2024학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가

과학탐구영역 물리학 I 정답 및 해설

*최근 수정일 : 2023.09.11.(월)

01.②	02.①	03.④	04.③	05.①	06.②	07.②	08.③	09.④	10.⑤
11.①	12.⑤	13.⑤	14.③	15.④	16.②	17.②	18.⑤	19.③	20.④

1. 전자기파의 이용

[정답맞히기] ㄴ. 진공에서 전자기파의 속력은 전자기파의 종류에 관계없이 모두 같다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. A는 적외선과 라디오파 사이의 전자기파이므로 마이크로파, B는 자외선과 적외선 사이의 전자기파이므로 가시광선이다.

ㄷ. 파장은 B가 A보다 짧으므로 진동수는 A가 B보다 작다.

2. 핵반응

[정답맞히기] A. (가)는 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상인 핵분열 반응이고, (나)는 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵이 되는 현상인 핵융합 반응이다. **정답①**

[오답피하기] B. 핵반응 과정에서 질량수와 양성자수는 보존된다. ㉠의 질량수와 양성자수를 각각 a, b라고 하면, 235+a=140+94+2에서 $a=1$이고, 92+b=54+38에서 $b=0$이다. 따라서 ㉠은 중성자($_0^1\mathrm{n}$)이다.

C. 핵반응 과정에서 발생하는 에너지는 질량 결손에 의한 것이므로 (나)에서 $_1^2\mathrm{H}$와 $_1^3\mathrm{H}$의 질량의 합은 $_2^4\mathrm{He}$과 ㉡의 질량의 합보다 크다.

3. 파동의 표현

[정답맞히기] ㄱ. A에서 파동의 속력이 4 cm/s, 파장이 8 cm이므로 파동의 주기 $T=\frac{8\ \mathrm{cm}}{4\ \mathrm{cm/s}}=2\ \mathrm{s}$이다.

ㄷ. 파동이 A에서 B로 이동하므로 $t=0.1$초일 때 P에서 파동의 변위는 y_p보다 작다. **정답④**

[오답피하기] ㄴ. B에서 파동의 파장은 4 cm이고, 주기는 2초이므로 파동의 진행 속력은 $\frac{4\ \mathrm{cm}}{2\ \mathrm{s}}=2\ \mathrm{cm/s}$이다.

4. 보어의 수소 원자 모형

[정답맞히기] ㄱ. 전자의 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 에너지 준위 차이다. 따라서 B에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 $|E_4-E_2|$이다.

ㄴ. 전자의 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지가 클수록 방출되는 빛의 파장은 짧다. A, B, C 중에서 방출되는 빛의 에너지는 C가 가장 크므로 C에서 방출되는 빛의 파장은 가장 짧다. 따라서 C에서 방출되는 빛의 파장은 λ_1이다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. D에서 흡수되는 빛의 에너지는 $|E_5-E_3|$이고, $|E_5-E_3|=|(E_5-E_2)-(E_3-E_2)|=hc\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_3}\right)$이다. 따라서 D에서 흡수되는 빛의 진동수는 $\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_3}\right)c$이다.

5. 물질의 자성

[정답맞히기] 실험 결과Ⅱ에서 용수철저울의 측정값이 결과Ⅰ에서보다 크므로 A와 B 사이에서는 서로 당기는 자기력이 작용하고, 결과Ⅲ에서 용수철저울의 측정값이 결과Ⅰ에서보다 작으므로 A와 C 사이에서는 서로 미는 자기력이 작용한다. 따라서 A는 강자성체, B는 상자성체, C는 반자성체이다. **정답①**

6. 특수 상대성 이론

[정답맞히기] ㄴ. B의 관성계에서 측정한 우주선의 길이는 고유 길이이고, A의 관성계에서 측정한 우주선의 길이는 고유 길이보다 짧은 수축된 길이이다. 따라서 B의 관성계에서 우주선의 길이는 L_1보다 길다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. A의 관성계에서 B는 $0.9c$의 속력으로 운동하고 있으므로 A의 관성계에서 B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.

ㄷ. B의 관성계에서 측정한 P와 Q 사이의 거리는 L_2보다 짧다. 따라서 B의 관성계에서, P에서 방출된 빛이 Q에 도달하는 데 걸리는 시간은 $\frac{L_2}{c}$보다 작다.

