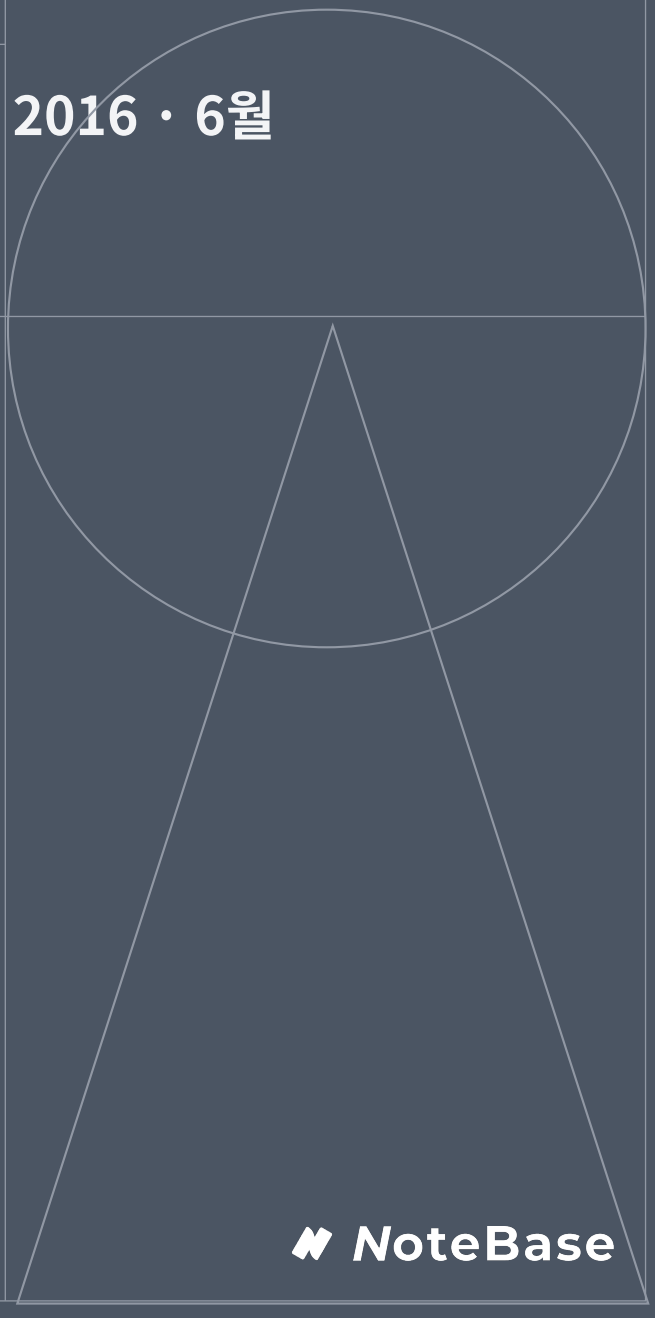
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2016 · 6월

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2016 · 6월

문 1. 고열원의 온도가 327℃, 저열원의 온도가 27℃인 증기기관의 카르노(carnot) 효율(이상적인 열효율)은? (단, 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.)

① 0.1

② 0.5

③ 0.9

④ 1.1

정답 2번

간단한 해설

카르노 효율은 **절대온도로 나타낸 저열원과 고열원의 온도비**를 1에서 뺀 값이다. 두 온도는 각각 약 300 K와 600 K이므로 효율은 0.5, 즉 50%이다.

계산 과정

온도 변환: 카르노 효율의 온도비에는 **섭씨온도가 아니라 절대온도(K)**를 사용한다. 섭씨온도에 273.15를 더하면 고열원의 온도는 $T_H = 327 + 273.15 = 600.15$ K, 저열원의 온도는 $T_L = 27 + 273.15 = 300.15$ K이다.

공식 적용: 열효율은 고열원에서 받은 열 중 일로 전환된 비율이다. 두 열원 사이에서 가역적으로 작동하는 카르노 기관은 그 온도 조건에서 가능한 최대 열효율을 가지며, $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$로 계산한다. 여기서 $\frac{T_L}{T_H}$는 받은 열 중 저열원으로 내보내는 열의 비율이므로, 이를 1에서 빼면 일로 전환되는 비율이 된다.

효율 계산: $\eta = 1 - \frac{300.15}{600.15} \approx 0.4999$이다. **소수점 둘째 자리에서 반올림**하면 0.5이며, 이는 받은 열의 약 50%를 일로 전환한다는 뜻이다. 이 값은 ②의 0.5와 일치한다.

NoteBase

문 2. 스프레이 캔에 이상기체가 들어 있다. 캔 내부의 압력은 대기압의 2배(202kPa)이고, 부피는 125cm^{3}이며 온도는 22.0°C이다. 이 캔을 매우 뜨거운 액체 속에 담근 후 캔 내부 기체의 온도가 195°C에 도달할 때, 캔 내부의 압력은? (단, 부피의 변화는 무시한다.)

① 180kPa

② 260kPa

③ 320kPa

④ 480kPa

정답 3번

간단한 해설

기체의 양과 부피가 일정하면 압력은 **절대온도에 비례**한다. 22.0°C와 195°C를 각각 295.15 K와 468.15 K로 바꾸어 압력비를 구하면, 가열 후 압력은 약 320 kPa이다.

계산 과정

1. 압력과 온도의 관계: 캔에서 기체가 빠져나가지 않고 부피 변화도 무시하므로, 기체의 몰수 n과 부피 V는 일정하다. 이상기체 상태 방정식 $PV = nRT$에서 R은 기체 상수이므로 $\frac{P}{T} = \frac{nR}{V}$가 일정하다. 여기서 P는 절대압력, T는 절대온도이다. 처음 압력은 주어진 202 kPa를 그대로 사용하며, 부피 125 cm^{3}는 처음과 나중에 같아 비를 구할 때 소거된다.

