

시작에 앞서

안녕하세요. 반갑습니다. 저는 학생분들께 물리학 I, 물리학 II을 가르치고 있는 박용준이라고 합니다.

작년까지는 현장에서 대면 수업만 진행했었는데, 올해부터는 유튜브 강의와 칼럼 글도 꾸준히 게시해 보려고 합니다.

아무래도 학생들이 가장 어려워하는 파트가 역학 파트인 만큼 첫 칼럼으로 역학 파트 관련해서 쓸 계획입니다.

2024학년도 6월 9월 평가원 모의고사 및 수능은 모두 역학 파트에서 6문항(배점 약 16점)이 출제 되었습니다. 상당히 큰 비중을 차지하는 만큼 꼼꼼한 학습을 요하는 단원입니다.

2주 정도 전부터 칼럼을 올릴 계획이었는데 책 제작 마무리 과정에서 오류가 발견해서 수정하느라고 이제야 글을 올리네요. 본 글은 물리학 I 개념을 끝낸 학생들을 대상으로 작성하였습니다.

많은 도움 되셨으면 좋겠습니다.

칼럼에 대한 질문은 1) 댓글, 2) DM (@physics_museum), 3) 카카오톡 오픈채팅방 (박용준의 물리학 관통)으로 질문해주시면 감사하겠습니다.

목차

Theme1. 등가속도 운동

chapter 1. 속력과 가속도

chapter 2. 등가속도 공식

chapter 3. 비율관계

chapter 4. 상대 속도

chapter 5. A는B의 t초 뒤 모습

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

chapter 1. ???

chapter 2. ???

chapter 3. ???

chapter 4. ???

chapter 5. ???

Theme3. 운동량 충격량

chapter 1. ???

chapter 2. ???

chapter 3. ???

chapter 4. ???

Theme4. 역학적 에너지 보존

chapter 1. ???

chapter 2. ???

chapter 3. ???

chapter 4. ???

chapter 5. ???

Theme1. 등가속도 운동

Chapter1. 속력과 가속도

1.1 도입

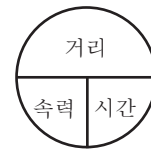
수업을 하다 보면 많은 학생들이 거속시 도표를 활용해서 문제를 풀곤 합니다. 초등학교 때 원리도 모르는 상태로 외운 것을 가지고 기계식으로 문제 풀이에 적용하고 있는 것입니다.

거리=속력*시간

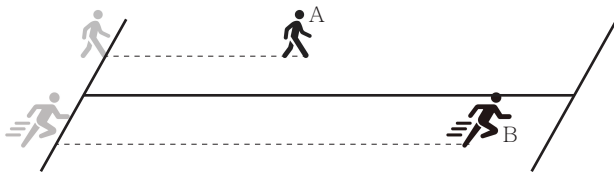
속력=거리/시간

시간=속력/거리

그런데 단순히 도표를 외워서 대입하여 문제를 푸는 것보다는 그 의미를 이해해 보면 좋겠습니다.



1.2 속력이란?



위 그림은 A와 B가 동시에 출발선을 지나서 운동 중인 모습을 나타낸 것입니다. 이 그림에서 A와 B 중 누구의 속력이 더 큰가요? 물리학을 공부하지 않은 분들도 B라고 대답하셨을 겁니다. 어떻게 B가 A보다 빠르다는 것을 알 수 있을까요?

사람이 지각할 수 있는 건 오직 **시간**과 **공간**뿐입니다. 시간의 흐름 속에서 공간을 관측하는 것이죠.

속력은 시간과 공간이라는 두 물리량으로부터 파생되는 개념입니다. 그래서 속력을 알기 위해서는 시간에 대한 정보와 공간에 대한 정보를 모두 알고 있어야 합니다.

속력은 1초당 이동한 거리로 정의할 수 있고, 만약 속력이 2m/s라면 $2m/s = \frac{2m}{1s}$ 즉, 1초당 2m만큼 이동함을 의미합니다.

Ex.1 6초 동안 36m를 등속운동하는 사람은 1초당 6m씩 이동할 수 있으므로 속력이 6m/s입니다.

