



물리학 1

Final

오르비 슬기롭다

CHAPTER

00

꿀팁!!!

**\*\* 물리는 4페이지를 먼저 눈으로 견적 확인하기.**

OMR카드를 적당히 위아래로 덮어가면서, 눈치껏 문제 상황을 파악하자.  
그런데, 모든 문제를 다 완벽히 풀려고 하면 안된다.

적어도  $\gamma$ 나  $\alpha$ 가 있다면  $\gamma$ 나  $\alpha$ 이라도 풀어보려는 시도, 혹은 전기력 문제에서 평형점을 찾으려는 시도. 그 정도면 충분하다.

아무것도 못 찾았어도 괜찮다. 그냥 눈에 익은 것만으로도 심리적으로 위안을 삼을 수 있다.

**\*\* 문제를 풀다가 막혔을 때.**

1. 해당 단원이 무엇인지를 생각한다.  
(역학은 등가속도,  $F=ma$ 와 계 잡기, 운동량, 일 에너지로 나뉨. 4가지를 꼭 외워야 한다!!!!)
2. 배운걸 기억해본다. (이후 나올 것)
3. 선지 중,  $\gamma$ 을 확인해본다.

이때  $\gamma$ 의 개수를 세어서 만약  $\gamma$ 가 3개면 동그라미, 2개면 X를 치고 시작하면 높은 확률로 맞다.  
100%은 아니니 여기에 의지하면 큰일난다!! 꼭 "굉장히 어려운 문제"에만 적용해야 한다.

CHAPTER

# 01

## 등가속도 직선 운동

### \*\*\* 등가속도 직선 운동 강령

#### 1. 평균 속도

여기서 평균 속도는, 3가지로 크게 이용할 수 있다. 꼭 달달 외우도록 한다.

①  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

②  $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$

③ 평균 속도는, 중간 시점의 실제 속도이다.

#### 2. 공식

①  $\Delta x = \frac{1}{2}at^2$  : 처음 혹은 나중 속도가 0일 때 주로 사용한다.

②  $2a\Delta x = \Delta(v^2)$  : 시간이 없을 때 ==> (시간이 없을 때는 이걸 쓰거나, "1초"를 대입)

#### 3. 그래프

① 그래프가 문제에 그려져 있는 상황

② 가속도가 중간에 변할 때

☞ “1초”란 무엇인가!

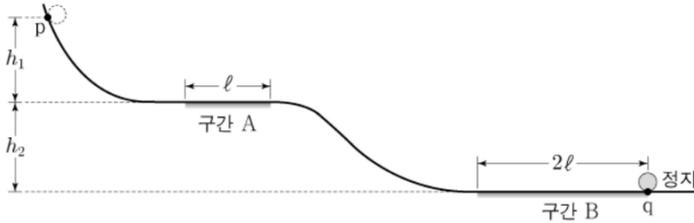
“1초당 속력이  $v$  감소~”, “1초당  $v$ 로  $L$  이동~” 이런 식으로 표현하기

문제를 읽을 때, 우리는 시간이 나와 있는지를 꼭 확인해야 한다.  
문제 상황에서 속력과 거리 등이 적당히 나와 있는 상황에 시간과 가속도가 없을 때가 많은데,  
이때 우리는 적절한 상황을 찾아서 “1초당~”을 생각해야 한다.

예시가 굉장히 많은데, 대표적 문제로는 아래 문제들이 있다.

(2020학년도 6평 18번 정답 2번)

18. 그림은 점  $p$ 에 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 점  $q$ 에서 정지한 모습을 나타낸 것이다. 길이가 각각  $\ell$ ,  $2\ell$ 인 수평 구간 A, B에서는 물체에 같은 크기의 일정한 힘이 운동 방향의 반대 방향으로 작용한다.  $p$ 와 A의 높이 차는  $h_1$ , A와 B의 높이 차는  $h_2$ 이다. 물체가 B를 지나는데 걸린 시간은 A를 지나는데 걸린 시간의 2배이다.

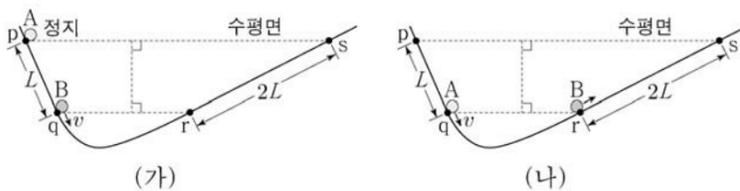


$\frac{h_1}{h_2}$ 은? (단, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- ①  $\frac{1}{2}$       ②  $\frac{3}{5}$       ③  $\frac{3}{4}$       ④  $\frac{4}{5}$       ⑤  $\frac{5}{6}$

(2020학년도 수능 20번 정답 4번)

20. 그림 (가)는 물체 A, B가 운동을 시작하는 순간의 모습을, (나)는 A와 B의 높이가 (가) 이후 처음으로 같아지는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 점  $p, q, r, s$ 는 A, B가 직선 운동을 하는 빗면 구간의 점이고,  $p$ 와  $q, r$ 와  $s$  사이의 거리는 각각  $L, 2L$ 이다. A는  $p$ 에서 정지 상태에서 출발하고, B는  $q$ 에서 속력  $v$ 로 출발한다. A가  $q$ 를  $v$ 의 속력으로 지나는 순간에 B는  $r$ 를 지난다.



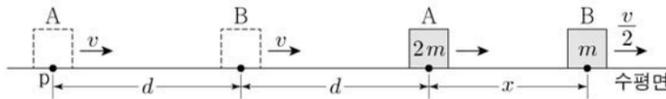
A와 B가 처음으로 만나는 순간, A의 속력은? (단, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{8}v$       ②  $\frac{1}{6}v$       ③  $\frac{1}{5}v$       ④  $\frac{1}{4}v$       ⑤  $\frac{1}{2}v$

☞ “1초”란 무엇인가!

(2021학년도 수능 18번 정답 4번)

18. 그림과 같이 질량이 각각  $2m$ ,  $m$ 인 물체 A, B가 동일 직선상에서 크기와 방향이 같은 힘을 받아 각각 등가속도 운동을 하고 있다. A가 점 p를 지날 때, A와 B의 속력은  $v$ 로 같고 A와 B 사이의 거리는  $d$ 이다. A가 p에서  $2d$ 만큼 이동했을 때, B의 속력은  $\frac{v}{2}$ 이고 A와 B 사이의 거리는  $x$ 이다.

