WEBVTT

00:00:10.861 --> 00:00:11.771

반갑습니다.

00:00:11.871 --> 00:00:14.415

물리학 1 기초개념학습

두 번째 시간,

00:00:14.515 --> 00:00:19.664

뉴턴의 운동 제1, 2 법칙에

대한 내용 진행하도록 하겠습니다.

00:00:19.764 --> 00:00:24.506

우리 지난 시간에 배운 내용은

물체의 운동을 표현하는 방법.

00:00:24.606 --> 00:00:27.516

속도, 가속도, 거리, 변위.

00:00:27.616 --> 00:00:29.716

이런 것들에 대한 표현이었어요.

00:00:29.816 --> 00:00:33.603

오늘은 물체의 운동에

근본적인 원인입니다.

00:00:33.703 --> 00:00:37.590

물체가 속도를 갖게 되고

가속도를 갖게 돼서

00:00:37.690 --> 00:00:43.463

변위를 갖게 되고 거리를 갖게

되는 근본적인 원인이 뭐냐에 대한 이야기고요.

00:00:43.563 --> 00:00:49.613

그 근본적인 원인을 뉴턴이라는

사람이 설명했어요.

00:00:49.713 --> 00:00:54.195

뉴턴이 이런 것들에 대한

설명을 했기 때문에

00:00:54.295 --> 00:00:59.072

우리가 오늘 이런 개고생을 한다고 생각하는

친구들도 있을 수 있을 것 같아요.

00:00:59.172 --> 00:01:01.904

개고생이라고 표현하는

건 좀 그렇고요.

00:01:02.004 --> 00:01:06.610

어쨌든 우리가 세상을

살아가는 이런 현상을,

00:01:06.710 --> 00:01:14.430

우리가 보여지는 모습들을 정확하게

표현하는 방법들을 설명해줬다.

00:01:14.530 --> 00:01:17.004

이렇게 긍정적으로 이야기할 수 있을 것 같고요.

00:01:17.104 --> 00:01:21.979
그 설명이 있었기 때문에 오늘날 우리가 이런 문명의 혜택을 누리고 있는 겁니다.

00:01:22.079 --> 00:01:23.648
이런 설명이 없었다면,

00:01:23.748 --> 00:01:28.378
이렇게 수치화하고 운동을 표현하는 방법에 대한 이야기가 없었다면

00:01:28.478 --> 00:01:31.247
우리는 오늘날까지도 그냥 어떻게 생각해보면

00:01:31.347 --> 00:01:36.994
소 끌고 다니고 땅 삽으로 파고 사냥하고

00:01:37.094 --> 00:01:39.663
이러면서 먹고 살았을 수도 있어요.

00:01:39.763 --> 00:01:43.951
오늘날 우리가 이렇게 스마트폰을 이용하고 인터넷을 이용하면서

00:01:44.051 --> 00:01:49.282
세상을 살아갈 수 있는 이유는 뉴턴에서부터 시작됐다고도 볼 수 있습니다.

00:01:49.382 --> 00:01:53.151
그래서 뉴턴 아저씨 미워하지 말자고요, 제발.

00:01:53.251 --> 00:01:55.598
오늘날 우리가 이렇게 편하게 살 수 있는

00:01:55.698 --> 00:01:59.887
아주 근본적인 기회를 제공해준 분입니다.

00:01:59.987 --> 00:02:04.343
그러면 오늘 수업을 통해서 여러분이 반드시 기억해야 될

00:02:04.443 --> 00:02:07.204
핵심 용어들 먼저 좀 확인해보도록 하겠습니다.

00:02:07.304 --> 00:02:11.873
바로 뭐냐, 일단 알짜힘이라는 게 도대체 뭔지를

00:02:11.973 --> 00:02:13.806
여러분이 알고 있어야 될 것 같고요.

00:02:13.906 --> 00:02:17.942

그 알짜힘에 의해서
표현되는 힘들 중에

00:02:18.042 --> 00:02:25.190

우리가 중력이라는 힘, 장력이라는 힘에
대한 내용도 확인해보도록 할 거고요.

00:02:25.290 --> 00:02:32.404

이 뉴턴이라는 이 천재가 물체의 운동을
세 가지 법칙으로 설명을 합니다.

00:02:32.504 --> 00:02:35.652

그 첫 번째 법칙이 관성의
법칙이라는 거고요.

00:02:35.752 --> 00:02:38.903

그 두 번째 법칙이 가속도의
법칙이라는 거고요.

00:02:39.003 --> 00:02:44.840

세 번째 법칙은 다음 강의에서
이루어질 작용 반작용 법칙입니다.

00:02:44.940 --> 00:02:48.931

이 법칙들은 어떤
내용을 담고 있는지

00:02:49.031 --> 00:02:51.964

이제 좀 알아나가
보도록 하겠습니다.

00:02:52.064 --> 00:02:55.285

일단 우리가 먼저 확인해볼 내용은

00:02:55.385 --> 00:03:00.876

알짜힘이란 뭐냐에 대해서 좀
이야기를 해보도록 하겠습니다.

00:03:00.976 --> 00:03:09.285

알짜힘이란 물체에
작용하는 힘의 합입니다.

00:03:09.385 --> 00:03:13.085

예를 들어서 여기 물체가 있습니다.