Ex.2 8m/s의 속력으로 5초 동안 운동하는 자동차가 움직인 거리는?

속력이 8m/s라는 것은 초당 8m씩 움직인다는 의미이므로 5초동안 $8*5=40m$ 를 움직입니다.

(참고로 $\frac{8m}{1s} \times 5s = 40m$ 왼쪽 식처럼 계산 시에 단위가 약분이 가능하므로 속력과 시간을 곱하면 거리가 나옴을 알 수 있습니다.)

물론 거속시 도표를 암기해서 문제를 푸는 것도 큰 지장은 없지만 의미를 한 번 더 곱씹어 보고 본격적으로 시작하면 좋을 것 같아 속력의 의미에 대해 소개해 봤습니다.

※참고: m/s는 meter per sec라고 읽습니다. 여기서 A per B는 B 당 A를 의미합니다.

1 _ Two sheets of paper per person: 한 사람당 종이 두 장

2 _ 2 meter per sec: 1초당 2m

Theme1. 등가속도 운동

1.3 가속도

가속도란 단위시간(1초, 1시간 등)에 대한 속도의 변화율입니다.

$$\text{가속도}(a) = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{시간}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [\text{단위} : \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2]$$

표현이 유지하지만 직관적으로 상황을 판단할 때 많은 도움이 된다.
 (★가속도 a로 1번 광 때려줄 때마다 속도가 a씩 증가한다.)

가속도가 +2m/s²라면 $\frac{+2\text{m/s}}{1\text{s}}$ 라고 표현할 수 있습니다. 1초당 속도를 +2m/s씩 **광광 때려준다**(더해진다)고 생각하면 됩니다.

1

정지 2m/s 4m/s 6m/s

0초 1초 2초 3초

가속도 = +2m/s²
 =1초마다 속력을 2m/s씩 광광 때려준다. (운동을 도와주는 방향으로)

2

6m/s 4m/s 2m/s 정지


0초 1초 2초 3초

가속도 = -2m/s²
 =1초마다 속력을 2m/s씩 광광 때려준다. (운동을 방해하는 방향으로)

그림은 0초일 때 20m/s의 속력으로 공을 연직 위쪽 방향으로 던진 것이다.

문제1. 공을 던진 후 몇 초 뒤에 공의 속력이 0이 되는가?
 문제2. 공을 던진 후 5초 뒤 공의 속도를 구하시오.

(단, 중력 가속도는 10m/s² 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



[문제1. solution]
 중력 가속도가 10m/s² 이므로 연직 아래 방향으로 1초마다 속도를 10m/s 광광 쳐주면 된다.
 처음 속도가 위쪽 방향으로 20m/s이므로 연직 아래 방향으로 2번(2초) 광광 쳐주면 속력이 0이 된다.
 따라서 문제1의 답은 2초이다.

[문제2. solution]
 공을 던진 후 5초동안 연직 아래 방향으로, a=10m/s²로 5번을 때려주면 아래 방향으로 속도가 30이 되므로
 답은 -30m/s가 된다.

공식을 써서 풀어도 되지만 직관적으로 해결이 가능하면 굳이 공식을 사용하지 않아도 된다.

Theme1. 등가속도 운동

Chapter1. 속력과 가속도 <연습 문제>

[2014학년도 학평]

1.그림은 정지해 있던 자동차가 출발하여 등가속도 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 출발 후 2초, 4초일 때 자동차의 속력은 각각 4 m/s, 8 m/s이다.



자동차의 운동에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

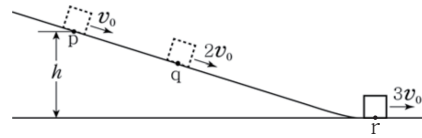
< 보 기 >

- ㄱ. 2~4초까지의 이동 거리는 0~2초까지의 2배이다.
- ㄴ. 3초일 때의 속력은 6 m/s이다.
- ㄷ. 가속도의 크기는 2 m/s²이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[2016학년도 학평 변형]

2.그림은 빗면에 가만히 놓은 물체가 등가속도 운동을 하여 빗면 위의 점 p, q를 각각 v_0 , $2v_0$ 의 속력으로 지난 후 수평면에 도달하였을 때 속력이 $3v_0$ 이 된 모습을 나타낸 것이다.



