

WEBVTT

00:00:10.446 --> 00:00:11.328

반갑습니다.

00:00:11.428 --> 00:00:13.867

물리학1 기초개념학습 남북우입니다.

00:00:13.967 --> 00:00:19.700

오늘은 여섯 번째 강의 역학적 에너지와 보존에 대해서 진행을 하도록 할게요.

00:00:19.800 --> 00:00:23.939

오늘 내용은 많은 친구가 좀 어려워합니다.

00:00:24.039 --> 00:00:28.055

나는 어렵지 않은데 친구들이 많이 어려워하더라고요.

00:00:28.155 --> 00:00:32.320

그래서 여러분은 오늘 수업을 통해서 정확하게 개념을 이해하고

00:00:32.420 --> 00:00:38.298

그 개념이 적용되어있는 공식들을 바탕으로 문제에 적용하는 훈련까지

00:00:38.398 --> 00:00:40.103

진행을 했으면 좋겠습니다.

00:00:40.203 --> 00:00:46.138

그래서 많은 친구가 어려워하는 이 역학적 에너지와 관련되어있는 내용을

00:00:46.238 --> 00:00:50.123

완벽하게 여러분 것으로 소화해서 나 물리 좀 하는 친구야.

00:00:50.223 --> 00:00:54.749

이렇게 당당하게 어디 가서 떠들 수 있는 여러분이 됐으면 좋겠어요.

00:00:54.849 --> 00:00:59.215

오늘 강의를 통해서 여러분이 반드시 익혀야 될 핵심 용어들입니다.

00:00:59.315 --> 00:01:04.677

일, 운동에너지, 중력 퍼텐셜 에너지, 탄성력 퍼텐셜 에너지.

00:01:04.777 --> 00:01:09.181

역학적 에너지, 역학적 에너지 보존 법칙.

00:01:09.281 --> 00:01:13.780

사실 이 내용은 여러분이 중학교 때 한 번쯤은 다 들어봤어요.

00:01:13.880 --> 00:01:18.421

그런데 중학교 때 정확히 개념을 이해하지 못한 친구들이 많더라고요.

00:01:18.521 --> 00:01:25.596
그래서 오늘 고등학생인 여러분은 조금 더 정확하게 개념을 파악하고

00:01:25.696 --> 00:01:30.442
그 개념을 바탕으로 만들어진 공식을 좀 적당히 외우고

00:01:30.542 --> 00:01:36.701
그 외워진 공식들을 어떻게 우리 실제 상황에 적용할 수 있는냐에 대한 훈련

00:01:36.801 --> 00:01:39.854
열심히 해나가보도록 하겠습니다.

00:01:39.954 --> 00:01:43.829
그렇다면 오늘 강의에서 가장 중요한 개념.

00:01:43.929 --> 00:01:50.515
반드시 여러분이 기억하고 있어야 되는 개념은 바로 뭐냐,

00:01:50.615 --> 00:02:00.006
일은 일과 에너지가 같다는 겁니다.

00:02:00.106 --> 00:02:02.636
일은 곧 에너지다.

00:02:02.736 --> 00:02:05.413
그런데 정확하게 표현하면 어떻게 되냐면,

00:02:05.513 --> 00:02:11.633
일은 에너지 변화량과 같다.

00:02:11.733 --> 00:02:15.397
우리가 일을 표현하는 기호는 뭐냐, work.

00:02:15.497 --> 00:02:17.968
그래서 W라고 표현을 하고요.

00:02:18.068 --> 00:02:25.776
에너지는 E라고 표현하고 변화량 표현하는 기호는 뭐였어?

00:02:25.876 --> 00:02:27.509
Δ였습니다.

00:02:27.609 --> 00:02:30.399
그래서 일은 에너지 변화량이다.

00:02:30.499 --> 00:02:33.398
그런데 생각해보면 이걸 너무 당연한 거야.

00:02:33.498 --> 00:02:38.792

우리가 일상생활에서
땅을 파는 일을 해요.

00:02:38.892 --> 00:02:42.049
그러면 어때요? 기운이 빠져나가요.

00:02:42.149 --> 00:02:45.925
여기서 기운이 빠져나갔다는
건 뭘 의미하는 거야?

00:02:46.025 --> 00:02:48.707
나의 에너지가 변했다는 겁니다.

00:02:48.807 --> 00:02:51.319
나의 에너지가 줄어들었다는 거죠.

00:02:51.419 --> 00:02:58.627
결과적으로 내가 땅을 파는 데
얼마의 일을 했을까를 알아내려면

00:02:58.727 --> 00:03:01.245
뭘 알아내면 된다는 거야?

00:03:01.345 --> 00:03:07.896
나의 에너지가 얼마만큼 변했느냐,
줄어들었느냐를 따지면

00:03:07.996 --> 00:03:11.710
일을 얼마큼 했느냐를
알 수 있다고요.

00:03:11.810 --> 00:03:18.401
그래서 우리가 정확히 일에 대한 개념과
에너지에 대한 개념을 익힌다면

00:03:18.501 --> 00:03:20.984
이 일이 어떻게 에너지
변화를 이끌고

00:03:21.084 --> 00:03:24.736
에너지 변화가 어떻게 이
일과 연결되어있는지도

00:03:24.836 --> 00:03:28.126
물리적으로 정확하게
표현해나갈 수가 있습니다.

00:03:28.226 --> 00:03:30.493
그런데 여기서 조금
문제가 있습니다.

00:03:30.593 --> 00:03:34.826
바로 뭐냐, 우리가
일상생활에서 표현하는 일과

00:03:34.926 --> 00:03:38.059
물리에서 표현하는 일이 좀 달라요.

00:03:38.159 --> 00:03:41.964
그러다 보니까 일상생활에서
표현되어지는 에너지랑

00:03:42.064 --> 00:03:45.278

물리에서 표현되는
에너지도 조금 다릅니다.

00:03:45.378 --> 00:03:50.794

어떻게 다르냐, 일상생활에서는
에너지가 변하면

00:03:50.894 --> 00:03:54.588

다 일이라고 이야기할 수 있는
그러한 활동들이 있습니다.

00:03:54.688 --> 00:04:01.181

예를 들어서 작가가 작품을 설계하기
위해서 열심히 고민합니다.

00:04:01.281 --> 00:04:02.859

일을 하는 거야, 안 하는 거야?

00:04:02.959 --> 00:04:06.534

일상생활에서는 당연히
일을 하는 거죠.

00:04:06.634 --> 00:04:11.225

고민해서 글을 쓰면 그걸로
돈을 벌 수 있으니까

00:04:11.325 --> 00:04:12.583

당연히 일을 하는 거죠.

00:04:12.683 --> 00:04:15.815

프로게이머가 열심히
게임을 하고 있습니다.

00:04:15.915 --> 00:04:17.723

당연히 일을 하는 겁니다.

00:04:17.823 --> 00:04:23.284

그 일에 의해서, 작가가 고민하고
프로게이머가 게임을 하는 일을 통해서

00:04:23.384 --> 00:04:24.967

실제로 에너지가 변화죠.

00:04:25.067 --> 00:04:29.053

작가의 에너지도 변하고
프로게이머의 에너지도 변하니까.

00:04:29.153 --> 00:04:33.308

그런데 물리에서는 이
일을 작가가 하는 일,

00:04:33.408 --> 00:04:37.655

프로게이머가 하는 일들을
일이라고 규정하지 않습니다.

00:04:37.755 --> 00:04:43.978

물리에서 이야기하는 일은 어떤
것만을 일이라고 이야기하냐면,

00:04:44.078 --> 00:04:45.630
일의 정의입니다.

00:04:45.730 --> 00:04:54.622
일은 바로 힘으로 물체를 이동시킨
경우에만 일이라고 규정을 합니다.

00:04:54.722 --> 00:04:58.231
힘으로 물체를 이동시킨 경우.

00:04:58.331 --> 00:05:02.107
이 F는 당연히 뭐예요?
Force, 힘이고요.

00:05:02.207 --> 00:05:04.235
S는 거리를 의미합니다.

00:05:04.335 --> 00:05:09.228
힘으로 물체를 이동시킨 경우만
일이라고 불러줍니다.

00:05:09.328 --> 00:05:15.385
그래서 너무나도 또 당연한
건데 내가 벽을 막 밀어요.

00:05:15.485 --> 00:05:18.877
내가 벽을 밀면 당연히 나의
에너지는 어떻게 됩니까?

00:05:18.977 --> 00:05:22.790
소모되죠, 줄어들죠, 힘이
들죠, 기운 빠지죠.

00:05:22.890 --> 00:05:26.570
그렇지만 이런 경우는
일이라고 부르진 않아요.

00:05:26.670 --> 00:05:32.031
왜죠? 물리에서
표현되는 일의 정의는

00:05:32.131 --> 00:05:38.964
힘으로 물체를 이동시켜간
경우만 일이라고 규정하니까.

00:05:39.064 --> 00:05:41.716
따라서 내가 벽을 열심히 밀어.

00:05:41.816 --> 00:05:45.315
힘을 주고 있지만, 이동은 하고
있어요, 안 하고 있어요?

00:05:45.415 --> 00:05:46.571
안 하고 있어요.

00:05:46.671 --> 00:05:51.693
이동을 하지 않으니까 당연히 일도
아니라고 표현을 할 수 있게 됩니다.

00:05:51.793 --> 00:05:55.614
그래서 너무나도 당연한

건데 이런 상황이죠?

00:05:55.714 --> 00:05:57.361
여기 지금 물체가 있습니다.

00:05:57.461 --> 00:06:05.781
질량이 있는 물체에게
내가 10의 힘을 줘서

00:06:05.881 --> 00:06:08.050
5m를 이동시켰습니다.

00:06:08.150 --> 00:06:11.986
당연히 한 일은 얼마입니까?

00:06:12.086 --> 00:06:14.921
50이라고 이야기를 하면 됩니다.

00:06:15.021 --> 00:06:20.698
10의 힘으로 5m를 끌고
갔으니까 한 일은 50이다.

00:06:20.798 --> 00:06:24.485
그런데 여기서 또 하나 여러분이
명확하게 기억해야 될 거.

00:06:24.585 --> 00:06:29.456
물리학1 내용에서는 다루지
않는 내용이긴 하지만

00:06:29.556 --> 00:06:32.813
여러분이 좀 개념적으로 기억을
해두실 필요는 있습니다.

00:06:32.913 --> 00:06:34.720
바로 뭐냐, 물체가 있어요.

00:06:34.820 --> 00:06:40.701
내가 이번에는 이 물체를
이렇게 10의 힘을 줘서

00:06:40.801 --> 00:06:44.861
이렇게 5m를 끌고 갔습니다.

00:06:44.961 --> 00:06:46.424
지금 어떤 상황인지 알죠?

00:06:46.524 --> 00:06:50.027
우리가 물체를 이동시켜갈 때,
끌고 갈 때

00:06:50.127 --> 00:06:59.219
이렇게 대각선으로 끌면서
물체를 이동시키는 경우.

00:06:59.319 --> 00:07:02.285
그러면 이런 경우는 일을
어떻게 따질 것이냐.

00:07:02.385 --> 00:07:09.618
분명히 말씀드리지만 일의 정의는 힘으로

물체를 이동시킨 경우를 일이라고 불러요.

00:07:09.718 --> 00:07:16.033

그러면 여기서 힘으로 물체를 이동시켰다는
의미 안에는 뭐가 들어있느냐,

00:07:16.133 --> 00:07:20.188

힘의 방향으로 물체가 이동한 경우

00:07:20.288 --> 00:07:25.637

힘 곱하기 이동 거리로 일을
규정하고 있다는 겁니다.

00:07:25.737 --> 00:07:29.064

그런데 이 경우는 보면 지금
힘을 어느 쪽으로 주고 있어요?

00:07:29.164 --> 00:07:30.932

대각선 방향으로 주고 있어요.

00:07:31.032 --> 00:07:36.568

힘은 대각선으로 주는데 이동은
수평 방향으로 하고 있어.

00:07:36.668 --> 00:07:40.150

따라서 이 경우는 그냥
10 곱하기 5 해서

00:07:40.250 --> 00:07:44.500

50의 일을 했다고
이야기할 수 없다는 겁니다.

00:07:44.600 --> 00:07:48.772

그러면 이런 경우는 어떻게 표현을
해야 될까, 라는 거죠.

00:07:48.872 --> 00:07:54.113

이 10의 힘은 분명히 이동
방향과는 일치하진 않지만

00:07:54.213 --> 00:07:59.798

이런 경우는 힘의 방향과 이동
방향을 일치시킬 수 있습니다.

00:07:59.898 --> 00:08:02.570

어떤 방법을 취하냐면,
조금 어려워.

00:08:02.670 --> 00:08:07.176

그리고 물리학1에서는 이 정도까지는
기억하지 않으셔도 상관없어요.

00:08:07.276 --> 00:08:12.116

이렇게 잡아당기는 힘은 사실은
내가 이렇게 잡아당기는 힘과

00:08:12.216 --> 00:08:17.094

이렇게 잡아당겨 지는 힘이 합쳐진
힘이라고 표현할 수 있어요.

00:08:17.194 --> 00:08:21.915

즉 이렇게 당긴다는 건 이렇게 당기는 것과 이렇게 당기는 걸

00:08:22.015 --> 00:08:25.724

동시에 하고 있다고 표현할 수 있다는 거죠.

00:08:28.128 --> 00:08:31.892

이런 정도까지는 물리1에서는 다루지 않는다고 말씀을 드리지만

00:08:31.992 --> 00:08:34.472

그럼에도 불구하고 여러분이 기억할 게 있기 때문에,

00:08:34.572 --> 00:08:37.687

뒤쪽에서 말씀드릴 게 있기 때문에 정의는 내리고 가겠습니다.

00:08:37.787 --> 00:08:42.127

따라서 지금 이 경우는 대각선으로 힘을 주게 되면

00:08:42.227 --> 00:08:45.631

수평 방향으로 작용하는 힘과 수직 방향으로

00:08:45.731 --> 00:08:49.186

작용하는 힘을 동시에 주고 있다고 표현할 수 있고요.

00:08:49.286 --> 00:08:53.836

이때 수직 방향으로 물체가 이동하고 있어요, 안 이동하고 있어요?

00:08:53.936 --> 00:08:55.093

안 이동하고 있죠?

00:08:55.193 --> 00:09:01.980

따라서 수직 방향으로 작용하는 힘에 의해서는 일을 하지 않는다고 이야기하고요.

00:09:02.080 --> 00:09:04.607

왜? 힘의 방향으로 이동하지 않으니깐.

00:09:04.707 --> 00:09:07.952

수평 방향으로 작용하는 힘에 의해서는

00:09:08.052 --> 00:09:10.485

일을 한다고 표현을 하게 됩니다.

00:09:10.585 --> 00:09:15.952

따라서 이 수평 방향으로 얼마의 힘을 주고 있는지만 알면

00:09:16.052 --> 00:09:20.441

일을 얼마큼 하고 있는지도 우리가 알 수 있게 되죠.

00:09:20.541 --> 00:09:26.894

따라서 이 각을 우리가
 Θ (세타)라고 하면.

00:09:26.994 --> 00:09:28.924

이렇게 나오면 또 어려워하더라고요.

00:09:29.024 --> 00:09:32.454

정확하게 표현하기 위해서
기호로 바꿔보겠습니다.

00:09:32.554 --> 00:09:35.426

힘 그리고 여기는 이동 거리 S .

00:09:35.526 --> 00:09:43.090

노란색 방향으로 힘 F 를 주면 수평
방향으로는 얼마의 힘을 준 것과 똑같냐.

00:09:43.190 --> 00:09:45.411

어떤 방법 이용하면 될까요?

00:09:45.511 --> 00:09:48.697

여러분이 수학 시간에,
수학도 이야기가 나오네.

00:09:48.797 --> 00:09:51.056

또 머리 쥐어짜겠네.

00:09:51.156 --> 00:09:54.702

힘의 방향과 이동 방향이
일치하지 않으면

00:09:54.802 --> 00:09:59.448

힘의 방향을 이동 방향과 일치시키기
위해서 어떤 방법을 취하느냐,

00:09:59.548 --> 00:10:01.935

바로 삼각함수를 이용합니다.

00:10:02.035 --> 00:10:08.603

이 길이와 이 길이는
삼각관계, 삼각비에 의해서

00:10:08.703 --> 00:10:12.490

이 길이 대 이 길이는 무슨
관계에 있다고 우리가 표현하죠?

00:10:12.590 --> 00:10:15.382

코사인 관계에 있다고
표현을 합니다.

00:10:15.482 --> 00:10:19.763

그래서 이 힘의 값은
어떻게 되느냐,

00:10:19.863 --> 00:10:24.706

이 수평 방향의 힘의
값은 $F\cos\Theta$ 가 되죠.

00:10:24.806 --> 00:10:29.912

그래서 정확하게 힘을 표현한다면

어떻게 표현하는 게 원칙이나,

00:10:30.012 --> 00:10:36.145

$F \cdot \cos\theta \cdot S$ (이동 거리)로
표현을 하는 게 맞고요.

00:10:36.245 --> 00:10:39.083

그래서 우리가 이것을
다시 정리하면,

00:10:39.183 --> 00:10:44.528

$F \cdot \cos\theta$ 로 정의를
내리게 됩니다.

00:10:44.628 --> 00:10:50.497

그런데 너무나도 다행스러운
건 물리학1 수준에서는

00:10:50.597 --> 00:10:58.961

이 θ 가 항상 0° 또는
 90° 인 것만 다루요.

00:10:59.061 --> 00:11:04.874

그러면 θ 가 0° 면 $\cos\theta$ 값은 얼마게?
1이에요.

00:11:04.974 --> 00:11:09.903

따라서 이제 $\cos\theta$ 가 0이면
이거는 그냥 $F \cdot S$.

00:11:10.003 --> 00:11:12.637

힘 곱하기 거리로만
따지면 되는 거죠?

00:11:12.737 --> 00:11:17.522

θ 가 90° 면 $\cos\theta$ 값은 얼마게?
0입니다.

00:11:17.622 --> 00:11:21.824

$\cos\theta$ 90° 는 0이야.

00:11:21.924 --> 00:11:22.905

그 말은 뭐야?

00:11:23.005 --> 00:11:25.744

일을 하지 않는다는 것을 의미하죠.

00:11:25.844 --> 00:11:29.971

그래서 여러분이 어렵קות하게
중학교 때 뭔지는 잘 모르지만

00:11:30.071 --> 00:11:31.567

이런 이야기를 했었어요.

00:11:31.667 --> 00:11:36.534

물체가 있을 때 내가 이 물체를
지금 위쪽으로 힘을 주고 있습니다.

00:11:36.634 --> 00:11:38.907

당연히 이 물체를 지금
위쪽으로 힘을 주고 있죠?

00:11:39.007 --> 00:11:41.692

내가 이 물체를 위쪽으로 힘을
주지 않으면 애는 어떻게 돼?

00:11:41.792 --> 00:11:43.238

떨어지니까.

00:11:43.338 --> 00:11:46.510

따라서 내가 이 물체를
위쪽으로 힘을 주고 있어요.

00:11:46.610 --> 00:11:54.409

그러면 이 위쪽으로 힘을 주는 상황에서
내가 애를 옆으로 이동시키고 있습니다.

00:11:54.509 --> 00:12:00.664

그러면 위쪽으로 주는 힘이 하는
일은 얼마나, 라고 물으면

00:12:00.764 --> 00:12:03.132

뭐라고 대답해야 되는 거죠?

00:12:03.232 --> 00:12:09.486

위쪽으로 주는 힘이 하는 일은
힘의 방향과 이동 방향이

00:12:09.586 --> 00:12:13.376

항상 몇 도를 이루게 되니까?
90°를 이루게 되니까

00:12:13.476 --> 00:12:18.689

하는 일이 0이라고 표현을
하게 되는 거죠.

00:12:18.789 --> 00:12:22.235

따라서 힘의 방향으로
이동하지 않는 한,

00:12:22.335 --> 00:12:27.444

힘의 방향과 이동 방향이
90°면 일은 없는 거고요.

00:12:27.544 --> 00:12:32.862

힘의 방향으로 이동하는 경우만을
우리는 일이라고 부릅니다.

00:12:32.962 --> 00:12:36.964

따라서 이때 힘의 방향과
이동 방향이 일치하지 않으면

00:12:37.064 --> 00:12:42.258

힘의 방향을 이동 방향으로
표현할 수 있어야 되고요.

00:12:42.358 --> 00:12:47.575

그 힘을 표현하면 $F\cos\theta$ 로
표현할 수 있다는 겁니다.

00:12:47.675 --> 00:12:53.159

그렇다면 왜 상식적으로 봤을 때

힘을 분명히 주고 있고

00:12:53.259 --> 00:12:56.426

이동을 하고 있으면 일이라고
규정할 수 있을 것 같은데

00:12:56.526 --> 00:13:01.140

이걸 왜 일로 규정하지 않을까,
이건 약속하기 나름인데

00:13:01.240 --> 00:13:04.140

그보다 더한 전제 조건이
바로 뭐였느냐,

00:13:04.240 --> 00:13:10.226

방금 전에 말씀드렸던 일은 에너지
변화량이라는 게 더 중요하거든요.

00:13:10.326 --> 00:13:15.204

따라서 일은 에너지
변화량의 관점에서 논하려면

00:13:15.304 --> 00:13:22.101

결과적으로는 힘과 이동 방향이 90° 면
일이 아니라고 이야기를 해야 합니다.

