

2023학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가
과학탐구영역 물리학 I 정답 및 해설

01. ② 02. ① 03. ③ 04. ① 05. ④ 06. ④ 07. ① 08. ② 09. ⑤ 10. ③
11. ⑤ 12. ① 13. ③ 14. ② 15. ⑤ 16. ④ 17. ① 18. ③ 19. ④ 20. ⑤

1. 전자기파의 종류와 이용

[정답맞히기] L. 진공에서 전자기파의 속력은 전자기파의 종류에 관계없이 모두 같다. A는 B보다 진동수가 작으므로 진공에서 파장은 A가 B보다 길다. **정답②**

[오답피하기] G. A는 마이크로파, B는 가시광선, C는 X선이다. ㉠은 X선이므로 C에 해당하는 전자기파이다.

㉡. 열화상 카메라는 적외선을 측정하는 도구이다. 따라서 열화상 카메라는 사람의 몸에서 방출되는 C(X선)를 측정할 수 없다.

2. 물질의 자성

[정답맞히기] 막대자석은 아무리 작게 잘라도 N극과 S극이 항상 같이 나타난다. 따라서 a는 N극, b는 S극이고 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어가므로 가장 적절한 것은 ①번이다. **정답①**

3. 빛과 물질의 이중성

[정답맞히기] A. 빛의 진동수가 f , 파장이 λ , 플랑크 상수가 h , 진공에서 빛의 속력이 c 일 때 광자 1개의 에너지는 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이다. 파장과 광자의 에너지는 반비례하므로 파장이 λ_1 인 빛에 비해 광자의 에너지가 2배인 빛의 파장은 $\frac{1}{2}\lambda_1$ 이다.

C. 전자 현미경에서 사용하는 전자의 물질파 파장은 광학 현미경에서 사용하는 가시광선의 파장보다 짧아서 전자 현미경이 광학 현미경보다 분해능이 좋다. 따라서 전자 현미경은 광학 현미경에 비해 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다. **정답③**

[오답피하기] B. 질량이 m 인 입자의 물질파 파장이 λ , 입자의 운동 에너지가 E_k , 입자의 운동량이 p 일 때 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 이고, $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ 이다. 따라서 물질파 파장이 λ_2 인 전자에 비해 운동 에너지가 2배인 전자의 물질파 파장은 $\frac{1}{\sqrt{2}}\lambda_2$ 이다.

4. 보어의 수소 원자 모형과 광전 효과

[정답맞히기] G. 방출되는 빛에너지는 두 에너지 준위의 차에 해당하며, 빛의 진동수에 비례한다. 따라서 $f_a > f_b$ 이다. (나)에서 광전자는 진동수가 f_a , f_b 인 빛 중 하나에 의해서만 방출되므로 진동수가 f_a 인 빛을 금속판에 비출 때 광전자가 방출된다.

정답①

[오답피하기] L. 진동수가 f_b 인 빛은 전자가 $n=3$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할

때 방출하는 빛이므로 가시광선 영역에 해당한다.

ㄷ. (나)에서 진동수가 f_b 인 빛을 비출 때 광전자가 방출되지 않는다. $f_a - f_b$ 는 f_b 보다 작으므로 $f_a - f_b$ 인 빛을 금속판에 비출 때 광전자가 방출되지 않는다.

5. 빛의 굴절

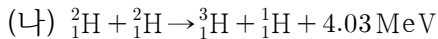
[정답맞히기] ㄴ. 매질의 굴절률이 클수록 빛의 속력은 작아지므로 (가)에서 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.

ㄷ. 굴절률은 물이 공기보다 크므로 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크다. 빛이 물에서 공기로 진행할 때 빛의 속력이 작은 매질에서 빛의 속력이 큰 매질로 진행하는 것이므로 굴절각이 입사각보다 크다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. (가)에서 매질 B의 볼펜이 A와 B의 경계면에 가깝도록 꺾여서 보이는 까닭은 B에서 A로 진행한 빛의 입사각이 굴절각보다 작기 때문이다. 따라서 굴절률은 B가 A보다 크다.

