KAIST형 모의 면접·구술고사

물리학

PHYSICS

역학적 에너지 보존 · 원형 궤도 통과 조건

※ 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	구부린 철사를 따라 움직이는 구슬 — 전환점과 왕복 운동	10분 · 8분	5점
문제 2	탄성 충돌 후 반원 궤도의 꼭대기에 도달할 조건	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-21 **제작** 2026. 9. **봉인 상태 확인** 개봉 흔적이 있으면 배부 전 감독관에게 알리십시오.

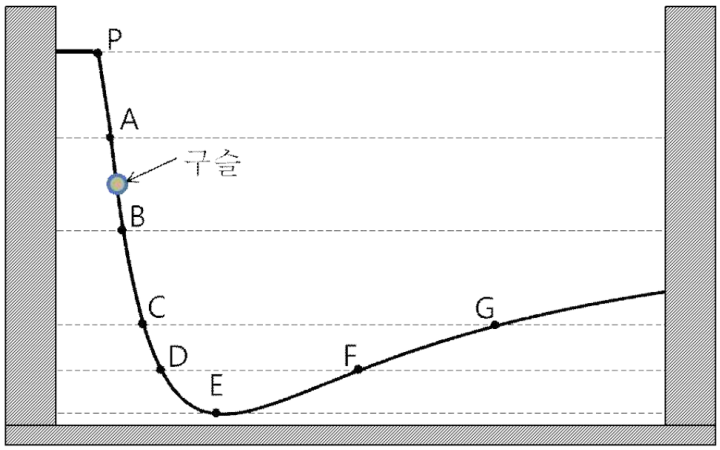
본 문항은 KAIST 면접 및 구술고사 공개 문항 형식에 맞추어 자체 제작한 **비공식 창작 모의문항**입니다. KAIST의 공식 또는 예상 문항이 아니며, 특정 대학의 실제 시험 문항을 옮긴 것이 아닙니다.

문제 1 구부린 철사를 따라 움직이는 구슬

물리학 I · II | 일과 에너지, 퍼텐셜 에너지, 역학적 에너지 보존, 전환점, 등가속도 운동 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

질량이 2 kg인 구슬의 중심을 구부린 철사에 꿰어 철사를 따라서만 움직이게 하였다. 철사는 지면에 수직인 평면 안에 있고 양 끝은 벽에 고정되어 있다. [그림 1]과 같이 점 P에서 철사는 수평이고, P에서 아래로 급하게 꺾여 A, B, C, D를 지나 최저점 E에 이른 뒤 완만하게 올라가 F, G를 지나 오른쪽 벽까지 계속 높아진다.



[그림 1] 구부린 철사와 그 위에 꿰어진 구슬. 점 P, A~G의 높이는 점선으로 표시하였다.

마찰과 공기 저항은 모두 무시하고 중력 가속도는 $g = 10$ m/s²이다. 퍼텐셜 에너지는 최저점 E를 기준(0)으로 하며, 각 구간을 따라 잰 철사의 길이와 각 점의 퍼텐셜 에너지는 다음과 같다.

<표 1> 구간의 길이와 각 점의 퍼텐셜 에너지

구간	PA	AB	BC	CD	DE	EF	FG
길이 (m)	8	10	10	5	8	14	14
지점	A	B	C	D	E	F	G
퍼텐셜 (J)	300	200	100	50	0	50	100

(1) 구슬을 G에 가만히 놓았다. 이때 구슬의 역학적 에너지를 구하고, 구슬이 E를 지날 때의 운동에너지와 속력을 구하시오. **[1점]**

(2) (1)과 같이 G에 가만히 놓은 구슬이 P 쪽으로 가장 가까이 접근할 수 있는 지점을 [그림 1]에서 찾고 그 까닭을 밝히시오. 또 그 뒤 구슬이 어떤 운동을 하는지 설명하시오. **[1점]**

(3) B에서 25 J의 운동에너지를 가지고 C 쪽으로 움직이는 구슬이 있다. 구간 BC에서 구슬이 등가속도 운동을 한다고 할 때 가속도의 크기와 B에서 C까지 걸린 시간을 구하시오. 또 이 구간의 철사가 수평면과 이루는 경사각을 구하고, 가속도의 크기가 그 경사각과 어떻게 연결되는지 설명하시오. **[2점]**