00:13:22.201 --> 00:13:27.390

그 이유는 이제 에너지를 배우고 나서
추가로 말씀을 드리도록 할게요.

00:13:27.490 --> 00:13:31.159

따라서 우리가 기억해야 되는 내용은

00:13:31.259 --> 00:13:35.625

일에 대한 정의를 바탕으로
에너지를 규정하는 겁니다.

00:13:35.725 --> 00:13:45.181

그러면 이 일에 의한 개념으로
정의내려지는 에너지는 몇 개가 있느냐,

00:13:45.281 --> 00:13:49.071

우리가 다루는 에너지는 딱
두 가지가 있습니다.

00:13:49.171 --> 00:13:52.415

바로 무슨 에너지랑
무슨 에너지가 있느냐,

00:13:52.515 --> 00:14:00.571

운동 에너지와 퍼텐셜
에너지가 있습니다.

00:14:01.492 --> 00:14:05.259

이 퍼텐셜 에너지를 여러분은
중학교 때 뭐라고 배웠느냐,

00:14:05.359 --> 00:14:09.936

위치 에너지라고 배웠었어요.

00:14:10.036 --> 00:14:12.743

이때 운동 에너지.

00:14:12.843 --> 00:14:15.150
먼저 결론을 말씀드릴게요.

00:14:15.250 --> 00:14:21.802
운동 에너지는 키네틱 에너지라고
해서 운동하는 에너지라는 뜻으로

00:14:21.902 --> 00:14:23.316
Ek라고 쓰고요.

00:14:23.416 --> 00:14:29.416
이 결과 공식은 어떻게 되느냐,
2분의 $1mv^2$ 입니다.

00:14:29.516 --> 00:14:33.938
왜 운동 에너지는 2분의
 $1mv^2$ 으로 규정되어지느냐,

00:14:34.038 --> 00:14:35.760
이건 조금 이따가 말씀드릴게요.

00:14:35.860 --> 00:14:39.467
그리고 왜 2분의 $1mv^2$ 으로
규정되어지느냐는

00:14:39.567 --> 00:14:40.730
그렇게 중요하진 않아.

00:14:40.830 --> 00:14:44.687
그냥 아, 운동 에너지는
2분의 $1mv^2$ 이다.

00:14:44.787 --> 00:14:46.865
이렇게 외우는 게 중요해요.

00:14:46.965 --> 00:14:54.156
이때 당연히 2분의 1은 숫자고 m은
질량이고 v는 움직여가는 속도죠.

00:14:54.288 --> 00:14:58.612
따라서 질량을 가진 물체가
속력을 갖고 운동하게 되면

00:14:58.712 --> 00:15:01.774
뭐를 가지고 있다고 표현하게 돼요?

00:15:01.874 --> 00:15:05.411
운동 에너지를 가지고
있다고 표현하게 됩니다.

00:15:05.511 --> 00:15:09.626
퍼텐셜 에너지에는 또
두 가지로 나뉘게 됩니다.

00:15:09.726 --> 00:15:12.393
무슨 에너지와 무슨
에너지로 나뉘느냐,

00:15:12.493 --> 00:15:15.694

중력 퍼텐셜 에너지.

00:15:15.794 --> 00:15:20.036
잠깐만요, 이때 이 퍼텐셜
에너지를 기호로는 뭐라고 쓰느냐,

00:15:20.136 --> 00:15:22.622
Ep라고 씁니다.

00:15:22.722 --> 00:15:25.800
퍼텐셜 에너지.

00:15:25.900 --> 00:15:29.934
그래서 퍼텐셜이 잠재된,
내재된 이런 뜻이잖아요.

00:15:30.034 --> 00:15:32.368
왜 퍼텐셜 에너지라고 부를까.

00:15:32.468 --> 00:15:34.428
중학교 때는 왜 위치
에너지라고 불렀고

00:15:34.528 --> 00:15:36.599
이제는 퍼텐셜 에너지라고 부를까.

00:15:36.699 --> 00:15:39.025
이것도 조금 이따가
말씀드리도록 하겠고요.

00:15:39.125 --> 00:15:41.992
이 퍼텐셜 에너지는
두 종류가 있습니다.

00:15:42.092 --> 00:15:50.145
바로 중력 퍼텐셜 에너지랑
탄성력 퍼텐셜 에너지.

00:15:50.245 --> 00:15:52.245
이렇게 두 종류가 있습니다.

00:15:52.345 --> 00:15:56.480
중력 퍼텐셜 에너지는
일단 여러분이 마찬가지로

00:15:56.580 --> 00:16:00.386
공식을 좀 소개하고 외우고
넘어가는 거로 할게요.

00:16:00.486 --> 00:16:05.975
중력 퍼텐셜 에너지는
mgh로 정의내려집니다.

00:16:06.075 --> 00:16:07.559
m이 뭐예요? 질량.

00:16:07.659 --> 00:16:11.564
g, 이걸 뭐였죠?
중력 가속도.

00:16:11.664 --> 00:16:17.704

우리가 보통 9.8 또는 10이라고
계산하는 g, 중력 가속도였고요.

00:16:17.804 --> 00:16:23.954

h는 뭐냐, 바닥에서부터
높이 h입니다.

00:16:24.054 --> 00:16:31.447

그래서 물체가 바닥에서부터 얼마만큼
높이에 있느냐로 결정되어지는 에너지를

00:16:31.547 --> 00:16:35.244

우리는 중력 퍼텐셜 에너지다,
라고 불러주고요.

00:16:35.344 --> 00:16:39.290

탄성력 퍼텐셜 에너지는
공식이 어떻게 되느냐,

00:16:39.390 --> 00:16:43.612

2분의 $1kx^2$ 입니다.

00:16:43.712 --> 00:16:52.164

이때 이 k는 뭐냐, 탄성력을
갖고 있는 물체의 탄성 정도를

00:16:52.264 --> 00:16:54.588

탄성계수라고 부르거든요.

00:16:54.688 --> 00:16:56.900

그래서 이 k 값을 우리는
뭐라고 부르느냐,

00:16:57.000 --> 00:17:01.986

탄성계수라고 불러줍니다.

00:17:02.086 --> 00:17:08.322

그리고 이 x는 뭐냐, 우리 앞에서
잠깐 제가 소개시켜드린 적은 있는데

00:17:08.422 --> 00:17:14.288

이 x값은 변형 길이라는 겁니다.

00:17:14.388 --> 00:17:17.695

그래서 탄성을 갖고 있는 물체.

00:17:17.795 --> 00:17:19.441

이런 물체도 탄성을 갖고 있죠.

00:17:19.541 --> 00:17:26.092

이렇게 휘어서 탁 놓으면 원래대로
돌아가는 탄성을 갖고 있잖아요.

00:17:26.192 --> 00:17:31.543

이 원래대로 돌아가려는 힘을
우리는 탄성력이라고 부르고요.

00:17:31.643 --> 00:17:37.424

이 원래대로 돌아가려는 힘은
물체가 얼마만큼 탄성이 있느냐.

00:17:37.524 --> 00:17:41.320

그걸 표현하는 탄성계수
값과 그리고 변형 길이.

00:17:41.420 --> 00:17:46.890

내가 얼마나 휘게 만드냐,
얼마나 변형을 주느냐에 의해서

00:17:46.990 --> 00:17:51.236

돌아가려는 힘이 달라지게 된다고
표현할 수 있게 되고요.

00:17:51.336 --> 00:17:58.239

그 공식 값은 2분의 $1kx^2$ 으로
정의가 내려집니다.

00:17:58.339 --> 00:18:00.028

그래서 다시 한번 외우고 갈게요.

00:18:00.128 --> 00:18:03.611

운동 에너지는 어떻게 된다고?
2분의 $1mv^2$.

00:18:03.711 --> 00:18:07.145

중력 퍼텐셜 에너지는 mgh .

00:18:07.245 --> 00:18:11.299

탄성 퍼텐셜 에너지는
2분의 $1kx^2$.

00:18:11.399 --> 00:18:16.169

그러면 이런 에너지들이 어떻게
이런 공식으로 정의내려졌는지

00:18:16.269 --> 00:18:19.143

그리고 이 공식들이 어떤
물리적 의미를 갖는지

00:18:19.243 --> 00:18:22.561

칠판 정리하고
설명드리도록 하겠습니다.

00:18:22.661 --> 00:18:26.624

그러면 이제 운동 에너지부터 개념적으로
설명을 드려보도록 할게요.

00:18:26.724 --> 00:18:32.665

질량을 가진 물체가 속력을 가지고
있으면 운동 에너지를 가지고 있다고

00:18:32.765 --> 00:18:34.211

우리가 표현하거든요.

00:18:34.311 --> 00:18:38.154

그러면 왜 2분의 $1mv^2$ 이라는
공식이 등장했느냐,

00:18:38.254 --> 00:18:43.466

이게 어떤 의미를 부여받을 수 있느냐를
여러분에게 소개시켜드리도록 하겠습니다.

00:18:43.566 --> 00:18:48.064
여기 질량을 갖고 있는 물체
m인 질량체가 있습니다.

00:18:48.164 --> 00:18:53.976
내가 이 질량이 m인
물체에게 힘 F를 줘서

00:18:54.076 --> 00:18:58.463
이동 거리 s를 갖고 왔습니다.

00:18:58.563 --> 00:19:01.633
그러면 당연히 이
물체에게 일을 한 거죠?

00:19:01.733 --> 00:19:03.947
얼마의 일을 했을까요?

00:19:04.047 --> 00:19:06.715
F*S라는 일을 했습니다.

00:19:06.815 --> 00:19:12.409
이때 이 물체의 속도가 처음에
0이었다고 생각을 해보겠고요.

00:19:12.509 --> 00:19:19.225
그리고 S를 이동시키고 난 다음에 물체의
속도는 v가 됐다고 생각을 해봅시다.

00:19:19.325 --> 00:19:21.197
이때 이 작용하는 힘은

00:19:21.297 --> 00:19:27.858
물체의 속도 변화를 이끌어낸
알짜힘이었다고 생각을 해봅시다.

00:19:27.958 --> 00:19:32.408
결국은 정지해있던 물체가
속도가 생기려면.

00:19:32.508 --> 00:19:36.356
즉 속도가 변하려면
가속도가 있어야 되고요.

00:19:36.456 --> 00:19:39.575
가속도가 있기 위해서는
뭐가 있어야 돼요?

00:19:39.675 --> 00:19:41.136
알짜힘이 있어야 되죠.

00:19:41.236 --> 00:19:45.662
그 알짜힘에 의해서
물체를 이동시켜주면

00:19:45.762 --> 00:19:48.260
물체의 속도가 변화되고요.

00:19:48.360 --> 00:19:52.868
그때 물체에게 일을 했다고
표현할 수 있게 됩니다.

00:19:52.968 --> 00:19:57.644
그러면 이걸 이제 우리가 알고 있는
수식을 이용해서 변형시켜볼게요.

00:19:57.744 --> 00:20:00.413
알짜힘은 어떻게 정의가 내려졌었죠?

00:20:00.513 --> 00:20:05.998
알짜힘은 질량 곱하기 가속도
값으로 정의내려졌습니다.

00:20:06.098 --> 00:20:15.282
이때 가속도를 갖고 있는 물체의
이동 거리를 어떻게 구했을까요?

00:20:15.382 --> 00:20:16.476
기억하시나요?

00:20:16.576 --> 00:20:21.201
vt 그래프를 한번
떠올려보도록 하겠습니다.

00:20:21.301 --> 00:20:32.426
속도가 0이었던 물체가 S를 이동시켜서
속도가 v가 됐다고 생각을 해봅시다.

00:20:32.526 --> 00:20:38.650
이때 당연히 물체의 알짜힘에 의한
가속도가 일정하게 작용했다고

00:20:38.750 --> 00:20:41.155
우리가 판단을 할 수
있게 되는 거고요.

00:20:41.255 --> 00:20:43.104
그래서 등가속도 운동이니까

00:20:43.204 --> 00:20:47.632
vt 그래프에서는 이렇게 그래프가
일정한 기울기로 표현됩니다.

00:20:47.732 --> 00:20:56.766
이때 vt 그래프에서
기울기가 뭐였어요?

00:20:56.866 --> 00:20:59.754
가속도 a였고요.

00:20:59.854 --> 00:21:05.866
이때 이 넓이는 뭐였습니까?

00:21:05.966 --> 00:21:08.365
거리 S였습니다.

00:21:08.465 --> 00:21:18.662
따라서 내가 속도 v를 갖게끔 S를
이동시킨 시간을 t라고 부른다면

00:21:18.762 --> 00:21:23.640
이 가속도 a는 어떻게

표현할 수 있습니까?

00:21:23.740 --> 00:21:28.739
기울기니까 t분의 v가 되죠.

00:21:28.839 --> 00:21:34.209
이동 거리 S는
넓이니까 2분의 1,

00:21:34.309 --> 00:21:37.996
삼각형의 넓이 2분의 1
밑변 곱하기 높이 해서

00:21:38.096 --> 00:21:40.042
 $v*t$ 가 됩니다.

00:21:40.142 --> 00:21:44.390
그러면 여기다 다
써넣어보도록 합시다.

00:21:44.490 --> 00:21:50.812
그러면 m 곱하기, a가 뭐예요?
t분의 v가 되고요.

00:21:50.912 --> 00:21:52.567
아니, S가 어디 갔니?

00:21:52.667 --> 00:21:58.204
다시, 알짜힘 $m*a$
곱하기 이동 거리 S죠?

00:21:58.304 --> 00:22:05.426
따라서 m 곱하기, 가속도는 vt 그래프에서
기울기니까 t분의 v가 되고요.

00:22:05.526 --> 00:22:11.897
거리는 등가속도 운동에서 2분의
 $1vt$ 라고 표현할 수 있게 되죠.

00:22:11.997 --> 00:22:13.366
그러면 t, t 날아가죠?

00:22:13.466 --> 00:22:16.438
그러면 이 공식은 뭐로 바뀔니까?

00:22:16.538 --> 00:22:20.754
2분의 $1mv^2$ 이라는
공식으로 바뀔니다.

00:22:20.854 --> 00:22:23.120
결과적으로는 뭐냐,

00:22:23.220 --> 00:22:30.025
물체가 2분의 $1mv^2$ 의 운동
에너지를 부여받을 수 있었다는 건

00:22:30.125 --> 00:22:36.038
그 물체에게 그마만큼의 일을
해줬다고 표현할 수 있게 되고요.

00:22:36.138 --> 00:22:40.098

그러면 반대로 이 질량을
갖고 있던 물체가

00:22:40.198 --> 00:22:46.559
속도 v 로 운동하는 이 물체는 앞으로
2분의 $1mv^2$ 에 해당하는

00:22:46.659 --> 00:22:50.488
일을 할 수 있다는 표현을
사용할 수 있게 되는 거죠.

00:22:50.588 --> 00:22:54.424
결과적으로 질량을 가진 물체가
속도를 갖고 운동하게 되면

00:22:54.524 --> 00:23:00.575
그 물체가 그 속도를 갖게 되는데 2분의
 $1mv^2$ 의 일을 해줬다는 소리고요.

00:23:00.675 --> 00:23:04.006
그 물체는 그마만큼의
에너지를 받아서

00:23:04.106 --> 00:23:09.174
앞으로 2분의 $1mv^2$ 의 일을 할
수 있다고 표현할 수 있게 됩니다.

00:23:09.274 --> 00:23:13.289
물론 일을 하게 되면 다시
에너지는 줄어들겠죠, 변하겠죠.

00:23:13.389 --> 00:23:15.527
가장 중요한 개념이 뭐라고 그랬어?

00:23:15.627 --> 00:23:20.837
일은 에너지 변화량이다.

00:23:20.937 --> 00:23:22.285
되셨나요?

00:23:22.385 --> 00:23:26.120
그래서 우리가 일은 에너지
변화량의 관점에서

00:23:26.220 --> 00:23:30.719
첫 번째 정의내릴 수 있는
에너지는 바로 무슨 에너지냐,

00:23:30.819 --> 00:23:32.727
운동 에너지였고요.

00:23:32.827 --> 00:23:37.258
운동 에너지 공식은 2분의
 $1mv^2$ 이었습니다.

00:23:37.358 --> 00:23:40.242
반드시 여러분이 이 공식
기억하고 계셔야 됩니다.

00:23:40.342 --> 00:23:43.739
일에 의해서 에너지가

변하는데 그 에너지 중에

00:23:43.839 --> 00:23:49.495
운동 에너지가 있고 운동 에너지는
2분의 $1mv^2$ 이다.

00:23:50.060 --> 00:23:56.007
그러면 이번에는 퍼텐셜 에너지를
한번 보도록 하겠습니다.

00:23:56.107 --> 00:24:03.114
퍼텐셜 에너지는 두
종류가 있다고 그랬죠?

00:24:03.214 --> 00:24:08.671
중력 퍼텐셜 에너지와 탄성력 퍼텐셜
에너지가 있다고 했습니다.

00:24:08.771 --> 00:24:13.000
먼저 중력 퍼텐셜 에너지부터
보도록 하겠습니다.

00:24:13.100 --> 00:24:15.520
중력 퍼텐셜 에너지는
공식이 어떻게 된다고요?

00:24:15.620 --> 00:24:17.693
이거 외우고 있어야 된다고.

00:24:17.793 --> 00:24:21.555
바로 뭐냐, mgh 입니다.

00:24:21.655 --> 00:24:27.867
그러면 왜 중력 퍼텐셜 에너지는
 mgh 로 정의내려졌을까.

00:24:27.967 --> 00:24:30.060
이런 상황 한번 보도록 하겠습니다.

00:24:30.160 --> 00:24:36.604
지금 질량이 m 인 물체가 높이
 h 에 있다고 생각해봅시다.

00:24:36.704 --> 00:24:42.749
이 물체는 당연히 아래
방향으로 무슨 힘을 받습니까?

00:24:42.849 --> 00:24:45.770
중력을 받습니다.

00:24:45.870 --> 00:24:49.865
우리 중력은 어떻게
표현하기로 했었죠?

00:24:51.444 --> 00:24:53.460
벌써 포맷된 건 아니지?

00:24:53.560 --> 00:24:58.284
여러분의 포맷 능력이 워낙
출중해서 예측불허이긴 하지만

00:24:58.384 --> 00:25:04.004
이거 지지난 시간에 했던 건데...

00:25:04.104 --> 00:25:05.449
그러면 조금 기억을
하고 계셔야 돼요.

00:25:05.549 --> 00:25:11.254
중력은 m , 원래 힘은 어떻게 표현해?
 $m \cdot a$ 라고 표현하는데

00:25:11.354 --> 00:25:16.702
중력에 의해서 떨어지는
물체의 a 는 다 어떠니까?

00:25:16.802 --> 00:25:20.570
같으니까 그 a 를 뭐라고
표현하기로 했어?

00:25:20.670 --> 00:25:22.806
 g 라고 표현하기로 했죠.

00:25:22.906 --> 00:25:24.692
결과적으로 중력은 어떻게 됩니까?

00:25:24.792 --> 00:25:28.749
 $m \cdot g$ 로 표현이 되죠.

00:25:28.849 --> 00:25:32.523
이 g 는 9.8 또는
 10 으로 계산하는 g 고요.

00:25:32.623 --> 00:25:33.464
그러면 이제 보세요.

00:25:33.564 --> 00:25:39.303
결과적으로 보면 중력 $m \cdot g$ 로
물체가 얼마를 떨어질 수 있어요?

00:25:39.403 --> 00:25:41.908
 h 를 이동하게 됩니다.

00:25:42.008 --> 00:25:46.223
결국 질량이 m 인 물체를
잡고 내가 손을 놓으면

00:25:46.323 --> 00:25:49.982
중력 $m \cdot g$ 로 떨어지게 됩니다.

00:25:50.082 --> 00:25:51.345
얼마가 떨어지게 돼요?

00:25:51.445 --> 00:25:53.908
높이 h 가 떨어지게 되죠.

00:25:54.008 --> 00:25:54.948
그러면 이제 보세요.

00:25:55.048 --> 00:25:59.115
결과적으로 보면 일을
했어, 누가 일을 했어?

00:25:59.215 --> 00:26:00.888
중력이 일을 했어요.

00:26:00.988 --> 00:26:05.769
얼마만큼의 일을 했어?

00:26:05.869 --> 00:26:09.869
일은 $F \cdot S$ 이고요,
그러면 어떻게 됩니까?

00:26:09.969 --> 00:26:15.629
 mg 의 힘으로, 거리 얼마의 일을 했어요?
 h 의 일을 했죠.

00:26:15.729 --> 00:26:17.586
결과적으로 얼마의
일을 하게 됩니까?

00:26:17.686 --> 00:26:21.998
 $mg \cdot h$ 의 일을 하게 됩니다.

00:26:22.098 --> 00:26:23.295
그러면 이제 생각해봅시다.

00:26:23.395 --> 00:26:31.754
중력이 물체를 mg 의 힘으로 잡아당겨서
 h 를 이동시키는 일을 했습니다.

00:26:31.854 --> 00:26:38.318
그러면 내가 아까도 이야기했듯이
땅을 파는 일을 해요.

00:26:38.418 --> 00:26:41.474
그러면 나의 에너지는
어떻게 됩니까?

00:26:41.574 --> 00:26:44.577
소모되죠, 줄어들죠, 없어지죠.

00:26:44.677 --> 00:26:48.180
그러면 중력이 이
물체에게 일을 합니다.

00:26:48.280 --> 00:26:52.651
그러면 중력의 에너지는
어떻게 될까요?

