자연계열II(오후) 문제 해설
제시문 출전

[수학 문제 1] **제시문 :** 확률과 통계 II-2-1 조건부확률의 뜻 (㈜금성출판사, 정상권 외 7인, 2017; pp.95-101)
확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (동아출판, 우정호 외 24인, 2017; pp.120-125)
확률과 통계 II-2-1 조건부확률 (천재교과서, 류희찬 외 17인, 2017; pp.100-103)
확률과 통계 III-1-3 이항분포 (㈜금성출판사, 정상권 외 7인, 2017; pp.134-139)
확률과 통계 III-1-3 이항분포 (좋은책신사고, 황선욱 외 10인, 2017; pp.107-112)
확률과 통계 III-1-2 이항분포 (㈜교학사, 김창동 외 14인, 2017; pp.125-131)

[수학 문제 2] **제시문 (가) :** 미적분 II, 치환적분법 (비상교육, 김원경 외 11인, p.140)
제시문 (나) : 미적분 I, 함수의 극대와 극소 (좋은책신사고, 황선욱 외 10인, p.120)

[수학 문제 3] **제시문 (가) :** 기하와 벡터 (교학사, 김창동 외 14인, p.137)
제시문 (나) : 기하와 벡터 (천재교육, 이준열 외 9인, p. 194)
제시문 (다) : 미적분학 II (지학사, 신항균 외 11인, P. 112)
제시문 (라) : 기하와 벡터 (동아출판, 우정호 외 19인, p. 40)

[생명과학 문제 4] **제시문 (가), (나), (다) :** 고등학교 생명과학 I, 단원 3 항상성과 건강 (천재교육, p100-103)
고등학교 생명과학 I, 단원 3 항상성과 건강 (교학사, p130-136)
고등학교 생명과학 I, 단원 3 항상성과 건강 (상상아카데미, p112-117)
고등학교 생명과학 II, 단원 1 세포와 물질대사 (비상교육, p54-65)
고등학교 생명과학 II, 단원 1 세포와 물질대사 (상상아카데미, p46-53)
고등학교 생명과학 II, 단원 1 세포와 물질대사 (교학사, p48-59)
제시문 (다), (라) : 고등학교 과학, 단원 3 생명의 진화 (교학사, p176-182)
고등학교 과학, 단원 3 생명의 진화 (천재교육, p20-211)
고등학교 과학, 단원 3 생명의 진화 (금성출판사, p148-163)
고등학교 생명과학 II, 단원 2 유전자와 생명 공학 (비상교육, p150-173, p176-191)
고등학교 생명과학 II, 단원 2 유전자와 생명 공학 (상상아카데미, p128-135, p140-150)
고등학교 생명과학 II, 단원 2 유전자와 생명 공학 (교학사, p140-154)

[물리 문제 4] **제시문 (가) :** 고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (천재교육, p.51)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (교학사, p52)
제시문 (나) : 고등학교 물리 I, 단원 1 시공간과 우주 (천재교육, p33)
고등학교 물리 I, 단원 1 시공간과 우주 (교학사, p42)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (천재교육, p.25)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (교학사, p45)
제시문 (다) : 고등학교 물리 I, 단원 1 시공간과 우주 (천재교육, p35)
고등학교 물리 I, 단원 1 시공간과 우주 (교학사, p45)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (천재교육, p.25)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (교학사, p41)
제시문 (라) : 고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (천재교육, p.52)
고등학교 물리 II, 단원 1 운동과 에너지 (교학사, p35)

[물리 문제 4] **제시문 (가) :** 화학 I, 단원 2 개성 있는 원소(상상아카데미, p. 77-80); 단원 2 개성 있는 원소(교학사, p. 70-73);
단원 2 개성 있는 원소(천재교육, p.82-84); 단원 2 개성 있는 원소(비상교육, p.76-79).
제시문 (나) : 화학 I, 단원 4, 닮은꼴 화학반응(상상아카데미, p. 185); 단원 4, 닮은꼴 화학반응(교학사, p. 213);
단원 4, 닮은꼴 화학반응(천재교육, p. 190); 단원 4, 닮은꼴 화학반응(비상교육, p. 199-200).
제시문 (다) : 화학 II, 단원 2 물질 변화와 에너지(상상아카데미 p.95-98); 단원 2물질 변화와 에너지(교학사, p.94-98);
단원 23 물질 변화와 에너지(천재교육, p.89-94); 단원 2 물질 변화와 에너지(비상교육, p.90-95).
제시문 (라) : 화학 II, 단원 3 화학 평형(상상아카데미 p.150-152); 단원 3 화학 평형(교학사, p.162-164);
단원 3 화학 평형(천재교육, p.149-151); 단원 3 화학 평형(비상교육, p.151-153).

