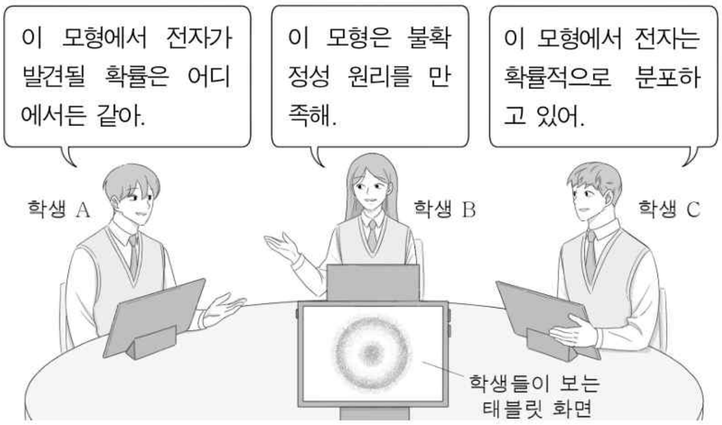
2024년 10월 15일
10월 고3 전국연합학력평가
물리학Ⅱ 분석&해설지

안녕하세요. 물범SeaL입니다. 올해, 물리학Ⅱ와 관련해서 참 많은 이야기들이 있는 것 같습니다. 이때, 올해의 시험지 중에선 가장 난이도가 높은 10모가 등장했습니다. 지금까지의 쉬운 시험으로 긴장을 풀고 있었다면 다시 긴장하고 수능 날을 기다릴 각성제가 되었을 것이고, 이 정도 시험도 50을 거뜬하게 맞아낼 수 있다는 자신감이 되었을 수도 있었을 겁니다. 그러한 여러분들에게 약소하게나마 저의 사견과 문제 풀이 방법과 함께 문항을 분석하여 학습에 도움이 되고자 합니다. 작년 이쯤 시기에. 저는 무엇을 하고 있었을까요. 잘 기억나지 않지만, 수능장에서 나오는 순간에 1년의 준비 기간에 후회가 없었으면 하는 그 열정만이 어렴풋이 남아있습니다. 아직 남아있는 30일, 여러분들도 후회하지 않을 시간을 보내셨으면 합니다. 여러분들의 수능 대박을 기원합니다.

1. 현대적 원자 모형

1. 그림은 태블릿으로 현대 수소 원자 모형을 보면서 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

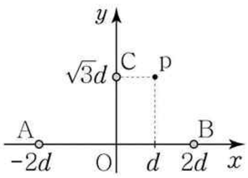
① A　② C　③ A, B　④ B, C　⑤ A, B, C

답: 4번
A: 확률 밀도 함수가 모든 곳에서 같은 값을 가지지 않으므로 어디든 같다는 말은 틀린 말입니다.
B: 현대 수소 모형은 불확정성원리를 만족합니다.
C: 전자는 확률밀도함수에 따라서 확률적으로 분포합니다.

comment
보어의 수소 원자 모형과 현대 모형을 비교시키는 형태나, 선지를 교차시켜서 내는 경우가 많습니다. 뭘 물어보는지 잘 읽어 실수하는 일 없도록 합시다.

2. 전류가 흐르는 직선 도선에 의한 자기장

2. 그림과 같이 xy평면에 수직인 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각 I, I_0, I_0인 전류가 흐른다. A, B, C는 각각 x축상의 $x=-2d$, $x=2d$와 y축상의 $y=\sqrt{3}d$에 고정되어 있다. 점 p에서 세 도선의 전류에 의한 자기장은 0이다.



I는? [3점]

① I_0 ② $2I_0$ ③ $3I_0$ ④ $4I_0$ ⑤ $5I_0$

답: 3번

먼저 A, B, C에 의한 p 에서의 전기장의 방향을 확인합시다.

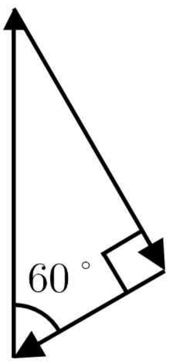
자기장이 0이 되니 여기에서 자기장 식을 써서 I를 구하면 되겠습니다.

A를 들어가는 방향 전류로 잡으면 B와 C는 나오는 방향이 됩니다.

이때 x축에 대해 자기장을 정리해 주면 됩니다.

x축: $\dfrac{I}{2\sqrt{3}d}\times\dfrac{1}{2}=\dfrac{I_0}{2d}\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}$이므로 $I=3I_0$

벡터를 그린다면



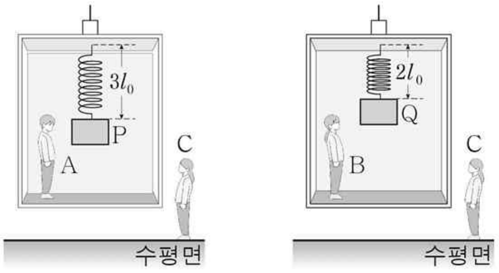
다음과 같은 꼴이고 C에 의한 자기장을 2라고 하면 $\dfrac{I_0}{d}=2$입니다. A에 의한 자기장은 $\sqrt{3}$이므로 $\sqrt{3}=\dfrac{I}{2\sqrt{3}d}$이므로 $I=3I_0$입니다.

comment

올해 다른 모고였으면 4페에 있었을 친구가 1페 2번에 등장했네요. 하지만 특수각들이 너무나 잘 보이는 값들을 주었으므로 계산이든, 벡터를 그렸든 수월하게 처리했을 수 있어야 하겠습니다.

3. 등가원리

3. 그림 (가), (나)와 같이 수평면에 정지한 학생 C에 대해 학생 A, B가 탄 엘리베이터가 각각 연직 방향으로 등가속도 운동하고 있다. 엘리베이터 천장에는 질량이 같은 물체 P, Q가 각각 원래 길이가 l_0인 동일한 용수철에 매달려 있다. (가)와 (나)에서 엘리베이터의 가속도는 크기가 같고 방향이 반대이며, 용수철의 길이는 각각 $3l_0$, $2l_0$이다. A가 P를, B가 Q를 관찰할 때 P와 Q는 정지해 있다.



