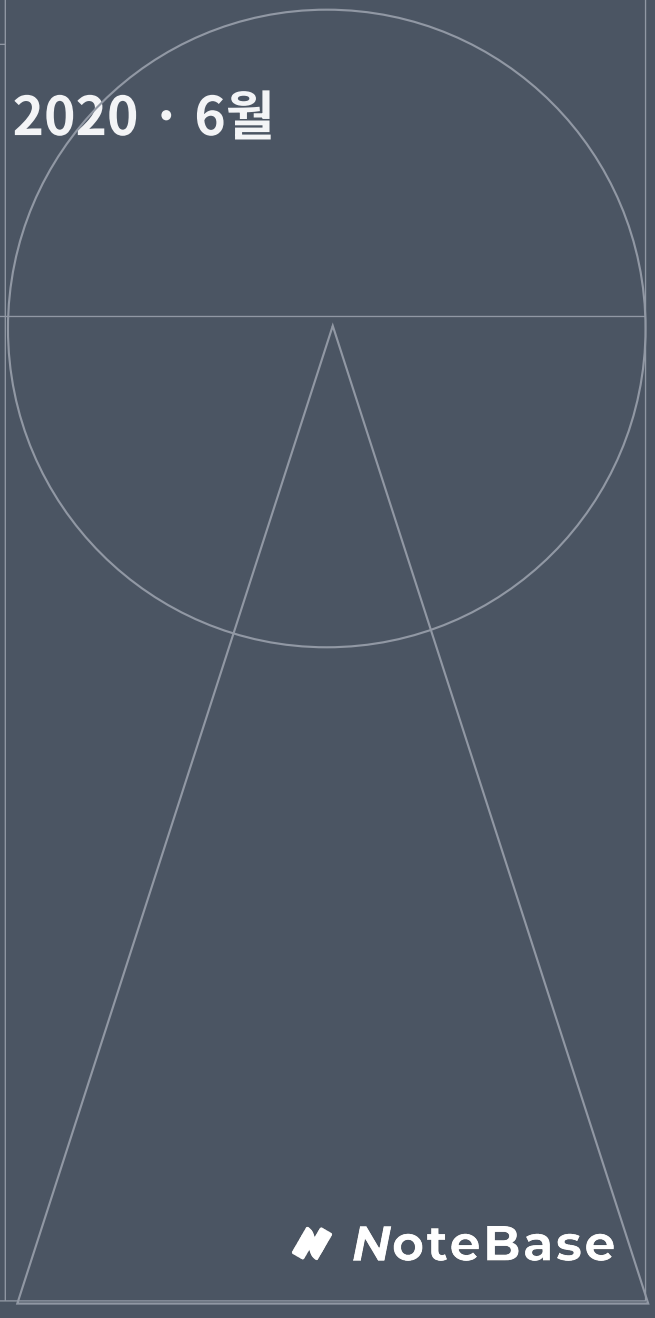
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2020 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2020 · 6월

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2020 · 6월

문 1. x 축을 따라 움직이는 입자의 위치가 $x = 3.0 + 2.0t - 1.0t^2$으로 주어진다. 여기서 x의 단위는 m이고 t의 단위는 초이다. t=2.0일 때 속도는?

① −2.0 m/s

② 0.0 m/s

③ 3.0 m/s

④ 5.0 m/s

정답 1번

간단한 해설

속도는 **위치를 시간에 대해 미분한 값**이다. 위치 함수를 미분하면 $v(t) = 2.0 - 2.0t$이므로, t = 2.0 s에서 속도는 −2.0 m/s이며 x축의 음의 방향으로 움직인다.

계산 과정

위치 x의 단위는 m이고 시간 t의 단위는 s이다. 특정 순간의 속도는 그 순간 위치의 시간에 대한 변화율이므로, **위치 함수를 시간에 대해 미분**하여 $v(t) = \frac{dx}{dt}$로 구한다.

주어진 위치 함수 $x(t) = 3.0 + 2.0t - 1.0t^2$에서 상수항 3.0의 미분은 0, $2.0t$의 미분은 2.0, $-1.0t^2$의 미분은 $-2.0t$이다. 따라서 속도 함수는 $v(t) = 2.0 - 2.0t$이며, 속도의 단위는 m/s이다.

t = 2.0 s를 대입하면 $v(2.0) = 2.0 - 2.0 \cdot 2.0$이므로 속도는 −2.0 m/s이다. 음의 부호는 입자가 **x축의 음의 방향**으로 움직인다는 뜻이며, 이 값은 ①의 −2.0 m/s에 해당한다.

NoteBase

문 2. 지구에서 1초의 주기를 갖는 단진자가 있다고 할 때 중력 가속도가 지구의 $\frac{1}{4}$인 행성에서 이 단진자의 주기는?

① 6초

② 3.2초

③ 2초

④ 1초

정답 3번

간단한 해설

같은 단진자는 길이가 일정하므로 주기가 **중력 가속도의 제곱근에 반비례**한다. 중력 가속도가 지구의 1/4이면 주기는 2배가 되어 2초이다.

계산 과정

작은 각도로 진동하는 이상적인 단진자의 주기는 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다. 여기서 T는 한 번 왕복하는 데 걸리는 시간, l은 진자의 길이, g는 중력 가속도이다. 이 단진자를 다른 행성으로 옮겨도 **진자의 길이는 그대로**이므로 중력 가속도의 변화만 비교한다.

지구에서의 주기와 중력 가속도를 각각 T, g라 하고, 행성에서의 값을 각각 T′, g′라 하자. 주어진 조건은 T = 1초, $g' = \frac{g}{4}$이다. 길이가 같으므로 주기비는 $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$이며, 이를 대입하면 $\frac{T'}{T} = \sqrt{4} = 2$이다. 이는 중력이 약한 행성에서 **한 번 왕복하는 시간이 2배**가 된다는 뜻이다.

