2020학년도 모의논술고사 [의학계-수학]

1. 2020학년도 모의논술고사 예시답안

[논제 I-1] 원의 방정식에서 $a=0$ 이고 $b=c\geq 0$ 이면 $x^2+(y-b)^2=b^2$ 을 얻고, 포물선의 방정식은 $y=x^2$ 이다. 두 곡선이 만나는 점은 $x^2+(x^2-b)^2=b^2$ 을 만족한다. 이 식을 다음과 같이 정리하면,

$$x^2(x^2+1-2b)=0$$

방정식의 근은 $1-2b\geq 0$ 일 때 $x=0$ 으로 하나임을 알 수 있다. 따라서 원과 포물선이 한 점에서 만나게 되는 b 의 범위는 $0\leq b\leq \frac{1}{2}$ 가 된다. 함수 $f(b)$ 는 반지름이 b 인 원의 넓이이므로 $f(b)=\pi b^2$ 이고, 범위 $0\leq b\leq \frac{1}{2}$ 에서 $f(b)$ 의 최댓값은 $\frac{\pi}{4}$ 이다.

[논제 I-2] 원 $(x-a)^2+(y-b)^2=c^2$ 에 대해서 $\frac{dy}{dx}$ 는 음함수의 미분법에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x-a}{y-b}$$

포물선 $y=x^2$ 에 대해서는 $\frac{dy}{dx}=2x$ 이므로 점 $\mathrm{R}(r,r^2)$ 에서 접선의 기울기는 $2r$ 이다. 점 R 에서 원의 접선과 포물선의 접선이 일치하므로 $-\frac{r-a}{r^2-b}=2r$ 을 얻는다. 이 식을 정리하면 다음과 같다.

$$b=-\frac{a}{2r}+r^2+\frac{1}{2}$$

[논제 I-3] 원의 반지름은 선분 $\overline{\mathrm{AR}}$ 의 길이이다. 앞에서 구한 a 와 b 의 관계식을 이용해서 선분 $\overline{\mathrm{AR}}$ 의 길이를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\overline{\mathrm{AR}}=\sqrt{(r-a)^2+\left(r^2+\frac{a}{2r}-r^2-\frac{1}{2}\right)^2}=|r-a|\sqrt{1+\frac{1}{4r^2}}$$

따라서 원의 방정식은 다음과 같다.

$$(x-a)^2+\left(y+\frac{a}{2r}-r^2-\frac{1}{2}\right)^2=(r-a)^2\left(1+\frac{1}{4r^2}\right)$$

원과 포물선이 만나는 점은 다음 식을 만족한다.

$$(x-a)^2+\left(x^2+\frac{a}{2r}-r^2-\frac{1}{2}\right)^2=(r-a)^2\left(1+\frac{1}{4r^2}\right)$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$x^4+\left(\frac{a}{r}-2r^2\right)x^2-2ax+r^4+ar=0$$

원과 포물선이 점 R 에서 만난다는 사실을 이용하면 위 식을 다음과 같이 인수분해 할 수 있다.

$$(x-r)^2\left(x^2+2rx+\left(r^2+\frac{a}{r}\right)\right)=0$$

방정식 $x^2+2rx+\left(r^2+\frac{a}{r}\right)=0$ 은 판별식 $D=-\frac{a}{r}$ 의 부호에 따라 근의 개수가 달라지는데, 문제의 조건에 의해 $D>0$ 이다. 따라서 위의 사차방정식은 최대 세 개의 근 r(중근), $-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$, $-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 을 가진다. 문제의 조건에 의해 $\sqrt{-\frac{a}{r}}\neq 0$ 이므로, $-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}\neq -r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 이다. 따라서 원과 포물선이 두 점에서 만나는 경우는 $r=-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 또는 $r=-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우이다. 두 식을 정리하면 모두 $a=-4r^3$ 가 된다. 앞에서 구한 원의 방정식에 $a=-4r^3$ 을 대입하면

$$(x+4r^3)^2+\left(y-3r^2-\frac{1}{2}\right)^2=(r+4r^3)^2\left(1+\frac{1}{4r^2}\right)$$

를 얻고, 따라서 원의 넓이는 다음과 같다.

$$g(r)=\pi(r+4r^3)^2\left(1+\frac{1}{4r^2}\right)=\frac{\pi}{4}(1+4r^2)^3$$

[논제 I-4] [논제 I-3]에서 원과 포물선이 두 점에서 만나는 경우 세 점 P, A, R 의 위치에 대해서 생각하자. 우선, 점 R 의 좌표는 (r,r^2) 이다. 점 A 의 좌표는 (a,b) 인데, $a=-4r^3$ 이고 $b=-\frac{a}{2r}+r^2+\frac{1}{2}$ 이므로, $\mathrm{A}\left(-4r^3,3r^2+\frac{1}{2}\right)$ 을 얻는다. 점 P 의 좌표에 대해서 생각해보자. 먼저, $r=-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우 $r>0$ 이고, 점 P 의 x 좌표는 $-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인데, $a=-4r^3$ 이므로 $-r-\sqrt{4r^2}=-3r$ 이 된다. 마찬가지로 $r=-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우 $r<0$ 이고, 점 P 의 x 좌표는 $-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인데, $a=-4r^3$ 이므로 $-r+\sqrt{4r^2}=-r+2|r|=-3r$ 이 된다. 따라서 두 경우 모두 $-3r$ 을 얻고, 점 P 가 포물선 위에 있다는 사실을 이용하여 $\mathrm{P}(-3r,9r^2)$ 을 얻는다. 세 점의 좌표를 이용하여 선분 $\overline{\mathrm{PA}}$, $\overline{\mathrm{AR}}$, $\overline{\mathrm{PR}}$ 의 길이를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\overline{\mathrm{PA}}^2=\overline{\mathrm{AR}}^2=\frac{1}{4}(1+4r^2)^3,\qquad \overline{\mathrm{PR}}^2=16r^2(1+4r^2)$$

