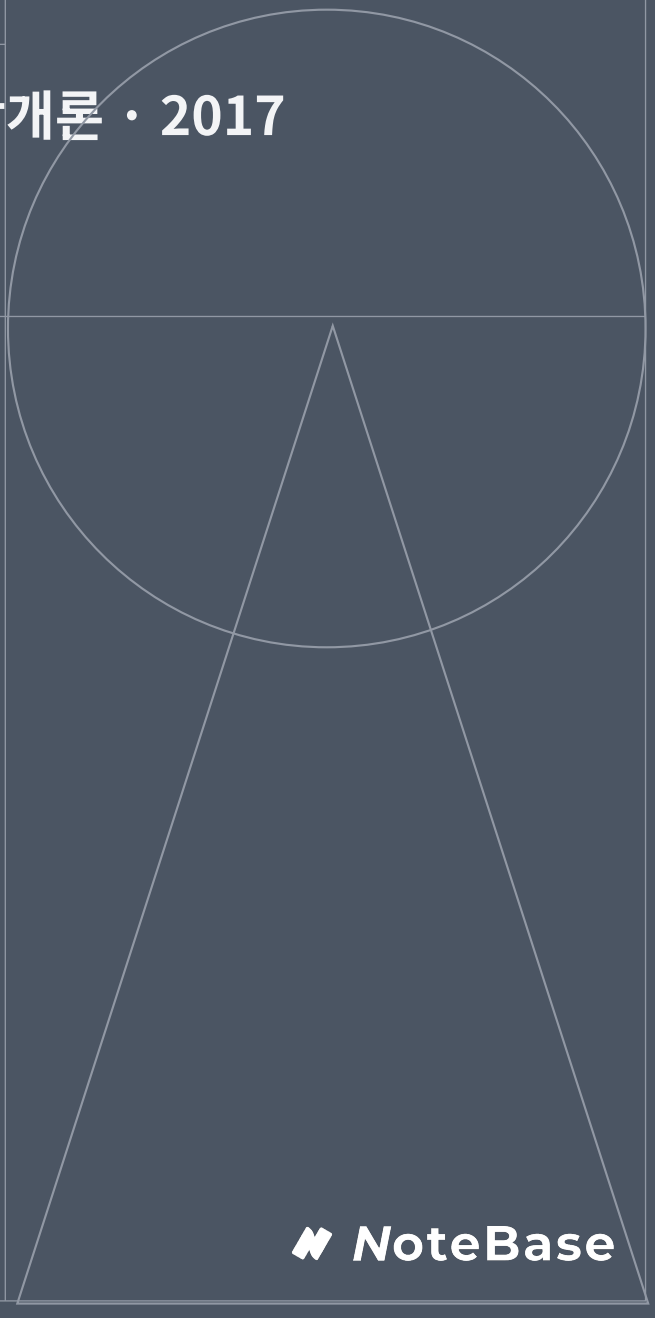
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2017

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2017

문 1. 크기가 일정한 도체 구에 전하를 대전시켰을 때 정전기적 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 도체 내부에서 전기장은 0이다.

② 도체 표면에서 전기장의 방향은 표면에 수직이다.

③ 알짜 전하는 도체 표면에만 분포한다.

④ 도체 내부에서 전기 포텐셜(전위)은 중심에서 가장 큰 값을 가진다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정전기적 평형 상태인 도체의 전기장, 전하 분포, 전위의 성질을 묻는 문제이다.

핵심 개념

정전기적 평형은 도체 속의 자유전하가 더 이상 이동하지 않는 상태이다. 이때 도체 내부의 전기장은 0이고, 도체 전체는 등전위가 된다. 남는 전하는 도체의 표면에 분포하며, 표면에서 전기장은 표면에 수직이다.

선지별 해설

① O: 도체 내부에 전기장이 있으면 자유전하가 계속 이동하므로 정전기적 평형이 될 수 없다. 따라서 도체 내부의 전기장은 0이다.
② O: 도체 표면에 접선 방향 전기장이 있으면 표면의 전하가 그 방향으로 이동한다. 평형에서는 접선 성분이 없어 전기장은 표면에 수직이다.
③ O: 도체 내부의 전기장이 0이 되도록 자유전하가 이동한 결과, 알짜 전하는 도체 표면에만 분포한다.
④ X: 틀린 표현은 "중심에서 가장 큰 값을 가진다"이다. 도체 내부의 전기장은 0이므로 전위는 중심을 포함한 도체 내부와 표면 전체에서 같은 값이다.

오답 포인트

①의 전기장 0과 ④의 전위 일정은 서로 다른 성질이다. 전기장이 0이라고 해서 중심의 전위가 더 커지는 것은 아니며, 전위는 위치에 따라 변하지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

도체가 정전기적 평형이면 내부 전기장 0, 표면 전기장 수직, 알짜 전하 표면 분포, 도체 전체 등전위의 네 가지를 차례로 적용해 판단한다.

암기 포인트

정전평형 도체: 내부 $E = 0$, 전하는 표면, 전기장은 수직, 전위는 일정이다.

NoteBase

문 2. 금속에 전자기파를 입사하여 튀어나온 전자의 에너지를 측정하는 광전효과 실험에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 진동수에 관계없이 입사한 전자기파의 진폭이 크면 진폭이 작은 경우보다 나오는 전자의 개수가 많다.
ㄴ. 이 실험으로 금속의 일함수를 구할 수 있다.
ㄷ. 전자의 에너지를 측정하기 위해 역학적 에너지 보존 법칙을 이용한다.
ㄹ. 입사하는 전자기파의 파장을 증가시키면 나오는 전자의 운동에너지가 커진다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 광전효과에서 빛의 진폭(세기)은 방출 전자 수에, 진동수는 전자의 최대 운동에너지에 영향을 준다는 점을 묻는다.

핵심 개념

광전효과는 금속에 빛을 비추었을 때, 광자 에너지가 금속의 일함수보다 크거나 같으면 전자가 방출되는 현상이다. 광자 1개의 에너지는 $E = hf$이므로 진동수가 클수록 커지고, 최대 운동에너지는 $K_{\max} = hf - W$로 정해진다. 빛의 세기는 단위 시간당 들어오는 광자 수와 관련되므로, 진동수가 문턱진동수 이상으로 일정할 때 세기가 커지면 방출 전자 수도 늘어난다.

NoteBase

선지별 해설

① ㄱ, ㄴ: X. ㄴ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. ㄱ의 틀린 표현은 '진동수에 관계없이'이다. 진폭이 커져 세기가 증가하면 방출 전자 수가 늘 수 있지만, 입사광의 진동수가 문턱진동수보다 낮으면 진폭이 아무리 커도 전자는 방출되지 않는다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ을 고른다.
② ㄱ, ㄷ: X. ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. ㄱ은 진동수가 문턱진동수 이상인 경우라는 조건이 있어야 한다. 틀린 부분은 '진동수에 관계없이'이며, 올바르게는 ㄴ, ㄷ을 고른다.
③ ㄴ, ㄷ: O. ㄴ은 광전효과의 에너지 관계 $K_{\max} = hf - W$를 이용하면 일함수 W를 구할 수 있으므로 옳다. ㄷ은 역방향 전압을 걸어 전자가 전극에 도달하지 못하게 하는 정지전압을 이용하며, 전기적 위치에너지 변화와 전자의 운동에너지 관계로 최대 운동에너지를 측정하므로 옳다.
④ ㄴ, ㄹ: X. ㄴ은 옳지만 ㄹ이 틀렸다. 틀린 표현은 '파장을 증가시키면 운동에너지가 커진다'이다. 실제로는 파장이 증가하면 진동수와 광자 에너지가 감소하므로, 광전자가 방출되는 범위에서는 최대 운동에너지가 작아지고, 문턱파장보다 길면 전자가 방출되지 않는다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ을 고른다.

오답 포인트

ㄱ은 '진폭이 커지면 전자 수가 많아진다'는 일반적 관계에 '진동수에 관계없이'라는 절대 표현을 붙인 함정이다. 문턱진동수보다 낮으면 광전자가 전혀 방출되지 않는다. ㄹ은 파장과 에너지의 관계를 반대로 바꾼 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 빛의 세기 변화인지 진동수(또는 파장) 변화인지 구분한다. 세기 변화는 주로 방출 전자 수를, 진동수 증가는 광자 에너지와 최대 운동에너지를 증가시킨다. 파장은 진동수에 반비례하므로 파장이 길어지면 최대 운동에너지는 감소한다.

암기 포인트

세기 ↑ → 전자 수 ↑, 진동수 ↑ → 전자 운동에너지 ↑, 파장 ↑ → 광자 에너지 ↓이다.

