

문과도 물리할 수 있어! 4편. by 엘컴이

1. 서론

글을 쓰기에 앞서, 이번 콘텐츠는 물리를 접해보지 못한 문과분들, 혹은 생지선 택자분들을 위한 글이니 배움의 깊이가 물리 선택자들보단 깊진 않습니다. 이 점은 많은 분들께 양해 부탁드립니다. 또한, 이해를 돕기 위해 약간의 왜곡이 들어가 있을 수 있습니다.

2. 간단한 사담

여러분에게 우주는 무엇인가요? 달이 지구 주위를 돌고, 지구가 태양 주위를 돌고, 태양이 우리은하의 바깥쪽에서 돌고있는 이 현상은 어떠한 의미가 있을까요. '사실 아무 의미 없습니다. 신이 그렇게 만들었다!도 아니고요, 당장 다음날 태양의 수명이 다하더라도 그냥 원자들이 새롭게 자기 자리를 찾는 것 뿐입니다. 바로 수학적으로 계산된 방법에 의해서 말이죠. 정말 우주는 아무 의미없이 그저 계산된대로 흘러가고 존재합니다.'라고 과학자들은 대답할 것입니다.

이렇게 보면 진짜 참 이과는 정도 없고 로봇처럼 보실 수 있습니다. 감정이 메마른건가 싶으실텐데요. 이런 이과들한테도 감성적인 순간이 있습니다. 그 순간이 궁금하지 않으신가요?

<https://youtu.be/XiWXPxYFJ98>

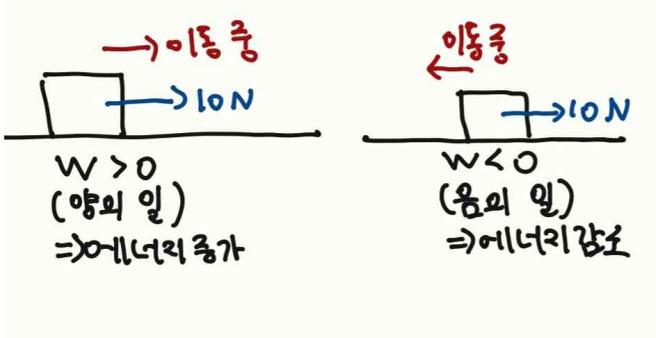
위 링크를 통해 그 순간을 확인하실 수 있습니다. 이 내용은 알쓸신잡 시즌 3에서 김상욱 교수님께서 하신 내용입니다. 이제 내용으로 들어가겠습니다.

자, 드디어 수능 물리학에서 20번에 고정되어 나오는 킬러단원에 들어섰습니다. 오늘 배울 역학적 에너지 보존 파트는 꽤 어려운 내용이지만 물리에선 어려운 내용일수록 재밌는 단원이니까요 열심히 보셨으면 좋겠습니다. 그리고, 앞으로는 수능에 대한 이야기는 줄이고 맨 마지막 파트에 새로운 내용을 써냈습니다. 관심이 가실만한 내용일테니 끝까지 봐주시길 바랍니다! 이 글을 쓰면 쓸수록 더 알려드리고 싶은 욕심이 과하다보니, 글이 딱딱해지고 이해하기 어려워진 것 같습니다. 죄송합니다. 또 문과분들 만약 보고 계시면 댓글로 막 난리쳐주세요 ㅎㅎ..

3. 일

주위에서 일을 한다고 하면 어떤 생각이 드시나요? 컴퓨터 앞에 앉아 키보드를

두드린다거나, 혹은 계약을 성사시키기 위해 이곳저곳 뛰어다닌다거나 등등의 행위를 떠올리실 겁니다. 하지만 물리학에서의 일은 의미가 조금 다릅니다. 물리학에서는 물체에 힘을 가해 이동하였을 때 가한 힘이 물체에 W 만큼 일을 하였다고 표시합니다. 수식으로 나타내면 $W=F \times s$ 가 됩니다(이젠 아시겠지만 F 는 알짜힘, s 는 물체가 이동한 거리를 나타냅니다.)



위 그림처럼 여기서 만약 물체의 이동방향과 힘의 방향이 같으면 일은 +부호를, 서로 반대 방향이라면 일은 -부호를 가지게 됩니다. 어 부호를 가지니까 일은 벡터량이네요? 라고 생각하실 수 있습니다. 하지만 일은 스칼라량입니다. 여기서 나오는 부호는 방향이 아닌 에너지의 출입을 이해합니다. 이 이야기는 나중에 자세히 할 이야기니까, 그냥 지금은 아! 그렇구나! 정도로 받아들여주세요.

4. 에너지와 보존력

이야기를 시작하기 전에 단위에 대해 설명하고 넘어가겠습니다. 모든 에너지의 단위는 J로 표시하며 ‘줄’이라 읽으며 일도 마찬가지로 표시하고 읽습니다. 여기서 줄은 영국의 물리학자인 James Prescott Joule에서 따왔습니다. 이분은 열과 일에 대한 실험을 하여 플로지스톤설을 반박하신 분입니다. 그 업적을 기념하고자 에너지와 일의 단위를 줄로 나타내기 시작하였습니다.

이 단원에서 배우는 에너지는 크게 운동에너지와 퍼텐셜에너지로 두가지가 있습니다. 그리고 이 두 에너지를 합친 것을 역학적 에너지라 부릅니다. 네, 여러분들이 중학교때 들어보셨을법한 역학적 에너지 보존 법칙의 그 에너지가 맞습니다. 만약 운동에너지가 3만큼 줄어들었다면 퍼텐셜 에너지가 3만큼 증가하여 역학적 에너지는 그대로 유지된다는게 역학적 에너지 보존 법칙입니다. 근데 퍼텐셜 에너지는 처음 들어보신다고요? 아마 위치에너지라 하면 다들 아! 들어본 적 있어! 하실 겁니다. 여러분들이 들어본 위치에너지를 고등학교 와서는 중력 퍼텐셜 에너지로 이야기합니다.