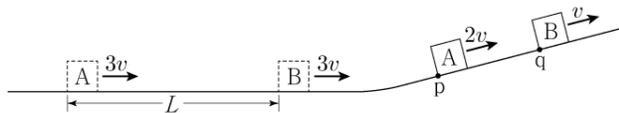


$x$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{2}d$     ②  $\frac{3}{5}d$     ③  $\frac{2}{3}d$     ④  $\frac{5}{7}d$     ⑤  $\frac{3}{4}d$

(2022학년도 9평 11번 정답 2번)

11. 그림과 같이 수평면에서 간격  $L$ 을 유지하며 일정한 속력  $3v$ 로 운동하던 물체 A, B가 빗면을 따라 운동한다. A가 점 p를 속력  $2v$ 로 지나는 순간에 B는 점 q를 속력  $v$ 로 지난다.



p와 q 사이의 거리는? (단, A, B는 동일 연직면에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

- ①  $\frac{2}{5}L$     ②  $\frac{1}{2}L$     ③  $\frac{\sqrt{3}}{3}L$     ④  $\frac{\sqrt{2}}{2}L$     ⑤  $\frac{3}{4}L$

**\*\* 실에 묶인 물체들은 속도와 가속도가 모두 같다. (하나의 계)**

따라서 운동 에너지와 알짜힘이 질량비로 나뉜다. 절대 까먹으면 안된다. 당연하다!!!

**\*\*\* 빗면 위 물체와 공중에 있는 물체는, 중력을 꼭 표시한다.**

중력은 힘과 가속도로 표시할 수 있는데, 대부분 힘으로 표시한다.

실로 묶인 물체들은 합력을 한번에 표시하면 편할 때가 있다.

(2022학년도 9평 13번 정답 4번)

13. 그림은 물체 A, B, C, D가

실로 연결되어 가속도의 크기가

$a_1$ 인 등가속도 운동을 하고 있는

것을 나타낸 것이다. 실 p를

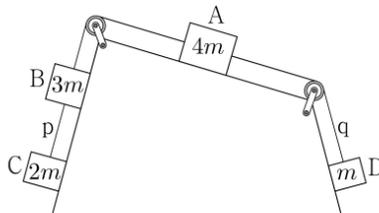
끊으면 A는 등속도 운동을

하고, 이후 실 q를 끊으면 A는

가속도의 크기가  $a_2$ 인 등가속도 운동을 한다. p를 끊은 후 C와, q를

끊은 후 D의 가속도의 크기는 서로 같다. A, B, C, D의 질량은

각각  $4m$ ,  $3m$ ,  $2m$ ,  $m$ 이다.



$\frac{a_1}{a_2}$ 은? (단, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

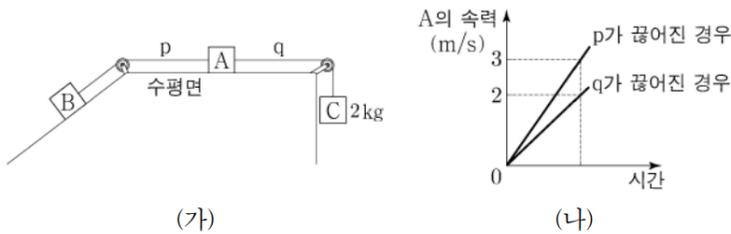
- ① 2      ②  $\frac{9}{5}$       ③  $\frac{8}{5}$       ④  $\frac{7}{5}$       ⑤  $\frac{6}{5}$

**\*\* 실이 끊어지면!!  $F=ma$ 를 그대로 쓰는게 트렌드다.**

예전에는 실이 끊어질 때,  $\Delta F = m\Delta a$ 를 쓰는게 트렌드였다. 그러나 최근 3년간 나온 문제들은 전부 적용이 안되니, 주의하자. 만약 수능에서 실이 끊어진다면  $F=ma$ 를 그대로 쓸 가능성이 높다.

(2020학년도 6평 15번 정답 4번)

15. 그림 (가)는 수평면 위에 있는 물체 A가 물체 B, C에 실 p, q로 연결되어 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 p, q 중 하나가 끊어진 경우, 시간에 따른 A의 속력을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 같고, C의 질량은 2kg이다.

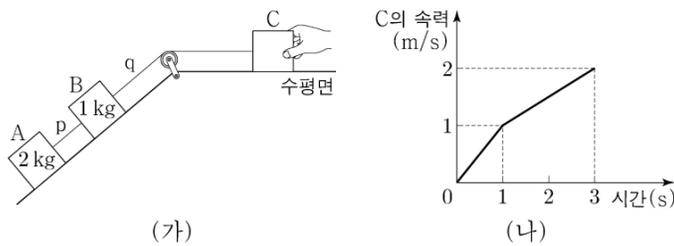


A의 질량은? (단, 실의 질량, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① 3kg    ② 4kg    ③ 5kg    ④ 6kg    ⑤ 7kg

(2022학년도 9평 13번 정답 1번)

13. 그림 (가)는 물체 A, B, C를 실 p, q로 연결하여 C를 손으로 잡아 정지시킨 모습을, (나)는 C를 가만히 놓은 후 시간에 따른 C의 속력을 나타낸 것이다. 1초일 때 p가 끊어졌다. A, B의 질량은 각각 2kg, 1kg이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

<보 기>

ㄱ. 1~3초까지 C가 이동한 거리는 3m이다.  
 ㄴ. C의 질량은 1kg이다.  
 ㄷ. q가 B를 당기는 힘의 크기는 0.5초일 때가 2초일 때의 3배이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

CHAPTER

03

운동량과 충격량

\*\* “충돌한다 = 만난다”

두 물체가 충돌하려면, 그 시점에 그 위치에 있어야한다. 만나야한다. (기출은 마땅한 예시가 없음)

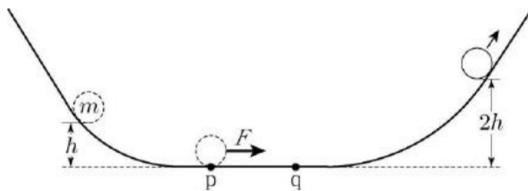
\*\*  $|m_1\Delta v_1| = |m_2\Delta v_2|$  이용하기

시간이 촉박할 때, 전후 운동량을 전부 합쳐서 푸는 경우가 많다.  
그러나 그것보다 질량에 속도 변화량 곱하는게 빠르다!

\*\* 힘과 시간이 엮이면, 운동량-충격량 관계를 떠올린다.