(가) (나)

C가 관측할 때, 이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이다.)

< 보 기 >

ㄱ. P에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄴ. Q의 가속도의 방향은 연직 아래 방향이다.

ㄷ. B의 가속도의 크기는 $\frac{1}{5}g$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

답: 1번

ㄱ. C의 입장에서, P는 가속 운동하니 알짜힘은 0이 아닙니다.

ㄴ. 여기서 엘리베이터의 관성력은 위쪽 방향입니다. 즉 가속도는 연직 아래 방향이겠죠.

ㄷ. 엘리베이터의 가속도는 크기가 같고 방향만 반대입니다. 또한 용수철의 원래 길이는 l_0이므로 훅의 법칙에 의해 탄성력의 힘은 (가):(나)=$2:1$입니다.

즉, $g+a:g-a=2:1$이므로 $g=3a$입니다.

comment

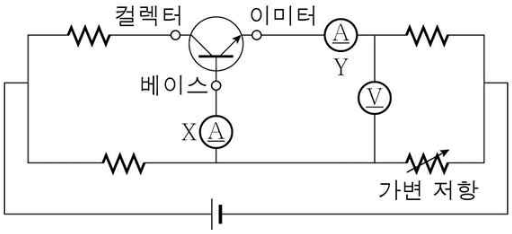
탄성력이 등장한 게 마음에 안드네요. ㄷ에서 낚인 학생들이 있을거 같아 마음이 아픕니다. 흑흑.

4. 트랜지스터

4. 다음은 트랜지스터에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 트랜지스터와 가변 저항, 전압이 일정한 전원, 전류계 X와 Y, 전압계, 저항을 연결한다.



(나) 전압계로 전압 V를 측정하고, X와 Y에 흐르는 전류의 세기 I_X, I_Y를 측정한다.

(다) 가변 저항의 저항값을 바꾸고, (나)를 반복한다.

[실험 결과]

과정	V(V)	I_X(mA)	I_Y(mA)
(나)	0.2	0	0
(다)	0.7	0.05	5.05

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 트랜지스터는 p-n-p형이다.

ㄴ. 실험 결과로부터 스위칭 작용을 확인할 수 있다.

ㄷ. (다)에서 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기는 5.00 mA 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 4번

ㄱ. 그림에 나타난 트랜지스터는 n-p-n트랜지스터입니다.

ㄴ. (나)에서는 전류가 흐르지 않고, (다)에서는 흐르므로 스위칭 작용을 확인할 수 있다.

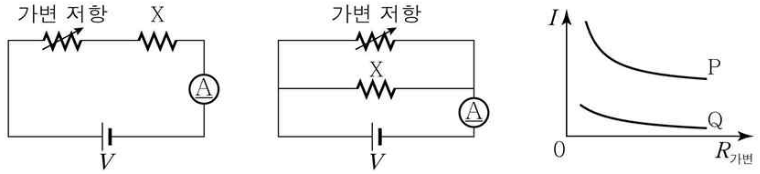
ㄷ. Y가 이미터, X가 베이스 이므로 컬렉터 전류는 $I_Y - I_X$이므로 5.00mA이다.

comment

트랜지스터는 언제든 어려운 문제로 등장할 수 있다는 느낌을 주긴 합니다만, 최근 계속 무난한 형태를 제시해주고 있습니다. 사설에서 등장하는 트랜지스터도 괜찮지만, 보다 기출에 집중하는 것이 더 좋은 전략이 될 수 있습니다.

5. 직류회로

5. 그림 (가), (나)와 같이 저항값이 $R_{가변}$인 가변 저항과 저항 X, 전류계, 전압이 V인 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. 그림 (다)의 P, Q는 (가)와 (나)에서 전류계에 흐르는 전류의 세기 I를 $R_{가변}$에 따라 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

$R_{가변} > 0$일 때, 이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. P는 (나)에서 $R_{가변}$에 따른 I를 나타낸 것이다.

ㄴ. (나)에서 X 양단에 걸리는 전압은 $\frac{1}{2}V$이다.

ㄷ. X에서 소비되는 전력은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

답: 4번

ㄱ. 전류계에 흐르는 전류는 (가)와 (나)가 각각 $\frac{V}{R_{가변}+\mathrm{X}}$, $\frac{V}{R_{가변}}+\frac{V}{\mathrm{X}}$입니다. 즉 (나)에서 전류의 세기가 더 크므로 P가 (나)에서의 전류를 나타낸 것입니다.

ㄴ. (나)에서 X양단에 걸리는 전압은 V입니다.

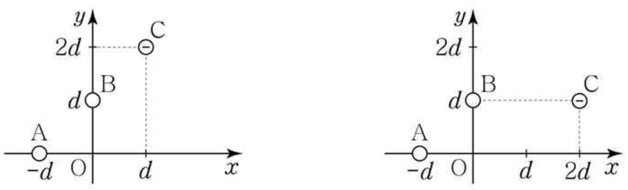
ㄷ. $P=I^2R$임을 이용할 때, X에 흐르는 전류는 (나)에서 더 크므로 X에서 소비되는 전력은 (나)에서가 (가)에서보다 큽니다.

comment

직류회로에서 직접적으로 값을 구하는게 아닌 정성적인 판단이 등장했습니다. 계산이 없어 부담이 적으실 수도 있지만 이런 논리에 약할수도 있겠죠. 이번을 기회로 잘 정리해 두시면 됩니다.

6. 전기력과 쿨롱법칙

6. 그림 (가)는 점전하 A, B, C를 각각 xy평면상의 $(-d,\ 0)$, $(0,\ d)$, $(d,\ 2d)$에 고정시킨 모습을, (나)는 (가)에서 C의 위치만 $(2d,\ d)$로 옮겨 고정시킨 모습을 나타낸 것이다. C는 음(−)전하이고, (가)의 원점 O에서 세 전하에 의한 전기장은 0이다.