2. 온도 변환: 압력비를 구할 때는 **섭씨온도가 아니라 절대온도**를 사용한다. 섭씨온도에 273.15를 더하면 처음 온도는 22.0 + 273.15 = 295.15 K, 나중 온도는 195 + 273.15 = 468.15 K이다.

3. 나중 압력 계산: 처음과 나중의 압력을 각각 P_1, P_2, 절대온도를 각각 T_1, T_2라 하면 $P_2 = P_1\frac{T_2}{T_1}$이다. 따라서 $P_2 = 202 \cdot \frac{468.15}{295.15} \approx 320.4\text{kPa}$이다. 절대온도가 처음의 약 1.59배가 되었으므로 압력도 약 1.59배가 된다.

계산한 압력은 약 320 kPa로, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 3. 빛의 입자성을 보여주는 현상을 <보기>에서 모두 고르면?

<보기>
ㄱ. 광전효과(Photoelectric effect)
ㄴ. 이중슬릿실험(Double slit experiment)
ㄷ. 콤프턴효과(Compton effect)

① ㄱ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

광전효과와 콤프턴효과는 빛이 **광자 단위로 에너지와 운동량을 전달**한다는 입자성을 보여준다. 이중슬릿실험의 간섭무늬는 빛의 **파동성**을 보여준다.

보기별 해설

ㄱ. O: 광전효과는 빛을 받은 금속에서 전자가 방출되는 현상이다. 광자 하나의 에너지는 $E = hf$이며, 여기서 h는 플랑크 상수, f는 빛의 진동수이다. 전자가 광자 하나의 에너지를 흡수하여 금속을 벗어나는 데 필요한 최소 에너지인 일함수 이상을 얻어야 방출될 수 있다. 이처럼 **에너지를 광자 단위로 주고받는 현상**이므로 빛의 입자성을 보여준다.

ㄴ. X: 이중슬릿실험에서는 두 슬릿을 통과한 빛이 겹쳐 밝고 어두운 간섭무늬를 만든다. 두 빛이 도달할 때의 위상 차이에 따라 보강간섭과 상쇄간섭이 일어나므로, 이 간섭무늬는 빛의 입자성이 아니라 **파동성을 보여주는 근거**이다.

ㄷ. O: 콤프턴효과는 X선 등의 빛이 전자에 의해 산란될 때 파장이 길어지는 현상이다. 광자가 전자에 **에너지와 운동량의 일부를 전달**하여 산란된 광자의 에너지가 감소하므로 파장이 길어진다. 이를 광자와 전자의 충돌로 설명할 수 있으므로 빛의 입자성을 보여준다.

빛의 입자성을 보여주는 현상은 ㄱ과 ㄷ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 4. 지구보다 질량이 16배 크고, 반지름이 4배 큰 행성에서의 탈출속력은 지구에서의 탈출속력의 몇 배인가?

① $\frac{1}{2}$배

② 2배

③ 4배

④ 8배

정답 2번

간단한 해설

탈출속력은 **질량을 반지름으로 나눈 값의 제곱근**에 비례한다. 질량이 16배, 반지름이 4배이면 탈출속력은 지구의 $\sqrt{\frac{16}{4}} = 2$배이다.

계산 과정

탈출속력은 행성 표면의 물체가 추가 추진 없이 중력을 벗어나는 데 필요한 최소 출발 속력이다. 구형 행성에서 공기저항과 자전 효과를 무시하고, 행성의 질량을 M, 반지름을 R, 물체의 질량을 m이라 하자. 최소 조건에서는 무한히 멀리 갔을 때 속력이 0에 가까워지므로, **처음 운동에너지가 중력 퍼텐셜에너지의 증가량**과 같아야 한다. 따라서 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{R}$이고, 탈출속력은 $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$이다. 여기서 G는 만유인력 상수이며, 물체의 질량 m은 약분된다.

지구의 질량과 반지름을 각각 M, R이라 하면 주어진 행성은 $M' = 16M$, $R' = 4R$이다. 따라서 **질량을 반지름으로 나눈 값**의 비는 $\frac{M'/R'}{M/R} = \frac{16}{4} = 4$이다. 이는 탈출속력 자체가 아니라 탈출속력의 제곱이 4배가 된다는 뜻이다.

지구와 주어진 행성의 탈출속력을 각각 v, v′이라 하면 $\frac{v'}{v} = \sqrt{4} = 2$이다. 따라서 이 행성의 탈출속력은 지구의 2배이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 도플러효과를 고려할 때, 다음 중 가장 높은 주파수로 들리는 소리는? (단, 음원의 주파수는 동일하다.)

① 음원이 속력 v로 관측자에 접근, 관측자도 속력 u로 음원에 접근

② 음원이 속력 v로 관측자에 접근, 관측자는 정지

③ 음원은 정지, 관측자가 속력 u로 음원에 접근

④ 음원과 관측자가 서로 멀어짐

정답 1번

간단한 해설

음원이 다가오면 관측자 쪽의 파장이 짧아지고, 관측자도 음원 쪽으로 움직이면 같은 시간에 더 많은 파면을 만난다. 두 효과가 함께 작용하는 **서로 접근하는 경우**에 가장 높은 주파수로 들린다.

선지별 해설

음원의 주파수를 f_0, 매질에서의 소리의 속력을 c라 하자. 매질이 정지해 있고 음원과 관측자가 음속보다 느리게 움직이는 통상적인 도플러 효과를 적용한다. 음원의 접근은 관측자 쪽의 파장을 짧게 하고, 관측자의 접근은 파면을 만나는 횟수를 늘린다.