물체가 p에서 q까지 이동하는데 걸린 시간을 t_1 , q에서 r까지 이동하는데 걸린 시간을 t_2 라고 할 때 $\frac{t_2}{t_1} = ?$

[solution] ㄴ 과 ㄷ만 풀어보자

ㄴ. 자동차는 등가속도 운동을 하고 있으며 0초에서 2초까지(2번 광광 쳐줄 때) 속력이 +4만큼 늘어났다. 그럼 1초동안(1번 광 쳐줄 때) 속력이 +2씩 늘어난다는 것이므로 가속도는 2m/s²이다.

ㄷ. 가속도가 2m/s²이므로 3초일 때 속력은 2초일 때 속력에서 가속도의 크기인 2만큼으로 한 번 더 광 쳐주면 된다. 2초에서 속력은 4m/s이므로 3초일 때 속력은 6m/s가 된다.

따라서 ㄴ과ㄷ은 참.

[solution]

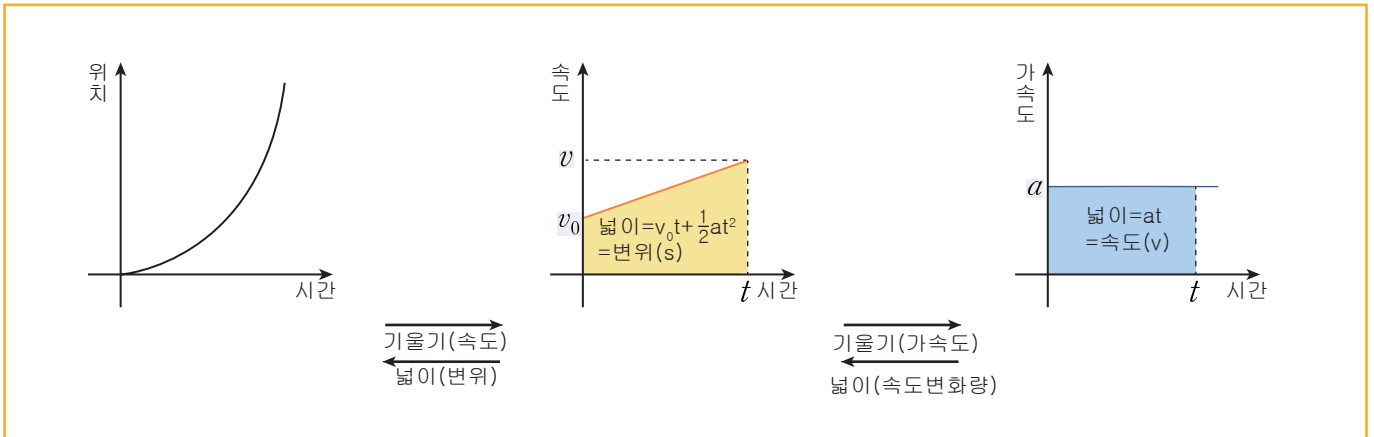
동일 빗면에서 마찰이 없다면 물체의 질량과 관계 없이 가속도가 일정하다. 가속도가 a라고 한다면 p~q구간에서는 a로 t_1 번 때려줬더니 속력이 v_0 만큼 증가했고, q~r구간에서는 a로 t_2 번 때렸더니 속력이 동일하게 v_0 만큼 증가했으므로 t_1 과 t_2 는 동일한 값을 갖는다.

답: 1

Theme1. 등가속도 운동

Chapter2. 등가속도 공식

Chapter2에서는 세 가지 등가속도 공식을 유도하는 과정을 통해, 어느 상황에서 어떤 공식을 써야 효율적인지 학습해 보겠습니다.



