

2024학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 물리학 I 정답 및 해설

01.④	02.②	03.①	04.①	05.④	06.②	07.③	08.③	09.⑤	10.①
11.④	12.②	13.③	14.③	15.⑤	16.⑤	17.①	18.⑤	19.④	20.②

1. 전자기파의 이용

[정답맞히기] ㄱ. ㉠은 전광판에 이용하는 빨간색 빛으로 사람이 눈으로 볼 수 있는 빛이므로 가시광선 영역에 해당하는 전자기파이다.

ㄴ. 진공에서 ㉡과 ㉢의 속력은 같고, 전자기파의 진동수가 클수록 파장이 짧다. 따라서 진공에서의 파장은 ㉡이 ㉢보다 짧다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. 진공에서 전자기파의 속력은 진동수에 관계없이 일정하므로 진공에서 속력은 ㉡과 ㉢이 같다.

2. 핵반응

[정답맞히기] ㄴ. ㉡은 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. 핵반응에서 반응 전후 전하량과 질량수가 보존되므로 ㉠은 ${}^2_1\text{H}$ 이다.

ㄴ. 핵반응에서 질량 결손에 의해 에너지가 발생하므로 반응 전 질량의 총합이 반응 후 질량의 총합보다 크다. 따라서 $2M_1 > M_2 + M_3$ 이다.

3. 물질의 자성

A가 강자성체이고 A에 작용하는 중력과 자기력의 합력의 크기는 (나)에서가 (다)에서보다 크므로 (나)에서 A에 작용하는 중력과 자기력은 같은 방향이고, (다)에서 A에 작용하는 중력과 자기력은 서로 반대 방향이다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)에서 A와 B 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용해야 하므로 B는 상자성체이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. B가 상자성체이므로 C는 반자성체이다. 따라서 (가)에서 A와 C는 서로 반대 방향으로 자기화된다.

ㄴ. (나)에서 B에 작용하는 자기력의 방향은 중력과 반대 방향이므로 중력과 자기력의 방향이 같지 않다.

4. 수소의 선 스펙트럼

[정답맞히기] ㄱ. 라이먼 계열은 발머 계열보다 파장이 짧다. 따라서 X는 라이먼 계열이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 광자 1개의 에너지는 빛의 파장이 짧을수록 크다. 따라서 광자 1개의 에너지는 라이먼 계열인 ㉠에서가 발머 계열인 ㉡에서보다 크다.

ㄴ. ㉡은 발머 계열에서 파장이 가장 긴 빛의 스펙트럼선으로, 전자가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이할 때 나타난다.

5. 파동의 기술

[정답맞히기] ㄴ. 매질 II에서 파동의 파장이 3 m이고, 주기가 2초이므로 파동의 진행 속력은 $\frac{3}{2}$ m/s이다.

ㄷ. $t=0$ 일 때 $x=6$ m에서 파동이 마루이고, II에서 파동의 속력은 $\frac{3}{2}$ m/s이므로 $t=0$ 부터 $t=3$ 초까지, $x=7$ m에서 파동이 마루가 되는 횟수는 2회이다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. 매질 I에서 파동의 파장은 2 m이다.

6. 파동의 중첩

[정답맞히기] 파동은 한 주기(T) 동안 한 파장(λ)만큼 이동하므로 파동의 진행 속력은 $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$ 이다. P, Q의 파장은 2 m이고, 진동수는 0.25 Hz이므로 두 파동의 진행 속력은 0.5 m/s로 서로 같다. 두 파동은 $t=0$ 인 순간부터 $t=2$ 초까지 서로 반대 방향으로 각각 1 m만큼 이동하여 $t=2$ 초일 때 $x=5$ m인 위치에서 만나기 시작한다. $x=5$ m인 지점에서, P의 마루가 도달할 때 Q의 골이, P의 골이 도달할 때는 Q의 마루가 도달한다. 따라서 $t=2$ 초부터 $t=6$ 초까지, $x=5$ m에서 중첩된 파동의 변위의 최댓값은 A이다. 정답②

7. 운동량과 충격량

[정답맞히기] ㄱ. 충돌 전후 수레의 운동량 변화량의 크기는 수레가 벽으로부터 받은 힘의 크기를 시간 t 에 따라 나타낸 그래프에서 곡선과 시간 축이 만드는 면적과 같으므로 $10 \text{ N}\cdot\text{s} = 10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.