행성에서의 주기는 $1 \times 2 = 2$초이며, ③의 2초와 일치한다.

NoteBase

문 3. 단면이 원형인 같은 길이의 도선 A와 도선 B가 있다. 도선 A의 반지름과 비저항이 각각 도선 B의 2배이고 같은 전원이 공급될 때, 도선 A에 전달되는 전력의 크기는 도선 B의 몇 배인가?

① 2

② $\sqrt{2}$

③ 1

④ $\frac{1}{\sqrt{2}}$

정답 1번

간단한 해설

반지름이 2배이면 단면적은 4배이므로, 비저항이 2배인 도선 A의 저항은 B의 절반이다. **같은 전압에서 전력은 저항에 반비례**하므로 A에 전달되는 전력은 B의 2배이다.

계산 과정

단면적 비교: 도선의 반지름을 r, 단면적을 S라 하면 원형 단면에서 $S = \pi r^2$이다. A의 반지름은 B의 2배이므로 $S_A = 4S_B$이다. 즉, **반지름의 비를 제곱**해야 단면적의 비가 된다.

저항 비교: 비저항을 ρ, 길이를 L이라 하면 도선의 저항은 $R = \rho\frac{L}{S}$이다. 두 도선의 길이가 같고 $\rho_A = 2\rho_B$, $S_A = 4S_B$이므로 $\frac{R_A}{R_B} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$이다. 비저항은 2배이지만 단면적은 4배이므로 A의 저항은 B의 절반이다.

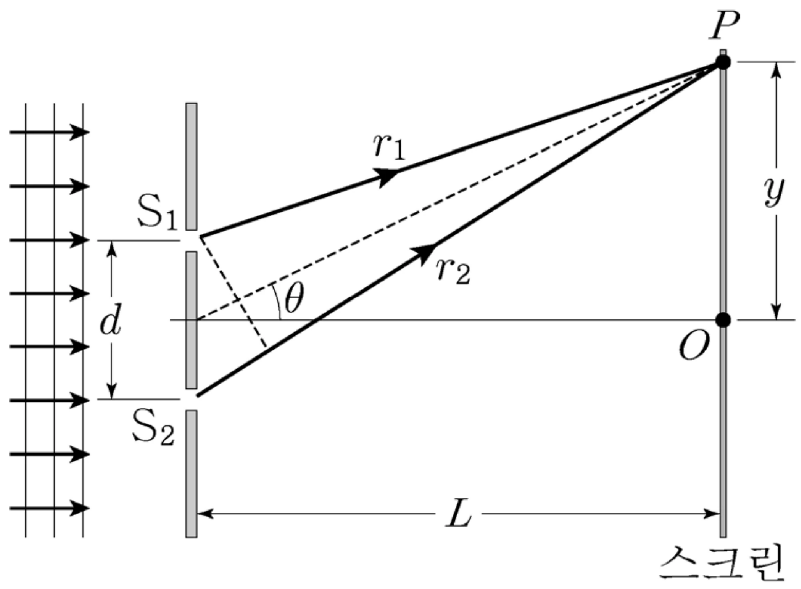
전력 비교: 같은 전원을 공급하므로 두 도선에 걸리는 전압 V가 같다. 전력 $P = VI$에 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$을 대입하면 $P = \frac{V^2}{R}$이다. 따라서 **전압이 같을 때 전력은 저항에 반비례**하며, $\frac{P_A}{P_B} = \frac{R_B}{R_A} = 2$이다.

A에 전달되는 전력은 B의 2배이므로 ①의 값 2와 일치한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같은 이중슬릿 실험에서 단색광의 파장은 $\lambda = 600\text{nm}$, 슬릿 간 간격은 $d = 0.30\text{mm}$, 슬릿에서 스크린까지의 거리가 $L = 5.0\text{m}$일 때 스크린의 중앙점 O에서 두번째 어두운 무늬의 중심 위치 y 값은?

<보기>



① 0.50×10^{-2} m

② 1.0×10^{-2} m

③ 1.5×10^{-2} m

④ 2.0×10^{-2} m

정답 3번

간단한 해설

두 번째 어두운 무늬는 두 빛의 **경로차가 파장의 3/2배**인 곳에 생긴다. 작은 각도 근사를 적용하면 $y = \frac{3\lambda L}{2d}$이므로 중앙점에서의 거리는 $1.5 \times 10^{-2}\text{m}$이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 단위: 그림의 y는 스크린 중앙점 O에서 무늬의 중심 P까지의 거리이다. 파장은 $\lambda = 600\text{nm} = 6.0 \times 10^{-7}\text{m}$, 슬릿 간격은 $d = 0.30\text{mm} = 3.0 \times 10^{-4}\text{m}$, 스크린까지의 거리는 L = 5.0 m이다.

어두운 무늬의 조건: 그림처럼 빛이 슬릿 면에 수직으로 입사하면 두 슬릿을 통과하는 빛의 위상은 같다. 중앙점 O에서는 두 경로의 길이가 같아 밝은 무늬가 생긴다. 어두운 무늬는 경로차가 **반파장의 홀수배**여서 두 빛이 상쇄 간섭하는 곳이다. 중앙에서 첫 번째 어두운 무늬의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}$, 두 번째는 $\frac{3\lambda}{2}$이다.

경로차와 위치의 관계: 스크린까지의 거리가 슬릿 간격보다 매우 크면 그림의 두 경로 r_1, r_2의 길이 차는 $|r_2 - r_1| \approx d\sin\theta$이다. 또한 **중앙 부근의 작은 각도**에서는 $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y}{L}$이므로 경로차는 $\frac{dy}{L}$로 근사된다. 두 번째 어두운 무늬에 이를 적용하면 $\frac{dy}{L} = \frac{3\lambda}{2}$, 즉 $y = \frac{3\lambda L}{2d}$이다.

