656 nm)은 에너지 간격이  $n=4$  에서  $n=2$ 로의 전이보다 에너지가 더 작아야 하므로 주양자수  $n=3$ 에서  $n=2$ 로의 전자전이 라는 것을 알 수 있다. 486 nm보다 짧은 파장(큰 에너지)에서 얻어지는 왼쪽의 두 선(약 434 nm와 약 410 nm)은 에너지 간격이  $n=4$  에서  $n=2$  로의 전이보다 에너지가 더 커야하므로 각각 주양자수  $n=5$  에서  $n=2$ 로 및  $n=6$  에서  $n=2$ 로 전자전이 라는 것을 알 수 있다.

주양자수  $n \geq 7$  에서  $n=2$  로의 전자 전이는  $n=6$  에서  $n=2$ 로의 전자 전이(약410 nm)보다 에너지가 더 커야하므로 더 짧은 파장 쪽에서 얻어질 것으로 기대된다. 따라서 이들 전자 전이에 의한 선 스펙트럼은 문제에서 제시한 스펙트럼 영역(400 nm ~ 750 nm)를 벗어난 자외선 영역에서 얻어지므로 위의 스펙트럼에서는 나타나지 않는다.

(실제 계산해 보면 주양자수  $n \geq 7$  에서  $n=2$  로의 전자 전이는 397 nm 이하의 파장영역에서 얻어진다. 계산을 통해  $n=7$  에서  $n=2$ 로의 전자 전이를 계산하여 증명한 경우도 정답 처리함)

수소 원자에서 121.5 nm의 파장에 대한 주양자수 변화는 다음과 같이 계산할 수 있다.

먼저 이 파장이 제시문에 주어진 선 스펙트럼의 파장보다 더 작으므로 더 큰 에너지를 가진다는 것을

알 수 있고, 이는 주양자수가  $n \geq 2$  에서  $n=1$ 로의 전자 전이(라이먼 계열)에 해당한다는 것을 알 수 있다.

따라서 주양자수  $n=x$ 에서 주양자수  $n=1$ 로의 전자 전이에 의해서 121.5 nm의 빛이 방출된다고 가정하고 식을 세우면 다음과 같다.

주양자수  $n=x$  궤도와 주양자수  $n=1$  궤도의 에너지 차이는,

$$\Delta E = E_x - E_1 = -\frac{k}{x^2} - \left(-\frac{k}{1^2}\right) = k\left(1 - \frac{1}{x^2}\right)$$

이때 방출되는 빛의 파장이 121.5 nm 이므로 ,

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{121.5 \text{ nm}}$$

이고, 따라서 위의 두 식을 연립하면

$$k\left(1 - \frac{1}{x^2}\right) = \frac{hc}{121.5 \text{ nm}}$$

$$\left(1 - \frac{1}{x^2}\right) = \frac{hc}{k} \times \frac{1}{121.5 \text{ nm}} \text{ -----(식 1)}$$

이 된다.

여기서  $h$ ,  $c$ ,  $k$ 에 대한 값이 주어지지 않으므로 이를 구하기 위해 문제에서 주어진 486 nm 파장이 주 양자수  $n=4$ 에서  $n=2$ 로의 전자 전이에 의한 것이라는 것을 이용한다. 이 전자 전이에 대해 식을 세우면

$$k\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{hc}{486 \text{ nm}}$$

이 된다.

이를 정리하면

$$\frac{hc}{k} = 486 \text{ nm} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{3}{16} \times 486 \text{ nm}$$

이 된다.

여기서 구한  $\frac{hc}{k}$  를 위의 식(1)에 대입하면

$$\left(1 - \frac{1}{x^2}\right) = \frac{hc}{k} \times \frac{1}{121.5 \text{ nm}} = \frac{3}{16} \times 486 \text{ nm} \times \frac{1}{121.5 \text{ nm}} = \frac{3}{4}$$

이 되고,  $x$ 는 2이상의 자연수이므로  $x=2$ 가 된다.

따라서 수소원자에서 121.5 nm의 파장에 대한 주양자수 변화는  $n=2$  에서  $n=1$  로의 전자 전이에 의한 것이다.

## [문제 2]

헬륨 이온( $\text{He}^+$ )은 전자가 1개 밖에 없으므로 보어의 수소 원자 모형을 그대로 적용할 수 있다.