NoteBase

문 3. 외부로부터 단열된 용기에 온도 $15^\circ C$, 질량 $0.2kg$인 어떤 용액이 담겨 있다. 여기에 온도 $100^\circ C$, 질량 $0.5kg$인 쇠구슬을 넣었더니 시간이 지난 후 온도가 $30^\circ C$로 열평형 상태가 되었다. 이 용액의 비열은? (단, 쇠구슬의 비열은 $0.1kcal/kg \cdot ^\circ C$, 용기의 열용량은 $0.1kcal/^\circ C$이다)

① $\frac{1}{3}kcal/kg \cdot ^\circ C$

② $\frac{2}{3}kcal/kg \cdot ^\circ C$

③ $1kcal/kg \cdot ^\circ C$

④ $\frac{4}{3}kcal/kg \cdot ^\circ C$

정답 2번

출제 포인트

외부와 단열된 계에서 고온의 쇠구슬이 잃은 열량과 용액·용기가 얻은 열량을 같게 두는 열평형 문제이다.

조건 정리

쇠구슬: 질량 $0.5kg$, 비열 $0.1kcal/(kg \cdot ^\circ C)$, 온도 변화 $100^\circ C \rightarrow 30^\circ C$이다.
용액: 질량 $0.2kg$, 온도 변화 $15^\circ C \rightarrow 30^\circ C$, 비열을 c라 둔다.
용기: 열용량 $0.1kcal/^\circ C$, 온도 변화 $15^\circ C \rightarrow 30^\circ C$이다.
외부로 열이 빠져나가지 않으므로 쇠구슬의 방출 열량은 용액과 용기의 흡수 열량 합과 같다.

사용할 공식

질량과 비열이 주어진 물체는 $Q = mc\Delta T$, 열용량이 주어진 용기는 $Q = C\Delta T$를 사용한다. 이 문제에서는 쇠구슬이 식고 용액과 용기가 함께 데워지므로 Q_쇠구슬=Q_용액+Q_용기가 성립한다.

계산 과정

쇠구슬이 잃은 열량은 $0.5 \times 0.1 \times (100 - 30) = 3.5kcal$이다.
용액이 얻은 열량은 $0.2c \times (30 - 15) = 3ckcal$이다.
용기가 얻은 열량은 $0.1 \times (30 - 15) = 1.5kcal$이다.
따라서 $3.5 = 3c + 1.5$이므로 $c = \frac{2}{3}kcal/(kg \cdot ^\circ C)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $\frac{1}{3}kcal/(kg\cdot{}^\circ C)$는 열평형식을 만족하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{1}{3}$은 $\frac{2}{3}$으로 고쳐야 한다.
② O. 열평형식에서 구한 용액의 비열은 $\frac{2}{3}kcal/(kg\cdot{}^\circ C)$이다.
③ X. $1kcal/(kg\cdot{}^\circ C)$를 대입하면 용액의 흡수 열량이 $3kcal$가 되어 용기 열량까지 합하면 $4.5kcal$로, 쇠구슬의 방출 열량 $3.5kcal$와 다르다. 틀린 표현 1은 $\frac{2}{3}$으로 고쳐야 한다.
④ X. $\frac{4}{3}kcal/(kg\cdot{}^\circ C)$를 대입하면 용액의 흡수 열량이 $4kcal$가 되어 열량 보존에 맞지 않는다. 틀린 표현 $\frac{4}{3}$은 $\frac{2}{3}$으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

용기도 처음에는 $15^\circ C$이고 최종적으로 $30^\circ C$가 되므로 $1.5kcal$를 흡수한다. 이 용기 열량을 빼지 않으면 용액의 비열을 크게 계산하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

열평형 문제에서는 각 물체의 처음 온도와 최종 온도를 먼저 정한 뒤, 고온 물체의 방출 열량과 저온 물체들의 흡수 열량 합을 같게 둔다. 열용량이 주어지면 mc가 아니라 $C\Delta T$를 사용한다.

암기 포인트

단열 열평형에서는 방출 열량 = 흡수 열량이며, 용기의 열용량도 반드시 포함한다.

NoteBase

문 4. 한 매질에서 굴절률이 다른 매질로 빛이 입사할 때 나타나는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 굴절률이 더 큰 매질에 반사해서 나올 때 위상차가 180°변한다.

② 굴절률이 더 큰 매질에서 작은 매질로 입사할 때 굴절각은 입사각보다 크다.

③ 굴절률이 다른 매질을 통과할 때 진동수는 변하지 않는다.

④ 굴절률이 다른 매질을 통과할 때 파장은 변하지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 빛이 매질 경계에서 반사·굴절할 때 위상, 굴절각, 진동수, 파장이 어떻게 변하는지를 묻는다.

핵심 개념

반사는 같은 매질로 되돌아오는 현상이며, 굴절률이 작은 매질에서 큰 매질로 반사되면 반사광의 위상은 180° 변한다. 굴절은 다른 매질로 진행하는 현상이며, 진동수는 경계면을 지나도 일정하고 빛의 속도가 바뀌므로 파장은 변한다.
굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 굴절하면 굴절각은 입사각보다 커진다.

선지별 해설

① O. 굴절률이 작은 매질에서 큰 매질의 경계로 반사될 때 반사광은 위상이 180° 반전된다.
② O. 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하면 빛은 법선에서 멀어져 굴절하므로, 전반사가 일어나지 않는 범위에서는 굴절각이 입사각보다 크다.
③ O. 빛의 진동수는 광원에 의해 정해지므로 매질 경계를 통과해도 변하지 않는다.
④ X. 틀린 표현은 '파장은 변하지 않는다'이다. 진동수는 일정하지만 매질에 따라 빛의 속도가 달라지므로, $\lambda = v/f$에 따라 파장은 변한다. 올바르게는 '굴절률이 다른 매질을 통과할 때 파장은 변한다'이다.

오답 포인트

③과 ④를 함께 일정하다고 판단하기 쉽다. 매질이 바뀌어도 일정한 것은 진동수이고, 속도 변화에 따라 파장은 바뀐다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

굴절 문제에서는 먼저 진동수는 일정하다고 두고, 굴절률이 커질수록 속도와 파장은 작아진다는 관계로 선지를 판단한다. 큰 굴절률에서 작은 굴절률로 갈 때에는 법선에서 멀어져 굴절한다.

암기 포인트

매질이 바뀌어도 f는 일정, v와 λ는 함께 변한다.

NoteBase

문 5. 반감기가 T인 방사능 물질의 원자핵 N_0개가 있다. $3T$만큼의 시간이 경과하였을 때 붕괴하지 않고 남아 있는 원자핵의 개수는?

① $\frac{N_0}{8}$
② $\frac{N_0}{6}$
③ $\frac{N_0}{3}$
④ $\frac{N_0}{2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반감기가 T인 방사능 물질이 $3T$가 지난 뒤 남는 원자핵 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 원자핵 수는 N_0이고 반감기는 T이다. 경과 시간 $3T$는 반감기가 3번 지난 시간이며, 반감기 1번마다 남은 원자핵 수는 직전의 절반이 된다.

사용할 공식

반감기가 n번 지난 뒤의 원자핵 수는 $N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$이다. 이 문제에서는 경과 시간이 $3T$이므로 $n = 3$을 대입한다.

계산 과정

처음에는 N_0개이다. T 후에는 $N_0/2$개, $2T$ 후에는 $N_0/4$개, $3T$ 후에는 $N_0/8$개가 남는다. 따라서
$N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{N_0}{8}$이다.

선지 판단

① O. $3T$는 반감기 3번이므로 남은 수는 $N_0/8$이다.
② X. $N_0/6$은 반감기를 세 번 적용한 값이 아니다. 틀린 표현 $N_0/6$ → 올바르게는 $N_0/8$이다.
③ X. $N_0/3$은 반감기 횟수 3을 단순히 분모로 처리한 값이다. 틀린 표현 $N_0/3$ → 올바르게는 매 반감기마다 1/2를 곱한 $N_0/8$이다.
④ X. $N_0/2$는 반감기가 한 번 지난 T 후의 값이다. 틀린 표현 $N_0/2$ → $3T$ 후에는 $N_0/8$이다.

오답 포인트

③처럼 $3T$를 단순히 3으로 나누거나, ④처럼 반감기를 한 번만 적용하는 실수가 흔하다. 반감기는 일정한 양이 아니라 남아 있는 양의 절반이 반복되는 과정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

경과 시간을 반감기로 나누어 반감기 횟수 n을 먼저 구한 뒤, $N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$에 대입하여 판단한다.

암기 포인트

반감기 n번 후 잔존량은 초기량의 $1/2^n$이다.

NoteBase

문 6. 파장 660nm, 출력 10mW인 레이저에서 1초 동안 나오는 광자의 개수에 가장 가까운 것은? (단, Planck 상수 $h = 6.6 \times 10^{-34}\mathrm{J \cdot s}$이며 빛의 속력 $c = 3 \times 10^{8}\mathrm{m/s}$이다)

① 1.1×10^{16}개

② 1.7×10^{16}개

③ 2.5×10^{16}개

④ 3.3×10^{16}개

정답 4번

출제 포인트

레이저의 전체 에너지를 광자 1개의 에너지로 나누어 1초 동안 방출된 광자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

출력은 $10mW = 1.0 \times 10^{-2}J/s$이고, 시간은 $1s$이므로 전체 에너지는 $1.0 \times 10^{-2}J$이다. 파장은 $660nm = 6.60 \times 10^{-7}m$이다.