00:03:13.185 --> 00:03:17.139

2kg인 물체가 있다고
생각해보겠습니다.

00:03:17.239 --> 00:03:22.568

그러면 이 2kg인 물체에게 힘이
이쪽 방향으로 작용을 합니다.

00:03:22.668 --> 00:03:26.956

이때 작용하는 힘의 크기가
10이라고 생각해보겠습니다.

00:03:27.056 --> 00:03:29.324

조금 이따가 말씀드리겠습니다

00:03:29.424 --> 00:03:33.016

힘의 단위는 뉴턴(N)이라는
단위를 씁니다.

00:03:33.116 --> 00:03:38.281

우리 뉴턴 아저씨의 업적을 기리기 위해서
10N(뉴턴)이라고 읽는 거죠.

00:03:38.381 --> 00:03:44.125

그런데 이 물체에게 왼쪽 방향으로도

00:03:44.225 --> 00:03:48.534

예를 들어서 4N의 힘이
작용한다고 생각해보겠습니다.

00:03:48.634 --> 00:03:54.256

그러면 이 물체에게 작용하는
힘의 합은 얼마나, 라고 물으면

00:03:54.356 --> 00:03:55.528

당연히 어떻게 됩니까?

00:03:55.628 --> 00:03:58.830

물체가 있을 때 이쪽으로
10의 힘이 작용하고요.

00:03:58.930 --> 00:04:01.527

이쪽으로 4의 힘이 작용했어요.

00:04:01.627 --> 00:04:03.746

두 힘을 동시에 주면.

00:04:03.846 --> 00:04:08.864

10과 4를 동시에 주면
당연히 얼마의 힘으로?

00:04:08.964 --> 00:04:13.121

그렇죠, 6의 힘으로
오른쪽으로 작용하게 됩니다.

00:04:13.221 --> 00:04:17.634

그 6의 힘의 오른쪽을 우리는
뭐라고 부르는 거야?

00:04:17.734 --> 00:04:23.062

힘의 합, 알짜힘이라고
불러주게 됩니다.

00:04:23.162 --> 00:04:27.089

여기서 미리 결론을 하나
말씀드리고 갈게요.

00:04:27.189 --> 00:04:31.329

우리 이 알짜힘에 대한 수식.

00:04:31.429 --> 00:04:35.407

힘을 우리는 Force라고 쓰죠?
F.

00:04:35.507 --> 00:04:42.141

그런데 이 힘을 $m \cdot a$ 라는

표현으로 씁니다.

00:04:42.241 --> 00:04:46.488
이 $m \cdot a$ 라는 표현이 등장한 이유는
조금 이따가 말씀드리도록 하겠고요.

00:04:46.588 --> 00:04:51.331
이 F 는 바로 힘을
표현하는 기호이고요.

00:04:51.431 --> 00:04:56.328
 m 은 mass 질량을
표현하는 기호이고요.

00:04:56.428 --> 00:05:02.002
 a 는 acceleration
가속도를 표현하는 기호입니다.

00:05:02.102 --> 00:05:09.406
그래서 힘에 의해서 물체가 가속된다는
것을 보여주는 공식이거든요.

00:05:09.506 --> 00:05:13.020
사실 우리가 첫 번째 강의
여러 가지 힘 단원에서

00:05:13.120 --> 00:05:14.738
가속도라는 걸 배웠죠?

00:05:14.838 --> 00:05:16.109
가속도란 뭐였어?

00:05:16.209 --> 00:05:20.790
물체에게 가해지는 속도를
우리는 가속도라고 불렀는데

00:05:20.890 --> 00:05:33.099
이 가해지는 속도, 가속도를 주는
행위의 근본적인 원인이 당연히 뭐야?

00:05:33.199 --> 00:05:34.764
바로 힘이잖아.

00:05:34.864 --> 00:05:37.926
힘이 있기 때문에, 아파.
어지러워 이제.

00:05:38.026 --> 00:05:47.270
힘이 있기 때문에 물체에게 가속도를 줘서
속도 변화를 만들어낼 수 있는 거거든요.

00:05:47.370 --> 00:05:52.114
결국 이 가속도의
근본적인 원인이 힘인데

00:05:52.214 --> 00:05:55.500
이 힘이 그냥 아무
힘이 아닌 겁니다.

00:05:55.600 --> 00:06:03.475
이 힘이 어떤 힘인 거냐, F 는

$m \cdot a$ 라는 공식을 쓸 수 있는 이 힘은

00:06:03.575 --> 00:06:07.034
알짜힘에게만 쓸 수 있는 힘입니다.

00:06:07.134 --> 00:06:11.335
이 기호는 뭐냐면, 시그마예요.

00:06:11.435 --> 00:06:13.188
합을 의미하는 시그마.

00:06:13.288 --> 00:06:20.595
그래서 이 시그마 F가 바로
뭐냐, 힘의 합인 기호입니다.

00:06:20.695 --> 00:06:21.724
시그마, 합.

00:06:21.824 --> 00:06:25.837
그래서 이 시그마 F, 힘의 합을
우리는 뭐라고 부르는 거야?

00:06:25.937 --> 00:06:30.755
알짜힘이라고 불러주는 겁니다.

00:06:32.024 --> 00:06:35.284
그러면 이런 문제 한번 내볼게요.

