KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

물질파와 양자 조건 · 충격량과 단진동

※ 면접위원(감독관)의 “시작” 신호가 있기 전에는 절대로 문제지를 펼치지 마십시오. ※

수험번호		성 명	
모집단위		고사실	
입실 시각	시 분	감독관 확인	(서명)

■ 시험 구성

문항	주제	준비·답변	배점
문제 1	상자 속 전자의 정상파 — 물질파의 양자화와 보어 원자의 비교	10분 · 8분	5점
문제 2	용수철 진동자에 주는 반복 충격 — 충격량과 역학적 에너지의 축적·소거	10분 · 8분	5점
계	출제 범위: 물리학 Ⅰ · 물리학 Ⅱ	준비 20분 · 답변 문항당 8분 내외	**10점**

■ 수험생 유의사항

1. 휴대전화·스마트워치 등 모든 전자기기는 전원을 끈 뒤 감독관에게 제출하십시오. 소지 사실이 확인되면 **부정행위**로 간주되어 해당 전형 지원이 무효 처리됩니다.
2. 문제지는 표지 포함 총 **3쪽**입니다. “시작” 신호 후 쪽수와 인쇄 상태를 먼저 확인하고, 이상이 있으면 즉시 손을 들어 알리십시오.
3. 준비 시간(20분) 동안 문제지 여백과 배부된 메모지에 풀이를 정리할 수 있습니다. 계산기·참고 서적·본인 필기구 이외의 물품은 사용할 수 없습니다.
4. 면접실에서는 문제지와 메모지를 지참하고, 면접위원의 질문 순서에 따라 **근거를 들어 구술**로 답하십시오. 최종 결과만 말하는 답변은 배점의 일부만 인정됩니다.
5. 면접위원은 답변 도중 추가 질문을 할 수 있으며, 이는 감점 요소가 아니라 평가 절차의 일부입니다.
6. 문제지·메모지는 면접 종료 후 **전량 회수**됩니다. 문항 내용을 기록·촬영·유출하는 행위는 부정행위로 처리됩니다.
7. 문항에 이상이 있다고 판단되더라도 임의로 조건을 바꾸지 말고, 본인이 세운 가정을 명확히 밝힌 뒤 답하십시오.
8. 면접 종료 신호 후에는 답변을 계속할 수 없습니다. 시간 배분에 유의하십시오.

문항 코드 KAIST형 · PHYSICS-3 **제작** 2026. 9. **봉인 상태 확인** 개봉 흔적이 있으면 배부 전 감독관에게 알리십시오.

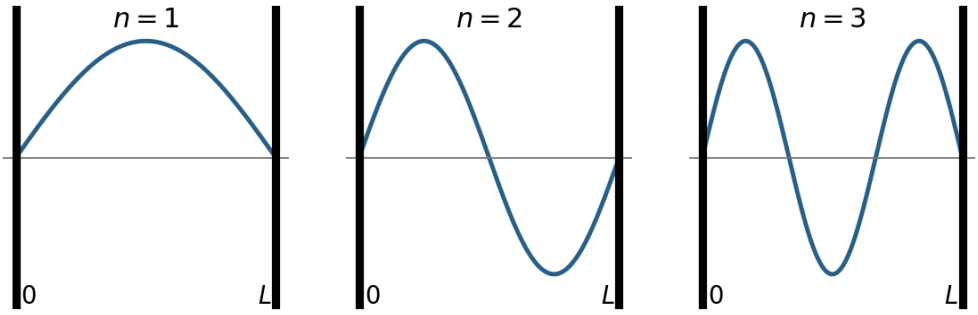
본 문항은 KAIST 면접 및 구술고사 공개 문항 형식에 맞추어 자체 제작한 **비공식 창작 모의문항**입니다. KAIST의 공식 또는 예상 문항이 아니며, 특정 대학의 실제 시험 문항을 옮긴 것이 아닙니다.

문제 1 상자 속 전자의 정상파와 보어 원자

물리학 I · II | 물질파, 정상파, 보어의 양자 조건, 에너지 준위와 광자, 불확정성 원리 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

질량 m인 전자가 길이 L인 1차원 상자 안에 갇혀 있다. 상자의 양 끝($x=0$, $x=L$)은 전자가 통과할 수 없는 벽이며, 상자 안에서 전자에는 힘이 작용하지 않는다. 드브로이에 따르면 운동량 p인 입자의 물질파 파장은 $\lambda = h/p$이다(h: 플랑크 상수). 벽에 갇힌 전자의 물질파는 양 끝이 마디인 정상파를 이루어야 한다.