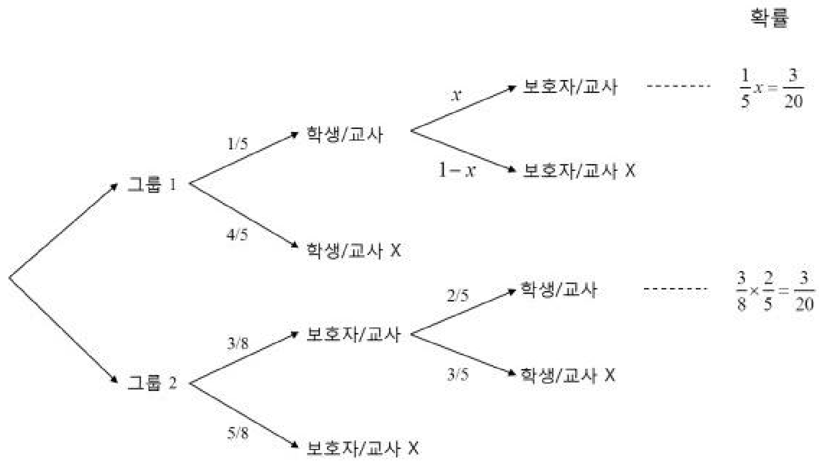
자연계열 II (오후) 문제 해설
예시 답안 / 채점기준

수학

[문제 1] **예시 답안**

<방법 I : 이항분포 언급함>

- 학생과 그 보호자 20쌍을 임의로 그룹 1, 2에 각각 10쌍씩 나누고 그룹 1에서는 학생에게만 희망직업을 조사하고, 그룹 2에서는 보호자에게만 희망하는 학생의 직업을 조사하는 경우 나올 수 있는 결과는 다음의 그림과 같다.



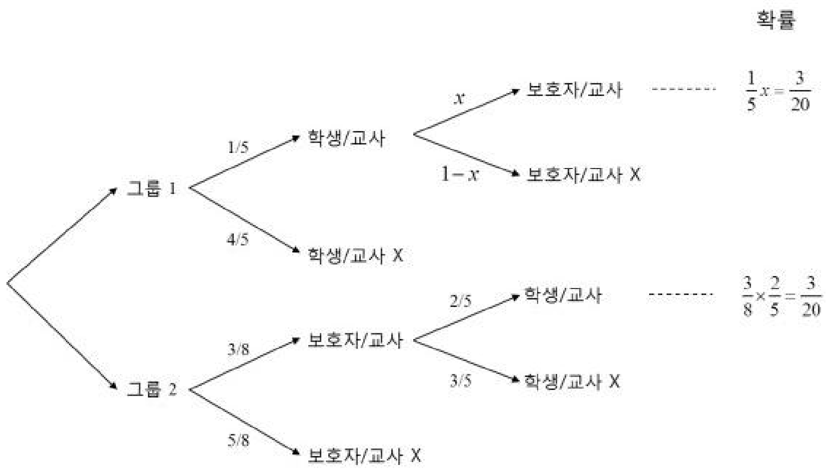
- 그룹 1에서는 학생에게만 희망직업을 조사하였고 그 결과 희망직업이 교사인 경우가 2쌍이 관측되었다. 이때 학생의 희망직업이 교사일 때 보호자가 희망하는 학생의 직업이 교사일 확률 (x)은 위의 그림에서 $x=\frac{3}{20}\times 5=\frac{3}{4}$이다.
- 그룹 2에서는 보호자에게만 희망하는 학생의 직업을 조사하였고 그 결과 희망직업이 교사인 경우가 2쌍이 관측되었다. 이때 학생의 직업이 교사일 확률은 문제에 주어져 있는 대로 $\frac{2}{5}$이다.
- 그룹 1, 2에서 학생과 그 보호자의 희망직업이 일치하는 쌍의 수를 각각 X, Y라고 하면, X와 Y는 각각 이항분포 $B\left(2, \frac{3}{4}\right)$와 $B\left(2, \frac{2}{5}\right)$를 따른다.
- 구하는 확률은 X와 Y의 합이 2 이상일 확률이고 그 확률은 1에서 X와 Y의 합이 1 이하일 확률을 빼면 된다. 그리고 X와 Y의 합이 1 이하일 확률은 $X=Y=0$일 확률, $X=1$이고 $Y=0$일 확률, $X=0$이고 $Y=1$일 확률의 합과 같다. 따라서 구하는 확률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$1-\left\{{}_2C_0\left(\frac{3}{4}\right)^0\left(\frac{1}{4}\right)^2\times{}_2C_0\left(\frac{2}{5}\right)^0\left(\frac{3}{5}\right)^2+{}_2C_1\left(\frac{3}{4}\right)^1\left(\frac{1}{4}\right)^1\times{}_2C_0\left(\frac{2}{5}\right)^0\left(\frac{3}{5}\right)^2+{}_2C_0\left(\frac{3}{4}\right)^0\left(\frac{1}{4}\right)^2\times{}_2C_1\left(\frac{2}{5}\right)^1\left(\frac{3}{5}\right)^1\right\}$$

$$=1-\left(\frac{1}{16}\times\frac{9}{25}+2\times\frac{3}{16}\times\frac{9}{25}+\frac{1}{16}\times 2\times\frac{6}{25}\right)=1-\frac{75}{400}=\frac{13}{16}$$

<방법 II : 이항분포 언급하지 않음>

- 학생과 그 보호자 20쌍을 임의로 그룹 1, 2에 각각 10쌍씩 나누고 그룹 1에서는 학생에게만 희망직업을 조사하고, 그룹 2에서는 보호자에게만 희망하는 학생의 직업을 조사하는 경우 나올 수 있는 결과는 다음의 그림과 같다.



- 그룹 1에서는 학생에게만 희망직업을 조사하였고 그 결과 희망직업이 교사인 경우가 2쌍이 관측되었다. 이때 학생의 희망 직업이 교사일 때 보호자가 희망하는 학생의 직업이 교사일 확률(x)은 위의 그림에서 $x=\frac{3}{20}\times5=\frac{3}{4}$이다.

- 그룹 2에서는 보호자에게만 희망하는 학생의 직업을 조사하였고 그 결과 희망직업이 교사인 경우가 2쌍이 관측되었다. 이때 학생의 직업이 교사일 확률은 문제에 주어져 있는 대로 $\frac{2}{5}$이다.