하지만 헬륨 이온의 핵에는 양성자가 2개 있어서 양성자가 1개 밖에 없는 수소 원자의 핵 보다 전하량이 크다. 유효 핵전하는 수소가 1, 헬륨이온은 2가 된다. 따라서 헬륨 이온에서 핵과 전자의 상호작용이 더 강하게 작용하므로 헬륨 이온에서의 전자의 에너지는 수소 원자에서 보다 더 에너지가 낮다. 따라서 이를 제거하기 위해 필요한 최소한의 에너지(=이온화 에너지)는 헬륨 이온이 더 크다.

헬륨 원자( $\text{He}$ )는 전자가 2개 있으므로 전자 간의 상호작용에 의한 효과도 고려되어야 한다. 이 효과는 복잡하지만 제시문(라)에 설명된 바와 같이 다전자 원자에서는 주양자수 뿐만 아니라 오비탈의 종류(s, p, d 오비탈 등)에 따라서도 에너지가 결정되는 양상으로 나타난다. 따라서 다전자 원자인 헬륨의 선 스펙트럼은 주양자수 뿐만 아니라 오비탈의 종류에 따른 에너지 준위 분리 및 이들 궤도간의 전자 전이를 모두 포함하므로 더 복잡하고 무질서한 선들을 보여준다.

## ※ 물리 출제 의도 및 문제 해설

### ◎ 물리 출제 의도

역학적 평형에 대한 개념을 고등학교 물리 I 교과서에 소개된 만유인력 및 정전기력에 적용하여 이해하고 있는지를 평가하는 문제이다. 정전기력과 만유인력에 대한 기본 개념을 이해하여 주어진 문제에서 이해하고자 하는 물리량을 파악하는 능력, 그리고 지렛대를 통한 역학적 평형상태를 정전기력과 용수철의 탄성력을 통해 이해하고 이를 물리적으로 해석하는 능력을 평가한다.

### ◎ 제시문 출처

2011. 1. 4 서울특별시교육감 인정판  
 (가) 교학사 물리 I (54, 64-65, 107-108, 311-316 페이지)  
 (나) 천재교육 물리 I (50, 93 페이지)  
 (다) 천재교육 물리 I (272-276), 교학사 물리 I (310-318)

### ◎ 예시답안

#### [문제 1]

두 물체가 정지하게 된 것은 중력과 전기력이 역학적 평형상태에 놓여있게 되었기 때문이다. 따라서 역학적 평형에 의해 거리  $r$ 에서 두 물체의 전기력과 만유인력이 같다는 뜻이 된다.

즉 전기력 = 만유인력이 된다.

따라서  $k_e \frac{eq}{r^2} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  이므로 문제에 주어진 물체의 질량, 전자의 전하량 값과 제시문에 기술한

만유인력 상수, 쿨롱상수를 대입하여 계산하면, 물체의 전하량은

$$q = \frac{Gm_1 m_2}{k_e e} = \frac{6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \times 9.0 \text{ kg} \times 1.6 \text{ kg}}{9.0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \times (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})} = -0.67 \text{ C}$$

이 될 때 두 물체가 힘의 평형을 이루어 정지할 수 있게 된다.

#### [문제 2]

그림 (ㄴ)은 지렛대의 오른쪽 물체 1에 가해지는 중력과 왼쪽의 용수철의 탄성력이 평형을 이룬 상태이다. 오른쪽 지렛대 끝이 원래 높이보다  $d_1$  만큼 내려갈 때 용수철의 변위  $x$ 는 닳은꼴 두 삼각형의 비

례 관계식으로부터  $x = d_1 \frac{l_1}{l_2}$  식을 얻는다.

즉, 물체 1에 의한 탄성력 =  $k \frac{l_1}{l_2} d_1$  -----(1)

그림 (ㄷ)에서 물체 1이 작용하는 힘에 더하여 물체 2에 의한 전기력이 더해져서 오른쪽 지렛대가  $d_2$

만큼 이동하였으므로 이때 탄성력의 크기는  $k\frac{l_1}{l_2}d_2$  가 된다.

즉, 물체 2에 의해 추가된 탄성력 =  $k\frac{l_1}{l_2}(d_2 - d_1)$  -----(2)

(1), (2)에 의해 물체1과 물체 2 사이의 전기력과 지렛대의 운동으로 추가된 탄성력 사이에 돌림힘 평형 식은  $k\frac{l_1}{l_2}(d_2 - d_1)l_1 = k_e\frac{q_1q_2}{r^2}l_2$  이 되고 이 식을 통해  $r$  값을 계산하면  $r = \frac{l_2}{l_1}\sqrt{\frac{k_e q_1 q_2}{k(d_2 - d_1)}}$  이 된다.