우리는 이제 보존력과 비보존력에 대해 배우게 됩니다. 중력과 탄성력 등의 힘을 우린 보존력이라 부릅니다. 보존력이란, 작용 전후에 역학적에너지가 보존되는 힘이라 생각하시면 좋을 것 같습니다. 예를 들어 공중에 떠있는 물체에는 무슨 힘이

작용할까요? 네! 그렇습니다. 중력이 작용합니다. 따라서 공은 점점 더 빠른 속도로 아래로 떨어지게 되겠죠. 이때 운동에너지는 증가하지만, 퍼텐셜에너지는 감소하면서 역학적에너지는 보존됩니다.(이해가 안가신다면 그냥 읽고 넘어가셔도 좋습니다. 운동에너지와 퍼텐셜에너지는 다음 파트에 설명드릴 예정이니깐요!) 이렇게 역학적에너지가 보존되는 힘을 보존력이라 부릅니다.

당연히, 보존력의 실제 정의는 약간 다릅니다. 어떤 힘이 한 일이 경로에 무관한 경우, 그 힘을 보존력이다. 라고 정의합니다만 아직은 이해하기 어려운 문장이니 넘어가보겠습니다.

그럼 역학적에너지를 보존시키지 않는 힘을 뭐라 부를까요? 네! 비보존력이라 부릅니다. 이 힘에는 실이 잡아당기는 힘인 장력과 물체가 표면과 부딪히면서 생기는 힘인 마찰력이 있습니다.

5. 운동 에너지

물체가 운동을 할 때 가지는 에너지를 우리는 운동에너지라 부릅니다. 운동에너지란 물체에 질량에 물체가 가지는 속도의 제곱을 곱한 값을 절반으로 나눈 값이며, 수식으로는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 이라고 표시합니다. ‘운동의’라는 뜻의 kinetic과 energy를 합친 것입니다. 즉, 운동하는 물체의 에너지라고 표현할 수 있겠죠. 만약, 60kg인 철수가 2m/s의 속도로 걷고있다고 해봅시다. 이때 철수가 가지는 운동에너지는 $\frac{1}{2} \times 60 \times 2^2 = 120J$ 이 되는 것입니다.

6. 퍼텐셜 에너지

(1) 중력 퍼텐셜 에너지

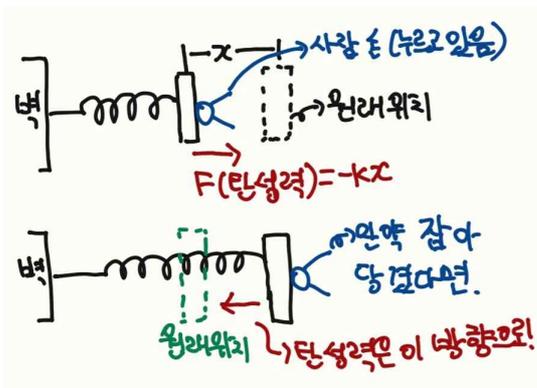
퍼텐셜 에너지(potential energy)는 말 그대로 잠재적인 에너지를 뜻합니다. 즉, 미래에 기대되는 에너지라 이야기할 수 있습니다. 퍼텐셜이란 편의를 위해 만들어낸 개념일 뿐 존재하지 않는다. 라고 주장하시는 분들도 몇몇 계십니다. 하지만 아로노프-봄 효과로 퍼텐셜 자체가 실재한다고 관측된 현상이 있습니다. 이 현상으로 인해 퍼텐셜 자체가 물리적으로 실재한다는 것이 밝혀졌습니다. 실험 내용은 고등학교에서 배우지도 않을 뿐더러 어려우니까 건너뛰도록 하겠습니다 ㅎㅎ.

여기서 중력 퍼텐셜 에너지는 질량이 m 인 물체가 지표면으로부터 높이 h 에서 가지는 에너지를 뜻하며 $E_p = mgh$ 로 표현합니다. 만약 5m의 높이에서 정지해있는 3kg의 사과를 생각해봅시다. 이 사과가 가지는 중력 퍼텐셜 에너지는 15g가 될겁니다. 만약 이 사과가 공중에서 떨어져서 3m의 높이에 위치해있다면 이때 중력 퍼텐셜 에너지는 어떻게 되나요? 네, 9g가 될겁니다. 근데 역학적 에너지는 보존된다고 했죠? 따라서 손실된 6g는 운동에너지로 전환될겁니다. 이게 역학적 에너지

의 기본 틀입니다.