2.1 등가속도 직선 운동의 관계식

① $v = v_0 + at$

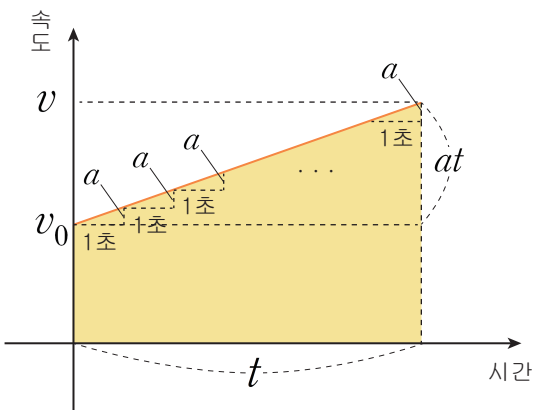
1번 공식 유도과정

1) 가속도의 정의

$$a = \frac{v - v_0}{t} \text{ 양변에 } t \text{ 를 곱해주면 } at = v - v_0 \text{ 식을 정리하면 } v = v_0 + at$$

2) 직관적

1.3에서 ★가속도 a로 1번 팡 때려줄 때마다 속도가 a씩 증가한다. 라는 것을 학습했습니다. 처음 속도가 v_0 인 물체에 a라는 가속도로 t초(t번 때려준다면) 동안 운동하면 나중 속도가 된다.



$$v = v_0 + at$$

나중 속도는 처음 속도에서 로 번 더해준다.

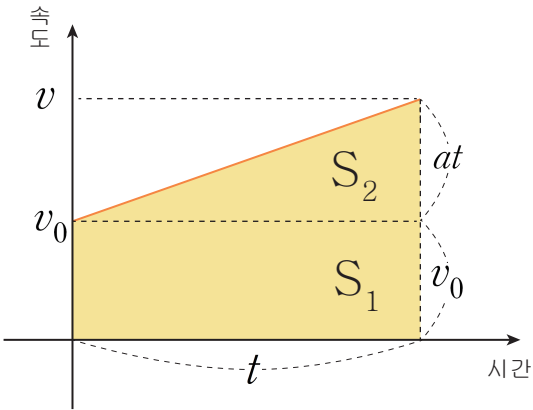
Theme1. 등가속도 운동

② $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

1번 공식 유도과정

1) v-t 그래프의 넓이

②번 공식은 이동거리에 대한 공식입니다. v-t 그래프에서 (속도가 +일 때) 밑넓이를 구하면 이동거리와 같으므로 v-t 그래프를 삼각형과 사각형으로 나눠 넓이를 구해봅시다.



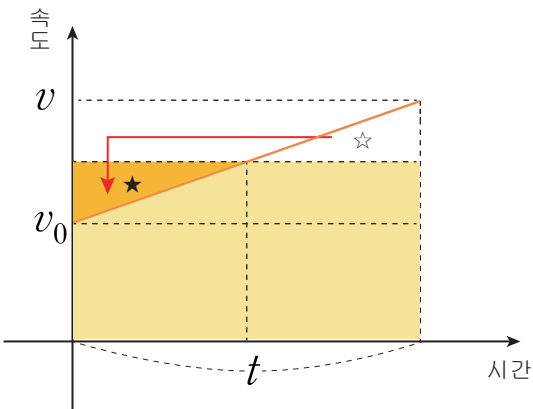
$$S_2 = \frac{1}{2}at^2$$

$$S_1 = v_0t$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

②번 공식은 위 과정을 통해 구할 수 있습니다.

하지만 ②번 공식은 식이 너무 복잡하다는 단점이 있습니다.