무늬 간격 계산: 인접한 밝은 무늬 사이에서는 경로차가 한 파장만큼 달라지므로, 그 간격은 $w = \frac{\lambda L}{d}$이다. 값을 대입하면 $w = \frac{(6.0 \times 10^{-7}) \times 5.0}{3.0 \times 10^{-4}}\text{m}$이므로 $w = 1.0 \times 10^{-2}\text{m}$이다. 두 번째 어두운 무늬는 중앙점에서 이 간격의 3/2배 떨어져 있다.

위치 계산: $y = \frac{3}{2}w = 1.5 \times 10^{-2}\text{m}$이다. 이는 ③의 값에 해당한다. 이때 $\frac{y}{L} = 0.003$으로 매우 작으므로 앞서 사용한 작은 각도 근사도 타당하다.

NoteBase

문 5. 질량 m인 비행기가 활주로를 달리고 있다. 날개의 아랫면에서 공기의 속력은 v이다. 날개의 표면적이 A라면 비행기가 뜨기 위해서 날개 윗면의 공기가 가져야 할 최소 속도는? (단, 베르누이 효과만을 고려하고 공기의 밀도는 ρ_a, 중력가속도는 g라 한다.)

① $\left(\frac{2mg}{\rho_a A}+v^2\right)^{1/2}$
② $\left(\frac{3mg}{\rho_a A}+v^2\right)^{1/2}$
③ $\left(\frac{4mg}{\rho_a A}+v\right)^{1/2}$
④ $\left(\frac{5mg}{2\rho_a A}+3v^2\right)^{1/2}$

정답 1번

간단한 해설

베르누이 관계에 따라 날개 윗면의 공기가 더 빠르면 윗면의 압력이 낮아져 위쪽으로 양력이 작용한다. **최소 속력에서는 양력과 무게가 같으므로**, 윗면의 최소 속력은 $\left(\frac{2mg}{\rho_a A}+v^2\right)^{1/2}$이다.

계산 과정

윗면의 공기 속력을 u, 아랫면과 윗면의 압력을 각각 p_b, p_t라 하자. 아랫면의 속력은 v, 공기 밀도는 ρ_a, 날개 면적은 A이다. 문제의 베르누이 모형에서는 밀도가 일정한 정상 흐름으로 보고, 점성과 날개 위아래의 높이 차에 따른 효과를 무시한다.

베르누이 관계는 $p_b+\frac{1}{2}\rho_a v^2=p_t+\frac{1}{2}\rho_a u^2$이다. 따라서 압력차는 $\Delta p=p_b-p_t=\frac{1}{2}\rho_a(u^2-v^2)$이다. 윗면의 속력이 더 크면 **아랫면의 압력이 윗면보다 높아져** 위쪽으로 힘이 작용한다.

양력은 압력차에 날개 면적을 곱한 값이므로 $F=\Delta pA=\frac{1}{2}\rho_a A(u^2-v^2)$이다. 비행기가 뜨려면 양력이 무게 mg 이상이어야 한다. **뜨기 시작하는 한계에서** $F=mg$이므로 $\frac{1}{2}\rho_a A(u_{\min}^2-v^2)=mg$이다.

이를 정리하면 $u_{\min}^2-v^2=\frac{2mg}{\rho_a A}$, 즉 $u_{\min}^2=v^2+\frac{2mg}{\rho_a A}$이다. 여기서 $\frac{2mg}{\rho_a A}$는 무게를 지탱하는 데 필요한 윗면과 아랫면의 속력 제곱의 차이다.

속력은 음수가 아니므로 $u_{\min}=\left(\frac{2mg}{\rho_a A}+v^2\right)^{1/2}$이며, 이는 ①의 식과 일치한다. 각 물리량을 SI 단위로 대입하면 속력의 단위는 m/s이다.

NoteBase

문 6. 하나의 위성이 지구 주위로 반지름이 R인 원 궤도를 돌고 있다. 이때 위성의 운동에너지를 K_1라 하자. 만약에 위성이 이동하면서 반지름이 2R인 새로운 원 궤도로 진입하게 된다면 이때 이 위성의 운동에너지는?

① $\frac{1}{4}K_1$
② $\frac{1}{2}K_1$
③ $2K_1$
④ $4K_1$

정답 2번

간단한 해설

같은 위성이 지구 주위의 원 궤도를 돌 때 운동에너지는 **궤도 반지름에 반비례**한다. 반지름이 R에서 2R로 커지면 운동에너지는 처음의 절반인 $\frac{1}{2}K_1$이 된다.

계산 과정

지구의 질량을 M, 위성의 질량을 m, 만유인력상수를 G, 궤도 반지름을 r, 공전 속력을 v라 하자. 원 궤도에서는 지구의 **중력이 구심력으로 작용**하므로 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$이다. 이를 정리하면 $v^2 = \frac{GM}{r}$로, 원 궤도를 유지하는 데 필요한 속력의 제곱을 구할 수 있다.

위성의 운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이므로 앞의 관계를 대입하면 $K = \frac{GMm}{2r}$이다. 같은 위성이므로 M과 m은 일정하며, 운동에너지는 **궤도 반지름에 반비례**한다.

처음에는 $K_1 = \frac{GMm}{2R}$이다. 새 원 궤도의 운동에너지를 K_2라 하면, 반지름이 2R이므로 $K_2 = \frac{GMm}{4R} = \frac{1}{2}K_1$이다. 즉, 새 원 궤도의 운동에너지는 처음의 절반이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 7. 양쪽 끝이 열려 있고 길이가 L인 유리관이 진동수 $f = 680$ Hz인 오디오 확성기 근처에 있다. 확성기와 공명할 수 있는 관의 최소 길이는? (단, 대기 중 소리 속력은 340 m/s이다.)