(가) (나)

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

< 보 기 >

ㄱ. O에서 A에 의한 전기장의 방향은 $-x$방향이다.
ㄴ. 전하량의 크기는 C가 A의 $\sqrt{5}$배이다.
ㄷ. (나)의 O에서 세 전하에 의한 전기장의 세기는 A에 의한 전기장의 세기의 $\sqrt{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

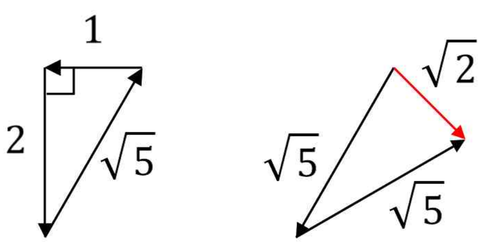
답: 3번

ㄱ. 원점에서 전기장의 세기가 0임을 제시해줬고, 모든 전하에 의한 전기장의 방향을 제시해 주었으므로 A, C는 음전하, B는 양전하임을 찾을 수 있고 O에서 A에 의한 전기장 방향은 $-x$방향입니다.

ㄴ. 원점에서 C에 의한 전기장 방향이 $\dfrac{E_y}{E_x}=2$이므로 A에 의한 전기장을 $(-1,0)$이라 하면 B에 의한 전기장은 $(0,-2)$, C에 의한 전기장은 $(1,2)$라고 할 수 있습니다. 즉 C의 전기장 세기는 $\sqrt{5}$이므로 전하량의 크기는 C가 A의 $5\sqrt{5}$배입니다.

ㄷ. (나)에서 원점에서 C에 의한 전기장은 $(2,1)$이므로 세 전하에 의한 자기장은 $(-1+0+2, 0-2+1)=(1,-1)$이므로 세기는 $\sqrt{2}$입니다. 즉 O에서의 세 전하에 의한 전기장의 세기는 A에 의한 전기장 세기의 $\sqrt{2}$배입니다.

벡터를 그리면



다음처럼 그려 낼 수 있습니다.

comment

계산만 잘한다면 큰 문제는 없을겁니다.

7. 전자기파의 발생과 수신

7. 그림은 교류 전원, 코일, 축전기 A로 구성된 송신 회로에서 발생시킨 진동수가 f 또는 $2f$인 전자기파를 안테나, 스피커, 코일 B, 축전기로 구성된 수신 회로가 수신하는 모습을 나타낸 것이다.

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. A의 평행판 사이에서 전기장은 시간에 따라 변한다.

ㄴ. 전자기파를 수신할 때, 안테나에 교류 전류가 흐른다.

ㄷ. B의 저항 역할은 진동수가 $2f$인 전자기파를 수신할 때가 진동수가 f인 전자기파를 수신할 때보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 5번

ㄱ. 교류전원에 의해 축전기 사이의 전압은 변화하며 $E=\frac{V}{d}$이므로 전기장도 변합니다.

ㄴ. 전자기파에 의해 안테나의 전자가 진동하므로 교류 전류가 흐릅니다.

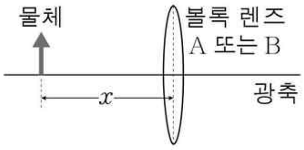
ㄷ. B는 코일이고 코일의 저항역할인 유도 리액턴스는 진동수에 비례하므로($X_L=2\pi fL$) $2f$일 때가 f일 때보다 저항역할이 더 큽니다.

comment

간단한 LC회로입니다. 유도 리액턴스와 용량 리액턴스는 각각 f에 비례, 반비례함만 기억하면 틀릴 일은 없을 듯합니다.

8. 볼록렌즈에 의한 상

8. 그림과 같이 볼록 렌즈 A 또는 B의 중심으로부터 거리 x만큼 떨어진 지점에 물체를 놓는다. 표는 A, B와 x에 따른 상의 종류를 나타낸 것이다.



x	볼록 렌즈	
	A	B
d	허상	실상
$5d$	실상	㉠

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 초점 거리는 A가 B보다 크다.

ㄴ. ㉠은 실상이다.

ㄷ. $x=5d$일 때, A에 의한 상의 크기는 B에 의한 상의 크기보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 5번

ㄱ. $x=d$일 때 A는 허상, B는 실상을 만들어내므로 A의 초점 거리는 d보다 크고 B의 초점 거리는 d보다 작으므로 초점 거리는 A가 B보다 큽니다.

ㄴ. B $x=d$에서 이미 실상을 만들었으므로 $x=5d$에서도 실상을 만들어야 합니다.

ㄷ. 배율공식 $m=\dfrac{f}{|a-f|}$를 활용합시다. A에 의한 상의 크기는 $a=5d$이므로 A와 B의 배율은 $\dfrac{f_A}{5d-f_A}$, $\dfrac{f_B}{5d-f_B}$이다. 이때, $5d-f_A<5d-f_B$이고 $f_A>f_B$이므로 A의 배율이 더 큽니다. 따라서 상의 크기는 A가 더 큽니다.

comment

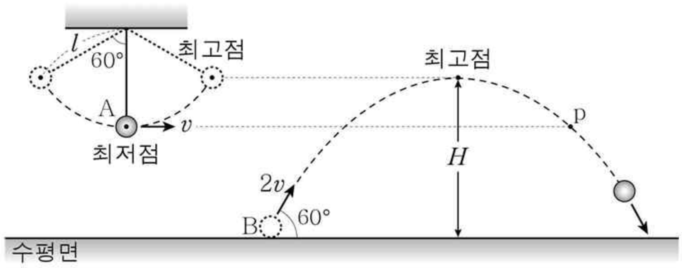
수치를 직접적으로 구하는 것이 아닌 비교하여 대소를 비교하는 형태로 제시되었습니다. 저는 배율공식으로 거의 모든 문제를 처리하는 듯 합니다. 다들 배율공식을 사랑해주세요.

허상: $m=\dfrac{b}{a}=\dfrac{f}{f-a}=\dfrac{b+f}{f}$

실상: $m=\dfrac{b}{a}=\dfrac{f}{a-f}=\dfrac{b-f}{f}$

9. 역학적 에너지 보존

9. 그림은 길이가 l인 실에 연결되어 왕복 운동을 하는 물체 A가 최저점을 속력 v로 지나는 모습과, 물체 B가 수평면과 60°의 각으로 $2v$의 속력으로 던져져 포물선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A와 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각의 최댓값은 60°이다. A의 최저점과 B의 경로상의 점 p의 높이는 같고, A와 B의 최고점의 높이는 H로 같다. A의 중력 퍼텐셜 에너지는 최고점에서가 최저점에서보다 E_0 만큼 크다. A와 B의 질량은 같다.



