

논술시험 (자연계)

[수학 1]

다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [수학 1-i] ~ [수학 1-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

자연수 n 에 대하여 $n!$ 은 n 이하인 모든 자연수의 곱으로 정의한다. 즉,

$$n! = n \times (n-1) \times \cdots \times 2 \times 1$$

이며 $0! = 1$ 로 정의한다.

<제시문2>

자연수 n 과 $0 \leq k \leq n$ 에 대하여, 이항계수 ${}_nC_k$ 는 n 개의 사물 중 k 개의 사물을 선택하는 방법의 수로 정의하며, 다음의 식으로 주어진다.

$${}_nC_k = \frac{n!}{(n-k)! \times k!}$$

<제시문3>

자연수 n 에 대하여, 이항정리는 다음과 같다.

$$(x+y)^n = {}_nC_0 x^n y^0 + {}_nC_1 x^{n-1} y^1 + \cdots + {}_nC_n x^0 y^n = \sum_{k=0}^n {}_nC_k x^{n-k} y^k$$

<제시문4>

자연수 n 에 대하여, a_n 을 방정식 $x+y+z=n$ 의 음이 아닌 정수해의 순서쌍 (x, y, z) 의 개수로 정의한다.

[수학 1-i] 자연수 n 이 1 또는 2인 경우, 방정식 $x+y+z=n$ 의 음이 아닌 정수해의 순서쌍 (x, y, z) 를 모두 나열하고, <제시문4>에 정의된 a_n 의 초기항 a_1 과 a_2 의 값을 각각 구하시오.

[수학 1-ii] 2 이상인 자연수 n 에 대해 방정식 $x+y+z=n$ 을 만족하고 z 의 값이 1 이상인, 음이 아닌 정수해의 순서쌍 (x, y, z) 의 개수가 a_{n-1} 과 같음을 보이고, 이를 이용하여 $a_n = a_{n-1} + n + 1$ 이 성립함을 논하시오.

[수학 1-iii] <제시문3>을 이용하여 부등식 $2^n \geq n+1$ 이 모든 자연수 n 에 대하여 성립하는 이유를 논하시오.

[수학 1-iv] <제시문4>에서 정의된 a_n 은 모든 자연수 n 에 대하여 부등식 $a_n \leq 2^{n+1}$ 을 만족한다. 그 이유를 문제 [수학 1-ii], [수학 1-iii]의 결과와 수학적 귀납법을 이용하여 논하시오.

논술시험 (자연계)

[수학 2]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [수학 2-i] ~ [수학 2-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

두 함수 $p(x)$, $q(x)$ 가 구간 $[a, b]$ 에서 연속이고 $p(x) \geq q(x)$ 일 때, 두 곡선 $y=p(x)$ 와 $y=q(x)$ 및 두 직선 $x=a$, $x=b$ 로 둘러싸인 영역의 넓이는 $\int_a^b \{p(x)-q(x)\}dx$ 이다.

<제시문2>

곡선 $y=x^2$ 을 C 라 한다. $a > 2$ 를 만족하는 실수 a 에 대하여, 점 P_a 의 좌표를 (a, a^2) 라고 정의한다.

<제시문3>

좌표평면 위의 두 점 O 와 A 는 각각 좌표 $O=(0,0)$ 과 $A=(1,0)$ 을 가진다.

[수학 2-i] 선분 $\overline{AP_a}$ 와 곡선 C 가 점 P_a 를 포함하여 두 점에서 만남을 보이시오. 이 중 P_a 가 아닌 다른 한 점을 Q_a 라고 할 때, 점 Q_a 의 좌표를 a 에 대한 식으로 나타내시오.

[수학 2-ii] 선분 $\overline{OP_a}$ 와 곡선 C 로 둘러싸인 영역의 넓이를 $S_1(a)$ 라고 하자. a 에 대한 다항식 $S_1(a)$ 을 <제시문1>을 이용하여 구하시오.

[수학 2-iii] 선분 $\overline{Q_aP_a}$ 와 곡선 C 로 둘러싸인 영역의 넓이를 $S_2(a)$ 라고 하자. $S_2(a) = \left(\frac{a}{a-1}\right)^3 \times g(a)$ 를 만족하는 a 에 관한 다항식 $g(a)$ 를 <제시문1>을 이용하여 구하시오.