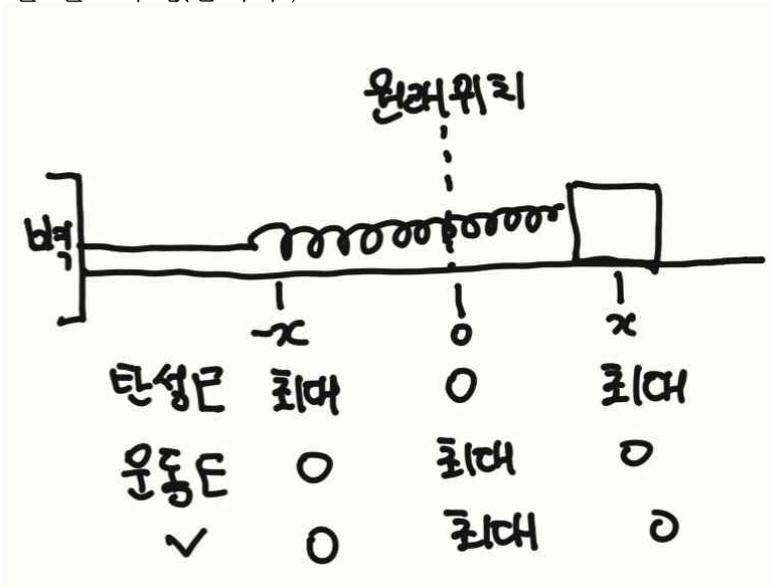
(2)탄성 퍼텐셜 에너지

탄성력은 다들 들어보셨을 겁니다. 보통은 용수철을 예시로 들죠? 탄성력이란 외부에 힘에 변형된 물체가 다시 원래의 형태로 되돌아가려는 성질을 의미합니다. 용수철을 꼭 눌렀다가 놓으면 용수철이 원래 길이로 되돌아가려고 튀어나오죠? 꼭 눌러질 때 용수철은 변형된 길이 x 에 비례하고 변형된 방향과 반대의 방향을 지니는 탄성력을($F=-kx$) 가졌다고 이야기합니다. k 는 용수철이 원래 가지고 있는 용수철 상수로 탄성률이라 생각하시면 좋을 것 같습니다. 그래도 이해 안가시는 분들은 '적분상수와 비슷한 느낌이다'라고 생각하시면 될 것 같습니다. 그냥 고유한 값입니다. 밑에 그림을 보시면 이해가 가실 것이며, 이를 후크 법칙(훅의 법칙)이라고 부릅니다. 참고로 용수철만 가지는 것이 아닌 모든 물건은 탄성을 가지고 있습니다. 단지, 외부 힘이 탄성의 한계를 넘기면 부러지는 것이죠.



이때 용수철이 가지는 에너지를 탄성 퍼텐셜 에너지라고 부릅니다. 즉, 원래 위치로 되돌아가기 위해 필요한 에너지라는 뜻입니다. 이 에너지는 변형된 위치의 제곱에 비례하며 수식으론 $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ 으로 나타냅니다. 원래 위치로 되돌아가면 당연히 이 에너지는 0이 되겠죠? 퍼텐셜 에너지가 손실이 되면 뭐가 증가해야 하나요? 냅! 맞습니다. 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 운동에너지가 손실된 만큼 증가하여야 합니다. 따라서 원래 위치에서 운동에너지는 최대가 될 것입니다. 더 가면 갈수록 더 손실될테니까 끝까지 줄어들거나 늘어났을 때 최대가 되지 않을까? 라고 생각하신 분들은 탄성력에 대하여 다시 한번 읽어봐주세요! 변형된 정도에 따라 생기는 힘이니 원래 위치를 지나치는 순간 변형되면서 다시 탄성 퍼텐셜 에너지가 생기게 되는 것입니다. 이해가 안가시는 분들은 밑 그림을 한번 봐주시길 바랍니다. 아! 당연히 원래 위치에서 최대 x 만큼 늘어난 용수철이 있다면 원래 위치에서 최대 x 만큼 줄어들어야 합니다. 역학적 에너지는 보존 법칙에 의해 그보다 덜 줄어들면 에너지가 남게 되고, 더 줄어들면 갑자기 없던 에너지가 생겨난

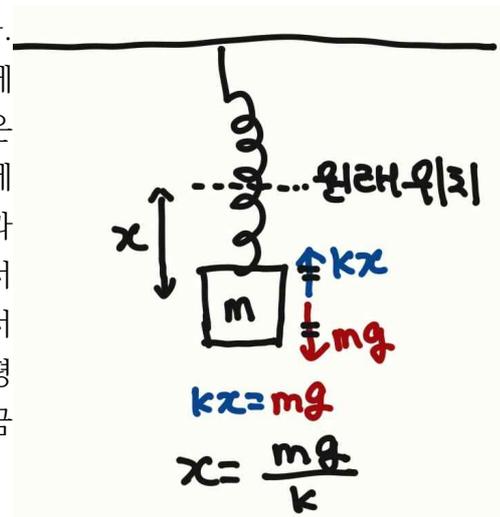
것일테니까요!(최대로 줄어들거나 늘어나면 속도는 0이 되므로 운동에너지는 고려할 필요가 없습니다.)



만약, 3kg의 공이 용수철 상수가 300인 용수철에 위 그림처럼 매달려있는 상황을 가정해봅시다. 모든 마찰과 용수철의 질량은 무시합니다. 이때 여러분이 공을 2m만큼 잡아당겼다가 놓았다고 해봅시다. 이때 가지는 탄성 퍼텐셜 에너지는 $E_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times 2^2 = 600\text{J}$ 이 됩니다. 그러면 공이 원래위치를 지날 때 공의 운동에너지는 600J이 되겠죠? 손실된 탄성 퍼텐셜 에너지가 운동에너지로 전환되었으니까요. 이를 운동에너지 공식에 대입하면 이때 공이 가지는 속도는 20m/s가 될 것입니다. 이후 공은 계속 움직여 용수철은 2m만큼 줄어들 겁니다. 이때 운동에너지는 당연히 0이 되며, 탄성 퍼텐셜 에너지는 2m만큼 잡아당겼을 때와 똑같은 것입니다. 이해 가셨나요? 이때 원래 위치를 보통 평형점이라 부릅니다. 용수철에 연결된 물체에 작용하는 알짜힘이 0인 지점이에요.

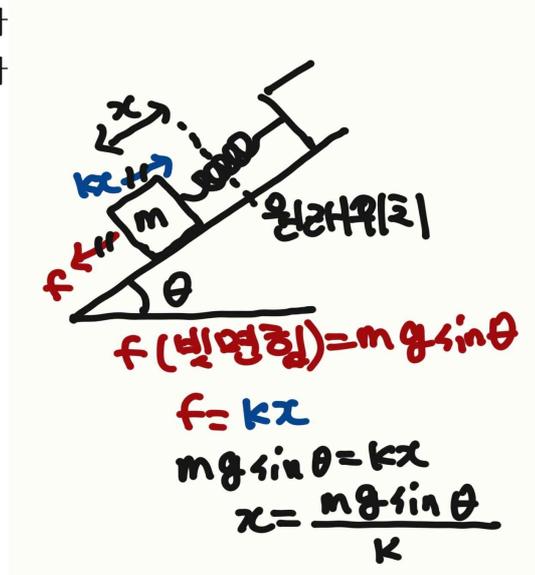
7. 평형점

이제 두가지 경우에서 평형점을 찾아봅시다. 우선 용수철이 천장에 매달린 상태에서 물체를 연결한 경우입니다. 오른쪽 그림과 같은 상황이라 생각하시면 될 것 같습니다. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이어야 하니, 탄성력과 중력이 서로 평형을 이루어야 합니다. 따라서 $kx = mg$ 로 식을 세울 수 있는 것이죠. 여기서 주의하셔야 할 점은 탄성 퍼텐셜 에너지는 평형점에서 0이 아니라는 점입니다. 이미 지금



