

# 2021학년도 4월 고3 전국연합학력평가

## 정답 및 해설

### • 4교시 과학탐구 영역 •

#### [물리학 II]

1	3	2	3	3	1	4	5	5	1
6	3	7	2	8	3	9	4	10	4
11	5	12	1	13	2	14	5	15	4
16	4	17	3	18	5	19	2	20	1

#### 1. [출제의도] 힘의 합성 적용하기

물체에 작용하는 알짜힘의  $x$  성분,  $y$  성분의 크기는 각각 5N,  $5\sqrt{3}$ N이므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 10N이다.

#### 2. [출제의도] 힘의 분해와 합성 탐구 설계 및 수행하기

ㄱ. 물체가 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다. ㄴ. 물체에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 성분의 크기가  $mg\sin\theta$ 이므로 실이 물체에 작용하는 힘의 크기는  $mg$ 보다 작다. ㄷ. 물체에 작용하는 중력의 빗면과 수직인 성분의 크기가  $mg\cos\theta$ 이므로 빗면이 물체에 작용하는 힘의 크기는  $mg\cos\theta$ 이다.

#### 3. [출제의도] 등속 원운동 적용하기

ㄱ.  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  이므로 각속도는 p, q가 같다. ㄴ, ㄷ.  $v = r\omega$ ,  $a = r\omega^2$ 이므로 속력, 구심 가속도의 크기는 p가 q보다 작다.

#### 4. [출제의도] 평면상의 물체의 운동 분석 및 해석하기

ㄱ. 물체의 가속도는 속도-시간 그래프에서 기울기와 같다. 따라서 2초일 때, 가속도의  $x$  성분의 크기는  $1\text{m/s}^2$ 이다. ㄴ. 물체의 속도의 변화량은 가속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 면적과 같다. 따라서 4초일 때, 속도의  $y$  성분의 크기는  $8\text{m/s}$ 이다. ㄷ. 0초부터 4초까지 변위의  $x$  성분,  $y$  성분의 크기는 각각 8m, 16m이므로 변위의 크기는  $8\sqrt{5}\text{m}$ 이다.

#### 5. [출제의도] 무게 중심과 안정성 결론 도출 및 평가하기

ㄱ. A가 평형을 유지하며 정지해 있으므로 A가 수평면과 만나는 지점과 A의 무게 중심을 연결한 직선은 수평면과 수직이다. 따라서  $\theta$ 는  $45^\circ$ 이다. ㄴ. B가 수평면과 만나는 지점을 회전축으로 하면 B에 작용하는 중력에 의한 돌림힘과 p에 작용하는 힘에 의한 돌림힘이 평형을 이루어야 하므로 p에 작용하는 힘의 방향은 연직 아래 방향이다. ㄷ. p에 작용하는 힘을 제거하면 B의 회전 방향은 시계 반대 방향이다.

#### 6. [출제의도] 등가속도 직선 운동과 포물선 운동 결론 도출 및 평가하기

A, B를 던진 순간부터 A, B가 p에 도달할 때까지 걸린 시간을  $t$ , 중력 가속도를  $g$ 라 할 때  $v_0t = h$ ,  $h - \frac{1}{2}gt^2 = vt - \frac{1}{2}gt^2$ 이므로  $v = v_0$ 이다.

#### 7. [출제의도] 관성력 적용하기

ㄱ. A의 좌표계에서 물체에 작용하는 중력, 실이 물체에 작용하는 힘, 물체에 작용하는 관성력이 평형을 이루므로 물체에 작용하는 관성력의 방향은  $-x$  방향이다. ㄴ. B의 좌표계에서 물체는  $+x$  방향으로 등가속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이 아니다. ㄷ. 물체에 작용하는 관성력의 크기는 물체의 질량과 버스의 가속도 크기의 곱과 같다. 따라서 버스의 가속도의 크기만 증가하면 물체에 작용하는 관성력의 크기가 커지므로 실과 연직선이 이루는 각은  $\theta$ 보다 커진다.