삼각형 PAR 은 이등변삼각형이므로 $\sin\frac{\theta}{2}=\frac{1}{2}\frac{\overline{\mathrm{PR}}}{\overline{\mathrm{PA}}}$ 이다. 따라서 다음을 얻는다.

$$\sin\frac{\theta}{2}=\frac{4r}{1+4r^2}$$

극한 $\lim_{r\to\infty}\sin\frac{\theta}{2}=0$ 이고 $0\le\theta\le\pi$ 이므로, $\lim_{r\to\infty}\theta=0$ 이다. 극한 $\lim_{x\to 0}\frac{\sin x}{x}=1$ 을 이용하면 다음을 얻는다.

$$\lim_{r\to\infty}r\theta=\lim_{r\to\infty}2r\sin\frac{\theta}{2}\frac{\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}=\lim_{r\to\infty}2r\sin\frac{\theta}{2}=\lim_{r\to\infty}\frac{8r^2}{1+4r^2}=2$$

2. 2020학년도 모의논술고사채점 기준

[논제 I-1]

[2점] $a=0$ 이고 $b=c\geq 0$ 인 경우의 원의 방정식 $x^2+(y-b)^2=b^2$ 을 구한다.

[4점] 원과 포물선이 만난다는 조건을 이용하여 사차방정식 $x^2(x^2+1-2b)=0$ 을 유도한다.

[4점] 이차방정식 $x^2+1-2b=0$ 의 판별식을 이용하여 b 의 범위를 찾는다.

[논제 I-2]

[4점] 음함수의 미분법을 이용하여 $\frac{dy}{dx}=-\frac{x-a}{y-b}$ 를 유도한다.

[2점] 접선의 기울기가 $2r$ 임을 보인다.

[4점] 점 R 에서 원과 포물선이 만난다는 사실을 이용하여 관계식 $-\frac{r-a}{r^2-b}=2r$ 을 유도한다.

[논제 I-3]

[4점] 앞에서 구한 a 와 b 의 관계식을 이용하여 원의 반지름이 $|r-a|\sqrt{1+\frac{1}{4r^2}}$ 임을 보인다.

[4점] 원과 포물선이 만난다는 조건을 이용하여 사차방정식 $x^4+\left(\frac{a}{r}-2r^2\right)x^2-2ax+r^4+ar=0$ 을 유도한다.

[4점] 원과 포물선이 점 R 에서 만난다는 사실을 이용하여 위 사차방정식을 인수분해한다.

[4점] 판별식 $D=-\frac{a}{r}$ 이 양수임을 확인하고 a 의 범위에 따라 최대 세 개의 근을 가질 수 있음을 보인다.

[4점] 원과 포물선이 두 점에서 만나는 경우는 $r=-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 또는 $r=-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우임을 확인하고, 두 경우 모두 $a=-4r^3$ 임을 보인다.

[논제 I-4]

[5점] 원의 중심 A 의 좌표가 $\mathrm{A}\left(-4r^3, 3r^2+\frac{1}{2}\right)$ 임을 보인다.

[5점] 원과 포물선이 두 점에서 만나는 경우인 $r=-r+\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우와 $r=-r-\sqrt{-\frac{a}{r}}$ 인 경우 모두 점 P 의 x 좌표가 $-3r$ 이 됨을 보인다.

[5점] 선분 $\overline{\mathrm{PA}}$, $\overline{\mathrm{AR}}$, $\overline{\mathrm{PR}}$ 의 길이와 각도 θ 사이의 관계 $\sin\frac{\theta}{2}=\frac{4r}{1+4r^2}$ 을 유도한다.

[5점] 제시문 [라]와 [마]를 이용하여 극한을 구한다.