H와 p에서 B의 운동 에너지 E_K로 옳은 것은? (단, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.) [3점]

	H	E_K		H	E_K
①	$\frac{3}{2}l$	E_0	②	$\frac{3}{2}l$	$2E_0$
③	$2l$	E_0	④	$2l$	$2E_0$
⑤	$\frac{5}{2}l$	$2E_0$			

답: 2번

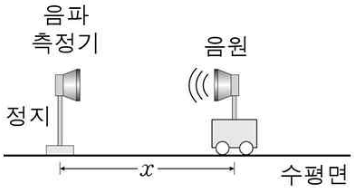
A와 B의 질량이 같으므로 m이라고 하겠습니다. 왕복운동의 최고점과 최저점의 중력 퍼텐셜 에너지 차이가 E_0이므로 $E_0 = \frac{1}{2}mgl = \frac{1}{2}mv^2$임을 정리할 수 있습니다. B의 연직방향 발사 속력은 $\sqrt{3}v$이므로 $mgH = \frac{1}{2}m(\sqrt{3}v)^2$이고 $H = \frac{3}{2}l$입니다. 또한 p의 높이는 l임을 알 수 있으므로 p에서의 운동 에너지는 $E_K = \frac{1}{2}m(2v)^2 - mgl = mv^2 = 2E_0$입니다.

comment

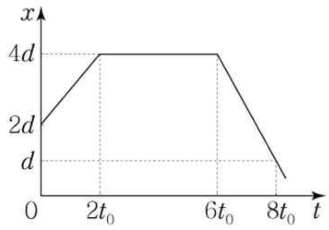
말은 길지만 계산은 간단하게 나온 역학적 에너지 문항입니다. 일-에너지 정리로 넘어가기 전, 풀이를 어떻게 할지 되새기는 시간이 될 수 있었을 겁니다.

10. 도플러 효과

10. 그림 (가)는 수평면에서 정지해 있는 음파 측정기와 일정한 진동수의 음파를 발생시키며 직선 운동을 하는 음원을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 음파 측정기와 음원 사이의 거리 x를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. 음원이 $t=t_0$, $t=7t_0$일 때 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정한 진동수는 각각 $3f$, $4f$이다.



(가)



(나)

$t=4t_0$일 때, 음파 측정기가 측정한 진동수는? (단, 음속은 일정하다.)

① $\frac{19}{6}f$ ② $\frac{10}{3}f$ ③ $\frac{7}{2}f$ ④ $\frac{11}{3}f$ ⑤ $\frac{23}{6}f$

답: 2번

$\frac{d}{t_0}=2v$라고 하면, 음파 측정기로부터 $t=0$에서 $t=2t_0$까지는 $2v$의 속력으로 멀어지고, $t=6t_0$에서 $t=8t_0$까지는 $3v$의 속력으로 가까워집니다. 이때 측정한 진동수의 비가 $3:4$이므로

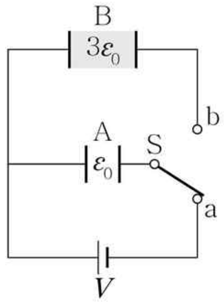
음속을 V라 하면 $\frac{V-3v}{V+2v}=\frac{3}{4}$이므로 $v=\frac{V}{18}$입니다. $t=4t_0$일 때, 음원은 정지해 있으므로 측정한 진동수는 음파의 원래 진동수와 같으므로 $3f\times\frac{V+2v}{V}=\frac{10}{3}f$입니다.

comment

간단한 형태로 주어졌습니다. 이때는 $V=1$로 둬서 간단하게 써도 좋지만, 음속 같은걸 $\frac{d}{t_0}$에 대한 식으로 준다던가, 파장이나 주기를 d, t_0에 대한 데이터로 줘서 계산을 늘려버릴 수도 있습니다. 저런 식으로 나온다면 괜히 $V=1$로 두고 그러지 마시고 정직하게 풀이하시는 걸 추천드립니다.

11. 평행판과 축전기

11. 그림은 전압이 V로 일정한 전원, 방전된 평행판 축전기 A, B, 스위치 S로 구성된 회로에서 S를 a에 연결하여 A가 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다. A, B의 극판의 면적은 같고, 극판 사이의 거리는 B가 A의 2배이며, B는 유전율이 $3\varepsilon_0$인 유전체로 완전히 채워져 있다. A에 저장된 전기 에너지는 $25E_0$이다.



A가 완전히 충전된 상태에서 S를 b에 연결하여 B가 완전히 충전되었을 때, B에 저장된 전기 에너지는? (단, ε_0은 진공의 유전율이다.) [3점]

① E_0 ② $4E_0$ ③ $6E_0$ ④ $10E_0$ ⑤ $12E_0$

답: 3번

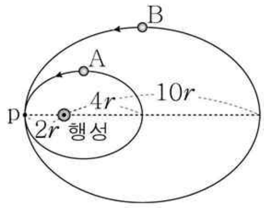
S가 a에 있을 때, A에 걸리는 전압은 V입니다. 또한 A의 전기용량을 C라고 하면 B의 전기용량은 $\frac{3}{2}C$이므로, S를 b로 옮기면 $CV = \left(C + \frac{3}{2}C\right)V'$이므로 $V' = \frac{2}{5}V$입니다. 또한 $\frac{1}{2}CV^2 = 25E_0$이므로 B에 충전된 에너지는 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{2}C \times \left(\frac{2}{5}V\right)^2 = \frac{3}{25}CV^2 = 6E_0$입니다.

comment

축전기의 직렬이 등장하지 않으면 계산량은 상당히 줄어듭니다. 직렬일 때는 전하량이 같고,
병렬일 때는 전압이 같음을 기억하고 차근차근 문제를 풀어갑시다.