① 약 0.25 m

② 약 0.5 m

③ 약 1.0 m

④ 약 2.0 m

정답 1번

간단한 해설

양쪽 끝이 열린 관의 최소 공명 길이는 **소리 파장의 절반**이다. 주어진 소리의 파장은 0.50 m이므로 관의 최소 길이는 0.25 m이다.

계산 과정

공명 조건: 관 안 공기 기둥의 고유 진동수가 확성기의 진동수와 같으면 공명이 일어난다. 양쪽 끝이 열린 관에서는 **두 끝이 공기 변위의 배**가 된다. 이 조건을 만족하는 관의 길이는 $L = n\frac{\lambda}{2}$이며, λ는 소리의 파장, n은 양의 정수이다. 가장 짧은 관은 n = 1일 때이므로 파장의 절반만 들어간다.

파장 계산: 소리 속력을 v, 진동수를 f라 하면 파동의 관계식 $v = f\lambda$를 적용한다. v = 340 m/s, f = 680 Hz이므로 $\lambda = \frac{340}{680}\text{m} = 0.50\text{m}$이다. 이는 소리의 한 파장에 해당하는 길이이다.

최소 길이 계산: $L_{\text{min}} = \frac{\lambda}{2}$이므로 $L_{\text{min}} = \frac{0.50}{2}\text{m} = 0.25\text{m}$이다. 이는 ①의 약 0.25 m에 해당한다.

NoteBase

문 8. 초전도체에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 임계 온도보다 낮은 온도에서 전기저항이 0이 된다.

② 임계 온도가 액체 질소의 끓는점인 77K보다 높은 물질은 없다.

③ 임계 온도보다 낮은 온도에서 물질 내부와 외부의 자기장이 균일하다.

④ 임계 온도보다 낮은 온도에서 유전율이 높아 축전기에 많이 쓰인다.

정답 1번

간단한 해설

초전도체는 임계 온도 아래에서 초전도 상태가 되면 **전기저항이 0**이 되어 직류 전류가 저항에 의한 에너지 손실 없이 흐른다.

선지별 해설

① O: 임계 온도는 물질이 초전도 상태로 전이하는 기준 온도이다. 이 온도 아래에서 초전도 상태가 되면 **직류 전기저항이 0**이 된다. 다만 온도 조건만으로 항상 초전도 상태가 유지되는 것은 아니며, 자기장이나 전류가 임계값을 넘으면 초전도성이 사라질 수 있다.

② X: **임계 온도가 77 K보다 높은 초전도체도 존재한다.** 예를 들어 일부 구리 산화물 초전도체는 약 90 K에서 초전도 상태로 전이한다. 따라서 이러한 물질은 끓는점이 약 77 K인 액체 질소로 냉각하여 초전도 상태를 유지할 수 있다.

③ X: 충분히 약한 외부 자기장 아래에서 초전도체는 내부의 자기장을 밀어내는 **마이스너 효과**를 나타낸다. 이때 표면 부근을 제외한 내부의 자기장은 0이 되므로, 내부와 외부의 자기장이 균일하다는 설명은 맞지 않는다.

④ X: 축전기의 두 전극 사이에 넣어 전기용량을 크게 하는 물질은 **유전율이 큰 절연체인 유전체**이다. 초전도체의 대표적 성질은 높은 유전율이 아니라 전기저항이 0이라는 점과 자기장 배제이며, 초전도 전자석 등에 이용된다.

NoteBase

문 9. 한 변의 길이가 10.0 cm이고 밀도가 640 kg/m^{3}인 정육면체 나무토막이 물에 떠 있다. 나무토막의 맨 위 표면을 수면과 같게 하려면 그 표면 위에 놓여야 할 금속의 질량은? (단, 물의 밀도는 1000 kg/m^{3}로 한다.)

① 240 g
② 320 g
③ 360 g
④ 480 g

정답 3번

간단한 해설

맨 위 표면이 수면과 같으면 나무토막 전체가 잠기므로, **밀어낸 물의 질량은 나무와 금속의 질량 합**과 같다.
밀어낸 물 1.00 kg에서 나무 0.640 kg을 빼면 금속의 질량은 360 g이다.

계산 과정

나무토막의 부피: 한 변의 길이는 10.0 cm = 0.100 m이므로 정육면체의 부피는
$V = (0.100\text{m})^3 = 0.00100\text{m}^3$이다.

나무토막의 질량: 밀도와 부피를 곱하면 질량이 된다. 나무의 질량을 M이라 하면
$M = 640 \cdot 0.00100 = 0.640\text{kg}$이다.

부력과 무게의 평형: 맨 위 표면이 수면과 같아지면 **나무토막 전체 부피만큼의 물**을 밀어낸다. 아르키메데스 원리에 따라 부력은 밀어낸 물의 무게와 같고, 정지해 떠 있으려면 나무와 금속의 무게 합과 같아야 한다. 금속의 질량을 m, 물의 밀도를 _물, 중력가속도를 g라 하면 _물Vg=(M+m)g이다.

금속의 질량: 평형식에서 g를 약분하면 M+m=_물V이다. 이때 밀어낸 물의 질량은 $1000 \cdot 0.00100 = 1.00\text{kg}$이므로, 나무와 금속의 총질량도 1.00 kg이어야 한다. 따라서 $m = 1.00 - 0.640 = 0.360\text{kg}$, 즉 360 g으로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 열전도도가 0.080 W/(m·℃)인 나무로 지어진 오두막이 있다. 실내 온도가 25℃, 바깥 온도가 5℃인 날 실내 온도가 일정하게 유지되기 위한 난로의 일률은? (단, 오두막은 바닥을 포함한 전면적이 두께가 5.0 cm인 동일한 나무로 지어졌고 바깥과 접촉한 표면적의 크기는 50 m^2이며 열의 출입은 전체 표면적에서 균일하다.)