① 음원과 관측자가 모두 접근하므로 관측 주파수는 $f_1 = f_0\frac{c+u}{c-v}$이다. 음원의 접근으로 분모가 작아지고 관측자의 접근으로 분자가 커져, **두 가지 주파수 증가 효과가 함께 작용**한다.

② 관측자가 정지해 있으므로 관측 주파수는 $f_2 = f_0\frac{c}{c-v}$이다. 음원의 접근으로 파장은 짧아지지만, 관측자의 접근에 따른 추가 증가는 없다. ①과 분모는 같고 분자는 더 작으므로 $f_2 < f_1$이다.

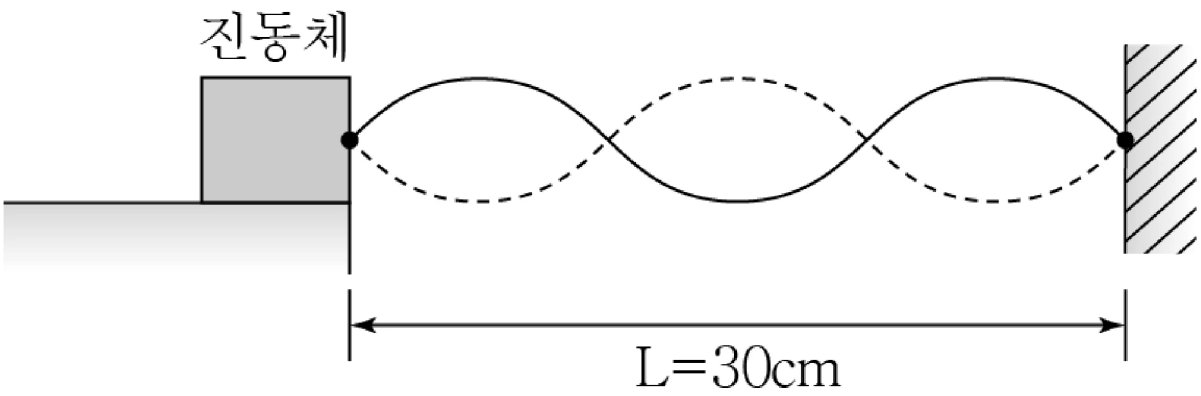
③ 음원이 정지해 있으므로 관측 주파수는 $f_3 = f_0\frac{c+u}{c}$이다. 관측자가 다가가 파면을 더 자주 만나지만, 음원의 이동에 따른 파장 감소는 없다. ①과 분자는 같고 분모는 더 크므로 $f_3 < f_1$이다.

④ 음원과 관측자가 서로 멀어지면, 음원의 후퇴는 파장을 길게 하고 관측자의 후퇴는 파면을 만나는 횟수를 줄인다. 따라서 관측 주파수는 **음원의 주파수보다 낮아진다**.

①은 ②와 ③보다 관측 주파수가 높고, ④는 음원의 주파수보다 낮다. 따라서 가장 높은 주파수로 들리는 경우는 ①이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 한쪽 끝을 벽에 고정시킨 줄을 진동체로 진동시켜 2Hz의 정상파를 만들었다. 줄을 따라 진행하는 파동의 속력은?



① 0.6m/s

② 0.4m/s

③ 0.2m/s

④ 0.1m/s

정답 2번

간단한 해설

그림의 30 cm 구간에는 **반파장 3개**가 들어 있으므로 파장은 0.20 m이다. 진동수가 2 Hz이므로 파동의 속력은 0.40 m/s이다.

계산 과정

파장 구하기: 그림에서 길이 L = 30 cm인 줄에는 배가 3개 있다. 배는 진폭이 최대인 지점이며, 각 배 양쪽의 마디는 진동하지 않는 지점이다. **이웃한 두 마디 사이의 거리는 반파장**이므로 $L = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$이다. 줄의 길이를 0.30 m로 바꾸어 대입하면 $\lambda = \frac{2L}{3} = \frac{2 \times 0.30}{3} = 0.20\text{m}$이다.

속력 구하기: 정상파의 모양은 제자리에 머물지만, 이를 만드는 진행파는 한 주기 동안 한 파장만큼 이동한다. 따라서 진행파의 속력 v는 진동수 f와 파장 λ의 곱인 $v = f\lambda$로 구한다. 진동수는 진동체의 진동수와 같은 2 Hz이므로 $v = 2 \times 0.20 = 0.40\text{m/s}$이다.

계산한 속력 0.40 m/s는 ②의 0.4 m/s와 같다.

NoteBase

문 7. 몸 속에서 진동수가 2×10^6Hz인 초음파의 파장이 0.5mm이었다. 몸 속에서 이 초음파의 속력은?

① 100m/s

② 1000m/s

③ 400m/s

④ 4000m/s

정답 2번

간단한 해설

파동의 속력은 **진동수와 파장의 곱**이다. 파장 0.5 mm를 0.0005 m로 바꾸어 진동수와 곱하면 몸속에서의 초음파 속력은 1000 m/s이다.

계산 과정

초음파의 속력을 v, 진동수를 f, 파장을 λ라 하자. 파동은 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하고, 1초 동안 진동수만큼의 주기를 거치므로 $v = f\lambda$가 성립한다.

진동수는 $f = 2 \times 10^6$Hz이다. 속력을 m/s로 구하려면 **파장의 단위를 m로 환산**해야 하므로, $\lambda = 0.5\text{mm} = 5 \times 10^{-4}$m를 사용한다.