(4) 각 구간에서 철사의 경사가 일정하여 구슬이 구간마다 등가속도 운동을 한다고 가정하자. (1)에서 G에 가만히 놓은 구슬의 왕복 운동 주기를 구하시오. **[1점]**

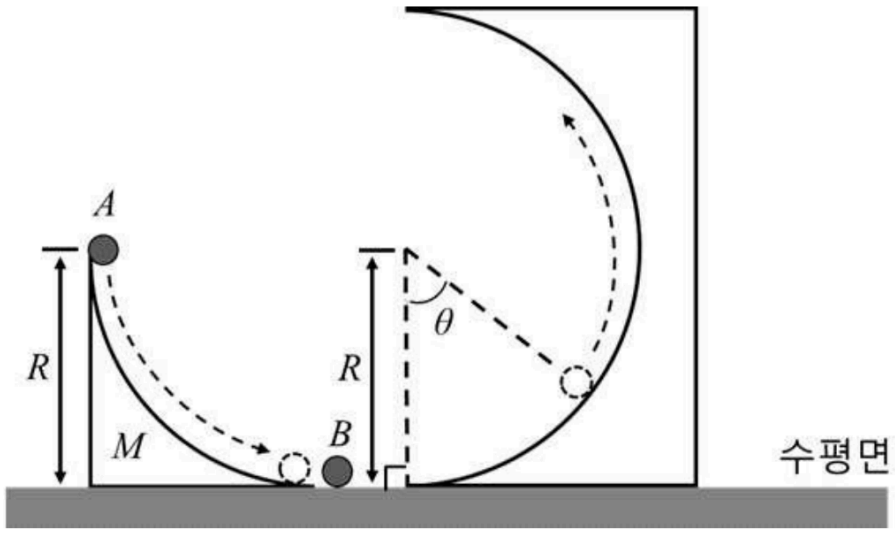
메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

문제 2 탄성 충돌과 반원 궤도 통과 조건

물리학 Ⅰ·Ⅱ | 역학적 에너지 보존, 운동량 보존, 탄성 충돌, 연직면 원운동, 구심력 | 준비 10분 · 답변 8분 | 5점

문항 및 제시문

[그림 2]와 같이 반지름이 R인 사분원 모양의 오목한 곡면을 가진 질량 M인 블록이 수평면 위에 놓여 있고, 곡면의 꼭대기(수평면에서 높이 R)에 질량 m인 물체 A가 정지해 있다. A를 가만히 놓으면 곡면을 따라 미끄러져 내려와 수평면 위에 정지해 있던 질량 m_B인 물체 B와 정면으로 충돌한다. 충돌 후 B는 오른쪽에 있는 반지름 R인 반원 모양의 오목한 면을 따라 올라간다. 반원의 중심에서 잰 각을 θ라 하고, 최하점이 $\theta = 0$, 꼭대기(높이 $2R$)가 $\theta = 180°$이다.



[그림 2] 곡면을 내려온 A가 B와 충돌한 뒤, B가 고정된 반원 궤도를 따라 올라간다.

모든 마찰과 공기 저항은 무시하고, A와 B는 회전하지 않으며 크기를 무시한다. A와 B의 충돌은 운동에너지가 보존되는 완전 탄성 충돌이다. 오른쪽 반원 면은 수평면에 고정되어 있으며, 중력 가속도는 g이다. 아래 (1)~(3)에서는 왼쪽 곡면 블록도 수평면에 고정되어 있다고 하고, 질량비를 $\alpha = m_B/m$으로 둔다.

(1) A가 곡면을 내려와 수평면에 도달하는 순간의 속력 v_A를 구하시오. **[1점]**

(2) 탄성 충돌 직후 A와 B의 속력 v'_A, v'_B를 v_A와 α로 나타내시오. **[1점]**

(3) 충돌 후 B가 반원 궤도를 따라 올라가 $\theta = 180°$인 꼭대기까지 도달하기 위한 B의 질량 m_B의 범위를 구하시오. 꼭대기에서 궤도를 벗어나지 않을 조건을 함께 밝히시오. **[2점]**