(2019학년도 수능 14번 정답 4번)

14. 그림은 높이  $h$ 인 지점에 가만히 놓은 질량  $m$ 인 물체가 마찰이 없는 연직면상의 궤도를 따라 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 물체는 궤도의 수평 구간의 점  $p$ 에서 점  $q$ 까지 운동하는 동안 물체의 운동 방향으로 일정한 크기의 힘  $F$ 를 받는다. 물체의 운동 에너지는 높이  $2h$ 인 지점에서  $p$ 에서의 2배이다.



$F = 2mg$ 일 때, 물체가  $p$ 에서  $q$ 까지 운동하는 데 걸린 시간은?  
(단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

[3점]

- ①  $\sqrt{\frac{h}{5g}}$     ②  $\sqrt{\frac{h}{4g}}$     ③  $\sqrt{\frac{h}{3g}}$     ④  $\sqrt{\frac{h}{2g}}$     ⑤  $\sqrt{\frac{h}{g}}$

**\*\* 운동량 보존은 시점에 구애받지 않는다.**

외부에서 손으로 물체를 밀어주는 등 힘을 따로 가하지 않는다면, 운동량은 어떠한 상황에서도 보존된다. 즉 중간을 뛰어넘거나 거꾸로 생각해도 괜찮다는 말이다.

(21학년도 9평 17번 정답 4번)

17. 그림과 같이 우주 공간에서 점 O를 향해 질량이 각각  $m$ 인 물체 A, B와 질량이  $2m$ 인 우주인이  $v_0$ 의 일정한 속도로 운동한다. 우주인은 O에 도착하는 속도를 줄이기 위해 O를 향해 A, B의 순서로 물체를 하나씩 민다. A, B를 모두 민 후에, 우주인의 속도는  $\frac{1}{3}v_0$ 이 되고, A와 B는 속도가 서로 같으며 충돌하지 않는다.



A를 민 직후에 우주인의 속도는?

- ①  $\frac{1}{3}v_0$       ②  $\frac{4}{9}v_0$       ③  $\frac{2}{3}v_0$       ④  $\frac{7}{9}v_0$       ⑤  $\frac{8}{9}v_0$

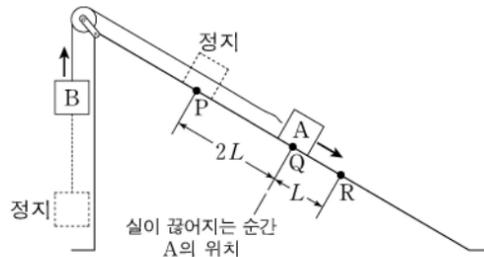
**\*\* 에너지를 “힘이 한 일”로 바꾸려는 강박을 갖자.**

일에너지 단원은 풀이가 크게 두 가지로 나뉘는데, 여기서 2번에 주목하면 좋다.  
물론 1번도 쓸 줄 알아야 한다.

- ① ( $\Delta E_k, \Delta E_p$ ) 처럼 괄호 등을 통해 에너지를 수치화하기
- ②  $W = F \cdot s$  처럼 일(에너지)을 힘이 한 일로 바꾸기

(2019학년도 6평 20번 정답 2번)

20. 그림과 같이 물체 A, B를 실로 연결하고 빗면의 점 P에 A를 가만히 놓았더니 A, B가 함께 등가속도 운동을 하다가 A가 점 Q를 지나는 순간 실이 끊어졌다. 이후 A는 등가속도 직선 운동을 하여 점 R을 지난다. A가 P에서 Q까지 운동하는 동안, A의 운동 에너지 증가량은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의  $\frac{4}{5}$  배이고, A의 운동 에너지는 R에서 Q에서의  $\frac{9}{4}$  배이다.



A, B의 질량을 각각  $m_A, m_B$ 라 할 때,  $\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

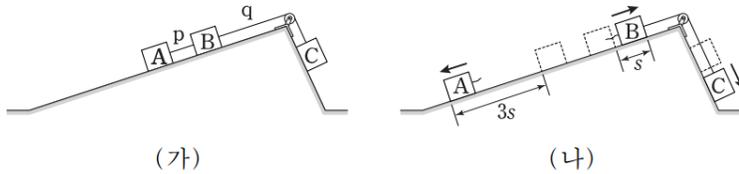
- ① 3
- ② 4
- ③ 5
- ④ 6
- ⑤ 7

**\*\* 에너지 변화량을 “힘이 한 일”로 바꾸려는 강박을 갖자.**

에너지를 힘으로 바꿔야하는 문제가 **평가원**에 마지막으로 나온 경우는 2018학년도 수능이다. 4년 전 이후로, 교육과정이 변하기 전후로 이게 “메인”이 되어 나온 적이 없단 말이다. 그래도 역학의 기초 체력을 높이기 위해, 혹시 나올 때를 대비해서 에너지는 힘이 한 일로 바꾸자.

(2018학년도 9월 평가원 19번 정답 5번)

19. 그림 (가)는 물체 A, B, C가 실 p, q로 연결되어 경사면에 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. q가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기의 3배이다. 그림 (나)는 (가)에서 p가 끊어진 후, A, B, C가 등가속도 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 정지 상태에서 출발해 같은 시간 동안 각각  $3s$ ,  $s$ 만큼 서로 반대 방향으로 운동하였고, 이 동안 A의 운동 에너지 증가량은  $E_A$ , C의 역학적 에너지 감소량은  $E_C$ 이다.

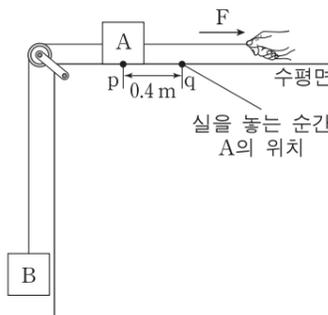


$\frac{E_C}{E_A}$  는? (단, 마찰과 공기 저항, 실의 질량은 무시한다.) [3점]

- ①  $\frac{2}{9}$       ②  $\frac{1}{3}$       ③  $\frac{2}{3}$       ④  $\frac{7}{9}$       ⑤  $\frac{8}{9}$

(2018학년도 수능 16번 정답 5번)

16. 그림과 같이 물체 A에 수평 방향으로 10N의 힘 F가 작용하여 물체 A, B가 정지해 있다. 이 상태에서 F의 크기를 30N으로 하여 실을 당기다가 놓는다. A의 처음 위치 p와 실을 놓는 순간의 위치 q 사이의 거리는 0.4m이다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 B의 운동 에너지 증가량의 2배이다.



A가 p를 다시 지나는 순간, A의 운동 에너지는? (단, 중력 가속도는  $10\text{m/s}^2$ 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- ① 4J      ② 5J      ③ 6J      ④ 8J      ⑤ 9J

CHAPTER

05

용수철

\*\*\* 용수철 평형점의 특징 !!