두 값을 곱하면 $v = (2 \times 10^6)(5 \times 10^{-4})$m/s이므로 속력은 1000 m/s이다. 이는 몸속에서 초음파가 1초 동안 1000 m를 진행한다는 뜻이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 지구의 공전주기는 약 365일이다. 만약 만유인력 상수가 3배, 태양의 질량이 3배가 된다면 지구의 공전주기는 몇 배인가? (단, 공전궤도의 반지름은 변하지 않는다.)

① $\frac{1}{3}$배
② $\frac{1}{6}$배
③ $\frac{1}{9}$배
④ $\frac{1}{12}$배

정답 1번

간단한 해설

공전궤도의 반지름이 일정하면 공전주기는 **만유인력 상수와 태양 질량의 곱의 제곱근에 반비례**한다. 두 값이 각각 3배가 되면 그 곱은 9배가 되므로 공전주기는 기존의 $\frac{1}{3}$배가 된다.

계산 과정

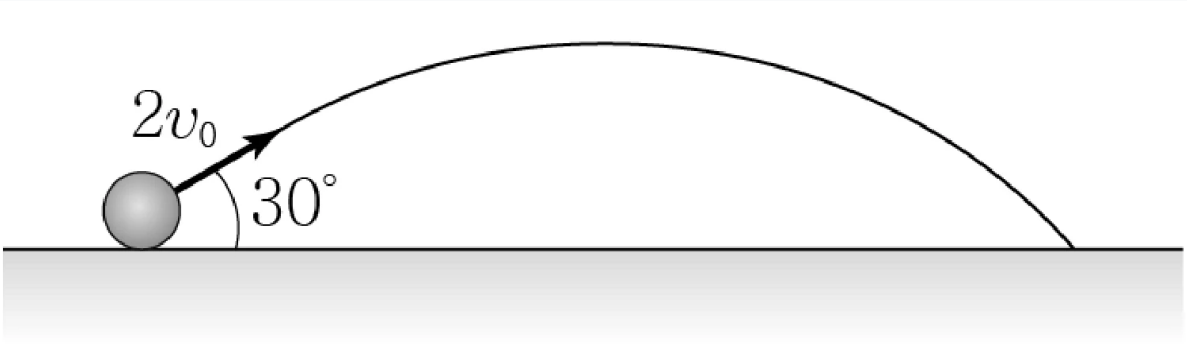
변화 전 만유인력 상수를 G, 태양 질량을 M, 공전궤도의 반지름을 r, 공전주기를 T라 두면 T는 약 365일이다. 원궤도 운동에서 태양의 만유인력이 지구에 필요한 구심력으로 작용하므로 공전주기는 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$로 나타낸다. 따라서 **반지름이 일정할 때** 공전주기는 $\sqrt{GM}$에 반비례한다.

변화 후의 값을 각각 G', M', T'라 하면 $G' = 3G$, $M' = 3M$이다. 따라서 $G'M' = (3G)(3M) = 9GM$이다. 이는 같은 궤도 반지름에서 **지구에 작용하는 만유인력이 9배**가 됨을 뜻한다.

궤도 반지름이 변하지 않으므로 주기의 비는 $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{GM}{G'M'}}$이다. 여기에 변화한 값을 대입하면 $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{1}{9}} = \frac{1}{3}$이다. 따라서 공전주기는 기존의 $\frac{1}{3}$배이며, ①에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 공을 수평면과 30°를 이루는 방향으로 초기속도 $2v_0$로 던졌다. 중력가속도를 g라 할 때 이 공의 운동에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르면? (단, 공기저항은 무시한다.)



<보기>

ㄱ. 지면에 도달할 때까지 걸린 시간은 $\frac{2v_0}{g}$이다.

ㄴ. 최고점까지의 높이는 $\frac{v_0^2}{g}$이다.

ㄷ. 수평 방향의 도달 거리는 $2\sqrt{3}\frac{v_0^2}{g}$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

최고 높이는 **초기속도의 연직 성분**으로 결정된다. 그 성분은 $2v_0\sin 30° = v_0$이므로, 최고 높이는 $\frac{v_0^2}{2g}$이다.

NoteBase

보기별 해설

공기저항이 없으므로 공은 수평 방향으로 등속 운동하고, 연직 방향으로는 아래쪽으로 크기 g인 일정한 가속도를 받는다. 초기속도의 수평 성분은 $v_x = 2v_0\cos 30° = \sqrt{3}v_0$, 연직 성분은 $v_{y0} = 2v_0\sin 30° = v_0$이다.
그림에서 출발점과 도착점의 높이는 같다.

ㄱ. O: 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 연직 속도는 $v_y = v_0 - gt$이다. 최고점에서는 연직 속도가 0이므로 올라가는 시간은 $\frac{v_0}{g}$이다. **같은 높이로 돌아오는 운동**에서는 올라가는 시간과 내려오는 시간이 같으므로, 전체 비행 시간은 $T = \frac{2v_0}{g}$이다.

ㄴ. X: 최고점에서는 **연직 속도만 0**이 되며 수평 속도는 남아 있다. 출발점에서 최고점까지의 높이를 H라 하면 연직 운동에 대해 $0 = v_0^2 - 2gH$가 성립한다. 따라서 최고 높이는 $H = \frac{v_0^2}{2g}$이며, 보기의 $\frac{v_0^2}{g}$는 실제 높이의 2배이다.

ㄷ. O: 수평 방향의 도달 거리 R은 **일정한 수평 속도와 전체 비행 시간의 곱**이다. 따라서 $R = v_xT$에 $v_x = \sqrt{3}v_0$, $T = \frac{2v_0}{g}$를 대입하면 $R = 2\sqrt{3}\frac{v_0^2}{g}$이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이므로 ③의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 10. 다음 현상 중, 열역학 제2법칙과 밀접한 관련이 있는 현상은?