사용할 공식

광자 1개의 에너지는 E_광자=(hc)/(λ)이고, 광자 수는 N=E_전체E_광자이다. 파장이 주어졌으므로 광자의 에너지를 hc/λ로 구한 뒤 전체 에너지와 비교한다.

계산 과정

1. 1초 동안 방출한 전체 에너지는 E_전체=Pt=(1.0×10^-2 J/s)(1 s)=1.0×10^-2 J이다.
2. 광자 1개의 에너지는 E_광자=((6.6×10^-34 J· s)(3×10^8 m/s))/(6.60×10^-7 m)=3.0×10^-19 J이다.
3. 따라서 $N = \frac{1.0 \times 10^{-2}}{3.0 \times 10^{-19}} = 3.3 \times 10^{16}$개이다.

선지 판단

① X: 계산값은 1.1×10^{16}개가 아니라 3.3×10^{16}개이다. 틀린 표현인 '1.1×10^{16}개'는 '3.3×10^{16}개'로 고쳐야 한다. 이는 광자 1개의 에너지를 실제값의 3배로 크게 잡았을 때 나올 수 있는 값이다.

② X: 계산값은 1.7×10^{16}개가 아니라 3.3×10^{16}개이다. 틀린 표현인 '1.7×10^{16}개'는 '3.3×10^{16}개'로 고쳐야 한다. 파장 단위 변환이나 계수 계산이 부정확하면 이런 값이 나온다.

③ X: 계산값은 2.5×10^{16}개가 아니라 3.3×10^{16}개이다. 틀린 표현인 '2.5×10^{16}개'는 '3.3×10^{16}개'로 고쳐야 한다. hc/λ의 계수를 정확히 계산해야 한다.

④ O: 전체 에너지 $1.0 \times 10^{-2}J$를 광자 1개당 에너지 $3.0 \times 10^{-19}J$로 나누면 3.3×10^{16}개가 되어 계산 결과와 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

출력 mW를 에너지로 바로 쓰는 실수가 흔하다. 출력은 단위시간당 에너지이므로 먼저 시간 $1s$를 곱하고, 파장 nm도 m로 바꾼다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 문제에서는 출력에 시간을 곱해 전체 에너지를 구하고, E_광자=hc/λ로 광자 1개의 에너지를 구한 다음 N=E_전체/E_광자를 적용한다.

암기 포인트

광자 수는 '전체 에너지 ÷ 광자 1개 에너지'이며, $N = Pt\lambda/(hc)$로도 바로 계산된다.

NoteBase

문 7. 방정식이 $y(x,t)=10\sin\left(\frac{\pi x}{6}-4\pi t\right)$인 파동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, x, y의 단위는 m이고, t의 단위는 초(s)이다)

① 이 파동의 진행속도는 24m/s이다.

② 이 파동의 주기는 2초이다.

③ 이 파동의 파장은 12m이다.

④ 이 파동의 각속도는 4π이다.

정답 2번

출제 포인트

진행파 $y(x,t)=A\sin(kx-\omega t)$에서 진폭, 파장, 주기, 진행속도, 각속도를 읽어 내는 문제이다.

조건 정리

진폭은 $A=10m$, 파수는 $k=\frac{\pi}{6}rad/m$, 각속도는 $\omega=4\pi rad/s$이다. 위상 $kx-\omega t$ 꼴이므로 파동은 $+x$ 방향으로 진행한다.

사용할 공식

$k=\frac{2\pi}{\lambda}$, $\omega=\frac{2\pi}{T}$, $v=\frac{\omega}{k}=\frac{\lambda}{T}$를 사용한다. 주어진 사인 함수의 x의 계수는 k, t의 계수의 절댓값은 ω에 해당하기 때문이다.

계산 과정

1. $\lambda=\frac{2\pi}{k}=\frac{2\pi}{\pi/6}=12m$이다.
2. $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{4\pi}=0.5s$이다.
3. $v=\frac{\omega}{k}=\frac{4\pi}{\pi/6}=24m/s$이다.

선지 판단

① O: 진행속도는 $v=24m/s$이므로 옳다.
② X: 주기는 $2s$가 아니라 $0.5s$이다. 틀린 표현 '2초' → 올바르게는 '0.5초'이다. 4π를 각진동수로 읽지 않고 주파수와 혼동하면 생기는 오답이다.
③ O: 파장은 $\lambda=12m$이므로 옳다.
④ O: 시간항의 계수의 절댓값이 각속도이므로 $\omega=4\pi rad/s$이다. 단위까지 쓰면 각속도는 $4\pi rad/s$이다.
따라서 옳지 않은 것은 ②이다.

NoteBase

오답 포인트

②에서 4π를 주파수로 보면 안 된다. 4π는 각속도이므로 주기는 $T = 2\pi/\omega$로 계산한다. 또한 '옳지 않은 것'을 묻는 문제이므로 참인 ①, ③, ④를 고르지 않도록 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

진행파 $A\sin(kx \pm \omega t)$에서는 먼저 A, k, ω를 표시하고, $\lambda = 2\pi/k$, $T = 2\pi/\omega$, $v = \omega/k$를 차례로 적용해 선지의 수치와 비교한다.

암기 포인트

$kx \pm \omega t$에서 $k = 2\pi/\lambda$, $\omega = 2\pi/T$, $v = \omega/k$이다.

NoteBase

문 8. 실린더와 피스톤으로 구성된 열기관에 온도가 T인 단원자 이상 기체 1몰이 들어 있다. 이 기체의 부피가 등온 과정을 통해 $0.1\mathrm{L}$에서 $1\mathrm{L}$로 팽창한 후, 등압 과정을 통해 $1\mathrm{L}$에서 $2\mathrm{L}$로 팽창했다면, 전체 팽창 과정에서 기체가 외부에 한 일은? (단, 기체 상수는 R이다)

① $9RT$

② $10RT$

③ $(10+\ln 2)RT$

④ $(1+\ln 10)RT$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 등온 팽창 일과 등압 팽창 일을 각각 구하여 전체 일을 합하는 문제이다.

조건 정리

기체는 1몰이고 처음 온도는 T이다.
첫 과정은 등온 팽창으로 부피가 $0.1L$에서 $1L$가 된다.
둘째 과정은 등압 팽창으로 부피가 $1L$에서 $2L$가 된다. 등온 과정 뒤에도 온도는 T이므로, 등압 과정 시작점에서 $PV=RT$이다.

사용할 공식

등온 팽창의 일은 $W_{\mathrm{iso}}=nRT\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$이다.
등압 팽창의 일은 $W_{\mathrm{isob}}=P\Delta V$이다.
첫 과정은 온도가 일정하므로 등온 공식이 적용되고, 둘째 과정은 압력이 일정하므로 $P\Delta V$를 적용한다.

계산 과정

1. 등온 팽창의 일은 $W_1=RT\ln\left(\frac{1}{0.1}\right)=RT\ln 10$이다.
2. 등압 팽창 시작점은 부피 $1L$, 온도 T이므로 $P=RT/(1L)$이다. 부피 변화는 $\Delta V=2L-1L=1L$이다.
3. 따라서 등압 팽창의 일은 $W_2=P\Delta V=\frac{RT}{1L}\times 1L=RT$이다.
4. 전체 일은 $W=W_1+W_2=(1+\ln 10)RT$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $9RT$는 등온 팽창비 10을 단순히 $10-1=9$로 처리한 값이다. 등온 과정의 일은 부피 차가 아니라 로그비를 사용한다. 틀린 표현 $9RT \rightarrow$ 올바르게는 $(1+\ln 10)RT$이다.
② X. $10RT$는 두 과정의 일을 부피비나 부피값으로 단순 합산한 값이다. 등온 팽창 일은 $RT\ln 10$이고 등압 팽창 일은 RT이다. 틀린 표현 $10RT \rightarrow$ 올바르게는 $(1+\ln 10)RT$이다.
③ X. $(10+\ln 2)RT$는 두 팽창 과정의 부피비를 잘못 적용한 값이다. 둘째 과정은 등압 과정이므로 $RT\ln 2$를 더하지 않고 $P\Delta V=RT$를 더한다. 틀린 표현 $(10+\ln 2)RT \rightarrow$ 올바르게는 $(1+\ln 10)RT$이다.
④ O. 등온 팽창 일 $RT\ln 10$과 등압 팽창 일 RT를 합하면 $(1+\ln 10)RT$가 된다.