7. 열역학 법칙

[정답맞히기] ㄴ. C→D 과정은 등적 과정이므로 기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 같고, 기체의 내부 에너지 변화량은 기체의 절대 온도 변화량에만 관계가 있다. A→B 과정에서 기체가 흡수한 열량이 $5Q$이므로 C→D 과정에서 기체가 방출한 열량은 $5Q$이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. B와 C의 상태에서 기체의 절대 온도가 같으므로 기체의 압력은 부피에 반비례한다. 따라서 기체의 압력은 B에서가 C에서보다 크다.

ㄷ. A→B→C→D→A 과정에서 기체가 흡수한 열량은 $8Q$이고, C→D 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 방출된 열량(Q_{DA})과 같으므로 A→B→C→D→A 과정에서 방출된 열량은 $5Q+Q_{DA}$이다. 열기관의 열효율은 0.25이므로 $\frac{3}{4}=\frac{5Q+Q_{DA}}{8Q}$에서 $Q_{DA}=Q$이다. 따라서 D→A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 Q이다.

8. 뉴턴 운동 법칙

[정답맞히기] ㄱ. B의 질량을 m_B라고 하자. A, B에 빗면과 나란한 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 각각 $6ma$, $3m_Ba$이다. A, B, C가 등속도 운동을 할 때, A, B, C에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $2mg-3m_Ba-6ma=0$…①이다. p가 끊어진 후 B, C에 작용하는 힘은 $2mg-3m_Ba=(2m+m_B)a$…②이다. 식 ①, ②를 정리하면 $3m_Ba+6ma=3m_Ba+(2m+m_B)a$에서 $m_B=4m$이다.

ㄷ. p를 끊기 전 p가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기와 같다. p가 B를 당기는 힘의 크기를 T라고 하면, p를 끊기 전 A는 등속도 운동을 하므로 $T=6ma=\frac{2}{3}mg$이다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. B의 질량이 $4m$이므로 이를 식 ①에 대입하여 정리하면 $2mg=12ma+6ma$에서 $a=\frac{1}{9}g$이다.

9. 뉴턴 운동 법칙

[정답맞히기] ㄴ. (나)에서 B가 A를 떠받치는 힘의 크기를 f라고 하면 (가)에서 B가 A를 떠받치는 힘의 크기는 $2f$이다. (가)의 A에서 $F+mg=2f$이고, (나)의 A에서 $mg-2F=f$이므로 두 식을 연립하면 $F=\frac{1}{5}mg$이다.

ㄷ. 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서 $N_{(가)}=4mg+\frac{1}{5}mg=\frac{21}{5}mg$이고, (나)에서 $N_{(나)}=4mg-2\times\frac{1}{5}mg=\frac{18}{5}mg$이다. 따라서 $N_{(가)}$는 $N_{(나)}$의 $\frac{7}{6}$배이다. **정답④**

[오답피하기] ㄱ. A에 작용하는 중력에 대한 작용 반작용 관계의 힘은 A가 지구를 잡아당기는 힘이다. 따라서 B가 A를 떠받치는 힘은 A에 작용하는 중력과 작용 반작용 관계가 아니다.

10. 운동량과 충격량

[정답맞히기] ㄴ. Ⅱ에서 B가 A와 충돌한 후 B의 운동량의 크기를 p_B라고 하자. $p+p_B=2S$…①이고, $p_B+\frac{1}{3}p=S$…②이다. 식 ①, ②를 정리하면 $p_B=\frac{1}{3}p$이다.

ㄷ. Ⅰ에서 A, B의 운동량의 합은 0이므로 Ⅱ에서도 A, B의 운동량의 합은 0이다. 따라서 Ⅱ, Ⅲ에서 A의 운동량의 크기는 $\frac{1}{3}p$이다. Ⅲ에서 A와 B의 운동량의 크기는 같고, 질량은 B가 A의 2배이므로 속력은 A가 B의 2배이다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄱ. B가 A와 충돌하는 받은 평균 힘의 크기는 $\frac{2S}{T}$이고, 벽과 충돌하는 동안 받은 평균 힘의 크기는 $\frac{S}{2T}$이다. 따라서 B가 받은 평균 힘의 크기는 A와 충돌하는 동안이 벽과 충돌하는 동안의 4배이다.