① 잉크 방울을 물에 떨어뜨리면 결국 고르게 퍼지게 되지만, 고르게 퍼져있던 잉크분자들이 모여서 잉크방울로 뭉치지는 않는다.

② 자전거 바퀴에 공기를 팽팽하게 주입하고 나면 바퀴가 따뜻해진다.

③ 주전자 속의 물을 가열하면 물의 온도가 올라간다.

④ 압축 공기가 들어 있는 스프레이를 사용하고 나면 스프레이 통이 차가워진다.

정답 1번

간단한 해설

잉크가 물속에 고르게 퍼지는 확산은 저절로 진행되지만, 퍼진 잉크가 다시 한 방울로 모이는 역과정은 거시적으로 저절로 일어나지 않는다. 이러한 **자연적 변화의 방향과 비가역성**을 설명하는 것이 열역학 제2법칙이다.

NoteBase

선지별 해설

열역학 제2법칙은 자연적으로 일어나는 변화의 방향을 제한한다. 고립계의 엔트로피는 감소하지 않으며, 비가역 과정에서는 증가한다. 반면 제1법칙은 열과 일에 의한 에너지 전달이 내부 에너지 변화와 어떻게 연결되는지를 나타내는 에너지 보존 법칙이다. 각 현상이 두 법칙 중 어떤 측면을 직접 드러내는지 비교한다.

① 잉크의 확산: 잉크가 한곳에 모여 있을 때보다 물 전체에 고르게 섞여 있을 때 분자들이 배치될 수 있는 경우의 수가 훨씬 많다. 따라서 확산은 엔트로피가 증가하는 방향으로 일어나며, 퍼진 분자들이 저절로 다시 한 방울로 모이는 거시적 역과정은 관찰되지 않는다. **정방향과 역방향의 비대칭성**을 제시하므로 제2법칙의 대표적인 사례이다.

② 공기를 주입한 바퀴의 온도 상승: 펌프로 공기를 압축할 때 **외부에서 기체에 일을 한다**. 이 에너지가 내부 에너지를 증가시켜 기체의 온도를 높이며, 따뜻해진 기체에서 바퀴로 열이 전달될 수 있다. 이 현상은 일과 내부 에너지 변화의 관계를 나타내는 제1법칙으로 설명하는 것이 중심이다.

③ 가열한 물의 온도 상승: 물이 열을 받아 내부 에너지가 증가한다. 상변화 없이 물의 온도가 올라가는 구간에서는 공급된 에너지가 분자의 열운동을 활발하게 한다. 여기서 직접 제시한 관계는 **열의 공급에 따른 내부 에너지 증가**이므로 제1법칙과 밀접하다.

④ 스프레이 통의 온도 하강: 압축 기체가 빠르게 분출하면 기체가 에너지를 밖으로 운반한다. 그동안 주위에서 열을 충분히 공급받지 못하면 통 안에 남은 기체의 내부 에너지가 줄어 온도가 내려가고, 통도 차가워진다. 이 설명의 중심은 **에너지 유출에 따른 냉각**으로, 제1법칙에 해당한다.

네 현상 모두 열역학 법칙을 따르지만, 변화가 저절로 진행되는 방향과 그 역과정의 비가역성을 직접 보여 주는 것은 ①의 잉크 확산이다.

NoteBase

문 11. 추의 진자운동으로 빠르기를 조절하는 추시계가 매일 조금씩 늦게 간다고 한다. 시간을 정확하게 맞추려면 어떻게 해야 하는가?

① 추까지의 길이를 길게 한다.

② 추까지의 길이를 짧게 한다.

③ 추의 질량을 무겁게 한다.

④ 추의 질량을 가볍게 한다.

정답 2번

간단한 해설

추시계가 늦게 가는 것은 진자의 주기가 길어 같은 실제 시간 동안 진동 횟수가 부족하기 때문이다. **추까지의 길이를 줄여 주기를 짧게** 하면 시계가 더 빠르게 간다.

공통 해설

진자의 주기 T는 추가 한 번 왕복하는 데 걸리는 시간이다. 진폭이 작을 때 단진자의 주기는 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$로 나타낸다. 여기서 L은 매단 지점에서 추의 질량중심까지의 길이이고, g는 중력가속도이다. 같은 장소에서는 **길이가 짧을수록 주기가 짧아지며**, 추의 질량은 주기에 영향을 주지 않는다.

추시계는 진자의 진동 횟수를 세어 시간을 표시한다. 시계가 매일 늦게 간다는 것은 주기가 길어 실제로 흐른 시간에 비해 진동 횟수가 적다는 뜻이다. 따라서 추까지의 길이를 짧게 하여 진동 횟수를 늘려야 한다. 길이를 길게 하면 주기가 더 길어져 오히려 더 늦게 가고, **질량을 무겁게 하거나 가볍게 해도 주기를 조절할 수 없다**.

NoteBase

문 12. 무거운 돌과 가벼운 돌을 지상 높은 곳에서 떨어뜨릴 때, 두 물체의 가속도는 같다. 그 이유로 가장 적절한 것은? (단, 공기저항은 무시한다.)

① 두 물체에 작용하는 힘의 크기가 같기 때문이다.

② 두 물체에 작용하는 힘의 방향이 같기 때문이다.

③ 두 물체가 같은 재질로 이루어졌기 때문이다.

④ 무거운 돌에 작용하는 중력이 큰 만큼 그 질량도 크기 때문이다.

정답 4번

간단한 해설

무거운 돌은 더 큰 중력을 받지만, 가속도는 힘을 질량으로 나눈 값이다. **중력이 질량에 비례해 커지므로** 공기저항이 없을 때 두 돌의 가속도는 같다.