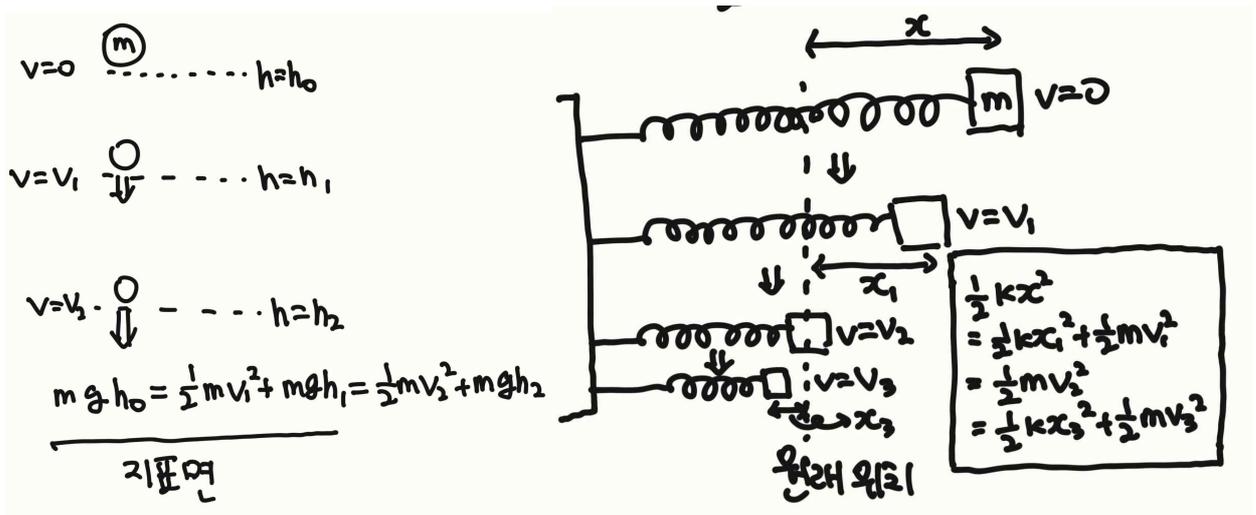
용수철이 변형된 상태니 그만큼 에너지를 가지고 있는 것이죠. 물론, 평형점을 기준으로 늘어난 길이와 줄어든 길이는 대칭을 이룰 것입니다. 위 상황처럼요!

그 다음은 빗면 상황에서 평형점을 찾아 봅시다. 평형점을 찾는 과정은 위와 동일하니 오른쪽 사진으로만 설명하겠습니다.



8. 역학적 에너지 보존

이 파트는 위에서 설명한 내용을 그냥 수식으로 설명드리는 내용입니다. 가볍게 읽고 넘어가시면 될 것 같습니다.



제가 위 내용을 수식으로 쓰면 읽기엔 머리아프실테니 그림을 보면서 이해하시면 좋을 것 같습니다. 두 사진 모두 그냥 퍼텐셜 에너지에다가 운동에너지를 합친 값끼리 서로 같다는 것을 쪽 나열한 것입니다. 만약 초기 높이가 10m인 3kg의 공이 떨어진다고 생각해봅시다.(중력가속도도 10m/s²으로 가정해봅시다.) 그럼 처음 가진 역학적에너지는 오직 퍼텐셜 에너지만입니다. 따라서 중력 퍼텐셜 에너지 공식에 대입하면 총 300J이 됩니다. 이 공이 나중에 높이가 5m일 때 속도를 구하고 싶으면 위 식에 그대로 대입해보면 됩니다. 실제로 대입하면 속도는 10m/s가 나

웁니다. 이를 다시 위 식으로 $3 \times 10 \times 10 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^2 + 3 \times 10 \times 5 = 300\text{J}$ 로 에너지가 보존되었음을 확인하실 수 있습니다.

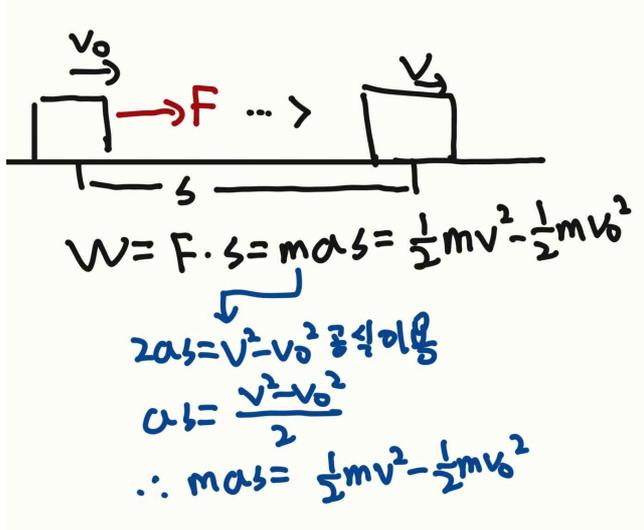
9. 일-에너지 정리

자, 이제 거의 마무리를 향해 가고있습니다. 마지막은 에너지의 의미를 살펴보겠습니다. 정확히 운동에너지란 움직이는 물체가 정지상태에서 해당속도까지 가속하는데 필요한 일의 양을 의미합니다. 즉, 일과 에너지는 서로 밀접한 관계가 있습니다. 결국 물체에 어떤 일을 할 경우, 그로 인해 에너지를 얻거나 잃는다는 의미입니다. 맨 처음 말한 일의 부호가 여기서 나옵니다. 일이 양수값을 가진다는 것은 물체의 에너지를 증가시킨다는 뜻입니다. 반대의 경우 물체의 에너지를 감소시키는 일이겠죠.