00:26:52.751 --> 00:26:54.931
당연히 줄어들죠.

00:26:55.031 --> 00:26:58.136
그 중력의 에너지를 우리는
뭐라고 부르는 거야?

00:26:58.236 --> 00:27:01.852
중력 퍼텐셜 에너지라고 불러줍니다.

00:27:01.952 --> 00:27:07.281
그래서 이 중력 퍼텐셜 에너지는
어떤 값과 일치하느냐,

00:27:07.381 --> 00:27:18.002
바로 중력이 할 수 있는 일의 양을

00:27:18.102 --> 00:27:20.707
중력 퍼텐셜 에너지라고 부릅니다.

00:27:20.807 --> 00:27:24.709
중력이 앞으로 얼마의
일을 할 수 있을까.

00:27:24.809 --> 00:27:26.602
이거 굉장히 중요한 개념입니다.

00:27:26.702 --> 00:27:29.285
중력이 할 수 있는 일이에요.

00:27:29.385 --> 00:27:31.910
결국 중력이 얼마만큼의
일을 하느냐는

00:27:32.010 --> 00:27:36.914
물체의 질량이 정해져 있으면
물체의 중력도 정해져있잖아요.

00:27:37.014 --> 00:27:42.253
그러면 물체가 할 수 있는 일의 양은
결국 높이에 의해서 결정이 되죠?

00:27:42.353 --> 00:27:48.074
높이가 높으면 높을수록 중력이 할 수
있는 일의 양도 많아지게 됩니다.

00:27:48.174 --> 00:27:52.580
중력이 할 수 있는
일의 양이 많아지니까

00:27:52.680 --> 00:27:55.286
결국 물체가 떨어지면서
중력이 일을 하게 되죠?

00:27:55.386 --> 00:27:59.120
중력이 일을 하게 되면 중력의
에너지는 어떻게 되어야 돼요?

00:27:59.220 --> 00:28:01.322
중력이 일을 하는 거니까
중력의 에너지.

00:28:01.422 --> 00:28:03.905
내가 일을 하면 나의
에너지는 어떻게 돼?

00:28:04.005 --> 00:28:10.069
줄어들듯이 중력이 일을 하면 중력의
에너지는 줄어들 수밖에 없게 되는 거죠.

00:28:10.169 --> 00:28:15.416
그래서 이렇게 낮아지면서 중력이
할 수 있는 일의 양은

00:28:15.516 --> 00:28:17.485
당연히 줄어들게 되죠.

00:28:17.585 --> 00:28:20.973
즉 중력 퍼텐셜 에너지는
줄어들게 됩니다.

00:28:21.073 --> 00:28:26.187
이 중력 퍼텐셜 에너지가 높이에
관계하죠, 위치에 관계하죠?

00:28:26.287 --> 00:28:32.123
그래서 여러분이 이 에너지를 중학교
때는 위치 에너지라고 불렀던 거고요.

00:28:32.223 --> 00:28:37.405
고등학교 물리학1에서는 조금 더 정확한
개념을 바탕으로 이해해야 되니까

00:28:37.505 --> 00:28:39.739
우리는 퍼텐셜 에너지라고 부릅니다.

00:28:39.839 --> 00:28:41.076
잠재된 에너지.

00:28:41.176 --> 00:28:45.244
왜 잠재된 에너지라고
부르는지가 느껴지죠?

00:28:45.344 --> 00:28:48.340
중력이 할 수 있는 일의 양이니까.

00:28:48.440 --> 00:28:50.639
그러면 이제 생각해봅시다.

00:28:50.739 --> 00:28:59.349
이 물체를 내가 이만큼 여기서 놔서
이 물체가 여기를 지나고 있습니다.

00:28:59.473 --> 00:29:06.745
지나고 있는 상황에서 이때의 이
높이는 h_1 이라고 하겠습니다.

00:29:06.845 --> 00:29:12.149
그러면 이때의 중력 퍼텐셜 에너지는
얼마라고 표현해야 될까요?

00:29:12.249 --> 00:29:16.659
당연히 mgh_1 이라고
표현을 해야 됩니다.

00:29:16.759 --> 00:29:20.421
왜? 앞으로 중력이 할
수 있는 에너지가,

00:29:20.521 --> 00:29:22.716
할 수 있는 일이 얼마큼이니까?

00:29:22.816 --> 00:29:26.777
 mg 의 힘으로 h_1 만큼의
일을 할 수 있으니까

00:29:26.877 --> 00:29:33.434
중력 퍼텐셜 에너지는 mgh 이라고
불러주게 되는 거죠.

00:29:34.904 --> 00:29:40.378
여기서 여러분이 또 하나 명확하게 기억하고
있어야 되는 개념이 하나 있습니다.

00:29:40.478 --> 00:29:41.974
바로 뭐냐, 그러면 이제 보세요.

00:29:42.074 --> 00:29:45.256
여기서의 중력 퍼텐셜
에너지는 얼마죠?

00:29:45.356 --> 00:29:48.145
물체가 지금 높이
 h 인 곳에 있고요.

00:29:48.245 --> 00:29:50.461
그러면 h 를 떨어질 수 있으니까

00:29:50.561 --> 00:29:56.841
결국 중력이 할 수 있는 일의
양은 얼마가 돼요? mgh 죠.

00:29:56.941 --> 00:30:00.134
따라서 중력이 할 수 있는
일의 양이 mgh 니까

00:30:00.234 --> 00:30:03.866
중력 퍼텐셜 에너지는
 mgh 라고 불러주게 됩니다.

00:30:03.966 --> 00:30:07.831
그러면 내가 여기에서 물체를 딱
놓으면 물체가 쪽 떨어져요.

00:30:07.931 --> 00:30:11.986
떨어지면서 h 를
통과한다고 생각해봅시다.

00:30:12.086 --> 00:30:21.348
그러면 그때까지 중력이 한
일은 얼마가 될까요?

00:30:21.500 --> 00:30:24.588
일을 구한다면 일은 어떻게 구해요?

00:30:24.688 --> 00:30:30.596
 $F \cdot S$ 로 구하고 중력 mg 의
힘으로 얼마만큼을 이동해요?

00:30:30.696 --> 00:30:32.378
이만큼을 이동하게 되죠.

00:30:32.478 --> 00:30:36.562
그러면 이 높이만큼
중력이 일을 한 거죠?

00:30:36.662 --> 00:30:39.446
그런데 이 높이는 뭐에 해당합니까?

00:30:39.546 --> 00:30:43.852
(h-h1)에 해당합니다.

00:30:43.952 --> 00:30:44.975
그러면 이제 보세요.

00:30:45.075 --> 00:30:51.051
이 값을 정리하면
mgh-mgh1이 되죠.

00:30:51.151 --> 00:30:53.666
이 mgh라는 값은 뭐니까?

00:30:53.766 --> 00:30:57.020
h 높이에서의 중력
퍼텐셜 에너지고요.

00:30:57.120 --> 00:30:58.792
mgh1은 뭐니까?

00:30:58.892 --> 00:31:02.416
h1 높이에서의 중력
퍼텐셜 에너지입니다.

00:31:02.516 --> 00:31:08.025
결과적으로는 중력이 떨어지면서 물체를
놓게 되면 중력이 일을 하는데

00:31:08.125 --> 00:31:14.347
중력이 하는 일은 뭐와 일치합니까?

00:31:14.447 --> 00:31:20.043
중력 퍼텐셜 에너지의
변화량과 일치한다는 거죠.

00:31:20.143 --> 00:31:22.396
생각해보면 너무 당연한 거잖아.

00:31:22.496 --> 00:31:28.510
이만큼의 높이에서 중력이 일을 해서
이만큼 높이까지 이동을 시켰어.

00:31:28.610 --> 00:31:31.036
그러면 중력이 에너지를 소모했죠?

00:31:31.136 --> 00:31:32.816
얼마만큼의 에너지를 소모해?

00:31:32.916 --> 00:31:36.559
이동시킨 만큼의 에너지를
소모했을 거 아니야.

00:31:36.659 --> 00:31:41.337
그러면 이동시킨 만큼의 중력이 한
일은 결국 뭐와 같은 거야?

00:31:41.437 --> 00:31:46.537
처음 중력이 갖고 있던 에너지에서

나중 중력이 갖고 있던 에너지의

00:31:46.637 --> 00:31:50.269

차이 값이 중력이
한 일이 되는 거죠.

00:31:50.369 --> 00:31:57.426

그래서 중력이 한 일은
너무 중요한 개념입니다.

00:31:57.526 --> 00:32:00.763

이게 지금 중력이 한
일이라는 표현이야.

00:32:00.863 --> 00:32:03.934

중력이 한 일은 뭐와 같으나,

00:32:04.034 --> 00:32:08.292

바로 퍼텐셜 에너지의
변화량과 같은데요.

00:32:08.392 --> 00:32:11.255

우리가 일반적으로
변화량은 어떻게 구해요?

00:32:11.355 --> 00:32:13.896

나중 값 빼기 처음 값이죠.

00:32:13.996 --> 00:32:17.249

나중 값이 mgh_1 이고요.

00:32:17.349 --> 00:32:20.069

처음 값이 mgh_2 야.

00:32:20.169 --> 00:32:22.800

따라서 이거 빼기 이거죠?

00:32:22.900 --> 00:32:24.046

그러면 이걸 어떻게 돼야 돼?

00:32:24.146 --> 00:32:25.687

마이너스 빼야 되죠?

00:32:25.787 --> 00:32:28.878

그래서 이렇게 표현할
수 있게 됩니다.

00:32:28.978 --> 00:32:33.314
그래서 너무 중요한 개념입니다.

00:32:33.414 --> 00:32:38.185

중력이 한 일은 중력 퍼텐셜
에너지의 변화량이다.

00:32:38.285 --> 00:32:39.723

너무 당연한 거라고, 왜?

00:32:39.823 --> 00:32:41.909

중력 퍼텐셜 에너지의
정의를 뭐니까?

00:32:42.009 --> 00:32:46.893
중력이 할 수 있는 일의 양이니까.

00:32:46.993 --> 00:32:52.424
이거를 말씀드리고 나니까 제가 여기서
빼먹은 게 하나 생각이 났어요.

00:32:52.524 --> 00:32:55.467
여기서도 굉장히 중요한
개념이 하나 있습니다.

00:32:55.567 --> 00:33:02.647
바로 뭐냐, 너무나도 중요한 건
일은 에너지 변화량의 관점인 거죠?

00:33:02.747 --> 00:33:08.253
여기서 운동 에너지는 어떤
거로부터 정의를 내리고 있죠?

00:33:08.353 --> 00:33:17.525
알짜힘 $m \cdot a$ 로부터 알짜힘 $m \cdot a$ 가 한
일로 운동 에너지를 정의내렸습니다.

00:33:17.625 --> 00:33:20.022
따라서 너무도 중요합니다.

00:33:20.122 --> 00:33:22.768
일 중에 알짜힘이 한 일.

00:33:22.868 --> 00:33:24.890
이건 알짜힘을 표현한 기호야.

00:33:24.990 --> 00:33:30.321
알짜힘이 한 일은 무조건
무슨 에너지의 변화량이나,

00:33:30.421 --> 00:33:33.241
운동 에너지의 변화량이다.

00:33:33.341 --> 00:33:36.646
이것도 여러분이 반드시
기억하고 계셔야 됩니다.

00:33:36.746 --> 00:33:43.433
알짜힘이 한 일은 운동
에너지의 변화량이다.

00:33:43.533 --> 00:33:44.793
기억해야 돼.

00:33:44.893 --> 00:33:51.101
물체에 작용하는 알짜힘이 한
일은 운동 에너지의 변화량.

00:33:51.201 --> 00:33:59.332
물체에 작용하는 중력이 한 일은

00:33:59.432 --> 00:34:03.977
퍼텐셜 에너지의 변화량에
마이너스를 붙인 값이다.

00:34:04.077 --> 00:34:09.998

나중 값 빼기 처음 값에서
마이너스 값을 붙여준 거예요.

00:34:10.098 --> 00:34:14.210

마이너스를 옮겨야 $mgh_1 - mgh_2$ 가
될 거 아니야.

00:34:14.310 --> 00:34:17.857

물리적으로 마이너스 값이
나오니까 마이너스 값을 취해서

00:34:17.957 --> 00:34:22.655

중력이 한 일이랑 equal이라고
놓게 하려고 했던 겁니다.

00:34:22.755 --> 00:34:26.822

이렇게 해서 중력 퍼텐셜 에너지의
정의를 내릴 수 있었어요.

00:34:26.922 --> 00:34:33.648

그렇다면 이제 이번에는 무슨
에너지의 정의를 또 내려야 될까요?

00:34:33.748 --> 00:34:40.300

마지막 남은 탄성력 퍼텐셜 에너지의
정의를 내려보도록 하겠습니다.

00:34:40.400 --> 00:34:43.724

탄성력 퍼텐셜 에너지입니다.

00:34:43.824 --> 00:34:53.555

이 탄성력 퍼텐셜 에너지는
교과서를 분석했더니,

00:34:53.699 --> 00:34:57.541

제가 6종 교과서를 다
분석했다고 그랬잖아요.

00:34:57.641 --> 00:35:01.743

그랬더니 어떤 교과서에는
탄성 퍼텐셜 에너지가

00:35:01.843 --> 00:35:07.772

2분의 $1kx^2$ 이라고까지
나와 있는 교과서가 있고요.

00:35:07.872 --> 00:35:13.068

어떤 교과서에는 그냥 탄성 퍼텐셜
에너지가 뭔지만 나와 있는

00:35:13.168 --> 00:35:15.186

그런 교과서도 있었습시다.

00:35:15.286 --> 00:35:20.443

그래서 예상하건데 수능에서는
이 탄성 퍼텐셜 에너지

00:35:20.543 --> 00:35:26.526

2분의 $1kx^2$ 이라는 수치를 이용해서
계산하는 문제는 등장하지 않을 겁니다.

00:35:26.626 --> 00:35:33.071

왜? 6종 교과서에 모두
들어간 내용을 바탕으로

00:35:33.171 --> 00:35:35.128
수능 문제를 출제하고 있거든요.

00:35:35.228 --> 00:35:40.695
그런데 학교 시험에서는 학교
선생님이 가르치는 내용이

00:35:40.795 --> 00:35:42.673
곧 시험 문제에 출제되잖아.

00:35:42.773 --> 00:35:46.382
그래서 학교 선생님께서 이
탄성 퍼텐셜 에너지는

00:35:46.482 --> 00:35:50.454
2분의 $1kx^2$ 이야, 라고
대부분 말씀하실 거 같거든요.

00:35:50.554 --> 00:35:55.049
그러면 이 탄성 퍼텐셜 에너지를
이용한 문제도 출제될 수 있다는 걸

00:35:55.149 --> 00:35:57.722
여러분이 기억하고
계실 필요는 있겠죠.

00:35:57.822 --> 00:36:03.851
따라서 탄성력 퍼텐셜 에너지는 2분의
 $1kx^2$ 이라는 겁니다.

00:36:03.951 --> 00:36:08.447
그런데 이것도 당연하게 여러분이
쉽게 개념을 파악할 수가 있습니다.

00:36:08.547 --> 00:36:12.286
탄성력을 갖고 있는 대표적인
물체는 용수철입니다.

00:36:12.386 --> 00:36:15.538
용수철을 당겼다가
놓으면 돌아가고요.

00:36:15.638 --> 00:36:20.011
용수철을 당겼다가
놓으면 돌아갑니다.

00:36:20.111 --> 00:36:22.526
이때 너무 당연하죠?

00:36:22.626 --> 00:36:31.360
이 kx 값은 변형 길이가 크면 클수록
돌아가려는 에너지도 크겠구나.

00:36:31.460 --> 00:36:37.513
변형 길이가 크면 클수록 돌아가려는
힘도 크겠구나, 라는 건

00:36:37.613 --> 00:36:42.207
여러분이 상식적으로 알 수 있는
내용이라고 생각이 듭니다.

00:36:42.307 --> 00:36:43.884
이때 그러면 당연히 생각해봅시다.

00:36:43.984 --> 00:36:48.095
여기에 지금 물체가 매달려 있어요.

00:36:48.195 --> 00:36:50.905
그리고 이 물체가 쪽
당겨졌다가 놔지면

00:36:51.005 --> 00:36:52.351
쪽 돌아갈 거 아니야?

00:36:52.451 --> 00:36:55.288
쪽 돌아가면서 물체를 끌고 가죠?

00:36:55.388 --> 00:36:56.829
물체를 끌고 가니까.

00:36:56.929 --> 00:37:01.159
여기 물체를 걸어놓고
쪽 늘렸다가 놓으면

00:37:01.259 --> 00:37:04.186
물체가 쪽 끌려갈 거 아니에요.

00:37:04.316 --> 00:37:07.350
끌려간다는 건 힘으로
이동하게 된다는 거니까

00:37:07.450 --> 00:37:09.074
결국 뭘 하게 된다는 거야?

00:37:09.174 --> 00:37:10.752
일을 하게 된다는 거죠.

00:37:10.852 --> 00:37:15.048
결과적으로 물체가 많이 늘어나
있으면 많이 늘어나 있을수록

00:37:15.148 --> 00:37:19.178
용수철이 많이 늘어나 있으면
많이 늘어나 있을수록

00:37:19.278 --> 00:37:25.350
물체를 끌고 이동시킬 수 있는
일도 늘어나게 되는 거죠.

00:37:25.450 --> 00:37:29.838
결과적으로 탄성력 퍼텐셜 에너지도

00:37:29.938 --> 00:37:34.015
중력 퍼텐셜 에너지와 똑같은
개념으로 적용할 수 있습니다.

00:37:34.115 --> 00:37:46.385

바로 탄성력이 할 수
있는 일의 양을

00:37:46.485 --> 00:37:49.018
탄성 퍼텐셜 에너지라고 부르고요.

00:37:49.118 --> 00:37:52.123
따라서 개념적으로만 이해하면 돼요.

00:37:52.223 --> 00:37:55.982
애를 많이 늘리면 많이 늘릴수록
애가 돌아갈 수 있는,

00:37:56.082 --> 00:38:01.443
이동할 수 있는 거릿값이
커지니까 탄성력 퍼텐셜 에너지도

00:38:01.543 --> 00:38:06.083
탄성력이 할 수 있는 일의 양도
커진다고 정의내릴 수 있죠.

00:38:06.183 --> 00:38:12.535
그런데 왜 이게 중력과는 좀
다른 형태를 취하고 있느냐면

00:38:12.635 --> 00:38:14.121
여기 또 한 번 보도록 하겠습니다.

00:38:14.221 --> 00:38:20.554
여기 힘 거리 그래프를
파악해보도록 하겠습니다.

00:38:20.654 --> 00:38:26.430
힘 거리 그래프에서 여러분이 또 한 가지
기억하고 있어야 되는 개념은 뭐냐,

00:38:26.530 --> 00:38:31.332
힘 거리 그래프에서 넓이가
의미하는 바입니다.

00:38:31.432 --> 00:38:36.496
힘 거리는 그래프에서 넓이가
의미하는 바는 일입니다.

00:38:36.596 --> 00:38:40.091
보통 우리가 넓이는 어떤
형태로 구한다고 했어요?

00:38:40.191 --> 00:38:43.355
가로 곱하기 세로
꼴의 형태가 넓이죠?

00:38:43.455 --> 00:38:45.961
사각형의 넓이는 가로
곱하기 세로입니다.

00:38:46.061 --> 00:38:49.322
삼각형의 넓이도 2분의
1자가 붙어서 그렇지

00:38:49.422 --> 00:38:51.408

결국 가로 곱하기 세로 풀이고요.

00:38:51.508 --> 00:38:54.373

평행사변형 가로 곱하기
세로 풀이고요.

00:38:54.473 --> 00:38:57.249

마름모도 가로 곱하기
세로 풀이고요.

00:38:57.349 --> 00:39:02.924

사다리꼴은 아랫변, 윗변 더하기
곱하기 높이 나누기 2.

00:39:03.024 --> 00:39:05.461

결과적으로 가로 곱하기
세로 풀인 거죠.

00:39:05.561 --> 00:39:08.029

결국 가로 곱하기
세로 풀이 넓이인데

00:39:08.129 --> 00:39:09.974

가로 곱하기 세로
하면 뭐가 됩니까?

00:39:10.074 --> 00:39:15.008

힘 곱하기 거리 개념이니까
넓이는 일이 된다는 거고요.

00:39:15.108 --> 00:39:19.291

일은 당연히 뭐랑 똑같아?

00:39:19.391 --> 00:39:23.684

에너지 변화량과 똑같다는 걸
기억하셔야 되겠습니다.

00:39:23.784 --> 00:39:29.608

그러면 이 관점에서 탄성력이 할 수
있는 일의 양을 정의내릴 수가 있어요.

00:39:29.708 --> 00:39:35.876

바로 뭐냐, 탄성력은 어떻게
정의를 내려지느냐,

00:39:37.567 --> 00:39:42.653

이것도 수능에는 나올 리가 없고요.

00:39:42.753 --> 00:39:45.572

왜냐하면 6종 교과서에 다
들어있지 않은 내용이니까

00:39:45.672 --> 00:39:48.103

일부 교과서에 들어있는 내용입니다.

00:39:48.203 --> 00:39:50.890

제가 지금 어떤 교과서인지
정확히 기억은 안 나는데

00:39:50.990 --> 00:39:52.879

일부 교과서에 들어가 있습니다.