- 그룹 1, 2에서 관측된 4쌍 중에서 학생과 그 보호자의 희망직업이 일치하는 경우가 최소한 2쌍 이상일 확률은 1쌍 이하일 확률을 계산하여 1에서 빼면 된다. 그리고 그룹 1, 2에서 관측된 4쌍 중에서 희망직업이 일치하는 경우가 1쌍 이하일 확률은 둘 다 한 쌍도 없을 확률, 그룹 1에서만 1쌍이 일치할 확률, 그룹 2에서만 1쌍이 일치할 확률의 합이다. 따라서 구하는 확률은 다음과 같이 계산된다.

- 따라서 구하는 확률은 다음과 같이 계산된다.

$$1-\left\{\left(\frac{1}{4}\right)^2\times\left(\frac{3}{5}\right)^2+2\times\left(\frac{3}{4}\right)^1\left(\frac{1}{4}\right)^1\times\left(\frac{3}{5}\right)^2+\left(\frac{1}{4}\right)^2\times2\times\left(\frac{2}{5}\right)^1\left(\frac{3}{5}\right)^1\right\}=1-\left(\frac{1}{16}\times\frac{9}{25}+2\times\frac{3}{16}\times\frac{9}{25}+\frac{1}{16}\times2\times\frac{6}{25}\right)$$

$$=1-\frac{75}{400}=\frac{13}{16}$$

채점 기준

1. 다음과 같이 배점한다.

- **A. 방법 I을 사용한 경우**
  - 그룹을 나누고 희망직업을 조사하는 상황에 대한 이해를 함: **2점**
  - 학생의 희망직업이 교사일 때 보호자가 희망하는 학생의 직업이 교사일 확률을 구함(3/4): **5점**
  - 각 그룹에서 희망직업이 일치하는 쌍의 수가 이항분포를 따름을 이해함: **3점**
  - 구하는 확률이 어떤 구조로 되어 있는지를 이해함: **3점**
  - 각 그룹에서의 쌍에 대한 확률을 잘 계산함: **5점**
  - 구하는 확률을 잘 계산함: **2점**
- **B. 방법 II를 사용한 경우**
  - 그룹을 나누고 희망직업을 조사하는 상황에 대한 이해를 함: **2점**
  - 학생의 희망직업이 교사일 때 보호자가 희망하는 학생의 직업이 교사일 확률을 구함(3/4): **5점**
  - 구하는 확률이 어떤 구조로 되어 있는지를 이해함: **5점**
  - 각 그룹에서의 쌍에 대한 확률을 잘 계산함: **5점**
  - 구하는 확률을 잘 계산함: **3점**

※ 계산 실수로 틀렸어도 논리 전개 과정이 맞으면 해당 부분에 1~2점의 부분 점수를 부여함

※ 구하는 확률 값은 약분하지 않아도 감점하지 않음

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±1.0점 추가 점수 부여 가능함

[문제 2-1] 예시 답안

위 식을 변형하면 $\lim_{n\to\infty}\sum_{k=1}^{n}\frac{\left(\frac{k}{n}\right)^3}{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}\left(\frac{k}{n}\right)^2\right)}\frac{1}{n}$이 되고, 구분구적법을 쓰면 $\int_0^1\frac{x^3}{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}x^2\right)}dx$와 같다. $y=x^2$로 치환하면 $\int_0^1\frac{x^3}{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}x^2\right)}dx=\int_0^1\frac{\frac{1}{2}y}{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}y\right)}dy$이 되고, $z=\frac{\pi}{4}y$로 치환하면 $\int_0^{\frac{\pi}{4}}\frac{\frac{2}{\pi}z}{\cos^2 z}\frac{4}{\pi}dz=\frac{8}{\pi^2}\int_0^{\frac{\pi}{4}}\frac{z}{\cos^2 z}dz$가 된다. $\frac{d(\tan z)}{dz}=\frac{1}{\cos^2 z}$에 착안하면 위의 적분은 부분적분을 적용하면 간단하게 되고, 계산하면 $\frac{8}{\pi^2}\int_0^{\frac{\pi}{4}}\frac{z}{\cos^2 z}dz=\frac{8}{\pi^2}\left\{\left[z\tan z\right]_0^{\frac{\pi}{4}}-\int_0^{\frac{\pi}{4}}\tan z\,dz\right\}$이 된다. 마지막으로 $\tan z=\frac{\sin z}{\cos z}$이므로 $\int_0^{\frac{\pi}{4}}\tan z\,dz=\left[-\ln(\cos z)\right]_0^{\frac{\pi}{4}}=\frac{1}{2}\ln 2$가 되고, 이를 적용하면 $\frac{2}{\pi}-\frac{4}{\pi^2}\ln 2$의 값이 얻어진다.

채점 기준

1. 구분구적법을 이용해 준식을 $\int_0^1 \frac{x^3}{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}x^2\right)}dx$로 변환하면 **+3점**
2. 치환적분을 이용해 식을 $\frac{8}{\pi^2}\int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{z}{\cos^2 z}dz$로 변환하면 **+2점**
3. 부분적분을 이용해 식을 $\frac{8}{\pi^2}\left\{\left[z\tan z\right]_0^{\frac{\pi}{4}} - \int_0^{\frac{\pi}{4}} \tan z dz\right\}$로 변환하면 **+3점**
4. $\tan z = \frac{\sin z}{\cos z}$을 이용해 치환적분을 해서 답 $\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi^2}\ln 2$를 얻어내면 **+2점**

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 1~2점 부여 가능

[문제 2-2]

예시 답안

$x+y=8$에서 $y=8-x$. 이를 $-84 \le xy \le -65$에 대입하면 두 이차 부등식 $x^2-8x-84 \le 0$, $x^2-8x-65 \le 0$이 얻어진다. 이를 풀면 $-6 \le x \le 14$, $x \ge 13$이거나 $x \le -5$의 범위가 얻어지고 따라서 x의 범위는 $13 \le x \le 14$, $-6 \le x \le -5$가 된다.