[수학 2-iv] 문제 [수학 2-ii]와 [수학 2-iii]에서 정의된 $S_1(a)$ 와 $S_2(a)$ 에 대하여, $\lim_{a \rightarrow \infty} \frac{S_2(a)}{S_1(a)}$ 의 값을 추론하시오.

논술시험 (자연계)

[물리 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [물리 I-i] ~ [물리 I-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

파동이 진행하다가 다른 매질을 만났을 때, 그 경계면에서 진행 방향이 꺾이는 현상을 굴절이라 한다. 굴절파의 진동수는 입사파와 동일하지만 파장과 속력은 달라진다. 두 점 사이의 경로는 파동이 진행하는데 걸리는 총시간이 최소가 되는 경로와 일치한다.

<제시문2>

양끝이 고정된 줄은 여러 개의 고유 진동수의 정상파를 만들 수 있다. 이중 가장 파장이 긴 경우를 기본 진동이라 한다.

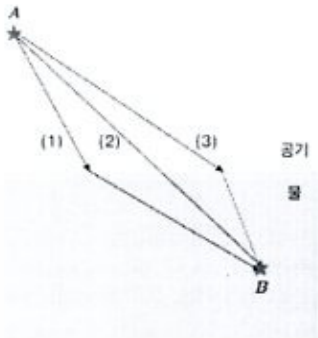
<제시문3>

타코마 다리는 1940년 미국의 타코마 해협에 건설된 다리이다. 타코마 다리는 강한 바람에 의해 다리의 고유 진동수에 가까운 진동수로 진동하였다. 이때 공명에 의해 진폭이 점점 커지다가 다리가 붕괴하였다.

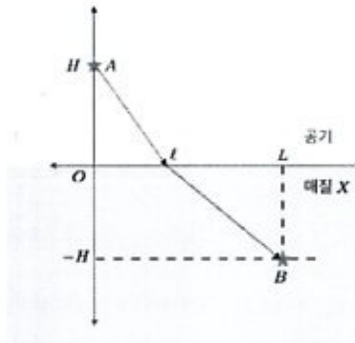
[물리 I-i] 서로 다른 두 매질에서 진행하는 소리의 경로에 대해 생각해보자.

(가) ([그림1] 참조) <제시문1>에 근거하여 공기중에 위치한 스피커 A에서 물속에 위치한 소리 탐지기 B로 진행하는 소리의 경로를 (1), (2), (3)중 선택하고 그 물리적 이유를 논하시오. (단, 공기중에서 소리는 물속보다 느리게 진행한다.)

(나) ([그림2] 참조) 공기중에 위치한 A에서 알려지지 않은 매질 X로 진행하는 소리의 진행 경로를 관찰한 결과 [그림2]와 같이 나타났다. 소리의 속력의 비 $\frac{v_{\text{공기}}}{v_X}$ 를 ℓ, L, H 로 표현하시오.



[그림1]



[그림2]

[물리 I-ii] 기본 진동의 고유 진동수가 $f=0.5 \text{ Hz}$ 인 낚은 다리가 일정한 속력 $v=36 \text{ km/h}$ 로 지나가는 한 차량에 의해 파괴되는 사고가 발생하였다. 차량이 다리에 간격 L 로 설치된 요철을 지나면서 발생시킨 진동에 의해 다리의 기본 진동의 진폭이 지나치게 커지면서 타코마 다리처럼 붕괴한 것이다. 다리에 설치된 요철의 간격 L 을 구하시오.

논술시험 (자연계)

[물리 II]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [물리II-i] ~ [물리II-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

작용 반작용 법칙과 운동량 보존 법칙에 따라, 큰 물체에서 일정한 운동량을 가진 작은 물체를 발사하면 반대 방향으로 추진력을 획득할 수 있다.

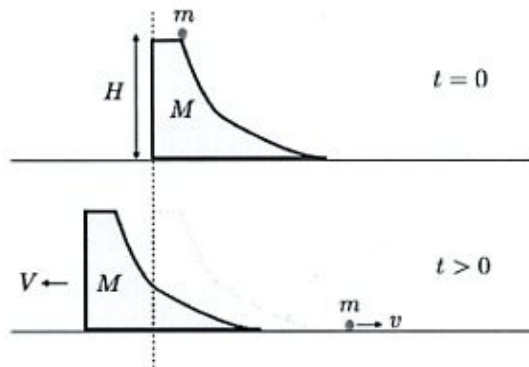
<제시문2>

전기장이 있는 공간에서 움직이는 전하는 전기력의 영향으로 속도가 변하게 된다. 반대로 전하의 운동을 분석하면 그 공간의 전기장의 분포를 유추해낼 수 있다.