ㄴ. 수레의 질량을 m 이라 하면 충돌 전후 수레의 운동량 변화량의 크기는 $5m = 10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 에서 $m = 2 \text{ kg}$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. 충돌하는 동안 벽이 수레에 작용한 평균 힘의 크기는

$$F = \frac{10 \text{ N}\cdot\text{s}}{0.4 \text{ s}} = 25 \text{ N}$$

이다.

8. 운동량 보존

[정답맞히기] ㄱ. 용수철에서 분리되기 전 B와 C의 운동량이 0이므로 용수철에서 분리된 후 B와 C의 운동량 합은 0이다. 따라서 (가)에서 B와 C가 용수철에서 분리된 직후 운동량의 크기는 B와 C가 같고, 운동량의 방향은 서로 반대이다.

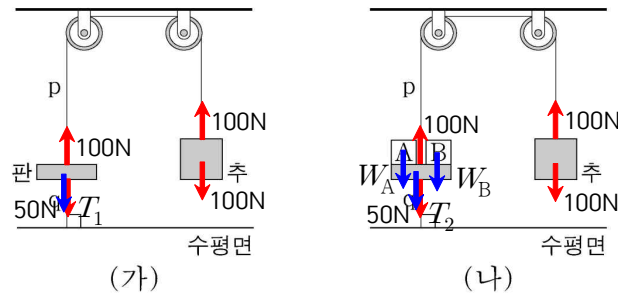
ㄴ. B, C가 용수철에서 분리된 직후 B, C의 속도를 각각 v_B , v_C 라고 하자. C와 D가 충돌할 때 운동량 보존 법칙을 적용하면 $mv_C = (m+m)v$ 에서 $v_C = 2v$ 이고, B와 C가 용수철에서 분리될 때 운동량 보존 법칙을 적용하면 $0 = 2mv_B + m(2v)$ 에서 $v_B = -v$ 이다. 따라서 (가)에서 B와 C가 용수철에서 분리된 직후 B의 속력은 v 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. (가)에서 처음 A, B, C, D가 모두 정지해 있었으므로 운동량은 모두 0이고,

(나)에서 A와 B가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 등속도 운동하는 상황에서도 전체 운동량은 0으로 보존되어야 한다. (나)에서 한 덩어리가 된 A와 B의 속도를 v' 라 하고 운동량 보존 법칙을 적용하면 $0 = (5m + 2m)v' + 2mv$ 에서 $v' = -\frac{2}{7}v$ 이다. 따라서 (나)에서 한 덩어리가 된 A와 B의 속력은 $\frac{2}{7}v$ 이다.

9. 힘의 평형

[정답맞히기] ㄱ. 추가 정지해 있으므로 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 0이다. 추에 작용하는 중력의 크기가 100 N이므로 p가 추를 당기는 힘의 크기는 100 N이다. 판이 정지해 있으므로 판에 작용하는 알짜힘의 크기는 0이다. p가 판을 당기는 힘의 크기는 100 N이고, 판에 작용하는 중력의 크기는 50 N이므로 q가 판을 당기는 힘의 크기는 $T_1 = 50$ N이다.



ㄴ. p가 판을 당기는 힘의 크기는 p가 추를 당기는 힘의 크기와 같으므로 (가)와 (나)에서 100 N으로 같다.