선지별 해설

공기저항을 무시하면 떨어지는 돌에 작용하는 힘은 중력이다. 질량을 m, 중력가속도를 g라 하면 중력은 $F = mg$ 이고, 뉴턴 운동 제2법칙에 따라 가속도는 $a = \frac{F}{m} = \frac{mg}{m} = g$이다. 같은 장소에서 낙하하는 두 돌에는 같은 g가 적용된다.

① X: 두 돌에 작용하는 중력의 크기는 같지 않다. 중력은 질량에 비례하므로 **무거운 돌이 더 큰 중력**을 받는다. 가속도가 같은 것은 중력과 질량의 비가 같기 때문이다.

② X: 두 돌에 작용하는 중력의 방향이 모두 아래쪽인 것은 사실이다. 그러나 **힘의 방향이 같다는 사실만으로 가속도의 크기까지 같아지지는 않는다**. 가속도의 크기는 힘의 크기를 질량으로 나눈 값으로 결정된다.

③ X: 같은 재질인지 여부는 가속도가 같은 이유가 아니다. 공기저항을 무시하면 **재질이 달라도** 같은 장소에서의 낙하 가속도는 같다. 재질에 관계없이 중력이 질량에 비례하기 때문이다.

④ O: 무거운 돌은 중력을 더 크게 받지만, 그만큼 질량도 크다. 질량은 물체의 운동 상태를 바꾸기 어려운 정도인 관성의 척도이므로, **힘이 커지는 효과와 질량이 커지는 효과가 상쇄**되어 가속도는 두 돌 모두 g가 된다.

NoteBase

문 13. 두 개의 평행한 금속판이 거리 d만큼 떨어져 있고, 기전력이 ε인 건전지가 연결되어 있다. 금속판 사이의 거리를 2d로 증가시킬 때 다음 중 옳은 것은?

① 금속판에 대전된 전하량이 반으로 준다.

② 전기용량은 변화없다.

③ 두 금속판 사이의 전위차가 반으로 준다.

④ 금속판 사이의 전기장의 세기는 변화없다.

정답 1번

간단한 해설

건전지가 연결된 상태에서는 **두 금속판 사이의 전위차가 일정**하다. 판 사이 거리가 두 배가 되면 전기용량이 절반이 되므로, 같은 전위차에서 금속판에 저장되는 전하량도 절반이 된다.

선지별 해설

두 금속판은 평행판 축전기를 이룬다. 전기용량 C는 전하를 저장하는 능력을 나타내며, 한쪽 판에 대전된 전하량의 크기를 Q, 두 판 사이의 전위차를 V라 하면 $Q = CV$이다. 판의 넓이와 판 사이 매질이 같고 가장자리 효과를 무시하면, 전기용량은 판 사이 거리에 반비례한다. 건전지가 계속 연결되어 있으므로 거리를 바꾼 뒤에도 V = ε이다.

① O: 거리가 두 배가 되면 전기용량은 C에서 $\frac{C}{2}$로 줄어든다. **전위차가 일정**하므로 변화 후 전하량은 $Q' = \frac{C}{2}V = \frac{Q}{2}$이다. 각 금속판에 대전된 전하량의 크기가 절반이 되며, 줄어든 전하는 연결된 회로를 통해 이동한다.

② X: 전기용량은 **판 사이 거리에 반비례**한다. 거리가 d에서 2d로 증가하므로 전기용량은 변화가 없는 것이 아니라 $\frac{C}{2}$로 줄어든다.

③ X: 건전지가 계속 연결되어 있으므로 두 금속판 사이의 전위차는 **기전력 ε로 일정하게 유지**된다. 거리를 늘려도 전위차는 절반으로 줄어들지 않는다.

④ X: 평행판 사이의 균일한 전기장에서 전기장의 세기는 $E = \frac{V}{d}$이다. 전위차는 일정하고 거리는 두 배가 되므로, 변화 후에는 $E' = \frac{V}{2d} = \frac{E}{2}$이다. 전기장의 세기는 변화가 없는 것이 아니라 **절반으로 감소**한다.

NoteBase

문 14. 마찰을 무시할 수 있는 수평한 얼음판 위에 질량이 M인 썰매가 정지해 있다. 질량이 m인 사람이 속력 v로 뛰어가다가 썰매 위에 올라타서 썰매와 하나가 되어 움직인다고 하자. 사람이 올라탄 후 썰매의 속력은?

① $\sqrt{\frac{m}{2(m+M)}}v$
② $\sqrt{\frac{m}{m+M}}v$
③ $\frac{m}{2(m+M)}v$
④ $\frac{m}{m+M}v$

정답 4번

간단한 해설

사람과 썰매를 하나의 계로 보면 수평 방향의 외력이 없으므로 **운동량이 보존된다**. 처음 사람의 운동량을 두 물체가 함께 나누어 가지므로, 올라탄 후의 속력은 $\frac{m}{m+M}v$이다.