3. 2020학년도 모의논술고사문항 해설

논제 I-1에서는 두 곡선이 만난다는 조건으로부터 적절한 방정식을 유도하고 이차방정식의 판별식을 이용하여 근의 개수를 결정할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-2에서는 곡선의 접선을 이해하고 있는지와 음함수의 미분법을 이해하고 있는지에 대한 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-3에서는 주어진 조건을 이용하여 사차방정식을 인수분해하는 능력을 평가하고자 하였다. 두 곡선이 만나는 점의 위치가 어떻게 나타나는지에 대한 기하학적인 내용을 논리적으로 표현하는 능력을 평가하고자 하였다. 논제 I-4에서는 두 곡선이 만나는 두 점의 위치에 대한 기하학적인 이해를 바탕으로 여러 가지 극한의 성질을 활용할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
수학I	이강섭 외 14인	미래엔	2016	68	제시문 [가]	X
수학I	신항균 외 11인	㈜지학사	2016	36	제시문 [나]	X
미적분I	김원경 외 11인	비상교육	2016	97	제시문 [다]	X
미적분I	황선욱 외 10인	좋은책신사고	2016	60	제시문 [라]	X
미적분II	정상권 외 7인	㈜금성출판사	2016	89	제시문 [마]	X
기하와 벡터	정상권 외 7인	㈜금성출판사	2016	38	제시문 [바]	X

2020학년도 모의논술고사[의학계-물리]

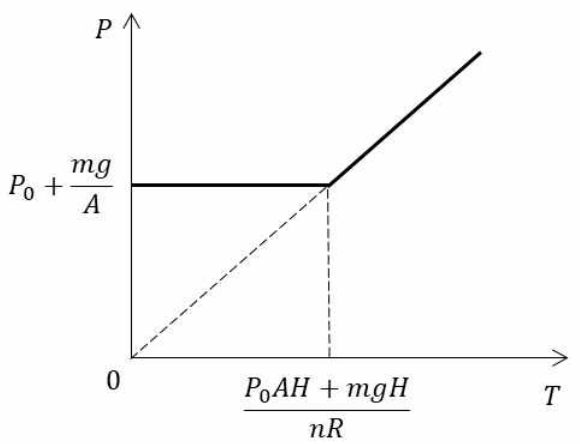
1. 2019학년도 수시모집 논술고사 예시답안

<물리>

논제 II-1

(1) $h \le H$일 때 기체의 압력은 $P_0 + \frac{mg}{A}$로 일정하고, 부피는 Ah이다. 이상 기체의 상태 방정식으로부터 $T = \frac{P_0Ah + mgh}{nR}$이다. $h = H$ 가 될 때 $T_H = \frac{P_0AH + mgH}{nR}$이다. $T > T_H$ 일 때는 부피가 AH로 고정되어 압력은 $\frac{nRT}{AH}$로 온도에 따라 증가한다.

T와 P사이의 관계를 보여주는 그래프는 다음과 같다.



(2) 온도가 $\frac{1}{2}T_H$ 일 때의 기체의 부피는 $\frac{AH}{2}$이고 T_H가 되며 부피가 AH로 증가한다. 따라서 이때까지 한 일은 $P\Delta V$는 $\frac{1}{2}P_0AH + \frac{1}{2}mgH$이다. T_H보다 온도가 높은 경우에는 부피 변화가 없으므로 기체가 하는 일은 없다. 기체의 내부에너지 변화량은 $\frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nRT_H$ 이므로 $\frac{3}{2}P_0AH + \frac{3}{2}mgH$ 이다. 열역학 제 1법칙 $\Delta Q = \Delta U + P\Delta V$ 에 의해 기체에 가해준 열이 일과 내부에너지 증가로 쓰였으므로 기체에 가한 열의 양은 $2P_0AH + 2mgH$ 이다. 한 일의 양: 내부에너지 증가량: 가해준 열의 양의 비는 $1:3:4$이다.

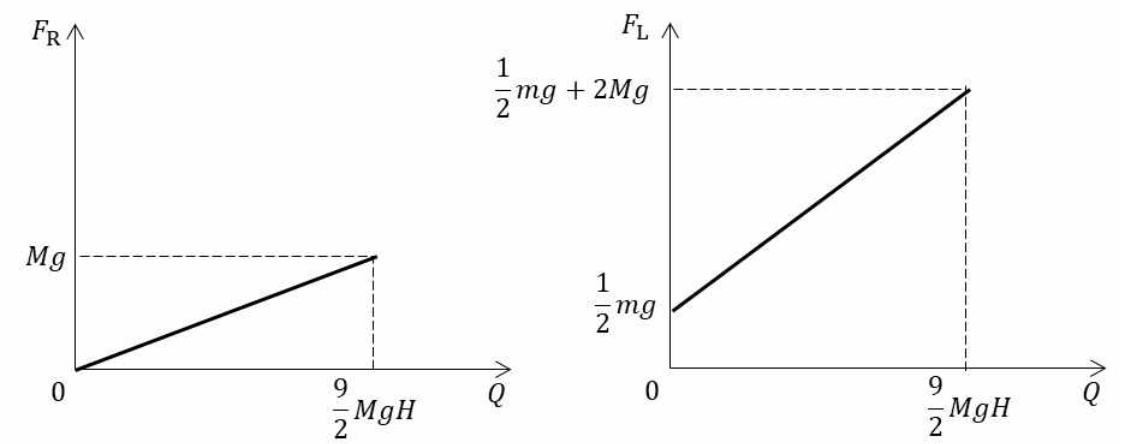
논제 II-2

(1) 피스톤이 막대를 떠받치는 힘이 최소가 되는 상황은 물체가 바닥에 완전히 놓여 S_R에 당기는 힘이 없을 때이다. 이때 돌림힘의 평형조건을 이용하면 피스톤에 가해지는 힘의 크기는 $\frac{3}{2}mg$이다. 기체의 압력을 P라 할 때, $(P - P_0)A = \frac{3}{2}mg$이므로 $P = P_0 + \frac{3}{2}\frac{mg}{A}$이고 이때 기체의 부피는 AH이므로 이상기체 방정식으로 부터 $T_{\min} = \frac{P_0AH + \frac{3}{2}mgH}{nR}$이다. 피스톤이 막대를 떠받치는 힘이 최

대가 되는 상황은 물체가 들리려고 하며 S_R이 물체를 당기는 힘이 Mg가 될 때이다. 힘과 돌림힘의 평형조건으로부터 피스톤에 가해지는 힘의 크기를 구하면 $\left(\frac{3}{2}m+3M\right)g$ 이다.

