2024학년도 모의논술고사[의·약학계-물리학]

1. 2025학년도 모의논술고사 예시답안

[논제 II-1]

(1) 물체 A의 질량 m, 용수철 상수 k, 중력가속도를 g, 용수철의 줄어든 길이를 x라 하자 (탄성력이 0인 지점은 $x=0$이고, 늘어나면 x는 음의 값).

중력 퍼텐셜 에너지의 기준점을 $x=0$인 지점으로 잡으면, 가만히 놓는 순간 용수철의 탄성 에너지가 0이고 운동 에너지 또한 0이므로 역학적 에너지도 0이다. 최고점 및 최저점 x에서는 A의 속력이 0이므로 역학적 에너지는 퍼텐셜 에너지만으로 주어지고, 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 그 값은 0이다.

$$E_{역학} = U_{탄성} + U_{중력} = \frac{1}{2}kx^2 + (-mgx) = 0$$

최고점과 최저점은 이 이차방정식의 해이므로 두 점 사이의 거리 d는 다음과 같다.

$$d = |x_2 - x_1| = \frac{2mg}{k}$$

용수철을 d만큼 들어 올린 후 놓는 순간의 역학적 에너지를 앞에서 구한 d 값을 이용하면 다음과 같다.

$$E_{역학}(d) = U_{탄성} + U_{중력} = \frac{1}{2}kd^2 + mgd = kd^2$$

최고점과 최저점에서의 속력은 0임과 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 이 지점들에서 x는 다음을 만족한다.

$$E_{역학} = U_{탄성} + U_{중력} = \frac{1}{2}kx^2 + (-mgx) = kd^2$$

$$x^2 - dx - 2d^2 = 0$$

따라서 자유낙하 이후 최고지점과 최저지점 사이 거리는 다음과 같다.

$$x_1 = 2d,\ x_2 = -d \Rightarrow |x_2 - x_1| = 3d$$

(2) 역학적 에너지는 $E_{역학} = U_{퍼텐셜}(x) + E_{운동}(v)$이므로, 물체 A와 B가 x 지점에서 충돌할 때, 그 지점에서의 퍼텐셜 에너지와 충돌 직후 운동에너지의 합이 역학적 에너지이다. 따라서 충돌할 때 달라붙은 물체가 순간 정지하면 운동 에너지가 0이 되어 충돌 후 역학적 에너지는 그 지점에서의 퍼텐셜 에너지와 같다. 만일 이러한 충돌이 퍼텐셜 에너지 최소 지점에서 일어나면 운동에너지는 0보다 클 수 없고, 따라서 완전 정지하여 최고점과 최저점 간 거리는 0으로 최소이다.

A와 B가 달라붙은 후 갖는 위치 x에서의 퍼텐셜 에너지는 B의 질량이 A의 1/3이므로 다음과 같은 x의 이차함수이고, 그 값이 최소가 되는 지점은 다음과 같다.

$$U_{퍼텐셜}(x) = U_{탄성} + U_{중력} = \frac{1}{2}kx^2 - \left(\frac{4}{3}m\right)gx = \frac{1}{2}k\left(x - \frac{4mg}{3k}\right)^2 - \frac{8m^2g^2}{9k}$$

$$x_{\min} = \frac{4}{3}\frac{mg}{k} = \frac{2}{3}d$$

충돌 전 A의 역학적 에너지는 0이었다. 따라서 퍼텐셜 에너지가 최소가 되는 지점에서 충돌 전 A의 속력은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E_{운동}(x=\frac{2}{3}d)=\frac{1}{2}mv_A^2=E_{역학}-U_{탄성}(d)-U_{중력}(d)=0-\frac{1}{2}k(\frac{2}{3}d)^2+mg(\frac{2}{3}d)=\frac{2}{9}mgd$$

$$v_A=\frac{2}{3}\sqrt{gd}$$

B가 거리 s를 자유 낙하한 후 갖는 속도는 역학적 에너지 보존으로부터 다음과 같다.

$$\Delta E_{역학}=\Delta E_{운동}+\Delta U_{중력}=\frac{1}{2}(\frac{m}{3})v_B^2-(\frac{m}{3})gs=0\Rightarrow v_B=\sqrt{2gs}$$

B가 거리 s를 낙하한 후 마주 오는 A와 충돌하였다면 운동량 보존 법칙으로부터 충돌 후 속도 V는 다음과 같다.

$$V=\frac{(m_Av_A+m_Bv_B)}{(m_A+m_B)}=\frac{3}{4}(v_A+\frac{1}{3}v_B)=\frac{4}{5}(-\frac{2}{3}\sqrt{gd}+\frac{1}{3}\sqrt{2gs})$$

따라서 $V=0$이면 $s=2d$이고, 이것은 퍼텐셜 에너지가 최소인 지점까지의 낙하 거리이므로 B의 처음 위치는 A의 처음 위치 $x=0$에서 $2d-\frac{2}{3}d=\frac{4}{3}d$ 만큼 떨어진 곳이다.