오답 포인트

등온 과정과 등압 과정을 모두 로그식으로 처리하는 오류가 핵심 함정이다. $\ln 2$는 등온으로 $1L$에서 $2L$까지 팽창할 때의 값이며, 이 문항의 둘째 과정은 등압 팽창이다.

다시 나오면 이렇게 판단

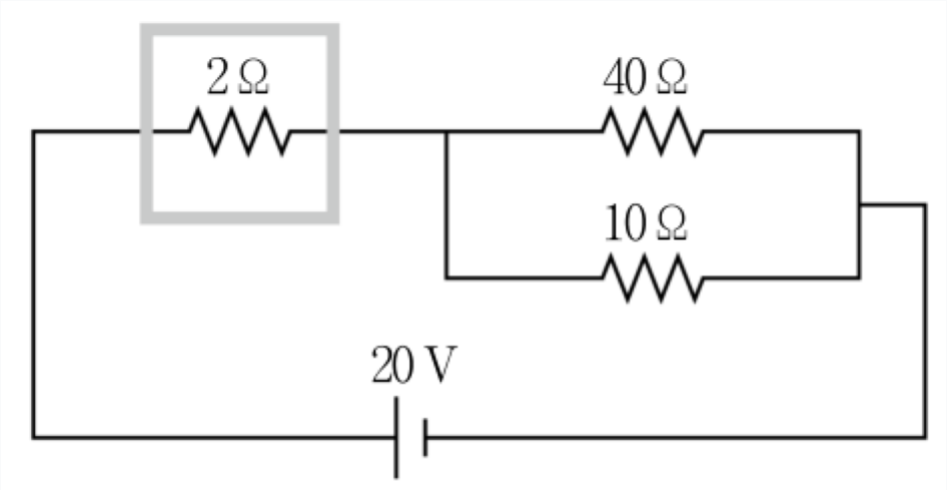
여러 과정의 기체 일은 각 과정의 조건을 먼저 분리한다. 등온이면 $nRT\ln(V_f/V_i)$, 등압이면 $P\Delta V$를 구한 뒤 부호를 포함하여 합산한다.

암기 포인트

등온은 로그비 $\ln(V_f/V_i)$, 등압은 직사각형 넓이 $P\Delta V$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 회로에서 2Ω의 저항기가 순수한 물 100g를 포함하고 있는 단열 용기에 잠겨 있다. 물의 초기온도가 20°C였다면 물의 온도가 80°C까지 올라가는 데 걸리는 시간은? (단, 단열 용기와 저항의 열용량은 무시하며, 1cal = 4J로 근사하여 계산한다)



① 50분

② 60분

③ 90분

④ 100분

정답 1번

출제 포인트

직렬·병렬 회로의 합성저항으로 2Ω 저항기에 흐르는 전류를 구하고, 줄열 $P = I^2R$과 물의 흡수열을 같게 두어 가열 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

물의 질량은 $100g$, 온도 변화는 $80 - 20 = 60\,^\circ C$이다. 물의 비열은 $1cal/(g\cdot\,^\circ C)$이고 $1cal = 4J$이다. 회로에서 40Ω과 10Ω은 병렬이며, 그 합성저항은 2Ω 저항기와 직렬이다.

사용할 공식

병렬 합성저항은 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{40} + \frac{1}{10}$이고, 전기적 발열 전력은 $P = I^2R$이다. 물이 얻는 열량은 $Q = mc\Delta T$이며, 가열에 걸리는 시간은 $t = Q/P$이다. 저항기와 물의 열용량, 열손실을 무시하므로 저항기에서 발생한 전기에너지가 모두 물의 열량이 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 병렬 부분의 합성저항은 $R_p = 8\Omega$이다. 따라서 전체 저항은 $R_{tot} = 2 + 8 = 10\Omega$이다.
2. 전체 전류는 $I = \frac{V}{R_{tot}} = \frac{20}{10} = 2A$이다. 2Ω 저항기는 병렬 부분과 직렬이므로 이 저항기에도 $2A$가 흐른다.
3. 이 저항기의 전력은 $P = I^2R = 2^2 \times 2 = 8W$이다.
4. 물에 필요한 열량은 $Q = 100 \times 1 \times 60 = 6000cal = 24000J$이다.
5. 따라서 $t = \frac{24000}{8} = 3000s = 50min$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 50분이므로 옳다.
② X: "60분" → 올바르게는 "50분"이다. 전체 전류를 구한 뒤 2Ω 저항기의 전력 $8W$를 사용해야 한다.
③ X: "90분" → 올바르게는 "50분"이다. 병렬인 40Ω, 10Ω을 직렬처럼 더하면 전체 저항과 전류를 잘못 구하게 된다.
④ X: "100분" → 올바르게는 "50분"이다. 병렬 부분의 합성저항은 50Ω가 아니라 8Ω이다.
계산 결과 50분이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

40Ω과 10Ω은 같은 두 접점에 연결된 병렬 저항이므로 각각에 흐르는 전류를 먼저 더할 필요가 없다. 먼저 병렬 합성저항을 구한 뒤, 직렬인 2Ω 저항기에 흐르는 전체 전류를 사용한다. 또한 열량 $6000cal$을 전력의 단위인 $W = J/s$와 비교하려면 $24000J$로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

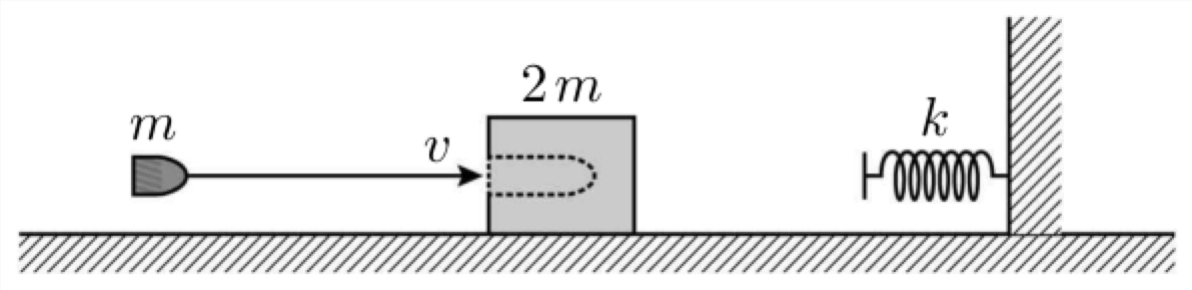
회로 가열 문제에서는 병렬·직렬 관계로 대상 저항기에 흐르는 전류를 구하고, $P = I^2R$로 발열 전력을 계산한다. 이어서 $Q = mc\Delta T$를 전력과 같은 단위인 J로 환산하여 $t = Q/P$를 적용한다.

암기 포인트

직렬 저항의 전류는 같고, 병렬 합성저항은 각 저항보다 작다. 전기 가열 시간은 $t = \frac{mc\Delta T}{I^2R}$로 정리된다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 질량 $2m$인 물체가 마찰이 없는 수평면 위에 정지 상태로 놓여 있고, 탄성계수 k인 용수철이 고정된 벽에 부착되어 있다. 질량 m인 총알이 물체를 향해 발사된 후 물체에 박힌 채로 용수철과 부딪힐 때 용수철의 최대 압축 길이는? (단, 용수철의 무게는 무시하며, 총알이 물체에 부딪히기 직전 속력은 v 이다)



① $v\sqrt{\frac{m}{4k}}$
② $v\sqrt{\frac{m}{3k}}$
③ $v\sqrt{\frac{m}{2k}}$
④ $v\sqrt{\frac{m}{k}}$

정답 2번

출제 포인트

완전비탄성 충돌에서 운동량 보존으로 충돌 직후 속도를 구한 뒤, 그 운동에너지가 용수철의 탄성퍼텐셜에너지로 바뀌는 과정을 계산하는 문제이다.

조건 정리

총알의 질량은 m, 충돌 직전 속력은 v이다. 물체의 질량은 $2m$이고 처음에는 정지해 있다. 총알이 박힌 뒤 함께 움직이는 질량은 $3m$이며, 마찰이 없으므로 충돌 후부터 최대 압축 순간까지 역학적 에너지가 보존된다.

사용할 공식

충돌 순간에는 외력이 무시되므로 운동량 보존식을 쓴다.
$mv = (m + 2m)V = 3mV$
총알이 박히는 충돌은 비탄성 충돌이므로 충돌 순간에는 역학적 에너지가 보존되지 않는다. 충돌 후에는 마찰이 없고 최대 압축 때 속력이 0이므로
12(3m)V^2=12kx^2
를 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 운동량 보존에서 $V=\frac{v}{3}$이다.
2. 최대 압축량을 x라 하면 12(3m)((v)/(3))^2=12kx^2이다.
3. 따라서 $x^2=\frac{mv^2}{3k}$이므로 $x=v\sqrt{\frac{m}{3k}}$이다.