우린 여기서 일-운동 에너지 정리에 대해 먼저 배워봅시다.

(1) 일-운동 에너지 정리

일-운동 에너지 정리란 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같다는 뜻입니다. 수식으로 표현하면 $W = F \times s = mas = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ 으로 표현합니다. 사진으로 설명을 보충하겠습니다.



여기서 s 는 이동한 거리, v_0 는 초기속도를 의미합니다.

4m/s로 운동중이던 5kg의 공을 떠올려봅시다. 우린 이 공을 10N의 힘으로 s 만큼 운동할동안 밀었더니 속도가 5m/s가 되었습니다. 이때 운동한 거리 s 는 어떻게 될까요? 알짜힘은 우리가 준 힘인 10N이므로 이를 수식에 대입하면

$$W = 10 \times s = \frac{1}{2} \times 5 \times 5^2 - \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = \frac{45}{2} \text{가 됩니다. 따라서 } s \text{는 } \frac{9}{4} \text{m가 되겠네요.}$$

반대로 나중속도를 구할 수도 있습니다.

(2)보존력, 비보존력이 한 일

위에서 일-에너지 정리에 대해 설명하였으므로 이 파트에서는 수식만 설명하고 넘어가겠습니다. 보존력이 한 일은 퍼텐셜에너지 변화량의 -를 붙인 값입니다. 비보존력이 한 일은 역학적에너지의 변화량입니다. 후자는 당연한 이야기입니다. 비보존력은 위에서 역학적에너지는 변화시키는 힘이라고 하였으니까요!

만약 여러분들이 가만히 있던 위 공을 실로 묶어 20N의 힘으로 5m만큼 잡아당겼다면 이 공의 역학적에너지 변화량은 $W_{\text{비}} = 20 \times 5 = 100\text{J}$ 이 되는 것입니다. 따라서 나중속도는 $2\sqrt{10}\text{m/s}$ 가 되겠네요. 표로 정리하면 밑과 같습니다.

합력이 한 일 (알짜힘)	$W_{\text{합력}} = \Delta E_k$
보존력이 한 일(중력, 탄성력)	$W_{\text{보존력}} = -\Delta E_p$
비보존력이 한 일(장력, 마찰력)	$W_{\text{비보존력}} = \Delta E_{\text{역}}$

10. 총 에너지 보존 법칙

하지만 현실에서는 공을 떨어트리면 몇 번 튀어오르다가 땅에서 다시 정지합니다. 용수철의 경우 진동을 하다가 어느순간 멈춥니다. 이는 역학적 에너지가 보존되지 않은 현상입니다. 왜 그런걸까요? 사실은 총 에너지는 보존되었습니다. 위 현상에서는 땅에 부딪히거나, 땅에 쓸리면서 마찰과 같은 이유로 열에너지 등으로 역학적 에너지가 전환됩니다. 결국 역학적 에너지는 보존되지 않지만, 총 에너지는 보존되는 경우입니다. 하지만 우리는 지금 마찰을 무시하는 수준으로 배우니 마찰력을 따로 주지 않는 한 신경쓰지 않으셔도 좋습니다.

11. 재밌는 물리 이야기

진시황하고 파라오가 싸우면 과연 누가 이길까요? 서로 시대, 나라, 문화 등등 모든 것이 다른 두 사람을 무작정 싸움을 붙일 순 없습니다. 하지만 과연 진시황하고 파라오가 싸우면 누가 이길지, 누구의 권력이 더 셜지 한번쯤은 궁금하셨을 내용입니다. 놀랍게도 이 이야기는 오늘 배운 역학적 에너지 보존 법칙으로 구할 수 있습니다. 누가 이길지 궁금하시지 않으신가요? 그렇다면 아래 링크를 통해 확인하시길 바랍니다.

<https://youtu.be/4SvfxGqBWjM>

이 이야기는 알쓸신잡 시즌 2에서 유현준 교수님께서 진행하셨던 내용입니다. 당

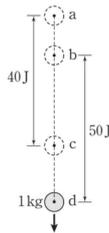
연히 오류가 있는 이야기고 다들 웃자고 한 이야기니 재밌게 봐주시면 좋을 것 같습니다. 마지막으론 관련 문제를 풀고 이야기를 끝내겠습니다.

12. 문제 풀이 및 해설

오늘 배운 내용은 최근 수능 물리학 I에서 킬러문제로 고정되어 나오는 단원입니다. 실제로 많은 물리러분들은 이 단원에서 계속 벽에 가로막히기도 하고 몇 달 동안 계속 기출과 n제/실모를 풀면서 감을 찾아가는 단원입니다. 이 짧은 글을 보고 여러분들이 바로 맞추시기엔 힘드실것이라 생각하여 난이도가 비교적 쉬운 3문제와 중간 2문제, 어려움 정도의 2문제를 가져왔습니다. 당연히 쉬운 문제도 처음 배우시면 시간이 꽤 걸릴 수 있습니다. 그러니 너무 좌절하지 마시고, 그런 경우에는 옆에 해설을 보면서 그냥 아, 이렇게 써먹는거구나 라고 이해하시면 좋을 것 같습니다. 저랑 4문제 같이 풀고, 3문제는 스스로 풀어보면 좋을 것 같습니다.

1번 문제(답을 ⑤번에서 ②번으로 바꿔주세요. 잘못 표기하였습니다.)

7. 그림은 a점에서 가만히 놓은 질량 1kg인 물체가 낙하하는 모습을 나타낸 것이다. 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 차는 a점과 c점 사이에서는 40J이고, b점과 d점 사이에서는 50J이다. c에서의 속력은 b에서의 2배이다.