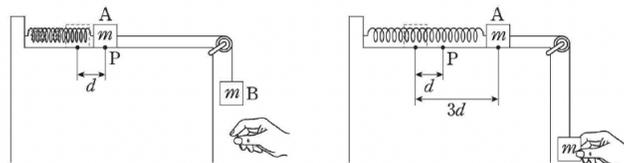
1. 지날 때 속력이 최대, 가속도는 0.
2. 중력(또는 마찰력) = 탄성력인 지점.
3. 정지에서 정지까지 이동할 때의 중심. (진동의 중심)

[\*\* 실수주의: 용수철의 “탄성력” 또는 “탄성 퍼텐셜 에너지”를 물으면, 평형점이 아닌 원래 길이 기준으로 계산해야 한다!]

(정답 2번)

13학년도 수능 19번

그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 용수철과 연결된 물체 A를 물체 B와 실로 연결하였더니, 용수철이 원래 길이에서  $d$ 만큼 늘어나 A가 점 P에 평형 상태로 정지해 있었다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 중력 방향으로 당겨 용수철이 원래 길이에서  $3d$ 만큼 늘어나도록 잡고 있는 모습을 나타낸 것이다. (나)에서 B를 가만히 놓으면 A는 P를  $v$ 의 속력으로 지난다. A와 B의 질량은  $m$ 으로 같다.



(가)

(나)

$v$ 는? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 용수철과 실의 질량, 도르래의 마찰, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- ①  $\sqrt{gd}$       ②  $\sqrt{2gd}$       ③  $\sqrt{3gd}$       ④  $\sqrt{6gd}$       ⑤  $3\sqrt{gd}$

\*\*\* 실수 주의!!!! 실로 연결된 물체!!!!

용수철 문제에서 유난히 **실로 묶인 물체**를 까먹을 때가 많다.

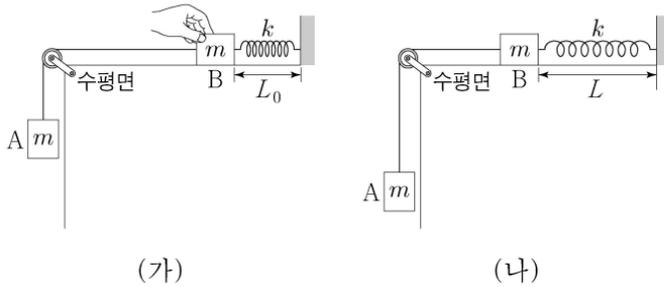
실로 묶인 물체의 운동 에너지를 계산할 때는, 계를 잡아야 한다는 사실을 절대 잊지 말자.

습관적으로 아래 문제에서 운동 에너지를  $\frac{1}{2}mv^2$ 으로 계산한다면, ㄷ이 맞다는 대참사가 벌어진다.

$\frac{1}{2}(2m)v^2$ 이다. 실수하면 큰일난다!!!!

(2021학년도 9평 20번 정답 1번)

20. 그림 (가)는 물체 A와 실로 연결된 물체 B를 원래 길이가  $L_0$ 인 용수철과 수평면 위에서 연결하여 잡고 있는 모습을, (나)는 (가)에서 B를 가만히 놓은 후, 용수철의 길이가  $L$ 까지 늘어나 A의 속력이 0인 순간의 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $m$ 이고, 용수철 상수는  $k$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 실과 용수철의 질량 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ.  $L - L_0 = \frac{2mg}{k}$  이다.

ㄴ. 용수철의 길이가  $L$ 일 때, A에 작용하는 알짜힘은 0이다.

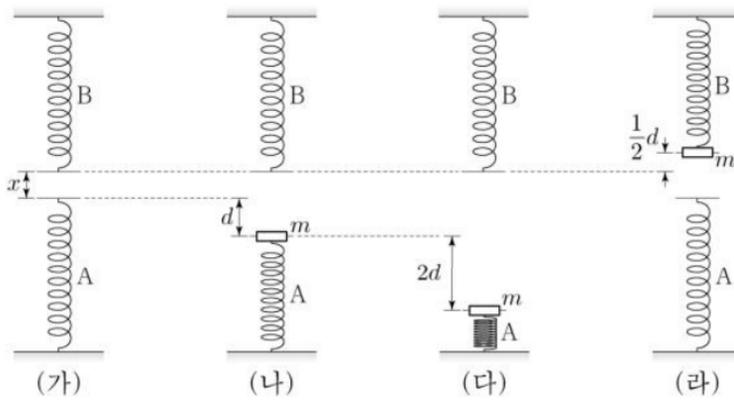
ㄷ. B의 최대 속력은  $\sqrt{\frac{m}{k}}g$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

\*\*\* 용수철은 원래 길이에서 분리된다.

(2021학년도 6평 20번 정답 5번)

20. 그림 (가)와 같이 동일한 용수철 A, B가 연직선상에  $x$ 만큼 떨어져 있다. 그림 (나)는 (가)의 A를  $d$ 만큼 압축시키고 질량  $m$ 인 물체를 올려놓았더니 물체가 힘의 평형을 이루며 정지해 있는 모습을, (다)는 (나)의 A를  $2d$ 만큼 더 압축시켰다가 가만히 놓는 순간의 모습을, (라)는 (다)의 물체가 A와 분리된 후 B를 압축시킨 모습을 나타낸 것이다. B가  $\frac{1}{2}d$ 만큼 압축되었을 때 물체의 속력은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

<보 기>

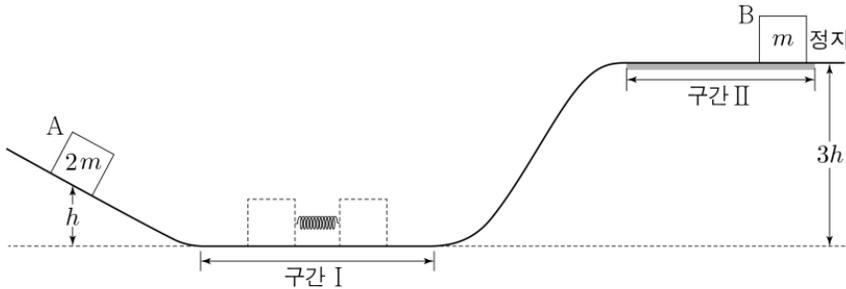
- ㄱ. 용수철 상수는  $\frac{mg}{d}$ 이다.
- ㄴ.  $x = \frac{7}{8}d$ 이다.
- ㄷ. 물체가 운동하는 동안 물체의 운동 에너지의 최댓값은  $2mgd$ 이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

\*\*\* 용수철이 만약 물체 둘 사이에서 풀린다면, 운동량 보존을 사용할 수 있다.