6. 핵반응

A, B의 원자번호를 각각 a, b라 하고 A, B의 질량수를 각각 c, d라 하면 질량수 보존과 전하량 보존에 따라 (가)에서는 $a+b=2$, $c+d=4+1$ 이고 (나)에서는 $a+a=b+1$, $c+c=d+1$ 이다. 따라서 $a=1$, $b=1$, $c=2$, $d=3$ 이다. 정리하면 핵반응은 아래와 같다.



[정답맞히기] ㄴ. 핵반응에서는 질량 결손에 해당하는 에너지가 방출된다.

ㄷ. A, B는 각각 ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$ 이므로 A, B의 중성자수는 각각 1, 2이다. 따라서 중성자수는 B가 A의 2배이다. 정답④

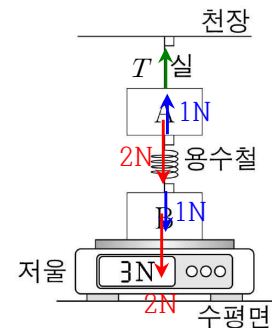
[오답피하기] ㄱ. (가)는 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵이 되는 핵융합 반응이다.

7. 뉴턴 운동 법칙

[정답맞히기] ㄱ. 저울 위에 B만 올려놓으면 저울의 측정값은 2N이므로 용수철은 B에 연직 아래 방향으로 크기가 1N인 힘을 작용한다. 따라서 용수철은 A에 연직 위 방향으로 크기가 1N인 힘을 작용하고 A의 무게는 2N이므로, 실이 A를 당기는 힘의 크기 $T=1\text{N}$ 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 용수철이 A에 작용하는 힘의 방향은 연직 위 방향이고, A에 작용하는 중력의 방향은 연직 아래 방향이므로 두 힘의 방향은 서로 반대 방향이다.

ㄷ. 저울이 B에 작용하는 힘은 B의 무게와 용수철이 B에 작용하는 힘의 합과 평형을 이룬다. 따라서 B에 작용하는 중력(B의 무게)과 저울이 B에 작용하는 힘은 작용 반작용의 관계가 아니다.



8. 운동량과 충격량

[정답맞히기] B, C를 동시에 가만히 놓아 용수철에서 분리되었을 때 B의 속력을 v , C의 속력을 v_C 라 하면 운동량 보존에 따라 $0 = -2mv + 3mv_C$ 이므로 $v_C = \frac{2}{3}v$ 이다. 또한, (나)에서 한 덩어리가 된 A와 B의 속력을 v_{AB} 라 하면 $-2mv = -(m+2m)v_{AB}$ 이므로 $v_{AB} = \frac{2}{3}v$ 이고, 한 덩어리가 된 C와 D의 속력을 v_{CD} 라 하면 $3m(\frac{2}{3}v) = (3m+m)v_{CD}$ 이므로 $v_{CD} = \frac{1}{2}v$ 이다. A와 B가 충돌하는 동안 B에 작용하는 충격량의 크기는 A에 작용하는 충격량의 크기와 같고, C와 D가 충돌하는 동안 C에 작용하는 충격량의 크기는 D에 작용하는 충격량의 크기와 같다. 또한, 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같으므로 A에 작용하는 충격량 크기는 $\left| -m(\frac{2}{3}v) - 0 \right| = \frac{2}{3}mv = I_1$ 이고, D에 작용하는 충격량의 크기는 $\left| m(\frac{1}{2}v) - 0 \right| = \frac{1}{2}mv = I_2$ 이다. 따라서 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{2}{3}mv}{\frac{1}{2}mv} = \frac{4}{3}$ 이다. 정답②

9. 전반사

[정답맞히기] ㄱ. X가 매질 I에서 II로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 I이 II보다 크고, II에서 III으로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 II가 III보다 크다. 따라서 굴절률은 I이 가장 크다.
ㄴ. X가 ㉠에서 ㉡으로 진행할 때 전반사가 일어나므로 X의 속력은 ㉠에서가 ㉡에서보다 작다. 따라서 굴절률은 ㉠이 ㉡보다 크므로 ㉠은 I이고, ㉡은 II이다.
ㄷ. (나)에서 X는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 입사하고, 임계각은 X가 ㉠에서 ㉡으로 입사할 때보다 ㉠에서 III으로 입사할 때가 더 작다. 그런데 X의 입사각은 ㉠에서 ㉡으로 입사할 때보다 ㉠에서 III으로 입사할 때가 더 크므로 X는 p에서 전반사한다. 정답⑤