12. 케플러 법칙

12. 그림은 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 타원 궤도를 따라 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 점 p는 A, B가 행성과 가장 가까운 지점이고, 행성 중심에서 p까지의 거리는 $2r$이다. 행성의 중심에서부터 A, B의 중심까지의 최대 거리는 각각 $4r$, $10r$이다. p에서 위성에 작용하는 중력의 크기는 B가 A의 2배이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

< 보 기 >

ㄱ. 질량은 B가 A의 2배이다.

ㄴ. 위성에 작용하는 중력의 크기의 최솟값은 A가 B의 $\frac{25}{8}$배이다.

ㄷ. 공전 주기는 B가 A의 $\sqrt{2}$ 배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 3번

ㄱ. p에서 위성에 작용하는 중력의 세기가 B가 A의 2배이므로 질량은 B가 A의 2배입니다.

ㄴ. p에서 A와 B가 받는 중력을 각각 1, 2이라고 하자. 중력의 최솟값은 원지점에 있을 때이므로 A와 B의 중력의 크기의 최솟값은 각각 $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{25}$이므로 중력의 크기의 최솟값은 A가 B의 $\frac{25}{8}$배입니다.

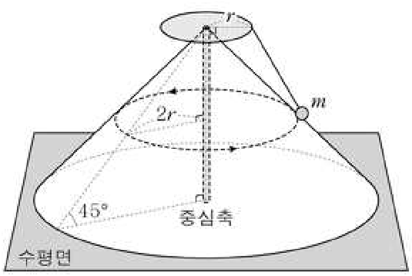
ㄷ. $T \propto a\sqrt{a}$의 관계에 있습니다. 이때 장반경은 B가 A의 2배이므로 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$배입니다.

comment

케플러 법칙에서 주로 사용되는 원리는 면적속도 일정 법칙, 그리고 조화의 법칙입니다. 이때 특히 조화의 법칙을 통해서 주기와 장반경 사이의 관계를 자주 물어보므로 자주 나오는 값인 $2\sqrt{2}$, $\frac{3\sqrt{6}}{4}$등의 간단한 정수로 이뤄진 값들은 외워두면 편할 것입니다.

13. 등속 원운동

13. 그림과 같이 질량이 m인 물체가 수평면과 나란하고 반지름이 r인 원판의 한쪽 끝에 실로 연결되어 수평면과 45°를 이루는 원뿔의 바깥 면을 따라 원판과 함께 등속 원운동을 한다. 원판은 중심이 원뿔의 꼭짓점에 있으며, 원뿔의 중심축에 고정된 회전축과 연결되어 있다. 물체의 원운동 궤도 반지름은 $2r$이고, 원운동의 주기는 $8\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$이다.



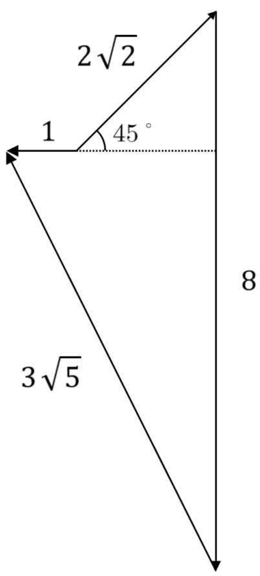
실이 물체를 당기는 힘의 크기는? (단, 중력 가속도는 g이고, 원판의 두께, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항과 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

① $\frac{\sqrt{5}}{8}mg$ ② $\frac{3\sqrt{5}}{8}mg$ ③ $\frac{\sqrt{5}}{2}mg$ ④ $\frac{5\sqrt{5}}{8}mg$ ⑤ $\sqrt{5}mg$

답: 3번

$T=2\pi\sqrt{\frac{mr}{F_i}}$를 활용하겠습니다. $8\pi\sqrt{\frac{r}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{m\times 2r\times 8}{mg}}$이므로 구심력은 $\frac{mg}{8}$입니다.

이제 힘을 도식해 봅시다. 먼저 장력의 방향을 구하면 수평 방향과 연직 방향의 비가 $1:2$임을 구할 수 있습니다. 이제 원뿔의 바깥 면으로부터 45° 방향으로 받는 수직항력, 중력. 장력을 고려해서 힘을 그려보면 다음과 같습니다.



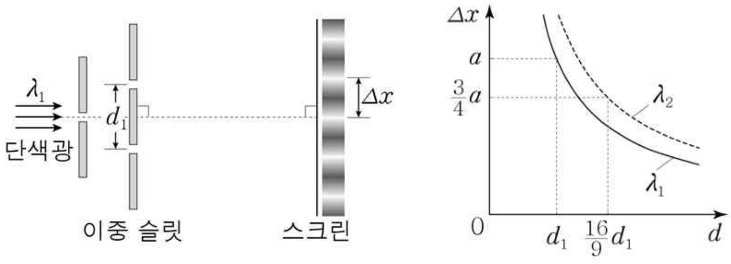
계산의 편의성을 위해서 $mg=8$로 두겠습니다. 이제 주어진 각도들을 바탕으로 각 힘들을 연산해 주시면 됩니다. 즉, 실의 장력의 크기는 $\frac{3\sqrt{5}}{8}mg$입니다.

comment

원운동에서 주기가 저런식으로 주어졌을 때, $T=2\pi\sqrt{\frac{mr}{F_i}}$를 이용하라는 것은 제가 자작모고 해설에서도 언급했던 스킬입니다. 하핫. 물론 올해 5평에도 등장했던 소재였던 만큼 어렵게 느껴지진 않았을거고 충분히 자신만의 문제 풀이방식이 있었을 것입니다. 잘 정리해둡시다.

14. 영의 이중 슬릿에 의한 간섭

14. 그림 (가)와 같이 간격이 d_1인 이중 슬릿에 파장이 λ_1인 단색광을 비추었더니 스크린에 이웃한 밝은 무늬의 간격 Δx가 a인 간섭무늬가 생겼다. 그림 (나)는 (가)에서 단색광의 파장이 λ_1 또는 λ_2인 빛을 이중 슬릿에 비출 때 Δx를 슬릿의 간격 d에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

λ_2는?