(2022학년도 6평 20번 정답 1번)

20. 그림과 같이 수평 구간 I에서 물체 A, B를 용수철의 양 끝에 접촉하여 용수철을 원래 길이에서  $d$ 만큼 압축시킨 후 동시  
가만히 놓으면, A는 높이  $h$ 에서 속력이 0이고, B는 높이가  $3h$ 인  
마찰이 있는 수평 구간 II에서 정지한다. A, B의 질량은 각각  
 $2m$ ,  $m$ 이고, 용수철 상수는  $k$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른  
것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 용수철의 질량,  
구간 II의 마찰을 제외한 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ.  $k = \frac{12mgh}{d^2}$  이다.

ㄴ. A, B가 각각 높이  $\frac{h}{2}$ 를 지날 때의 속력은 B가 A의  $\sqrt{6}$  배  
이다.

ㄷ. 마찰에 의한 B의 역학적 에너지 감소량은  $\frac{3}{2}mgh$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

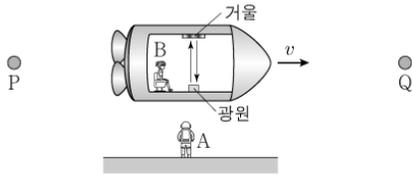
\*\*\* 고유/평창 시간과 고유/수축 길이를 판단하는 게 기본 중 기본이다.

(2022학년도 9평 10번 정답 5번)

10. 다음은 특수 상대성 이론에 대한 사고 실험의 일부이다.

가설 I : 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하다.  
가설 II : 모든 관성계에서 빛의 속력은  $c$ 로 일정하다.

관찰자 A에 대해 정지해 있는 두 천체 P, Q 사이를 관찰자 B가 탄 우주선이 광속에 가까운 속력  $v$ 로 등속도 운동을 하고 있다. B의 관성계에서 광원으로부터 우주선의 운동 방향에 수직으로 방출된 빛은 거울에서 반사되어 되 돌아온다.



- (가) 빛이 1회 왕복한 시간은 A의 관성계에서  $t_A$ 이고, B의 관성계에서  $t_B$ 이다.  
(나) A의 관성계에서  $t_A$  동안 빛의 경로 길이는  $L_A$ 이고, B의 관성계에서  $t_B$  동안 빛의 경로 길이는  $L_B$ 이다.  
(다) A의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리  $D_A$ 는 P에서 Q까지 우주선의 이동 시간과  $v$ 를 곱한 값이다.  
(라) B의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리  $D_B$ 는 P가 B를 지날 때부터 Q가 B를 지날 때까지 걸린 시간과  $v$ 를 곱한 값이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

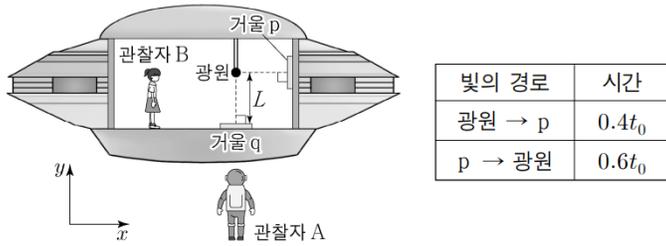
- ㄱ.  $t_A > t_B$ 이다.  
ㄴ.  $L_A > L_B$ 이다.  
ㄷ.  $\frac{D_A}{D_B} = \frac{L_A}{L_B}$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

\*\*\* 마중 나오는 애와 도망가는 애가 있다면 찾아야한다.

(2022학년도 6평 14번 정답 5번)

14. 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $x$ 축과 나란하게 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하고 있는 모습을 나타낸 것이다. B의 관성계에서 빛은 광원으로부터 각각  $+x$ 방향,  $-y$ 방향으로 동시에 방출된 후 거울 p, q에서 반사하여 광원에 동시에 도달하며 광원과 q 사이의 거리는  $L$ 이다. 표는 A의 관성계에서 빛이 광원에서 p까지, p에서 광원까지 가는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속력은  $c$ 이다.)

- <보 기>
- ㄱ. 우주선의 운동 방향은  $-x$ 방향이다.
  - ㄴ.  $t_0 > \frac{2L}{c}$ 이다.
  - ㄷ. A의 관성계에서 광원과 p 사이의 거리는  $L$ 보다 작다.

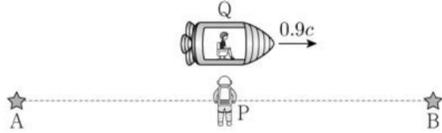
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

\*\*\* 잘 모르겠으면,

관찰자 시점에서 “동시라고 생각하는 애”의 이동 방향의 반대 방향이 먼저이다.

(2021학년도 6평 17번 정답 3번) (빛의 이동 거리와 실제 거리는 별개!!!! \*\*\*중요)

17. 그림과 같이 관찰자 P에 대해 별 A, B가 같은 거리만큼 떨어져 정지해 있고, 관찰자 Q가 탄 우주선이  $0.9c$ 의 속력으로 A에서 B를 향해 등속도 운동하고 있다. P의 관성계에서 Q가 P를 스쳐 지나가는 순간 A, B가 동시에 빛을 내며 폭발한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

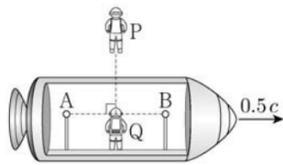
<보 기>

- ㄱ. P의 관성계에서, A와 B가 폭발할 때 발생한 빛이 동시에 P에 도달한다.
- ㄴ. Q의 관성계에서, B가 A보다 먼저 폭발한다.
- ㄷ. Q의 관성계에서, A와 P 사이의 거리는 B와 P 사이의 거리보다 크다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2021학년도 수능 17번 정답 4번)

17. 그림과 같이 관찰자 P에 대해 관찰자 Q가 탄 우주선이  $0.5c$ 의 속력으로 직선 운동하고 있다. P의 관성계에서, Q가 P를 스쳐 지나가는 순간 Q로부터 같은 거리만큼 떨어져 있는 광원 A, B에서 빛이 동시에 발생한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. P의 관성계에서, A와 B에서 발생한 빛은 동시에 P에 도달한다.
- ㄴ. P의 관성계에서, A와 B에서 발생한 빛은 동시에 Q에 도달한다.
- ㄷ. B에서 발생한 빛이 Q에 도달할 때까지 걸리는 시간은 Q의 관성계에서가 P의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

CHAPTER

07

열역학

\*\*\* 열역학 매뉴얼

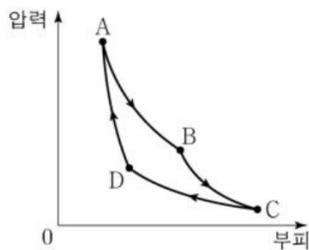
1. 열 출입이 있는지 확인한다. (=단열인가?)
2. 부피의 증감을 파악한다.