간단하게 식이 나오도록 다른 방법으로 넓이를 구해봅시다.
 등가속도 운동은 v-t 그래프에서 일차함수이므로 일차함수의 특징을 이용하면 삼각형☆와 ★의 넓이가 같은 것을 알 수 있습니다.
 따라서 ☆를 잘라 ★에 붙여준다면 직사각형의 넓이를 통해 물체의 이동거리를 구할 수 있습니다.
 이때 사각형의 높이는 나중속력과 처음속력을 더하고 2로 나눠주시면 됩니다.

$$S = \frac{v + v_0}{2} \times t$$

평균 속도

두 방법 모두 넓이를 구한다는 점에서는 동일하므로 ②번 공식 대신 아래 방법을 활용해도 좋습니다.
 앞으로 이 공식은 [②번 대체 공식]이라고 부르겠습니다. 보통 [②번 대체 공식]을 쓰는 것 보다 효율적인 경우가 많습니다.
 물론 기존 [②번 공식]도 알고 있어야 합니다. $v_0 = 0$ 같은 특수한 상황에서는 식이 간단해지므로 [②번 공식]이 효율적으로 쓰이는 경우도 있기 때문이죠. 앞으로 칼럼에 나오는 문제의 대부분은 [②번 대체 공식]을 사용해서 푸는 것을 보여드릴 예정입니다.

별다른 언급이 없으면 [②번 공식]은 항상 [②번 대체 공식]이라고 생각해 주시기 바랍니다.

Theme1. 등가속도 운동

$$\textcircled{3} \quad 2as = v^2 - v_0^2$$

3번 공식 유도과정

②번 공식의 t 에 ①번 공식을 변형한 $t = \frac{v-v_0}{a}$ 를 대입하면 ③번 공식이 나옵니다.

종종 내신 시험에 출제되기도 하므로 내신을 준비하는 학생들은 유도 과정도 기억해 두는 것을 추천드립니다.

이제 본격적인 질문입니다. 어떤 문제를 만났을 때 우리는 어떤 공식을 써야 할까요?

우선 ①번 공식은 **가속도의 정의**이자 **직관적** 해결이 가능하므로 웬만하면 암산을 합시다.

관건은 이동거리를 구할 때입니다.

[②번 대체 공식] or [③번 공식]은 모두 이동거리를 구할 수 있지만 식에서 가장 큰 차이는 t 의 유무입니다.

모든 상황에서 사용하라고 단언하기에는 조심스럽지만,
문제에 **시간에 대한 정보가 주어지면** [②번 대체 공식]을
시간에 대한 정보가 주어지지 않으면 [③번 공식]을 사용하면 됩니다.

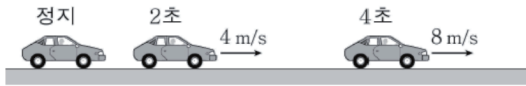
기출 문제를 풀어보면서 확인해 봅시다.

Theme1. 등가속도 운동

Chapter2. 등가속도 운동 <연습 문제>

[2014학년도 학평]

1. 그림은 정지해 있던 자동차가 출발하여 등가속도 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 출발 후 2초, 4초일 때 자동차의 속력은 각각 4 m/s, 8 m/s이다.



자동차의 운동에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- <보기>
- ㄱ. 2~4초까지의 이동 거리는 0~2초까지의 2배이다.
 - ㄴ. 3초일 때의 속력은 6 m/s이다.
 - ㄷ. 가속도의 크기는 2 m/s²이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution] ㄴ과 ㄷ은 Chapter1에서 풀었으므로 ㄱ만 풀어보겠습니다.

ㄱ. 특정 시간 동안 움직인 거리의 비를 찾는 문제입니다.

거리를 구하는 공식인 [2]번 대체 공식]과 [3]번 공식]으로 문제를 풀어보겠습니다.

[2]번 대체 공식]

0~2초	2~4초
평균: (0+4)/2	평균: (4+8)/2
걸린시간: 2초	걸린시간: 2초
이동거리 2*2=4m	이동거리 6*2=12m

2배가 아니라 3배이므로 ㄱ은 거짓.

[3]번 공식]

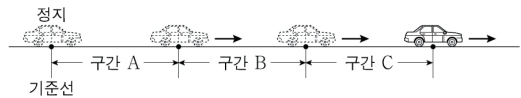
0~2초	2~4초
2(2)(S ₁)=4 ² -0	2(2)(S ₂)=8 ² -4 ²
S ₁ =4	S ₂ =12

두 가지 방법 모두 풀이가 가능하지만 실제로 풀어보시면 [2]번 대체 공식]으로 풀 때 더 쉽게 풀리는 것을 확인하실 수 있을겁니다.