따라서 $T_{\max}=\frac{P_0AH+\frac{3}{2}mgH+3MgH}{nR}$ 이다. 따라서 $T_{\max}$에서와 $T_{\min}$에서의 기체의 내부 에너지 차이는 $\frac{3}{2}nR\Delta T=\frac{9}{2}MgH$ 이다.

(2) 힘과 돌림힘의 평형조건으로부터 S_L이 막대를 당기는 힘의 크기 F_L과 S_R이 막대를 당기는 힘의 크기 F_R의 관계를 구하면 $mg+4F_R=2F_L$이다. $T_{\min}$에서 $T_{\max}$가 될 때까지 열을 가해주는 동안 기체의 부피는 변하지 않으므로 기체가 하는 일은 없고, 기체에 가해준 열은 내부에너지의 증가로만 쓰이게 된다. 따라서 기체에 가해준 열에 비례해서 기체의 온도가 증가하고 기체의 온도에 비례해서 기체의 압력도 증가한다. 가해준 열이 0에서 $\frac{9}{2}MgH$까지 증가하는 동한 F_R은 0에서 Mg까지 증가하고, F_L은 $\frac{1}{2}mg$에서 $\frac{1}{2}mg+2Mg$까지 증가한다. 그래프로 나타내면 다음과 같다.



2. 2019학년도 수시모집 논술고사채점 기준

<물리>

논제 II-1

(1) 10점

<5점> 이상기체 방정식을 이용하여 $h=H$가 될 때의 T_H를 주어진 조건을 이용하여 구할 수 있다.

<5점> T_H 를 기준으로 온도-압력 사이의 관계가 다름을 파악하고 그래프로 온도-압력 관계를 나타낼 수 있다.

(2) 10점

<3점>기체가 한 일을 구하고 그 근거를 논술할 수 있다.

<3점>기체의 내부에너지 변화량을 구하고 그 근거를 논술할 수 있다.

<4점>기체에 가해준 열을 열역학 제1법칙으로부터 구하고 세 값을 비교하여 비를 구할 수 있다.

논제 II-2

(1) 10점

<3점>막대가 수평을 유지하기 위한 조건을 힘의 평형, 돌림힘의 평형으로부터 파악하고 피스톤이 막대를 떠받치는 힘의 범위를 구할 수 있다.

<3점>힘으로부터 압력을 구하고 이상기체 상태방정식을 이용하여 온도의 범위를 구할 수 있다.

<4점>온도의 변화량을 이용하여 내부에너지 차이를 구할 수 있다.

(2) 10점

<3점>기체가 일을 하지 않았으므로 열역학 제1법칙으로 가해준 일이 모두 내부에너지의 변화가 됨을 설명할 수 있다.

<3점> S_L이 막대를 당기는 힘과 S_R이 막대를 당기는 힘사이의 관계를 힘의 평형, 돌림힘의 평형으로부터 구할 수 있다.

<4점>가해준 열을 x축으로 각각의 힘의 크기를 y축으로 하는 그래프를 그리고, 근거를 논술할 수 있다.

3. 2019학년도 수시모집 논술고사문항 해설

논제 II 과학-물리 논제에서는 고등학교 교과과정의 범위 안에서 다루어진 기본적인 과학적 소양을 바탕으로, 물리 분야의 통합적인 사고 능력과 실제 상황에 적용하는 활용 능력을 평가하고자 하였다. 논제의 제시문에서는 고등학교 물리 교과서의 내용을 바탕으로 하여 압력, 기체의 성질, 열역학 법칙, 평형 상태 등의 기본적 물리적 개념을 제시하였다. 논제에서 주어진 구체적인 상황에 대해, 제시문의 정보를 적절히 이용하고, 논리적 과정으로 추론하여, 논제에 대한 과학적이고 합리적인 결론을 이끌어 낼 수 있는지 평가하고자 하였다.

제시문들에 관해 좀 더 구체적으로 설명하면 제시문 [가]는 압력의 개념을 설명하며, 제시문 [나]는 보일 샤를의 법칙, 아보가드로 법칙, 이상 기체 상태 방정식 등 기체의 성질을 설명하고 있다. 제시문 [다]는 기체의 내부에너지, 제시문 [라]는 열역학 제1법칙을 설명한다. 제시문 [마]는 역학적 평형 상태는 알짜힘과 알짜돌림힘이 0인 상태임을 설명한다.