(4) 이번에는 왼쪽 곡면 블록이 수평면 위를 마찰 없이 자유롭게 움직일 수 있다고 하자(오른쪽 반원 면은 여전히 고정). 이때 B가 꼭대기에 도달하기 위한 m_B의 범위를 M, m으로 나타내고, 그러한 m_B가 존재하기 위해 M이 만족해야 할 조건을 구하시오. **[1점]**

메모란 (풀이 정리용 · 채점 대상 아님)

면접위원용 자료

물리학 제 21 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 21 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	역학적 에너지 보존, 퍼텐셜 에너지와 전환점, 운동에너지 $K = 1/2mv^2$, 빗면의 가속도 $a = g\sin\theta$, 등가속도 직선 운동
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 1-(1) 표로 주어진 퍼텐셜 에너지를 역학적 에너지 보존과 연결하여 임의의 지점에서 운동에너지와 속력을 읽어 낼 수 있는지 평가한다.
· 1-(2) 운동에너지가 음수가 될 수 없다는 조건에서 도달 가능한 최고 지점(전환점)을 스스로 찾고, 두 전환점 사이의 왕복 운동으로 해석할 수 있는지 평가한다.
· 1-(3) 에너지 관계에서 얻은 두 속력을 등가속도 운동 공식과 결합하여 가속도와 시간을 구하고, 그 결과가 빗면의 경사각과 모순 없이 이어짐을 확인할 수 있는지 평가한다.
· 1-(4) 구간마다 가속도가 다른 운동을 구간별 등가속도 운동의 합으로 분해하여 주기라는 시간 정보까지 끌어낼 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(2)	물리학 I — 역학과 에너지	역학적 에너지가 보존됨을 이해하고 이를 이용하여 물체의 속력을 구할 수 있다.
(2)	물리학 II — 역학적 상호작용	퍼텐셜 에너지 곡선에서 전환점과 속박 운동의 의미를 설명할 수 있다.
(3)(4)	물리학 I — 역학과 에너지	등가속도 직선 운동의 식을 이용하여 속도·변위·시간의 관계를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	역학과 에너지 — 일과 에너지, 역학적 에너지 보존
고등학교 물리학 II	역학적 상호작용 — 퍼텐셜 에너지와 운동의 해석

4. 문항 해설

(1) G에서 가만히 놓았으므로 운동에너지는 0이고 퍼텐셜 에너지는 100 J이다. 따라서 역학적 에너지는 100 J이며, E에서는 퍼텐셜 에너지가 0이므로 운동에너지가 100 J, 속력은 $v = \sqrt{2K/m} = 10$ m/s이다. (2) 운동에너지는 음수가 될 수 없으므로 구슬은 퍼텐셜 에너지가 100 J 이하인 곳에만 갈 수 있다. P 쪽으로 가면서 퍼텐셜 에너지가 100 J이 되는 첫 지점이 C이고 그 너머 B(200 J), A(300 J)는 도달할 수 없다. 따라서 C가 전환점이며, 구슬은 C와 G 사이를 왕복한다. (3) B에서 역학적 에너지는 $25 + 200 = 225$ J이므로 C에서 운동에너지는 $225 - 100 = 125$ J이다. $v_B = 5$ m/s, $v_C = 5\sqrt{5}$ m/s이고 $v_C^2 - v_B^2 = 2as$에서 $a = 100/20 = 5$ m/s², $t = (v_C - v_B)/a = \sqrt{5} - 1 \approx 1.24$ s이다. BC 구간의 높이 차는 5 m, 길이는 10 m이므로 $\sin\theta = 0.5$, 즉 $\theta = 30°$이고 $a = g\sin 30° = 5$ m/s²로 일치한다. (4) 구간별 가속도는 FG와 EF가 $25/14$ m/s², DE가 $25/8$ m/s², CD가 5 m/s²이다. G에서 E까지 걸리는