[그림 1] 길이 L인 상자 속 전자의 물질파 정상파($n = 1, 2, 3$).

보어의 수소 원자 모형에서 전자는 물질파가 궤도 둘레에 정상파를 이루는 궤도($2\pi r = n\lambda$)에만 존재하며, 에너지 준위는 $E_n = -E_R/n^2$($n = 1, 2, 3, \ldots$, $E_R > 0$)이다. 전자가 높은 준위 n_i에서 낮은 준위 n_f로 전이하면 두 준위의 에너지 차이 $\Delta E = hc/\lambda$에 해당하는 광자 하나를 방출한다. 하이젠베르크의 불확정성 원리에 따르면 위치와 운동량의 불확정성은 $\Delta x \Delta p \geq h/(4\pi)$를 만족한다.

(1) 정상파 조건으로부터 상자 속 전자가 가질 수 있는 운동량 p_n과 에너지 E_n을 n, h, m, L로 나타내시오. 전자의 에너지가 연속적인 값을 가질 수 없는 이유를 설명하시오. **[1점]**

(2) 상자 속 전자가 $n = 2$에서 $n = 1$로 전이할 때 방출되는 광자의 파장을 구하고, $L = 1.0\ \text{nm}$일 때의 값을 어림하시오($h = 6.6 \times 10^{-34}\ \text{J·s}$, $m = 9.1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$, $c = 3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s}$). 이어서, 상자 속 전자와 보어 수소 원자에서 $2 \to 1$ 전이의 광자 파장이 서로 같도록 L을 정했다고 하자. 두 계에서 $4 \to 3$ 전이의 광자 파장의 비 $\lambda_{\text{상자}} : \lambda_{\text{수소}}$를 구하시오. **[2점]**

(3) n이 커질수록 인접한 준위 사이의 에너지 간격이 상자 속 전자에서는 넓어지고 수소 원자에서는 좁아진다. 이 차이가 생기는 물리적 이유를 '전자가 갇혀 있는 공간의 크기'와 관련지어 설명하시오. **[1점]**

(4) 상자 속 전자의 위치 불확정성을 $\Delta x \approx L$로 잡고 불확정성 원리를 적용하여 전자가 가질 수 있는 최소 운동 에너지의 크기를 어림하고, 그 값을 (1)의 바닥 상태 에너지 E_1과 비교하시오. 갇힌 전자의 바닥 상태 에너지가 0이 될 수 없는 이유를 말하시오. **[1점]**

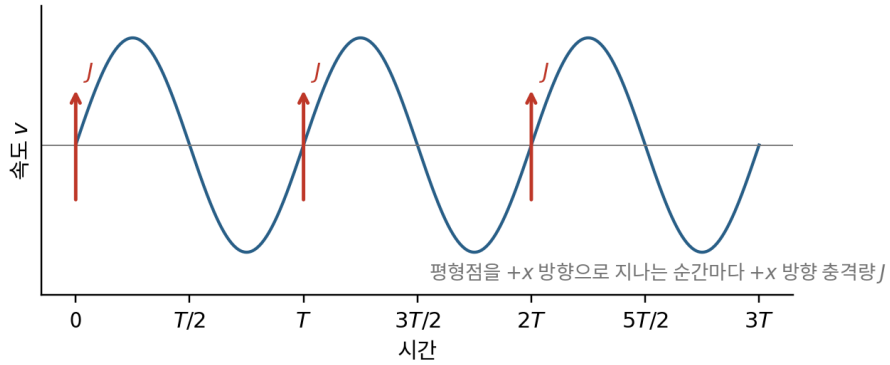
메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

문제 2 용수철 진동자에 주는 반복 충격

물리학 I · II | 충격량과 운동량, 단진동, 역학적 에너지, 근사와 오차의 차수 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

마찰이 없는 수평면 위에서 질량 m인 물체가 용수철 상수 k인 용수철에 연결되어 있다. 처음에 물체는 평형점($x = 0$)에 정지해 있다. 물체에는 아주 짧은 시간 동안 $+x$ 방향의 힘을 가해 크기 J인 충격량을 줄 수 있으며, 충격을 주는 동안 물체의 위치는 변하지 않는다고 본다. 충격 직전 속도가 v이면 충격 직후 속도는 $v + J/m$이다. 물체의 단진동 각진동수는 $\omega = \sqrt{k/m}$, 주기는 $T = 2\pi/\omega$이다.