00:06:35.384 --> 00:06:41.224
여기 지금 예를 들어서
4kg인 물체가 있습니다.

00:06:41.324 --> 00:06:48.412
이 물체에 내가 이쪽
방향으로 20의 힘을 줬어요.

00:06:48.512 --> 00:07:03.466
20의 힘을 줬는데 이쪽 방향으로 이 물체의
가속도가 4였다고 생각해볼게요.

00:07:03.566 --> 00:07:04.875
그러면 어떻게 될까요?

00:07:04.975 --> 00:07:06.649
그래놓고 문제에서 묻는 거야.

00:07:06.749 --> 00:07:09.612
애의 알짜힘은 얼마니?

00:07:09.712 --> 00:07:13.004
문제를 얼핏 보면 알짜힘이란
뭐라고 그랬어?

00:07:13.104 --> 00:07:14.050
힘의 합.

00:07:14.150 --> 00:07:18.096
이 물체에 작용하는
힘은 20밖에 없으니까

00:07:18.196 --> 00:07:23.255

그러면 이 물체에 작용하는 알짜힘은 20이라고 대답하면 될까요, 안 될까요?

00:07:23.355 --> 00:07:24.041
안 됩니다.

00:07:24.141 --> 00:07:27.768
만약에 이 물체의 알짜힘이 20이었다면

00:07:27.868 --> 00:07:34.172
4kg에게 알짜힘 20이 작용했다면 가속도는 얼마가 나와야 돼요?

00:07:34.272 --> 00:07:36.342
5가 나와야 돼요.

00:07:36.442 --> 00:07:39.637
그런데 이 물체의 가속도는 지금 얼마밖에 안 나왔어?

00:07:39.737 --> 00:07:40.958
4밖에 안 나왔어.

00:07:41.058 --> 00:07:44.416
그러면 우리는 이걸 가지고 뭘 알 수 있느냐,

00:07:44.516 --> 00:07:46.343
바로 알짜힘을 알 수가 있습니다.

00:07:46.483 --> 00:07:54.174
 ΣF 는 $m \cdot a$ 니까 m 이 지금 몇 kg이니?

00:07:54.274 --> 00:08:02.020
4kg이고 a 는 4니까 이놈의 알짜힘은 얼마야?

00:08:02.120 --> 00:08:04.818
16이구나, 라는 걸 알 수 있고요.

00:08:04.918 --> 00:08:06.967
우리는 이제 뭘 알아낼 수 있어?

00:08:07.067 --> 00:08:12.515
이 물체에게는 오른쪽 방향으로 20의 힘만 있는 게 아니라

00:08:12.615 --> 00:08:16.166
이쪽 방향으로도 얼마의 힘이 있다는 거야?

00:08:16.266 --> 00:08:18.093
4의 힘이 있었구나.

00:08:18.193 --> 00:08:20.308
그러니까 이쪽으로 20, 이쪽으로 4.

00:08:20.408 --> 00:08:27.402
합쳐서 얼마? 16의 힘이 있었기
때문에 애의 알짜힘이 16이고

00:08:27.502 --> 00:08:34.102
그래서 가속도가 4였구나, 라는 걸
설명할 수 있게 되는 겁니다.

00:08:34.202 --> 00:08:35.043
되셨죠?

00:08:35.143 --> 00:08:40.027
그래서 이 알짜힘에 대한
표현이 너무너무 중요합니다.

00:08:40.127 --> 00:08:43.492
그러면 여기서 힘의 단위를
먼저 확인해보고 갈게요.

00:08:43.592 --> 00:08:50.764
힘의 단위는 당연히 질량의 단위
곱하기 가속도의 단위입니다.

00:08:50.864 --> 00:08:53.782
질량의 단위가 뭘니까?

00:08:56.524 --> 00:09:01.849
g, kg, μg , ng 이런
여러 단위가 있을 순 있는데

00:09:01.949 --> 00:09:07.869
우리가 많이 쓰는 질량의
단위는 kg입니다.

00:09:07.969 --> 00:09:10.362
그리고 가속도의 단위,
우리 앞에서 배웠죠?

00:09:10.462 --> 00:09:12.988
 m/s^2 입니다.

00:09:13.088 --> 00:09:16.221
그래서 이게 바로 힘의 단위예요.

00:09:16.321 --> 00:09:19.332
이 대괄호가 단위를
표현하는 기호예요.

00:09:19.432 --> 00:09:22.758
어쨌든 이 $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ 이
힘의 단위인데

00:09:22.858 --> 00:09:25.770
 $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ 은 너무 길잖아?

00:09:25.870 --> 00:09:30.714
그래서 이 단위를 줄여서 우리는
그냥 뭐라고 표기하는 거야?

00:09:30.814 --> 00:09:37.091
N이라고 쓰고 뉴턴이라고

읽는 겁니다.

00:09:37.191 --> 00:09:44.461
그러면 이제 본격적으로 뉴턴의 운동 법칙에 대한 이야기를 시작해보겠습니다.

00:09:44.561 --> 00:09:49.341
뉴턴의 운동 법칙.

00:09:52.015 --> 00:09:57.858
사실은 이 뉴턴이 운동 법칙을 만들어낸 근본적인 이유는 뭐 때문이냐면,

00:09:57.958 --> 00:10:03.664
우리가 배우진 않지만 만유인력이라는 힘을 설명하기 위해서

00:10:03.804 --> 00:10:07.126
만들어낸 게 뉴턴의 운동 법칙입니다.