제시문 [가]~[마]의 내용은 두 종류의 물리 교과서에 모두 나와 있으며, 그 출처는 아래와 같다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 물리 Ⅰ	김영민 외 7인	교학사	2013	321	제시문 [가]	O
고등학교 물리 Ⅰ	곽성일 외 7인	천재교육	2013	280	제시문 [가]	O
고등학교 물리 Ⅱ	김영민 외 7인	교학사	2013	86~89	제시문 [나]	O
고등학교 물리 Ⅱ	곽성일 외 7인	천재교육	2013	69~73	제시문 [나]	O
고등학교 물리 Ⅱ	김영민 외 7인	교학사	2013	95	제시문 [다]	O
고등학교 물리 Ⅱ	곽성일 외 7인	천재교육	2013	78, 79	제시문 [다]	O
고등학교 물리 Ⅰ	김영민 외 7인	교학사	2013	337~342	제시문 [라]	O
고등학교 물리 Ⅰ	곽성일 외 7인	천재교육	2013	294~295	제시문 [라]	O
고등학교 물리 Ⅰ	김영민 외 7인	교학사	2013	315	제시문 [마]	O
고등학교 물리 Ⅰ	곽성일 외 7인	천재교육	2013	274	제시문 [마]	O

2020학년도 모의논술고사[의학계-생명과학]

1. 2020학년도 모의논술고사 예시답안

논제 II <생명과학>

[논제 II-1]

(1) 논제에 나타난 (ㄱ) 어류와 (ㄴ) 어류는 뚜렷한 서식지역이 구분되어 (ㄱ) 어류는 북부 태평양지역을 거쳐 동북아시아와 북아메리카 연안까지 이동하는 특성이 있는 반면, (ㄴ) 어류는 북아메리카 연안 근처에서만 서식하는 같은 종으로 원전사고에 의한 해양 오염으로부터 어느 정도 분리되어 있음을 알 수 있다. 결과에서 2011년 8월의 (ㄱ) 어류는 방사성 동위원소 세슘의 농도가 (ㄴ) 어류보다 6배나 높음을 확인할 수 있으며, 이는 후쿠시마 원전사고에 의해 해수에 오염된 방사능 동위원소가 축적된 것으로 보는 것이 타당하다.

(2) ②의 (ㄱ) 어류는 2010년에 잡은 어류로 후쿠시마 원전 사고 이전의 어류 시료임을 알 수 있다. 이들의 세슘 농도는 사고 이후 같은 서식지의 (ㄱ) 어류보다 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 시료는 실험의 대조군으로 사용된 것으로 원전 사고 발생 시점 전후의 동일 서식지의 어류 시료를 비교함으로써 가설에 대한 타당성을 높일 수 있는 결과이다.

(3) 제시문 [가]에서처럼 오염물질은 먹이 사슬을 거쳐 상위 영양 단계의 생물에게 전달되고 축적되는 생물 농축 과정을 겪는다. 실험 설계에서 평균 체중과 평균 나이를 측정하고 유사한 값의 어류 시료를 선택한 것은 생물 농축의 과정이 같을 것으로 여겨지는 어류 시료를 사용하므로 실험의 가설을 뒷받침하기 위해 시료간의 오류를 줄이기 위한 조치이므로 타당하다.

[논제 II-2]

(1) 제시문 [라]와 모식도에서 나타난 것처럼 세균의 야생형은 기질이 없을 때는 젖당 분해 효소의 발현량이 1이지만 기질인 젖당이 있을 때는 100배 정도 늘어난 것을 알 수 있다. 반면 돌연변이 1 균주는 젖당이 있거나 없는 조건에서도 100의 수준으로 발현되고 있는 것을 알 수 있다. 제시문 [마]에서처럼 억제 단백질에는 젖당이 결합하는 부위와 작동 부위에 결합하는 활성 부위가 존재함을 알 수 있다. 만약 작동 부위 염기서열에서 돌연변이가 일어났다면, 염기서열의 바뀜으로 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못하여 기질의 존재 여부에 관계없이 효소의 발현량이 언제나 높게 나타난 것을 알 수 있다. 또한 조절 유전자에 돌연변이가 일어났을 경우에도, 억제 단백질의 DNA 결합부위에 돌연변이가 발생하여 작동 부위에 결합하지 못하게 되면 효소의 발현량은 높게 나타난다.

(2) 돌연변이 2 균주의 경우에는 젖당이 없거나 있을 때에도 효소의 발현량이 1로 나타났다. 이는 지속적으로 억제 단백질이 작동 부위에 결합하고 있을 가능성을 설명하는 것이다. 만약 억제 단백질 유전자의 염기서열에서 돌연변이가 발생하였다면, 작동 부위에 결합하는 부위에는 이상이 없으나 기질인 젖당에 결합하는 활성 부위에 이상이 생겨 젖당이 존재하더라도 억제 단백질은 비활성 되지 않고 계속해서 작동 부위에 결합하는 경우라고 하겠다.

(3) 제시문 [라]에서 나타난 것처럼 생명체의 유전체 (게놈)에는 수천, 수만의 유전자들이 주어진 환경 조건에 따라 선택적으로 발현되는 복잡한 유전자 발현조절을 거쳐 해당 유전자의 발현이 환경변화에 민감하게 조절되고 있음을 알 수 있다. 실험 결과에서 야생형과 돌연변이 균주들 간에 나타내는 효소 단백질의 발현이 다르므로 환경에 존재하는 기질을 이용하는 것에도 차이를 나타내어 이들 균주의 성장과 환경 적응에도 다양성을 나타낼 수 있다.