10. 물결파의 간섭

[정답맞히기] C는 $t=0$ 인 순간 실선과 실선이 만나 변위가 +로 최대이므로 실선은 마루이고, 점선은 골이다. A는 $t=0$ 인 순간 골과 골이 만나 보강 간섭이 일어나는 지점이므로 변위가 -로 최대이어야 하고, B는 골과 마루가 만나 상쇄 간섭이 일어나는 지점이므로 $t=0$ 인 순간부터 변위가 계속 0이어야 한다. 따라서 가장 적절한 것은 ③번이다. 정답③

11. 특수 상대성 이론

(가)의 결과에 의해 광원에서 p, q, r까지의 고유 거리는 모두 같다. (나)의 결과에 의해 A가 탄 우주선의 속력은 B가 탄 우주선의 속력보다 크다. (다)의 결과에 의해 C의 관성계에서 광원에서 방출된 빛이 r에서 반사되어 광원에 도달할 때까지 걸린 시간

(지연된 시간)은 $2t_0$ 이고, 광원에서 p, q, r까지의 고유 거리가 같으며, 시간 지연은 우주선의 방향과 관계가 없으므로 광원에서 방출된 빛이 p, q, r에서 반사되어 광원에 도달할 때까지 걸린 시간은 $2t_0$ 으로 동일하다.

[정답맞히기] ㄱ. A의 관성계에서 C의 운동 방향은 $-x$ 방향이다. A가 탄 우주선의 속력이 B가 탄 우주선의 속력보다 크므로 A의 관성계에서 B의 운동 방향은 $-x$ 방향이다. 따라서 A의 관성계에서, B와 C의 운동 방향은 같다.

ㄴ. 광원에서 p, q, r까지의 거리가 같으므로 B의 관성계에서 같은 거리를 왕복하는데 걸리는 지연된 시간은 같다. 따라서 광원에서 방출된 빛은 p, q, r에서 반사되어 광원에 동시에 도달한다.

ㄷ. C의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 r에 도달할 때까지 진행되는 거리는 q에 도달할 때까지 진행되는 거리보다 짧다. 따라서 광원에서 방출된 빛이 q에 도달할 때까지 걸린 시간은 t_0 보다 크다. 정답⑤

12. 전자기 유도와 p-n 접합 발광 다이오드(LED)

[정답맞히기] ㄱ. 금속 고리가 영역 II를 빠져나올 때 금속 고리를 통과하는 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 감소하게 되므로 자기 선속이 감소하는 것을 방해하는 방향인 시계 반대 방향으로 금속 고리에는 유도 전류가 흐르게 되고, 이때 LED에서 빛이 방출되므로 LED에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 A는 n형 반도체이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 금속 고리의 중심이 $x=d$ 를 지날 때 금속 고리를 통과하는 자기 선속에 변화가 없으므로 금속 고리에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. 금속 고리의 중심이 $x=2d$ 를 지날 때 금속 고리를 통과하는 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속은 증가하고, 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속은 감소하게 되므로 자기 선속의 변화를 방해하는 방향인 시계 방향으로 금속 고리에는 유도 전류가 흐르게 된다. 따라서 LED에는 역방향 전압이 걸리므로 빛이 방출되지 않는다.

13. 충돌과 운동량

(나)의 그래프에서 직선의 기울기는 물체의 속도와 같다. $\frac{L}{t_0} = v$ 라 하면, A의 속도는

충돌 전이 $\frac{8L}{t_0} = 8v$, 충돌 후가 $\frac{-8L}{4t_0} = -2v$ 이고, C의 속도는 충돌 전이 $\frac{-3L}{3t_0} = -v$,

충돌 후가 $\frac{6L}{2t_0} = 3v$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. A의 질량이 m_A , B와 C의 질량이 m 일 때, A의 충돌 전 운동량의 크기 $2p = m_A(8v)$ 이고, C의 충돌 전 운동량의 크기 $p = mv$ 이다. 따라서 $m_A = \frac{1}{4}m$ 이므로 질량은 C가 A의 4배이다.