[논제 II-2]

(1) 안테나 A와 B는 같은 파장(주파수), 파면, 위상, 세기의 전자기파를 발생하므로 논제의 상황은 제시문 [사]의 이중 슬릿의 간섭 실험과 같다. 즉, 두 안테나가 떨어진 거리는 이중 슬릿 사이의 간격에 해당한다.

$\theta=0$에서는 각 안테나에서 발생한 두 전자기파의 경로차가 0이므로 보강 간섭이 일어나고, 관측자는 이 위치에서 최대 세기의 전자기파를 수신한다. 그리고 관측자가 측정하는 전자기파의 세기는, $-\frac{\pi}{2}\le\theta\le\frac{\pi}{2}$ 범위 내에 상쇄 간섭이 일어나지 않는다면 $\theta=0$의 위치에서 멀어질수록 점차 약해진다.

논제에서 관측자가 θ와 관계없이 세기 I_0 이상의 전자기파를 수신하므로, $\theta=\pm\frac{\pi}{2}$에 도달하는 전자기파 세기가 I_0보다 같거나 커야 한다. $\theta=\pm\frac{\pi}{2}$에서 중첩된 전자기파의 세기가 I_0일 때 d가 최댓값($d_{최대}$)을 가지므로 ($\because$ d가 작아질수록 두 전자기파의 경로차가 줄어들므로 중첩된 전자기파의 세기는 커진다) 다음의 식이 성립한다.

$$d_{최대}\times\sin(\theta=\pm\frac{\pi}{2})=m\frac{\lambda_0}{3}(m=1,2,\cdots)$$

($\because$ 세기가 I_0으로 같은 두 파동이 중첩되었을 때의 세기가 여전히 I_0이면 두 파동의 위상이 $\frac{2}{3}\pi$ 또는 $\frac{4}{3}\pi$만큼 차이가 나야 한다.)

여기서 $-\frac{\pi}{2}\le\theta\le\frac{\pi}{2}$ 범위 내에 상쇄 간섭이 일어나서는 안 되므로, $m=1$만 가능하다.

$$\therefore d_{최대}=\frac{\lambda_0}{3}$$

(2) 제시문 [사]에 서술되었듯이 보강 간섭이 일어나는 조건은 다음과 같다.

$$d\sin\theta = m\lambda \ (m = 0, 1, 2, \cdots)$$

논제에서 $d = 0.4\,\mathrm{m}$, $\lambda = \lambda_0 = \dfrac{c}{f_0} = \dfrac{3\times 10^8}{1.5\times 10^9} = 0.2\,\mathrm{m}$ 이므로, 전자기파 세기가 최대로 측정되는 즉, 보강 간섭이 일어나는 관측자의 위치 θ는 다음의 식을 만족한다.

$$\sin\theta = m\frac{\lambda}{d} = \frac{m}{2}$$

$|\sin\theta| \le 1$ 이고 $m = 0, \pm 1, \pm 2$이므로, 각 m에 대응되는 $\theta = -\dfrac{\pi}{2}, -\dfrac{\pi}{6}, 0, \dfrac{\pi}{6}, \dfrac{\pi}{2}$ 이다.

2. 2025학년도 모의논술고사채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-1	• <논제 II-1> (1)번 문항 • 잡아당긴 위치에서의 역학적 에너지를 올바르게 나타내고 이로부터 최고점, 최저점에서 역학적 에너지가 만족하는 방정식을 올바르게 구하였다. (4점) • 가만히 놓는 경우의 역학적 에너지와 왕복 운동의 범위를 올바르게 나타내었다. (2점) • 위로 들어 올린 후 놓았을 때의 운동 구간을 변수 d로 올바르게 나타내었다. (2점)	8
	• <논제 II-1> (2)번 문항 • 충돌 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지에 대한 논의를 통해 충돌지점의 퍼텐셜 에너지와 충돌 직후 운동 에너지의 합이 총 역학적 에너지이고, 따라서 퍼텐셜 에너지가 최소인 지점에서 운동 에너지가 0이 되도록 충돌이 일어나면 정지하여 운동 범위가 최소가 됨을 올바르게 논술하였다. (4점) • 운동량 보존 법칙을 이용하여 퍼텐셜 에너지가 최소인 지점에서 충돌 후 속력이 0이 되는 방정식을 올바르게 세우고, 이로부터 물체 B의 처음 위치를 구하였다. (2점) • 퍼텐셜 에너지가 최소인 점에서 운동 중인 물체 A의 속력과 자유 낙하하는 물체 B의 속력을 올바르게 구하여 앞에서 얻은 위치 또한 올바르게 계산하였다. (2점)	8
논제 II-2	• <논제 II-2> (1)번 문항 • 이중 슬릿의 간섭 조건을 활용하여 풀이를 전개하였다. (4점) • d가 최댓값 일 때, $\theta = \pm\dfrac{\pi}{2}$에서 수신된 전자기파의 세기가 I_0가 됨을 논리적으로 서술하였다. (2점) • 벡터합을 이용하여 전자기파의 세기가 I_0가 되는 위상차를 구하였다. (2점) • d의 최댓값을 정확하게 구하였다. (4점)	12
	• <논제 II-2> (2)번 문항 • 이중 슬릿의 간섭 실험에서 등장하는 보강 간섭 조건을 적절하게 활용하였다. (4점) • m의 값에 따라 여러 θ에서 전자기파의 세기가 최대가 됨을 인지하였다. (4점) • 전자기파의 세기가 최대가 되는 θ를 정확하게 구하였다. (4점)	12