[그림 2] 물체가 평형점을 $+x$ 방향으로 지나는 순간마다 $+x$ 방향 충격량 J를 주는 경우의 속도–시간 그래프(개형).

(1) $t = 0$에 첫 충격을 주었다. 충격 직후 물체의 속력, 그 뒤 진동의 진폭 A_1과 역학적 에너지 E_1을 J, m, k로 나타내시오. **[1점]**

(2) 이후 물체가 평형점을 $+x$ 방향으로 지나는 순간마다(주기 T 간격) 같은 충격량 J를 준다. N번의 충격 뒤 물체의 역학적 에너지 E_N과 진폭 A_N을 구하시오. 한 번의 충격으로 늘어나는 에너지 ΔE를 충격 직전 속도 v로 나타내고, 평형점을 지나는 순간에 충격을 주는 것이 에너지를 가장 크게 늘리는 이유를 설명하시오. 만약 충격을 항상 진폭이 최대인 순간(속도 0)에 준다면 N번 뒤의 에너지는 어떻게 되는지 비교하시오. **[2점]**

(3) 첫 충격 뒤 반 주기($T/2$)가 지나 물체가 평형점을 $-x$ 방향으로 지나는 순간에 다시 $+x$ 방향 충격량 J를 주면 물체는 어떻게 되는가? 진동 중인 물체를 한 번의 충격으로 완전히 정지시키기 위한 충격량의 크기와 방향, 그리고 시점을 일반적으로 서술하시오. **[1점]**

(4) (2)의 방식으로 충격을 주되 센서의 오차로 충격 시점이 평형점 통과 순간보다 δt($|\delta t| \ll T$)만큼 어긋났다. 이때 한 번의 충격으로 얻는 에너지 증가량이 이상적인 경우보다 얼마나 줄어드는지 δt의 몇 차 항으로 나타나는지 근사식을 들어 설명하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 3 회 — 출제 의도 · 채점 기준 · 예시 답안

수험생에게 배부하지 마십시오. 이 부분은 문항정보(일반정보·출제 근거·문항 해설·채점 기준·예시 답안·추가 질문)를 담고 있으며, 면접 후 문항 검토와 피드백에 사용합니다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 3 회 · 문제 1]

1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	KAIST형 자체 제작 모의 면접
계열(과목) / 문항번호	물리학 / 문제 1
출제 범위 (과목명)	물리학 I , 물리학 II
핵심 개념 및 용어	물질파 $\lambda = h/p$, 정상파 조건 $L = n\lambda/2$, 에너지 양자화, 광자 에너지 hc/λ, 보어 에너지 준위 $-E_R/n^2$, 불확정성 원리
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 물질파의 정상파 조건에서 운동량과 에너지가 양자화됨을 유도하고, 불연속성의 근거(경계 조건)를 말할 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 준위 차이를 광자 파장으로 바꾸고, 크기 어림과 함께 서로 다른 준위 구조(n^2 비례와 $1/n^2$ 비례)를 비교하여 파장비를 구할 수 있는지 평가한다.
· 1-(3) 준위 간격의 n 의존성을 '갇힌 공간의 크기가 n에 따라 변하는가'라는 물리적 그림으로 설명할 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 불확정성 원리로 영점 에너지의 존재를 어림하고, 정확한 값과 크기 순서를 비교할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(3)	물리학 II — 파동과 물질의 성질	입자의 파동성을 물질파로 설명하고, 물질파의 정상파 조건으로 보어 모형의 양자 조건을 설명할 수 있다.
(2)	물리학 I — 물질과 전자기장	보어의 원자 모형에서 에너지 준위 사이의 전이로 빛이 방출·흡수됨을 설명하고 광자의 에너지와 파장을 구할 수 있다.
(4)	물리학 II — 파동과 물질의 성질	불확정성 원리를 이해하고 미시 세계의 현상을 정성적으로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	물질과 전자기장 — 보어의 원자 모형, 에너지 준위와 선 스펙트럼
고등학교 물리학 II	파동과 물질의 성질 — 물질파, 정상파와 양자 조건, 불확정성 원리