선지 판단

① X. $v\sqrt{\frac{m}{4k}}$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $4k$ → 올바르게는 분모가 $3k$이다. 충돌 뒤 함께 움직이는 질량을 $4m$처럼 잘못 처리하면 이와 같은 오답이 나온다.
② O. 운동량 보존으로 구한 충돌 직후 속도 $v/3$를 에너지식에 대입하면 $x=v\sqrt{\frac{m}{3k}}$가 된다.
③ X. $v\sqrt{\frac{m}{2k}}$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 $2k$ → 올바르게는 $3k$이다. 총알이 박힌 뒤의 전체 질량 $3m$을 반영하지 않은 값이다.
④ X. $v\sqrt{\frac{m}{k}}$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 k → 올바르게는 $3k$이다. 충돌에서 운동에너지가 보존된다고 잘못 가정해 총알의 초기 운동에너지를 곧바로 용수철 에너지와 같게 두면 이 값이 나온다.

오답 포인트

총알이 물체에 박히는 순간은 완전비탄성 충돌이므로 운동량은 보존되지만 역학적 에너지는 보존되지 않는다. 처음부터 12mv^2=12kx^2로 두는 것이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

박힘·합체 충돌이 먼저 있으면 충돌 순간에는 운동량 보존으로 공통 속도를 구한다. 그 뒤 마찰 없는 운동 구간에서는 그 공통 속도의 운동에너지를 용수철의 탄성퍼텐셜에너지와 비교한다.

암기 포인트

박히는 충돌: 운동량 보존 → 충돌 후 공통 속도. 최대 압축: 충돌 후 운동에너지 = 용수철 에너지이다.

NoteBase

문 11. 물체를 옥상에서 자유낙하시켰을 때 물체의 운동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 공기의 저항은 무시한다)

① 운동량은 보존된다.

② 등가속도 운동이다.

③ 역학적 에너지는 보존된다.

④ 운동에너지는 증가한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 공기 저항을 무시한 자유낙하에서 운동량 보존, 등가속도 운동, 역학적 에너지 보존을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

운동량은 외력이 작용하지 않는 계에서 보존되는 물리량이다. 자유낙하하는 물체에는 중력이 외력으로 작용하므로 물체 하나의 운동량은 변한다.
등가속도 운동은 가속도의 크기와 방향이 일정한 운동이며, 공기 저항이 없으면 물체는 아래 방향으로 일정한 중력가속도를 받는다.
역학적 에너지는 운동에너지와 중력 위치에너지의 합이며, 중력만 작용할 때 보존된다.

선지별 해설

① X. 자유낙하하는 물체에는 아래 방향의 중력이 외력으로 작용하여 속도가 변하므로 물체의 운동량은 보존되지 않는다. 틀린 표현은 '운동량은 보존된다'이며, 올바르게는 '물체 하나의 운동량은 변하고, 물체와 지구를 함께 하나의 계로 보면 총운동량이 보존된다'이다.
② O. 공기 저항을 무시하면 가속도는 아래 방향으로 일정한 중력가속도이므로 등가속도 운동이다.
③ O. 공기 저항과 같은 비보존력이 없고 중력만 작용하므로 운동에너지와 중력 위치에너지의 합인 역학적 에너지는 보존된다.
④ O. 낙하하면서 중력 위치에너지가 감소한 만큼 운동에너지로 전환되고 속력이 커지므로 운동에너지는 증가한다.

오답 포인트

①은 '공기 저항을 무시한다'는 조건을 '힘이 전혀 작용하지 않는다'는 뜻으로 혼동하게 만든다. 공기 저항은 없지만 중력은 계속 작용하므로 물체 단독의 운동량은 보존되지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

자유낙하에서는 먼저 물체에 작용하는 외력을 확인한다. 물체 단독에는 중력이 작용하므로 운동량은 변하며, 중력만 작용하면 역학적 에너지는 보존되고 위치에너지는 운동에너지로 전환된다.

암기 포인트

자유낙하: 물체의 운동량은 변함, 가속도는 일정함, 역학적 에너지는 보존됨이다.

NoteBase

문 12. 역학적 에너지 보존에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물체에 작용하는 힘이 보존력인 경우에만 역학적 에너지가 보존된다.

② 보존력이 한 일에서 고정된 두 점 사이의 여러 경로 중 이동 경로가 달라지면 한 일도 달라진다.

③ 마찰력이나 저항력 같은 비보존력이 작용할 때는 역학적 에너지의 일부나 전부가 열에너지로 바뀐다.

④ 위치에너지는 보존력에서만 나타나는 개념으로 보존력만이 위치에너지를 갖는다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 보존력과 비보존력의 차이, 그리고 역학적 에너지 보존 조건을 묻는 문제이다.

핵심 개념

보존력은 두 점 사이에서 한 일이 경로와 무관하게 정해지는 힘이며, 중력·용수철힘이 대표적이다. 비보존력은 이동 경로에 따라 한 일이 달라지는 힘이며, 마찰력·공기 저항력이 대표적이다. 보존력만 작용하면 운동에너지와 위치에너지의 합인 역학적 에너지가 보존된다.

선지별 해설

① O: 물체에 작용하는 힘이 보존력뿐이면 운동에너지와 위치에너지가 서로 전환될 뿐, 그 합인 역학적 에너지는 보존된다.
② X: 틀린 표현은 "경로가 달라지면 한 일도 달라진다"이다. 보존력이 한 일은 고정된 두 점 사이에서 이동 경로와 무관하다. 경로에 따라 한 일이 달라지는 것은 비보존력의 성질이다.
③ O: 마찰력이나 저항력은 비보존력이므로, 이들이 한 일로 역학적 에너지의 일부 또는 전부가 열에너지 등으로 전환된다.
④ O: 위치에너지는 보존력에 대응하여 정의되는 에너지이다. 따라서 보존력에 대해서만 위치에너지를 정의할 수 있다.

오답 포인트

②는 보존력과 비보존력의 경로 의존성을 뒤바꾼 선지이다. "경로와 무관"은 보존력, "경로에 따라 달라짐"은 마찰력 같은 비보존력의 특징이다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 점 사이에서 한 일이 이동 경로와 무관하면 보존력으로 판단한다. 경로에 따라 일이 달라지거나 열에너지로 소모되는 효과가 있으면 비보존력으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

보존력: 경로 무관·위치에너지 정의 가능 / 비보존력: 경로 의존·역학적 에너지가 열 등으로 전환된다.

NoteBase

문 13. 어떤 높이에 정지해 있던 작은 돌이 자유낙하하여 바닥에 도달하는 데 걸린 시간이 10초였다. 이 돌이 처음과 같은 높이에서 아래 연직방향으로 속력 75m/s로 던져진다면 바닥에 도달하는 데 걸리는 시간[초]은? (단, 공기의 저항은 무시하고, 중력가속도는 10m/s^2이다)

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

출제 포인트

자유낙하로 높이를 먼저 구한 뒤, 아래 방향으로 던진 등가속도 운동식으로 도달 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

자유낙하 시간은 $10s$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다. 같은 높이에서 아래쪽으로 $75m/s$의 초기속도로 던진다. 공기 저항은 무시하므로 가속도는 두 경우 모두 아래 방향으로 $10m/s^2$이다.

사용할 공식

등가속도 운동에서 변위는 $s = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$이다. 처음 자유낙하한 물체는 $v_0 = 0$이므로 높이를 $h = \frac{1}{2}gt^2$로 구한다. 두 번째 물체도 같은 높이만큼 이동하지만, 아래 방향 초기속도 $v_0 = 75m/s$가 있으므로 $h = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$를 사용한다.

계산 과정

1. 처음 자유낙하에서 높이는 $h = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 = 500m$이다.
2. 두 번째 물체에 대해 $500 = 75t + \frac{1}{2} \times 10t^2 = 75t + 5t^2$이다.
3. $t^2 + 15t - 100 = 0$이므로 $(t + 20)(t - 5) = 0$이다. 시간은 음수가 될 수 없으므로 $t = 5s$이다.

선지 판단

① X — $3s$는 $500 = 75t + 5t^2$를 만족하지 않는다. 틀린 표현은 '3초'이며, 올바르게는 $5s$이다.
② X — $4s$일 때 이동거리는 $75 \times 4 + 5 \times 4^2 = 380m$로 $500m$에 못 미친다. 틀린 표현은 '4초'이며, 올바르게는 $5s$이다.
③ O — $5s$일 때 이동거리는 $75 \times 5 + 5 \times 5^2 = 500m$이므로 바닥에 도달한다.
④ X — $6s$일 때 이동거리는 $75 \times 6 + 5 \times 6^2 = 630m$로 높이 $500m$를 지난 뒤이다. 틀린 표현은 '6초'이며, 올바르게는 $5s$이다.

NoteBase

오답 포인트

처음 자유낙하의 $10s$를 두 번째 물체의 시간에도 그대로 적용하면 안 된다. 두 번째 물체에는 아래 방향 초기속도 $75m/s$가 있어 같은 높이를 더 짧은 시간에 이동한다.