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

3. 2025학년도 모의논술고사문항 출제근거-자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	손정우 외 5인	비상교육	2018	29-33, 46-51
	물리학 II	손정우 외 5인	비상교육	2018	62-63
	고등학교 물리학II	강남화 외 5인	천재교육	2018	150
	고등학교 물리학II	강남화 외 5인	천재교육	2018	153
	고등학교 물리학II	김영민 외 7인	교학사	2018	162
	고등학교 물리학II	김영민 외 7인	교학사	2018	170
기타					

4. 2025학년도 모의논술고사문항 해설

의학계 물리학 [논제 II-1]의 (1), (2)에서는 고등학교 물리학I, II 교과서의 '역학적 에너지 보존', '운동량 보존' 단원에서 중요하게 다루는 물리학의 중요 보존 법칙들의 개념을 이해하고 주어진 상황에 맞추어 적용할 수 있는 능력을 평가한다. 논제에서는 중력과 용수철의 탄성력이 동시에 작용하여 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지가 전환되는 과정이 반복되는 용수철 운동의 상황과 역학적 에너지가 보존되는 자유낙하 운동에 이어 운동량이 보존되는 충돌 상황이 제시되어 있으며, 해답을 얻기 위해서는 이어지는 물리적 과정에 적합한 물리적 개념을 적용하여 상황을 분석하고 해답을 찾는 과정이 필요하다. 역학적 에너지 보존 법칙과 운동량 보존 법칙의 개념을 이해한다면, 문제에서 물어보는 물체의 운동 구간이 주어진 역학적 에너지에서 운동 에너지가 0이 지점들에 의해 결정된다는 것을 쉽게 판단할 수 있다. (1)에서는 역학적 에너지가 용수철에 매달린 물체가 운동을 시작하는 위치로 주어진 두 가지 경우에 대해 운동 범위를 비교할 수 있는지 확인하고자 하였고, (2)에서는 자유낙하 이후 일어나는 충돌에서 물체가 정지할 수 있음을 보존 법칙을 이용하여 판단할 수 있는지, 그리고 그러한 결과가 발생할 수 있는 조건을 보존 법칙으로부터 찾을 수 있는지 확인하고자 하였다.

의학계 물리학 [논제 II-2]의 (1), (2)에서는 고등학교 물리학II 교과서의 '파동과 물질의 성질' 단원에서 다루는 '전자기파의 간섭과 회절', '이중 슬릿의 간섭 실험'과 관련된 물리 개념을 이해하고 이를 논제에서 주어진 상황에 맞추어 적용하는 능력을 평가한다. 같은 파장(주파수)을 가진 두 파동이 중첩될 때 위상 조건에 따라 진폭이 증가(보강 간섭)하거나 혹은 감소(상쇄 간섭)할 수 있는데, 이러한 사실은 이중 슬릿의 간섭 실험을 통해 학습한 적이 있다. 논제에서는 두 안테나에서 같은 파장과 파면을 가진 전자기파를 발생하고, 발생한 각 전자기파가 중첩되는 상황을 다룬다. 이 상황이 교과서에서 다루는 이중 슬릿의 간섭 실험과 물리적으로 같다는 점을 인지한다면, 복잡한 수식의 활용 없이 논제에서 요구한 해답에 도달할 수 있다. 특히 (1)에서는 보강 간섭을 만족하는 위치와 상쇄 간섭을 만족하는 위치

사이에 중첩된 파동의 세기가 점진적으로 변하고 있음을 이해하고 있는지를 확인하고자 하였고, (2)에서는 파원 사이의 간격에 따라 보강 간섭을 만족하는 위치가 무한이 아닌 유한 개수로 존재함을 확인하고자 하였다.