00:10:07.226 --> 00:10:09.886
만유인력이 뭐야?

00:10:09.986 --> 00:10:13.592
질량을 가진 물체가 서로 끌어당기는 힘.

00:10:13.692 --> 00:10:15.662
이걸 우리는 만유인력이라고 부르거든요.

00:10:15.762 --> 00:10:20.925
그 만유인력을 설명하려다 보니까 어떠한 물리적 표현이 필요했거든요.

00:10:21.025 --> 00:10:26.533
그 물리적 표현을 운동 3가지 법칙에 담아놓았습니다.

00:10:26.633 --> 00:10:29.065
그래서 혹자들은 이런 이야기를 하죠.

00:10:29.165 --> 00:10:33.719
뉴턴이 만유인력 법칙을 알아낸 건 사과가 떨어지는 걸 보고 나서다.

00:10:33.819 --> 00:10:36.160
엄밀하게 이야기하면 그건 아니거든요.

00:10:36.260 --> 00:10:41.112
그건 대표성을 가지고 표현하기 위해서 했던 표현이거든요.

00:10:41.212 --> 00:10:42.983
뉴턴이 만유인력 법칙을 알아낸 건

00:10:43.083 --> 00:10:46.334
사과가 떨어지는 걸 보고 알아냈다는 게 아니라

00:10:46.434 --> 00:10:51.104

그 시대에 케플러라는 과학자가
존재하고 있었거든요.

00:10:51.204 --> 00:10:56.688

케플러라는 사람이 행성의 운동을
설명하면서 어떤 법칙을 알아냅니다.

00:10:56.788 --> 00:10:59.186

그런데 그 법칙을 설명하기 위해서

00:10:59.286 --> 00:11:03.439

뉴턴이 만유인력 법칙이라는
걸 만들어내게 됐어요.

00:11:03.539 --> 00:11:08.035

나중에 제가 시간 될 때 그 역사적
흐름은 소개를 해드리도록 하겠고요.

00:11:08.135 --> 00:11:11.838

어쨌든 오늘은 뉴턴의 운동
3가지 법칙에 대한 이야기를

00:11:11.938 --> 00:11:14.418

집중적으로 해나가 보도록 하겠습니다.

00:11:14.518 --> 00:11:16.844

뉴턴의 운동 3가지
법칙은 어떻게 되느냐,

00:11:16.944 --> 00:11:21.334

첫 번째, 관성의
법칙이라는 거고요.

00:11:22.853 --> 00:11:28.300

두 번째가 가속도의
법칙이라는 겁니다.

00:11:30.980 --> 00:11:41.299

세 번째가 바로 뭐냐, 이건 다음 강의에서
다루어질 작용 반작용의 법칙입니다.

00:11:43.266 --> 00:11:48.432

이 중에 우리가 오늘은 두 가지
법칙에 대해서 배울 건데요.

00:11:48.532 --> 00:11:54.301

일단 가속도에 대한 법칙을 먼저
정의내리고 가도록 하겠습니다.

00:11:54.401 --> 00:11:58.535

가속도의 법칙이란 뭐냐,
말 그대로 가속도.

00:11:58.635 --> 00:12:02.476

우리가 첫 번째 시간, 여러
가지 운동 단원에서 배웠던

00:12:02.576 --> 00:12:08.787

가속도의 근본적인 원인이 뭐냐를
설명하는 법칙이 가속도의 법칙입니다.

00:12:08.887 --> 00:12:12.171
가속도는 a 라고 표현하기로 했죠.

00:12:12.271 --> 00:12:13.169
생각해보겠습니다.

00:12:13.269 --> 00:12:18.594
가속도가 뭐였어요?

00:12:18.694 --> 00:12:22.525
시간 동안에 속도 변화량이었습니다.

00:12:22.625 --> 00:12:27.047
결국 가속도란 물체에게
가해지는 속도에 의해서

00:12:27.147 --> 00:12:33.346
시간 동안 속도가 얼마큼
변하느냐를 표현하는 값이었었죠.

00:12:33.446 --> 00:12:35.003
한번 생각해보겠습니다.

00:12:35.103 --> 00:12:42.551
가속도가 크려면, 즉 물체에
시간당 속도가 많이 변하려면

00:12:42.651 --> 00:12:47.824
이 가해지는 가속도가 크려면 힘이.

00:12:47.924 --> 00:12:51.227
이 가해지는 속도가
결국 뭘 주는 거야?

00:12:51.327 --> 00:12:56.164
이 속도를 가하는 건데
이게 뭘 주는 거야?

00:12:56.264 --> 00:12:57.534
힘을 주는 거잖아.

00:12:57.634 --> 00:13:01.671
결국 가속도는 뭐 때문에
나타나는 거야?

00:13:01.771 --> 00:13:04.618
힘 때문에 나타나는 거예요.

00:13:04.718 --> 00:13:07.439
힘이 있기 때문에 가속도가 있어요.

00:13:07.539 --> 00:13:11.772
결국 힘이 어떨수록? 클수록.

00:13:11.872 --> 00:13:16.532
가속도는? 속도가 변하는
정도는 클 수밖에 없습니다.