ㄷ. (가), (나)에서 판이 q를 당기는 힘의 크기(q가 판을 당기는 힘의 크기)를 각각 T_1 , T_2 라 하면, (가)에서 $T_1 = 50$ N이고, (나)에서 A와 B의 무게를 각각 W_A , W_B 이라 하면, $T_2 = 50$ N - W_A - W_B 이므로 $T_1 > T_2$ 이다. 정답⑤

10. 뉴턴 운동 법칙

[정답맞히기] ㄱ. 실이 끊어진 순간부터 B가 정지한 순간까지 A와 B는 d 만큼 이동하였고, C는 $4d$ 만큼 이동하였으므로 평균 속력의 비도 1 : 4이다. (나)에서 B가 정지한 순간 C의 속력을 v_C 라고 하면 $\frac{v}{2} : \frac{v + v_C}{2} = 1 : 4$ 이다. 따라서 $v_C = 3v$ 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 B의 속도가 $v \rightarrow 0$ 으로 v 만큼 변하는 동안 C의 속도가 $v \rightarrow 3v$ 로 $2v$ 만큼 변했으므로 실이 끊어진 후 가속도의 크기는 C가 B의 2배이다. 따라서 실이 끊어지기 전 A의 가속도를 $+a$ 라고 하면, 실이 끊어진 후 A의 가속도는 $-2a$, C의 가속도는 $+4a$ 라고 할 수 있다. 실이 끊어졌을 때, 양쪽에 연결된 계에 같은 크기의 알짜힘의 변화(ΔF)가 나타나고, 가속도의 변화량 $\Delta a = \frac{\Delta F}{m}$ 이므로 Δa 와 m 사이에는 $\Delta a \propto \frac{1}{m}$ 의 관계가 성립한다. 실이

끊어지기 전후로 A와 B가 연결된 쪽과 C 쪽에서 Δa 의 크기가 $3a$ 만큼 동일하게 변하였으므로 양쪽의 질량도 같다. 따라서 A의 질량을 m_A 라고 하면, $m_A + m = 3m$ 에서 $m_A = 2m$ 이다.

ㄷ. (가)에서 세 물체의 운동 방정식은 $F - 2mg = 6ma \cdots \textcircled{1}$ 이다. (나)에서 C의 운동 방정식은 $F = 3m(4a) \cdots \textcircled{2}$ 이다. 식 $\textcircled{1}$, $\textcircled{2}$ 에서 $F = 4mg$ 이다.

11. 열기관

[정답맞히기] ㄴ. A \rightarrow B 과정에서 흡수한 열을 Q_1 , C \rightarrow D 과정에서 방출한 열을 Q_2 라 하면, 기체는 B \rightarrow C 과정에서 150 J의 열을 흡수한다. 한 번의 순환 과정에서 기체가 한 일은 50 J이고 기체가 흡수한 열은 $Q_1 + 150$ J이다. 열기관의 열효율이 0.25이므로 $0.25 = \frac{50}{Q_1 + 150}$ 에서 $Q_1 = 50$ J이다.

ㄷ. C \rightarrow D 과정은 등적 과정이므로 기체의 내부 에너지 감소량은 기체가 방출한 열과 같다. 열기관의 열효율이 0.25이므로 $0.25 = 1 - \frac{Q_2}{200}$ 에서 $Q_2 = 150$ J이다. 따라서 C \rightarrow D 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 150 J이다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. 기체의 온도는 B에서와 C에서가 같고, A에서가 B에서보다 기체의 온도가 낮으므로, 기체의 온도는 A에서가 C에서보다 낮다.

12. 특수 상대성 이론

[정답맞히기] ㄴ. A의 관성계에서 P와 Q에서 검출기를 향해 동시에 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달하고, B의 관성계에서도 P와 Q에서 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달한다. B의 관성계에서 검출기는 Q의 방향으로 이동하므로 검출기에 빛이 동시에 도달하기 위해서는 빛은 P에서가 Q에서보다 먼저 방출되어야 한다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. P와 Q 사이의 거리가 B의 관성계에서가 C의 관성계에서보다 크므로 길이 수축 효과는 C의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 더 많이 일어났다. 우주선의 속력이 클수록 길이 수축 효과와 시간 지연 효과가 더 많이 일어나므로 우주선의 속력은 C가 B보다 크다. 따라서 A의 관성계에서, C의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

ㄷ. C의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리는 동일한 비율로 수축되므로 검출기에서 P까지의 거리는 검출기에서 Q까지의 거리와 같다.