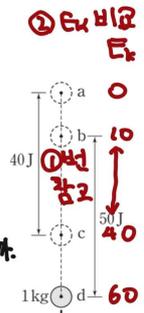


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- <보기>
- ㄱ. a와 b 사이의 거리는 1.5m이다.
 - ㄴ. c와 d 사이에서 중력이 물체에 한 일은 18J이다.
 - ㄷ. d에서 물체의 속력은 $2\sqrt{30}\text{m/s}$ 이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

7. 그림은 a점에서 가만히 놓은 질량 1kg인 물체가 낙하하는 모습을 나타낸 것이다. 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 차는 a점과 c점 사이에서는 40J이고, b점과 d점 사이에서는 50J이다. c에서의 속력은 b에서의 2배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.) [3점]



- <보기>
- ㄱ. a와 b 사이의 거리는 1.5m이다. $\rightarrow mgh \text{ 차이} \Rightarrow h=1\text{m}$
 - ㄴ. c와 d 사이에서 중력이 물체에 한 일은 18J이다.
 - ㄷ. d에서 물체의 속력은 $2\sqrt{30}\text{m/s}$ 이다. $\Delta Ek = |\Delta Ep|$

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

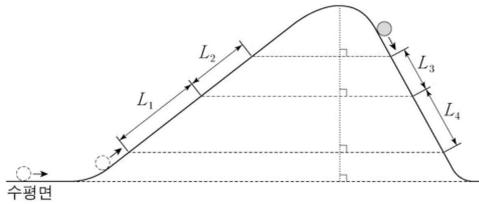
⑤ $\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot v^2 = 60$
 $v^2 = 120$
 $v = \sqrt{120} = 2\sqrt{30}$

2

(2번 문제부터는 뒷장에 있습니다.)

2번 문제(답:④번)

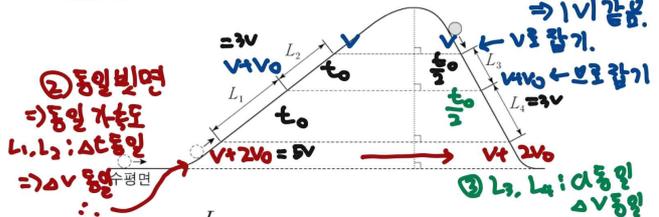
19. 그림과 같이 수평면에서 운동하던 물체가 왼쪽 빗면을 따라 올라간 후 곡선 구간을 지나 오른쪽 빗면을 따라 내려온다. 물체가 왼쪽 빗면에서 거리 L_1 와 L_2 를 지나는 데 걸린 시간은 각각 t_0 으로 같고, 오른쪽 빗면에서 거리 L_3 을 지나는 데 걸린 시간은 $\frac{t_0}{2}$ 이다.



$L_2 = L_4$ 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

19. 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

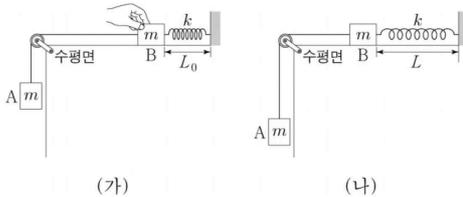
⑥ 평균 속도 · 시간 = 거리 이용
 $\frac{2v+4v}{2} \cdot t_0 = \frac{2v+3v}{2} \cdot \frac{t_0}{2}$
 $2(2v+4v) = 2v+3v$
 $2v = v_0$

⑦ $L_1 : L_3$
 $(3v+2v) \cdot t_0 = (v+2v) \cdot t$
 $5 : 4 = \frac{1}{2} \Rightarrow 2$
 $4 : 1$
 $\therefore \frac{L_1}{L_3} = 4$

⑧ L_3 도 t_0 로 걸림.

3번 문제(답: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.

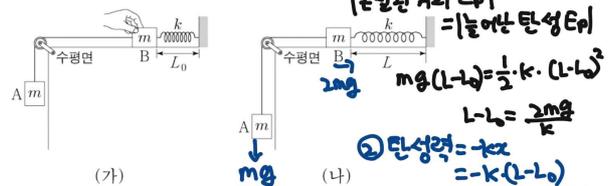


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실과 용수철의 질량 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- <보기>
- 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

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]

<보기>

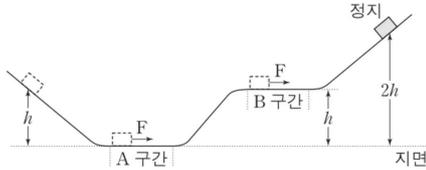
㉠ $L - L_0 = \frac{2mg}{k}$ 이다.
 ㉡ 용수철의 길이가 L 일 때, A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
 ㉢ B의 최대 속력은 $\sqrt{\frac{m}{k}}g$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ 역E보존 이용
 $mg(L-L_0) = \frac{1}{2}(2m) \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot (\frac{L-L_0}{2})^2$
 $x = \frac{2mg}{k} = \frac{L-L_0}{2}$ 일때 v 최대.
 $E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$
 * 확인 사항
 ○ 답안지의 해당란에 필요한 내용을 정확히 기입(표기)했는지 확인 하시오.
 $\Rightarrow 4 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 2m \cdot v^2) = m \cdot g \cdot (L-L_0)$
 $2 \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \frac{2mg}{k} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{m}{2k}}g$

4번 문제

20. 그림과 같이 물체가 높이 h 인 곳에서 가만히 출발하여 마찰이 없는 면을 따라 높이 $2h$ 인 곳에 도달한다. 물체는 수평면 구간 A와 B를 지나는 도중에 각각 운동 방향으로 크기가 같은 힘 F 를 같은 시간 동안 받는다. 높이 $2h$ 인 곳에 도달하였을 때 물체의 속력은 0이다.