00:13:16.632 --> 00:13:22.901
그래서 가속도는 속도 변화량이고 속도를

많이 변화시키게 하는 가속도는

00:13:23.001 --> 00:13:26.422
결국 힘에 의해서 나타나지는
거다, 라는 거죠.

00:13:26.522 --> 00:13:29.904
그래서 가속도는 뭐에
관계하는 값이냐,

00:13:30.004 --> 00:13:31.911
힘에 관계하는 값입니다.

00:13:32.011 --> 00:13:34.872
Force (F).

00:13:34.981 --> 00:13:36.071
F에 관계합니다.

00:13:36.171 --> 00:13:41.652
힘이 클수록 가속도가
크다, 너무 당연하죠?

00:13:41.752 --> 00:13:44.735
그런데 또 보도록 하겠습니다.

00:13:44.835 --> 00:13:48.328
그러면 힘이 크다고
무조건 속도, 가속도.

00:13:48.428 --> 00:13:52.634
가속도인 속도 변화가 클 것이냐.

00:13:52.734 --> 00:13:53.771
생각해봅시다.

00:13:53.871 --> 00:13:56.555
매우 무거운 물체가 있어요.

00:13:56.655 --> 00:14:03.216
그 물체를 내가 뺄 때 여기 가벼운
이 칠판지우개를 뺄 때 뺄 것입니다.

00:14:03.316 --> 00:14:09.804
똑같은 힘을 줬을 때 매우 무거운
물체 뺄 때, 가벼운 물체 뺄 때.

00:14:09.904 --> 00:14:14.043
누가 더 속도가 많이 변할까,
시간당 속도가 많을까.

00:14:14.143 --> 00:14:18.523
즉 누가 더 가속도가
더 크게 일어나?

00:14:18.623 --> 00:14:23.941
그렇죠, 가벼운 물체가 속도가
더 많이 변하게 됩니다.

00:14:24.041 --> 00:14:28.211
시간 동안 속도가 가벼운

물체가 더 많이 나타나요.

00:14:28.311 --> 00:14:31.737

즉 가속도가 가벼울수록
크게 일어납니다.

00:14:31.837 --> 00:14:40.303

무거운 물체는 힘이 아무리 세도 가속도,
속도 변하는 정도가 작을 수밖에 없어요.

00:14:40.403 --> 00:14:44.138

결국 가속도는 시간당
속도가 변하는 정도는

00:14:44.238 --> 00:14:46.883

힘에도 관계하지만, 뭐에도
관계한다는 거야?

00:14:46.983 --> 00:14:52.317

질량에도 관계한다는 겁니다.

00:14:52.417 --> 00:14:56.242

그래서 등장하는 공식이 바로 뭐야?

00:14:56.342 --> 00:15:02.071

그 유명한 $F=m*a$ 라는
공식입니다.

00:15:02.171 --> 00:15:04.611

그런데 방금 전에도 말씀드릴듯이

00:15:04.711 --> 00:15:12.111

$F=m*a$ 라고 쓸 때 이 F 는 아무
 F 에게만 F 를 쓸 수 없다고 했죠.

00:15:12.211 --> 00:15:15.073

어떤 F 에게만 F 를 쓸 수
있다고 그랬어요?

00:15:15.173 --> 00:15:25.044

이 F 는 알짜힘, 즉 힘의 합에게만
 $m*a$ 를 쓸 수 있는 F 입니다.

00:15:25.144 --> 00:15:32.598

즉 우리가 $F=m*a$ 라고 쓸 때 이
 F 는 무조건 알짜힘, 힘의 합 F 다.

00:15:32.698 --> 00:15:35.270

이렇게 여러분이 기억하고
계셔야 됩니다.

00:15:35.370 --> 00:15:40.853

그러면 이 관계를 우리가 그래프로
한번 나타내보도록 하겠습니다.

00:15:40.953 --> 00:15:45.185

바로 뭐냐,
가속도와 힘의 관계 그래프.

00:15:45.285 --> 00:15:46.196

너무 당연하죠?

00:15:46.296 --> 00:15:48.293
어때요, 지금?

00:15:52.032 --> 00:15:53.650
이젠 무섭다.

00:15:53.750 --> 00:15:55.587
내가 나를 때리는데도 무섭다.

00:15:55.687 --> 00:16:01.945
힘이 클수록 가속도는
클 수밖에 없습니다.

00:16:02.045 --> 00:16:05.944
그래서 힘과 가속도는
무슨 관계에 있어요?

00:16:06.044 --> 00:16:10.191
비례관계에 있으니까 그래프가
이렇게 그려지게 됩니다.

00:16:10.291 --> 00:16:13.400
힘이 셀수록 가속도도 커진다.

00:16:13.500 --> 00:16:15.620
그런데 실험을 하는 과정에서

00:16:15.720 --> 00:16:20.604
여러분이 수행평가나 학교에서
이런 실험을 할 수 있는데

00:16:20.704 --> 00:16:26.715
실험을 한 결과 그래프가 이렇게
세 종류가 나왔다고 생각해보겠습니다.

00:16:26.815 --> 00:16:32.872
그러면 애네들은 뭐가 다르면 이렇게
세 종류의 그래프가 나올 수 있을까.

00:16:32.972 --> 00:16:34.325
여기 봅시다.