13. 발광 다이오드와 에너지띠

[정답맞히기] ㄱ. 스위치를 a에 연결할 때 A에서 빛이 방출되었으므로 P는 도체이고, A는 순방향 연결으로, B는 역방향으로 연결된다. Y는 p형 반도체이므로 주로 양공이 전류를 흐르게 하는 반도체이다.

ㄴ. (나)의 $\textcircled{7}$ 은 절연체의 에너지띠 구조이므로 Q의 에너지띠 구조이다. 정답③

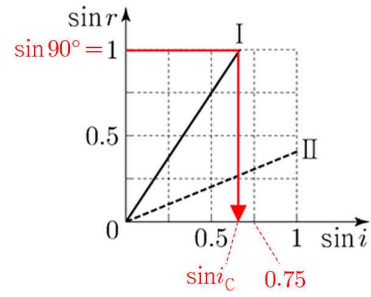
[오답피하기] ㄷ. 스위치를 a에 연결하면 B는 역방향 연결되므로 B의 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면으로부터 멀어지는 방향으로 이동한다.

14. 전반사

[정답맞히기] ㄱ. I일 때 $\sin i < \sin r$ 이므로 P가 A에서 B로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 전반사는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 큰 경우에 일어난다. 임계각은 굴절각이 90° 일 때의 입사각이므로 P가 A에서 B로 진행할 때 임계각을 i_c 라고 하면 $\sin i_c < \sin i_0 = 0.75$ 이다.

즉, $i_c < i_0$ 이다. 따라서 I에서 $\sin i_0 = 0.75$ 인 입사각 i_0 으로 P를 입사시키면 전반사가 일어난다. 정답③



[오답피하기] ㄴ. II일 때 $\sin i > \sin r$ 이므로 P가 B에서 C로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다. 따라서 P의 속력은 B에서가 C에서보다 크다.

15. 전기력

[정답맞히기] ㄱ. A, B, C의 전하량의 크기가 같으므로 P가 $x=2d$ 에 있을 때, P가 B와 C로부터 받는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다. 그러나 P가 A, B, C로부터 받는 전기력의 방향이 $+x$ 방향이므로 A는 양(+)전하이다.

ㄴ. P가 $x=6d$ 에 있을 때, A, B, C에 의해 P가 받는 전기력의 방향이 모두 $+x$ 방향이므로 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

ㄷ. P가 $x=d$ 에 있을 때, A가 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고 전기력의 크기를 F_0 이라고 하면, B가 P에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이고 전기력의 크기는 $\frac{1}{9}F_0$, C가 A에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고 전기력의 크기는 $\frac{1}{64}F_0$

이다. P가 $x=5d$ 에 있을 때, B가 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고 전기력의 크기는 F_0 , A가 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고 전기력의 크기는 $\frac{1}{25}F_0$, C가 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고 전기력의 크기는 $\frac{1}{16}F_0$ 이다.

따라서 P에 작용하는 전기력의 크기는 P가 $x=d$ 에 있을 때가 $x=5d$ 에 있을 때보다 작다. 정답⑤

따라서 P에 작용하는 전기력의 크기는 P가 $x=d$ 에 있을 때가 $x=5d$ 에 있을 때보다 작다. 정답⑤

16. 물질파

[정답맞히기] ㄱ. $\lambda = \frac{h}{mv}$ 에서 $m = \frac{h}{v} \left(\frac{1}{\lambda} \right)$ 이다. $\frac{1}{\lambda}$ 이 y 축의 값이므로 $m = h \frac{y_0}{v_0}$ 이다.

ㄴ. $m = \frac{h}{v} \left(\frac{1}{\lambda} \right)$ 에서 입자의 속력이 일정할 때, 입자의 질량과 파장 사이에는 $m \propto \frac{1}{\lambda}$ 의 관계가 성립한다. 입자의 질량은 헬륨 원자가 중성자보다 크므로 Q는 중성자이다.