계산 과정

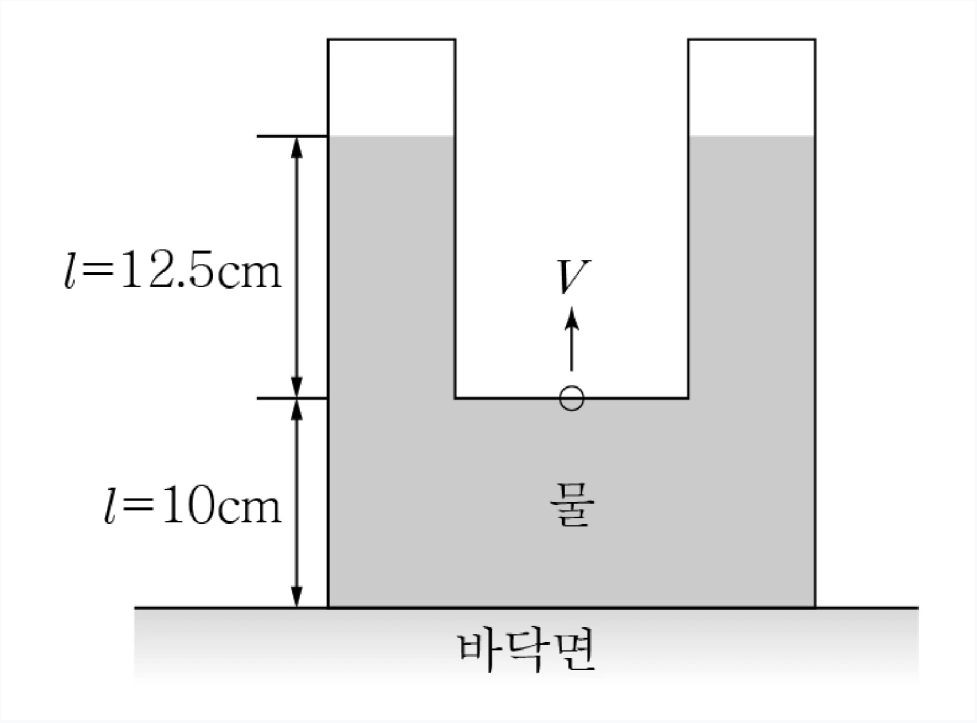
사람이 처음 달리던 방향을 양의 방향으로 정하고, 올라탄 후 사람과 썰매의 공통 속력을 u라 하자. 사람과 썰매를 합친 계에는 마찰에 의한 수평 외력이 없으므로 **수평 방향의 총운동량이 보존된다**. 사람이 썰매와 하나가 되는 완전 비탄성 충돌이므로 운동 에너지 보존을 적용하지 않는다.

올라타기 전에는 질량 m인 사람만 속력 v로 움직이고 썰매는 정지해 있으므로 총운동량은 mv이다. 올라탄 후에는 **합한 질량** $m+M$이 같은 속력 u로 움직이므로 총운동량은 $(m+M)u$이다. 따라서 운동량 보존식은 $mv=(m+M)u$이다.

양변을 전체 질량 $m+M$으로 나누면 $u=\frac{m}{m+M}v$를 얻는다. 질량의 비는 단위가 없으므로 이 속력의 단위는 v와 같고, 양의 질량 M이 더해져 처음 사람의 속력보다 작다. 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 큰 수조와 작은 수조 사이에 물을 채웠다. 이때 작은 수조의 바닥에 작은 구멍이 생겼다면 구멍을 통해 들어오는 물줄기의 속력은? (단, 중력가속도 g=10m/s^{2}이다.)



① $10\sqrt{5}$ m/s
② $5\sqrt{10}$ m/s
③ $\frac{\sqrt{10}}{2}$ m/s
④ $\frac{\sqrt{10}}{4}$ m/s

정답 3번

간단한 해설

물줄기의 속력은 **수면과 구멍의 높이 차** 12.5 cm로 결정된다. 토리첼리의 법칙 $v=\sqrt{2gh}$에 h = 0.125 m를 대입하면 $\frac{\sqrt{10}}{2}$ m/s이다.

NoteBase

계산 과정

높이 차 확인: 그림에서 물의 수면은 작은 수조 바닥의 구멍보다 12.5 cm 높다. 따라서 속력을 결정하는 높이 차는 h = 0.125 m이다. 큰 수조 바닥에서 구멍까지의 10 cm는 **수면과 구멍 사이의 높이 차가 아니므로** 여기에 더하지 않는다.

공식 적용: 물의 점성에 의한 에너지 손실을 무시하고, 구멍이 작아 수면의 하강 속력을 무시하는 이상적인 흐름으로 계산한다. 바깥 수면과 작은 수조 안으로 나오는 물줄기는 모두 대기압을 받는다. 물의 밀도를 ρ, 물줄기의 속력을 v라 하면, 두 지점에 베르누이 법칙을 적용하여 $\rho gh = \frac{1}{2}\rho v^2$를 얻는다. 즉, **높이 차에 따른 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌므로** 토리첼리의 법칙 $v = \sqrt{2gh}$를 쓸 수 있다.

속력 계산: g = 10 m/s^{2}와 h = 0.125 m를 대입하면 $v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.125} = \sqrt{2.5}$ m/s이다. 이를 정리하면 $v = \sqrt{\frac{10}{4}} = \frac{\sqrt{10}}{2}$ m/s이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 어떤 물체가 일정한 속력으로 운동하고 있을 때, 다음 중에서 옳은 것은?

① 평균속력과 순간속력이 항상 같다.

② 순간속력은 항상 0이다.

③ 평균속력은 항상 0이다.

④ 순간속력이 평균속력보다 크다.

정답 1번

간단한 해설

속력이 일정하면 어느 순간에 측정해도 속력이 같고, 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 평균속력도 그 값과 같다.
따라서 **평균속력과 순간속력은 항상 같다**.

공통 해설

평균속력은 일정 시간 동안 이동한 전체 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이고, 순간속력은 특정 순간의 속력이다.
일정한 속력으로 운동하면 같은 시간 동안 같은 거리를 이동하므로, 어느 시간 구간에서 구한 평균속력도 그 일정한 속력과 같다. 순간속력 역시 매 순간 그 값으로 유지된다.

따라서 이 운동에서는 **평균속력과 순간속력이 항상 같고**, 물체가 운동하고 있으므로 둘 다 0보다 크다.
순간속력이 평균속력보다 커지는 경우도 없다.

NoteBase

문 17. 등속 원운동하는 물체의 속력을 2배로 증가시키면 구심력의 크기는?