4. 문항 해설

양 끝이 마디이므로 $L = n\lambda_n/2$, 즉 $\lambda_n = 2L/n$이고 $p_n = h/\lambda_n = nh/(2L)$, $E_n = p_n^2/(2m) = n^2h^2/(8mL^2)$이다. n이 정수여야 하는 것은 경계 조건 때문이며 이것이 양자화의 근원이다. (2)에서 $2 \to 1$ 전이 에너지는 $3E_1$, 파장은 $8mcL^2/(3h)$로 $L = 1\ \text{nm}$이면 약 $1.1\ \mu\text{m}$(근적외선)이다. 두 계에서 $2 \to 1$ 광자 에너지가 같다는 조건은 $3E_1 = (3/4)E_R$을 뜻하고, $4 \to 3$ 전이 에너지는 상자 $7E_1$, 수소 $(7/144)E_R$이므로 파장비는 $1 : 36$이다. (3)은 상자의 크기가 n과 무관하게 고정되어 있어 $p_n \propto n$인 반면, 수소 원자는 $r_n \propto n^2$으로 '상자'가 커지므로 준위가 조밀해진다는 설명이 핵심이다. (4)는 $\Delta p \geq h/(4\pi L)$에서 $K_{\min} \sim h^2/(32\pi^2 mL^2) \approx 0.025E_1$로, 정확한 바닥 에너지보다 작은 하한이지만 0이 아님을 보인다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$\lambda_n = 2L/n$, $p_n = nh/(2L)$, $E_n = n^2h^2/(8mL^2)$을 구하고 경계 조건(양 끝 마디) 때문에 n이 정수여야 함을 근거로 든 경우	1
(2)	$\lambda_{2\to1} = 8mcL^2/(3h) \approx 1.1$ μm을 구한 경우 (1점) / 두 계의 전이 에너지를 비교하여 $\lambda_{\text{상자}} : \lambda_{\text{수소}} = 1 : 36$을 구한 경우 (1점)	2
(3)	상자는 크기가 고정되어 $p_n \propto n$, $E_n \propto n^2$이지만 수소 원자는 궤도 반지름이 n^2에 비례하여 커지므로 준위가 조밀해진다는 점을 설명한 경우	1
(4)	$\Delta p \geq h/(4\pi L)$에서 $K_{\min} \sim h^2/(32\pi^2 mL^2)$을 어림하고 E_1과 비교(약 $1/40$)하며, 위치가 유한한 영역에 갇히면 운동량이 0으로 확정될 수 없어 에너지가 0이 될 수 없다고 설명한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 양자화된 운동량과 에너지

양 끝이 마디인 정상파는 $L = n \cdot \lambda_n/2 (n = 1, 2, 3, \ldots)$를 만족하므로 $\lambda_n = 2L/n$이다. 드브로이 관계에서

$$p_n = \frac{h}{\lambda_n} = \frac{nh}{2L}, \quad E_n = \frac{p_n^2}{2m} = \frac{n^2h^2}{8mL^2}.$$

벽에서 물질파의 진폭이 0이어야 한다는 경계 조건 때문에 상자 길이에 반파장의 정수배만 들어갈 수 있고, 따라서 파장·운동량·에너지가 띄엄띄엄한 값만 가진다.

(2) 전이 파장과 두 계의 비교

$\Delta E_{2\to1} = E_2 - E_1 = 3E_1 = \frac{3h^2}{8mL^2}$이므로

$$\lambda_{2\to1} = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{8mcL^2}{3h} \approx \frac{8 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 3.0 \times 10^{8} \times (1.0 \times 10^{-9})^2}{3 \times 6.6 \times 10^{-34}} \approx 1.1 \times 10^{-6} \ \text{m}\,.$$

즉 약 1.1 μm(근적외선)이다. 수소 원자에서 $2 \to 1$ 전이 에너지는 $E_R(1 - 1/4) = (3/4)E_R$이므로 두 파장이 같다는 조건은 $3E_1 = (3/4)E_R$, 즉 $E_R = 4E_1$이다. $4 \to 3$ 전이 에너지는

$$\text{상자: } E_4 - E_3 = (16 - 9)E_1 = 7E_1, \quad \text{수소: } E_R\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right) = \frac{7}{144}E_R = \frac{7}{36}E_1.$$