(\*\*\* 꿀팁! 등온 과정에서 부피가 커지면  $Q > 0$ , 부피가 작아지면  $Q < 0$ 이다.)

\*\*\* 열기관이 나온다면  $Q_1 = W + Q_2$ 를 직접 쓴다.

(2021학년도 6평 14번 정답 4번)

14. 그림은 어떤 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를, 표는 각 과정에서 기체가 흡수 또는 방출하는 열량을 나타낸 것이다.



과정	흡수 또는 방출하는 열량(J)
A → B	150
B → C	0
C → D	120
D → A	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

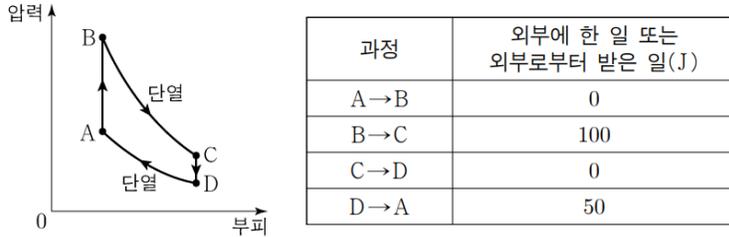
<보 기>

- ㄱ. B → C 과정에서 기체가 한 일은 0이다.  
 ㄴ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 30J이다.  
 ㄷ. 열기관의 열효율은 0.2이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2021학년도 9평 15번 정답 1번)

15. 그림은 열기관에서 일정량의 이상 기체의 상태가  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 변할 때 기체의 압력과 부피를, 표는 각 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일을 나타낸 것이다. 기체는  $A \rightarrow B$  과정에서 250J의 열량을 흡수하고,  $B \rightarrow C$  과정과  $D \rightarrow A$  과정은 열 출입이 없는 단열 과정이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

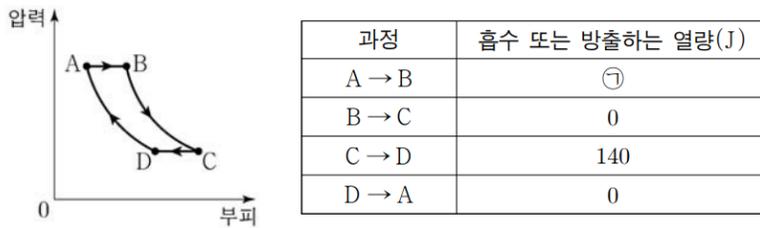
<보 기>

가. B → C 과정에서 기체의 온도가 감소한다. 나. C → D 과정에서 기체가 방출한 열량은 150J이다. 다. 열기관의 열효율은 0.4이다.
---

- ① 가      ② 다      ③ 가, 나      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

(2021학년도 수능 12번 정답 1번)

12. 그림은 열효율이 0.3인 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를, 표는 각 과정에서 기체가 흡수 또는 방출하는 열량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

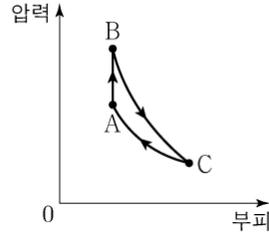
<보 기>

가. ㉠은 200이다. 나. A → B 과정에서 기체의 내부 에너지는 감소한다. 다. C → D 과정에서 기체는 외부로부터 열을 흡수한다.
---

- ① 가      ② 다      ③ 가, 나      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

(2022학년도 9평 14번 정답 3번)

14. 그림은 열효율이 0.2인 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다.  $A \rightarrow B$  과정은 부피가 일정한 과정이고,  $B \rightarrow C$  과정은 단열 과정이며,  $C \rightarrow A$  과정은 등온 과정이다.  $C \rightarrow A$  과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 160J이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

ㄱ. 기체의 온도는 B에서가 C에서보다 높다.  
 ㄴ.  $A \rightarrow B$  과정에서 기체가 흡수한 열량은 200J이다.  
 ㄷ.  $B \rightarrow C$  과정에서 기체가 한 일은 240J이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

여기서 알 수 있듯이, 최근 2년간 평가원 열역학의 대부분은 열기관 문제였다.  
 (2021 6평, 9평, 수능, 2022 6평, 9평) 총 다섯 번의 시험 중 네 번이나 나왔다!

**\*\* 기본을 놓치면 안된다. 가장 기본적인 공식은  $Q = \Delta U + W$ 이다.**

(2022학년도 6평 11번 정답 1번)

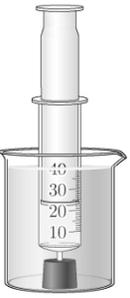
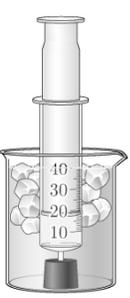
11. 다음은 열의 이동에 따른 기체의 부피 변화를 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 20mL의 기체가 들어있는 유리 주사기의 끝을 고무마개로 막는다.

(나) (가)의 주사기를 뜨거운 물이 든 비커에 담그고, 피스톤이 멈추면 눈금을 읽는다.

(다) (나)의 주사기를 얼음물이 든 비커에 담그고, 피스톤이 멈추면 눈금을 읽는다.

(나) 과정      (다) 과정

[실험 결과]

과정	(가)	(나)	(다)
기체의 부피(mL)	20	23	18

주사기 속 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

ㄱ. 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄴ. (나)에서 기체가 흡수한 열은 기체가 한 일과 같다.

ㄷ. (다)에서 기체가 방출한 열은 기체의 내부 에너지 변화량과 같다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

열기관 응용 문제들 잘 풀어놓고, 이런 문제들에 당황하는 학생들이 간혹 있다. 이런 경우에는 겁먹지 않고 그냥 풀면 된다.

\*\*\* 잘 모르겠으면 '변화량 계산' or '힘의 평형/작용 반작용' 풀이일 확률이 높다.

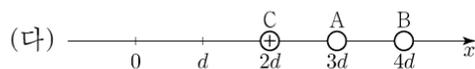
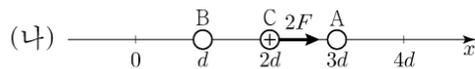
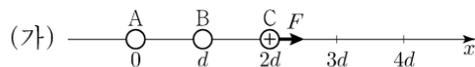
(근데 진짜 하나도 모르겠으면 전하량을 대입한다. 어쩔 수 없다.)