00:39:52.979 --> 00:39:57.195

따라서 탄성력은 이제
어떻게 정의 내려지냐면,

00:39:57.295 --> 00:40:02.506

탄성계수 곱하기 변형 길이
x값으로 정의가 내려집니다.

00:40:02.606 --> 00:40:05.969

탄성계수는 뭐냐, 이
용수철의 탱탱한 정도.

00:40:06.069 --> 00:40:08.747

탱탱한 정도를
탄성계수라고 부르고요.

00:40:08.847 --> 00:40:10.962

x는 변형 길이입니다.

00:40:11.062 --> 00:40:13.540

아까도 말씀드릴듯이
너무 당연한 거죠?

00:40:13.640 --> 00:40:18.653

많이 변형되면 많이 변형될수록
쫄그라들려는 힘이 세집니다.

00:40:18.753 --> 00:40:22.694

많이 변형되면 많이 변형될수록
쫄그라들려는 힘이 커지죠.

00:40:22.794 --> 00:40:26.136

그거를 표현한 거를 우리는
탄성력이라고 불러요.

00:40:26.236 --> 00:40:31.673

그래서 여러분이 이 탄성력이 중력과는
좀 차이가 있었던 게 뭐냐,

00:40:31.773 --> 00:40:35.849

중력은 여기 있으나 여기 있으나
여기 있으나 여기 있으나

00:40:35.949 --> 00:40:43.083

높이에 관계없이, 거리에 관계없이
다 똑같은 힘 mg가 나타납니다.

00:40:43.183 --> 00:40:59.246

따라서 탄성력이 아닌 중력을 이용해서
높이 그래프를 그리면 어떻게 그려지느냐,

00:40:59.346 --> 00:41:01.741

이렇게 그려져요.

00:41:01.841 --> 00:41:04.150

높이에 관계없이 중력은 일정하잖아.

00:41:04.250 --> 00:41:08.097

따라서 이 넓이 값으로 우리는
뭘 판단할 수 있다고 그랬어?

00:41:08.197 --> 00:41:12.289

힘 거리 그래프에서의 넓이
값으로 일을 표현할 수 있고

00:41:12.389 --> 00:41:15.657

일은 에너지 변화량으로
표현할 수 있다고 그랬죠.

00:41:15.757 --> 00:41:18.172

그래서 이 넓이 값이 곧 뭐니까?

00:41:18.272 --> 00:41:20.634

mgh죠.

00:41:20.734 --> 00:41:23.108

mg의 힘으로 일정하니까.

00:41:23.208 --> 00:41:24.761

그런데 탄성력은 어때요?

00:41:24.861 --> 00:41:29.614

거리에 따라서 힘이 다릅니다.

00:41:29.714 --> 00:41:31.712

많이 늘어나 있으면 힘이 세고요.

00:41:31.812 --> 00:41:35.440

쪼그라들면 쪼그라들수록
힘이 줄어들게 되죠.

00:41:35.540 --> 00:41:43.729

결국 물체를 당겨오면서 물체에게
주는 힘이 줄어든다고요.

00:41:43.829 --> 00:41:48.183

따라서 일정한 힘으로 물체를
이동시켰다고 이야기할 수 없습니다.

00:41:48.283 --> 00:41:56.424

따라서 내가 물체를 용수철에
매달아서 x만큼 변형시키고 있을 때

00:41:56.524 --> 00:41:59.922

그때 힘은 kx 가 되고요.

00:42:00.022 --> 00:42:04.709

이때 이 넓이가 바로
뭐가 되는 거야?

00:42:04.809 --> 00:42:07.225

할 수 있는 일의 양이 되는 거죠.

00:42:07.325 --> 00:42:08.864

용수철이 할 수 있는 일의 양.

00:42:08.964 --> 00:42:11.766

즉 탄성 퍼텐셜 에너지가 됩니다.

00:42:11.866 --> 00:42:17.609

그래서 이 넓이 값은

곧 뭐가 되는 거야?

00:42:17.709 --> 00:42:21.432
2분의 1 밀변 곱하기 높이.

00:42:21.532 --> 00:42:28.093
x 곱하기 kx에서 kx^2 이라는
일을 할 수 있다.

00:42:28.193 --> 00:42:30.923
일을 할 수 있는 값이 곧 뭐니까?

00:42:31.023 --> 00:42:34.433
퍼텐셜 에너지니까 그리고
탄성 퍼텐셜 에너지는

00:42:34.533 --> 00:42:40.275
2분의 $1kx^2$ 으로 정의내려질
수 있게 되는 겁니다.

00:42:40.375 --> 00:42:40.984
됐죠?

00:42:41.084 --> 00:42:43.413
그러면 이제 결과적으로
똑같은 관점인데요.

00:42:43.513 --> 00:42:57.793
일은 에너지 변화량 관점에서 결국
탄성력이 하는 일은 뭐와 일치해요?

00:42:57.893 --> 00:43:03.573
당연히 탄성 퍼텐셜 에너지
변화량과 일치하고요.

00:43:03.673 --> 00:43:06.906
당연히 마이너스 값을
또 붙여줘야 되겠죠.

00:43:07.006 --> 00:43:10.366
왜? 아까도 말씀드렸듯이
쪼그라들면 쪼그라들수록

00:43:10.466 --> 00:43:17.551
변형 길이가 줄어드니까 나중
에너지가 처음 에너지보다 작아요.

00:43:17.651 --> 00:43:20.705
따라서 마이너스 값을 붙여요.

00:43:20.805 --> 00:43:26.366
변화량은 나중 값 빼기 처음 값인데
나중 값이 처음 값보다 작으니까

00:43:26.466 --> 00:43:29.877
마이너스를 붙여야 플러스 값이
나와서 할 수 있는 거잖아.

00:43:29.977 --> 00:43:36.306
결과적으로 탄성력이
하는 일은 뭐가 된다?

00:43:37.907 --> 00:43:39.364
퍼텐셜 에너지.

00:43:39.464 --> 00:43:46.653
탄성 퍼텐셜 에너지의 변화량과 동일하다는
걸 기억하실 수 있으면 되겠습니다.

00:43:46.753 --> 00:43:52.731
그래서 다시 한번 탄성력 퍼텐셜
에너지는 2분의 $1kx^2$ 이다.

00:43:52.831 --> 00:43:56.201
반드시 기억해야 되는 공식이라고
말씀드리진 않겠습니다,

00:43:56.301 --> 00:43:58.024
수능을 준비하는 학생들에게는.

00:43:58.124 --> 00:44:02.044
그런데 내신을 준비하는 학생 중에
교과서에 이 공식이 써져있으면

00:44:02.144 --> 00:44:05.024
무조건 외우고 있어야 되는 거죠.

00:44:05.124 --> 00:44:09.850
그러면 지금까지 배워왔던 걸
한번 정리를 해보도록 할게요.

00:44:09.950 --> 00:44:13.003
우리가 지금까지 배워왔던
내용 어떻게습니까?

00:44:13.103 --> 00:44:17.243
일은 에너지 변화량이다.

00:44:17.343 --> 00:44:22.103
이때 일의 정의는 뭐였어?
힘으로 물체를 이동시키는 경우만을

00:44:22.203 --> 00:44:24.912
우리는 일이라고 정의를 내렸고요.

00:44:25.012 --> 00:44:29.935
이때 이 에너지를 우리는
세 가지 정의내렸죠?

00:44:30.035 --> 00:44:32.277
운동 에너지 뭐 정의내렸어?

00:44:32.409 --> 00:44:35.548
2분의 $1mv^2$ 이라고
정의 내렸고요.

00:44:35.648 --> 00:44:38.426
중력 퍼텐셜 에너지
어떻게 내렸어요?

00:44:38.526 --> 00:44:40.723
 mgh 로 정의내렸고요.

00:44:40.823 --> 00:44:45.916
탄성력 퍼텐셜 에너지는 2분의
 $1kx^2$ 이라고 정의 내렸습니다.

00:44:46.016 --> 00:44:50.986
이때 또 하나 정말 중요하게
반드시 기억해야 되는 개념.

00:44:51.086 --> 00:44:59.946
바로 뭐냐, 일 중에 알짜힘이
한 일은 에너지 변화량 중에

00:45:00.046 --> 00:45:02.632
무슨 에너지 변화량에 해당하느냐,

00:45:02.732 --> 00:45:05.005
운동 에너지 변화량에 해당한다.

00:45:05.105 --> 00:45:05.922
무조건이야.

00:45:06.022 --> 00:45:10.351
알짜힘이 한 일은 무조건
운동 에너지의 변화량이다.

00:45:10.451 --> 00:45:16.283
또 중력이 한 일은 무조건
무슨 에너지의 변화량?

00:45:16.383 --> 00:45:20.079
중력 퍼텐셜 에너지의 변화량.

00:45:20.801 --> 00:45:32.256
또 용수철과 같은 탄성력이 한 일은 무조건
탄성력 퍼텐셜 에너지의 변화량이다.

00:45:32.356 --> 00:45:35.954
이걸 여러분이 반드시
기억하고 계셔야 되겠습니다.

00:45:36.054 --> 00:45:37.049
되셨죠?

00:45:37.149 --> 00:45:43.042
그러면 나와 있는 문제들을 먼저
해결해 나가보도록 하겠습니다.

00:45:43.142 --> 00:45:51.451
봤더니 수평면에 자동차의 속도를
0에서 10m/s로 변하는 경우랑

00:45:51.551 --> 00:46:01.229
20m/s에서 30m/s로 변하는 경우
어느 경우에 자동차의 소모량이 더 클까.

00:46:01.329 --> 00:46:05.384
0에서 10, 10에서
20, 20에서 30.

00:46:05.484 --> 00:46:11.574

다 속도 변화량은 똑같은데 어떤 경우에 석유 소모가 더 클까.

00:46:11.674 --> 00:46:14.930

석유 소모가 크다는 건 뭘 의미할까요?

00:46:15.030 --> 00:46:19.761

누가 더 에너지를 많이 썼느냐를 의미하는 거죠.

00:46:19.861 --> 00:46:22.456

그러면 에너지를 누가 더 많이 썼느냐는

00:46:22.556 --> 00:46:27.313

누가 더 에너지가 많이 변했느냐를 따져주면 되겠죠.

00:46:27.413 --> 00:46:31.464

에너지가 변한 만큼 에너지가 투입됐을 거니까.

00:46:31.564 --> 00:46:34.093

그러면 이제 따져보도록 하겠습니다.

00:46:34.193 --> 00:46:42.430

여기 지금 속도가 0이었던 애가 속도가 10m/s가 된 경우이고요.

00:46:42.530 --> 00:46:52.581

그리고 속도가 20m/s였던 애가 속도가 30m/s가 된 경우.

00:46:52.681 --> 00:46:59.217

어떤 경우에 에너지 소모가 더 컸을까.

00:46:59.317 --> 00:47:05.046

애네는 다 수평면에서 동일한 높이로 이동하고 있으니까

00:47:05.146 --> 00:47:10.698

일은 에너지 변화량 관점에서 무슨 에너지가 변하는 거죠?

00:47:10.798 --> 00:47:12.724

에너지는 세 종류를 배웠잖아.

00:47:12.824 --> 00:47:16.393

운동 에너지, 중력 퍼텐셜 에너지, 탄성 퍼텐셜 에너지.

00:47:16.493 --> 00:47:21.229

이때 이 자동차가 용수철 같은 데 매달려있지 않죠?

00:47:21.329 --> 00:47:24.635

그러니까 탄성 퍼텐셜 에너지는 아예 존재하지도 않고요.

00:47:24.735 --> 00:47:28.379
에너지가 변하는데 중력 퍼텐셜
에너지는 변해, 안 변해?

00:47:28.479 --> 00:47:29.505
안 변해, 왜?

00:47:29.605 --> 00:47:32.543
같은 높이에서 지금
변하고 있으니까.

00:47:32.643 --> 00:47:35.363
그러면 변하는 에너지는
무슨 에너지밖에 없어요?

00:47:35.463 --> 00:47:36.688
운동 에너지밖에 없죠.

00:47:36.788 --> 00:47:42.416
결국 운동 에너지가 얼마큼 변했느냐로
얼마만큼의 일을 했느냐.

00:47:42.516 --> 00:47:48.387
즉 석유 소모가 얼마큼이 이루어졌느냐를
우리는 미루어 짐작할 수 있습니다.

00:47:48.487 --> 00:47:49.284
이제 봅시다.

00:47:49.384 --> 00:47:51.896
애의 운동 에너지 얼마가 됩니까?

00:47:51.996 --> 00:47:56.184
2분의 $1m^2$.

00:47:56.284 --> 00:48:02.637
우리 계산하기 편하게 이 자동차의
질량을 모두 $2kg$ 이라고 해봅시다.

00:48:05.186 --> 00:48:07.212
다시 하면 어떻게 됩니까?

00:48:07.312 --> 00:48:08.871
애의 운동 에너지 얼마입니까?

00:48:08.971 --> 00:48:12.514
2분의 $1*2*0^2$.

00:48:12.614 --> 00:48:14.407
애의 운동 에너지는 얼마입니까?

00:48:14.507 --> 00:48:19.178
2분의 $1*2*10^2$.

00:48:19.278 --> 00:48:22.510
에너지 얼마 변했나요?

00:48:22.610 --> 00:48:24.295
100이 변했습니다.

00:48:24.395 --> 00:48:26.550

에너지 변화량이 100이야.

00:48:26.650 --> 00:48:30.124

에너지 변화량이 100이면
한 일도 100.

00:48:30.224 --> 00:48:36.112

석유 소모가 100에 해당하는 에너지를
소모했겠구나, 라는 걸 의미하고요.

00:48:36.212 --> 00:48:38.727

애의 운동 에너지는 얼마입니까?

00:48:38.827 --> 00:48:42.953

2분의 $1 \times 2 \times 20^2$.

00:48:43.053 --> 00:48:44.949

애의 운동 에너지는 얼마입니까?

00:48:45.049 --> 00:48:49.335

2분의 $1 \times 2 \times 30^2$.

00:48:49.435 --> 00:48:53.233

나중 에너지 빼기 처음
에너지가 에너지 변화량이죠?

00:48:53.333 --> 00:48:55.539

얼마의 에너지가 변해요?

00:48:55.639 --> 00:49:01.469

900, 400이니까 500의
에너지가 변하는구나.

00:49:01.569 --> 00:49:06.727

결국 똑같이 0에서 10을 만들고
20에서 30을 만들었는데

00:49:06.827 --> 00:49:10.382

똑같이 속도는 10을
변화시켰는데 석유 소모는,

00:49:10.482 --> 00:49:13.739

에너지 변화는 어느
게 더 심합니까?

00:49:13.839 --> 00:49:18.763

20에서 30으로 만들 때
에너지 변화가 심하죠.

00:49:18.863 --> 00:49:24.384

즉 투입되는 일이, 해야 되는 일이 더
훨씬 크다는 걸 알 수 있습니다.

00:49:24.484 --> 00:49:28.495

그래서 여러분이 운전을
해보진 않았지만

00:49:28.595 --> 00:49:36.000

자동차를 보면 자동차가 속도가 빨라지면
빨라질수록 석유 소모가 커져요.

00:49:36.100 --> 00:49:41.162
그리고 예를 들어서 속도를 0에서
100km로 만드는 건 쉬워.

00:49:41.262 --> 00:49:45.904
그런데 100km에서 200km로
만드는 건 더 어렵고요.

00:49:46.004 --> 00:49:52.042
200km에서 300km로
만드는 건 더 어렵죠.

00:49:56.020 --> 00:50:00.314
어떤 안 좋은 자동차들은
300km를 달릴 수도 없어요.

00:50:00.414 --> 00:50:01.518
왜 그럴까요?

00:50:01.618 --> 00:50:03.628
왜 300km를 못 달릴까?

00:50:03.728 --> 00:50:08.614
엔진이 그만큼의 일을 할
수가 없기 때문인 거야.

00:50:08.714 --> 00:50:10.907
100 정도를 만드는
일을 하는 거야.

00:50:11.007 --> 00:50:16.080
그런데 시속 200 정도의
속도를 만드는 에너지를

00:50:16.180 --> 00:50:17.777
엔진이 공급을 못 하는 거고요.

00:50:17.877 --> 00:50:22.712
300 정도를 만드는 에너지를
엔진이 공급을 못 하는 겁니다.

00:50:22.812 --> 00:50:27.537
그러니까 그 속도를 못 만든다고
표현할 수 있게 되는 거죠.

00:50:27.637 --> 00:50:33.472
결과적으로 이렇게
운동 에너지의 변화로

00:50:33.572 --> 00:50:39.192
어떤 일을 표현할 수 있겠구나, 라는 걸
여러분이 생각해주시면 될 것 같고요.

00:50:39.292 --> 00:50:41.962
그러면 이제 문제 2번
보도록 하겠습니다.

00:50:42.062 --> 00:50:46.704
문제 2번은 어떤 상황이나,

00:50:46.804 --> 00:50:48.675

경사면이 이렇게 있습니다.

00:50:48.775 --> 00:50:52.484

경사면 위에 지금 이렇게
자동차가 있는데요.

00:50:52.584 --> 00:50:54.447

물체가 경사면 위에 놓여있는데

00:50:54.547 --> 00:50:57.865

이 물체가 정지해있대요.

00:50:57.965 --> 00:50:59.047

속도가 0이었대.

00:50:59.147 --> 00:51:05.398

그런데 애가 경사면을 쪽 내려오고 났더니
속도가 얼마가 됐다고 되어있냐,

00:51:05.498 --> 00:51:08.900

4m/s가 되어있다고 했습니다.

00:51:09.000 --> 00:51:11.553

그러면 똑같은 경사면이 있는데

00:51:11.653 --> 00:51:19.519

여기 위에서 지금 출발을 3m/s로
통과하는 물체가 있다면

00:51:19.619 --> 00:51:28.708

이 물체가 경사면을 내려와서 속도가
얼마가 될까를 묻은 거죠.

00:51:28.808 --> 00:51:30.586

여기서 전체 조건은 물론 뭐야?

00:51:30.686 --> 00:51:34.848

문제에 써져있진 않지만,
마찰은 무시하는 상황이죠.

00:51:34.948 --> 00:51:37.682

마찰은 없다고 생각을 해야 되고요.

00:51:37.782 --> 00:51:40.519

이때 그러면 어떻게
문제가 해결되는 거냐,

00:51:40.619 --> 00:51:42.815

경사면을 내려오고 있어요.

00:51:42.915 --> 00:51:47.856

경사면을 내려오게 되면 경사면을
내려오는 동안 힘이 작용하죠?

00:51:47.956 --> 00:51:51.841

그 힘으로 경사면의 길이만큼
일을 하게 됩니다.

00:51:51.941 --> 00:51:59.900

결과적으로 여기서 경사면에 작용하는
힘으로 이 거리 S를 이동시켜서

00:52:00.000 --> 00:52:03.857
에너지가 변하게 됩니다.

00:52:05.423 --> 00:52:09.581
이때 무슨 에너지가 변했어요?

00:52:09.681 --> 00:52:11.900
운동 에너지가 변했습니다.

00:52:12.000 --> 00:52:13.971
이때 여러분이 여기서
기억해야 될 거.

00:52:14.071 --> 00:52:16.489
이 힘을 지금 뭐로 놓은 거냐,

00:52:16.589 --> 00:52:26.485
경사면을 내려오는 동안 작용한
알짜힘으로 놓은 겁니다.

00:52:26.585 --> 00:52:28.731
따라서 알짜힘이 일을 했죠?

00:52:28.831 --> 00:52:32.176
알짜힘이 일을 했으니까
무슨 에너지가 변해요?

00:52:32.276 --> 00:52:33.875
운동 에너지가 변해요.

00:52:33.975 --> 00:52:37.579
애의 운동 에너지 얼마입니까?

00:52:37.679 --> 00:52:39.463
당연히 0입니다.

00:52:39.563 --> 00:52:41.370
다 2kg이라고 똑같이 합시다.

00:52:41.470 --> 00:52:46.112
이 자동차의 질량은
2kg, 2kg.

00:52:46.212 --> 00:52:50.155
그러면 애의 운동
에너지는 얼마가 되죠?

00:52:50.255 --> 00:52:54.264
2분의 1mv^2 해서
16이 됩니다.

00:52:54.364 --> 00:53:00.834
결국 애는 경사면을 내려오는 동안
경사면으로 작용하는 알짜힘이 한 일은

00:53:00.934 --> 00:53:03.213
에너지 변화량은 16입니다.

00:53:03.313 --> 00:53:12.224
그러면 이 경우도 똑같은 경사면을 똑같은

힘으로 똑같은 거리를 이동하니까

00:53:12.324 --> 00:53:17.501
결과적으로 이때도 에너지 변화량은,
운동 에너지 변화량은,

00:53:17.601 --> 00:53:22.294
알짜힘이 한 일에 해당하는 운동
에너지의 변화량은 얼마가 변해야 되요?

00:53:22.394 --> 00:53:25.178
16이 변해야 됩니다.

00:53:25.278 --> 00:53:28.489
그런데 여기에서의 운동
에너지는 얼마야?

00:53:28.589 --> 00:53:33.080
애의 운동 에너지는 질량을 지금
2kg이라고 놓기로 했죠?

00:53:33.180 --> 00:53:35.993
애의 운동 에너지는 얼마가 됩니까?
9죠.

00:53:36.093 --> 00:53:42.709
그러면 9에서 16의 에너지가 변하려면
애의 운동 에너지는 얼마가 돼요?

00:53:42.809 --> 00:53:48.624
9 더하기 16 해서
25가 되는 거죠.