다시 나오면 이렇게 판단

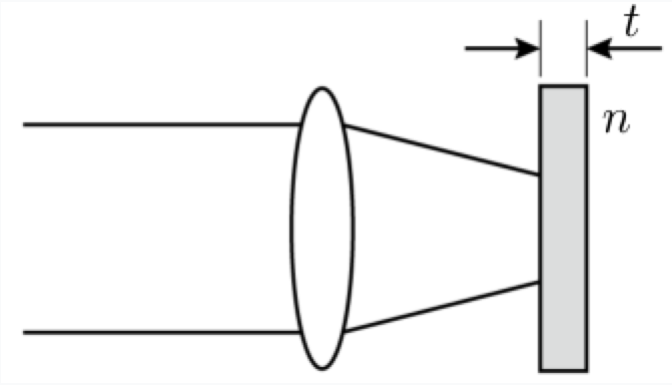
같은 높이에서 운동 조건만 바뀌는 문제는 먼저 한 운동으로 높이를 구하고, 다음 운동에 맞는 초기속도를 포함하여 $s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$에 대입해 시간을 구한다.

암기 포인트

자유낙하는 $v_0 = 0$, 아래로 던지기는 $v_0 > 0$이다. 같은 높이라면 아래 방향 초기속도가 있을수록 도달 시간은 짧아진다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 공기 중에 놓인 초점거리 f인 렌즈를 향해 평행광이 입사하고 있다. 렌즈와 렌즈의 초점 사이에 두께 t, 굴절률 n인 평평한 물질을 삽입하였을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 공기의 굴절률은 1, 물질의 굴절률 $n > 1$이다)



① 초점이 맺히는 거리는 물질이 삽입되지 않았을 때보다 길어진다.

② 초점이 맺히는 거리는 물질의 굴절률 크기와 상관이 없다.

③ 초점이 맺히는 위치는 물질의 두께와 상관이 없다.

④ 입사한 빛은 평판 물질로 인하여 발산한다.

정답 1번

출제 포인트

평행광을 모으는 볼록렌즈와 초점 사이에 평행한 판을 넣을 때, 굴절로 인해 초점이 이동하는 방향과 이동 거리를 판단하는 문제이다.

조건 정리

렌즈만 있을 때 평행광은 렌즈로부터 초점거리 f인 곳에 모인다. 두께 t, 굴절률 $n > 1$인 평판은 렌즈와 원래 초점 사이에 놓여 있으며, 평판의 양쪽 면은 서로 평행하다.

사용할 공식

평행판을 통과한 뒤의 초점 이동 거리는 $\Delta x = t(1 - \frac{1}{n})$이다. $n > 1$이면 $1 - \frac{1}{n} > 0$이므로 초점은 원래 초점보다 렌즈에서 멀어지는 쪽으로 이동한다. 평행한 두 경계면에서 빛이 한 번씩 굴절하므로 이 관계를 사용한다.

계산 과정

평판 안에서는 빛의 진행각이 공기 중보다 작아져 수렴이 느려진다. 따라서 평판을 지난 뒤에도 원래 초점에서 아직 모이지 못하고, 추가 거리 $\Delta x = t(1 - \frac{1}{n})$만큼 더 진행한 곳에서 모인다. 그러므로 새 초점거리는 $f + t(1 - \frac{1}{n})$로서 f보다 크다.

NoteBase

선지 판단

① O. $n > 1$인 평판에서는 $\Delta x = t\left(1 - \frac{1}{n}\right) > 0$이므로 초점이 렌즈에서 더 멀어져 초점거리가 길어진다.
② X. 초점 이동 거리 Δx에 n이 들어가므로 굴절률과 관련이 있다. 틀린 표현 '굴절률 크기와 상관이 없다' → 올바르게는 '굴절률이 클수록 $1 - \frac{1}{n}$이 커져 초점 이동 거리가 커진다.'이다.
③ X. 초점 이동 거리 Δx에 두께 t가 비례하므로 두께와 상관이 있다. 틀린 표현 '두께와 상관이 없다' → 올바르게는 '평판이 두꺼울수록 초점은 더 멀리 이동한다.'이다.
④ X. 공기에서 굴절률이 더 큰 평판으로 들어갈 때와 평판에서 공기로 나올 때 모두 굴절이 일어난다. 틀린 표현 '굴절하지 않고' → 올바르게는 '평판의 두 경계면에서 굴절한다.'이다.

오답 포인트

평판의 양면이 평행하므로 입사광과 출사광의 방향이 같다는 사실을 '굴절이 없다'고 오해하기 쉽다. 방향은 같아져도 평판 내부에서의 수렴이 느려져 초점 위치는 이동한다.

다시 나오면 이렇게 판단

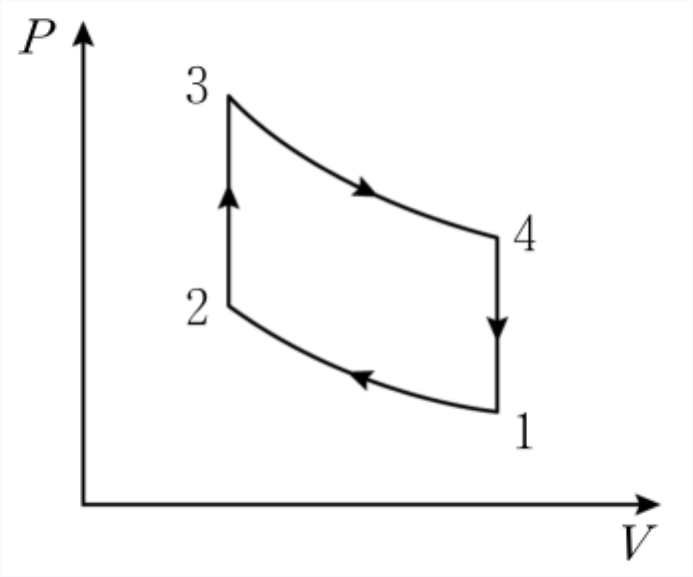
수렴광 경로에 $n > 1$인 평행판이 들어가면 $\Delta x = t\left(1 - \frac{1}{n}\right)$만큼 초점이 진행 방향으로 이동한다고 판단한다. 이어서 t와 n이 커질수록 이동량도 커지는지 확인한다.

암기 포인트

고굴절률 평행판 삽입: 수렴 지연, 초점은 뒤로 이동, 이동량은 $t\left(1 - \frac{1}{n}\right)$이다.

NoteBase

문 15. 그림은 어떤 열기관의 오토(Otto) 순환 과정을 부피-압력 도표로 나타낸 것이다. 과정 1에서 2는 단열 과정, 2에서 3은 등적 과정, 3에서 4는 단열 과정이며, 4에서 1은 등적 과정이다. 이 열역학 과정에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 1에서 2 과정으로 진행하면서 온도가 감소한다.

② 2에서 3 과정 동안 기관 내부로 열이 주입된다.

③ 3에서 4 과정으로 진행하면서 온도가 증가한다.

④ 4에서 1 과정 동안 기관 내부로 열이 주입된다.

정답 2번

출제 포인트

오토 순환의 단열 과정과 등적 과정에서 온도 변화 및 열의 출입을 구별하는 문제이다. 단열 과정은 열출입이 없고, 등적 과정은 부피가 일정하여 한 일은 0이므로 열의 출입이 내부에너지 변화와 같다.

핵심 개념

단열 과정: $Q = 0$인 과정이다. 기체를 단열 압축하면 온도는 증가하고, 단열 팽창하면 온도는 감소한다.
등적 과정: $\Delta V = 0$이므로 $W = 0$인 과정이다. 따라서 $Q = \Delta U$이며, 이상기체에서는 온도 증가 시 열이 유입되고 온도 감소 시 열이 방출된다.
이 순환에서 1→2는 단열 압축, 2→3은 등적 가열, 3→4는 단열 팽창, 4→1은 등적 냉각이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 1→2는 단열 압축 과정이다. 압축되면서 기체에 일이 가해져 내부에너지가 증가하므로 온도는 증가한다. 틀린 표현은 '온도가 감소한다'이며, 올바르게는 '온도가 증가한다'이다.
② O — 2→3은 등적 과정에서 압력과 온도가 함께 증가하는 과정이다. 부피가 일정하여 한 일은 0이고 내부에너지가 증가하므로, 기관 내부로 열이 주입된다.
③ X — 3→4는 단열 팽창 과정이다. 기체가 외부에 일을 하면서 내부에너지가 감소하므로 온도는 감소한다. 틀린 표현은 '온도가 증가한다'이며, 올바르게는 '온도가 감소한다'이다.
④ X — 4→1은 등적 냉각 과정이다. 온도와 내부에너지가 감소하므로 열은 기관 내부에서 외부로 방출된다. 틀린 표현은 '열이 주입된다'이며, 올바르게는 '열이 방출된다'이다.