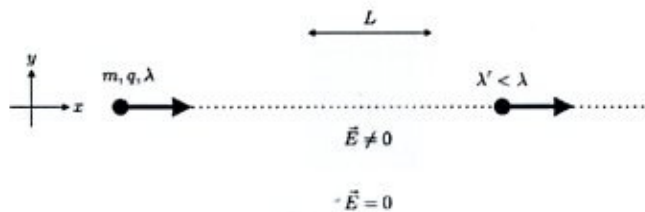
<제시문3>

물질 입자가 파동의 성질을 나타낼 때, 이 파동을 물질파 또는 드브로이파라고 한다. 질량 m 인 입자가 속력 v 로 움직일 때 운동량이 p 인 입자의 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 이다. h 는 플랑크 상수이다.

[물리II-i] 시간 $t=0$ 에서 마찰이 없는 평면에 놓인 질량 M 인 물체 위에 질량 m 인 작은 물체가 놓여 있다. 중력의 영향으로 작은 물체가 미끄러져 내려와 아래 그림처럼 분리되면 큰 물체는 반대 방향으로 운동하게 된다. 큰 물체가 얻게 되는 속력 V 와 작은 물체가 얻게 되는 속력 v 를 각각 g, H, m, M 으로 표시하시오. $M \gg m$ 일 때 두 물체의 최종 속력에 대해 논하시오. (단, 중력 가속도의 크기는 g 로 둔다.)



[물리II-ii] 아래 그림은 xy -평면 위에서 운동하는 질량 m , 전하량 q , 물질파의 파장 λ 인 물체가 균일한 전기장이 있는 한 변의 길이가 L 인 정사각형 모양의 영역을 통과하는 모습이다. 정사각형 영역을 통과한 후 파장이 λ' 으로 짧아졌다고 할 때, 영역 내부의 전기장의 방향을 구하고 그 크기를 m, q, λ, λ' 으로 나타내시오. (단, 외부에는 전기장이 없고, $q < 0$ 이다.)



논술시험 (자연계)

[화학 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [화학 I-i] ~ [화학 I-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

1족의 알칼리 금속의 산화물은 염기성이며, 물에 녹아 강한 염기가 된다.

<제시문2>

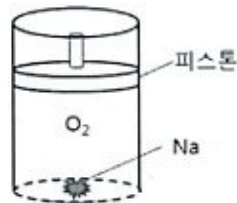
모든 수용액 속에 들어 있는 $[H_3O^+]$ 와 $[OH^-]$ 의 농도곱은 항상 물의 이온곱 상수($K_w = [H_3O^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$)로 일정하다. 수용액 속에 들어 있는 $[H_3O^+]$ 를 쉽게 나타낼 수 있는 방법을 제시한 사람은 덴마크의 과학자 쇠렌센으로, 산과 염기의 세기를 나타내는 pH를 제안하였다.

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

<제시문3>

화학 반응에서 이론적 수득량은 반응이 완전히 진행된다는 가정 하에 계산된다. 어떤 경우에는 반응물들이 동시에 둘 또는 그 이상의 반응을 하여, 원하는 생성물 이외에 원하지 않았던 생성물들을 생성시킨다. 원하지 않는 반응을 부반응이라고 한다.

[화학 I-i] 온도 0℃, 압력 1기압에서 그림과 같은 실린더에 나트륨(Na) 23 g을 넣고, 산소(O_2) 44.8 L를 채웠다. 어느 한 반응물이 완전히 소모될 때까지 반응을 시켜 산화 나트륨(Na_2O)을 얻었다. 반응 후 실린더 내부의 부피 변화를 논하시오. (반응 전후의 온도와 압력 변화는 없으며, 피스톤의 질량과 마찰, 실린더 내부에 있는 고체의 부피는 무시한다. 나트륨의 원자량은 23, 산소의 원자량은 16이다.)



[화학 I-ii] 문제 [화학 I-i]에서 얻어진 산화 나트륨(Na_2O)을 물 10 L에 녹였다. 얻어진 용액의 pH는 얼마가 될지 논하시오.