#### 8. [출제의도] 돌림힘의 평형 적용하기

B가 막대에 작용하는 힘의 수평 성분의 크기와 연직 성분의 크기는  $mg$ 로 같다. A가 막대에 작용하는 힘의 수평 성분의 크기를  $T_x$ 라 할 때, 수평 방향으로 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로  $T_x = mg$ 이다. A가 막대에 작용하는 힘의 연직 방향 성분의 크기를  $T_y$ 라 할 때, 막대와 받침대가 만나는 점을 회전축으로 하면  $2T_yL + mgL = 2mgL$ 이므로  $T_y = \frac{1}{2}mg$ 이다. 따라서 A가 막대에 작용하는 힘의 크기는  $\frac{\sqrt{5}}{2}mg$ 이다.

#### 9. [출제의도] 일·운동 에너지 정리 이해하기

3초일 때 물체의 속력은  $6\text{m/s}$ 이다. 일·운동 에너지 정리에 따라 0초부터 3초까지 F가 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같은 36J이다.

#### 10. [출제의도] 전기력선 문제 인식 및 가설 설정하기

전기력선의 방향은 양(+)전하에서 나가는 방향, 음(-)전하로 들어가는 방향이며, 단위 면적을 지나는 전기력선의 수는 전하량이 클수록 많게 나타낸다. 전하량이  $q$ 인 전하로부터 거리  $r$ 만큼 떨어진 지점에서 전기장의 세기는  $\frac{q}{r^2}$ 에 비례한다. A, B의 전하의 종류는 음(-)전하로 같고, 전하량의 크기는 B가 A보다 크다.

#### 11. [출제의도] 평면 전기장 자료 분석 및 해석하기

ㄱ, ㄴ, ㄷ. O에서 전기장은 0이므로 전하의 종류는 A, B, C가 같다. 따라서 B, C는 양(+)전하이다. O에서 C에 의한 전기장의 방향이  $+y$ 방향이므로 O에서 A, B에 의한 전기장의 방향은  $-y$ 방향이다. 따라서 A, B의 전하량의 크기는 같고, P에서 A, B에 의한 전기장은 0이므로 P에서 전기장의 방향은 C에 의한 전기장의 방향인  $+y$ 방향이다. 쿨롱 상수를  $k$ , A, B의 전하량의 크기를  $q$ , C의 전하량의 크기를  $q_c$ 라 할 때,  $k \frac{q}{2d^2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 = k \frac{q_c}{d^2}$ 이므로  $q = \sqrt{2}q_c$ 이다. 따라서 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

#### 12. [출제의도] 구심력 이해하기

A, B의 질량을 각각  $m_A$ ,  $m_B$ , B의 속력을  $v$ , 원궤도의 반지름을  $r$ , 중력 가속도를  $g$ 라 할 때, B에 작용하는 구심력의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같으므로  $m_Ag = m_B \frac{v^2}{r}$ 이다. 따라서 A의 질량은  $1\text{kg}$ 이다.

#### 13. [출제의도] $xy$ 평면에서의 등가속도 운동 분석 및 해석하기

P에서 Q까지 A의 평균 속력과 B의 평균 속도의  $y$  성분의 크기가  $\frac{3}{2}v$ 로 같으므로 P에서 B의 속도의  $y$  성분의 크기는  $v$ 이다. 따라서 Q에서 B의 속력은  $4v$ 이고, P에서 Q까지 B의 이동 거리는  $2L$ 이다. P에서 Q까지 B의 가속도의 크기는  $\frac{(4v)^2 - (v)^2}{2 \times 2L} = \frac{3v^2}{L}$ 이다.

#### 14. [출제의도] 중력 렌즈 효과 이해하기

ㄱ, ㄴ. 일반 상대성 이론에 따르면 질량에 의해 시공간이 휘어지고 빛은 휘어진 시공간을 따라 진행한다. ㄷ. b에서 관측할 때 P에서 나온 빛은 휘어진 경로를 따라 진행하므로 a에서 관측된 P의 위치와 다르게 보인다.