① $\frac{9}{16}\lambda_1$ ② $\frac{3}{4}\lambda_1$ ③ $\frac{4}{3}\lambda_1$ ④ $\frac{16}{9}\lambda_1$ ⑤ $2\lambda_1$

답: 3번

기본적인 공식인 $\triangle x = \frac{L\lambda}{d}$를 활용해주시면 됩니다. 그래프 위의 점들을 활용하면

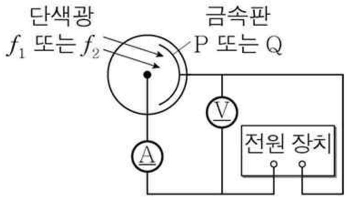
$a = \frac{L\lambda_1}{d_1}$, $\frac{3}{4}a = \frac{L\lambda_2}{d_2}$이므로 정리하면 $\lambda_2 = \frac{4}{3}\lambda_1$입니다.

comment

이중슬릿 문제에선 $\triangle x = \frac{L\lambda}{d}$활용하는 것이 기본입니다. 고정된 값과 변수를 잘 조정하여 간단하게 비례식으로 정리해주면 됩니다.

15. 광전효과

15. 그림은 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이고, 표는 금속판 P, Q에 진동수가 f_1, f_2인 단색광을 각각 비추었을 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값을 나타낸 것이다. 금속판의 일함수는 P가 Q의 2배이다.



금속판	단색광의 진동수	물질파 파장의 최솟값
P	f_1	$\frac{1}{2}\lambda$
P	f_2	λ
Q	f_1	$\frac{1}{3}\lambda$

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h는 플랑크 상수이다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. Q의 문턱 진동수는 $\frac{5}{14}f_1$이다.

ㄴ. $f_2 = \frac{11}{14}f_1$이다.

ㄷ. P에 진동수가 f_1인 단색광을 비추었을 때, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $\frac{2}{7}hf_1$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 5번

P와 Q의 일함수를 각각 $2W$, W라고 하겠습니다. 또한 물질파 파장의 최솟값을 통해서 전자의 에너지를 비례식으로 나타낼 수 있습니다. $E \propto \frac{1}{\lambda^2}$가 각 케이스 별 에너지 비율을 $4E$, E, $9E$로 잡을 수 있습니다. 이제 각 상황을 정리하면

$hf_1 - 2W = 4E$, $hf_2 - 2W = E$, $hf_1 - W = 9E$이므로 $hf_1 = 14E$, $hf_2 = 11E$, $W = 5E$입니다.

ㄱ. Q의 문턱 진동수는 $\frac{5E}{h} = \frac{5}{14}f_1$입니다.

ㄴ. $f_2 = \frac{11}{14}f_1$입니다.

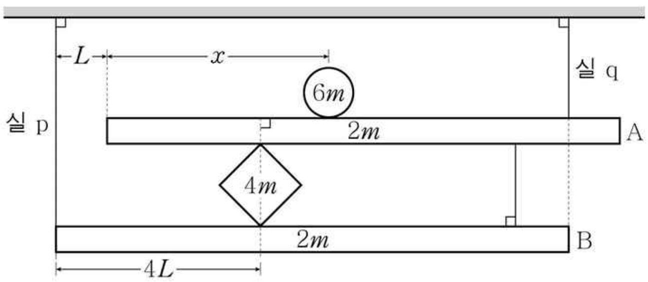
ㄷ. P에 진동수가 f_1인 단색광을 비추었을 때 방출되는 전자의 에너지는 $4E$이므로 $\frac{2}{7}hf_1$입니다.

comment

제시한 파장이 전자의 물질파 파장임을 생각해야 합니다. $\frac{hc}{\lambda}$에 적용하신 분들이 없길 바랍니다.

16. 돌림힘 평형

16. 그림과 같이 길이가 $10L$이고 질량이 $2m$인 막대 A, B가 실에 매달려 수평을 이루며 정지해 있다. A의 왼쪽 끝으로부터 x만큼 떨어진 지점에는 질량이 $6m$인 물체가 놓여 있고, B의 왼쪽 끝에서 $4L$만큼 떨어진 지점에 놓인 질량이 $4m$인 물체가 A를 떠받치고 있다. 실 p가 B를 당기는 힘의 크기는 실 q가 A를 당기는 힘의 크기와 같다.



x는? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.) [3점]

① $\frac{13}{3}L$ ② $\frac{14}{3}L$ ③ $5L$ ④ $\frac{16}{3}L$ ⑤ $6L$

답: 1번

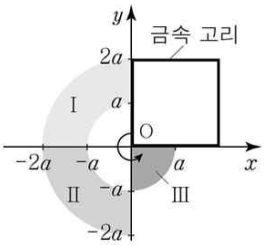
p와 q의 장력이 같으므로 아래의 물체들을 모두 하나의 계로 보고 p와 q의 중앙을 돌림힘 중심으로 설정하여 돌림힘 평형을 적용해 주면 $4mL = 2mL + 6m(x-4L)$이므로 $x = \frac{13}{3}L$입니다.

comment

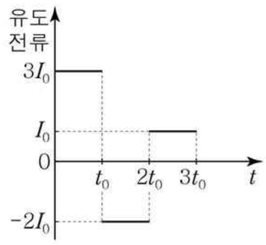
문제 자체는 물1 180320의 마이너한 형태입니다. 돌림힘 이전에, 역학의 기본은 계(system)을 잘 설정하는 것입니다. 괜히 뉴턴 제 1법칙이 계를 설정하는게 아닙니다. 이에 따라 풀이길이가 확확 차이납니다. 시야를 잘 만들어둡시다.

17. 전자기 유도

17. 그림 (가)는 xy평면에서 한 변의 길이가 $2a$인 정사각형 금속 고리가 원점 O를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도로 회전할 때 시간 $t=0$인 순간의 모습을 나타낸 것이다. 균일한 자기장 영역 Ⅰ~Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy평면에 수직이다. Ⅰ과 Ⅱ는 반지름이 $2a$인 사분원에서 반지름이 a인 사분원을 제외한 나머지 영역이고, Ⅲ은 반지름이 a인 사분원 영역이다. 그림 (나)는 $t=0$부터 $t=3t_0$까지 고리에 흐르는 유도 전류를 t에 따라 나타낸 것으로, 전류의 방향은 시계 방향이 양(+)이다.