① 400 W

② 800 W

③ 1200 W

④ 1600 W

정답 4번

간단한 해설

실내 온도를 일정하게 유지하려면 난로가 **밖으로 빠져나가는 열만큼을 매초 공급**해야 한다. 열전도도에 표면적과 안팎의 온도 차를 곱하고 나무의 두께로 나누면 필요한 일률은 1600 W이다.

계산 과정

실내 온도가 일정하려면 내부 에너지가 변하지 않아야 하므로, 난로의 일률 P는 **나무를 통해 밖으로 나가는 단위 시간당 열량**과 같아야 한다.

열전도도 k는 0.080 W/(m·℃), 열이 통과하는 전체 표면적 A는 50 m^2이다. 두께 d는 5.0 cm = 0.050 m로 바꾸고, 안팎의 온도 차는 $\Delta T = 25 - 5 = 20^\circ C$이다. 바닥도 주어진 전체 표면적에 포함되어 있다.

전체 표면이 같은 재료와 두께로 이루어져 있고 열의 출입이 균일하므로 열전도에 의한 일률은 $P = \frac{kA\Delta T}{d}$이다. 이는 열이 통과하는 면적과 온도 차가 클수록 열손실이 커지고, **나무가 두꺼울수록 열손실이 작아진다**는 관계이다. 값을 대입하면 $P = \frac{0.080 \cdot 50 \cdot 20}{0.050} = 1600\text{W}$이다.

밖으로 매초 1600 J의 열이 빠져나가므로 난로도 매초 1600 J를 공급해야 한다. 따라서 필요한 일률은 1600 W이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 용수철 상수가 $k = 200$ N/m인 용수철 끝에 질량 0.125 kg인 물체가 매달려 단순 조화 운동을 하고 있는 경우 진동수는? (단, N/m 단위는 뉴턴/미터이다.)

① 40 Hz

② $\frac{40}{\pi}$ Hz

③ 20 Hz

④ $\frac{20}{\pi}$ Hz

정답 4번

간단한 해설

용수철 진동의 각진동수는 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 이므로 40 rad/s이다. 진동수는 **각진동수를 2π로 나눈 값**이므로 $\frac{20}{\pi}$ Hz이다.

계산 과정

평형 위치로부터의 변위를 x라 하면, 물체에 작용하는 알짜힘은 변위와 반대 방향인 $F = -kx$이다. 따라서 가속도는 $a = -\frac{k}{m}x$가 된다. 이를 단순 조화 운동의 관계식 $a = -\omega^2 x$와 비교하면 각진동수는 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 이다.

용수철 상수 k = 200 N/m, 질량 m = 0.125 kg을 대입하면 $\omega = \sqrt{\frac{200}{0.125}} = 40$ rad/s이다. 이 값은 진동의 위상이 1초 동안 변하는 각도를 나타내는 **각진동수**이다.

진동수 f는 1초 동안의 진동 횟수이며, 한 번 진동할 때 위상이 2π만큼 변하므로 $\omega = 2\pi f$이다. 따라서 $f = \frac{40}{2\pi} = \frac{20}{\pi}$ Hz로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 스카이다이버가 지상에서 3000 m 상공에 떠 있는 헬리콥터에서 점프를 한다. 공기 저항을 무시한다면 2000 m 상공에서 스카이다이버의 낙하속도는? (단, 중력가속도는 $g = 9.8\text{m/s}^2$로 한다.)

① 300 m/s

② 250 m/s

③ 200 m/s

④ 140 m/s

정답 4번

간단한 해설

속도를 결정하는 것은 현재 고도가 아니라 **출발점에서 낙하한 거리**이다. 3000 m에서 2000 m까지 1000 m를 자유 낙하하므로, $v = \sqrt{2gh}$에 따라 낙하속도는 140 m/s이다.

계산 과정

낙하 거리: 출발 고도는 3000 m, 속도를 구하는 지점의 고도는 2000 m이므로 낙하한 거리 h는 3000 − 2000 = 1000 m이다. 이때 h는 **지면으로부터의 높이가 아니라 출발점과의 높이 차**이다.

운동 관계: 떠 있는 헬리콥터에서 낙하를 시작할 때의 초기 낙하속도 v_0를 0으로 둔다. 공기 저항을 무시하면 아래쪽으로 중력가속도 $g = 9.8\text{m/s}^2$를 받는 등가속도 운동이므로, 아래쪽을 양의 방향으로 정하여 $v^2 = v_0^2 + 2gh$를 적용한다. 초기 낙하속도가 0이므로 $v = \sqrt{2gh}$이다.

속도 계산: $v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1000} = \sqrt{19600} = 140\text{m/s}$이다. 따라서 2000 m 상공에서의 낙하속도는 140 m/s로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 빛이 공기 중에서 어떤 물질로 입사할 때, 입사각이 $i = 60^\circ$이고 굴절각이 $r = 30^\circ$이다. 이 물질 속에서 빛의 속력은? (단, 진공과 공기 중에서 빛의 속력은 3×10^8 m/s이다.)

① $v = \sqrt{3} \times 10^8$ m/s

② $v = 3\sqrt{3} \times 10^8$ m/s

③ $v = 3\sqrt{2} \times 10^8$ m/s

④ $v = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{2}}$ m/s

정답 1번

간단한 해설

스넬 법칙에서 **빛의 속력비는 입사각과 굴절각의 사인값 비**와 같다. 물질 속 속력은 공기 중 속력의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배인 $\sqrt{3} \cdot 10^8$m/s이다.