그래서 보통 문제에 시간에 대한 정보가 제시되어 있으면 [2]번 대체 공식]을 사용하는게 효율적인 경우가 많습니다.

[2019학년도 수능]

2. 그림과 같이 기준선에 정지해 있던 자동차가 출발하여 직선 경로를 따라 운동한다. 자동차는 구간 A에서 등가속도, 구간 B에서 등속도, 구간 C에서 등가속도 운동한다. A, B, C의 길이는 모두 같고, 자동차가 구간을 지나는 데 걸린 시간은 A에서가 C에서의 4배이다.



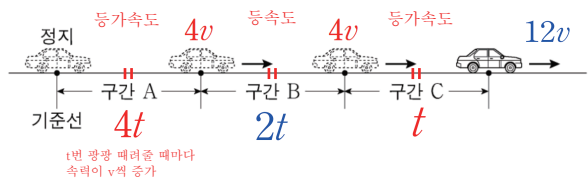
자동차의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.) [3점]

- <보기>
- ㄱ. 평균 속력은 B에서가 A에서의 2배이다.
 - ㄴ. 구간을 지나는 데 걸린 시간은 B에서가 C에서의 2배이다.
 - ㄷ. 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 8배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution]

문제에 나와있는 정보를 옮겨적고 구간 A 끝에서 속력을 4v라고 설정. 구간 B에서는 등속도로 운동하므로 B가 끝날 때 속력도 4v t번 광평 때려줄 때마다 속력이 v씩 증가



이 문제도 시간에 대한 정보가 나와있으므로 2]번 대체 공식]으로 풀어봅시다.

구간 A의 길이는 평균과 시간을 곱해서 8vt 입을 확인.

그럼 구간 B에서도 길이가 8vt가 나와야 하므로 8vt=4v*2t에 의해 시간은 2t가 걸림.

C 구간에서는 8vt=C평균*t 이므로 구간 C에서 평균은 8v 따라서 C 끝점에서 속력은 12v

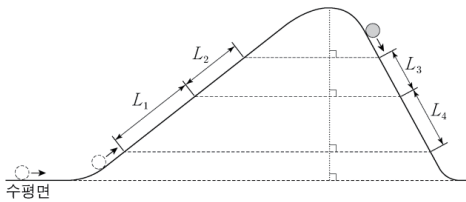
- ㄱ. 각각 2v와 4v로 참.
- ㄴ. 각각 2t와 t로 참.
- ㄷ. 가속도의 정의는 '시간 t 당 속력이 얼마나 변화했는가'입니다. 구간 A에서는 시간 t 당 v씩 구간 C에서는 시간 t 당 8v씩 증가하므로 가속도는 8배 참.

Theme1. 등가속도 운동

Chapter2. 등가속도 운동 <연습 문제>

[2020학년도 모평]

3. 그림과 같이 수평면에서 운동하던 물체가 왼쪽 빗면을 따라 올라간 후 곡선 구간을 지나 오른쪽 빗면을 따라 내려온다. 물체가 왼쪽 빗면에서 거리 L_1 과 L_2 를 지나는 데 걸린 시간은 각각 t_0 으로 같고, 오른쪽 빗면에서 거리 L_3 을 지나는 데 걸린 시간은 $\frac{t_0}{2}$ 이다.

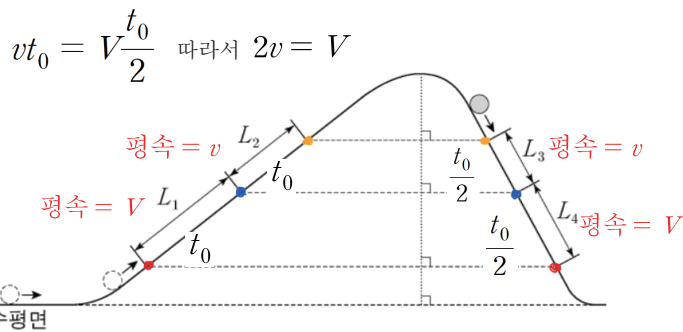


$L_2 = L_4$ 일 때, $\frac{L_1}{L_3}$ 은? (단, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