11. 다이오드

[정답맞히기] ㄱ. S_1을 a에 연결하고 S_2를 닫았을 때, LED에서 빛이 방출되므로 A와 LED에는 모두 순방향 전압이 걸린다. 따라서 X는 p형 반도체이고, 주로 양공이 전류를 흐르게 한다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. S_1을 a에 연결하고 S_2를 열었을 때, LED에는 순방향 전압이 걸리지만 LED에서 빛이 방출되지 않았으므로 B에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄷ. S_1을 b에 연결하면 LED에는 역방향 전압이 걸리므로 LED에서 빛이 방출되지 않는다. 따라서 ㉠은 '방출되지 않음'이다.

12. 전류에 의한 자기장

[정답맞히기] ㄱ. a에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같다. 만약에 Q에 흐르는 전류의 방향이 $-y$방향이라면, a에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. R에는 일정한 전류가 흐른다고 했으므로 R의 중심이 a일 때, a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이 될 수 없다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다.

ㄴ. R의 중심에서 R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 B라 하고, xy평면에 수직으로 들어가는 방향을 (+)방향이라고 하자. R의 중심이 a일 때 $k\left(\frac{2I_0}{2d}+\frac{3I_0}{3d}\right)=B$에서 $B=k\frac{2I_0}{d}$이다. R의 중심이 b일 때 P, Q, R에 의한 자기장의 세기는 $k\left(\frac{2I_0}{4d}+\frac{3I_0}{3d}\right)-B=k\left(\frac{3I_0}{2d}-\frac{2I_0}{d}\right)=-k\frac{I_0}{2d}=B_0$이다. 따라서 ㉠은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. ㉡$=k\left(\frac{2I_0}{4d}+\frac{3I_0}{d}\right)-B=k\left(\frac{7I_0}{2d}-\frac{2I_0}{d}\right)=k\frac{3I_0}{2d}=3B_0$이다. **정답⑤**

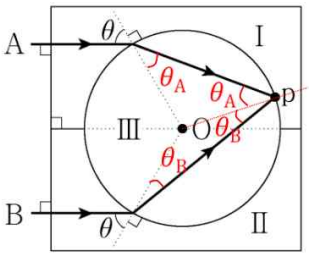
13. 전자기 유도

[정답맞히기] a가 $x=7d$일 때 a에는 $-y$방향으로 유도 전류가 흐르고, a가 $x=d$일 때 같은 방향($-y$방향)으로 유도 전류가 흐르므로 영역 I 에서 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

a의 위치	단위 시간당 자기장의 변화량	a에 흐르는 유도 전류의 방향	a에 흐르는 유도 전류의 세기
$x=0$에서 $x=2d$	ΔB_0	$-y$방향	I_0
$x=2d$에서 $x=4d$	$2\Delta B_0$	$+y$방향	$2I_0$
$x=4d$에서 $x=6d$	ΔB_0	$+y$방향	I_0
$x=6d$에서 $x=8d$	$2\Delta B_0$	$-y$방향	$2I_0$

따라서 a에 흐르는 유도 전류를 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은 ⑤번이다. **정답⑤**

14. 빛의 굴절



[정답맞히기] ㄱ. A가 Ⅰ에서 Ⅲ으로 진행할 때 Ⅰ과 Ⅲ의 경계면에서 A의 입사각은 굴절각보다 크다. 따라서 굴절률은 Ⅰ이 Ⅲ보다 작으므로 A의 파장은 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 길다.