ㄴ. A와 B는 t_0 일 때 충돌한다. 충돌 후 A의 속력은 $2v$ 이므로 충돌 후 A의 운동량의

크기는 $p_A = \frac{1}{4}m \times 2v = \frac{1}{2}p$ 이고, A가 받은 충격량의 크기는 $-\frac{1}{2}p - 2p = -\frac{5}{2}p$ 에서 $\frac{5}{2}p$ 이다. B가 받은 충격량의 크기도 $\frac{5}{2}p$ 이므로 충돌 후 B의 운동량의 크기가 p_B 일 때 $\frac{5}{2}p = p_B - p$ 에서 $p_B = \frac{7}{2}p$ 이다. 따라서 $2t_0$ 일 때, B의 운동량의 크기는 $\frac{7}{2}p$ 이다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. B와 C는 $3t_0$ 일 때 충돌한다. 충돌 전 B의 운동량의 크기는 $\frac{7}{2}p$ 이다. 충돌 후 C의 속력은 $3v$ 이므로 충돌 후 C의 운동량의 크기는 $p_C = m(3v) = 3p$ 이고, C가 받은 충격량의 크기는 $3p - (-p) = 4p$ 이다. B가 받은 충격량의 크기도 $4p$ 이므로 충돌 후 B의 운동량의 크기가 p_B' 일 때 $-4p = p_B' - \frac{7}{2}p$ 에서 $p_B' = -\frac{1}{2}p$ 이다. B와 C가 충돌 후 B의 속력은 $\frac{1}{2}v$ 이므로, $4t_0$ 일 때 속력은 C가 B의 6배이다.

14. 뉴턴 운동 법칙

[정답맞히기] (가)에서 빗면 아래로 A, B에 작용하는 힘의 크기를 각각 F_A , F_B 라 하면 $F_A + F_B = 4mg$ 이고, p가 B를 당기는 힘은 p가 A를 당기는 힘과 같으므로 p가 A를 당기는 힘의 크기를 T_p 라 하면 $T_p = F_A = \frac{10}{3}mg$ 에서 $F_B = \frac{2}{3}mg$ 이다. 또한, 빗면에서 물체에 빗면 아래로 작용하는 힘은 물체의 질량에 비례하므로 A의 질량은 $5m$ 이고, (나)에서 빗면 아래로 C에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{8}{3}mg$ 이다. (나)에서 A, B, C의 가속도의 크기를 a 라 하면 $(5m + m)g - \frac{8}{3}mg = (5m + m + 4m)a$ 이므로 $a = \frac{1}{3}g$ 이고, (나)에서 q가 C를 당기는 힘의 크기를 T_q 라 하면 $T_q - \frac{8}{3}mg = (4m)(\frac{1}{3}g)$ 이므로 $T_q = 4mg$ 이다. **정답②**

15. 열역학 과정

[정답맞히기] ㄱ. C → D 과정은 기체의 부피 변화가 없으므로 등적 과정이고, 기체는 외부에 일하지 않으므로 기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다. 따라서 ㉠은 120이다.

ㄴ. A → B 과정은 등적 과정이고 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같으므로 ㉡은 50이다. 기체가 상태 A → B → C → D → A를 따라 순환할 때 기체의 내부 에너지 변화량은 0이므로 ㉢(50) - 120 + ㉣ = 0에서 ㉣ = 70 J이다. 따라서 ㉤ - ㉣ = 20이다.