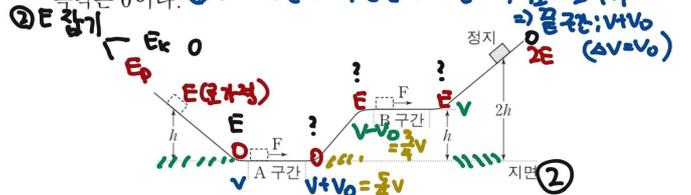


A에서 F 가 물체에 한 일을 W_A , B에서 F 가 물체에 한 일을 W_B 라 할 때, $\frac{W_B}{W_A}$ 는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{7}{9}$ ③ $\frac{8}{9}$ ④ 1 ⑤ $\frac{10}{9}$

※ 보통 에너지를 mgh 보다 $\frac{1}{2}mv^2$ 로 잡는게 보기 좋다.

20. 그림과 같이 물체가 높이 h 인 곳에서 가만히 출발하여 마찰이 없는 면을 따라 높이 $2h$ 인 곳에 도달한다. 물체는 수평면 구간 A와 B를 지나는 도중에 각각 운동 방향으로 크기가 같은 힘 F 를 같은 시간 동안 받는다. 높이 $2h$ 인 곳에 도달하였을 때 물체의 속력은 0이다. ③ $F \cdot \Delta t$ 동일 ΔP 동일 : A 구간 시작 속도 v_0 로 두기



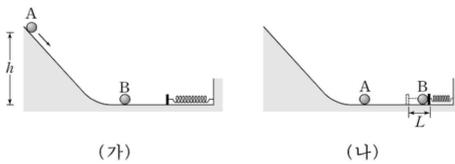
A에서 F 가 물체에 한 일을 W_A , B에서 F 가 물체에 한 일을 W_B 라 할 때, $\frac{W_B}{W_A}$ 는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{7}{9}$ ③ $\frac{8}{9}$ ④ 1 ⑤ $\frac{10}{9}$

④ //에서 h만큼 내려오면 v_0 생성 ($mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$)
 ⇒ //에서는 h만큼 올라가면 v_0 가 사라짐 ($\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$)
 * 확인 사항 B 구간 끝 속도 = v_0 임.
 ○ 답안지의 해당란에 필요한 내용을 정확히 기입(표기)했는지 확인 하시오. (역대 보문)
 ⇒ ΔP 동일이므로 B 구간 시작 속도 = v_0 임. ($\Delta v = v_0$)
 ⑤ //도 마찬가지로 h만큼 올라감. 역대 보문에 의해 $\Delta E_k = -\Delta E_p$ 임. $\therefore \frac{1}{2}m \cdot (v-v_0)^2 - \frac{1}{2}m \cdot (v+v_0)^2 = -mgh$
 $\frac{1}{2}m \cdot (v^2 - v_0^2) - \frac{1}{2}m \cdot (v^2 + v_0^2) = -mgh$
 $-\frac{1}{2}m \cdot 2v_0^2 = -mgh$
 $v_0 = \sqrt{gh}$
 $\Delta(v)$ 만 계산
 $\therefore \frac{W_B}{W_A} = \frac{v^2 - v_0^2}{2v^2 - v_0^2} = \frac{\frac{1}{6}v^2}{\frac{9}{7}v^2 - \frac{1}{6}v^2} = \frac{7}{9}$

5번 문제(답은 맨 마지막 장에 있습니다.)

7. 그림 (가)는 마찰이 없는 빗면 위의 수평면으로부터 높이 h 인 곳에서 가만히 놓은 질량 m 인 물체 A가 마찰이 없는 수평면 위에 정지해 있는 질량 m 인 물체 B를 향해 미끄러져 내려가는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A가 B와 충돌한 직후 A는 정지하고, B는 수평면을 따라 운동하다가 용수철을 L 만큼 최대 압축시킨 것을 나타낸 것이다.



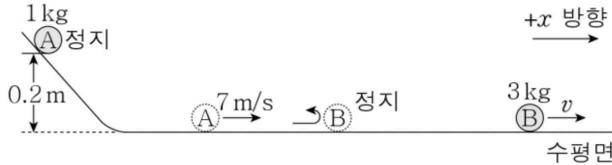
이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, g 는 중력가속도이고, A, B의 크기와 용수철의 질량 및 공기 저항은 무시하며, A와 B의 충돌은 첫 번째 충돌만 고려한다.) [3점]

- <보 기>
- ㄱ. B와 충돌 직전 A의 속력은 $\sqrt{2gh}$ 이다.
 ㄴ. A와 충돌 직후 B의 운동에너지는 $\frac{mgh}{2}$ 이다.
 ㄷ. 용수철이 L 만큼 압축되는 순간 탄성력에 의한 위치에너지는 mgh 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

6번문제(답은 맨 마지막 장에 있습니다.)

11. 그림과 같이 수평면에서 $+x$ 방향의 속력 7 m/s 로 운동하던 물체 A가 정지해 있던 물체 B와 충돌한 후 $-x$ 방향으로 운동하여 높이가 0.2 m 인 최고점까지 올라갔다. A, B의 질량은 각각 1 kg , 3 kg 이고, 충돌 후 B의 속력은 v 이다.

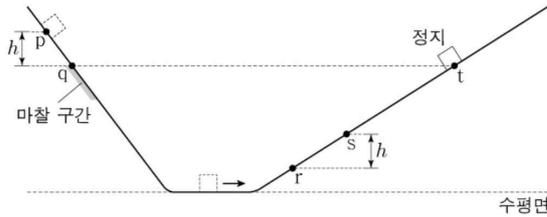


v 는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1 m/s ② 1.5 m/s ③ 2 m/s ④ 2.5 m/s ⑤ 3 m/s

7번 문제(답은 맨 마지막 장에 있습니다.)

20. 그림은 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체가 점 q, r, s를 지나 빗면의 점 t에서 속력이 0인 순간을 나타낸 것이다. 물체는 p와 q 사이에서 가속도의 크기 $3a$ 로 등가속도 운동을, 빗면의 마찰 구간에서 등속도 운동을, r와 t 사이에서 가속도의 크기 $2a$ 로 등가속도 운동을 한다. 물체가 마찰 구간을 지나는 데 걸린 시간과 r에서 s까지 지나는 데 걸린 시간은 같다. p와 q 사이, s와 r 사이의 높이차는 h 로 같고, t는 마찰 구간의 최고점 q와 높이가 같다.