ㄴ. B가 Ⅱ에서 Ⅲ으로 진행할 때 Ⅱ와 Ⅲ의 경계면에서 B의 입사각은 굴절각보다 크다. 따라서 굴절률은 Ⅱ가 Ⅲ보다 작다. Ⅲ의 경계면에서 A, B의 굴절각을 각각 θ_A, θ_B라고 하면, $\theta_A > \theta_B$이다. Ⅰ과 Ⅲ의 경계면에서 A의 입사각과 Ⅱ와 Ⅲ의 경계면에서 B의 입사각은 θ로 같으므로 굴절률은 Ⅰ이 Ⅱ보다 크다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 굴절률을 각각 n_1, n_2, n_3라고 하면, $n_3 > n_1 > n_2$이다. B가 Ⅲ에서 Ⅰ로 진행할 때 Ⅲ과 Ⅰ의 경계면에서 B의 임계각을 θ_{i1}라 하고, B가 Ⅲ에서 Ⅱ로 진행할 때 Ⅲ과 Ⅱ의 경계면에서 B의 임계각을 θ_{i2}라 하면, $\sin\theta_{i1} = \frac{n_1}{n_3}$이고 $\sin\theta_{i2} = \frac{n_2}{n_3}$이다. $n_1 > n_2$이므로 $\theta_{i1} > \theta_{i2}$이다. 만약에 B가 Ⅲ에서 Ⅱ로 진행한다면 Ⅲ과 Ⅱ의 경계면에 입사각 θ_B로 입사할 때 굴절각은 θ이므로 B는 전반사하지 않는다. $\theta_{i1} > \theta_{i2}$이므로 B는 p에서 전반사하지 않는다.

15. 파동의 간섭

[정답맞히기] ㄱ. P에서는 마루와 골이 중첩되므로 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄷ. 물결파의 주기는 $T = \frac{20\text{ cm}}{20\text{ cm/s}} = 1\text{ s}$이다. 따라서 R에서 중첩된 물결파의 변위는 $t = 1$초일 때와 $t = 2$초일 때가 같다. **정답④**

[오답피하기] ㄴ. Q에서는 마루와 마루가 만나므로 보강 간섭이 일어나는 지점이다. Q에서는 시간에 따라 마루와 마루, 골과 골이 중첩되므로 물결파의 변위는 시간에 따라 변한다.

16. 물질파

[정답맞히기] ㄷ. 물질파 파장이 짧을수록 분해능이 좋다. 물질파 파장은 Q가 P보다 짧으므로 분해능은 Q를 이용할 때가 P를 이용할 때보다 좋다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. 전자의 질량을 m이라고 하면, P의 운동량의 크기는 $\sqrt{2mE_0}$이고, Q의 운동량의 크기는 $\sqrt{2m(2E_0)}$이다. 따라서 전자의 운동량의 크기는 Q가 P의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. 물질파 파장은 운동량의 크기에 반비례한다. 운동량의 크기는 Q가 P의 $\sqrt{2}$배이므로 물질파 파장은 P가 Q의 $\sqrt{2}$배이다. 따라서 ㉠은 $\sqrt{2}\,\lambda_0$이다.

17. 운동량 보존

[정답맞히기] B의 운동 에너지를 E_0이라 하면 C의 운동 에너지는 $2E_0 = \frac{1}{2}m(2v)^2$에서 $E_0 = mv^2$이다. (나)에서 A와 C가 충돌하여 정지하였으므로 (가)에서 A와 C의 운동량의 크기는 같다. C의 운동량의 크기가 $2mv$이므로 A와 B의 운동량의 크기도 $2mv$이다. B의 질량이 m_B일 때, $E_0 = \frac{(2mv)^2}{2m_B} = mv^2$에서 $m_B = 2m$이다. D의 질량이 m_D일 때, (가)와 (나)에서 B와 D의 운동량은 보존되므로 $2mv - m_D v = (2m + m_D) \times \frac{1}{3}v$에서 $m_D = m$이다. **정답②**

18. 전기력

[정답맞히기] ㄴ. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이므로, B가 A에 작용하는 전기력의 크기는 C가 A에 작용하는 전기력의 크기보다 작다. A로부터의 거리는 C가 B보다 크므로 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.

ㄷ. C가 A에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다. B가 A에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, (가)와 (나)에서 C가 A에 작용하는 전기력의 방향과 B가 A에 작용하는 전기력의 방향인 반대이다. 따라서 A에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄱ. (가)에서 C는 A와 B의 외부에 위치해 있고, (나)에서 C는 A와 B 사이에 위치해 있다. C에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 A와 B는 같은 종류의 전하이다. 따라서 B는 양(+)전하이다. (가)에서 B가 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이고, B와 C가 A에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이므로 C는 음(-)전하이다. 따라서 (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이다.