파장은 에너지에 반비례하므로

답 $\lambda_{2\to1} = 8mcL^2/(3h) \approx 1.1$ μm; $\lambda_{\text{상자}} : \lambda_{\text{수소}} = (1/7) : (36/7) = 1 : 36.$

(3) 준위 간격의 n 의존성

상자 속 전자는 n이 커져도 갇힌 공간의 길이 L이 그대로이므로 파장이 $2L/n$으로 줄고 운동량이 n에 비례하여 커진다. 따라서 $E_n \propto n^2$이고 인접 준위 간격 $E_{n+1} - E_n \propto 2n + 1$은 커진다. 반면 수소 원자에서는 쿨롱 인력이 거리에 따라 약해지므로 높은 n의 궤도 반지름이 $r_n \propto n^2$으로 커진다. 전자가 갇히는 '상자'가 n과 함께 넓어져 파장이 충분히 길어질 수 있으므로 운동 에너지 증가가 억제되고, 결과적으로 $E_n \propto -1/n^2$으로 준위가 위로 갈수록 조밀해진다.

(4) 불확정성 원리와 영점 에너지

$\Delta x \approx L$이면 $\Delta p \geq h/(4\pi L)$이다. 운동량의 크기가 적어도 Δp 정도이므로 최소 운동 에너지는

$$K_{\min} \sim \frac{(\Delta p)^2}{2m} = \frac{h^2}{32\pi^2 mL^2} \approx \frac{1}{40} \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \approx 0.025E_1.$$

이 어림값은 정확한 바닥 상태 에너지 E_1의 약 $1/40$으로 크기 순서만 맞는 하한이지만, 0이 아니라는 점이 중요하다. 전자가 유한한 영역 L에 갇히면 위치 불확정성이 유한하므로 운동량이 정확히 0일 수 없고, 따라서 운동 에너지도 0이 될 수 없다. (1)의 결과에서 $n=0$이 허용되지 않는 것(파동이 아예 없어짐)과 같은 뜻이다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “상자의 길이를 두 배로 하면 $2 \to 1$ 전이 파장은 몇 배가 되는가? 이 원리로 색이 정해지는 나노 입자(양자점)의 예를 들어 보라.”
· 추가 질문: “상자 벽이 무한히 높지 않고 유한하다면 파장이 어떻게 달라질까?”(파동이 벽 밖으로 조금 스며들어 유효 길이가 늘고 에너지가 낮아짐)
· 검토 의견: (2)의 파장비에서 $E_R = 4E_1$ 관계를 세우지 않고 두 계의 준위를 각각 E_1, E_R로 둔 채 비를 구하려는 학생이 많다. ‘2→1 파장이 같다’는 조건을 어떻게 썼는지 되묻는다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 3 회 · 문제 2]

1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	KAIST형 자체 제작 모의 면접
계열(과목) / 문항번호	물리학 / 문제 2
출제 범위 (과목명)	물리학 I , 물리학 II
핵심 개념 및 용어	충격량–운동량 정리, 단진동의 진폭· 속력· 에너지, 에너지 증가량 $\Delta E = Jv + J^2/(2m)$, 진동의 능동 소거, 오차의 차수
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) 충격량–운동량 정리와 단진동의 에너지 $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$을 연결할 수 있는지 평가한다.
· 2-(2) 매번 같은 방향 속도에 같은 충격이 더해지면 속도가 N에 비례하여 에너지가 N^2에 비례함을 보이고, $\Delta E = Jv + J^2/(2m)$에서 v가 최대인 평형점 통과 순간이 최적임을 논증하며, 속도 0인 순간의 충격은 선형 증가에 그침을 비교할 수 있는지 평가한다.
· 2-(3) 반대 방향 속도에 충격을 주면 운동이 소거된다는 점을 이해하고, 일반적인 제진 조건 $J = mv$(속도와 반대 방향, 임의 시점)를 서술할 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 시점 오차가 $\cos(\omega\delta t) \approx 1 - (\omega\delta t)^2/2$를 통해 2차 오차로만 나타남을 근사로 설명할 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(3)	물리학 I — 역학과 에너지	운동량과 충격량의 관계를 이해하고, 충돌 전후의 운동량 변화를 설명할 수 있다.
(1)(2)	물리학 II — 역학적 상호작용	단진동에서 변위·속도·가속도의 관계와 역학적 에너지 보존을 설명할 수 있다.
(4)	물리학 II — 역학적 상호작용	단진동의 위상과 시간의 관계를 이용하여 운동을 정량적으로 분석할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	역학과 에너지 — 운동량과 충격량, 역학적 에너지 보존
고등학교 물리학 II	역학적 상호작용 — 단진동