ㄷ. 열기관은 한 번의 순환과정에서 150 J의 열량을 흡수하고 120 J의 열량을 방출하므로 한 일은 30 J이다. 따라서 열기관의 열효율은 $\frac{30}{150} = 0.2$ 이다. **정답⑤**

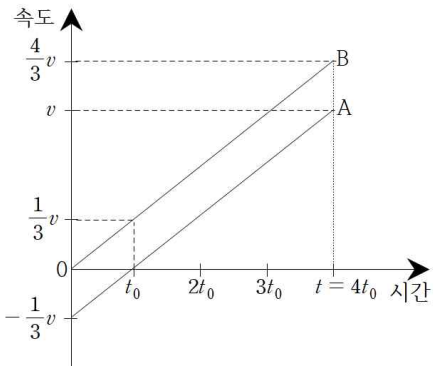
16. 빗면에서 물체의 운동

[정답맞히기] 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도이고, 그래프와 x축이 만드는 면

적은 변위이다. r에서 A의 속력을 v 라고 하면 r에서 B의 속력은 $\frac{4}{3}v$ 이다. q에서 A의 속력을 v_A , A가 q를 지나는 순간부터 A와 B가 r에서 만날 때까지 A와 B가 운동한 시간을 t 라고 하면, A, B의 가속도는 같으므로

$$\frac{v - (-v_A)}{t} = \frac{\frac{4}{3}v - 0}{t} \text{에서 } v_A = \frac{1}{3}v \text{이다. A가 } -v_A = -\frac{1}{3}v$$

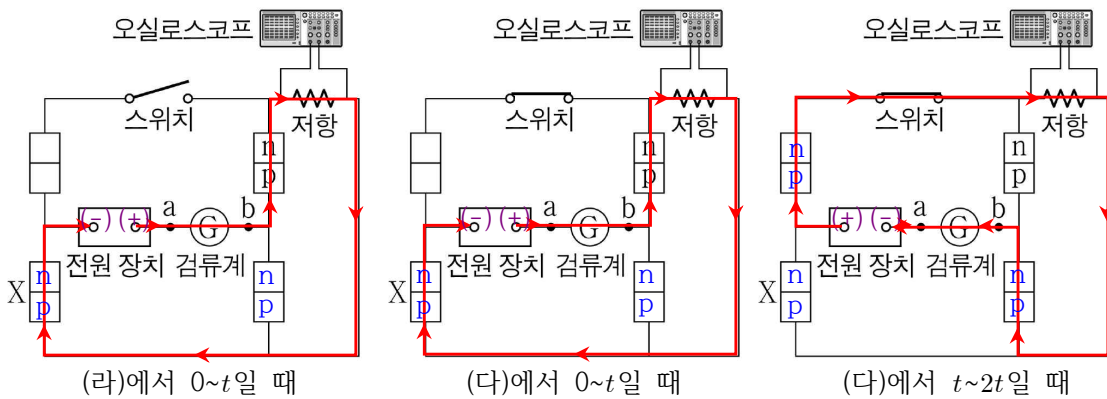
최고점에 도달하는 데 걸린 시간을 t_0 라 하면, t_0 동안 A의 속도 변화량의 크기가 $\frac{1}{3}v$ 이므로 B의 속도 변화량의 크기도 $\frac{1}{3}v$ 가 되어야 한다. 따라서 t_0 일 때 B의 속력은 $\frac{1}{3}v$ 이고, t 동안 B의 속도 변화량의 크기가 $\frac{4}{3}v$ 이므로 $t = 4t_0$ 이다. A는 t_0 일 때 최고점에 도달하므로 A가 최고점에 도달한 순간, A와 B 사이의 거리를 x 라 하면, x 는 p와 r 사이의 거리 d 에서 t_0 동안 B가 이동한 거리와 A가 최고점에서 r까지 운동하는 시간인 t_0 부터 $4t_0$ 까지 이동한 거리를 뺀 값과 같다. 그래프로부터 $\frac{1}{2} \times (\frac{4}{3}v)(4t_0) = d$ 이므로 $\frac{1}{2} \times (\frac{1}{3}v)t_0 = \frac{1}{16}d$, $\frac{1}{2} \times v(3t_0) = \frac{9}{16}d$ 이다. 따라서 $x = d - \frac{1}{16}d - \frac{9}{16}d = \frac{3}{8}d$ 이다.