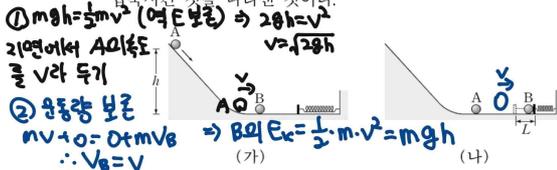


t와 s 사이의 높이차는? (단, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{16}{9}h$ ② $2h$ ③ $\frac{20}{9}h$ ④ $\frac{7}{3}h$ ⑤ $\frac{8}{3}h$

5번-7번 해설

7. 그림 (가)는 마찰이 없는 빗면 위의 수평면으로부터 높이 h 인 곳에서 가만히 놓은 질량 m 인 물체 A가 마찰이 없는 수평면 위에 정지해 있는 질량 m 인 물체 B를 향해 미끄러져 내려가는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A가 B와 충돌한 직후 A는 정지하고, B는 수평면을 따라 운동하다가 용수철을 L 만큼 최대한 압축시킨 것을 나타낸 것이다.



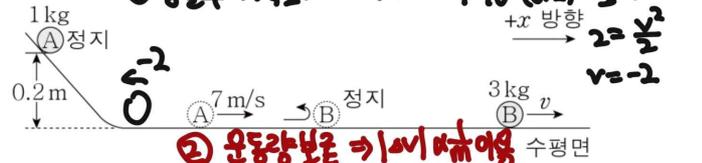
① $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ (역E보존) $\Rightarrow 2gh = v^2$
 수평면에서 A의 속도를 v 라 두기
 ② 운동량 보존
 $mv + 0 = 0 + mV_B \Rightarrow B$ 의 $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = mgh$
 $\therefore V_B = v$

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, g 는 중력가속도이고, A, B의 크기와 용수철의 질량 및 공기 저항은 무시하며, A와 B의 충돌은 첫 번째 충돌만 고려한다.) [3점]

- <보기> ④
- ㉠ B와 충돌 직전 A의 속력은 $\sqrt{2gh}$ 이다.
 - ㉡ A와 충돌 직후 B의 운동에너지는 $\frac{mgh}{2}$ 이다.
 - ㉢ 용수철이 L 만큼 압축되는 순간 탄성력에 의한 위치에너지는 mgh 이다. ① 역E보존

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢
 압축전 역E = mgh
 \therefore 압축후 역E = mgh

11. 그림과 같이 수평면에서 $+x$ 방향의 속력 7 m/s 로 운동하던 물체 A가 정지해 있던 물체 B와 충돌한 후 $-x$ 방향으로 운동하여 높이가 0.2 m 인 최고점까지 올라갔다. A, B의 질량은 각각 1 kg , 3 kg 이고, 충돌 후 B의 속력은 v 이다. ① 역E보존



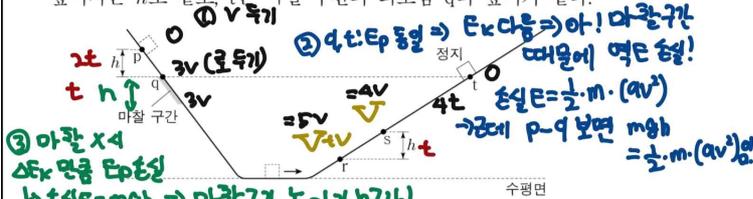
② 운동량보존 \Rightarrow 키시비례성
 v 는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) ⑤

- ① 1 m/s ② 1.5 m/s ③ 2 m/s ④ 2.5 m/s ⑤ 3 m/s

32

A B
 m 1 : 3
 $|v|$ 3 : 1
 $|v_A| = 9 \therefore |v_B| = v = 3$

20. 그림은 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체가 점 q, r, s를 지나 빗면의 점 t에서 속력이 0인 순간을 나타낸 것이다. 물체는 p와 q 사이에서 가속도의 크기 $3a$ 로 등가속도 운동을, 빗면의 마찰 구간에서 등속도 운동을, r과 t 사이에서 가속도의 크기 $2a$ 로 등가속도 운동을 한다. 물체가 마찰 구간을 지나는 데 걸린 시간과 r에서 s까지 지나는 데 걸린 시간은 같다. p와 q 사이, s와 r 사이의 높이차는 h 로 같고, t는 마찰 구간의 최고점 q와 높이가 같다.



t와 s 사이의 높이차는? (단, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{16}{9}h$ ② $2h$ ③ $\frac{20}{9}h$ ④ $\frac{7}{3}h$ ⑤ $\frac{8}{3}h$
 ③ 마찰구간 시간: t 로 같기 ⑤ $3a = \frac{3v}{2t} \Rightarrow 2a = \frac{2v}{2t} = \frac{v}{t}$
 $\Delta x = \Delta x_{\text{평}}$
 \Rightarrow s 동일, a 동일
 \Rightarrow (평균 속도) \times 시간 = 변위 이용
 $\Rightarrow t_{p \rightarrow q} = 2t$

⑥ 역E보존 (r \rightarrow s)
 $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v+v)^2 = -mgh$
 $= -\frac{1}{2} \cdot m \cdot (av)^2$
 $(v+v)^2 - v^2 = av^2$
 $v = 4v$

* 확인 사항

○ 답안지의 해당란에 필요한 내용을 정확히 기입(표기)했는지 확인하시오. ⑦ r \rightarrow s, s \rightarrow t: 동일비례 \Rightarrow 동일가속도

(평균 v) \cdot 시간 이용: r \rightarrow s $\frac{v}{2} \cdot t \Rightarrow h$ 이동
 $\hookrightarrow t = \frac{2h}{v}$
 \Rightarrow (평균 v)의 4배
 $\therefore \frac{4h}{h} = 4$

32