시간은 $14\sqrt{2}/5 + \left(5.6 - 2.8\sqrt{2}\right) = 5.6$ s, E에서 C까지는 $3.2 - 0.6\sqrt{2}$ s이므로 반주기는 $8.8 - 0.6\sqrt{2} \approx 7.95$ s, 주기는 $17.6 - 1.2\sqrt{2} \approx 15.9$ s이다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	역학적 에너지 100 J을 밝히고 E에서 $K = 100$ J, $v = 10$ m/s를 구한 경우	1
(2)	전환점이 C임을 운동에너지가 0이 되는 조건으로 설명하고 C~G 왕복 운동을 기술한 경우	1
(3)	$K_C = 125$ J에서 $a = 5$ m/s²와 $t = \sqrt{5} - 1$ s를 구한 경우 (1점) / 경사각 $30°$를 구하고 $a = g\sin\theta$와 일치함을 보인 경우 (1점)	2
(4)	구간별 가속도와 소요 시간을 더해 주기 $17.6 - 1.2\sqrt{2} \approx 15.9$ s를 구한 경우	1

6. 예시 답안

(1) G에 놓은 구슬의 역학적 에너지와 E에서의 속력

G에서 구슬을 가만히 놓았으므로 $K_G = 0$이고, <표 2>에서 $U_G = 100$ J이다. 마찰과 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지는 보존되어

$$E = K_G + U_G = 0 + 100 = 100 \text{ J} \quad (\textbf{모든 지점에서 일정}).$$

E는 기준점이므로 $U_E = 0$이고, 따라서 $K_E = E - U_E = 100$ J이다. $K = (1/2)mv^2$에서

답

$$v_E = \sqrt{\frac{2K_E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 100}{2}} = 10 \ \text{m/s}\ .$$

(2) P에 가장 가까이 접근할 수 있는 지점과 그 뒤의 운동

운동에너지는 $K = (1/2)mv^2 \geq 0$이므로 구슬은 $U \leq E = 100$ J인 곳에만 갈 수 있다. P 쪽으로 올라가며 <표 2>를 보면 $U_C = 100$ J, $U_B = 200$ J, $U_A = 300$ J이다. 즉 C에서 이미 $K = 0$이 되어 속력이 0이 되고, 그 너머는 $U > E$라 도달할 수 없다.

답 가장 가까이 접근할 수 있는 지점은 **C**이다. C는 역학적 에너지가 전부 퍼텐셜 에너지로 바뀌는 **전환점**이다.

C에서 순간적으로 멈춘 구슬은 퍼텐셜 에너지가 낮아지는 쪽, 즉 E 방향으로 다시 내려오며 운동에너지를 얻고, E를 지나 올라가 $U = 100$ J인 G에서 다시 멈춘다.

> 마찰이 없으므로 이 과정이 되풀이되어 구슬은 **C와 G 사이를 왕복**한다. C와 G는 퍼텐셜 에너지가 같은 두 전환점이고, 그 사이에서만 $U < 100$ J이므로 운동이 이 구간에 갇힌다(속박 운동).

(3) 구간 BC의 가속도와 걸린 시간

B에서 $K_B = 25$ J, $U_B = 200$ J이므로 역학적 에너지는 $E = 225$ J이다. C에서는 $U_C = 100$ J이므로

$$K_C = 225 - 100 = 125 \ \text{J}\ .$$

$K = (1/2)mv^2$에 $m = 2$ kg을 넣으면 $v = \sqrt{K}$이므로 $v_B = 5$ m/s, $v_C = \sqrt{125} = 5\sqrt{5} \approx 11.18$ m/s이다. 등가속도 운동의 $v_C^2 - v_B^2 = 2as$에 $s = 10$ m를 넣으면

$$a = \frac{v_C^2 - v_B^2}{2s} = \frac{125 - 25}{2 \times 10} = 5 \ \text{m/s}^2.$$

시간은 $v_C = v_B + at$에서

$$t = \frac{v_C - v_B}{a} = \frac{5\sqrt{5} - 5}{5} = \sqrt{5} - 1 \approx 1.24 \ \text{s}.$$

BC 구간의 퍼텐셜 에너지 차는 100 J이므로 높이 차는 $\Delta h = 100/(mg) = 5$ m이고, 구간의 길이는 10 m이다. 따라서

답

$$\sin\theta = \frac{5}{10} = 0.5 \quad \Longrightarrow \quad \theta = 30^\circ, \quad a = g\sin\theta = 10 \times 0.5 = 5 \ \text{m/s}^2.$$

에너지로 구한 가속도와 빗면의 경사로 구한 가속도가 정확히 일치한다.