[화학 I-iii] 문제 [화학 I-ii]에서 얻어진 용액에 1 M의 염산(HCl) 수용액을 넣으면서 혼합 용액의 온도를 측정한다. 반응기의 온도가 최대가 될 때의 첨가된 염산 수용액의 부피를 논하시오.

[화학 I-iv] 실제로는 문제 [화학 I-i]에서 전체 나트륨(Na)의 80%만 산소(O_2)와 반응하여 산화 나트륨(Na_2O)을 생성하고, 나머지 20%는 부반응을 거쳐 과산화 나트륨(Na_2O_2)을 형성한다. 반응 후 실린더 내부의 부피 변화를 논하시오. (모든 나머지 조건은 문제 [화학 I-i]과 동일하다.)

논술시험 (자연계)

[화학 II]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [화학II-i] ~ [화학II-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

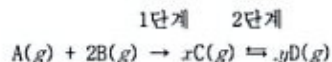
반응 속도는 반응이 빠르게 또는 느리게 일어나는 정도를 의미하며, 일정한 시간 동안 변화된 반응물이나 생성물의 농도를 측정하여 나타낸다.

<제시문2>

일정한 온도에서 어떤 가역 반응이 평형 상태에 있을 때, 반응물의 농도 곱과 생성물의 농도 곱의 비는 항상 일정하다. 이 값을 평형 상수(K)라고 한다.

<제시문3>

부피가 1 L인 강철 용기에서 기체 A와 B가 반응하여 1단계 과정에서 생성물 C를 만들고, 형성된 C는 다시 2단계 과정을 거쳐 최종 생성물 D로 변환된다. 1단계는 비가역 반응이고, 2단계는 가역 반응이다. (화학 반응식의 계수 x 와 y 는 간단한 정수이다.)



[화학II-i] 초기 속도 방법을 이용하여 실험적으로 측정된 자료들로부터 속도 방정식을 결정할 수 있다. 다음의 표는 <제시문3>에 주어진 1단계 반응에 관련된 실험으로 반응물의 초기 농도를 바꾸어 가면서 초기 반응 속도를 측정한 결과이다. 반응 속도 방정식을 추론하시오.

실험	A의 초기농도 M	B의 초기농도 M	C의 초기생성 속도 M·초 ⁻¹
1	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-2}	2.5×10^{-6}
2	1.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	5.0×10^{-6}
3	2.0×10^{-2}	1.0×10^{-2}	10.0×10^{-6}

[화학II-ii] 기체 A와 B가 완전히 반응하여 생성된 기체 C의 초기 농도가 4 M이었는데, 시간 t_1 이 지난 후에 일정량이 D로 변환되어 평형에 도달하였고, 이때 C의 나중 농도가 2 M로 측정되었다. 이때 생성된 D의 나중 농도는 4 M이었다. 평형 상수(K)값을 추론하시오.

[화학II-iii] 문제 [화학II-ii]에 기술된 평형에 도달한 후, C를 2몰(mole) 그리고 D를 6몰(mole) 더 넣어 주었다. 이때, 반응 $xC(g) \rightleftharpoons yD(g)$ 의 ΔG (자유에너지 변화량)에 대하여 논하시오.

[화학II-iv] 부피가 1 L인 강철 용기에 A 기체 4몰(mole)과 B 기체 9몰(mole)을 넣고 <제시문3>의 실험을 하였다. 반응이 완결되어 평형에 도달한 후에 기체의 전체 압력을 측정하였더니 P_0 로 측정되었다. 기체 D의 분압은 얼마일지 논하시오.

논술시험 (자연계)

[생명과학 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>를 읽고 [생명과학 I-i] ~ [생명과학 I-iv]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