정답④

17. p-n 접합 다이오드를 이용한 회로

그림은 회로에 흐르는 전류의 방향을 나타낸 것으로, 전류의 방향을 알기 쉽도록 (라)의 경우를 먼저 제시하였다. 실험 결과를 볼 때 0~ t 일 때 저항에 흐르는 전류의 방향은 스위치와 관계없이 같은 방향으로 흘러야 한다. 이를 종합해볼 때 최종적으로 p-n 접합 다이오드에서 p형 반도체와 n형 반도체는 마지막 그림과 같다.



[정답맞히기] ㄱ. ㉠은 교류 전압의 방향이 바뀌어도 저항에 흐르는 전류의 방향은 바뀌지 않고 흘러야 하므로 스위치를 닫고 실험한 (다)의 결과이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (다)에서 0~ t 일 때, 전류의 흐름은 위의 그림과 같으므로 전류의 방향은 $a \rightarrow \text{㉠} \rightarrow b$ 이다.

ㄷ. (라)에서 $t \sim 2t$ 일 때, 전류가 X를 통과하지 못하므로 X에는 역방향 전압이 걸린다.

18. 전류에 의한 자기장

오른손의 엄지손가락을 직선 도선에 흐르는 전류의 방향으로 향할 때 나머지 네손가락이 직선 도선을 감아쥐는 방향이 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이다. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 직선 도선으로부터 수직으로 떨어진 거리에 반비례하고, 직선 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. O에서 B, D의 전류에 의한 자기장은 0이므로 B에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 전류가 흐르고, B와 D의 전류의 세기는 같다.

[정답맞히기] ㄱ. A에 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 전류가 흐르면 p에서 A와 B의 전류에 의한 자기장의 방향이 $+y$ 방향이고, r에서 A와 D의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$ 방향이다. A에 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 전류가 흐르면 p에서 A와 B의 전류에 의한 자기장의 방향이 $+y$ 방향이므로 전류의 세기는 A에서 B에서보다 작아야 하고, 전류의 세기는 B에서와 D에서가 같으므로 r에서 A와 D의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$ 방향이 된다. 따라서 ㉠은 ' $+x$ '이다.

ㄷ. A, C에 흐르는 전류의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 같으면 전류의 세기는 A에서가 가장 작고 B에서와 D에서는 같으며 C에서가 가장 크다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. q에서 B와 C의 전류에 의한 자기장의 방향이 $+x$ 방향이므로 C에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 전류가 흘러야 하고, 전류의 세기는 C에서 B에서보다 커야 한다.

19. 전기력

[정답맞히기] ㄴ. (가)에서 C에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$ 방향이므로 B가 C에 작용하는 전기력의 크기는 A가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다. A, B, C의 전하량의 크기가 각각 q_A, q_B, q_C 일 때 $k \frac{q_B q_C}{d^2} > k \frac{q_A q_C}{4d^2}$ 에서 $q_A < 4q_B$ 이다. (나)에서 B에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$ 방향이므로 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 C가 B에 작용하는 전기력의 크기보다 크다. $k \frac{q_A q_B}{4d^2} > k \frac{q_B q_C}{d^2}$ 에서 $q_A > 4q_C$ 이다. 따라서 $4q_C < q_A < 4q_B$ 에서 $q_C < q_B$ 이다.

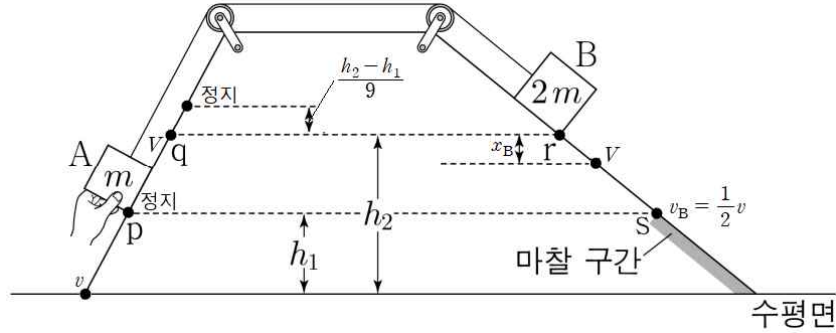
ㄷ. (가)와 (나)에서 B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 같고, (가)에서 A와 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 같으며, (나)에서 A와 B가 C에 작용하는 전기력의 방향은 같다. (가)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 $k \frac{q_A q_B}{d^2}$ 이고, (나)에서 A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 $k \frac{q_A q_C}{d^2}$ 이다. $q_B > q_C$ 이므로 $k \frac{q_A q_B}{d^2} > k \frac{q_A q_C}{d^2}$ 이다. 따라서 (가)에서 B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