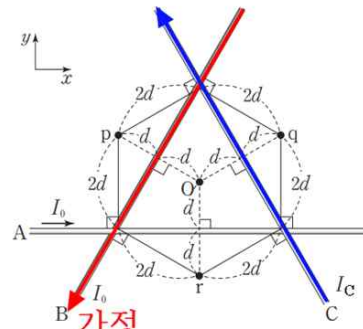
ㄷ. $E_K = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$ 이므로 λ 가 같을 때, 운동 에너지와 질량 사이에는 $E_K \propto \frac{1}{m}$ 의 관계가 성립한다. 따라서 P와 Q의 물질파 파장이 같을 때, 운동 에너지는 P가 Q보다 작다. 정답⑤

17. 전자기 유도

[정답맞히기] 점 p가 $x=5d$ 를 지날 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-y$ 방향이므로 영역 Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 점 p가 $x=d$ 와 $x=5d$ 를 지날 때, p에 흐르는 유도 전류의 세기가 같으므로 이때 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 같고, Ⅲ에서 자기장의 세기는 $2B_0$ 이다. p가 $x=-2d$ 에서 $x=0$ 까지 지날 때 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 p가 $x=d$ 와 $x=5d$ 를 지날 때 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 2배이므로 유도 전류의 세기도 2배이다. p가 $x=-2d$ 에서 $x=0$ 까지 지날 때 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$ 방향이므로 p에 흐르는 유도 전류를 p의 위치에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은 ①번이다. 정답①

18. 자기장

[정답맞히기] O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_0 = k\frac{I_0}{d}$ 이다. <그림 1>과 같이 B에 흐르는 전류의 방향을 왼쪽 아래 방향으로 가정하자. p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이 되기 위해서는 C에 흐르는 전류의 방향이 왼쪽 위 방향으로 흘러야 한다. 그러나 이 조건에서는 q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기 $3B_0$ 을 만족하지 못하므로 모순된 상황이 발생한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 오른쪽 위 방향임을 알 수 있다.

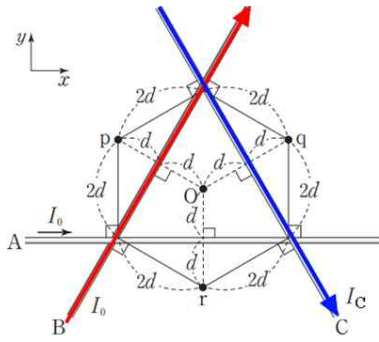


<그림 1>

<B에 흐르는 전류의 방향이 왼쪽 아래 방향으로 가정할 때>

	A	B	C	B의 전류 방향 가정에 따른 합성 자기장 세기	제시된 합성 자기장 세기
p	$\frac{1}{2}B_0$ (●)	B_0 (×:가정)	$\frac{1}{2}B_0$ (●)	0	0
q	$\frac{1}{2}B_0$ (●)	$\frac{1}{2}B_0$ (●)	B_0 (×)	0 (불일치 :모순)	$3B_0$
×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향 ●: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향					

<그림 2>와 같이 B에 흐르는 전류의 방향이 오른쪽 위 방향이므로 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이 되기 위해서는 C에 흐르는 전류의 방향은 오른쪽 아래 방향이 되어야 한다. 이 조건에서는 p, q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장을 나타내면 표와 같이 모든 상황을 만족해야 하므로 $I_C = 3I_0$ 이다.