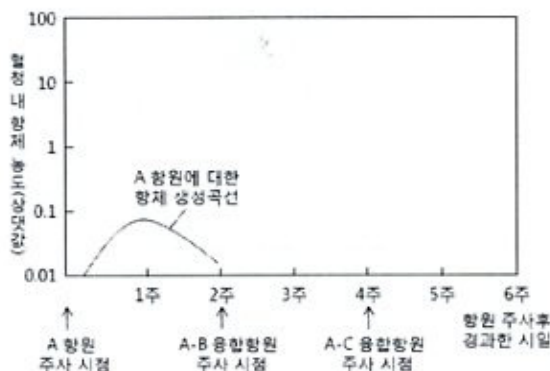
세포 외부의 조직이나 혈액에 존재하는 항원에 대해 우리 몸에서 항체를 생산하는 반응을 체액성 면역이라 하고, 활성화된 세포 독성 T 림프구가 병원체에 감염된 세포를 파괴함으로써 이루어지는 면역을 세포성 면역이라 한다. 항원이 B 림프구의 표면 항체에 특이적으로 결합하면 B 림프구는 형질 세포나 기억 세포로 성숙한다. 형질 세포는 항체를 분비하지만 수명이 짧다. 기억 세포는 항원을 기억하고 있다가 동일한 항원이 체내에 다시 침입하면 빠르게 항원을 제거한다.

<제시문2>

오른쪽 그림은 A 항원을 주사한 후 2주 동안 혈청 내 A 항원에 대한 항체 농도를 측정하여 그래프로 나타내었다.

<제시문3>

바이러스는 핵산(DNA 또는 RNA)과 단백질로 구성되어 있으며, 독립적으로 물질대사를 수행하지 못하고 살아 있는 숙주 세포 내에서만 증식이 가능하다. B형 간염 바이러스 입자(particle)는 원형의 DNA가 내부 단백질(HBcAg)에 둘러싸여 있으며, 바이러스 입자의 외부는 표면 단백질(HBsAg)로 이루어져 있다.



[생명과학 I-i] <제시문1>에서 설명한 세포 독성 T 림프구는 항원에 감염되지 않은 자신의 세포와 항원에 감염된 세포를 구별하여 항원에 감염된 세포만을 선택하여 죽인다. 세포 독성 T 림프구가 항원에 감염된 세포만을 구별하는 방법을 설명하시오.

[생명과학 I-ii] <제시문2>에 설명한 실험에서 2주차에는 A 항원과 B 항원이 융합된 A-B 융합 단백질을 주사하였다. 4주차에는 A 항원과 C 항원이 융합된 A-C 융합 단백질을 주사하였다. 2주에서 6주 사이에 예상되는 항원 A, A-B 융합 항원, A-C 융합 항원에 대한 항체 생성을 그래프로 나타내시오. 그리고 그 이유를 설명하시오. (위의 제시문에 있는 그림을 답안지에 옮겨 그린 뒤 그 위에 항체 생성 그래프를 그리고, 그 근거를 제시한다.)

[생명과학 I-iii] <제시문2>에 설명한 실험에서 최초에 A 항원을 주사하고 1주차에 A 항원에 대한 항체를 생산하는 B 림프구를 분리하였다. 2주차에는 A-C 융합 단백질을 주사하고 3주차에 동일한 방법으로 A 항원에 대한 항체를 생산하는 B 림프구를 분리하였다. 1주차에 분리한 B 림프구와 3주차에 분리한 B 림프구에서 A 항원에 대한 항체 생산 능력과 C 항원에 대한 항체 생산 능력을 각각 설명하시오.

[생명과학 I-iv] <제시문3>에서 설명한 B형 간염 바이러스에 대한 백신을 개발하기 위해 다음 세 가지 방안이 제시되었다.

첫째, 바이러스 표면 단백질(HBsAg)에 대한 단일 클론 항체를 인체에 주사하는 방법.

둘째, 바이러스 내부 단백질(HBcAg)을 항원으로 인체에 주사하는 방법.

셋째, B형 간염 바이러스 입자(particle)를 항원으로 인체에 주사하는 방법.

위 세 가지 방안을 B형 간염 바이러스에 대한 백신 개발 방법으로 사용하기에 적절하지 못한 각각의 이유를 설명하시오.