오답 포인트

등적 과정이라는 말만 보고 열이 항상 유입된다고 판단하면 ④를 고르게 된다. 등적 과정에서는 부피가 아니라 온도 변화의 방향을 함께 보아야 하며, 온도 상승이면 열 유입, 온도 하강이면 열 방출이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 단열 과정에서는 압축·팽창 방향으로 온도 변화를 판단한다. 이어서 등적 과정에서는 압력 변화와 온도 변화를 확인하여, 위쪽으로 진행하면 가열·열 유입, 아래쪽으로 진행하면 냉각·열 방출로 판단한다.

암기 포인트

오토 순환은 단열 압축 → 등적 가열 → 단열 팽창 → 등적 냉각 순서이다.

NoteBase

문 16. 외야수가 150g의 야구공을 40m/s의 속력으로 지면과 30°의 각도로 위로 던진다. 야구공이 최고 높이에 도달했을 때 운동 에너지[J]는? (단, 공기의 저항은 무시한다)

① 60
② 70
③ 80
④ 90

정답 4번

출제 포인트

포물선 운동에서 최고점의 수평속도만 남는다는 점을 이용하여 운동 에너지를 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $m = 150g = 0.15kg$이고, 처음 속력은 $v_0 = 40m/s$, 발사각은 $30°$이다. 공기 저항이 없으므로 수평속도는 운동 내내 일정하다. 최고점에서는 수직속도가 0이므로 수평속도만 남는다.

사용할 공식

운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이다. 최고점에서는 $v = v_x = v_0\cos 30°$이므로 이 수평속도를 식에 대입한다.

계산 과정

1. 최고점의 속력은 $v_x = 40\cos 30° = 40 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\sqrt{3}m/s$이다.
2. 따라서 $K = \frac{1}{2} \times 0.15 \times (20\sqrt{3})^2$이다.
3. $(20\sqrt{3})^2 = 1200$이므로 $K = 0.075 \times 1200 = 90J$이다.

선지 판단

① X: 최고점의 운동 에너지는 60J가 아니다. 올바르게는 90J이다. 60J는 최고점에서 수평속도 $20\sqrt{3}m/s$를 제대로 제곱하지 않았을 때 나올 수 있는 오답이다.
② X: 최고점의 운동 에너지는 70J가 아니다. 올바르게는 90J이다. 최고점에서도 수평속도가 남으므로 임의의 감소량을 전체 운동 에너지에서 빼는 방식으로는 구할 수 없다.
③ X: 최고점의 운동 에너지는 80J가 아니다. 올바르게는 90J이다. 질량 $150g$을 $0.15kg$으로 바꾸고 수평속도의 제곱을 사용해야 한다.
④ O: 최고점의 운동 에너지는 90J이다. 수직속도는 0이지만 수평속도 $20\sqrt{3}m/s$가 남기 때문이다.

NoteBase

오답 포인트

최고점에서 속도가 모두 0이라고 착각하기 쉽다. 최고점에서 0이 되는 것은 수직속도뿐이며, 공기 저항이 없으면 수평속도는 계속 유지된다.

다시 나오면 이렇게 판단

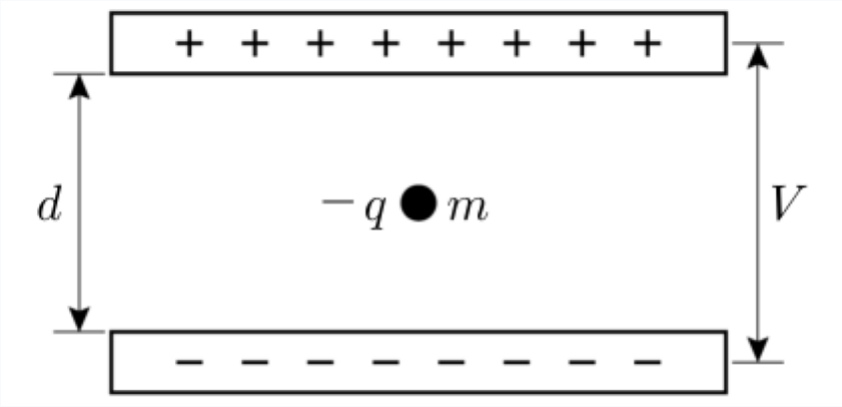
포물선 운동의 최고점에서는 먼저 $v_y = 0$, $v_x = v_0 \cos\theta$를 정리한 뒤 $K = \frac{1}{2}mv_x^2$를 적용한다. 질량은 kg 단위로 변환하여 계산한다.

암기 포인트

최고점: 수직속도 0, 수평속도 일정, 운동 에너지는 0이 아니다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 평행판 축전기가 지면에 수평으로 있다. 두 판 사이의 전위차가 V이고, 거리가 d인 평행 도체판 사이에 질량 m, 전하량 $-q$인 입자가 정지하고 있는 경우 입자 질량 m의 크기는? (단, 도체판 사이의 전기장은 균일하고, g는 중력가속도이다)



① qV

② gV

③ $\frac{gd}{qV}$

④ $\frac{qV}{gd}$

정답 4번

출제 포인트

평행판 축전기 내부의 균일한 전기장과 전기력의 평형을 이용하여 입자의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

두 판의 전위차는 V, 판 사이 거리는 d이므로 전기장 세기의 크기는 $E = V/d$이다. 위쪽 판은 양(+)전하, 아래쪽 판은 음(-)전하이므로 전기장은 아래쪽을 향한다. 전하량이 $-q$인 입자는 전기장과 반대인 위쪽으로 전기력을 받아 중력과 평형을 이룬다.

사용할 공식

전기력의 크기는 $F_e = qE$, 중력의 크기는 $F_g = mg$이다. 입자가 정지해 있으므로 두 힘의 크기가 같아 $qE = mg$를 사용한다.

계산 과정

1. 균일한 전기장의 크기는 $E = V/d$이다.
2. 평형 조건은 $qE = mg$이다.
3. $q(V/d) = mg$이므로 $m = qV/(gd)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. qV는 전하와 전위차의 곱으로 에너지의 차원을 가지며 질량이 될 수 없다. 틀린 표현 qV → 올바르게는 $qV/(gd)$이다.
② X. gV에는 전하량 q와 판 사이 거리 d가 반영되지 않아 평형식 $qV/d = mg$를 만족하지 못한다. 틀린 표현 gV → 올바르게는 $qV/(gd)$이다.
③ X. $gd/(qV)$는 구한 질량 $qV/(gd)$의 역수 형태이다. 틀린 표현 $gd/(qV)$ → 올바르게는 $qV/(gd)$이다.
④ O. 평형식에서 정리한 $m = qV/(gd)$와 일치한다.

오답 포인트

전하가 음전하라는 사실은 전기력의 방향을 정하는 데 쓰인다. 질량을 구할 때는 전기력의 크기 qE와 중력의 크기 mg를 같게 놓아야 하며, ③처럼 분자와 분모를 뒤집지 않도록 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행판 축전기에서 정지한 입자는 먼저 $E = V/d$를 구하고, 전기력의 방향이 중력과 반대인지 확인한 뒤 $qE = mg$로 평형식을 세운다.

암기 포인트

평행판 전기장 $E = V/d$, 정지 평형 $qE = mg$이므로 $m = qV/(gd)$이다.

NoteBase

문 18. 한 쪽만 열려 있는 길이 L_1인 관 A의 기본 진동수는 f_0이다. 양 끝이 열려 있는 길이 L_2인 관 B의 제 3조화 진동수가 $3f_0$일 때, $\frac{L_2}{L_1}$는?

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

출제 포인트

한쪽만 열린 관의 기본진동수와 양끝이 열린 관의 제3조화 진동수 공식을 비교하여 길이의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

관 A는 한쪽만 열린 관이고 길이는 L_1이다. 기본진동수는 f_0이다. 관 B는 양끝이 열린 관이고 길이는 L_2이다. 관 B의 제3조화 진동수는 $3f_0$이다. 두 관에서 음속 v는 같다.

사용할 공식

한쪽만 열린 관의 기본진동수는 $f = \frac{v}{4L}$이고, 양끝이 열린 관의 제3조화 진동수는 $f_3 = \frac{3v}{2L}$이다. 관의 열린 끝 조건이 서로 다르므로 기본진동수의 파장 조건이 각각 $4L$, $2L$가 되어 이 공식을 사용한다.

계산 과정

관 A에서 $f_0 = \frac{v}{4L_1}$이다. 관 B에서 제3조화 진동수가 $3f_0$이므로 $\frac{3v}{2L_2} = 3f_0$이다. 여기에 $f_0 = \frac{v}{4L_1}$을 대입하면 $\frac{3v}{2L_2} = \frac{3v}{4L_1}$이다. 따라서 $L_2 = 2L_1$이고, $\frac{L_2}{L_1} = 2$이다.