00:53:48.724 --> 00:53:50.719
그러면 애의 운동
에너지가 25라는 건

00:53:50.819 --> 00:53:54.274
2분의 1, 질량 2kg으로
넣었으니까 v^2 .

00:53:54.374 --> 00:53:55.914
그래서 v 값은 얼마가 된다?

00:53:56.014 --> 00:54:00.568
5가 되는구나, 라는 걸
우리가 알 수 있게 됩니다.

00:54:00.668 --> 00:54:07.502
그래서 결과적으로 경사면을 내려오는
동안 작용한 알짜힘이 한 일의 관점에서

00:54:07.602 --> 00:54:12.680
운동 에너지의 변화량이라는
걸로 여기서의 속도를

00:54:12.780 --> 00:54:16.373
우리가 찾아낼 수 있었습니다.

00:54:18.663 --> 00:54:22.925
이런 개념들 여러분이 명확하게

기억을 하고 있어야만 하고요.

00:54:23.025 --> 00:54:26.126
물론 이렇게 내려오는 물체의 운동을

00:54:26.226 --> 00:54:31.592
우리는 중력 퍼텐셜 에너지 변화의
관점에서 설명할 수가 있습니다.

00:54:31.692 --> 00:54:37.025
그거는 조금 이따가 또 추가적인 말씀을
드릴 때 진행을 하도록 하겠고요.

00:54:37.125 --> 00:54:39.349
세 번째 문제 보도록 하겠습니다.

00:54:39.449 --> 00:54:41.817
세 번째 문제는 바로 뭐냐,

00:54:41.917 --> 00:54:51.865
지금 이 사람이 예를 들어서
높이 h 인 우주선에 탑승합니다.

00:54:51.965 --> 00:54:57.413
어느 경우에 사람이 탑승할 때가
더 에너지 소모가 크겠니?

00:54:57.513 --> 00:54:58.268
이걸 물었죠.

00:54:58.368 --> 00:55:01.504
즉 지구에서 탑승할 때
에너지 소모가 클까,

00:55:01.604 --> 00:55:05.457
달나라에서 탑승할 때
에너지 소모가 클까.

00:55:05.557 --> 00:55:08.711
이 사람은 여기 서 있다가
여기로 올라가게 되죠?

00:55:08.811 --> 00:55:16.223
여기 서 있다가 여기로
올라가게 됩니다.

00:55:17.524 --> 00:55:20.185
무슨 에너지가 변합니까?

00:55:20.285 --> 00:55:25.140
그렇죠, 높이가 변하는 중력
퍼텐셜 에너지가 변합니다.

00:55:25.240 --> 00:55:30.465
결국 중력 퍼텐셜 에너지가 변하니까

00:55:30.565 --> 00:55:33.429
중력 퍼텐셜 에너지가
얼마 변했는지 알면

00:55:33.529 --> 00:55:39.127

한 일이 얼마인지를 우리가
알 수 있게 되는 거죠.

00:55:39.227 --> 00:55:41.620

여기서 중력 퍼텐셜
에너지는 얼마입니까?

00:55:41.720 --> 00:55:44.130

mgh이고요.

00:55:44.230 --> 00:55:47.851

여기서의 중력 퍼텐셜 에너지는 얼마입니까?
0이죠.

00:55:47.951 --> 00:55:50.466

왜? 높이가 얼마입니까? 0입니까.

00:55:50.566 --> 00:55:53.019

결국 중력 퍼텐셜
에너지가 얼마 변해요?

00:55:53.119 --> 00:55:55.335

mgh가 변하죠?

00:55:55.435 --> 00:55:57.295

그러면 이마만큼 뭘했다는 소리야?

00:55:57.395 --> 00:56:00.979

일을 했다고 우리가 표현할
수 있게 되는 거죠.

00:56:01.079 --> 00:56:06.793

중력 퍼텐셜 에너지를 변화시키는 일을
했다, 끌어올리는 일을 한 거죠.

00:56:06.893 --> 00:56:08.710

올리는 일을 한 거죠.

00:56:08.810 --> 00:56:15.733

이때 이 사람의 질량은
달나라에서나 지구에서나 똑같아요.

00:56:15.833 --> 00:56:17.586

그리고 높이도 똑같아요.

00:56:17.686 --> 00:56:20.840

그런데 뭐가 다르냐, g가 다르죠.

00:56:20.940 --> 00:56:27.384

g가 지구에서는 9.8이지만 달나라에서는
지구의 6분의 1 정도가 됩니다.

00:56:27.484 --> 00:56:33.476

결국 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량이
지구에서가 커요, 달에서가 커요?

00:56:33.576 --> 00:56:35.145

그렇죠, 지구에서가 크죠.

00:56:35.245 --> 00:56:38.255

달에서는 지구에서의 6분의

1밖에 안 돼요.

00:56:38.355 --> 00:56:41.873
g가 6분의 1밖에 안 되니까.

00:56:41.973 --> 00:56:51.172
그래서 에너지 소모량은 지구에서가 달나라에서보다
크다고 설명할 수 있게 됩니다.

00:56:51.272 --> 00:56:58.545
그러면 칠관 정리 좀 하고 역학적 에너지
보존에 대한 내용 진행하도록 하겠습니다.

00:56:58.645 --> 00:57:02.941
이번에는 역학적 에너지라는 것에
대한 내용을 진행해보도록 할게요.

00:57:03.041 --> 00:57:05.517
역학적 에너지란 뭐냐,

00:57:05.617 --> 00:57:12.001
힘에 의해서 정의내려지는 에너지를
역학적 에너지라고 부르는데요.

00:57:12.101 --> 00:57:16.678
이 힘에 의해서 정의내려지는
에너지는 바로 무슨 에너지냐,

00:57:16.778 --> 00:57:19.225
우리가 방금 전까지
배워왔던 에너지입니다.

00:57:19.325 --> 00:57:30.822
바로 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지를
역학적 에너지라고 부르는데

00:57:30.922 --> 00:57:33.635
보통 역학적 에너지라고 부르면

00:57:33.735 --> 00:57:40.467
운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을
역학적 에너지라고 정의하고 있습니다.

00:57:40.567 --> 00:57:42.735
반드시 기억하셔야 되겠죠.

00:57:42.835 --> 00:57:48.502
역학적 에너지란 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지다.

00:57:48.602 --> 00:57:50.931
물론 퍼텐셜 에너지는
두 종류가 있죠?

00:57:51.031 --> 00:57:52.421
무슨 에너지와 무슨 에너지?

00:57:52.521 --> 00:57:56.880
중력 퍼텐셜 에너지와 탄성력
퍼텐셜 에너지가 있죠.

00:57:56.980 --> 00:58:01.517
이때 여러분이 역학적 에너지 보존 법칙으로 넘어가기에 앞서서

00:58:01.617 --> 00:58:05.521
너무 중요하니까 다시 한번 거듭 강조하는 내용이야.

00:58:05.621 --> 00:58:08.778
바로 뭐냐, 이번 단원에서 제일 중요한 내용은 뭐라고?

00:58:08.878 --> 00:58:12.657
일은 에너지 변화량이다.

00:58:12.757 --> 00:58:13.785
기억하시죠?

00:58:13.885 --> 00:58:16.573
이때 일의 정의는 어떻게 내려진다고?

00:58:16.673 --> 00:58:19.200
F*S.

00:58:19.300 --> 00:58:25.596
이때 알짜힘이 한 일은 무조건 무슨 에너지의 변화량?

00:58:25.696 --> 00:58:28.984
운동 에너지의 변화량이라고 그랬고요.

00:58:29.084 --> 00:58:32.631
중력이 한 일은 무조건 무슨 에너지의 변화량?

00:58:32.731 --> 00:58:37.323
퍼텐셜 에너지의 변화량에 마이너스를 붙인 값이라고 그랬고요.

00:58:37.423 --> 00:58:41.676
탄성력이 한 일은 무조건 무슨 에너지의 변화량?

00:58:41.776 --> 00:58:45.373
탄성력 퍼텐셜 에너지의 변화량이라고 그랬습니다.

00:58:45.473 --> 00:58:47.392
제일 중요한 건 바로 이거였죠?

00:58:47.492 --> 00:58:51.114
이 탄성 퍼텐셜 에너지의 공식 같은 건

00:58:51.214 --> 00:58:56.594
사실은 학교에 따라서 다르게 적용되어질 수 있다고 말씀을 드렸습니다.

00:58:56.694 --> 00:59:02.731

이런 상황이 제일
중요한 상황이었는데

00:59:02.831 --> 00:59:06.268
여기서 여러분은 또 뭘
판단해볼 수 있느냐,

00:59:06.368 --> 00:59:11.052
이 케이스 한번
주목해보도록 하겠습니다.

00:59:12.076 --> 00:59:16.625
알짜힘이 한 일은 운동
에너지의 변화량이고요.

00:59:16.725 --> 00:59:21.044
중력이 한 일은 퍼텐셜
에너지의 변화량입니다.

00:59:21.144 --> 00:59:22.681
물론 마이너스를 붙여야 되죠.

00:59:22.781 --> 00:59:26.847
그런데 알짜힘이 한 일은
운동 에너지의 변화량이고

00:59:26.947 --> 00:59:30.067
중력이 한 일은 퍼텐셜
에너지의 변화량인데

00:59:30.167 --> 00:59:34.838
알짜힘이 중력이면 어떻게 될까?

00:59:34.938 --> 00:59:36.648
알짜힘이 중력인 상황 많죠.

00:59:36.748 --> 00:59:39.516
예를 들어서 질량이
 m 인 물체가 있어요.

00:59:39.616 --> 00:59:42.136
질량이 m 인 물체를
들고 있다가 놔.

00:59:42.236 --> 00:59:44.657
놓으면 이 물체는
당연히 어떤 힘으로?

00:59:44.757 --> 00:59:50.233
아래 방향으로 중력 mg 의
힘으로 내려가게 되죠.

00:59:50.333 --> 00:59:58.533
결국 이 물체에게 작용하는
힘은 뭐밖에 없어요?

00:59:58.633 --> 01:00:00.559
중력밖에 없어요.

01:00:00.659 --> 01:00:06.472
중력밖에 없으니까 이 물체에게

작용하는 힘의 합은 중력이죠.

01:00:06.572 --> 01:00:09.569

결국 이 물체의
알짜힘은 중력입니다.

01:00:09.669 --> 01:00:13.574

알짜힘이란 힘의 합을
알짜힘이라고 부르잖아.

01:00:13.691 --> 01:00:20.417

따라서 이 물체의 경우는 중력에
의해서 떨어지는 물체의 경우는

01:00:20.517 --> 01:00:23.546

당연히 중력이 알짜힘입니다.

01:00:23.646 --> 01:00:31.443

중력이 알짜힘이면 중력이 한 일과
알짜힘이 한 일이 같아지는 거죠.

01:00:31.543 --> 01:00:32.869

맞잖아?

01:00:32.969 --> 01:00:35.554

알짜힘이 한 일은 운동
에너지 변화량이고

01:00:35.654 --> 01:00:38.498

중력이 한 일은 퍼텐셜
에너지의 변화량인데

01:00:38.598 --> 01:00:42.811

중력이 알짜힘이면 운동
에너지의 변화량 값과

01:00:42.911 --> 01:00:47.723

퍼텐셜 에너지의 변화량 값이
같다는 결론이 나오게 되죠.

01:00:47.823 --> 01:00:50.076

즉 어떤 상황이 나오느냐,

01:00:50.176 --> 01:00:55.441

운동 에너지의 변화량 값과
퍼텐셜 에너지의 변화량 값이

01:00:55.541 --> 01:00:59.580

같은 상황이 나올 수 있게 됩니다.

01:00:59.680 --> 01:01:03.726

그러면 이런 상황이 만들어지면
알짜힘이 중력으로 작용해서

01:01:03.826 --> 01:01:08.014

운동 에너지의 변화량과 퍼텐셜
에너지의 변화량이 같아지게 되면

01:01:08.114 --> 01:01:10.364

이 식을 변형시키면
이렇게 되는 거죠.

01:01:10.464 --> 01:01:16.216
운동 에너지의 변화량 플러스 퍼텐셜
에너지의 변화량 값은 0이다.

01:01:16.316 --> 01:01:18.255
이렇게 결론을 내릴
수 있게 됩니다.

01:01:18.355 --> 01:01:21.052
그러면 이 말은 뭘 의미할까요?

01:01:21.152 --> 01:01:24.771
운동 에너지가 증가하는
변화를 보이면

01:01:24.871 --> 01:01:28.790
퍼텐셜 에너지는 감소하는
변화를 보여야 되고

01:01:28.890 --> 01:01:34.695
그때 운동 에너지의 증가량 값과 퍼텐셜
에너지의 감소량 값이 어때서?

01:01:34.795 --> 01:01:39.614
같아서 둘을 더하면 0이
나오는구나, 라는 걸 뜻합니다.

01:01:39.714 --> 01:01:44.557
무슨 말이나, 물체를 놓으면
물체가 떨어집니다.

01:01:44.657 --> 01:01:47.885
떨어지면서 속력이 어떻게 됩니까?
빨라집니다.

01:01:47.985 --> 01:01:51.375
속력이 빨라진다는 건 운동
에너지가 어떻게 된다는 소리야?

01:01:51.475 --> 01:01:52.864
증가한다는 소리고요.

01:01:52.964 --> 01:01:55.347
떨어지면서 높이가 낮아집니다.

01:01:55.447 --> 01:01:59.800
높이가 낮아지면 퍼텐셜
에너지는 작아지게 됩니다.

01:01:59.900 --> 01:02:04.124
결국 운동 에너지는 증가하고
퍼텐셜 에너지는 작아지는데

01:02:04.224 --> 01:02:11.380
그 운동 에너지의 증가량 값과 퍼텐셜
에너지의 감소량 값이 같은 상황이죠.

01:02:11.480 --> 01:02:16.408
증가와 감소가 같으면 더해서 0이
나올 수밖에 없다는 겁니다.

01:02:16.508 --> 01:02:18.048

따라서 이걸 다시 정리하면,

01:02:18.148 --> 01:02:23.572

물체가 쭉 떨어질 때 운동
에너지, 퍼텐셜 에너지가 있는데

01:02:23.672 --> 01:02:31.877

운동 에너지 플러스 퍼텐셜 에너지 값이
항상 일정하다는 말과 똑같습니다.

01:02:31.977 --> 01:02:39.359

왜? 운동 에너지가 증가하면 그 증가한
만큼 퍼텐셜 에너지는 감소할 거니까

01:02:39.459 --> 01:02:47.900

둘을 더한 값은 항상 어떻게? 일정하다는
결론을 내리게 할 수 있다는 거죠.

01:02:48.000 --> 01:02:49.173

되시나요?

01:02:49.273 --> 01:02:53.032

이런 상황을 우리는
뭐라고 부르느냐,

01:02:53.132 --> 01:03:02.221

역학적 에너지 보존
상황이라고 부르고요.

01:03:02.321 --> 01:03:09.423

이처럼 알짜힘이 중력으로
작용하게 되는 상황에서는

01:03:09.553 --> 01:03:11.544

역학적 에너지가 보존된다.

01:03:11.644 --> 01:03:13.557

역학적 에너지가
보존된다는 말은 뭐야?

01:03:13.657 --> 01:03:18.205

운동 에너지 플러스 퍼텐셜
에너지 값이 일정하다.

01:03:18.305 --> 01:03:25.043

즉 운동 에너지 변화량 값과 퍼텐셜
에너지 변화량 값이 같다는 상황을

01:03:25.143 --> 01:03:29.139

우리는 역학적 에너지가 보존되는
상황이라고 부르는 거죠.

01:03:29.239 --> 01:03:34.920

그러면 알짜힘이 중력으로
작용하기 위해선

01:03:35.020 --> 01:03:40.831

애가 떨어지는 동안 공기 저항이나 이런
힘이 있으면 되겠어, 안 되겠어?

01:03:40.931 --> 01:03:41.734
안 되죠.

01:03:41.834 --> 01:03:44.449
그래서 역학적 에너지가
보존되기 위해선.

01:03:44.549 --> 01:03:46.695
즉 알짜힘이 중력으로
나타나긴 위해선.

01:03:46.795 --> 01:03:52.037
즉 운동 에너지의 변화량이 퍼텐셜
에너지의 변화량으로 나타나기 위해서는

01:03:52.137 --> 01:03:55.908
마찰이나 저항이 없는
상황이어야 된다는 겁니다.

01:03:56.008 --> 01:04:01.996
마찰이나 저항 없이 중력 만에
의해서 떨어지는 물체의 운동은

01:04:02.096 --> 01:04:06.692
중력 만에 의해서
운동하는 물체의 운동은

01:04:06.792 --> 01:04:09.387
역학적 에너지가 보존된다.

01:04:09.487 --> 01:04:12.457
이 조건이 만족된다는 겁니다.

01:04:12.557 --> 01:04:13.803
반드시 기억하셔야 됩니다.

01:04:13.903 --> 01:04:16.258
결국 역학적 에너지가
보존되는 상황은

01:04:16.358 --> 01:04:20.602
중력 만에 의해서 운동하는
물체의 운동 상황입니다.

01:04:20.702 --> 01:04:26.738
그러면 그 대표적인 케이스 다시
한번 좀 보여드리면 이런 상황이죠.

01:04:26.838 --> 01:04:30.906
질량을 갖고 있는 물체가
쭉 떨어지고 있습니다.

01:04:31.006 --> 01:04:34.470
쭉 떨어지게 되면 운동
에너지는 어떻게 됩니까?

01:04:34.570 --> 01:04:36.127
점점 증가하고요.

01:04:36.227 --> 01:04:37.734

퍼텐셜 에너지는 어떻게 됩니까?

01:04:37.834 --> 01:04:39.835
점점 감소하게 되죠.

01:04:39.935 --> 01:04:44.191
그런데 운동 에너지의 증가량 값과
퍼텐셜 에너지의 감소량 값이

01:04:44.291 --> 01:04:45.516
항상 어떠니까?

01:04:45.616 --> 01:04:58.456
같으니까 매 순간 이 높이에서의 중력
퍼텐셜 에너지 플러스 운동 에너지값과

01:04:58.604 --> 01:05:06.067
물체가 이 높이를 통과할 때 중력
퍼텐셜 에너지 플러스 운동 에너지값과

01:05:06.167 --> 01:05:13.624
이 높이를 통과할 때 중력 퍼텐셜
에너지 플러스 운동 에너지값과

01:05:13.724 --> 01:05:24.261
이 바닥에 닿기 직전의 운동 에너지값이
모두 어떻다는 거야?

01:05:24.361 --> 01:05:29.718
이 값, 이 값, 이 값, 이
값이 모두 어떻다는 거야?

01:05:29.818 --> 01:05:30.653
같다는 거죠.

01:05:30.753 --> 01:05:36.544
물론 처음에는 속도가 0이니까
여기서의 속도 값은 0이니까

01:05:36.644 --> 01:05:39.953
운동 에너지값도 0이
된다는 겁니다.

01:05:40.053 --> 01:05:43.028
결국 이 표현이 바로 뭐야?

01:05:43.128 --> 01:05:46.452
운동 에너지의 변화량 값과
퍼텐셜 에너지의 변화량 값이

01:05:46.552 --> 01:05:48.641
같다는 것을 뜻하는 겁니다.

01:05:48.741 --> 01:05:54.216
어떤 상황에서? 중력 만에 의해서
물체가 운동하게 되는 상황에서.

01:05:54.316 --> 01:05:54.951
됐죠?

01:05:55.051 --> 01:06:05.182

그러면 이번에는 탄성 퍼텐셜 에너지와 알짜힘의 관계를 한번 보도록 하겠습니다.

01:06:05.282 --> 01:06:07.926
물체가 이렇게 매달려 있어요.

01:06:08.026 --> 01:06:16.084
그러다가 놓으면 물체가 이 탄성력에 의해서 쭉 끌려옵니다.

01:06:16.232 --> 01:06:23.809
그럴 때 물체는 탄성력만을 받게 되죠.

01:06:23.909 --> 01:06:31.826
탄성력만을 받으면서 이동하게 되니까 결국 탄성력이 곧 무슨 힘이에요?

01:06:31.926 --> 01:06:33.208
알짜힘이죠.

01:06:33.308 --> 01:06:38.927
탄성력만 물체에게 작용하면 용수철이 쪼그라들려는 힘만 물체에게 작용하면

01:06:39.027 --> 01:06:42.084
그 물체에게 작용하는 힘은 탄성력밖에 없고요.

01:06:42.184 --> 01:06:45.740
탄성력만 작용하니까 탄성력이 알짜힘입니다.

01:06:45.895 --> 01:06:52.495
결과적으로 탄성력이 한 일이 알짜힘이 한 일과 같아지게 되죠.

01:06:52.595 --> 01:06:55.425
그렇다면 어떤 상황이 똑같이 연출돼요?

01:06:55.525 --> 01:06:58.083
이런 상황이 똑같이 연출되게 됩니다.

01:06:58.183 --> 01:07:00.961
그러면 이런 상황도 어떤 상황이라고 이야기할 수 있어요?

01:07:01.061 --> 01:07:04.779
역학적 에너지가 보존되는 상황이라고 이야기할 수 있어요.

01:07:04.879 --> 01:07:13.702
결과적으로 탄성력과 알짜힘의 관계를 이용해서

01:07:13.802 --> 01:07:16.617
중력이 한 일과 알짜힘이 한 일.