00:16:34.425 --> 00:16:39.246
똑같은 힘으로 다른
실험을 한 거잖아?

00:16:39.346 --> 00:16:44.431
그런데 가속도가 다르게 나왔어요.

00:16:44.531 --> 00:16:49.426
그러면 애네들은 어떻게 다르게
실험을 했다는 것을 뜻할까요?

00:16:49.526 --> 00:16:55.391
뭐가 다르다는 소리냐, 질량이 다른 걸
가지고 실험을 했다는 것을 뜻하죠.

00:16:55.491 --> 00:17:00.140
그래서 빨간색 결과를 만들어낸
물체의 질량은 m_1 ,

00:17:00.240 --> 00:17:03.577

노란색 결과를 만들어낸
물체의 질량은 m_2 ,

00:17:03.677 --> 00:17:08.405

파란색 결과를 만들어낸 물체의
질량을 m_3 라고 해봅시다.

00:17:08.505 --> 00:17:12.786

그러면 m_1 이라는 질량을
가진 물체를 가지고

00:17:12.886 --> 00:17:15.778

힘을 증가시키면서
가속도를 측정한 거고요.

00:17:15.878 --> 00:17:20.935

m_2 라는 질량을 가지고 힘을
증가시키면서 가속도를 측정한 거고

00:17:21.035 --> 00:17:24.144

m_3 라는 질량을 가지고
힘을 증가시키면서

00:17:24.244 --> 00:17:26.813

가속도를 측정한 결과가
이렇게 나왔다는 거죠.

00:17:26.913 --> 00:17:29.398

이 그래프를 가지고 우리는
뭘 알 수 있느냐,

00:17:29.498 --> 00:17:35.863

m_1 , m_2 , m_3 중에 어떤 놈이
제일 무거운지 알 수 있어요.

00:17:35.963 --> 00:17:38.420

어떤 놈이 제일 무거울까?

00:17:39.146 --> 00:17:44.219

똑같은 힘을 m_3 에게
줬더니 이만큼의 가속도,

00:17:44.319 --> 00:17:46.497

m_2 에게 줬더니 이만큼의 가속도,

00:17:46.597 --> 00:17:48.550

m_1 에게 줬더니 이만큼의 가속도.

00:17:48.650 --> 00:17:49.517

누가 제일 커요?

00:17:49.617 --> 00:17:51.720

m_1 일 때 가속도가 제일 크네?

00:17:51.820 --> 00:17:53.861

그 말은 뭐야? 똑같은 힘을 줬는데

00:17:53.961 --> 00:17:57.594

속도가 변하는 정도가

m1이 제일 컸다는 건

00:17:57.694 --> 00:18:03.076

m1의 질량이 제일 작았다는 것을 뜻하죠.

00:18:03.176 --> 00:18:08.038

그래서 이렇게 관계를 만들어낼 수 있게 됩니다.

00:18:08.138 --> 00:18:09.350

되지요?

00:18:09.450 --> 00:18:15.360

이번에는 우리가 또 다른 그래프를 보도록 하겠습니다.

00:18:15.460 --> 00:18:20.458

바로 어떤 그래프냐, m분의 1의 그래프입니다.

00:18:20.558 --> 00:18:27.912

m분의 1의 그래프라고 하지 말고 그냥 m의 그래프라고 합시다.

00:18:28.012 --> 00:18:32.879

질량이 클수록 가속도가 어떠냐를 표현하는 그래프입니다.

00:18:32.979 --> 00:18:38.067

그러면 이런 그래프를 표현할 때는 어떤 실험을 해줘야 될까요?

00:18:38.167 --> 00:18:42.659

질량과 가속도의 관계만을 나타내기 위해서는

00:18:42.759 --> 00:18:44.826

힘은 일정하게 가져가야 되죠.

00:18:44.926 --> 00:18:47.595

똑같은 힘으로 물체를 밀어줄 때

00:18:47.695 --> 00:18:51.843

무거우면 무거울수록 가속도가 어떤지를 보게 하려면

00:18:51.943 --> 00:18:53.156

힘이 일정해야 돼요.

00:18:53.256 --> 00:18:59.708

그때 a와 m은 무슨 관계에 놓여요? 반비례에 놓이게 됩니다.

00:18:59.808 --> 00:19:08.113

무거워질수록 가속도가 작아지는구나, 라는 걸 표현하고 있는 그래프인데

00:19:08.213 --> 00:19:14.881

이 그래프를 만들어내는 실험도 다른 케이스로 했더니

00:19:14.981 --> 00:19:20.827

그래프가 이렇게 세 종류가
나왔다고 생각해보겠습니다.

00:19:20.927 --> 00:19:24.202

그러면 애네들은 뭐가
다른 그래프일까.

00:19:24.302 --> 00:19:27.083

어떻게 다르게 실험을 했을까.

00:19:27.183 --> 00:19:29.434

이거는 어떻게 다르게
실험한 거냐면,

00:19:29.534 --> 00:19:31.524

바로 힘을 다르게 한 겁니다.

00:19:31.624 --> 00:19:37.386

F1이라는 일정한 힘으로 질량을
늘려가면서 가속도를 측정했고요.

00:19:37.486 --> 00:19:44.414

F2라는 일정한 힘으로 질량을
늘려가면서 가속도를 측정한 거고요.