정답④

[오답피하기] ㄱ. A의 위치가 $x=0$ 에서 $x=3d$ 로 바뀌어도 C에 작용하는 전기력의 방

향이 $+x$ 방향으로 같으므로 A는 음(-)전하, B는 양(+)전하이다. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고, (나)에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이므로 A에 작용하는 전기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 서로 반대 방향이다.

20. 역학적 에너지 보존



[정답맞히기] 실이 끊어진 후 A, B의 가속도의 크기가 각각 $3a$, $2a$ 이므로 빗면 아래로 A, B에 작용하는 힘의 크기는 각각 $3ma$, $4ma$ 이다. 따라서 실이 끊어지기 전 A, B의 가속도의 크기를 a_0 라 하면 $4ma - 3ma = (m + 2m)a_0$ 이므로 $a_0 = \frac{1}{3}a$ 이다. 또한, A가 수평면에 닿기 직전 A의 속력을 v , 마찰 구간이 시작되는 s에서 B의 속력을 v_B 라 하면, A가 수평면에 닿기 직전 A의 운동 에너지는 마찰 구간에서 B의 운동 에너지의 2배이므로 $\frac{1}{2}mv^2 = 2 \times \frac{1}{2}(2m)v_B^2$ 에서 $v_B = \frac{1}{2}v$ 이다. p에서 A의 속력은 0이고 A의 가속도의 크기는 p에서 q까지가 $\frac{1}{3}a$, q에서 A의 속력이 0이 되는 최고점까지가 $3a$ 이므로 p와 q 사이의 거리는 q와 A의 속력이 0이 되는 최고점까지의 거리의 9배가 되어야 한다($\because 2as = v_1^2 - v_0^2$). 따라서 p와 q 사이의 높이차도 q와 A의 속력이 0이 되는 최고점까지의 높이차의 9배가 되어야 하므로 q와 A의 속력이 0이 되는 최고점까지의 높이차는 $\frac{h_2 - h_1}{9}$ 이다. q에서 실이 끊어지는 순간 A, B의 속력을 V , B가 정지한 상태에서부터 속력이 V 가 되는 지점까지의 높이차를 x_B 라 하면, 역학적 에너지 보존에 의한 식은 아래와 같다.

$$\text{A가 최고점으로부터 q까지 운동하는 동안: } mg\left(\frac{h_2 - h_1}{9}\right) = \frac{1}{2}mV^2 \dots \textcircled{1}$$

$$\text{A가 최고점으로부터 수평면에 닿을 때까지 운동하는 동안: } mg\left(h_2 + \frac{h_2 - h_1}{9}\right) = \frac{1}{2}mv^2 \dots \textcircled{2}$$

$$\text{B가 r에서 속력이 V가 될 때까지 운동하는 동안: } 2mgx_B = \frac{1}{2}(m + 2m)V^2 + mg(h_2 - h_1) \dots \textcircled{3}$$

$$\text{B가 속력이 V인 순간부터 s까지 운동하는 동안: } 2mg(h_2 - h_1 - x_B) = \frac{1}{2}(2m)\left\{\left(\frac{1}{2}v\right)^2 - V^2\right\} \dots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{식을 각각 } \textcircled{3}, \textcircled{4} \text{식에 대입하고 } \textcircled{3} \text{식과 } \textcircled{4} \text{식을 연립하면 } \frac{h_2}{h_1} = \frac{5}{2} \text{이다. 정답} \textcircled{5}$$