#### 15. [출제의도] 케플러 법칙 자료 분석 및 해석하기

ㄱ. 행성이 위성에 작용하는 힘의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 위성의 중심까

지의 거리 제곱에 반비례한다. 6r인 지점에서 Q에 작용하는 만유인력의 크기가  $4F_0$ 이므로 3r인 지점에서 Q에 작용하는 만유인력의 크기는  $16F_0$ 이다. ㄴ. 행성의 중심으로부터 위성의 중심까지의 거리가 가까울수록 속력이 크므로 Q의 속력은 3r인 지점에서보다 6r인 지점에서보다 크다. ㄷ. 공전 궤도의 긴반지름은 Q가 P의 3배이고 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 공전 주기는 Q가 P의  $3\sqrt{3}$  배이다.

#### 16. [출제의도] 포물선 운동에서 역학적 에너지 보존 적용하기

물체의 질량을  $m$ , 중력 가속도를  $g$ , 최고점 높이를  $H$ , p의 높이를  $h$ 라 할 때  $\frac{1}{2}mv^2 = mgH + \frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2 = 2 \times mg(H-h)$ 이므로,  $mgh = \frac{1}{8}mv^2$ 이다. 따라서 p에서 물체의 속력을  $v_p$ 라 할 때  $mgh + \frac{1}{2}mv_p^2 = \frac{1}{2}mv^2$ 이므로  $v_p = \frac{\sqrt{3}}{2}v$ 이다.

#### 17. [출제의도] 열의 일당량 탐구 설계 및 수행하기

ㄱ, ㄴ. A에서 추의 역학적 에너지 변화량은 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량인  $2mgh$ 이다. A, B에서 물이 얻은 열량은  $2mgh$ 로 같다. ㄷ. 물이 얻은 열량은 온도 변화에 비례하므로  $T_A = T_B$ 이다.

#### 18. [출제의도] 단진자 운동에서 역학적 에너지 보존 결론 도출 및 평가하기

ㄱ, ㄴ, ㄷ. 마찰과 공기 저항을 무시할 때 단진자 운동에서 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 물체의 운동 에너지는 최저점인 O에서 최대이므로 O에서 물체의 운동 에너지를  $E_0$ 이다. A에서 물체의 운동 에너지를  $E_A$ 라 할 때, O에서 A까지 운동하는 동안 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은  $E_0 - E_A$ 이므로  $E_0$ 보다 작다. O와 B의 높이차를  $h$ 라 할 때  $mgh = E_0$ 이므로  $h = \frac{E_0}{mg}$ 이다.

#### 19. [출제의도] 포물선 운동 적용하기

p에서 물체의 연직 방향 속력을  $v$ , 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t$ 라 할 때, 수평 방향 속력은  $\sqrt{3}v$ 이므로  $\sqrt{3}vt = 2h$ 이다. p에서 최고점까지 물체의 연직 방향 평균 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이므로 p에서 최고점까지의 높이는  $\frac{1}{2}vt = \frac{1}{3}h$ 이다. 최고점의 높이가 p에서 최고점까지의 높이의 4배이므로 최고점에서 q까지 물체가 운동하는 데 걸린 시간은 p에서 최고점까지 물체가 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다. 따라서 최고점에서 q까지 물체의 수평 이동 거리는  $4h$ 이다.

#### 20. [출제의도] 일·운동 에너지 정리 적용하기

q에서 물체의 속력을  $v$ 라 할 때, 연직 방향의 속력은  $\frac{v}{2}$ , 수평 방향의 속력은  $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ 이다. r에서 물체의 수평 방향의 속력은  $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ , 연직 방향의 속력은  $\frac{3}{2}v$ 이다. q에서 r까지 물체가 운동하는 데 걸린 시간을  $t$ 라 할 때,  $\frac{v}{2} - gt = -\frac{3}{2}v$ ,  $\frac{\sqrt{3}}{2}vt = L$ 이므로  $L = \frac{\sqrt{3}v^2}{g}$ 이다. p와 q 사이의 거리는  $\frac{4}{\sqrt{3}}L$ 이고 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는  $F - \frac{1}{2}mg$ 이므로 일·운동 에너지 정리에 의해  $(F - \frac{1}{2}mg) \times \frac{4}{\sqrt{3}}L = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $F = \frac{5}{8}mg$ 이다.