한편, 준식을 x에 대해 정리하면 $f(x) = (-x^2+8x+64)e^{8-x}$가 된다. 이를 x에 대해 미분하면 $(x^2-10x-56)e^{8-x} = (x-14)(x+4)e^{8-x}$가 되므로 준식은 $x=14$에서 극솟값, $x=-4$에서 극댓값을 가진다. 따라서 x의 범위를 고려하면 최댓값은 $x=-5$ 아니면 $x=13$인 경우 중 하나이고, 값을 비교하면 $x=13$일 때 $f(13)=-e^{-5}$의 값이 최댓값이 된다. 따라서 $M=-e^{-5}$.
같은 논리로, 최솟값은 $x=-6$ 아니면 $x=14$인 경우 중 하나이고, 값을 비교하면 $x=-6$일 때 $f(-6)=-20e^{14}$의 값이 최솟값이 된다. 따라서 $m=-20e^{14}$.

채점 기준

1. x에 대해 변수를 통일하여 $13 \le x \le 14$, $-6 \le x \le -5$의 범위를 얻으면 **+5점**
2. 준식은 $x=14$에서 극솟값, $x=-4$에서 극댓값을 가짐을 보이면 **+2점**
3. $f(13)=-e^{-5}$의 값이 최댓값이 된다는 것을 보이면 **+4점**
4. $f(-6)=-20e^{14}$의 값이 최솟값이 된다는 것을 보이면 **+4점**

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 2~3점 부여 가능

별해 예시 답안

$x+y=8$에서 $x=8-y$. 이를 $-84 \le xy \le -65$에 대입하면 두 이차 부등식 $y^2-8y-84 \le 0$, $y^2-8y-65 \ge 0$이 얻어진다. 이를 풀면 $-6 \le y \le 14$, $y \ge 13$이거나 $y \le -5$의 범위가 얻어지고 따라서 y의 범위는 $13 \le y \le 14$, $-6 \le y \le -5$가 된다.

한편, 준식을 y에 대해 정리하면 $g(y)=(-y^2+8y+64)e^y$가 된다. 이를 x에 대해 미분하면 $(-y^2+6y+72)e^y = -(y-12)(y+6)e^y$가 되므로 준식은 $y=-6$에서 극솟값, $y=12$에서 극댓값을 가진다. 따라서 y의 범위를 고려하면 최댓값은 $y=13$ 아니면 $y=-5$인 경우 중 하나이고, 값을 비교하면 $y=-5$일 때 $g(-5)=-e^{-5}$의 값이 최댓값이 된다. 따라서 $M=-e^{-5}$.

같은 논리로, 최솟값은 $y=14$ 아니면 $y=-6$인 경우 중 하나이고, 값을 비교하면 $y=14$일 때 $g(14)=-20e^{14}$의 값이 최솟값이 된다. 따라서 $m=-20e^{14}$.

별해 채점 기준

1. y에 대해 변수를 통일하여 $13 \le y \le 14$, $-6 \le y \le -5$의 범위를 얻으면 **+5점**
2. 준식은 $y=-6$에서 극솟값, $y=12$에서 극댓값을 가짐을 보이면 **+2점**
3. $g(-5)=-e^{-5}$의 값이 최댓값이 된다는 것을 보이면 **+4점**
4. $g(14)=-20e^{14}$의 값이 최솟값이 된다는 것을 보이면 **+4점**

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 2~3점 부여 가능

[문제 3-1] 예시답안

원점과 평면 $x+y+z=1$ 사이의 거리는 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이고 따라서 단면 F의 넓이는 $\frac{2}{3}\pi$이다. 또한, 두 평면이 이루는 각의 크기를 θ라 할 때, 두 법선벡터가 $(1,1,1)$과 $(t-1,t,t+1)$ 이므로 내적을 이용하면 $\cos\theta=\frac{\sqrt{3}t}{\sqrt{3t^2+2}}$을 얻는다. 정사영의 넓이는 두 평면이 이루는 예각을 고려하므로 $S(t)=\frac{2}{3}\pi\frac{\sqrt{3}|t|}{\sqrt{3t^2+2}}$이다. 적분을 계산하면

$$\int_{-1}^{2} S(t)dt = \frac{2}{3}\pi\left(2\int_0^1 \frac{\sqrt{3}t}{\sqrt{3t^2+2}}dt + \int_1^2 \frac{\sqrt{3}t}{\sqrt{3t^2+2}}dt\right) = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}(\sqrt{14}+\sqrt{5}-2\sqrt{2})$$이다.