01:07:16.717 --> 01:07:20.684

탄성력이 한 일과
알짜힘이 한 일의 관계로

01:07:20.784 --> 01:07:27.052
우리는 역학적 에너지 보존 법칙을
설명할 수 있게 된다는 겁니다.

01:07:27.152 --> 01:07:37.594
따라서 마찬가지로 용수철의
변형에 의해서 나타나는

01:07:37.694 --> 01:07:42.706
탄성력에 의한 역학적
에너지 관계를 보면

01:07:42.806 --> 01:07:48.860
지금 이 용수철은 어떤 용수철이냐면,
뽕할 수 있는 용수철 있죠.

01:07:48.960 --> 01:07:53.648
누르면 돌아가려고 하고 늘리면
돌아가려고 하는 그런 용수철입니다.

01:07:53.748 --> 01:07:58.557
그래서 그 용수철의 원래
길이 지금 여기입니다.

01:07:58.657 --> 01:08:01.802
그래서 이 원래 길이 상태에서
늘리면 쪼그라들려고 하고

01:08:01.902 --> 01:08:06.250
쪼그라들면 늘리게
하는 용수철 있잖아.

01:08:06.350 --> 01:08:08.329
그 용수철을 이용한 겁니다.

01:08:08.429 --> 01:08:15.285
그래서 원래 길이로부터 변형 길이.

01:08:15.385 --> 01:08:18.513
그 변형 길이에 의한
에너지가 바로 뭐예요?

01:08:18.613 --> 01:08:21.660
탄성 퍼텐셜 에너지였죠.

01:08:21.760 --> 01:08:27.725
따라서 여기서 물체가
왔다 갔다 하는 거야.

01:08:27.825 --> 01:08:33.924
그러면 양 끝 지점에서는 당연히
속력이 얼마가 됩니까?

01:08:34.024 --> 01:08:36.151
0이 되죠?

01:08:36.251 --> 01:08:38.816
끝에서 0, 끝에서 0,

이렇게 되는 거잖아.

01:08:38.916 --> 01:08:43.451
따라서 양 끝 지점에서는 무슨
에너지만 있다고 이야기할 수 있어요?

01:08:43.551 --> 01:08:45.568
탄성 퍼텐셜 에너지, 얼마?

01:08:45.668 --> 01:08:50.488
2분의 1k, 여기 A라고
되어있으니까 A².

01:08:50.588 --> 01:08:52.086
변형 길이가 A인 거죠?

01:08:52.186 --> 01:08:54.796
A²의 에너지를 갖고
있다고 볼 수 있고요.

01:08:54.896 --> 01:09:02.612
이 중간 과정에서는 변형 길이도
있고 운동 에너지도 있는 거죠.

01:09:02.712 --> 01:09:04.653
따라서 여기서는 무슨 에너지?

01:09:04.753 --> 01:09:11.500
변형 길이에 의한 에너지 플러스 운동
에너지 2분의 1mv²이 됩니다.

01:09:11.600 --> 01:09:13.068
여기서는 어떻습니까?

01:09:13.168 --> 01:09:15.535
변형 길이가 없죠, 원래 길이니까.

01:09:15.635 --> 01:09:23.470
따라서 0+2분의 1mv².

01:09:23.607 --> 01:09:26.804
여기는 1이라고 하겠고요,
여기는 v²이라고 하겠습니다.

01:09:26.904 --> 01:09:29.165
여기서는 어떻습니까?

01:09:29.265 --> 01:09:33.340
변형 길이죠.
2분의 1kx²입니다.

01:09:33.440 --> 01:09:35.480
그런데 여기서 여러분이
주목해볼 건 뭐냐면,

01:09:35.580 --> 01:09:41.847
원래 길이에서 오른쪽으로 거리
x나 왼쪽으로 거리 x가

01:09:41.947 --> 01:09:43.939
에너지로는 똑같이 나타나죠.

01:09:44.039 --> 01:09:47.101

왜? 어차피 뭐니까?

x^2 이에요.

01:09:47.201 --> 01:09:50.789

원래 반대 방향이면 우리는

뭐라고 표현해요?

01:09:50.889 --> 01:09:54.771

마이너스로 표현해야 되는데

제공이 붙어있기 때문에

01:09:54.871 --> 01:09:57.023

어차피 똑같은 값을 갖게 됩니다.

01:09:57.123 --> 01:10:02.581

결국 여기서부터 같은 거리에

떨어져 있으면 뭐가 같아요?

01:10:02.681 --> 01:10:04.559

탄성 퍼텐셜 에너지와 같아요.

01:10:04.659 --> 01:10:08.464

플러스 운동 에너지,

이렇게 되는 거죠.

01:10:08.564 --> 01:10:10.682

그리고 여기서도 어떻게 됩니까?

01:10:10.782 --> 01:10:15.252

운동 에너지는 0이 되고 탄성

퍼텐셜 에너지만 있게 되죠.

01:10:15.352 --> 01:10:18.830

이 값이 모두 다 어때야 됩니까?

01:10:18.930 --> 01:10:19.906

같아야 됩니다.

01:10:20.006 --> 01:10:24.544

왜 알짜힘이 탄성력으로 나타나는가.

01:10:24.644 --> 01:10:26.950

여기서 주목해볼 건 두 가지입니다.

01:10:27.050 --> 01:10:31.724

첫 번째는 결국 양 끝에서는

무슨 에너지만 있어요?

01:10:31.824 --> 01:10:33.763

탄성 퍼텐셜 에너지만 있고요.

01:10:33.863 --> 01:10:38.116

원래 길이를 통과할 때는

무슨 에너지만 있어요?

01:10:38.216 --> 01:10:39.889

운동 에너지만 있어요.

01:10:39.989 --> 01:10:43.963

결국 양 끝 지점에서의
탄성 퍼텐셜 에너지와

01:10:44.063 --> 01:10:47.091

가운데를 통과할 때
운동 에너지가 어떻게?

01:10:47.191 --> 01:10:49.996

같다는 거 한 가지
기억할 수 있어야 되고요.

01:10:50.096 --> 01:10:55.836

두 번째, 원래 길이에서
같은 거리를 떨어져 있으면

01:10:55.936 --> 01:11:02.287

같은 탄성 퍼텐셜 에너지를 가지니까 같은
운동 에너지를 갖게 되겠구나, 라는 것도

01:11:02.387 --> 01:11:06.094

판단할 수 있게 되는 거죠.

01:11:06.552 --> 01:11:12.437

이렇게 해서 탄성 퍼텐셜 에너지에
대한 내용까지 확인을 해봤고요.

01:11:12.537 --> 01:11:18.691

문제에 들어가기에 앞서서
여러분이 조금 더 자세하게

01:11:18.791 --> 01:11:25.489

이 역학적 에너지가 보존되는 상황을
조금 더 어려운 관점에서도

01:11:25.589 --> 01:11:30.321

이해할 수 있어야 돼서 그거에 대한
설명을 좀 진행하도록 하겠습니다.

01:11:30.421 --> 01:11:32.485

여기 롤러코스터가 있습니다.

01:11:32.585 --> 01:11:37.930

여기에 물체가 또르르 굴러서
이렇게 내려옵니다.

01:11:38.030 --> 01:11:41.515

그러면 물체가 오르락내리락하죠.

01:11:41.615 --> 01:11:46.112

이 물체는 중력에
의해서 운동합니다.

01:11:46.212 --> 01:11:49.748

물론 이 물체에게는 중력만
작용하진 않습니다.

01:11:49.848 --> 01:11:53.273

그렇지만 중력에 의해서
운동하게 되죠.

01:11:53.373 --> 01:11:56.315

이때 마찰이나 저항을 무시한다면,

01:11:56.415 --> 01:12:01.128

중력에 의해서 운동하는 물체에
마찰이나 저항을 무시하면

01:12:01.228 --> 01:12:03.655

어떤 조건이 성립된다고 그랬어?

01:12:03.755 --> 01:12:07.577

역학적 에너지 보존 법칙이
성립된다고 그랬죠.

01:12:07.677 --> 01:12:11.248

그러면 역학적 에너지 보존 법칙이
성립된다는 건 뭘 의미해요?

01:12:11.348 --> 01:12:16.900

매 순간 운동 에너지 플러스
퍼텐셜 에너지 값이 어떻게?

01:12:17.000 --> 01:12:20.580

일정하다는 관점이 성립되는 거죠.

01:12:20.680 --> 01:12:25.033

결국 여기서의 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지.

01:12:25.133 --> 01:12:28.580

여기서의 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지.

01:12:28.680 --> 01:12:31.498

여기서의 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지.

01:12:31.598 --> 01:12:34.106

여기서의 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지.

01:12:34.206 --> 01:12:37.706

바닥에 내려왔을 때의 운동 에너지
플러스 퍼텐셜 에너지 값이

01:12:37.806 --> 01:12:40.746

모두 어떻게 되는 상황이야?

01:12:40.846 --> 01:12:43.491

같아야 되는 상황이라는 겁니다.

01:12:43.591 --> 01:12:47.249

그래서 여러분 프론트에서
제시되어있는 것처럼 이야기하면

01:12:47.349 --> 01:12:51.680

여기의 높이를 h , 여기의 높이를
 h_1 , 여기의 높이를 h_2 .

01:12:51.780 --> 01:12:57.785

여기서 내려오기 시작할 때의 속도를
 v , 여기서 내려오는 속도를 v_1 ,

01:12:57.885 --> 01:13:05.286
여기서의 속도를 v_2 , 바닥에
내려왔을 때 속도는 V 라고 해봅시다,

01:13:05.386 --> 01:13:06.569
여기를 높이라고 했을 때.

01:13:06.669 --> 01:13:09.092
그러면 여기서 역학적
에너지가 됩니까?

01:13:09.192 --> 01:13:12.929
2분의 $1mv^2+mgh$.

01:13:13.029 --> 01:13:14.906
여기서는 역학적 에너지가 됩니까?

01:13:15.006 --> 01:13:18.115
2분의 $1mv_1^2+mgh_1$.

01:13:18.215 --> 01:13:19.918
여기서의 역학적 에너지는 됩니까?

01:13:20.018 --> 01:13:23.394
2분의 $1mv_2^2+mgh_2$.

01:13:23.494 --> 01:13:25.308
여기서의 역학적 에너지는 됩니까?

01:13:25.408 --> 01:13:31.395
2분의 $1mV^2$ +퍼텐셜
에너지 0.

01:13:31.495 --> 01:13:34.211
이게 모두 같아야 된다는 겁니다.

01:13:34.311 --> 01:13:39.758
그래서 롤러코스터의 경우는 제일
꼭대기에서의 역학적 에너지,

01:13:39.858 --> 01:13:43.422
중간중간의 역학적 에너지, 바닥에
닿을 때의 역학적 에너지가

01:13:43.522 --> 01:13:46.926
모두 동일한 상황으로
적용할 수 있다.

01:13:47.026 --> 01:13:50.001
어떤 조건에서?

01:13:50.101 --> 01:13:54.692
바닥의 마찰, 공기의 저항.

01:13:54.792 --> 01:13:56.994
이런 것들을 무시할
수 있는 조건에서.

01:13:57.094 --> 01:14:04.172
결국 중력 만에 의해서 떨어지는 물체의

운동이라고 간주할 수 있다는 거죠.

01:14:04.272 --> 01:14:08.407

그 관점 여러분이 기억하실 수 있어야 되겠고요.

01:14:08.507 --> 01:14:10.610

마지막 개념입니다.

01:14:10.710 --> 01:14:12.860

이게 좀 어렵습니다.

01:14:12.960 --> 01:14:23.310

바로 뭐냐, 우리가 앞서 배웠던 함께 운동하는 물체를

01:14:23.410 --> 01:14:27.174

역학적 에너지로 분석하기입니다.

01:14:27.274 --> 01:14:30.884

애의 질량을 프린트처럼 M이라고 하겠고요.

01:14:30.984 --> 01:14:34.208

애의 질량을 m이라고 하겠습니다.

01:14:34.308 --> 01:14:39.920

그러면 우리는 앞에서 어떻게 이 물체의 운동을 분석했었죠?

01:14:40.020 --> 01:14:45.255

뉴턴의 운동 제3 법칙에서 애에 작용하는 중력 Mg,

01:14:45.355 --> 01:14:48.460

애에 작용하는 중력 mg.

01:14:48.560 --> 01:14:52.600

Mg, mg의 힘으로 애네가 어떻게 운동하게 되는지,

01:14:52.700 --> 01:14:58.138

어떤 가속도로 얼마만큼 운동할 수 있는지에 대한 이야기를 했었어요.

01:14:58.238 --> 01:15:04.030

그러면 이것을 역학적 에너지 관점에서 어떻게 분석을 하게 되느냐면

01:15:04.130 --> 01:15:06.076

역학적 에너지로 분석한다.

01:15:06.176 --> 01:15:12.022

이 말은 뭐냐, 바로 운동 에너지 변화를 분석하고요.

01:15:12.122 --> 01:15:14.867

퍼텐셜 에너지 변화를 분석하고요.

01:15:14.967 --> 01:15:18.304

역학적 에너지 변화를

분석하라는 뜻입니다.

01:15:18.404 --> 01:15:20.740
그러면 이제 어떻게 분석을 하느냐,

01:15:20.840 --> 01:15:25.061
이걸 가지고 표를 만드는 훈련을
좀 하실 필요가 있습니다.

01:15:25.161 --> 01:15:31.783
이런 연결된 물체의 운동을 에너지
관점에서 분석할 때는 표를 만드세요.

01:15:31.883 --> 01:15:32.870
무슨 표?

01:15:32.970 --> 01:15:37.376
질량 M , 질량 m 이 운동
에너지 변화는 어떤지,

01:15:37.476 --> 01:15:42.153
퍼텐셜 에너지 변화는 어떤지,
역학적 에너지 변화는 어떤지를

01:15:42.253 --> 01:15:45.776
표로 만들 때 이때 마지막
하나를 더 추가하면

01:15:45.876 --> 01:15:52.379
애네 돌을 한 덩어리라고
놓은 토탈 에너지 변화도

01:15:52.479 --> 01:15:56.066
여러분이 함께 따질
수 있어야 됩니다.

01:15:56.166 --> 01:16:01.204
여기서 한 가지 명확하게 기억하고
넘어가고 출발해야 될 건 뭐냐면,

01:16:01.304 --> 01:16:07.090
우리 앞에서 뉴턴의 운동 3 법칙에서
함께 운동하는 물체를 다룰 때도

01:16:07.190 --> 01:16:10.943
처음에 애네를 어떻게
놓고 시작을 했었죠?

01:16:11.043 --> 01:16:14.043
한 덩어리라고 가정하고
가속도를 구했었죠.

01:16:14.143 --> 01:16:17.727
결국 애네를 한 덩어리라고
놓을 수가 있습니다.

01:16:17.827 --> 01:16:19.075
함께 운동하니까.

01:16:19.175 --> 01:16:21.796
그러면 애네를 움직이게

하는 힘은 뭉박에 없죠?

01:16:21.896 --> 01:16:23.894

애네를 움직이게 하는 힘.

01:16:23.994 --> 01:16:28.612

애네들을 한 덩어리라고 놓으면
애네를 움직이게 하는 힘은

01:16:28.712 --> 01:16:29.996

중력밖에 없습니다.

01:16:30.096 --> 01:16:34.059

결국 애네는 중력에
의해서 운동을 합니다.

01:16:34.159 --> 01:16:43.111

따라서 애네를 한 덩어리라고 놓으면
역학적 에너지의 변화는 없습니다.

01:16:44.883 --> 01:16:48.382

역학적 에너지가 보존되는
상황은 뭐였어?

01:16:48.482 --> 01:16:53.252

운동 에너지의 변화 플러스
퍼텐셜 에너지의 변화.

01:16:53.352 --> 01:16:58.382

즉 역학적 에너지의 변화량의
합이 0이었어야 되는 거죠.

01:16:58.482 --> 01:16:59.227

기억하시죠?

01:16:59.327 --> 01:17:01.772

앞에서 정리했잖아.

01:17:01.872 --> 01:17:03.389

여기 있네.

01:17:04.479 --> 01:17:09.537

운동 에너지 변화 플러스 퍼텐셜
에너지의 변화량의 합이 0이다.

01:17:09.637 --> 01:17:13.506

이런 상황을 우리는 역학적
에너지가 보존된다고 봤었잖아요.

01:17:13.606 --> 01:17:17.439

결국 여기서 역학적 에너지의 변화는

01:17:17.539 --> 01:17:22.531

운동 에너지 변화 플러스 퍼텐셜
에너지의 변화인 거니까

01:17:22.631 --> 01:17:24.887

이 변화는 0이라는 겁니다.

01:17:24.987 --> 01:17:27.999

애네 둘을 한 덩어리

관점에서 놓고 보면.

01:17:28.099 --> 01:17:33.045

왜? 애네 둘을 움직이게 하는
힘은 중력밖에 없으니까.

01:17:33.145 --> 01:17:37.177

그런데 문제는 뭐냐, 애
따로 애 따로 볼 때입니다.

01:17:37.277 --> 01:17:40.552

애 따로 보면 애를
움직이게 하는 힘은

01:17:40.652 --> 01:17:45.098

애의 중력만이 아니라 줄이
잡아당겨 지는 힘도 있었죠.

01:17:45.198 --> 01:17:47.809

기억하십니까?

01:17:47.909 --> 01:17:52.165

애도 보면 애에게 작용하는
힘은 중력만이 있는 게 아니라

01:17:52.265 --> 01:17:54.899

줄이 잡아당겨 지는
힘도 있었습니다.

01:17:54.999 --> 01:18:02.428

결국 애 따로 애 따로 보면 애네를 움직이게
하는 힘이 중력만 있는 게 아니죠.

01:18:02.528 --> 01:18:07.980

따라서 역학적 에너지가 보존되지
않는 상황이겠구나, 라는 걸

01:18:08.080 --> 01:18:09.033

짐작할 수 있어요.

01:18:09.133 --> 01:18:11.671

그러면 이제 분석을 한번
해보도록 하겠습니다.

01:18:11.771 --> 01:18:15.755

먼저 퍼텐셜 에너지
한번 보겠습니다.

01:18:15.855 --> 01:18:17.166

애의 퍼텐셜 에너지.

01:18:17.266 --> 01:18:21.033

애가 무겁고 애가 가볍다면
쭝 이렇게 되잖아요.

01:18:21.133 --> 01:18:23.870

그러니까 애는 퍼텐셜
에너지가 어떻게 됩니까?

01:18:23.970 --> 01:18:25.444

높이가 점점 어떻게 됩니까?

01:18:25.544 --> 01:18:29.285
내려가니까 퍼텐셜 에너지는 어떻게 됩니까?
줄어듭니다.

01:18:29.385 --> 01:18:33.100
퍼텐셜 에너지가 줄어드니까
마이너스 값이 나오게 되죠,

01:18:33.200 --> 01:18:34.803
퍼텐셜 에너지의 변화량 값은.

01:18:34.903 --> 01:18:39.012
나중 값이 처음 값보다 작으니까

01:18:39.112 --> 01:18:43.479
나중 값 빼기 처음 값하면
마이너스가 나올 거 아닙니까?

01:18:43.579 --> 01:18:44.891
그런데 애는 어떻습니까?

01:18:44.991 --> 01:18:46.550
쭉 올라가죠?

01:18:46.650 --> 01:18:49.973
그러니까 퍼텐셜 에너지가 어떻게 됩니까?
증가합니다.

01:18:50.073 --> 01:18:54.027
따라서 퍼텐셜 에너지의 변화량
값은 플러스가 나옵니다.

01:18:54.127 --> 01:19:00.117
이때 애네는 쭉 되니까 속도가
점점 어떻게 됩니까?

01:19:00.217 --> 01:19:01.194
빨라지죠?

01:19:01.294 --> 01:19:06.543
속도가 점점 빨라지니까 운동
에너지는 둘 다 증가합니다.

01:19:07.518 --> 01:19:08.695
그러면 이제 어떻게 되죠?

01:19:08.795 --> 01:19:10.608
벌써 m 나오죠.

01:19:10.708 --> 01:19:17.076
 m 을 보면 애는 올라가니까
퍼텐셜 에너지 증가하죠?

01:19:17.176 --> 01:19:21.162
올라가면서 속도가 빨라지니까
운동 에너지도 증가합니다.

01:19:21.262 --> 01:19:26.230
결국 m 은 역학적
에너지가 증가합니다.

01:19:27.104 --> 01:19:29.722
애 역학적 에너지가 증가하면

01:19:29.822 --> 01:19:32.730
애의 역학적 에너지는 어떻게
돼야 된다는 소리야?

01:19:32.830 --> 01:19:37.028
감소해야 되겠구나, 라는 걸
우리가 알 수 있게 되는 거죠.

01:19:37.128 --> 01:19:38.850
그래서 역학적 에너지.

01:19:38.950 --> 01:19:46.262
M의 역학적 에너지 감소량과 m의
역학적 에너지의 증가량 값이

01:19:46.362 --> 01:19:50.691
같아서 합쳐지면 0이
나오겠구나, 라는 것도

01:19:50.791 --> 01:19:51.797
우리가 알 수 있고요.

01:19:51.897 --> 01:19:57.520
또 토탈 값을 봐야 되니까 애네 둘의
운동 에너지는 둘 다 빨라지고 있으니까

01:19:57.620 --> 01:20:01.259
당연히 운동 에너지는 증가하죠.

01:20:01.359 --> 01:20:04.402
이때 여기는 마이너스일까
플러스일까?