계산 과정

공기 중 빛의 속력을 $c = 3 \cdot 10^8$m/s, 물질 속 빛의 속력을 v라 하자. 입사각 i와 굴절각 r은 모두 **경계면의 법선을 기준으로 잰 각**이다. 두 매질 사이의 굴절에 적용되는 스넬 법칙을 속력으로 나타내면 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v}$이다.

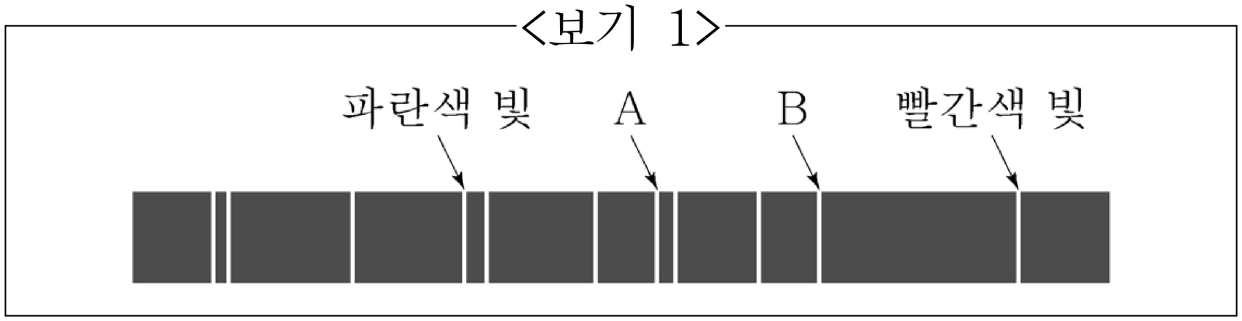
주어진 각도를 대입하면 $\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}$이다. 따라서 $\frac{c}{v} = \sqrt{3}$이며, 이는 **공기 중 속력이 물질 속 속력의 $\sqrt{3}$ 배**라는 뜻이다.

물질 속 속력은 $v = \frac{c}{\sqrt{3}}$이므로, $v = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot 10^8$m/s이다. 이 값은 ①의 속력과 일치한다.

NoteBase

문 14. <보기 1>은 어떤 기체를 방전관에 넣고 전압을 걸어 방전시켰을 때 나온 빛을 분광기로 관찰한 결과이다. A와 B 중 하나는 노란색 빛을, 다른 하나는 초록색 빛을 나타낼 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기 2>에서 모두 고른 것은?

<보기 1>



<보기 2>

ㄱ. A가 노란색 빛이다.

ㄴ. 진동수는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 광자 하나의 에너지는 A가 B보다 크다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

그림에서 A는 파란색 쪽에 더 가까우므로 초록색 빛이고, B는 노란색 빛이다. 초록색 빛은 노란색 빛보다 **파장이 짧아 진동수가 크며**, 광자 하나의 에너지도 진동수에 비례하여 더 크다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. X: 그림에서 스펙트럼은 왼쪽의 파란색 빛에서 오른쪽의 빨간색 빛으로 이어지고, A는 B보다 파란색 쪽에 있다. 가시광선에서 초록색은 노란색보다 파란색 쪽에 있으므로 **A는 초록색 빛, B는 노란색 빛**이다.

ㄴ. O: 초록색 빛 A는 노란색 빛 B보다 파장이 짧다. 진공에서 빛의 파장 λ와 진동수 f는 $f = \frac{c}{\lambda}$의 관계를 가지며, c는 일정한 진공에서의 광속이다. 따라서 **파장이 짧은 A의 진동수가 B보다 크다**.

ㄷ. O: 광자 하나의 에너지 E는 $E = hf$이며, h는 플랑크 상수이다. 즉, 광자 하나의 에너지는 **빛의 진동수에 비례**한다. A의 진동수가 B보다 크므로 A의 광자 하나가 가진 에너지도 B보다 크다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이므로 이 조합에 해당하는 선택지는 ④이다.

NoteBase

문 15. 우주정거장이 지구 중심으로부터 반지름이 7000 km인 원 궤도를 7.0 km/s의 등속력 v로 돌고 있다. 우주정거장의 질량은 200톤이다. 우주정거장의 가속도는?

① 0.007 m/s^2
② $\frac{1}{7}$ m/s^2
③ 1.0 m/s^2
④ 7.0 m/s^2

정답 4번

간단한 해설

등속 원운동에서는 속력은 일정해도 **속도의 방향이 계속 변하므로** 가속도가 생긴다. 구심가속도의 크기는 $a = \frac{v^2}{r}$ 이며, 주어진 속력과 궤도 반지름을 대입하면 7.0 m/s^2이다.

계산 과정

우주정거장은 등속 원운동을 하므로 속도의 방향이 계속 변하며, 가속도는 **원의 중심인 지구 중심을 향한다**. 속력을 v, 궤도 반지름을 r라 하면 가속도의 크기는 $a = \frac{v^2}{r}$이다. 주어진 속력과 반지름으로 가속도를 구할 수 있으므로 질량 200톤은 계산에 필요하지 않다.