(가)



(나)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 고리의 굵기는 무시한다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 같다.

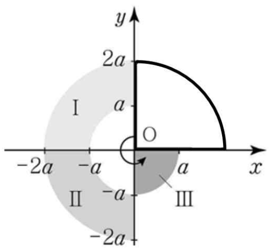
ㄴ. 자기장의 세기는 Ⅲ이 Ⅰ의 2배이다.

ㄷ. $t=3.5t_0$일 때, 유도 전류는 $-2I_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 5번

먼저, 정사각형 금속 고리를 돌리고는 있다지만 사실상 반지름 $2a$짜리 사분원 고리를 돌리는 것과 같은 상황입니다.



(가)

이렇게요. 하핳

이제 편안한 마음으로 문제를 풀어봅시다.

ㄱ. 먼저, 금속 고리가 자기장 I을 들어가면서 $3I_0$의 전류를 만들어 냈습니다. 이때, 금속 고리가 자기장 I을 빠져나가면 당연히 $-3I_0$의 전류를 유도해야 합니다. 그러나 실제로는 $-2I_0$의 유도전류가 흐르므로 자기장 II를 들어가면서 I_0를 유도한 것입니다. 자기장에 들어가면서 같은 방향의 전류를 유도하므로 I과 II에서 자기장의 방향은 같습니다.

ㄴ. 이후 II를 빠져나가면서 $-I_0$를 유도해야 하지만, 실제로는 I_0가 흐르므로 III을 들어가면서 $2I_0$의 유도전류를 만들어 냅니다. 이때 자기장 I, II, III의 면적비가 $3:3:1$이므로 자기장의 세기는 III이 I의 2배입니다.
ㄷ. 일종의 스킬인데, 금속고리가 한 바퀴를 돌았을 때 만들어내는 모든 유도전류의 합은 0이어야 합니다. 한 바퀴를 돌면 자속의 변화는 0이기 때문입니다. 즉, $t=3.5t_0$일 때는 $-2I_0$를 유도해야 합니다.

comment
보통 저는 저런 식으로 자속이 0에서 시작하는 회전의 경우에는 자속의 변화를 찾기보다는 만들어 내는 전류를 통해서 자기장의 비를 찾아내는 편입니다. 그리고 물리학2 커뮤니티에서는 간간이 회전하는 사각형 도선에 대한 이야기가 나오곤 했습니다. 출제가 불가능하다! 라는 의견이 강한데요, 풀이에 전혀 문제가 없는 형태로 회전하는 정사각형 도선이 출제가 되었네요ㅋㅋ

18. 일-에너지 정리

18. 그림과 같이 수평면과 경사면이 만나는 점 p에 정지해 있는 질량이 m인 물체에 경사면과 나란한 방향으로 크기가 mg인 힘을 경사면 위의 점 q까지만 작용하였다. 물체는 곡선구간을 지난 후 수평 방향으로 운동하며 마찰 구간 Ⅰ, Ⅱ, 점 r을 지난다. 물체의 운동 에너지는 q와 r에서 각각 mgd, $\frac{mgd}{16}$이다. Ⅰ과 Ⅱ의 길이는 p, q 사이 거리의 $\frac{1}{2}$배로 같고, p, q의 높이차는 d이다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 Ⅱ에서 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다.

Ⅰ과 Ⅱ에서 물체에 작용하는 마찰력의 크기를 각각 F_1, F_2라고 할 때, $\frac{F_1}{F_2}$은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간을 제외한 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

답: 1번

q에서 물체의 운동 에너지가 mgd, 중력 퍼텐셜 에너지도 mgd이므로 역학적 에너지의 변화량이 $2mgd$입니다. 이는 p에서 q까지 크기가 mg인 힘을 운동 방향으로 받았기 때문이니 p에서 q까지의 거리는 $2d$이므로 빗면의 각은 30°임을 알 수 있습니다.

마찰 구간 I의 앞에서의 속력을 v라고 하면, q에서의 속력도 v, r에서의 속력은 $\frac{v}{4}$라고 할 수 있습니다. 이때 p에서 q까지, 마찰 구간 II에서의 운동 시간 비가 $2:1$이고 마찰 구간의 길이는 d이므로 p에서 q까지, 마찰 구간 II에서의 평균 속력이 같아야 합니다. 이때 p에서 q까지의 평균 속력이 $\frac{v}{2}$이므로 마찰 구간 사이에서의 속력은 $\frac{3}{4}v$가 되어야 합니다.

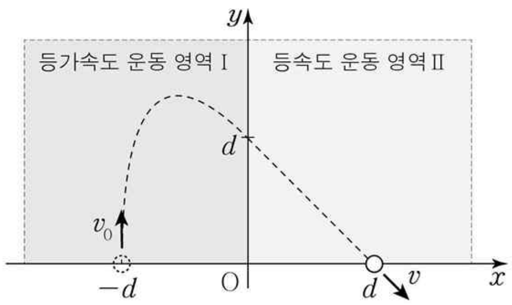
이제 $F_1 d \propto v^2 - \left(\frac{3}{4}v\right)^2$, $F_2 d \propto \left(\frac{3}{4}v\right)^2 - \left(\frac{1}{4}v\right)^2$이므로 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{7}{8}$입니다.

comment

물1 틱한 문제입니다. 일에너지 정리 파트는 기본적인 개념만 알면 쉽게 풀어낼 수 있습니다.
역학적 에너지, 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지의 변화량은 각각 비보존력, 알짜힘, 보존력이 한 일임을 생각하면 됩니다.

19. 평면에서의 등가속도 운동

19. 그림과 같이 x축상의 $x=-d$인 지점에서 $+y$방향으로 속력 v_0으로 발사된 물체가 y축상의 $y=d$인 지점을 지나 x축상의 $x=d$인 지점에 속력 v로 도달한다. 물체는 xy평면상의 영역 Ⅰ, Ⅱ에서 각각 등가속도 운동과 등속도 운동을 한다. 물체가 Ⅰ에서 운동하는 데 걸린 시간은 $2t_0$이고, Ⅰ에서 가속도의 x, y성분은 각각 a_x, a_y이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. a_y의 크기는 a_x의 크기의 3배이다.