[solution]

이 문제도 조건과 구하는 값이 거리에 대한 값인데, 시간에 대한 정보를 알려주고 있으므로 ②번 대체 공식으로 풀어봅시다. 높이가 같은 지점에서는 속력이 동일하므로 (by 역학적 에너지 보존) L_1 과 L_4 의 평균 속력은 동일하고, L_2 와 L_3 의 평균 속력도 동일합니다. 문제 조건에서 $L_2=L_4$ 이므로



$$vt_0 = V\frac{t_0}{2} \text{ 따라서 } 2v = V$$

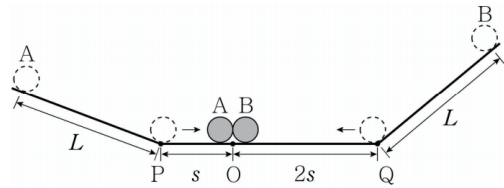
$$\frac{L_1}{L_3} = \frac{Vt_0}{\frac{1}{2}vt_0} = 4$$

+추가 해설
색깔이 같은 지점끼리는 속력이 동일합니다.

L_1 구간과 L_4 구간의 평균속은 $\frac{v+V}{2} = V$ 로 동일하고
 L_2 구간과 L_3 구간의 평균속은 $\frac{v+V}{2} = v$ 로 동일합니다.

[2014학년도 학평]

4. 그림과 같이 왼쪽 빗면에 A를 가만히 놓고 잠시 후 오른쪽 빗면에 B를 가만히 놓았더니, A, B는 점 P, Q를 동시에 통과하여 수평면의 점 O에서 만났다. A, B는 빗면에서 각각 시간 t_A , t_B 동안 등가속도 운동하여 거리 L 을 이동하였고, 수평면에서 등속 직선 운동하여 각각 s , $2s$ 를 이동하였다.



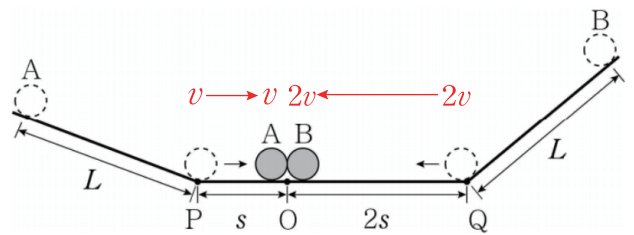
이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

- < 보기 >
- ㄱ. 충돌 직전의 속력은 B가 A의 2배이다.
 - ㄴ. 빗면에서 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.
 - ㄷ. $t_A : t_B = 2 : 1$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution]

A와 B가 각각 P점과 Q점을 동시에 지나서 충돌했다. 동일한 시간 동안 이동거리가 B가 A의 두배이므로 수평면에서 속력은 B가 A의 두 배이다. ㄱ참



이 문제는 여기에서 풀이를 두 가지 방향으로 끌고 나갈 수 있습니다.

sol.1 [②번 대체 공식]

빗면에서 A의 평균속이 B의 평균속보다 2배 느린데 이동거리는 같으므로 시간의 비가 2:1이라는것을 알 수 있습니다.

A와 B의 빗면 운동에서 걸린 시간을 각각 $2t$ 와 t 로 두고 가속도는 정의를 이용하면 A는 $2t$ 동안 v 증가 B는 t 동안 $2v$ 증가 했으므로 가속도의 비는 1:4

따라서 ㄴ 거짓, ㄷ참.

sol.2 [③번 공식]

$$2a_A L = v^2 - 0$$

$$2a_B L = (2v)^2 - 0$$

우변이 1:4이므로 가속도의 비도 1:4

$$a = \frac{v}{t_A}, \quad 4a = \frac{2v}{t_B} \text{ 이므로 시간의 비는 } 2:1$$

따라서 ㄴ거짓, ㄷ참.

새로운
움직임
물리학

물리학I 개념서 (400제)



박용준의
물리학
관통

물리학I 기출 (600제)