이때 변화량에선, 움직이는 전하 말고 가만히 있는 전하의 전기력 변화를 관찰해야 한다.

예를 들어 문제 상황에서 점전하 C가 움직였으면, 이로 인한 점전하 A의 전기력 변화를 관찰하여 A와 C 사이의 전기력 크기를 구한다.

(2021학년도 9평 19번 정답 3번)

19. 그림 (가), (나), (다)는 점전하 A, B, C가  $x$  축 상에 고정되어 있는 세 가지 상황을 나타낸 것이다. (가)에서는 양(+전하인 C에  $+x$  방향으로 크기가  $F$ 인 전기력이, A에는 크기가  $2F$ 인 전기력이 작용한다. (나)에서는 C에  $+x$  방향으로 크기가  $2F$ 인 전기력이 작용한다.



(다)에서 A에 작용하는 전기력의 크기와 방향으로 옳은 것은?

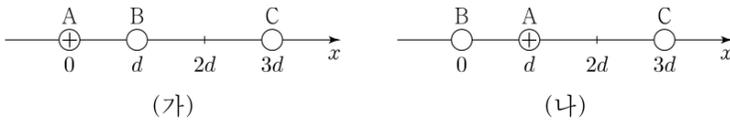
- |   | <u>크기</u>     | <u>방향</u> |   | <u>크기</u>     | <u>방향</u> |
|---|---------------|-----------|---|---------------|-----------|
| ① | $\frac{F}{2}$ | $+x$      | ② | $\frac{F}{2}$ | $-x$      |
| ③ | $F$           | $+x$      | ④ | $F$           | $-x$      |
| ⑤ | $2F$          | $+x$      |   |               |           |

\*\*\* 점전하 3개가 나왔는데 2개의 전하량을 비교할 때

나머지 하나의 전기력 방향에 주목한다. (여기서 답이 안 나오면 전기력 크기까지 뜯어봐야 한다.)  
 점전하 A, B, C가 있는데 A, C의 전하량 크기를 비교하면 B가 힌트일 확률이 굉장히 높다.

(2022학년도 6평 19번 정답 5번)

19. 그림 (가)는  $x$ 축상에 고정된 점전하 A, B, C를 나타낸 것으로 B에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$ 방향이고, C에 작용하는 전기력은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B의 위치만 바꾸어 고정시킨 것을 나타낸 것이다. A는 양(+)  
 전하이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

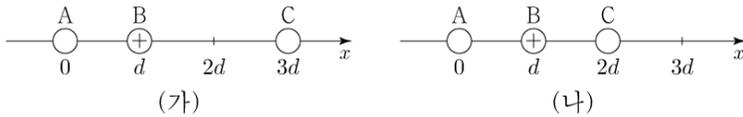
<보 기>

ㄱ. 전하량의 크기는 B가 C보다 작다.  
 ㄴ. A에 작용하는 전기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.  
 ㄷ. (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 B에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2022학년도 9평 19번 정답 1번)

19. 그림 (가)는 점전하 A, B, C를  $x$ 축상에 고정시킨 것으로 C에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$ 방향이다. 그림 (나)는 (가)에서 C의 위치만  $x=2d$ 로 바꾸어 고정시킨 것으로 A에 작용하는 전기력의 크기는 0이고, C에 작용하는 전기력의 방향은  $-x$ 방향이다. B는 양(+)  
 전하이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. A는 음(-)전하이다.  
 ㄴ. 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.  
 ㄷ. B에 작용하는 전기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

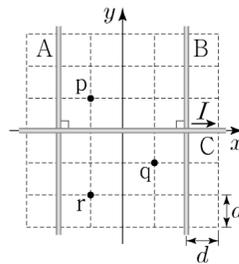
\*\*\* 특이한 조건에 주목한다.

예시)

- 점 P, Q에서 세 도선에 의한 자기장의 세기가 같고 방향이 반대다.
- 어? 그런데 C는 어차피 세기가 같고 방향이 반대인데?
- 아~ A와 B가 만드는 자기장이 둘 다 0이어야 이 조건이 성립하겠구나!

(2020학년도 9평 14번 정답 1번)

14. 그림과 같이 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가  $xy$ 평면에 고정되어 있고, C에는 세기가  $I$ 인 전류가  $+x$ 방향으로 흐른다. 점 p, q, r는  $xy$ 평면에 있고, p, q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

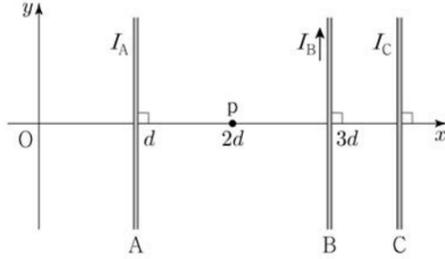
<보기>

- ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. A에 흐르는 전류의 세기는  $I$ 보다 작다.
- ㄷ. r에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$ 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2021학년도 수능 16번 정답 5번)

16. 그림과 같이  $xy$  평면에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각  $I_A, I_B, I_C$ 로 일정한 전류가 흐르고 있다. B에 흐르는 전류의 방향은  $+y$  방향이고,  $x$  축상의 점 p에서 세 도선의 전류에 의한 자기장은 0이다. C에 흐르는 전류의 방향을 반대로 바꾸었다면 p에서 세 도선의 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이 되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

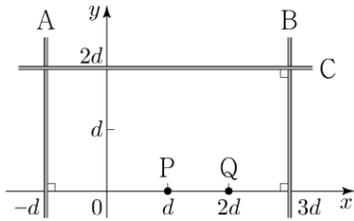
<보 기>

- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은  $+y$  방향이다.
- ㄴ.  $I_A < I_B + I_C$ 이다.
- ㄷ. 원점 O에서 세 도선의 전류에 의한 자기장의 방향은 C에 흐르는 전류의 방향을 바꾸기 전과 후가 같다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2022학년도 9평 16번 정답 3번)

16. 그림과 같이  $xy$  평면에 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 고정되어 있다. A, B에는 서로 반대 방향으로 세기  $I_0$ 인 전류가, C에는 세기  $I_C$ 인 전류가 각각 일정하게 흐르고 있다.  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 양(+ )으로 할 때,  $x$  축상의 점 P, Q에서 세 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 각각 양(+), 음(-)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은  $+y$  방향이다.
- ㄴ. C에 흐르는 전류의 방향은  $-x$  방향이다.
- ㄷ.  $I_C < 2I_0$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

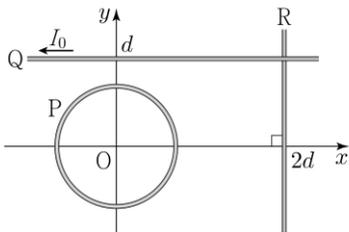
\*\*\* 자기장“만” 생각하면 편할 때가 있다.