논술시험 (자연계)

[생명과학 II]

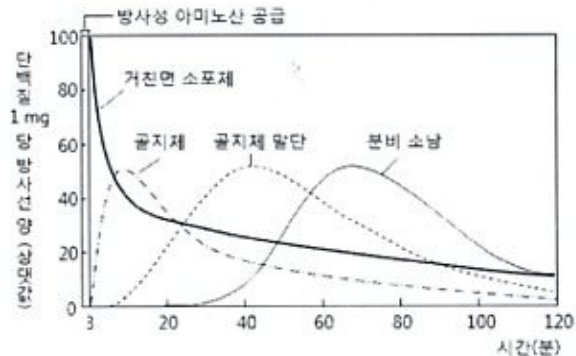
다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [생명과학II-i] ~ [생명과학II-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

정상 세포에 방사성 동위원소로 표지된 아미노산을 수 분 동안 공급하면 세포에서 일어나는 단백질 합성 동안 방사성 동위원소로 표지된 아미노산이 사용되어 이 시기에 합성되는 모든 단백질을 방사성 동위원소로 표지할 수 있다. 수 분이 지난 후 세포를 방사성 아미노산이 없는 배양액으로 바꾸어주면 이미 방사성 아미노산으로 표지된 단백질이 시간이 경과함에 따라 어디로 이동하는지 추적이 가능하다.

<제시문2>

오른쪽 그림은 정상 세포에 방사성 동위원소로 표지한 아미노산을 일정 시간 동안 공급한 후 시간에 따라 방출되는 방사선 양을 나타낸 것이다. X 축은 방사성 표지 후 경과한 시간을, Y 축은 단백질 1 mg 당 방출되는 방사선의 상대적인 값을 나타내었다.



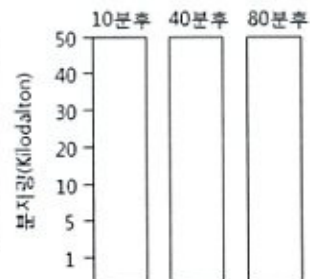
<제시문3>

최초의 단백질 합성 이후 세포 밖으로 분비되는 과정에서 다음과 같이 여러 단계의 변형을 거쳐서 인슐린이 생성된다. 거친면 소포체에서 주로 관찰되는 인슐린 단백질은 86개 아미노산으로 구성되어 있는 프로-인슐린(pro-insulin)이며, 분비 소낭에서 각각 21개와 32개 아미노산으로 이루어진 두 개의 폴리펩티드로 변형된다.

<제시문4>

단백질의 크기는 분자량을 dalton으로 나타낸다. 단백질을 구성하는 아미노산의 평균 분자량은 110 dalton이다. 이 값은 단백질의 분자량을 근거로 단백질을 구성하는 아미노산 숫자를 추측하거나, 반대로 아미노산의 숫자로 분자량을 추정할 때 사용된다.

[생명과학II-i] <제시문1>과 <제시문2>에 설명한 실험에서 특정 시간에 인슐린 단백질을 분리하여 겔에서 분획한 뒤 자기 방사법을 이용하면 단백질 합성과 분비 과정에서 인슐린 단백질의 크기 변화를 확인할 수 있다. 방사성 아미노산으로 세포를 일시적으로 표지한 후 10분, 40분, 80분 후에 관찰하였을 때 주로 관찰되는 인슐린 단백질의 크기가 어떻게 되는지 오른쪽 그림에 나타내시오. 그리고 <제시문3>과 <제시문4>를 참고하여 답안의 근거를 제시하시오. (오른쪽 그림을 답안지에 옮겨 그린 뒤 그 위에 인슐린 단백질의 크기를 표시하고, 그 근거를 제시한다.)



[생명과학II-ii] 사람의 대식 세포는 세균과 같은 침입자를 잡아 리소좀에 있는 가수 분해 효소를 이용하여 분해시킨다. 세균을 잡아먹는 순간에 대식 세포를 <제시문1>과 <제시문2>에서와 같이 방사성 아미노산으로 일시적으로 표지하였다. 잡아먹힌 세균이 방사성 아미노산으로 표지된 가수 분해 효소에 의해 가장 활발히 분해되는 시점은 언제인지 논하시오.

[생명과학II-iii] 정상 세포를 <제시문1>과 <제시문2>에서와 같이 방사성 아미노산으로 일시적으로 표지한 후 리보솜 대단위체와 소단위체의 위치를 관찰하였더니 세포질에 떠 있는 리보솜, 거친면 소포체에 결합되어 있는 리보솜, 그리고 인에서 발견되었다. 세포질에 떠 있는 리보솜 단위체가 방사성 아미노산 표지 후 30분 후에 관찰되었다면, 인에 존재하는 리보솜 단위체와 거친면 소포체와 결합된 리보솜 단위체는 각각 어느 시점에서 관찰될지 논하시오.