① 2배로 증가한다.

② 4배로 증가한다.

③ 8배로 증가한다.

④ 16배로 증가한다.

정답 2번

간단한 해설

질량과 원운동 반지름이 같으면 구심력은 **속력의 제곱에 비례**한다. 따라서 속력이 2배가 되면 구심력은 4배가 된다.

계산 과정

구심력은 물체가 원 궤도를 따라 운동하도록 중심 방향으로 작용하는 알짜힘이다. 질량을 m, 속력을 v, 원운동 반지름을 r라 하면 구심가속도는 $a = \frac{v^2}{r}$이므로, 구심력의 크기는 $F = ma = \frac{mv^2}{r}$이다.

속력만 바꾸는 것으로 보고 **질량과 원운동 반지름은 일정**하게 둔다. 바뀐 속력은 $v' = 2v$이므로, 바뀐 구심력은 $F' = \frac{m(2v)^2}{r} = \frac{4mv^2}{r} = 4F$이다. 속력에 붙는 배수 2가 제곱되기 때문에 힘의 배수는 4가 된다.

구심력은 처음의 4배가 되므로 ②의 '4배로 증가한다'와 일치한다.

NoteBase

문 18. 질량이 일정한 어떤 물체의 속력이 $\frac{1}{2}$배로 감소했을 때 운동량은?

① $\frac{1}{8}$배로 감소한다.

② $\frac{1}{4}$배로 감소한다.

③ $\frac{1}{2}$배로 감소한다.

④ 변함이 없다.

정답 3번

간단한 해설

질량이 일정하면 운동량의 크기는 **속력에 비례**하므로, 속력이 1/2배가 되면 운동량의 크기도 1/2배가 된다.

계산 과정

물체의 질량을 m, 속력을 v라 하면 운동량의 크기는 $p = mv$이다. 이 문제에서는 **질량이 일정**하므로 속력의 변화 비율만큼 운동량의 크기도 변한다.

변화 후 속력은 $v' = \frac{v}{2}$이므로, 변화 후 운동량의 크기는 $p' = mv' = \frac{mv}{2} = \frac{p}{2}$이다. 따라서 운동량의 크기는 처음의 1/2배로 감소하며, 이는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 19. 무게 30kN의 승강기가 올라가고 있다. 승강기가 일정한 가속도 2.0m/s^{2}로 올라갈 때 승강기 줄의 장력은? (단, 중력가속도 g=10m/s^{2}이다.)

① 24kN

② 28kN

③ 32kN

④ 36kN

정답 4번

간단한 해설

승강기의 가속도가 위쪽이므로 장력은 **무게보다 가속에 필요한 힘만큼 커야 한다**. 무게 30 kN에 가속에 필요한 힘 6 kN을 더하면 장력은 36 kN이다.

계산 과정

질량 구하기: 주어진 30 kN은 질량이 아니라 **중력에 의한 힘인 무게**이다. 무게를 W, 질량을 m이라 하면 $W = mg$이므로, 30 kN = 30,000 N과 중력가속도 10 m/s^{2}를 이용해 $m = \frac{W}{g} = \frac{30000}{10} = 3000\text{kg}$을 얻는다.

운동 방정식 세우기: 승강기에 작용하는 장력 T는 위쪽, 무게 W는 아래쪽이다. 위쪽을 양의 방향으로 정하면 뉴턴의 운동 제2법칙에 따라 $T - W = ma$이다. **가속도가 위쪽**이므로 $a = +2.0\text{m/s}^2$이고, 장력이 무게보다 커야 한다.

장력 계산하기: $T = W + ma$에 값을 대입하면 $T = 30000 + 3000 \cdot 2.0 = 36000\text{N}$이다. 이때 가속에 필요한 알짜힘은 6,000 N = 6 kN이며, 장력은 무게 30 kN과 이를 합한 36 kN이다. 이는 ④의 36 kN과 일치한다.

NoteBase

문 20. 저항 6.0Ω의 도선을 잡아당겨서 길이를 4배로 늘였다. 도선 물질의 비저항이나 밀도가 변하지 않는다고 가정할 때 늘어난 도선의 저항은?

① 24 Ω

② 4.0 Ω

③ 54 Ω

④ 96 Ω

정답 4번

간단한 해설

도선의 질량과 밀도가 일정하므로 부피가 보존되어, 길이가 4배가 되면 **단면적은 1/4배**가 된다. 비저항이 일정할 때 저항은 길이에 비례하고 단면적에 반비례하므로 **16배**가 되어 96 Ω이다.

계산 과정

저항 관계식: 도선의 길이를 L, 단면적을 A, 비저항을 ρ라 하면 저항은 $R = \rho\frac{L}{A}$이다. 같은 비저항에서는 도선이 길수록 저항이 크고, 단면적이 클수록 저항이 작다. 처음 저항은 6.0 Ω이며, 늘어난 뒤의 길이·단면적·저항을 각각 L', A', R'로 나타낸다.

단면적의 변화: 잡아당겨도 도선의 질량은 같고 밀도도 변하지 않으므로 **부피가 보존**된다. 따라서 $AL = A'L'$이다. 길이가 $L' = 4L$이므로 $A' = \frac{A}{4}$가 된다. 즉, 길이가 늘어나는 만큼 도선이 가늘어진다.

저항의 변화: 비저항이 일정하므로 $\frac{R'}{R} = \frac{L'}{L} \cdot \frac{A}{A'} = 4 \cdot 4 = 16$이다. 길이가 4배가 되는 효과와 단면적이 1/4배가 되는 효과가 함께 작용하여 저항은 16배가 된다. 늘어난 도선의 저항은 $6.0 \times 16 = 96$ Ω이므로 ④에 해당한다.

NoteBase