[논제 II-3]
(1) 야생형의 수송 단백질은 에너지(ATP)를 사용하여 물질 수송이 급격히 이루어지는 능동 수송의 형태를 나타내고 있으나 돌연변이형은 물질 수송이 일어나지 않았다. 단서에서 야생형과 같은 길이의 단백질이 정상적으로 만들어지고 막에 위치하여 기능을 하는 것으로 제시되었으므로 돌연변이의 발생으로 능동 수송에 관여하는 에너지(ATP)가 작용하는 부위에 돌연변이가 발생하였거나, 기질과 결합하는 기질 결합 부위에 돌연변이가 발생하여 기질이 제대로 막 수송 단백질에 결합하지 못하였기 때문에 물질 수송이 되지 않았다.

(2) 야생형의 막 수송 단백질은 급격한 증가 곡선을 나타내었으나 야생형의 50% 활성 상태에서는 야생형이 나타내는 곡선보다는 낮고 돌연변이 보다는 높은 수준의 물질 수송량의 범위에서 증가 곡선이 나타날 것이다.

2. 2020학년도 모의논술고사채점 기준

논제 II <생명과학>

[논제 II-1]
(1) (5점)
<2점> (ㄱ) 어류는 (ㄴ) 어류보다 세슘농도가 6배나 높음을 확인
<3점> 두 어류의 서식지가 구분되므로 후쿠시마 원전사고로 오염된 해수의 방사성 동위원소가 축적된 것으로 결정

(2) (5점)
<2점> ②의 (ㄱ) 어류는 원전사고 이후 같은 서식지의 (ㄱ) 어류보다 세슘 축적 농도가 현저히 낮은 것을 알 수 있음
<3점> ②는 원전사고 이전의 실험 대조군으로 사용된 것으로 가설의 타당성을 설득하는데 활용

(3) (5점)
<2점> 오염물질은 먹이 사슬을 거쳐 생물 농축 과정을 겪는다.
<3점> 평균 체중과 나이가 유사한 값의 어류 시료를 선택하여 생물 농축의 과정이 같을 것으로 여겨지는 어류 시료를 사용하므로 실험의 가설을 뒷받침하기 위해 시료간의 오류를 줄이기 위한 조치이므로 타당하다.

[논제 II-2]
(1) (6점)
<3점> 돌연변이 1에서 작동 부위 돌연변이의 경우, 작동 부위 염기서열의 바뀜으로 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못함
<3점> 조절 유전자에 돌연변이가 일어나 억제 단백질의 DNA 결합 부위에 돌연변이가 발생하였다면 작동 부위에 결합하지 못함

(2) (5점)
<2점> 지속적으로 억제 단백질이 작동 부위에 결합하고 있을 가능성을 설명
<3점> 작동 부위에 결합하는 부위는 이상이 없으나 젖당이 결합하는 부위에 이상이 생겨 기질과 결합하지 못함

(3) (5점)
<2점> 복잡한 유전자 발현조절을 통해 선택된 유전자의 발현이 환경변화에 민감하게 조절되고 있음
<3점> 야생형과 돌연변이 균주들 간에 나타내는 효소 단백질의 발현이 다르므로 환경에 존재하는 기질을 이용하는 것에도 차이를 나타나며 이는 균주의 성장과 환경 적응에 영향을 미침

[논제 II-3]
(1) (6점)
<3점> 막 수송 단백질에서 에너지(ATP)가 작용하는 부위에 돌연변이가 발생하여 막 수송 단백질이 제대로 작동하지 않거나,
<3점> 기질과 결합하는 특이적 활성 부위에 돌연변이가 발생하여 기질이 제대로 막 수송 단백질에 결합하지 못함

(2) (3점)
<3점> 돌연변이가 일어나 수송 단백질의 활성이 야생형의 50% 활성 상태에서는 야생형이 나타내는 곡선보다는 낮고 돌연변이 보다는 높은 수준의 물질 수송량 범위에서 증가 곡선을 나타낸다.

3. 2020학년도 모의논술고사문항 해설

논제 II <생명과학>

논제II-1에서는 후쿠시마 원전 사고로 인해 오염된 해역에 서식하는 어류의 시료로부터 얻은 방사성 동위원소의 농도 측정결과를 제시하고 주어진 실험 설계와 가설을 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다. 논제II-2에서는 돌연변이에 의한 유전자의 발현 조절과 단백질 발현 정도에 따른 균주의 반응 다양성을 설명하는 개념을 바탕으로 주어진 실험결과를 통해 돌연변이로 인한 조절 단백질의 작용을 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다. 논제II-3에서는 물질 수송에 관여하는 막 수송 단백질의 돌연변이로 일어난 실험 결과를 바탕으로 능동 수송에서 단백질의 작용을 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성 여부
생명과학 I	심규철 외	비상교육	2013	264	제시문 [가]	○
	이길재 외	상상아카데미	2013	229		
생명과학 I	심규철 외	비상교육	2013	98	제시문 [나]	○
	이길재 외	상상아카데미	2013	94, 97		
	이준규 외	천재교육	2013	43-44, 86		
생명과학 I	심규철 외	비상교육	2013	28	제시문 [다]	○
	이길재 외	상상아카데미	2013	36-37		
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	150-157		
	이길재 외	상상아카데미	2015	116-127		
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	158-159	제시문 [라]	○
	이길재 외	상상아카데미	2015	128-129		
	이준규 외	천재교육	2013	122-124		
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	54-56	제시문 [마]	○
	이길재 외	상상아카데미	2015	48-49		
	이준규 외	천재교육	2013	44-45	제시문 [바]	○
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	46-47		
	이길재 외	상상아카데미	2015	30, 42		
	이준규 외	천재교육	2013	28, 38-40		
논제Ⅱ-2 (그림출처)	2020학년도 수능대비 EBS 수능특강 생명과학Ⅱ 교재					○