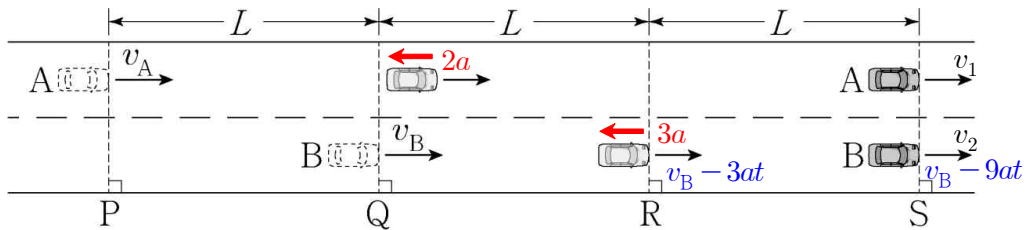
<그림 2>

	A	B	C	자기장 세기
p	$\frac{1}{2}B_0 (\odot)$	$B_0 (\odot)$	$\frac{3}{2}B_0 (\times)$	0
q	$\frac{1}{2}B_0 (\odot)$	$\frac{1}{2}B_0 (\times)$	$3B_0 (\odot)$	$3B_0$
r	$B_0 (\times)$	$\frac{1}{2}B_0 (\times)$	$\frac{3}{2}B_0 (\times)$	$3B_0$

따라서 r에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 표에 의해 $3B_0$ 이다. 정답⑤

19. 등가속도 직선 운동

[정답맞히기] A와 B의 가속도의 크기를 각각 $2a$, $3a$ 라 하고, S를 통과하는 순간 A와 B의 속력을 각각 v_1 , v_2 라 하자. A와 B의 가속도의 방향이 같고, B가 Q에서 R까지 이동하는 데 걸린 시간이 t 이면 Q에서 S까지 이동하는 데 걸린 시간이 $2t$ 이다. 동일한 거리를 이동하는 데 더 많은 시간이 소요되었으므로 가속도의 방향은 자동차의 운동 방향과 반대 방향인 것을 알 수 있다. 평균 속력을 이용하면 A는 $3L = \frac{v_A + v_1}{2} \times 3t$, B는 $2L = \frac{v_B + v_2}{2} \times 3t$ 이고, 두 식을 연립하면 $2v_A + 2v_1 = 3v_B + 3v_2$ 이다. 등가속도 직선 운동 관계식에서 $v_1 = v_A - 6at$, $v_2 = v_B - 9at$ 이고, 이 식을 $2v_A + 2v_1 = 3v_B + 3v_2$ 과 연립하면 $4v_A - 6v_B = -15at$ 이다.



그림과 같이 R에서 B의 속력을 $v_B - 3at$, S에서 B의 속력을 $v_B - 9at$ 라 하고 평균 속력을 이용하면 $L = \frac{2v_B - 3at}{2} \times t = \frac{2v_B - 12at}{2} \times 2t$ 이며, 이를 정리하면 $v_B = \frac{21}{2}at$ 이다.

이 값을 $4v_A - 6v_B = -15at$ 에 대입하면 $v_A = 12at$ 이다. 따라서 $\frac{v_A}{v_B} = \frac{8}{7}$ 이다. 정답④

20. 충돌과 역학적 에너지 보존

[정답맞히기] 수평면에서 A와 B가 충돌할 때, 충돌 직전 A의 속도를 v , 충돌 직후 A, B의 속도를 각각 v_A , v_B 라고 하고 운동량 보존 법칙을 적용하면 $mv = mv_A + 2mv_B \cdots \textcircled{1}$ 이

다. 충돌 과정에서 역학적 에너지가 보존되므로 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}(2m)v_B^2 \cdots \textcircled{2}$ 이다.

식 ①, ②을 정리하면 $v = v_B - v_A \cdots \textcircled{3}$ 이다.

식 ①, ③을 연립하면 $v_A = -\frac{1}{3}v$, $v_B = \frac{2}{3}v$ 이다. 수평면에서 A와 B가 충돌할 때, 충돌 직전 A의 운동 에너지를 $9E$, 충돌 직후 A, B의 운동 에너지를 각각 E , $8E$, 각 마찰 구간에서 손실된 역학적 에너지를 $E_{\text{손}}$ 이라고 하면, $\frac{9E + E_{\text{손}}}{8E - E_{\text{손}}} = \frac{9}{7}$ 의 식이 성립하므로

$$E_{\text{손}} = \frac{9}{16}E \text{이다. 따라서 } \frac{E - \frac{9}{16}E}{9E + \frac{9}{16}E} = \frac{H}{9h} \text{에서 } H = \frac{7}{17}h \text{이다.} \quad \text{정답}\textcircled{2}$$