01:20:04.502 --> 01:20:06.384
마이너스가 클까, 플러스가 클까.

01:20:06.484 --> 01:20:10.865
상식적으로 생각해봤을 때
애가 높이 h를 내려오면

01:20:10.965 --> 01:20:13.862
애는 높이 h를 올라갑니다.

01:20:13.962 --> 01:20:17.522
애는 똑같은 높이를 내려오면 똑같은
높이를 올라갈 수밖에 없죠.

01:20:17.622 --> 01:20:21.847
그러면 애 퍼텐셜 에너지의
감소량은 Mgh 고요.

01:20:21.947 --> 01:20:25.964
애의 퍼텐셜 에너지의
증가량은 mgh 입니다.

01:20:26.064 --> 01:20:29.552
그런데 M이 m보다

크다고 가정했으니까

01:20:29.652 --> 01:20:35.440

감소량이 증가량보다 크니까
당연히 이걸 마이너스고요.

01:20:35.540 --> 01:20:40.566

그래서 이 경우도 운동 에너지의 증가량과
퍼텐셜 에너지의 감소량이 어때서?

01:20:40.666 --> 01:20:49.303

같아서 토탈 역학적 에너지는
동일하다, 변하지 않는다, 라는

01:20:49.403 --> 01:20:56.438

역학적 에너지 보존 법칙
상황이 만들어지게 됩니다.

01:20:56.538 --> 01:20:57.541

되나요?

01:20:57.641 --> 01:21:01.259

이렇게 해서 이 연결된
물체의 운동을

01:21:01.359 --> 01:21:04.860

역학적 에너지로 분석하는
방법에 대한 이야기까지

01:21:04.960 --> 01:21:07.057

말씀을 드려봤습니다.

01:21:07.157 --> 01:21:12.020

그러면 지금까지 배워왔던
내용들이 수능 유형에서는

01:21:12.120 --> 01:21:17.873

어떻게 출제되어왔었는지 그리고
어떻게 출제될 가능성이 있는지를

01:21:17.973 --> 01:21:21.813

한번 분석해 나가보도록 하겠습니다.

01:21:21.913 --> 01:21:26.003

당연히 제 설명을 듣기에 앞서서
여러분은 어떻게 해야 됩니까?

01:21:26.103 --> 01:21:30.575

여러분 스스로 풀 수 있든
없든 한번 문제를 읽어보고

01:21:30.675 --> 01:21:35.471

어떻게 해야 되지, 이걸 고민하고
제 설명을 들어야 되겠죠.

01:21:35.571 --> 01:21:37.538

보도록 하겠습니다.

01:21:37.638 --> 01:21:40.678

문제를 봤더니 문제에
뭐라고 되어있느냐,

01:21:40.778 --> 01:21:46.751
A와 B에 같은 힘 F를 줬대요.

01:21:46.851 --> 01:21:51.183
그런데 질량은 A가
B보다 작답니다.

01:21:51.283 --> 01:21:59.040
그리고 거리 s만큼, 똑같은
거리 s만큼을 이동시켰답니다.

01:21:59.140 --> 01:22:00.749
그러면 이제 문제 보겠습니다.

01:22:00.849 --> 01:22:04.723
걸린 시간을 비교하랍니다.

01:22:04.823 --> 01:22:07.297
어떻게 해야 될까요?

01:22:07.397 --> 01:22:12.666
저는 vt 그래프 그리라고
말씀드리겠습니다.

01:22:12.766 --> 01:22:15.338
저 vt 그래프 되게 좋아하죠?

01:22:15.438 --> 01:22:20.073
앞에서 뉴턴의 운동 법칙 제1,
2 법칙 할 때도 말씀드렸고

01:22:20.173 --> 01:22:23.041
그 전 앞에서 여러
가지 운동할 때도

01:22:23.141 --> 01:22:26.716
vt 그래프가 얼마나
중요한지 말씀을 드렸습니다.

01:22:26.816 --> 01:22:30.203
문제 보면 질량이
A가 B보다 작대.

01:22:30.303 --> 01:22:32.500
애는 애보다 작대요.

01:22:32.600 --> 01:22:33.985
그런데 똑같은 힘을 줬어.

01:22:34.085 --> 01:22:41.559
 $F=m*a$ 인데 힘은 같은데
질량이 누가 무겁니?

01:22:41.659 --> 01:22:42.790
B가 무거워.

01:22:42.890 --> 01:22:45.055
그러면 가속도는 누가 크겠니?

01:22:45.155 --> 01:22:46.771

A가 크겠죠.

01:22:46.871 --> 01:22:50.853

그러면 가속도는 vt
그래프에서 어떻게 그려져요?

01:22:50.953 --> 01:22:52.623

기울기로 나타내지죠.

01:22:52.723 --> 01:22:56.820

그러면 A가 이렇게 그려진다면
B는 어떻게 그려진다는 소리야?

01:22:56.920 --> 01:23:00.250

이렇게 그려지게 된다는
것을 뜻합니다.

01:23:00.350 --> 01:23:03.309

왜? 기울기가 B가
더 작아야 되니까.

01:23:03.409 --> 01:23:05.007

왜 기울기가 B가 더 작아야 돼?

01:23:05.107 --> 01:23:07.717

가속도가 B가 더 작으니까.

01:23:07.817 --> 01:23:11.454

가속도는 vt 그래프에서
기울기니까.

01:23:11.554 --> 01:23:13.509

이렇게 우리가 표현할
수 있게 됩니다.

01:23:13.609 --> 01:23:15.406

이때 문체에 뭐라고 되어있어요?

01:23:15.506 --> 01:23:20.501

같은 거리를 이동했대요.

01:23:20.601 --> 01:23:24.012

그러면 vt 그래프에서
뭐가 같다는 소리야?

01:23:24.112 --> 01:23:25.389

넓이가 같다는 겁니다.

01:23:25.489 --> 01:23:35.147

결국 A가 이동한 넓이랑 B가
이동한 넓이가 어때야 돼요?

01:23:35.247 --> 01:23:35.990

같아야 돼요.

01:23:36.090 --> 01:23:45.748

이제 같기 위해서는 당연히 B의 시간이
A의 시간보다 더 길어야만 합니다.

01:23:45.848 --> 01:23:53.279

그래야 A의 넓이랑 B의 넓이가 같으면서

A의 기울기가 B의 기울기보다 클 수 있는

01:23:53.379 --> 01:23:56.642

이런 상황이 만들어질 수 있게 되죠.

01:23:56.742 --> 01:24:01.512

그래서 걸린 시간은 A가 B보다 길다, 틀렸죠?

01:24:01.612 --> 01:24:04.309

B가 더 깁니다.

01:24:05.458 --> 01:24:09.851

ㄴ, 충격량을 물었어요.

01:24:09.951 --> 01:24:12.606

이거 기억나십니까?

01:24:12.706 --> 01:24:15.588

운동량과 충격량 단원에서 이야기했죠,

01:24:15.688 --> 01:24:19.077

세 번째 강의였던 걸로 기억하는데.

01:24:19.177 --> 01:24:21.112

충격량은 뭐였어?

01:24:23.950 --> 01:24:27.624

힘 곱하기 힘이 작용한 시간이었습니다.

01:24:27.724 --> 01:24:30.714

물론 충격량은 언제나 뭐와 같았어요?

01:24:30.814 --> 01:24:35.203

운동량의 변화량 값과 같았다는 것도 기억하셔야 되죠.

01:24:35.303 --> 01:24:37.410

이거 굉장히 중요한 내용이었죠?

01:24:37.510 --> 01:24:40.422

이거 일과 에너지랑 헷갈리면 안 돼요.

01:24:40.522 --> 01:24:43.180

충격량은 힘 곱하기 시간입니다.

01:24:43.280 --> 01:24:45.681

일은 힘 곱하기 거리예요.

01:24:45.781 --> 01:24:49.063

충격량은 운동 에너지 변화량과 같아요.

01:24:49.163 --> 01:24:50.661

$m\Delta v$ 예요.

01:24:50.761 --> 01:24:54.479
일은 에너지 변화량과 같아요.

01:24:54.579 --> 01:24:58.902
충격량과 에너지,
충격량과 일은 달라요.

01:24:59.002 --> 01:25:04.572
충격량은 힘 곱하기 시간입니다.

01:25:04.672 --> 01:25:05.882
문제에 뭐라고 나와 있어?

01:25:05.982 --> 01:25:08.754
힘은 같대.

01:25:08.854 --> 01:25:10.223
동일한 힘을 주고 있어.

01:25:10.323 --> 01:25:13.061
그런데 시간이 누가 더 길어요?

01:25:13.161 --> 01:25:16.029
B가 A보다 더 길죠.

01:25:16.129 --> 01:25:21.181
따라서 힘이 작용한 충격량은
누가 더 클 수밖에 없어요?

01:25:21.281 --> 01:25:23.616
B가 더 클 수밖에 없죠.

01:25:23.716 --> 01:25:26.923
동일한 힘이 작용했는데
시간이 B가 더 기니까.

01:25:27.023 --> 01:25:30.274
따라서 Δ 보기도 틀렸습니다.

01:25:30.374 --> 01:25:33.653
 Δ , 운동 에너지의
증가량을 물었습니다.

01:25:33.753 --> 01:25:39.726
지금 이 물체에게는
둘 다 알짜힘이 F입니다.

01:25:39.826 --> 01:25:49.046
그러면 운동 에너지의 변화량은
언제나 뭐와 같다고 그랬어?

01:25:49.146 --> 01:25:52.198
알짜힘이 한 일과
같다고 그랬습니다.

01:25:52.298 --> 01:25:53.471
너무 중요하죠.

01:25:53.571 --> 01:25:58.586
이번 단원에서 제일 중요한 건
일은 에너지 변화량이다.

01:25:58.686 --> 01:26:02.333

이때 알짜힘이 한 일은 운동
에너지의 변화량이라고요.

01:26:02.433 --> 01:26:04.693

그러면 알짜힘이 한 일은
당연히 어떻게 구합니까?

01:26:04.793 --> 01:26:07.948

알짜힘 곱하기 이동
거리 S로 구하죠.

01:26:08.048 --> 01:26:12.335

물체에 작용하는 힘
F가 알짜힘이죠?

01:26:12.435 --> 01:26:15.298

알짜힘이 어떤 상황이야?
같은 상황이잖아.

01:26:15.398 --> 01:26:17.958

이동 거리 어떤 상황이야?
같은 상황이잖아.

01:26:18.058 --> 01:26:23.751

그러면 같은 알짜힘으로
같은 거리를 이동했으니까

01:26:23.851 --> 01:26:26.172

알짜힘이 한 일은 같죠?

01:26:26.272 --> 01:26:30.424

따라서 운동 에너지의
변화량도 같습니다.

01:26:30.524 --> 01:26:33.820

같은 운동 에너지가 변화된다고요.

01:26:33.920 --> 01:26:39.015

물론 운동 에너지는 2분의
 $1mv^2$ 으로 표현되니까

01:26:39.115 --> 01:26:41.433

운동 에너지의 변화량은 같지만

01:26:41.533 --> 01:26:44.911

m값이 누가 무거워요?

01:26:45.011 --> 01:26:46.268

B가 더 크죠?

01:26:46.368 --> 01:26:51.325

따라서 속도는 누가 더 많이
변했다고 볼 수가 있어요?

01:26:51.425 --> 01:26:54.500

A가 더 많이 변했구나,
라는 걸 알 수 있죠.

01:26:54.600 --> 01:26:57.699

동일한 운동 에너지
변화를 갖고 왔는데

01:26:57.799 --> 01:27:00.266

결국 동일한 운동 에너지를
갖게 됐을 테니까

01:27:00.366 --> 01:27:04.424

결국 질량이 작은 애가
속도 변화량은 크겠다.

01:27:04.524 --> 01:27:10.637

역시나 vt 그래프에서 우리가 내렸던
결론과 똑같은 결론이 나오게 되죠.

01:27:10.737 --> 01:27:18.180

이렇게 해서 2번 보기만 맞추나,
라는 걸 우리가 판단할 수 있습니다.

01:27:18.280 --> 01:27:21.413

그러면 이제 2번 문제
보도록 하겠습니다.

01:27:21.513 --> 01:27:25.784

2번 문제는 뭐냐, 문제를 보시면
문제에 어떻게 되어있느냐,

01:27:25.884 --> 01:27:35.732

지금 이 물체에게 힘을 줘서 이마만큼
이동시킨 다음에 딱 놓은 거죠?

01:27:35.832 --> 01:27:39.904

그러면 여기서 이 물체가
속도를 갖고 있었을 거고요.

01:27:40.004 --> 01:27:45.648

그 속도로 쪽 높이
h까지 올라갔답니다.

01:27:45.748 --> 01:27:49.920

그러면 여기서 우리가 짐작해볼
수 있는 건 뭘까요?

01:27:50.020 --> 01:27:53.679

힘으로 2h를 이동시켰으니까
뭘 했다는 소리야?

01:27:53.779 --> 01:27:55.805

일을 했어요.

01:27:55.905 --> 01:27:58.431

F*S의 일을 합니다.

01:27:58.531 --> 01:28:02.658

그러면 그 일에 의해서
물체의 에너지가 변하겠죠?

01:28:02.758 --> 01:28:06.070

그런데 이 힘은
물체에게 작용한 힘.

01:28:06.170 --> 01:28:08.037
이 힘이 알짜힘이죠?

01:28:08.137 --> 01:28:10.800
결국 알짜힘으로 일을 했습니다.

01:28:10.900 --> 01:28:12.925
알짜힘으로 이동시켰습니다.

01:28:13.025 --> 01:28:16.723
결국 이 힘에 의해서
무슨 에너지가 변해요?

01:28:16.823 --> 01:28:19.160
운동 에너지가 변하게 됩니다.

01:28:19.260 --> 01:28:21.964
결국 여기서 무슨 에너지를
갖고 있었겠어요?

01:28:22.064 --> 01:28:24.445
운동 에너지를 갖고 있었겠죠.

01:28:24.545 --> 01:28:28.378
그 운동 에너지를 갖고
있다가 경사면을 올라가는데

01:28:28.478 --> 01:28:36.072
경사면을 올라가는 동안 이 물체는
중력에 의한 일을 합니다.

01:28:36.172 --> 01:28:38.507
마찰이나 저항은
무시한다고 했으니까.

01:28:38.607 --> 01:28:42.887
중력에 의한 일을 하면 역학적
에너지가 보존됩니다.

01:28:42.987 --> 01:28:44.646
롤러코스터랑 똑같은 개념이야.

01:28:44.746 --> 01:28:48.850
오르락내리락 하면서 역학적
에너지가 계속 보존된다고요.

01:28:48.950 --> 01:28:52.314
이거 올라가는 동안 역학적
에너지가 계속 보존된다고요.

01:28:52.414 --> 01:28:56.509
그러면 올라가기 시작할
때의 역학적 에너지랑

01:28:56.609 --> 01:29:01.317
최고점에 도달할 때의 역학적
에너지가 어때야 되는 상황이야?

01:29:01.417 --> 01:29:02.862
같아야 되는 상황이죠.

01:29:02.962 --> 01:29:08.782
그러면 여기에 도달할 때의 운동
에너지, 2분의 $1mv^2$ 값과

01:29:08.882 --> 01:29:15.527
여기서 도착했을 때의 퍼텐셜
에너지, mgh 값.

01:29:15.627 --> 01:29:17.414
이 두 값이 어때야 돼요?

01:29:17.514 --> 01:29:19.076
같아야 되죠.

01:29:19.176 --> 01:29:21.051
그러면 이제 어떤 결론이 나와?

01:29:21.151 --> 01:29:32.721
이 운동 에너지는 쑥 잡아당겨서
놓은 일 값이 운동 에너지고요.

01:29:32.821 --> 01:29:36.690
그 운동 에너지가 퍼텐셜
에너지로 바뀌는 개념이죠.

01:29:36.790 --> 01:29:42.875
결국 이 운동 에너지의 변화량 값이
운동 에너지의 변화를 만들고요.

01:29:42.975 --> 01:29:46.766
처음에는 속도가 0이었으니까.

01:29:46.866 --> 01:29:53.227
이 값이 퍼텐셜 에너지의 변화를 만들겠구나,
라는 결론을 내릴 수 있게 됩니다.

01:29:53.327 --> 01:29:55.557
그런데 문제에서는 뭘
구하라고 되어있어요?

01:29:55.657 --> 01:29:57.671
가속도를 구하라고 되어있어요.

01:29:57.771 --> 01:30:00.885
여기서 준 힘의 가속도를
구하라고 되어있습니다.

01:30:00.985 --> 01:30:04.076
힘은 어떻게 구합니까?

01:30:04.176 --> 01:30:05.972
 ma 로 구합니다.

01:30:06.072 --> 01:30:11.814
이 ma 의 힘으로 얼마를 이동시켰대?
 $2h$ 를 이동시켰대요.

01:30:11.914 --> 01:30:14.356
그러면 이마만큼의 일을 한 거죠?

01:30:14.456 --> 01:30:18.436

그 일에 의해서 운동
에너지가 그만큼 변했을 거고

01:30:18.536 --> 01:30:25.969
그 운동 에너지가 퍼텐셜 에너지로
바뀔 거니까 mgh 가 되는 거죠.

01:30:26.069 --> 01:30:31.755
그래서 가속도 값은 뭐다?

01:30:31.855 --> 01:30:38.982
2분의 $1g$ 구나, 라는 걸 이런 방법으로
우리가 알아낼 수 있게 됩니다.

01:30:39.082 --> 01:30:42.069
기억하실 수 있어야 되겠죠.

01:30:42.169 --> 01:30:44.046
3번 보도록 하겠습니다.

01:30:44.146 --> 01:30:50.810
3번은 탄성 퍼텐셜 에너지가
들어있는 문제를 좀 골라봤습니다.

01:30:50.910 --> 01:30:57.565
탄성 퍼텐셜 에너지의
수식적인 건 여러분이

01:30:57.665 --> 01:31:03.484
학교 여러분의 수업 상황에 따라서
기억해도 되고 기억 안 하셔도 되지만

01:31:03.584 --> 01:31:07.712
탄성 퍼텐셜 에너지가 뭔지는
반드시 기억하고 계셔야 됩니다.

01:31:07.812 --> 01:31:12.546
그리고 물체가 운동할 때
탄성 퍼텐셜 에너지,

01:31:12.646 --> 01:31:14.953
마찰이나 저항이 무시되는 상황에서는

01:31:15.053 --> 01:31:19.878
역학적 에너지가 보존된다는 상황도
여러분이 기억하실 수 있어야 되고요.

01:31:19.978 --> 01:31:21.922
그러면 이제 보도록 하겠습니다.

01:31:22.022 --> 01:31:27.640
이 문제에 지금 질량이 1kg 인
물체가 속도 6 으로 가서

01:31:27.740 --> 01:31:31.877
정지해 있는 물체랑 빵하고 충돌해서

01:31:31.977 --> 01:31:40.399
같은 속력으로 순간 가다가 분리돼서
이렇게 나뉘고 있습니다.

01:31:40.499 --> 01:31:44.195

이 문제 보니까 뭐
떠오르는 거 없어요?

01:31:45.875 --> 01:31:48.378

운동량 보존 법칙.

01:31:48.478 --> 01:31:54.826

충돌이 일어나서 분리되고
이런 일이 발생하고 있죠.

01:31:54.926 --> 01:31:59.769

운동량 보존 법칙도 적용을
해야 되는 문제라는 겁니다.

01:31:59.869 --> 01:32:03.607

그러면 이 속도가
얼마인지를 물었습니다.

01:32:03.707 --> 01:32:05.545

어떻게 알 수 있을까요?

01:32:05.645 --> 01:32:11.709

운동량 보존 법칙에 의해서 충돌
전 운동량과 충돌 후 운동량.

01:32:11.809 --> 01:32:16.338

또는 충돌 후 운동량이 얼마야 돼?
같아야 되죠.

01:32:16.438 --> 01:32:20.932

운동량은 쪽 유지보존 돼야 됩니다.

01:32:21.032 --> 01:32:26.450

외부에서 마찰이나 저항이 없는
상태로 운동을 하게 된다면

01:32:26.550 --> 01:32:28.715

운동량은 쪽 유지되는 거죠.

01:32:28.815 --> 01:32:30.588

그러면 여기서의 운동량은 뭐니까?

01:32:30.688 --> 01:32:34.084

애의 운동량은 얼마?

01:32:34.184 --> 01:32:36.107

운동량은 어떻게 구하는 거였어?

01:32:36.207 --> 01:32:39.231

$m*v$ 였잖아, 질량 곱하기 속도.

01:32:39.331 --> 01:32:40.486

애의 운동량은 얼마예요?

01:32:40.586 --> 01:32:44.910

1 곱하기 6 더하기, 애의 운동량 얼마예요?
0은,

01:32:45.010 --> 01:32:48.357

애랑 애의 운동량 얼마예요?

01:32:50.035 --> 01:32:53.285
1kg, 2kg.

01:32:53.385 --> 01:32:55.107
둘 다 같은 속도로 간다잖아.

01:32:55.207 --> 01:32:56.193
그러면 몇kg이?

01:32:56.293 --> 01:32:59.143
3kg이 속도 v 로 가는 거죠.

01:32:59.243 --> 01:33:00.727
또 여기서 어떻게 됩니까?

01:33:00.827 --> 01:33:07.289
1kg, 3kg이니까 1kg은
속도가 얼마로 바뀌었어요?

01:33:07.389 --> 01:33:09.337
반대로 2로 바뀌었죠?