ㄴ. $v=\frac{v_0}{\sqrt{2}}$이다.

ㄷ. 물체가 Ⅱ에서 운동하는 데 걸린 시간은 t_0이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답: 5번

사실상 방향이 다 제시되어 있으니 벡터를 그릴 것도 없습니다.

y축에서의 속도가 $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v, -\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)$이고 평균속도의 방향이 45°이므로 각 축의 평균 속력은 $\frac{\sqrt{2}}{4}v$로 같아야 하므로 $(0,-d)$에서의 속도는 $(0, \sqrt{2}v)$입니다.

ㄱ. $a_x=\frac{\sqrt{2}v}{2t_0}$, $a_y=-\frac{3\sqrt{2}v}{2t_0}$이므로 a_y의 크기는 a_x의 3배이다.

ㄴ. $\sqrt{2}v=v_0$이므로 $v=\frac{v_0}{\sqrt{2}}$이다.

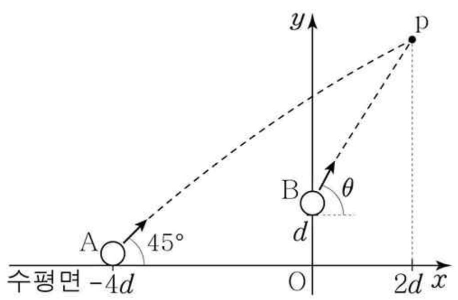
ㄷ. $\frac{\sqrt{2}}{4}v\times 2t_0=\frac{\sqrt{2}}{2}vt_0=d$이고 $\frac{\sqrt{2}d}{v}=t_0$이므로 II에서 운동 한 시간은 t_0이다.

comment

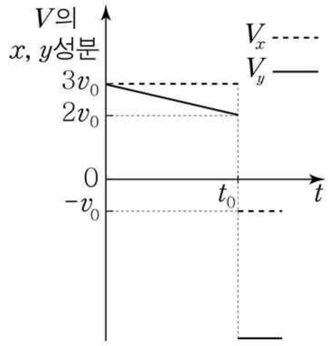
한 축에 대한 속력이 0인 데이터가 나오면 굳이 벡터를 그리지 않고도 평속 쓰는게 더 빠를 수 있으니 괜히 벡터 배우려 하지 않으셔도 됩니다.

20. 포물선 운동

20. 그림 (가)와 같이 x축상의 $x=-4d$에서 시간 $t=0$일 때 물체 A를 수평면과 45°의 각도로 던진 후, y축상의 $y=d$에서 시간차를 두고 물체 B를 수평면과 θ의 각을 이루며 던졌더니 A, B는 각각 포물선 운동을 하여 xy평면상의 점 p에서 만난다. p는 y축으로부터 $2d$만큼 떨어진 점이다. 그림 (나)는 A와 B의 속도의 차(A의 속도 − B의 속도)를 V라 할 때, V의 x, y성분 V_x, V_y를 각각 t에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

$\tan\theta$는? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

① $\frac{15}{8}$ ② $\frac{17}{8}$ ③ $\frac{19}{8}$ ④ $\frac{21}{8}$ ⑤ $\frac{23}{8}$

답: 1번

먼저 그래프를 통해서 a_x가 0이고, 두 물체가 같은 가속도로 움직임을 확인하셔야 합니다.

또한 $t=t_0$일 때, A와 B의 상대속도 x성분이 $-v_0$이므로 B의 x축 방향 속도는 $4v_0$입니다. 또한 각 x축 방향 변위가 A와 B가 각각 $6d$, $2d$이므로 운동 시간은 A와 B가 각각 $\frac{4}{3}t_0$, $\frac{t_0}{3}$입니다.

점 p의 y좌표를 구해봅시다. $3v_0\times\frac{4}{3}t_0=6d$이고 p에서 A의 y축 방향 속도는 $\frac{5}{3}v_0$이므로 y축 방향 평균 속도는 $\frac{7}{3}v_0$이므로 $\frac{7}{3}v_0\times\frac{4}{3}t_0=\frac{14}{3}d$입니다. 즉 B의 y축 방향 변위는 $\frac{11}{3}d$입니다.

$\tan\theta=x$라고 하면 B의 y축 방향 속도는 $4xv_0$입니다. p에서 B의 y축 방향 속력은 $4xv_0-\frac{v_0}{3}$이므로 평균 속도는 $4xv_0-\frac{1}{6}v_0$입니다. $\left(4x-\frac{1}{6}\right)v_0\times\frac{t_0}{3}=\frac{11}{3}d$이므로 $x=\frac{15}{8}$입니다.

comment

작년 수능 20번과 아주 유사합니다. 문제 풀이 방향성 자체는 두 물체의 운동 시간이 다르므로 운동 시간 비를 찾겠다는 생각으로 덤비면 금방 풀립니다. 물론 x축 방향 가속도가 0임을 찾았어야 했겠지만 말이죠..

마치면서

올해 나온 모의고사 중에서는 가장 어려웠지만, 수능은 아직 모르는 일입니다. 이보다 어렵게 나올 수도, 쉽게 나올 수도 있죠. 이번 10모는 점수를 보는 것이 아닌 자신이 알고 있는 유형에서 정해둔 방법으로 문제를 깔끔하게 풀어냈는지를 점검하는 시간이 되었으면 합니다. 점수 잘 받는 건 수능 한 번이면 충분하니까, 성적이 좋다고 너무 자만하지도 마시고, 안 좋다고 우울할 필요없이 수능 전 약점을 잘 정리하는 시간이 되었으면 합니다. 그리고 딱히 막 새롭다고 할 문항도 없습니다. 그러니 부족한 점이 있다고 생각하신다면 올해 포함 기출문제들을 스윽 보시면서(풀지는 마시고) '이거 유사한 점이 있었네.' '이렇게 풀었어야 했겠네.' 하며 정리해 봅시다. 날씨가 점점 추워지내요. 건강관리 잘 하시면서 수험생활 잘 마무리 하셨으면 합니다. 읽어주셔서 감사합니다. 수능까지 화이팅.

-물범SeaL 드림-