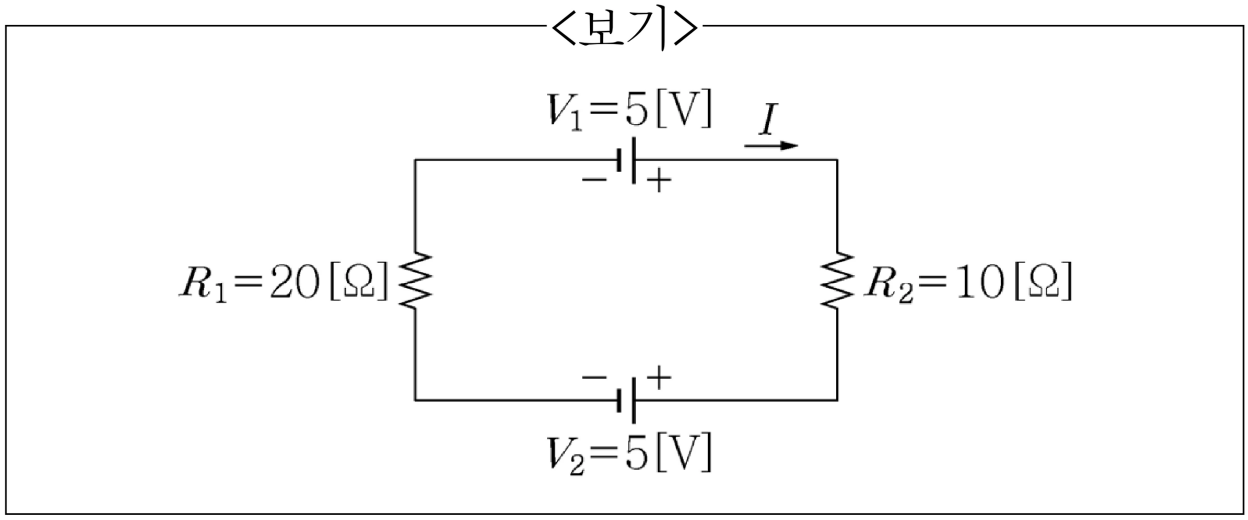
선택지의 단위가 m/s^2이므로 **속력과 반지름을 모두 m 기준으로 환산**한다. $v = 7.0\text{km/s} = 7.0 \times 10^3\text{m/s}$, $r = 7000\text{km} = 7.0 \times 10^6\text{m}$이다. 반지름은 지구 중심에서 우주정거장까지의 거리로 이미 주어져 있다.

구심가속도 공식에 대입하면 $a = \frac{(7.0 \times 10^3)^2}{7.0 \times 10^6} = 7.0\text{m/s}^2$이다. 따라서 가속도의 크기는 7.0 m/s^2로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 회로에서 흐르는 전류 /는?

<보기>



① $-\frac{1}{3}$A

② 0 A

③ $\frac{1}{3}$A

④ 3 A

정답 2번

간단한 해설

회로를 한 바퀴 돌 때 두 5 V 전원은 **서로 반대의 전압 변화**를 만들어 상쇄된다. 저항에 걸리는 전체 전압이 0 V이므로 전류는 0 A이다.

계산 과정

전류 방향과 저항: 그림의 화살표를 따라 시계 방향을 전류 I의 양의 방향으로 정한다. 20 Ω과 10 Ω 저항은 갈림길 없이 연결되어 **같은 전류가 흐르는 직렬 연결**이므로 합성 저항은 20 + 10 = 30 Ω이다.

전원 극성과 전압식: 두 전원 모두 왼쪽이 −극, 오른쪽이 +극이다. 시계 방향으로 돌면 위쪽 전원은 −극에서 +극으로 지나 전위가 5 V 높아지고, 아래쪽 전원은 +극에서 −극으로 지나 전위가 5 V 낮아진다. 따라서 두 전원의 전압은 더해지지 않고 **서로 상쇄된다**. 한 폐회로를 따라 전압 변화를 더하면 0이라는 키르히호프 전압 법칙과 저항의 전압 강하를 나타내는 옴의 법칙을 적용하면 $V_1 - V_2 = I(R_1 + R_2)$이다.

전류 계산: $I = \frac{5-5}{20+10}\mathrm{A} = 0\mathrm{A}$이다. 분자의 0 V는 두 전원이 만드는 전압 변화의 합으로, 회로에 전류를 흐르게 할 순전압이 없다는 뜻이다. 계산한 전류 0 A는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 자동차 엔진의 실린더에서 기체가 원래 부피의 $\frac{1}{10}$로 압축되었다. 처음 압력과 온도가 1.0 기압 27 °C이고, 압축 후의 압력이 20.0 기압이라면 압축 기체의 온도는? (단, 기체를 이상기체라 한다.)

① 270 °C

② 327 °C

③ 473 °C

④ 600 °C

정답 2번

간단한 해설

일정량의 이상기체는 절대온도가 압력과 부피의 곱에 비례한다. 압축 후 이 곱이 2배가 되므로 **절대온도도 2배**가 되어 600 K, 즉 327 °C이다.

계산 과정

압축 전후 기체의 양이 일정하므로 이상기체 상태 방정식에 따라 $\frac{PV}{T}$가 일정하다. 여기서 P는 압력, V는 부피, T는 **켈빈 단위의 절대온도**이다. 압축 전을 아래첨자 1, 압축 후를 아래첨자 2로 나타내면 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$이다.

처음 온도 27 °C를 절대온도로 바꾸면 T_1은 약 27 + 273 = 300 K이다. 섭씨온도는 그대로 온도비에 사용할 수 없다.

압력은 1.0 기압에서 20.0 기압으로 커지고, 부피는 처음의 1/10이 된다. 따라서 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1}$에 대입하면 온도비는 $\frac{20.0}{1.0} \cdot \frac{1}{10} = 2$이다. 이는 **압축 후 절대온도가 처음의 2배**라는 뜻이다.

압축 후 절대온도는 $T_2 = 2T_1$이므로 $2 \times 300 = 600$ K이다. 이를 섭씨온도로 바꾸면 $600 - 273 = 327$ °C이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 수평면 위에 정지하고 있는 200 g의 나무토막을 향해 수평방향으로 10.0 g의 총알이 발사되었다. 나무토막이 8.00 m 미끄러진 후 정지할 때 나무토막과 수평면 사이의 마찰 계수가 0.400이라면, 충돌 전 총알의 속력은? (단, 중력가속도는 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$로 한다.)