채점기준

1. 단면 F의 넓이는 $\frac{2}{3}\pi$구하면 **+3점**
2. $\cos\theta=\frac{\sqrt{3}t}{\sqrt{3t^2+2}}$구하면 **+3점**
3. $S(t)=\frac{2}{3}\pi\frac{\sqrt{3}|t|}{\sqrt{3t^2+2}}$임을 구하고 적분을 하여 $\frac{2\pi}{3\sqrt{3}}(\sqrt{14}+\sqrt{5}-2\sqrt{2})$ 구하면 **+4점**

[문제 3-2] **예시답안**

$(x-t)^2+(y+3)^2=25$이고 $y=\frac{\sin x}{x^2+1}$을 대입하면 $(x-t)^2+\left(\frac{\sin x}{x^2+1}+3\right)^2=25$이다.

음함수 미분하면 $(x-t)\left(\frac{dx}{dt}-1\right)+\left(\frac{\sin x}{x^2+1}+3\right)\left(\frac{\cos x(x^2+1)-2x\sin x}{(x^2+1)^2}\right)\frac{dx}{dt}=0$ 이다

$t=\pi+4$일 때 $x=\pi$ $y=0$이므로 위 식에 대입하면 $t=\pi+4$ 에서

$\frac{dx}{dt}=\frac{4\pi^2+4}{4\pi^2+7}$이다. $y=\frac{\sin x}{x^2+1}$에서 $\frac{dy}{dt}=\frac{\cos x(x^2+1)-2x\sin x}{(x^2+1)^2}\cdot\frac{dx}{dt}$이고 $t=\pi+4$ 에서 계산하면

$\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt}\right)=\left(\frac{4\pi^2+4}{4\pi^2+7},-\frac{4}{4\pi^2+7}\right)$이다.

채점기준

1. $(x-t)\left(\frac{dx}{dt}-1\right)+\left(\frac{\sin x}{x^2+1}+3\right)\left(\frac{\cos x(x^2+1)-2x\sin x}{(x^2+1)^2}\right)\frac{dx}{dt}=0$ 구하면 **+7점**

2. $t=\pi+4$일 때 $x=\pi$ $y=0$구하면 **+3점**

3. $\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt}\right)=\left(\frac{4\pi^2+4}{4\pi^2+7},-\frac{4}{4\pi^2+7}\right)$구하면 **+5점**

별해

점 Q가 문제의 조건으로부터 식 $y=\frac{\sin x}{x^2+1}$와 $(x-t)^2+(y+3)^2=25$을 만족한다.

음함수 미분하면 다음 두 식을 얻는다.

$$\frac{dy}{dt}=\left(\frac{\cos x(x^2+1)-2x\sin x}{(x^2+1)^2}\right)\frac{dx}{dt},\ (x-t)\left(\frac{dx}{dt}-1\right)+(y+3)\frac{dy}{dt}=0$$

$t=\pi+4$일 때 $x=\pi,\ y=0$이므로 위의 두 식에 $t=\pi+4$, $(x,y)=(\pi,0)$을 대입하여 정리하면 $t=\pi+4$일 때,

점 Q의 속도는 $\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt}\right)=\left(\frac{4\pi^2+4}{4\pi^2+7},-\frac{4}{4\pi^2+7}\right)$이다.

별해 채점기준

1. $\frac{dy}{dt}=\left(\frac{\cos x(x^2+1)-2x\sin x}{(x^2+1)^2}\right)\frac{dx}{dt}$와 $(x-t)\left(\frac{dx}{dt}-1\right)+(y+3)\frac{dy}{dt}=0$ 구하면 **+7점**
2. $t=\pi+4$일 때 $x=\pi,\ y=0$구하면 **+3점**
3. $\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt}\right)=\left(\frac{4\pi^2+4}{4\pi^2+7},-\frac{4}{4\pi^2+7}\right)$구하면 **+5점**

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 2~3점 부여 가능

생명과학

[문제 4-1]

예시 답안

- 주어진 <표>의 자료를 해석하면, 저해제 A가 첨가되었을 때 반응 속도가 줄어들었다가 다시 저해제가 없는 것과 같은 수준으로 돌아오는 것으로 보아 저해제 A는 제시문 (다)에 근거하여 경쟁적 저해제이다.
- 반면, 저해제 B는 기질 농도가 증가함에도 저해제가 없을 때와 비교하여 반응 속도가 더 이상 증가하지 못하고 낮은 반응 속도에서 포화됨을 알 수 있다. 따라서 저해제 B는 제시문 (다)에 근거하여 비경쟁적 저해제이다.
- 저해제 A, B를 반응 도중 제거한 후 다시 기질 농도를 증가시키면서 반응 속도를 측정하였을 때, 저해제 A는 저해제가 없는 상태로 돌아오면서 포화 되었으나, 저해제 B는 저해제를 제거했음에도 불구하고, 효소의 반응 속도가 다시 돌아 오지 않았다.
- 대사질환 M은 효소 E의 반응 생성물 축적에 의해 발생하는 질병이므로, 효소 E의 활성을 잘 저해하는 물질이 치료에 더 효과적일 것이다. 실험 결과를 통해 저해제 B는 비경쟁적 저해제임을 알 수 있고, 저해제가 제거된 이후에 기질 농도를 증가시켰는데도 불구하고 효소의 반응 속도가 증가하지 못하는 것으로 보아, 저해제와 반응하여 효소의 단백질 구조가 변하고 효소의 활성화 부위 구조가 바뀌어 기질과 더 이상 반응하지 못한다. 또한, 저해제 B를 제거해 주었음에도 지속적으로 효소의 반응 속도가 증가하지 못하는 것으로 보아, 저해제 B가 저해제 A에 비해 대사질환 M의 치료에 더 효과적일 것이다.