19. 역학적 에너지

[정답맞히기] 마찰 구간 I 에서 손실된 역학적 에너지를 W라 하면 마찰 구간 II 에서 손실된 역학적 에너지는 $2W$이다. 중력 가속도가 g일 때, 높이 $6h$인 지점에서 물체의 역학적 에너지는 $6mgh$이고, r의 높이가 H일 때 r에서 물체의 역학적 에너지는 $mgH = 6mgh - 3W \cdots$①이다.

p에서의 역학적 에너지는 $6mgh - W = mgh + \frac{1}{2}m(\sqrt{2}v)^2 \cdots$②이고, q에서의 역학적 에너지는 $mgh + \frac{1}{2}m(\sqrt{2}v)^2 - 2W = 2mgh + \frac{1}{2}mv^2 \cdots$③이다. 식 ②와 ③을 연립하면

$W=\frac{3}{5}mgh$이고, 이를 식 ①에 대입하면 $H=\frac{21}{5}h$이다. **정답③**

20. 등가속도 운동

[정답맞히기] b, c, d에서 물체의 속력을 각각 v_b, v_c, v_d라고 하자. 물체가 a에서 b까지, c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간이 t로 같다고 하면 $\frac{L}{t}=\frac{v+v_b}{2}\cdots$①이고, $\frac{3L}{t}=\frac{v_c+v_d}{2}\cdots$②이다. 식 ①, ②를 정리하면 $3v+3v_b=v_c+v_d\cdots$③이다. a와 d 사이의 평균 속력은 b와 c 사이의 평균 속력과 같으므로 $v_b+v_c=v+v_d$에서 $v_b-v=v_d-v_c\cdots$④이다. 식 ③+④를 하면 $2v_b+v=v_d\cdots$⑤이다. 식 ③-④를 하면 $2v+v_b=v_c\cdots$⑥이다. 물체는 b에서 d까지 등가속도 운동을 하므로 $v_d^2-v_b^2=18aL$이고, 식 ⑤를 대입하여 정리하면 $v^2+4vv_b+3v_b^2=18aL$에서 $(v+3v_b)(v+v_b)=18aL\cdots$⑦이다. 마찬가지로 물체는 a에서 c까지 등가속도 운동을 하므로 $v_c^2-v^2=14aL$이고, 식 ⑥을 대입하여 정리하면 $3v^2+4vv_b+v_b^2=14aL$에서 $(3v+v_b)(v+v_b)=14aL\cdots$⑧이다. 식 ⑦, ⑧을 정리하면 $\frac{3v+v_b}{v+3v_b}=\frac{7}{9}$이므로 $v_b=\frac{5}{3}v$이다. 물체가 a에서 b까지 등가속도 운동을 하므로 $v_b^2-v^2=2aL$에서 $\frac{25}{9}v^2-v^2=2aL$이므로 $a=\frac{8v^2}{9L}$이다. **정답④**

[별해]

a에서 b까지와 c에서 d까지 물체가 이동하는 데 걸린 시간을 각각 t, b에서 c까지 물체가 이동하는 데 걸린 시간을 Δt, 가속도의 크기를 a라고 하자. c에서 물체의 속력을 v_c라 하면 b에서 물체의 속력은 $v+at$이고, d에서 물체의 속력은 v_c+at이다. a에서 d까지 평균 속력을 이용하면 $\frac{v+(v_c+at)}{2}\times(2t+\Delta t)=10L\cdots$①, b에서 c까지 평균 속력을 이용하면 $\frac{(v+at)+v_c}{2}\times\Delta t=6L\cdots$②이다. 식 ①, ②를 연립하면 $\Delta t=3t$이다. a에서 b까지 평균 속력을 이용하면 $\frac{2v+at}{2}\times t=L\cdots$③, a에서 d까지 평균 속력을 이용하면 $\frac{2v+5at}{2}\times 5t=10L\cdots$④이다. 식 ③, ④를 연립하면 $at=\frac{2}{3}v\cdots$⑤이고, 이를 식 ③에 대입하면 $t=\frac{3L}{4v}\cdots$⑥이다. 식 ⑤, ⑥을 정리하면 $a=\frac{2v}{3t}=\frac{8v^2}{9L}$이다.