01:33:09.437 --> 01:33:21.445
그러면 $(-2)+2kg+vB$ (속도)다.

01:33:21.545 --> 01:33:28.802
이렇게 애 운동량이 애의 운동량,
애의 운동량으로 바뀐다.

01:33:28.902 --> 01:33:31.618
운동량은 유지보존 된다고
판단할 수 있죠.

01:33:31.718 --> 01:33:37.232
그래서 이 v 는 얼마라는 걸
우리가 알 수 있어요?

01:33:37.332 --> 01:33:39.515
2구나, 라는 걸 알 수 있고요.

01:33:39.615 --> 01:33:46.272
여기서 충돌 후 vB 의 속도는
얼마라는 걸 알 수 있어요?

01:33:46.372 --> 01:33:51.266
4구나, 라는 걸
알 수 있게 되는 거죠.

01:33:51.366 --> 01:33:56.108
이렇게 해서 γ 보기는 맞는
보기다, 라는 걸 알 수 있고요.

01:33:56.208 --> 01:33:58.446
 γ 보기 보겠습니다.

01:33:58.546 --> 01:34:04.442
용수철이 최대로 압축되는 순간
용수철에 저장된 에너지가 얼마나.

01:34:04.542 --> 01:34:07.962

이때 용수철에 저장된 에너지가
얼마나를 물었습니다.

01:34:08.062 --> 01:34:11.110

이때 우리는 뭘 이용할 수
있어야 돼요?

01:34:11.210 --> 01:34:15.075

역학적 에너지 보존을
이용할 수 있어야 됩니다.

01:34:15.175 --> 01:34:17.417

마찰이나 저항이 없는 상황이니까

01:34:17.517 --> 01:34:20.965

애네들의 역학적
에너지는 보존됩니다.

01:34:21.065 --> 01:34:23.272

따라서 여기서의 무슨 에너지가?

01:34:23.372 --> 01:34:26.626

역학적 에너지가 여기서의
역학적 에너지와

01:34:26.726 --> 01:34:31.449

여기서의 역학적 에너지로 모두 다
동일한 값으로 나타내야 되는 거죠.

01:34:31.549 --> 01:34:35.684

그러면 여기서 무슨
에너지가 있어요?

01:34:35.784 --> 01:34:37.295

운동 에너지가 있습니다.

01:34:37.395 --> 01:34:39.433

애의 운동 에너지 얼마입니까?

01:34:39.533 --> 01:34:46.310

2분의 1mv^2 더하기,
애의 운동 에너지는 얼마야?

01:34:46.410 --> 01:34:48.485

0이죠, 속도가 0이니까.

01:34:48.585 --> 01:34:52.023

=, 애네들의 운동 에너지 얼마입니까?
2분의 1.

01:34:52.123 --> 01:34:55.067

어차피 똑같은 속도를
갖는다고 그랬으니까

01:34:55.167 --> 01:34:59.858

질량을 그냥 둘 다 3으로 놓고
 V^2 으로 놓으면 되죠.

01:34:59.958 --> 01:35:04.631

더하기 용수철의 퍼텐셜
에너지가 됩니다.

01:35:04.731 --> 01:35:08.805

그런데 이 v 값은
지금 얼마라고 구했어요? 2.

01:35:08.905 --> 01:35:15.319

그러면 이 v 값이 2가
되면 여기는 얼마예요?

01:35:15.419 --> 01:35:16.838

18이고요.

01:35:16.938 --> 01:35:20.505

여기는 6이네요.

01:35:20.605 --> 01:35:27.805

결국 여기에서의 운동
에너지는 18이고

01:35:27.905 --> 01:35:33.146

애네들의 운동 에너지는 6이니까
운동 에너지가 얼마 변했어요?

01:35:33.246 --> 01:35:34.405

12가 변했죠?

01:35:34.505 --> 01:35:37.849

그 12의 운동 에너지는
변화량을 누가 갖고 있어야 돼?

01:35:37.949 --> 01:35:39.857

퍼텐셜 에너지.

01:35:39.957 --> 01:35:43.550

그러니까 애의 퍼텐셜 에너지가
얼마여야 된다는 소리야?

01:35:43.650 --> 01:35:51.039

12이어야 되는구나, 라고 해서 Δ
보기는 맞다고 표현할 수 있게 됩니다.

01:35:51.139 --> 01:35:53.694

물론 여기서도 역학적
에너지는 얼마여야 돼?

01:35:53.794 --> 01:35:59.480

똑같이 여기서의 역학적 에너지, 여기서의
역학적 에너지인 18과 같아야 되죠.

01:35:59.580 --> 01:36:02.408

그러면 애의 운동 에너지
한번 구해볼까요?

01:36:02.508 --> 01:36:08.426

2분의 1 곱하기 m 곱하기,
반대 방향 속도 v 지만

01:36:08.526 --> 01:36:16.580

어차피 v_0 이니까 4 더하기, 애의 운동
에너지 2분의 1 곱하기 2 곱하기,

01:36:16.680 --> 01:36:20.341
속도가 얼마가 나왔어? 16.

01:36:20.441 --> 01:36:24.791
그러면 이거 더하면 얼마가 됩니까?

01:36:24.891 --> 01:36:30.068
똑같이 18이 나오는구나, 라는 걸
우리가 알 수 있게 되는 거죠.

01:36:30.168 --> 01:36:31.234
이것도 맞아떨어지네.

01:36:31.334 --> 01:36:34.159
이렇게 여러분이
생각하실 수 있었으면

01:36:34.259 --> 01:36:36.645
더 훌륭한 결과가 됐었겠죠.

01:36:36.745 --> 01:36:40.928
 τ , v_B 의 속도는 얼마야?

01:36:41.028 --> 01:36:44.515
물론 τ , v_B 의 속도는 어떤
관점으로도 풀 수 있었어?

01:36:44.615 --> 01:36:48.172
이렇게 운동량 보존 법칙이
아니라 운동 에너지.

01:36:48.272 --> 01:36:52.342
역학적 에너지 보존 법칙
관점에서도 풀어낼 수 있었죠.

01:36:52.442 --> 01:36:59.339
마찰이나 저항을 무시하게 되면 역학적
에너지는 항상 유지보존 된다고요.

01:36:59.439 --> 01:37:02.301
이렇게 해서 3번 해결해봤고요.

01:37:02.401 --> 01:37:06.715
그러면 이제 마지막 문제
4번 보도록 하겠습니다.

01:37:06.815 --> 01:37:08.410
조금 어렵습니다.

01:37:08.510 --> 01:37:11.056
바로 뭐냐, 연결된 물체.

01:37:11.156 --> 01:37:17.868
함께 운동하는 물체를
분석하는 내용입니다.

01:37:17.968 --> 01:37:23.572
일단 이 물체는 이쪽 방향, 경사면
아래 방향으로 힘이 작용하고요.

01:37:23.672 --> 01:37:26.307

이쪽 방향으로도 힘이 작용하죠.

01:37:26.407 --> 01:37:29.313

그래서 이쪽으로 작용하고
이쪽으로 작용하는데

01:37:29.413 --> 01:37:34.510

여기서 잡고 있다가 손을 딱 뺐더니
애가 쑥 이렇게 되는 거죠.

01:37:34.610 --> 01:37:37.405

같이 움직이는 거죠.

01:37:37.505 --> 01:37:40.352

당연히 이쪽으로
작용하는 힘이 일정하고

01:37:40.452 --> 01:37:44.016

이쪽으로 작용하는 힘이 일정하니까

01:37:44.116 --> 01:37:50.462

애네 돌을 한 덩어리라고 봤을 때 작용하는
힘이 일정하니까, 변하지 않으니까

01:37:50.562 --> 01:37:54.634

결과적으로 애네는 알짜힘이 일정한
운동, 가속도가 일정한 운동.

01:37:54.734 --> 01:37:58.632

등가속도 운동을 하게 됩니다.

01:37:58.732 --> 01:37:59.460

되셨죠?

01:37:59.560 --> 01:38:03.368

이때 A의 평균 속력은
얼마나를 물었고요.

01:38:03.468 --> 01:38:09.241

τ , 퍼텐셜 에너지와 운동
에너지의 변화를 묻고 있습니다.

01:38:09.341 --> 01:38:11.487

이걸 어떻게 구할 수
있을까를 봤더니

01:38:11.587 --> 01:38:14.914

일단 에너지 변화량
관점이 나왔어요.

01:38:15.014 --> 01:38:16.972

이거 어떻게 하라고 그랬니?

01:38:17.072 --> 01:38:19.089

표 만들라고 그랬죠, 어떻게?

01:38:19.189 --> 01:38:26.891

운동 에너지 변화량, 퍼텐셜 에너지
변화량, 역학적 에너지 변화량을

01:38:26.991 --> 01:38:30.339

표로 완성을 하시면 됩니다.

01:38:30.979 --> 01:38:35.464
A, B, 토탈.

01:38:35.564 --> 01:38:37.030
이거 너무 중요합니다.

01:38:37.130 --> 01:38:39.599
표 만드는 훈련 여러분이
하실 수 있어야 돼요.

01:38:39.699 --> 01:38:43.480
무조건 애네들은 마찰이나
저항 없이 운동하니까

01:38:43.580 --> 01:38:48.762
한 덩어리 관점으로 보면
애네를 움직이게 하는 힘은

01:38:48.862 --> 01:38:54.055
중력에 의한 힘이니까 역학적
에너지는 변하지 않습니다.

01:38:54.155 --> 01:38:56.483
그러면 여기는 0인 상황이고요.

01:38:56.583 --> 01:38:57.995
시작해보도록 하겠습니다.

01:38:58.095 --> 01:39:00.213
먼저 퍼텐셜 에너지
변화 보겠습니다.

01:39:00.313 --> 01:39:02.096
일단 B는 올라가죠?

01:39:02.196 --> 01:39:06.985
퍼텐셜 에너지가 얼마 변합니까?

01:39:07.085 --> 01:39:09.429
mg(2h).

01:39:09.529 --> 01:39:17.496
B는 퍼텐셜 에너지가
mg(2h)가 증가합니다.

01:39:17.596 --> 01:39:20.966
그에 비해서는 A는 지금
어떻게 되고 있어요?

01:39:21.066 --> 01:39:26.035
3m짜리가 높이 h를 내려오니까
퍼텐셜 에너지가 감소하죠?

01:39:26.135 --> 01:39:31.860
얼마 감소해요?
-3mgh 감소합니다.

01:39:31.960 --> 01:39:38.470
그러면 토탈 퍼텐셜 에너지는 어떻게 됩니까?

감소하죠, 줄어들죠.

01:39:38.570 --> 01:39:43.447

얼마가 줄어요?

-mgh가 줄었습니다.

01:39:43.547 --> 01:39:47.614

그러면 퍼텐셜 에너지가 감소하면 운동 에너지는 어떻게 돼야 된다는 소리야?

01:39:47.714 --> 01:39:49.146

증가해야 된다는 소리죠?

01:39:49.246 --> 01:39:51.080

얼마가 운동 에너지가 증가해야 돼?

01:39:51.180 --> 01:39:54.771

A, B의 운동 에너지는

씩 증가할 텐데

01:39:54.871 --> 01:39:56.240

얼마가 증가해야 돼?

01:39:56.340 --> 01:40:01.280

퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지는 증가해야 되죠.

01:40:02.750 --> 01:40:07.836

이때 A의 운동 에너지 증가량과 B의 운동 에너지 증가량이.

01:40:07.936 --> 01:40:14.122

애네는 둘 다 증가하니까 운동 에너지 증가량을 합쳤더니 mgh래.

01:40:14.222 --> 01:40:15.659

운동 에너지는 어떻게 됩니까?

01:40:15.759 --> 01:40:18.261

2분의 $1mv^2$ 이죠.

01:40:18.361 --> 01:40:20.246

여기서 여러분이

기억해야 될 건 뭐냐,

01:40:20.346 --> 01:40:22.801

A와 B는 같이 움직입니다.

01:40:22.901 --> 01:40:26.967

그러니까 속력이 어때요? 같아요.

01:40:27.067 --> 01:40:31.605

그런데 질량이 몇 대 몇입니까?
3:1입니다.

01:40:31.705 --> 01:40:38.994

그 3:1의 운동 에너지가

차이 나는 값을 합쳤더니 mgh래.

01:40:39.094 --> 01:40:42.030

그러면 애의 운동 에너지와

애의 운동 에너지를 합치면

01:40:42.130 --> 01:40:47.159

mgh인데 A와 B의 운동
에너지는 몇 대 몇이야?

01:40:47.259 --> 01:40:49.180

3:1이라고요.

01:40:49.280 --> 01:40:52.287

속력은 어차피 같으니까.

01:40:52.413 --> 01:40:56.961

3:1을 합쳤더니 mgh니까 애는
운동 에너지가 얼마여야 돼?

01:40:57.061 --> 01:41:01.268

4분의 3mgh가 증가한다는 소리고

01:41:01.368 --> 01:41:03.425

애는 운동 에너지가
얼마가 되는 거야?

01:41:03.525 --> 01:41:11.851

4분의 1mgh가 증가해서 둘을 합쳐서
mgh가 증가한 상황이 되는 거죠.

01:41:11.951 --> 01:41:12.954

검산해볼까요?

01:41:13.054 --> 01:41:17.031

애 A의 역학적 에너지는
얼마가 됩니까?

01:41:17.131 --> 01:41:23.815

운동 에너지 증가량이 4분의 3,
퍼텐셜 에너지 감소량이 -3mgh.

01:41:23.915 --> 01:41:30.798

그러면 -4분의 9mgh입니다.

01:41:30.898 --> 01:41:34.473

B의 퍼텐셜 에너지 변화량 볼까요?

01:41:34.573 --> 01:41:44.376

4분의 1mgh 증가하고 mg(2h)
증가했으니까 4분의 9mgh.

01:41:44.476 --> 01:41:46.192

역시나 딱 맞아떨어지죠?

01:41:46.292 --> 01:41:51.604

A는 퍼텐셜 에너지가 감소하고 B는
퍼텐셜 에너지가 증가했구나, 라는 걸

01:41:51.704 --> 01:41:54.421

우리가 알 수 있게 됐습니다.

01:41:54.521 --> 01:41:56.363

이때 그러면 ㄴ 보겠습니다.

01:41:56.463 --> 01:41:59.058
A의 평균 속력을 물었어요.

01:41:59.158 --> 01:42:02.303
평균 속력은 어떤 식으로
구할 수 있을까?

01:42:02.429 --> 01:42:04.198
평균 속력이란 뭐야?

01:42:04.298 --> 01:42:08.278
처음부터 끝까지 쪽 얼마로 갔니?
이 소리잖아.

01:42:08.378 --> 01:42:11.254
애 처음에 움직이기 시작할
때는 속도가 얼마였어요?

01:42:11.354 --> 01:42:12.358
0이었고요.

01:42:12.458 --> 01:42:15.192
이때는 속도가 얼마인지
아직 몰라요.

01:42:15.292 --> 01:42:18.169
그러면 애가 지금 이런 운동을
했다는 소리 아니야?

01:42:18.269 --> 01:42:27.158
vt 그래프가 있으면 애가 속도 0에서
출발해서 v가 됐다는 소리죠?

01:42:27.258 --> 01:42:29.681
이때 평균 속도는 어떻게 되죠?

01:42:29.781 --> 01:42:34.109
등가속도 운동의 평균 속도는
어떻게 구하면 편하다고 그랬어?

01:42:34.209 --> 01:42:39.354
중간값이 평균 속도라고 그랬죠.

01:42:39.454 --> 01:42:42.769
원래 평균 속도는 어떻게 구해?

01:42:43.645 --> 01:42:48.905
시간 동안의 전체 거리,
넓이로 구하면 되죠?

01:42:49.005 --> 01:42:51.826
평균 속도란 전체 시간
동안 전체 거리였고요.

01:42:51.926 --> 01:42:54.840
이때 시간 거리는 넓이를
이용하면 되잖아.

01:42:54.940 --> 01:43:00.326
그런데 이 넓이는 중간값을 취한
넓이랑 어떤 수밖에 없어요?

01:43:00.426 --> 01:43:01.989
같은 수밖에 없죠?

01:43:02.089 --> 01:43:05.867
결국 이렇게 구한 평균 속도 값이나

01:43:05.967 --> 01:43:10.260
이렇게 구한 평균 속도
값은 동일하게 나오니까

01:43:10.360 --> 01:43:16.157
결국 처음부터 그냥 이 절반의 속도
값으로 평균 속도를 취해버리면

01:43:16.257 --> 01:43:19.310
가볍게 나오게 된다는 겁니다.

01:43:19.410 --> 01:43:21.429
그래서 우리는 이제
뭐만 알면 되는 거야?

01:43:21.529 --> 01:43:24.902
여기를 통과할 때의 속도가
얼마인지를 알아서

01:43:25.002 --> 01:43:31.172
그거를 절반으로 나누면 평균 속력, 평균
속도를 알 수 있겠구나, 라는 거죠.

01:43:31.272 --> 01:43:36.316
그러면 여기를 통과하는 속력은
어떻게 알 수 있을까?

01:43:36.416 --> 01:43:37.444
여기 나와 있죠?

01:43:37.544 --> 01:43:43.310
A가 여기를 통과할 때
운동 에너지가 이겁니다.

01:43:43.410 --> 01:43:47.226
여기를 통과할 때 운동
에너지가 이거야.

01:43:47.326 --> 01:43:49.912
변화량 값에 의해서
처음에 0이었으니까.

01:43:50.012 --> 01:43:50.977
그러면 어떻게 됩니까?

01:43:51.077 --> 01:43:52.769
여기의 운동 에너지는 0,

01:43:52.869 --> 01:44:02.420
여기서의 운동 에너지 2분의
 $1 \cdot 3mv^2$ 값이 얼마에 해당해요?

01:44:02.520 --> 01:44:07.412
4분의 $3mgh$ 가 되는 거죠.

01:44:07.512 --> 01:44:22.820

그러면 3m, 3m 날리고 2
날리면 v가 얼마가 나오니까?

01:44:22.920 --> 01:44:26.595

$\sqrt{2}$ 분의 1gh구나.

01:44:26.695 --> 01:44:30.359

이거의 절반 값이 평균 속력이죠.

01:44:30.459 --> 01:44:32.027

그러면 이게 아닌 거죠?

01:44:32.127 --> 01:44:38.129

이거의 절반 값이면 2분의
 $\sqrt{2}$ 분의 1gh가 되는 거죠.

01:44:42.689 --> 01:44:46.780

그래서 ㄴ번 보기는 틀렸죠.

01:44:46.880 --> 01:44:47.823

그러면 ㄷ 보겠습니다.

01:44:47.923 --> 01:44:54.934

A의 중력에 의한 퍼텐셜
에너지 감소량.

01:44:55.034 --> 01:44:56.444

-3mgh죠?

01:44:56.544 --> 01:45:00.686

B의 운동 에너지 증가량은
4분의 1mgh입니다.

01:45:00.786 --> 01:45:01.866

어떤 게 더 커요?

01:45:01.966 --> 01:45:05.513

A가 더 크다는 걸 우리가
판단할 수 있죠.

01:45:05.613 --> 01:45:08.037

변화량 값만 물은 거야,
절댓값을 물은 거야.

01:45:08.137 --> 01:45:10.698

이게 마이너스, 마이너스면
0 이하의 숫자.

01:45:10.798 --> 01:45:14.791

이런 의미로 물은 게 아니라
변화량을 물은 거야.

01:45:14.891 --> 01:45:19.481

그래서 여기는 3mgh가 변하고
여기는 4분의 1mgh가 변했으니까

01:45:19.581 --> 01:45:27.303

A의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량이 B의
운동 에너지 변화량보다 더 크다는 것을

01:45:27.403 --> 01:45:33.522
우리가 판단할 수 있어서 \neg , \cap 이
정답임을 찾아낼 수 있었습니다.

01:45:34.961 --> 01:45:37.461
솔직히 쉬운 내용은 아니야.

01:45:37.561 --> 01:45:41.287
그렇지만 여러분이 here를 극복해야

01:45:41.387 --> 01:45:50.080
굉장히 높은 수준의 물리적 학업 능력을
가지고 있다고 평가받을 수 있습니다.

01:45:50.180 --> 01:45:53.939
이거 여러분이 정확하게 이해하고
적용하는 훈련을 많이 하셔서

01:45:54.039 --> 01:45:57.192
문제를 쉽게 쉽게 풀면 정말
어디 가서 빠기셔도 됩니다.

01:45:57.292 --> 01:45:59.286
나중에 여러분이 물리1으로
수능을 볼 때

01:45:59.386 --> 01:46:02.752
그리고 집필고사, 기말고사,
중간고사 볼 때도

01:46:02.852 --> 01:46:06.922
아주 자신감 있게 문제들을
접근해서 고득점을 받을 수 있는

01:46:07.022 --> 01:46:09.979
그러한 여러분으로
성장해나갈 수 있습니다.

01:46:10.079 --> 01:46:12.020
복습 열심히 해보시고요.

01:46:12.120 --> 01:46:14.170
궁금한 사항들, 이해
안 되는 것들.

01:46:14.270 --> 01:46:18.995
이런 것들은 Q&A에 올리셔서 저랑
함께 고민해서 조금 더 발전적인

01:46:19.095 --> 01:46:21.805
여러분으로 성장해나가기길 바랍니다.

01:46:21.905 --> 01:46:22.898
수고하셨습니다.

01:46:22.998 --> 01:46:26.313
다음 강의에서 뵙도록 하겠습니다.