선지 판단

① X: $\frac{L_2}{L_1} = 0.5$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 '0.5' → 올바르게는 '2'이다. 이는 열린 관의 파장 조건을 반대로 적용하여 길이비의 분자와 분모를 뒤바꾼 값이다.
② X: $\frac{L_2}{L_1} = 1$이면 두 관의 길이가 같다는 뜻이나, 계산 결과는 $L_2 = 2L_1$이다. 틀린 표현 '1' → 올바르게는 '2'이다.
③ O: $\frac{L_2}{L_1} = 2$이며, 계산 결과와 일치한다.
④ X: $\frac{L_2}{L_1} = 4$는 양끝이 열린 관의 제3조화에서 조화수 3을 길이비에 한 번 더 잘못 반영한 값이다. 틀린 표현 '4' → 올바르게는 '2'이다.

NoteBase

오답 포인트

‘제3조화’의 3은 양끝이 열린 관 B의 진동수 식 $\frac{3v}{2L_2}$에 들어간다. 이 3이 주어진 진동수 $3f_0$의 3과 약분된다는 점을 놓치면 ①이나 ④처럼 길이비를 잘못 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

관의 끝 조건부터 구분한다. 한쪽만 열린 관의 기본진동수는 $\frac{v}{4L}$, 양끝이 열린 관의 n차 조화 진동수는 $\frac{nv}{2L}$로 놓고, 주어진 진동수를 대입한 뒤 공통인 v와 조화수 인자를 약분한다.

암기 포인트

한쪽만 열린 관 기본: $v/(4L)$, 양끝 열린 관 제3조화: $3v/(2L)$이다.

NoteBase

문 19. 전자석 코일에 9A의 전류가 흘러 648J의 자기 에너지를 저장하였을 때, 코일의 유도계수[H]는?

① 16

② 32

③ 64

④ 72

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전류가 흐르는 코일에 저장되는 자기 에너지와 유도계수의 관계를 이용해 유도계수를 구하는 계산 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 저장 자기 에너지 $U = 648J$, 전류 $I = 9A$이다. 구할 값은 코일의 유도계수 L이다. 별도의 단위 변환은 필요하지 않다.

사용할 공식

코일의 자기 에너지는 $U = \frac{1}{2}LI^2$로 나타낸다. 문제에서 코일에 흐르는 전류와 그때 저장된 자기 에너지가 주어졌으므로, 이 식을 L에 대해 정리해 사용한다.

계산 과정

$L = \frac{2U}{I^2} = \frac{2 \times 648}{9^2} = \frac{1296}{81} = 16H$ 따라서 코일의 유도계수는 $16H$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 $16H$이므로 옳다.
② X: 선지의 $32H$는 계산 결과와 다르다. $32H \rightarrow 16H$로 고쳐야 한다.
③ X: 선지의 $64H$는 계산 결과와 다르다. $64H \rightarrow 16H$로 고쳐야 한다.
④ X: 선지의 $72H$는 계산 결과와 다르다. $72H \rightarrow 16H$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

에너지 식에서 전류는 I가 아니라 I^2로 들어가며, 앞의 $\frac{1}{2}$도 빠뜨리면 안 된다. 특히 $9^2 = 81$을 먼저 계산하지 않으면 오답 선지와 혼동하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

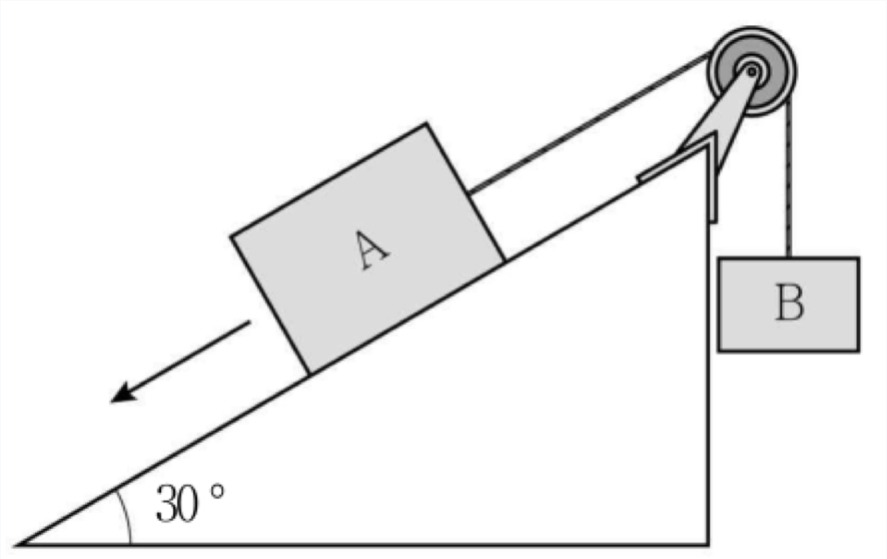
코일의 저장 에너지 문제가 나오면 먼저 $U = \frac{1}{2}LI^2$를 쓰고, 구하려는 양이 L이면 $L = \frac{2U}{I^2}$로 정리한 뒤 전류를 제곱하여 대입한다.

암기 포인트

코일 에너지: $U = \frac{1}{2}LI^2$. 전류가 두 배가 되면 에너지는 네 배가 된다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 두 물체가 도르래에 연결되어 등속도 운동을 하고 있다. 물체 A와 B의 질량은 각각 m_1, m_2 이고, 경사면과 물체 사이의 운동마찰계수는 μ이다. 수평 경사각이 $30\,^\circ$일 때 물체 A가 경사면 아래로 등속도 운동을 하기 위한 질량 비 $\frac{m_2}{m_1}$는? (단, 줄의 질량과 도르래의 마찰은 무시한다)



① $\frac{\mu-\sqrt{3}}{2}$
② $\frac{\mu+\sqrt{3}}{2}$
③ $\frac{1-\mu\sqrt{3}}{2}$
④ $\frac{1+\mu\sqrt{3}}{2}$

정답 3번

출제 포인트

등속도 운동 조건에서 경사면 위 물체 A와 매달린 물체 B의 힘의 평형식을 세워 질량비를 구하는 문제이다.

조건 정리

물체 A는 경사면 아래쪽으로 등속도 운동하므로, 마찰력은 경사면 위쪽으로 작용한다.
물체 A의 수직항력은 $N = m_1 g\cos 30\,^\circ$이고, 운동 마찰력의 크기는 $f = \mu m_1 g\cos 30\,^\circ$이다.
물체 B는 위쪽으로 등속도 운동하므로 장력은 중력과 같아 $T = m_2 g$이다.

사용할 공식

등속도 운동에서는 가속도가 0이므로 각 물체의 운동 방향 힘의 합이 0이다.
물체 A에 대하여 경사면 아래쪽을 양(+)으로 두면 $m_1 g\sin 30\,^\circ - T - \mu m_1 g\cos 30\,^\circ = 0$이다. 마찰력은 운동 방향과 반대이므로 음(-) 부호가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 물체 B의 평형식에서 $T = m_2 g$이다.
2. 이를 물체 A의 평형식에 대입하면 $m_2 g = m_1 g(\sin 30^\circ - \mu \cos 30^\circ)$이다.
3. sin 30° = 1/2, 30^=3/2이므로 (m_2)/(m_1)=(1-μ3)/(2)이다.

선지 판단

① X. 제시식 (μ-3)/(2)은 평형식에서 얻어지는 상수항과 μ의 계수가 모두 맞지 않는다. 올바르게는 (1-μ3)/(2)이다.
② X. 제시식 (μ+3)/(2)은 경사면 방향 중력 성분 $m_1 g \sin 30^\circ$과 마찰력 $\mu m_1 g \cos 30^\circ$의 관계를 반영하지 못한다. 올바르게는 (1-μ3)/(2)이다.
③ O. A가 아래로 미끄러질 때 마찰력은 위쪽이므로 $\sin 30^\circ - \mu \cos 30^\circ$가 되어 (m_2)/(m_1)=(1-μ3)/(2)이다.
④ X. 제시식 (1+μ3)/(2)은 마찰력을 운동 방향과 같은 아래쪽 힘으로 더한 결과이다. 마찰력은 위쪽이므로 더하기가 아니라 빼기가 되어, 올바르게는 (1-μ3)/(2)이다.

오답 포인트

그림의 화살표처럼 A가 경사면 아래로 움직이면 운동 마찰력은 반드시 경사면 위쪽이다. 따라서 A의 중력 성분에서 마찰력을 빼야 하며, ④처럼 μ항을 더하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

줄로 연결된 두 물체가 등속도이면 각 물체에 대해 운동 방향을 먼저 정하고 힘의 합을 0으로 둔다. 미끄러지는 물체의 마찰력은 항상 그 물체의 운동 방향 반대로 배치한 뒤 장력식을 대입한다.

암기 포인트

경사면 아래로 운동하는 물체: 경사방향 중력 성분 $mg\sin\theta$에서 마찰력 $\mu mg\cos\theta$를 뺀다.

NoteBase