① 108 m/s

② 168 m/s

③ 224 m/s

④ 284 m/s

정답 2번

간단한 해설

총알이 나무토막에 박혀 함께 움직이는 **완전 비탄성 충돌을 가정하면**, 마찰에 의한 정지 거리로 구한 충돌 직후 속력은 8.00 m/s이고 운동량 보존으로 구한 총알의 초기 속력은 168 m/s이다. 다만 원문에는 총알이 박힌다는 조건이 명시되어 있지 않아 이 가정이 필요하다.

NoteBase

계산 과정

아래에서는 **총알이 나무토막에 박혀 함께 움직이는 완전 비탄성 충돌**을 가정한다. 원문에는 충돌 후 두 물체가 함께 움직인다는 조건이 명시되어 있지 않다. 총알이 관통하여 따로 움직인다면 충돌 후 총알의 속도 등 추가 정보가 필요하므로, 원문의 조건만으로 총알의 초기 속력을 유일하게 결정할 수는 없다.

총알의 질량을 m = 0.0100 kg, 나무토막의 질량을 M = 0.200 kg으로 둔다. 총알의 충돌 전 속력을 u, 두 물체의 충돌 직후 공통 속력을 v라 하면, 함께 미끄러지는 물체의 질량은 M + m = 0.210 kg이다. 미끄러지는 동안의 마찰 계수는 μ = 0.400, 이동 거리는 d = 8.00 m이다.

먼저 미끄러지는 구간에 일·에너지 정리를 적용한다. 수직항력은 $N = (M+m)g$, 운동 마찰력의 크기는 $f = \mu(M+m)g$이다. 마찰력이 운동 반대 방향으로 일을 하여 **충돌 직후의 운동에너지를 모두 감소**시키므로 $\frac{1}{2}(M+m)v^2 = \mu(M+m)gd$이다. 질량을 약분하면 $v = \sqrt{2\mu g d}$이고, 값을 대입하면 $v = \sqrt{2 \cdot 0.400 \cdot 10 \cdot 8.00}$에서 v = 8.00 m/s를 얻는다. 이 값은 총알의 초기 속력이 아니라 충돌 직후 함께 움직이는 속력이다.

이제 짧은 충돌 시간 동안 마찰력에 의한 외부 충격량을 무시하여 **충돌 전후의 수평 방향 운동량 보존**을 적용한다. 나무토막은 처음에 정지해 있고, 충돌 후 두 물체가 같은 속력으로 움직이므로 $mu = (M+m)v$이다. 따라서 $u = \frac{M+m}{m}v$이며, $u = \frac{0.210}{0.0100} \cdot 8.00 = 168$ m/s이다. 충돌 중에는 변형·열 등으로 운동에너지가 감소하므로 충돌 전후에 운동에너지 보존을 적용하지 않는다.

이 완전 비탄성 충돌 모형에서 계산한 총알의 충돌 전 속력 168 m/s는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 19. 어떤 증기기관이 섭씨 500도와 섭씨 270도 사이에서 작동하고 있을 때 이 증기기관의 최대 효율 값에 가장 가까운 것은?

① 약 50%

② 약 30%

③ 약 23%

④ 약 10%

정답 2번

간단한 해설

열기관의 최대 효율은 두 열원의 **절대온도(K)**로 계산하는 카르노 효율이다. 주어진 온도를 적용하면 최대 효율은 약 29.8%이다.

계산 과정

고온 열원의 온도를 T_H, 저온 열원의 온도를 T_L이라 한다. 온도의 비를 구할 때는 **섭씨온도를 절대온도로 바꾸어야 한다**. 섭씨온도에 약 273을 더하면 $T_H = 500 + 273 = 773\text{K}$, $T_L = 270 + 273 = 543\text{K}$이다.

열효율은 고온 열원에서 받은 열 중 일로 전환한 비율이다. 같은 두 열원 사이에서 작동하는 열기관의 효율은 **가역적으로 작동할 때 최대**이며, 이때의 카르노 효율은 $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$이다. 여기서 $\frac{T_L}{T_H}$는 받은 열 중 저온 열원으로 방출하는 열의 비율이므로, 이를 1에서 빼면 일로 전환되는 비율을 얻는다.

온도를 대입하면 $\eta_{\max} = 1 - \frac{543}{773} = \frac{230}{773} \approx 0.298$이다. 효율은 단위가 없는 비율이며, 백분율로 나타내면 약 29.8%이다.

따라서 최대 효율에 가장 가까운 값은 ②의 약 30%이다.

NoteBase

문 20. 두 원자가 서로의 동위원소일 경우에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 두 원자의 원자번호와 원자질량수가 같다.

② 두 원자의 원자번호와 원자질량수가 다르다.

③ 두 원자의 원자번호는 같지만, 원자질량수는 다르다.

④ 두 원자의 원자번호는 다르지만, 원자질량수는 같다.

정답 3번

간단한 해설

동위원소는 **양성자 수는 같고 중성자 수는 다른** 원자이다. 따라서 양성자 수로 정해지는 원자번호는 같지만, 양성자 수와 중성자 수의 합인 원자질량수는 다르다.

개념 구분

원자번호는 원자핵의 양성자 수이다. 동위원소는 **양성자 수가 같고 중성자 수가 다른** 원자이므로, 같은 원소에 속하고 원자번호가 같다. 원자번호가 다르면 서로 다른 원소이므로 동위원소가 아니다.

원자질량수(질량수)는 **양성자 수와 중성자 수의 합**이다. 동위원소는 양성자 수가 같은 상태에서 중성자 수가 다르므로 원자질량수가 다르다. 따라서 두 원자가 동위원소라면 원자번호는 같고 원자질량수는 달라야 한다.

NoteBase