4. 문항 해설

첫 충격 뒤 $v_1 = J/m$, $E_1 = J^2/(2m) = \frac{1}{2}kA_1^2$에서 $A_1 = J/\sqrt{mk}$이다. 평형점을 $+x$로 지날 때마다 $+x$ 충격을 주면 속도가 J/m씩 더해져 $v_N = NJ/m$, $E_N = N^2J^2/(2m)$, $A_N = NJ/\sqrt{mk}$이다. 한 번의 충격에 의한 에너지 변화는 $\Delta E = \frac{1}{2}m(v + J/m)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = Jv + J^2/(2m)$로, 충격 직전 속도 v가 $+x$ 방향으로 최대인 평형점 통과 순간에 가장 크다. 속도 0인 순간에 주면 $\Delta E = J^2/(2m)$씩만 늘어 $E_N = NJ^2/(2m)$(선형)이다. 반 주기 뒤 $-x$로 지날 때 $+x$ 충격을 주면 $v = -J/m + J/m = 0$으로 정지한다. 시점 오차 δt가 있으면 충격 직전 속도는 $v_{\max}\cos(\omega\delta t)$이므로 $\Delta E = Jv_{\max}\cos(\omega\delta t) + J^2/(2m)$, 손실은 $Jv_{\max}(\omega\delta t)^2/2$로 2차이다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$v_1 = J/m$, $E_1 = J^2/(2m)$, $A_1 = J/\sqrt{mk}$을 구한 경우	1
(2)	$E_N = N^2J^2/(2m)$, $A_N = NJ/\sqrt{mk}$을 구하고 $\Delta E = Jv + J^2/(2m)$에서 평형점 통과 순간이 최적임을 논증한 경우 (1점) / 속도 0인 순간의 충격은 $E_N = NJ^2/(2m)$으로 선형 증가에 그침을 비교한 경우 (1점)	2
(3)	반 주기 뒤 $+x$ 충격으로 물체가 정지함을 보이고, 일반 조건(충격 직전 속도 v와 반대 방향으로 크기 $m\lvert v\rvert$인 충격량; 평형점에서는 $J = \sqrt{2mE}$)을 서술한 경우	1
(4)	충격 직전 속도 $v_{\max}\cos(\omega\delta t)$를 쓰고 $\cos\theta \approx 1 - \theta^2/2$로 손실이 δt의 2차임을 보인 경우	1

6. 예시 답안

(1) 첫 충격 뒤의 운동

정지 상태에서 충격량 J를 받으면 $mv_1 = J$에서 $v_1 = J/m$이다. 평형점에서의 속력이 최대 속력이므로 역학적 에너지와 진폭은

$$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{J^2}{2m}, \quad \frac{1}{2}kA_1^2 = E_1 \quad\Longrightarrow\quad A_1 = \frac{J}{\sqrt{mk}} = \frac{J}{m\omega}.$$

(2) 반복 충격과 에너지의 축적

평형점을 $+x$ 방향으로 지나는 순간의 속도는 그때까지의 최대 속력 $v_{\max}$이고, 여기에 $+x$ 방향 충격이 더해지면 속도는 $v_{\max} + J/m$이 된다. 첫 충격 뒤 $v = J/m$이고 매 주기마다 J/m씩 더해지므로 N번 뒤 $v_N = NJ/m$이다.

$$E_N = \frac{1}{2}mv_N^2 = \frac{N^2J^2}{2m}, \quad A_N = \frac{v_N}{\omega} = \frac{NJ}{\sqrt{mk}}.$$

한 번의 충격으로 늘어나는 에너지는 충격 직전 속도를 v라 할 때

$$\Delta E = \frac{1}{2}m\left(v + \frac{J}{m}\right)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = Jv + \frac{J^2}{2m}.$$