00:19:44.514 --> 00:19:50.591

F3라는 힘으로 질량을 늘려가면서
가속도를 측정한 그래프입니다.

00:19:50.691 --> 00:19:53.117

이때는 또 우리가 뭘
비교할 수 있느냐,

00:19:53.217 --> 00:19:56.713

F1, F2, F3.

00:19:56.813 --> 00:20:00.083

애가 누가 더 센지를
알아낼 수 있습니다.

00:20:00.183 --> 00:20:01.736

누가 더 센 거 같아요?

00:20:01.836 --> 00:20:06.131

똑같은 질량체를 F3로
밀었더니 이만큼의 가속도,

00:20:06.231 --> 00:20:09.135

F2로 밀었더니 이만큼의 가속도,

00:20:09.235 --> 00:20:13.158

F1으로 밀었더니 이만큼의
가속도가 나타났습니다.

00:20:13.258 --> 00:20:15.643

누가 힘이 제일 센 거야?

00:20:15.743 --> 00:20:18.033

F1이 제일 센 거죠.

00:20:18.133 --> 00:20:22.516
똑같은 질량을 밀었을 때 큰 힘을
줄 때 가속도가 큰 거니까.

00:20:22.616 --> 00:20:27.120
그래서 이러한 결과를
만들어낼 수 있는 그래프를

00:20:27.220 --> 00:20:32.783
여러분이 수행평가 또는 실험 활동 등을
통해서 만들어내는 경우도 있을 수 있으니까

00:20:32.883 --> 00:20:36.656
기억을 해두시길 바랍니다.

00:20:36.756 --> 00:20:39.347
이게 바로 가속도의 법칙입니다.

00:20:39.447 --> 00:20:40.955
그러면 여기서 이런
질문 한번 해볼까요?

00:20:41.055 --> 00:20:47.107
선생님, 결과적으로 보면 F는
 $m \cdot a$ 라는 수식이 만들어지는

00:20:47.207 --> 00:20:52.096
a는 m분의 F니까 이 법칙을
굳이 가속도의 법칙이 아니라

00:20:52.196 --> 00:20:54.768
힘의 법칙이라고도
불렀으면 됐을 텐데

00:20:54.868 --> 00:20:58.120
왜 뉴턴 아저씨는 가속도의
법칙이라고 불렀나요?

00:20:58.220 --> 00:20:59.868
또 이런 질문을 하는
친구들이 있어요.

00:20:59.968 --> 00:21:03.511
왜 그럴 것 같아요?

00:21:03.611 --> 00:21:07.568
결과가 뭐냐, 결과가
가속도라는 겁니다.

00:21:07.668 --> 00:21:10.908
결과가 힘이 아니라 가속도야.

00:21:11.008 --> 00:21:16.060
가속도라는 건 힘과 질량에
의해서 나타나는 결과인 거죠?

00:21:16.160 --> 00:21:19.827
결과를 만들어내는
법칙이라는 겁니다.

00:21:19.927 --> 00:21:22.846
운동의 결과를 만들어내는 법칙.

00:21:22.946 --> 00:21:26.243
운동의 결과, 표현되어지는 결과는

00:21:26.343 --> 00:21:32.277
속도가 얼마큼 변화되느냐를
표현하는 가속도인 거잖아요.

00:21:32.377 --> 00:21:34.646
힘에 의해서 가속도가
만들어지는 건 맞지만

00:21:34.746 --> 00:21:38.526
운동의 표현은 결국 가속도에
의해서 나타나지는 거니까

00:21:38.626 --> 00:21:42.922
애를 가속도 법칙이라고
불러줬습니다.

00:21:44.047 --> 00:21:48.220
그러면 이제 관성의 법칙으로
들어가도록 하겠습니다.

00:21:48.320 --> 00:21:50.592
관성의 법칙이란 뭐냐,

00:21:50.692 --> 00:21:54.141
이거 여러분이 중학교 때 배웠어.

00:21:54.241 --> 00:21:59.010
관성의 법칙이 뭐냐, 라고 물으면
이런 대답하는 친구들 많습시다.

00:21:59.645 --> 00:22:01.866
정지해있는 물체는 정지해있고요.

00:22:01.966 --> 00:22:06.004
운동하는 물체는 계속
운동하려는 성질이요.

00:22:06.104 --> 00:22:09.833
또는 상태를 유지하려는 성질이요,
이렇게 대답을 합니다.

00:22:09.933 --> 00:22:13.828
이 정도만 대답해도 중학교
때 공부 좀 한 친구죠?

00:22:13.928 --> 00:22:15.925
많은 부분을 기억하고
있다는 뜻이니까.

00:22:16.025 --> 00:22:18.609
여러분은 원래 포맷
능력이 최고잖아요.

00:22:18.709 --> 00:22:19.974
하루, 1시간.

00:22:20.074 --> 00:22:23.111

어떨 때는 방금 전에
들었는데도 까먹더라고.

00:22:23.211 --> 00:22:26.768

엄청나게 뛰어난 포맷 능력을
가지고 있음에도 불구하고

00:22:26.868 --> 00:22:29.986

관성의 법칙에 대해서 어느
정도 대답을 할 수 있다는 건

00:22:30.086 --> 00:22:32.730

대단한 능력자인 거죠.