채점 기준

1. <표>에 주어진 내용을 이해하고, 이로부터 저해제 A는 경쟁적 저해제이고 저해제 B는 비경쟁적 저해제임을 찾으면 각 **+2점 (총 4점)**
2. 저해제 제거 후 저해제 A에 의한 효과는 회복되나, 저해제 B에 의한 효과는 지속됨을 설명하면 **+2점**
3. 대사질환 M의 치료제로 더 효과적인 저해제가 저해제 B임을 찾으면 **+2점**
4. 저해제 B가 더 효과적인 이유는 저해제 B가 비경쟁적 저해제로 효소 E와 반응하고, 저해제를 제거한 후에도 효소의 반응 속도를 더디게 하므로 B가 효과적인 저해제 임을 설명하면 **+2점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±0.5점 추가 점수 부여 가능함

[문제 4-2]

예시 답안

- <표1>에서 mt2 대장균은 젖당 배지에서 생장하지 못했으며, mt2 대장균에서 유래한 젖당 오페론 DNA로부터 제작한 재조합 DNA 플라스미드는 <표2>에서 포도당 환경이나 젖당 환경 모두에서 구조 단백질 발현을 못한다는 것을 알았다. 제시문 (라)와 (마)를 통하여 전사 과정에서 가장 중요한 요소는 프로모터이므로 mt2 대장균의 젖당 오페론은 프로모터에 돌연변이가 생겨있다.
- 만약에 조절 유전자가 돌연변이가 되었다면 문제에서 제시한 것처럼 억제 단백질이 발현되지 않으므로 제시문 (마)에 근거하여 포도당 조건에서도 젖당 오페론의 구조 유전자 발현이 가능할 것이다. <표2>에서 구조 유전자의 단백질 발현 결과를 보면 mt1에서 얻은 P1 플라스미드는 포도당과 젖당 환경에서 모두 단백질 발현이 일어나므로 mt1은 조절 유전자 돌연변이다.
- mt3 돌연변이는 작동 유전자에 돌연변이가 일어난것으로서 정상 대장균과 동일한 결과가 나온다.

채점 기준

1. <표1>의 결과를 해석하면 **+3점**
2. <표2>에서 mt2 돌연변이 대장균의 결과를 전체적으로 설명하면 (각 플라스미드 당 1점씩) **+3점**
3. mt2의 돌연변이가 프로모터에서 일어난다는 것을 정확히 명시하면 **+3점**
4. <표2>에서 mt1 돌연변이 대장균의 결과를 전체적으로 설명하면 (각 플라스미드 당 1점씩) **+3점**
5. mt1의 돌연변이가 조절 유전자에서 일어난다는 것을 정확히 명시하면 **+3점**
6. mt3 돌연변이는 정상과 동일하게 나타난다는 것을 정확히 명시하면 **+5점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±0.5점 추가 점수 부여 가능함

물 리

[문제 4-1] **예시 답안**

- 용수철의 길이가 L_1일 때, 비탈면을 따라 용수철의 탄성력 $F_k = -k(L_1 - L_0)$과 중력 $F_{g1} = -m_1 g \sin\theta$가 물체 A에 작용한다. 따라서, 평형 상태에서 비탈면을 따라 물체 A에 작용하는 알짜힘은 0이고 다음과 같이 주어진다.

$$F_k + F_{g1} = -k(L_1 - L_0) - m_1 g \sin\theta = 0.$$

그러므로 평형 상태에서 용수철의 길이는 $L_1 = L_0 - \frac{m_1 g}{k}\sin\theta$이다. **(※ 평형 상태에서 용수철의 길이)**

- 용수철의 길이가 평형 상태에서 x만큼 더 늘어나면, 용수철의 탄성력은 $F_k' = -k(L_1 + x - L_0)$이고 비탈면을 따라 물체 A에 작용하는 알짜힘은 다음과 같다.

$$F = F_k' + F_{g1} = -k(L_1 + x - L_0) - m_1 g \sin\theta = -kx$$

이 알짜힘으로 인해 물체 A가 각속도 ω로 단진동하는 경우, $F = -m_1\omega^2 x = -kx$이므로, 각속도는 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$이고 단, 진동의 주기는 $P = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$이다.

(※ 단진동의 주기)

채점 기준

1. 평형 상태에서 알짜힘을 바르게 설명하면 **+2점**
2. 평형 상태에서 용수철의 길이를 바르게 쓰면 **+2점**
3. 평형 상태에서 벗어날 때 물체 A에 작용하는 알짜힘을 바르게 제시하면 **+2점**
4. 단진동하는 데 필요한 복원력을 바르게 제시하면 **+2점**
5. 단진동의 주기를 바르게 쓰면 **+2점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1-2점의 부분 점수를 부여할 수 있음

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5 ~ +0.5점을 부여할 수 있음

[문제 4-2] **예시 답안**

- 물체 A에 작용하는 실의 장력이 T라고 할 때, 평형 상태에서 비탈면을 따라 물체A가 받는 알짜힘은 0이므로 장력은 $T = m_1 g \sin\theta + k(L - L_0)$을 만족한다. 물체 B에 작용하는 실의 장력은 물체 A에 작용하는 실의 장력과 같고, 평형 상태에서 물체 B가 받는 알짜힘은 0이므로, 장력은 $T = m_2 g$을 만족한다. 따라서, 평형 상태에서 용수철의 길이는 $L = L_0 + \frac{g}{k}(m_2 - m_1\sin\theta)$이다. **(※ 평형 상태에서 용수철의 길이)**
- 물체 B가 평형 상태에서 연직방향으로 x만큼 이동하여 단진동하면, 물체 A도 비탈면을 따라 x만큼 이동하여 단진동한다. 이때, 비탈면을 따라 용수철의 탄성력 $F_k = -k(x + L - L_0)$과 중력 $F_{g1} = -m_1 g \sin\theta$가 물체 A에 작용한다. 따라서, 실의 장력을 T'이라 할 때, 물체 A의 가속도 a는 다음과 같은 식으로 결정된다.