2020학년도 모의논술고사[의학계-화학]

1. 2020학년도 모의논술고사 예시답안

[논제II-1]

(1)

탄화수소의 연소 생성물로 CO_2 뿐만 아니라 CO도 생성된 것으로부터 산소가 부족한 상태에서 불완전 연소가 진행된 것을 알 수 있다. 생성된 CO와 CO_2의 질량으로부터 연소된 탄화수소에 포함된 C의 질량과 생성된 H_2O의 질량으로부터 연소된 탄화수소에 포함된 H의 질량을 알 수 있으므로, 각 질량을 몰수로 환산하여 실험식을 구할 수 있다.

0.70 g의 CO가 생성되었으므로, 생성된 CO에 포함된 C의 질량은

$$0.70\,\mathrm{g\,CO}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,CO}}{28\,\mathrm{g\,CO}}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,C}}{1\,\mathrm{mol\,CO}}\times\frac{12\,\mathrm{g\,C}}{1\,\mathrm{mol\,C}}=0.30\,\mathrm{g\,C}$$

$$2.20\,\mathrm{g\,CO_2}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,CO_2}}{44\,\mathrm{g\,CO_2}}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,C}}{1\,\mathrm{mol\,CO_2}}\times\frac{12\,\mathrm{g\,C}}{1\,\mathrm{mol\,C}}=0.60\,\mathrm{g\,C}$$

따라서 연소 생성물 중의 총 C의 질량은 0.30 + 0.60 = 0.90 gC이다.

연소 생성물 중 포함된 수소의 질량은

$$0.90\,\mathrm{g\,H_2O}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,H_2O}}{18\,\mathrm{g\,H_2O}}\times\frac{2\,\mathrm{mol\,H}}{1\,\mathrm{mol\,H_2O}}\times\frac{1\,\mathrm{g\,H}}{1\,\mathrm{mol\,H}}=0.10\,\mathrm{g\,H}$$이다.

연소 생성물에 포함된 총 C의 몰수는 $0.90\,\mathrm{g\,C}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,C}}{12\,\mathrm{g\,C}}=0.075\,\mathrm{mol\,C}$이고

연소 생성물에 포함된 총 H의 몰수는 $0.10\,\mathrm{g\,H}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,H}}{1\,\mathrm{g\,H}}=0.10\,\mathrm{mol\,H}$이다.

따라서 C : H의 몰비는 0.075 : 0.1 = 3 : 4이므로 탄화수소의 실험식은 C_3H_4이다.

(2)

밀폐된 용기에서 모든 탄화수소가 산소와 반응하였으므로 사용된 산소의 질량은 연소 생성물의 총 질량에서 탄화수소의 질량을 제외하여 얻을 수 있다.

0.70 g CO + 2.20 g CO_2 + 0.90 g H_2O - 1.00 g C_3H_4 = 2.80 g O_2이다.

연소 생성물 중 CO는 더 많은 산소가 존재한다면 아래의 반응과 같이 연소된다.

2 $CO(g)$ + $O_2(g)$ → 2CO_2 (g)

연소 생성물 중에 포함된 0.70 g의 CO를 CO_2로 전환하기 위해서는

$$0.70\,\mathrm{g\,CO}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,CO}}{28\,\mathrm{g\,CO}}\times\frac{1\,\mathrm{mol\,O_2}}{2\,\mathrm{mol\,CO}}\times\frac{32\,\mathrm{g\,O_2}}{1\,\mathrm{mol\,O_2}}=0.40\,\mathrm{g\,O_2}$$가 더 필요하다.

따라서 C_3H_4 1.00 g의 완전 연소를 위해서는 2.80 g + 0.40 g = 3.20 g의 산소가 필요하다.

[논제II-2]

(1)

3 $C_2H_2(g)$ → $C_6H_6(l)$의 표준 반응 엔탈피는 생성물의 표준 생성 엔탈피의 합에서 반응물의 표준 생성 엔탈피의 합을 빼어 구하면 되므로

ΔH^o_f $C_6H_6(l)$ - 3 × ΔH^o_f $C_2H_2(g)$ = 49.0 kJ/mol - 3 × 226.77 kJ/mol = -631.3 kJ/mol이다.

(2)

아세틸렌의 연소에 대한 화학 반응식은 아래와 같고

$$C_2H_2(g) + 5/2\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + H_2O(l)$$

아세틸렌의 연소열은 아래와 같다.