구슬은 철사에 꿰여 있으므로 수직 항력은 운동 방향과 수직이어서 일을 하지 않고, 운동 방향의 가속도는 중력의 접선 성분 $g\sin\theta$만으로 정해진다.

(4) 왕복 운동의 주기

각 구간의 가속도는 $a = (-\Delta U)/(m\Delta s)$로 구한다. FG와 EF는 모두 $50/(2\times 14) = 25/14$ m/s², DE는 $50/(2\times 8) = 25/8$ m/s², CD는 $50/(2\times 5) = 5$ m/s²이다. G에서 정지 상태로 출발하면 각 구간의 처음·나중 속력은 에너지에서 바로 나온다($v = \sqrt{K}$).

- G → F: $0 \to 5\sqrt{2}$ m/s, $t_1 = 5\sqrt{2}\times 14/25 = 14\sqrt{2}/5$
- F → E: $5\sqrt{2} \to 10$ m/s, $t_2 = \left(10 - 5\sqrt{2}\right)\times 14/25 = 5.6 - 2.8\sqrt{2}$
- E → D: $10 \to 5\sqrt{2}$ m/s, $t_3 = \left(10 - 5\sqrt{2}\right)/(25/8) = 3.2 - 1.6\sqrt{2}$
- D → C: $5\sqrt{2} \to 0$, $t_4 = 5\sqrt{2}/5 = \sqrt{2}$

G에서 C까지는 반주기이므로 $T/2 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 8.8 - 0.6\sqrt{2} \approx 7.95$ s이다.

답

$$T = 17.6 - 1.2\sqrt{2} \approx 15.9 \ \text{s}.$$

G 쪽은 경사가 완만해 가속도가 작은 대신 구간이 길고, C 쪽은 경사가 급해 빨리 지나간다. 실제 철사는 매끄러운 곡선이므로 이 값은 어림값이지만, 왕복 주기가 10초대라는 규모는 바르게 준다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: “최저점 E에서 철사의 곡률 반지름이 r이라면 철사가 구슬을 떠받치는 수직 항력은 얼마인가?” ($N - mg = mv^2/r$에서 $N = 20 + 200/r$ (N), 속력이 가장 큰 최저점에서 수직 항력도 최대)
· 추가 질문: “철사에 아주 작은 일정한 운동 마찰력 f가 있다면 구슬은 결국 어디에 멈추는가?” (총 이동 거리 $\times$ f가 100 J이 될 때까지 왕복하다 최저점 E 부근에 멈춘다)
· 검토 의견: (2)에서 ‘가장 높이 올라가는 곳’을 묻는 것으로 착각해 G와 같은 높이인 C를 찾고도 이유를 ‘높이가 같아서’로만 답하는 경우가 많다. 운동에너지가 0이 되는 조건에서 출발하도록 되물어야 한다. (3)에서 $v = \sqrt{K}$라는 우연한 단순화($m = 2$ kg)에 기대어 단위를 놓치는 답이 있으므로 $K = (1/2)mv^2$을 명시적으로 쓰게 한다.

[모의 면접 문항정보 — 물리학 제 21 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	역학적 에너지 보존, 운동량 보존, 완전 탄성 충돌, 구심력 $F = mv^2/r$, 연직면 원운동의 최고점 조건
예상 소요 시간	준비 10분 · 답변 8분

2. 출제 의도

· 2-(1) 곡면의 모양과 무관하게 높이 차만으로 속력이 정해짐을 역학적 에너지 보존으로 설명할 수 있는지 평가한다.
· 2-(2) 운동량 보존과 운동에너지 보존을 연립하여 일차원 탄성 충돌의 표준 결과를 유도할 수 있는지 평가한다.
· 2-(3) 연직면 원운동에서 '꼭대기에서 수직 항력이 0 이상'이라는 조건이 곧 통과 조건임을 알고, 이를 질량비에 대한 부등식으로 옮길 수 있는지 평가한다.
· 2-(4) 받침 블록이 움직이면 A에게 전달되는 에너지가 줄어든다는 점을 운동량 보존으로 반영하여, 조건이 존재하기 위한 또 다른 부등식을 끌어낼 수 있는지 평가한다.

3. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

문항	교육과정	학습내용 성취 기준
(1)(3)	물리학 I — 역학과 에너지	역학적 에너지 보존을 이용하여 물체의 속력과 높이의 관계를 구할 수 있다.
(2)(4)	물리학 I · II — 역학적 상호작용	충돌에서 운동량이 보존됨을 이해하고 탄성 충돌의 결과를 구할 수 있다.
(3)	물리학 II — 역학적 상호작용	등속 원운동의 구심력을 이해하고 연직면 원운동의 조건을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고 자료	해당 내용
고등학교 물리학 I	역학과 에너지 — 운동량 보존, 역학적 에너지 보존
고등학교 물리학 II	역학적 상호작용 — 등속 원운동과 구심력

4. 문항 해설

(1) 곡면이 고정되어 있고 마찰이 없으므로 $mgR = (1/2)mv_A^2$에서 $v_A = \sqrt{2gR}$이다. (2) 운동량 보존 $mv_A = mv'_A + \alpha m v'_B$와 운동에너지 보존을 연립하면 $v'_B = 2v_A/(\alpha+1)$, $v'_A = (1-\alpha)v_A/(1+\alpha)$를 얻는다. (3) 꼭대기에서 속력 v''_B는 $v''^2_B = v'^2_B - 4gR = 8gR/(\alpha+1)^2 - 4gR$이다. 꼭대기에서는 수직 항력 N과 중력이 모두 아래를 향하므로 $N + m_B g = m_B v''^2_B/R$이고, 궤도를 벗어나지 않을 조건 $N \geq 0$은 $v''^2_B \geq gR$와 같다. 이를 풀면 $(\alpha+1)^2 \leq 8/5$, 즉 $\alpha \leq \sqrt{8/5} - 1 \approx 0.265$이다. (4) 블록이 움직이면 A가 내려오는 동안 수평 운동량의 합이 0으로 보존되어 $mv_A = MV$이고, 에너지 보존과 연립하면 $v_A^2 = 2gRM/(M+m)$이다. 같은 과정을 거치면 $\alpha \leq \sqrt{(8/5)M/(M+m)} - 1$이고, 이 상한이 양수여야 하므로 $(8/5)M/(M+m) > 1$, 즉 $M > 5m/3$이다.

5. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$mgR = (1/2)mv_A^2$에서 $v_A = \sqrt{2gR}$를 구한 경우	1
(2)	운동량·운동에너지 보존을 연립하여 $v'_B = 2v_A/(\alpha+1)$을 얻은 경우 (v'_A까지 제시하면 완전)	1
(3)	꼭대기 조건을 $N \ge 0 \to v''^2_B \ge gR$로 바르게 세운 경우 (1점) / $m_B \le \left(\sqrt{8/5}-1\right)m$을 유도한 경우 (1점)	2
(4)	$v_A^2 = 2gRM/(M+m)$을 거쳐 $m_B \le \left(\sqrt{(8/5)M/(M+m)}-1\right)m$과 $M > 5m/3$을 구한 경우	1

6. 예시 답안

(1) 수평면에 도달한 A의 속력

곡면이 고정되어 있고 마찰이 없으므로 A에 일을 하는 힘은 중력뿐이다(수직 항력은 운동 방향과 수직). 높이 R을 내려오는 동안

$$mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 \quad\Longrightarrow\quad v_A = \sqrt{2gR}.$$

곡면의 모양이 어떻든 높이 차만으로 정해진다는 점이 핵심이다.

(2) 탄성 충돌 직후 두 물체의 속력

$m_B = \alpha m$이라 두고 충돌 전 A의 진행 방향을 양으로 한다. 운동량 보존과 운동에너지 보존은

$$mv_A = mv'_A + \alpha m v'_B, \quad \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2}\alpha m v_B'^2.$$

첫 식에서 $v'_A = v_A - \alpha v'_B$를 둘째 식에 넣어 정리하면 $v'_B(1+\alpha) = 2v_A$이므로

$$v'_B = \frac{2v_A}{\alpha+1} = \frac{2}{\alpha+1}\sqrt{2gR}, \quad v'_A = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}v_A.$$

$\alpha = 1$이면 $v'_A = 0$으로 속도를 그대로 넘겨주고, $\alpha < 1$이면 A는 계속 전진, $\alpha > 1$이면 되튀어 나온다.