$J^2/(2m)$은 언제나 같고 Jv 항은 v가 $+x$ 방향으로 클수록 크므로, $v = +v_{\max}$인 평형점 통과 순간이 에너지를 가장 크게 늘린다. 반대로 진폭이 최대인 순간($v = 0$)에 주면 매번 $\Delta E = J^2/(2m)$만 늘어나 $E_N = NJ^2/(2m)$로 N에 비례할 뿐이다(속도가 $v = 0$에서 J/m이 되는 것이므로, 한 번 충격이 준 에너지가 '누적 속도'에 곱해지지 않는다). 두 방식의 에너지 비는 $N : 1$이다.

(3) 진동의 소거

첫 충격 뒤 반 주기가 지나면 물체는 평형점을 $-x$ 방향으로 속도 $-J/m$로 지난다. 이때 $+x$ 방향 충격량 J를 주면 속도가 $-J/m + J/m = 0$이 되고 위치도 평형점이므로 물체는 그 자리에 정지한다(에너지 $J^2/(2m)$이 모두 사라짐). 일반적으로 임의의 순간에 물체를 정지시키려면 그 순간의 속도 v와 **반대 방향**으로 크기 $m\lvert v\rvert$인 충격량을 주면 되며, 이후 물체는 그 위치에서 용수철 힘을 받아 다시 움직이므로 **완전히** 멈추려면 위치도 평형점이어야 한다. 즉 평형점 통과 순간에 속도와 반대 방향으로 $J = mv_{\max} = \sqrt{2mE}$를 주어야 한다.

(4) 시점 오차의 영향

평형점 통과 순간을 $t = 0$으로 두면 속도는 $v(t) = v_{\max}\cos(\omega t)$이므로 δt만큼 어긋난 순간의 충격 직전 속도는 $v_{\max}\cos(\omega\delta t)$이다. $\lvert\omega\delta t\rvert \ll 1$에서 $\cos(\omega\delta t) \approx 1 - (\omega\delta t)^2/2$이므로

$$\Delta E = Jv_{\max}\cos(\omega\delta t) + \frac{J^2}{2m} \approx \Delta E_{\text{이상}} - \frac{1}{2}Jv_{\max}(\omega\delta t)^2.$$

손실은 δt의 **2차** 항으로만 나타나고 1차 항은 없다. 극값(최대) 근처에서는 기울기가 0이므로 작은 시점 오차에는 둔감하다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “그네를 밀 때 어느 순간에 미는 것이 가장 효과적인가? (2)의 결과와 연결해 보라.”
· 추가 질문: “충격량이 아니라 지속적인 힘 $F_0\cos(\omega t)$를 가하면 진폭이 어떻게 자라는가?”(공명, 진폭이 시간에 비례하여 증가)
· 검토 의견: (2)에서 $E_N = NE_1$이라고 답하는 학생은 에너지가 아니라 속도(운동량)가 더해진다는 점을 놓친 것이므로, “충격이 더하는 것은 에너지인가 운동량인가”를 되묻는다.

PARTNER SERVICE

써봄 AI 논술 첨삭 서비스

말로 준비한 답, 글로 써 보면 빈틈이 보인다.

구술 답안을 글로 정리해 올리면, AI가 평가 기준에 따라 채점하고 상세한 피드백을 준다.

4개 영역 점수

논리구조 · 근거타당성 · 주장명확성 · 언어표현을 영역별 점수로 제공한다.

상세 피드백

강점, 개선점, 구체적 제안사항을 함께 짚어 준다.

간편한 업로드

PDF · DOCX · TXT 파일을 지원하고, 최대 10편까지 일괄 처리한다.

리포트 저장

첨삭 결과 리포트를 PDF로 내려받아 다시 볼 수 있다.

이 모의고사와 함께 쓰는 법

① 문항마다 내 답변을 한 편의 글로 정리한다. 결론 → 근거 → 검증 순서로 쓴다.

② writegrow.net 에 답안을 올려 영역별 점수와 피드백을 받는다.

③ 예시답안과 비교해 빠진 논리 단계를 채우고, 다시 써서 점수 변화를 확인한다.

회원가입 시 3회 무료 분석

Google Gemini 기반 AI가 논술문을 자동 분석한다.

writegrow.net