$$m_1 a = F_k + F_{g1} + T' = -k(x + L - L_0) - m_1 g \sin\theta + T' \quad \text{(A)}$$

- 반면에 중력 $F_{g2} = m_2 g$와 실의 장력 $-T'$이 물체 B에 작용한다. 따라서, 물체 B의 가속도는 물체 A의 가속도 a와 같고 다음과 같은 식으로 결정된다.

$$m_2 a = F_{g2} - T' = m_2 g - T' \quad \text{(B)}$$

(※ 물체 A와 B의 가속도)

● (A)와 (B)로부터 장력과 가속도에 대해서 풀면, 장력 T'은 다음과 같다.

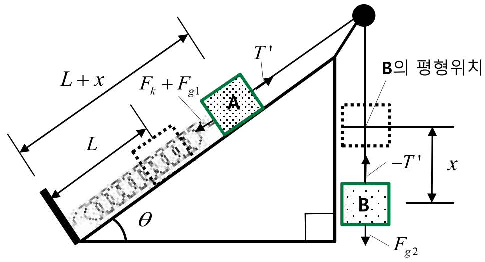
$$T' = \frac{m_2}{m_1 + m_2}\left(k(x + L - L_0) + m_1 g \sin\theta + m_1 g\right)$$

● 평형 상태에서 용수철의 길이 L을 이용하여 장력은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$T' = \frac{m_2}{m_1 + m_2}\left(kx + (m_1 + m_2)g\right)$$

따라서, 물체 B가 $x = +d$에서 정지 상태에서 시작하여 $x = +d$와 $x = -d$사이에서 단진동하는 동안, 장력 T'이 0보다 커야하므로 $d < \frac{g}{k}(m_1 + m_2)$가 만족되어야 한다.

(※ 단진동하기 위한 조건)



(b)

채점 기준

1. 평형 상태에서 물체 A와 B에 작용하는 알짜힘을 바르게 설명하면 각 **+2점**
2. 평형 상태에서 용수철의 길이를 바르게 쓰면 **+3점**
3. 평형 상태에서 벗어났을 때 물체 A와 B의 운동방정식을 바르게 제시하면 각 **+2점**
4. 물체 B가 단진동하는 동안 실의 장력을 바르게 구하면 **+4점**
5. 단진동하기 위해 실의 장력이 0보다 커야한다는 것을 제시하면 **+2점**
6. 단진동하기 위한 조건이 맞으면 **+3점**

※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1-2점의 부분 점수를 부여할 수 있음

※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5 ~ +0.5점을 부여할 수 있음

화 학

[문제 4-1] **예시 답안**

- 발머 계열의 선 스펙트럼 중에서 가장 낮은 에너지를 나타내는 선 스펙트럼 656 nm는 전자가 M껍질($n = 3$)에서 L 껍질($n = 2$)로 전이할 때 나타난다. 따라서, 656 nm에 해당하는 에너지인 3.03×10^{-19} J는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta E = E_3 - E_2 = -\frac{k}{3^2} - \left(-\frac{k}{2^2}\right) = k\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right) \quad \cdots\cdots\cdots(1)$$

(1) 식에서 구한 에너지는 수소 원자 1몰에 의한 에너지이고 선 스펙트럼의 파장은 원자 하나에 의한 값이기 때문에, 선 스펙트럼의 에너지에 아보가드로수를 곱한 에너지 값이 (1) 식과 같게 된다. 따라서 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\Delta E = 3.03\times10^{-19}\,J \times (6.02\times10^{23}\,/mol) = k\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$$

위 식을 풀게 되면, $k = 1313$ kJ/mol이 나오게 된다.

(유사 답안) 다른 세 가지 선 스펙트럼 파장에 대해서도 위와 동일하게 풀어 k값을 구할 수 있다.

$$486\ nm: \Delta E = 4.09\times10^{-19}\,J \times (6.02\times10^{23}\,/mol) = k\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right),\ k = 1313\ kJ/mol$$

$$434\ nm: \Delta E = 4.59\times10^{-19}\,J \times (6.02\times10^{23}\,/mol) = k\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25}\right),\ k = 1316\ kJ/mol$$

$$410\ nm: \Delta E = 4.85\times10^{-19}\,J \times (6.02\times10^{23}\,/mol) = k\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36}\right),\ k = 1314\ kJ/mol$$

- 이온화 에너지(I.E)는 안정한 기체 원자 1몰에서 전자를 떼어내는 데 드는 에너지이다. 수소 원자의 가장 안정한 상태는 전자가 K껍질 ($n=1$)에 위치할 때이므로, 이 원자를 떼어내는데 드는 에너지는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I.E. = E_\infty - E_1 = 0 - \left(-\frac{k}{1^2}\right) = k = 1313\ kJ/mol$$

채점 기준

1. 선 스펙트럼을 제대로 이해하고, 선 스펙트럼 파장(656nm)과 보어의 원자 모형에서 제시된 식으로 구한 에너지 값 ($\Delta E = E_3 - E_2 = -\frac{k}{3^2} - (-\frac{k}{2^2})$) 을 맞게 연결하면 **+3점**