예시) 1칸 떨어진 곳에서 전류가  $I$  흐를 때 자기장을  $B$ 라고 생각하면, 애가 만약에 0.5칸 떨어진 지점으로 이동하면 자기장이  $2B$ 로 변하겠다!

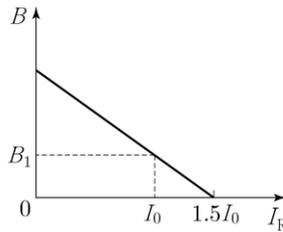
==> 전류에 거리를 일일이 나누지 않고, 기준이 되는 자기장을 만들고 변화에 따라 수치 계산

(2022학년도 6평 18번 정답 3번)

18. 그림 (가)와 같이 중심이 원점  $O$ 인 원형 도선  $P$ 와 무한히 긴 직선 도선  $Q, R$ 가  $xy$ 평면에 고정되어 있다.  $P$ 에는 세기가 일정한 전류가 흐르고,  $Q$ 에는 세기가  $I_0$ 인 전류가  $-x$ 방향으로 흐르고 있다. 그림 (나)는 (가)의  $O$ 에서  $P, Q, R$ 의 전류에 의한 자기장의 세기  $B$ 를  $R$ 에 흐르는 전류의 세기  $I_R$ 에 따라 나타낸 것으로,  $I_R = I_0$ 일 때  $O$ 에서 자기장의 방향은  $xy$ 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, 세기는  $B_1$ 이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ.  $R$ 에 흐르는 전류의 방향은  $-y$ 방향이다.
- ㄴ.  $O$ 에서  $P$ 의 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$ 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄷ.  $O$ 에서  $P$ 의 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_1$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## CHAPTER

## 10

## 지엽 및 미니 암기 OX퀴즈

1. 빛과 공기는 모두 따뜻한 공기에서가 차가운 공기에서보다 빠르다. (O/X)
2. 주사 전자 현미경(SEM)은 시료의 전기 전도성이 좋으면 분해능이 좋다. (O/X)
3. 투과 전자 현미경(TEM)은 시료가 얇으면 분해능이 좋다. (O/X)
4. 마이크는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (O/X)
5. 무선 충전은 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O/X)
6. 금속 탐지기는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O/X)
7. 발전기는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (O/X)
8. 스피커는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O/X)
9. 전자석 기증기는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O/X)
10. MRI(자기 공명 영상 장치)는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (O/X)
11. 모든 전하가 짝을 이루는 건 강자성체, 상자성체, 반자성체 중 반자성체이다. (O/X)
12. 움직이지 않는 사람은 정지 에너지가 0이다. (O/X)
13. 도체의 전하 운반자는 양공이다. (O/X)
14. 깊이가 일정한 수면에서 진행되는 물결파는 진동수에 상관없이 속력이 일정하다. (O/X)
15. 코어는 클래딩보다 굴절률이 크다. (O/X)
16. 파장이 길어지면 파동의 속력은 증가한다. (O/X)
17. CCD(전하 결합 소자)는 빛의 입자성을 활용한 예시이다. (O/X)
18. CCD(전하 결합 소자)는 빛의 세기가 아닌 빛의 색깔만을 파악할 수 있다. (O/X)
19. 전자 현미경에서, 자기 렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 바꾼다. (O/X)
20. 운동에너지가  $E_0$ 인 전자의 물질파 파장이  $\lambda_0$ 일 때, 운동 에너지가  $2E_0$ 인 전자의 물질파 파장은  $\frac{1}{2}\lambda_0$ 이다. (O/X)
21. 자동차의 에어백은 탑승자가 받는 충격량을 감소시킨다. (O/X)
22. 두 개의 스피커에서 발생시킨 동일한 위상의 두 파동이 보강 간섭할 때, 보강 간섭된 소리의 진동수는 스피커에서 발생한 소리의 진동수보다 크다. (O/X)
23. 두 매질의 굴절률 차가 커지면, 임계각은 작아진다. (O/X)

1. 빛과 공기는 모두 따뜻한 공기에서가 차가운 공기에서보다 빠르다. (O/X)
2. 주사 전자 현미경(SEM)은 시료의 전기 전도성이 좋으면 분해능이 좋다. (O/X)
3. 투과 전자 현미경(TEM)은 시료가 얇으면 분해능이 좋다. (O/X)
4. 마이크는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (O)
5. 무선 충전은 전자기 유도를 이용한 장치이다. (X)
6. 금속 탐지기는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (X)
7. 발전기는 전자기 유도를 이용한 장치이다. (O)
8. 스피커는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O)
9. 전자석 기증기는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (O)
10. MRI(자기 공명 영상 장치)는 전류의 자기 작용을 이용한 장치이다. (X)
11. 모든 전하가 짝을 이루는 건 강자성체, 상자성체, 반자성체 중 반자성체이다. (O)
12. 움직이지 않는 사람은 정지 에너지가  $E_0 = m_0c^2$ 에 의해 0이 아니다. (X)
13. 도체의 전하 운반자는 전자다. (X)
14. 깊이가 일정한 수면에서 진행하는 물결파는 진동수에 상관없이 속력이 일정하다. (O)
15. 코어는 클래딩보다 굴절률이 크다. (O)
16. 매질이 변하지 않으면, 파동의 속력은 변하지 않는다. (X)
17. CCD(전하 결합 소자)는 빛의 입자성을 활용한 예시이다. (O)
18. CCD(전하 결합 소자)는 빛의 세기만을 파악할 수 있다. 색필터는 CCD와 별개다!!! (X)
19. 전자 현미경에서, 자기 렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 바꾼다. (O)
20. 운동에너지가  $E_0$ 인 전자의 물질파 파장이  $\lambda_0$ 일 때, 운동 에너지가  $2E_0$ 인 전자의 물질파 파장은  $\frac{1}{\sqrt{2}}\lambda_0$ 이다. (X)
21. 자동차의 에어백은 탑승자가 받는 평균 힘(충격력)을 감소시킨다. (X)
22. 진동수는 언제나 일정하다!!!!!!!!!!!! (X)
23. 두 매질의 굴절률 차가 커지면, 임계각은 작아진다. 임계각은 작을수록 좋다! (O)