$2 \times \Delta H^o_f\ CO_2(g) + \Delta H^o_f\ H_2O(l) - (\Delta H^o_f\ C_2H_2(g) + 5/2 \times \Delta H^o_f\ O_2(g))$

$= 2 \times (-393.5\ kJ/mol) + (-285.83\ kJ/mol) - (226.77\ kJ/mol + 5/2 \times 0\ kJ/mol) = -1299.6\ kJ/mol.$

따라서 아세틸렌의 연소에 대한 열화학 반응식은 아래와 같다.

$$C_2H_2(g) + 5/2\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H^o_{rxn} = -1299.6\ kJ/mol$$

아세틸렌의 몰질량은 26이므로 아세틸렌 1 g당 연소를 통해 발생되는 열은 $\frac{-1299.6\,kJ}{1\,mol\,C_2H_2} \times \frac{1\,mol\,C_2H_2}{26\,g\,C_2H_2} = 50\,kJ/g$이다.

벤젠의 연소에 대한 화학 반응식은 아래와 같고

$$C_6H_6(l) + 15/2\ O_2(g) \rightarrow 6\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l)$$

벤젠의 연소열은 아래와 같다.

$6 \times \Delta H^o_f\ CO_2(g) + 3 \times \Delta H^o_f\ H_2O(l) - (\Delta H^o_f\ C_6H_6(l) + 15/2 \times \Delta H^o_f\ O_2(g))$

$= 6 \times (-393.5\ kJ/mol) + 3 \times (-285.83\ kJ/mol) - (49.0\ kJ/mol + 15/2 \times 0\ kJ/mol)$

$= -3267.5\ kJ/mol.$

따라서 벤젠의 연소에 대한 열화학 반응식은 아래와 같다.

$$C_6H_6(l) + 15/2\ O_2(g) \rightarrow 6\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l) \qquad \Delta H^o_{rxn} = -3267.5\ kJ/mol$$

벤젠의 몰질량은 78이므로 벤젠 1 g당 연소를 통해 발생되는 열은 $\frac{-3267.5\,kJ}{1\,mol\,C_6H_6} \times \frac{1\,mol\,C_6H_6}{78\,g\,C_6H_6} = 42\,kJ/g$이다.

따라서 단위 질량 당 연료로서의 가치는 벤젠보다 아세틸렌이 더 높다.

2. 2020학년도 모의논술고사채점 기준

[논제II-1]
(1)
- 연소 생성물에 포함된 C와 H의 질량을 구했으면 6점
- C와 H의 질량으로부터 각각의 몰수 또는 몰비를 구했으면 4점
- C와 H의 몰비로부터 실험식을 정확하게 구했으면 4점
(2)
- 사용된 산소의 질량을 구했으면 2점
- 완전 연소를 위해 추가로 필요한 산소의 질량을 구했으면 2점
- 완전 연소를 위해 필요한 총 산소의 양을 구했으면 2점

[논제II-2]
(1)
- 표준 생성 엔탈피를 이용해 표준 반응 엔탈피를 구했으면 4점 (부호가 틀렸으면 0점)
(2)
- 아세틸렌과 벤젠 각각의 열화학 반응식을 구했으면 4점
- 아세틸렌과 벤젠 각각의 연소열을 구했으면 4점 (부호가 틀렸으면 0점)
- 아세틸렌과 벤젠 각각 1 g을 연소했을 때 발생하는 열을 구했으면 4점 (부호가 틀렸으면 0점)
- 아세틸렌과 벤젠의 단위 질량 당 연료로서의 가치를 명확하게 논술했으면 4점

3. 2020학년도 모의논술고사문항 해설

- [논제II-1]의 문항에서는 연소 반응에 대한 화학 반응식을 완성하고 화학양론을 이용하여 반응물과 생성물의 양적 관계 및 구성 원소들의 몰 비를 통해 실험식을 유추할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다. [논제II-2]의 문항에서는 표준 생성 엔탈피로부터 표준 반응 엔탈피를 구하고 열의 출입에 대한 이해를 논리적으로 제시할 수 있는 능력을 파악하고자 하였다.
- 제시문 [가]와 [나]는 화학 반응식과 화학양론에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [다]는 탄화수소의 정의와 종류에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [라]와 [마]는 표준 생성 엔탈피와 반응 엔탈피 및 열화학 반응식에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [가]~[마]는 고등학교 화학I과 화학II 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성 여부
고등학교 화학I	노태희 외	천재교육	2011	41-46	제시문 [가]	○
	류해일 외	비상교육	2011	42-45		
고등학교 화학I	김희준 외	상상아카데미	2011	49	제시문 [나]	○
	노태희 외	천재교육	2011	49		
	박종석 외	교학사	2011	40		
고등학교 화학I	노태희 외	천재교육	2011	168- 174	제시문 [다]	○
	김희준 외	상상아카데미	2011	152- 158		
고등학교 화학II	노태희 외	천재교육	2011	85-87	제시문 [라]	○
	류해일 외	비상교육	2012	86-89		
고등학교 화학II	박종석 외	교학사	2011	88-91	제시문 [마]	○
	김희준 외	상상아카데미	2011	87-91		