   다른 선 스펙트럼 파장을 이용해도 상관 없음
2. 수소 원자의 선 스펙트럼의 에너지에서 아보가드로 수를 곱한 값이 보어의 원자 모형으로 구한 에너지 값과 같음을 보이고, 보어의 원자 모형에서의 상수 k($\sim$1300 kJ/mol)를 제대로 구하면 **+3점**
3. 이온화 에너지가 K전자껍질에서 전자를 떼어내는 데 드는 에너지임을 보이고 보어의 원자 모형을 이용하여 이를 맞게 계산하게 되면 **+4점**

※ 단위를 틀리거나 계산을 잘못하면 **-1점**

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 0.5점 추가 점수 부여 가능함

[문제 4-2] **예시 답안**

- 반응물과 생성물의 상태를 생각하지 않은 프로펜의 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_6 + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$$

- 25°C, 1기압에서 각 물질의 C3H6 상태는 다음과 같다

1) C_3H_6의 끓는점이 -47.6°C 이므로 C_3H_6는 기체 상태로 존재

2) O_2의 끓는점이 -183°C 이므로 O_2는 기체 상태로 존재

3) CO_2의 상평형 그림을 보면 $25^{\circ}C$, 1기압에서 기체 상태로 존재
4) H_2O의 상평형 그림을 보면 $25^{\circ}C$, 1기압에서 액체 상태로 존재
따라서, $25^{\circ}C$, 1기압에서 반응물과 생성물의 상태를 고려한 프로펜의 연소 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$C_3H_6\,(g) + \frac{9}{2}O_2\,(g) \rightarrow 3CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l)$$

- 연소 반응식에서 물질의 상태가 다 기체일 경우, 프로펜 연소 반응의 반응 엔탈피는 다음과 같이 구할 수 있다. A-B의 결합 에너지를 D(A-B)로 표현한다.

$$\Delta H = D(\text{C-C}) + D(\text{C=C}) + 6\times D(\text{C-H}) + \frac{9}{2}\times D(\text{O=O}) - 3\times 2\times D(\text{C=O}) - 3\times 2\times D(\text{H-O})$$
$$= -1890 \text{ kJ/mol}$$

이 반응 엔탈피를 이용하면, 다음과 같은 열화학 반응식을 완성할 수 있다.

$$C_3H_6\,(g) + \frac{9}{2}O_2\,(g) \rightarrow 3CO_2\,(g) + 3H_2O\,(g),\quad \Delta H_1 = -1890 \text{ kJ/mol} \;\ldots\ldots\ldots(1)$$

- 물의 기화에 대한 열화학 반응식을 적으면 다음과 같다.

$$H_2O\,(l) \rightarrow H_2O\,(g),\quad \Delta H_2 = 40.7 \text{ kJ/mol} \ldots\ldots\ldots(2)$$

위 식 (1)과 (2)를 이용하면, $25^{\circ}C$, 1기압에서 프로펜의 연소 반응의 열화학 반응식을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\underline{(1) - 3 \times (2)}: C_3H_6\,(g) + \frac{9}{2}O_2\,(g) \rightarrow 3CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l),\ \Delta H = \Delta H_1 - 3 \times \Delta H_2 = -2012 \text{ kJ/mol}$$

따라서 $25^{\circ}C$, 1기압에서 프로펜 연소 반응의 반응 엔탈피는 $\Delta H = -2012$ kJ/mol 이다.

- 반응물과 생성물에 있는 탄소 원자의 산화수를 표시하면 다음과 같다.

반응물: $\underset{-2}{C}{=}\underset{-1}{C}{-}\underset{-3}{C}$ 생성물: $\underset{+4}{CO_2}$

- $25^{\circ}C$, 1기압에서 프로펜 연소 반응의 화학 반응식을 보면, 프로펜 1몰당 반응물은 5.5 $(1+\frac{9}{2})$몰의 기체로 이루어져 있고 생성물은 3몰의 기체로 이루어진다. 따라서, 기체의 몰 수가 더 많은 반응물이 생성물보다 엔트로피가 높기 때문에, $25^{\circ}C$, 1기압에서 프로펜의 연소 반응에서 엔트로피는 감소한다.

채점 기준

1. 반응물과 생성물의 상태 표시를 하지 않았거나 상태를 틀리게 적었더라도 프로펜의 연소 반응식의 반응 계수를 제대로 적으면 **+2점**
   $2C_3H_6 + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ 라고 적어도 인정
2. 모든 반응물과 생성물의 상태를 제대로 화학 반응식에 표시하면 **+2점**
3. 결합 에너지를 이용하여 프로펜 연소 반응의 반응 엔탈피를 구하면 **+4점**
4. 물의 기화열을 고려하여 헤스 법칙을 통해 프로펜 연소 반응의 반응 엔탈피를 구하면 **+5점**
5. C_3H_8 과 CO_2 분자를 구성하고 있는 탄소 원자의 산화수를 맞게 적으면 **+4점** 탄소 원자 하나당 1점으로 배점. 예를 들어, C_3H_8의 경우 평균 산화수를 적으면 1점, 세 탄소 원자의 산화수를 다 맞게 적게 되면 **3점**
6. 프로펜 연소 반응의 화학 반응식에 근거하여 반응물과 생성물의 기체 몰수를 비교하고, 이를 바탕으로 계의 엔트로피가 감소한다는 것을 밝히면 **+3점**

※ 단위를 틀리거나 계산을 잘못하면 **-1점**
※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 1점 추가 점수 부여 가능함