(3) 꼭대기에 도달할 조건

B가 최하점에서 꼭대기(높이 $2R$)까지 올라가는 동안 역학적 에너지가 보존되므로

$$\frac{1}{2}\alpha m v_B'^2 = \frac{1}{2}\alpha m v''^2_B + \alpha mg(2R) \quad\Longrightarrow\quad v''^2_B = \frac{8gR}{(\alpha+1)^2} - 4gR.$$

꼭대기에서 B는 궤도의 **안쪽** 면에 있으므로 수직 항력 N도 중력과 같이 아래(중심 쪽)를 향한다. 구심력의 식은

$$N + \alpha mg = \frac{\alpha m v''^2_B}{R}.$$

궤도를 벗어나지 않으려면 $N \ge 0$, 즉 $v''^2_B \ge gR$이어야 한다. 단순히 '높이 $2R$까지 올라갈 에너지'($v''^2_B \ge 0$)만으로는 부족하다는 점이 이 문항의 요점이다. 대입하면

$$\frac{8gR}{(\alpha+1)^2} - 4gR \ge gR \quad\Longrightarrow\quad \frac{8}{(\alpha+1)^2} \ge 5 \quad\Longrightarrow\quad (\alpha+1)^2 \le \frac{8}{5}.$$

$$\alpha \le \sqrt{\frac{8}{5}} - 1 = \frac{2\sqrt{10}}{5} - 1 \approx 0.265.$$

답

$$0 < m_B \le \left(\sqrt{\frac{8}{5}} - 1\right) m \approx 0.265m.$$

B가 가벼울수록 충돌에서 큰 속력을 얻으므로, B의 질량에 **상한**이 생긴다.

(4) 곡면 블록이 움직일 수 있는 경우

A가 내려오는 동안 계에 작용하는 수평 방향 외력이 없으므로 수평 운동량의 합이 0으로 보존된다. A의 속력을 v_A, 블록의 속력을 V(반대 방향)라 하면

$$mv_A = MV, \quad mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}MV^2.$$

$V = (m/M)v_A$를 넣으면 $mgR = (1/2)m(1 + m/M)v_A^2$이므로

$$v_A^2 = \frac{2gRM}{M+m} \quad (< 2gR).$$

블록이 에너지의 일부를 가져가므로 A의 속력이 줄어든다. (2)(3)의 과정을 그대로 되풀이하면 $v_B''^2 = (8gR)/(\alpha+1)^2 \cdot M/(M+m) - 4gR \ge gR$에서

$$0 < m_B \le \left(\sqrt{\frac{8}{5}\cdot\frac{M}{M+m}} - 1\right) m.$$

이런 m_B가 실제로 존재하려면 상한이 양수여야 하므로

$$\frac{8}{5}\cdot\frac{M}{M+m} > 1 \implies 8M > 5M + 5m \implies 3M > 5m.$$

답

$$M > \frac{5}{3}m \approx 1.67m.$$

블록이 이보다 가벼우면 A가 아무리 가벼운 B를 만나도 꼭대기에 올려 보낼 수 없다.

$M \to \infty$에서 $M/(M+m) \to 1$이 되어 (3)의 결과로 되돌아가므로, 고정된 블록은 질량이 무한히 큰 블록의 극한임을 알 수 있다.

7. 면접 추가 질문 및 검토 의견

· 추가 질문: "꼭대기까지 가지 못하는 B는 어느 각 θ_0에서 궤도를 벗어나는가? 그 뒤에는 어떤 운동을 하는가?" ($N = 0$인 각을 구한 뒤 포물선 운동)
· 추가 질문: "충돌이 완전 탄성이 아니라 반발 계수가 e라면 (3)의 상한은 어떻게 바뀌는가? $e \to 1$에서 본문의 답이 나오는가?"
· 검토 의견: (3)에서 꼭대기 조건을 $v_B''^2 \ge 0$(단순히 올라가기만 하면 된다)로 잡는 오답이 가장 많다. '꼭대기에서 궤도가 밀어 주는 힘의 방향이 어디인가'를 먼저 묻는다. (4)에서 블록이 움직이는 동안의 운동량 보존을 빠뜨리고 (1)의 v_A를 그대로 쓰는 답이 잦으므로, A와 블록이 함께 이루는 계의 수평 운동량이 처음에 0임을 확인시킨다.

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