00:22:32.830 --> 00:22:36.988

그런데 아까 말씀드렸듯이 관성의
법칙에 대한 질문의 답을

00:22:37.088 --> 00:22:41.873

여러분이 그냥 운동 상태를
유지하려는 성질이요, 라고 하는데

00:22:41.973 --> 00:22:46.060

그렇게만 대답을 하고
점수를 부여한다면

00:22:46.160 --> 00:22:49.308

보통 한 60점 정도를
줄 수 있을 것 같습니다.

00:22:49.408 --> 00:22:55.774

관성의 법칙은 정확하게 어떻게
표현되어지는 법칙이나,

00:23:02.238 --> 00:23:13.244

알짜힘이 0인 운동상태를 유지하려는
성질이 바로 관성이고요.

00:23:13.344 --> 00:23:19.155

그러한 성질이 존재한다는 걸 우리는
관성의 법칙이라고 불러줍니다.

00:23:19.255 --> 00:23:23.533

운동 상태를 유지하려는
성질은 맞는데

00:23:23.633 --> 00:23:30.543

그냥 운동 상태가 아니라
알짜힘이 0인 운동 상태입니다.

00:23:30.643 --> 00:23:31.623

너무 중요합니다.

00:23:31.723 --> 00:23:33.926

어떤 운동 상태라고요?

00:23:34.026 --> 00:23:38.586

알짜힘이 0인 운동 상태입니다.

00:23:38.686 --> 00:23:39.559
너무 중요합니다.

00:23:39.659 --> 00:23:42.569
그러면 알짜힘이
0이라는 말은 뭐야?

00:23:42.669 --> 00:23:47.800
알짜힘을 어떻게 표현하기로 했어요?

00:23:47.900 --> 00:23:49.032
방금 전에 배웠죠?

00:23:49.132 --> 00:23:53.593
알짜힘 F 는 ma 라고
표현하기로 했고요.

00:23:53.693 --> 00:23:57.927
이게 뭐라는 소리야?
0이라는 소리야.

00:23:58.027 --> 00:23:59.750
그러면 ma 가 0이라는 소리죠?

00:23:59.850 --> 00:24:02.510
 ma 가 0이라는 건 뭘 의미할까요?

00:24:02.610 --> 00:24:10.086
 m 이 0이라는 건 질량이 없는 거니까 질량이
없는 물체에게 어떻게 힘을 주겠어.

00:24:10.186 --> 00:24:11.330
그건 아닌 거죠?

00:24:11.430 --> 00:24:12.816
그러면 뭐가 0이라는 소리야?

00:24:12.916 --> 00:24:14.472
가속도가 0이라는 거죠.

00:24:14.572 --> 00:24:20.737
결국 알짜힘이 0인 운동 상태란
가속도가 0인 운동 상태입니다.

00:24:20.837 --> 00:24:21.750
너무 중요합니다.

00:24:21.850 --> 00:24:25.990
알짜힘이 0인 운동 상태는
가속도가 0인 운동 상태야.

00:24:26.090 --> 00:24:29.752
그러면 가속도가 0이라는 건

00:24:29.852 --> 00:24:33.550
가속도의 정의는 시간 동안의
속도 변화량이었잖아요.

00:24:33.650 --> 00:24:37.538
그러면 가속도가 0이라는
건 뭐가 0이라는 거야?

00:24:37.638 --> 00:24:41.008
속도 변화량이 0이라는 겁니다.

00:24:41.108 --> 00:24:44.052
속도 변화량이 0이다.

00:24:44.152 --> 00:24:46.798
속도가 안 변하는
운동이라는 소리죠.

00:24:46.898 --> 00:24:52.589
우리는 속도 변화량이 0인
운동을 두 가지로 나타냅니다.

00:24:52.689 --> 00:24:53.793
너무 중요합니다.

00:24:53.893 --> 00:24:55.745
반드시 기억하고 계셔야 됩니다.

00:24:55.845 --> 00:24:58.819
속도 변화량이 0인 운동
두 가지는 뭘까요?

00:24:58.919 --> 00:25:04.064
첫 번째, 정지 상태입니다.

00:25:04.948 --> 00:25:12.119
정지 상태가 그대로 유지되는 물체는
속도 변화량이 0인 운동입니다.

00:25:12.219 --> 00:25:16.327
이 물체 정지해있습니다.

00:25:19.921 --> 00:25:22.336
속도 변화량이 얼마입니까?
0입니다.

00:25:22.436 --> 00:25:25.628
속도 변화량이 0이면 가속도가 얼마입니까?
0입니다.

00:25:25.728 --> 00:25:29.010
가속도가 0이면 알짜힘이 0입니다.

00:25:29.110 --> 00:25:31.787
그래서 계속 정지해있는 겁니다.

00:25:31.887 --> 00:25:36.776
알짜힘이 0이기 때문에
계속 정지해있다.

00:25:36.876 --> 00:25:38.538
이게 관성의 법칙인 거야.

00:25:38.638 --> 00:25:42.766
알짜힘이 0이기 때문에 계속 정지해있는
물체는 계속 정지해있어요.

00:25:42.866 --> 00:25:47.133

알짜힘이 0이 아니면 물체는
알짜힘이 존재하게 되는 거니까

00:25:47.233 --> 00:25:51.342
가속도가 존재하고 가속도가
존재하면 속도 변화량이 존재해서

00:25:51.442 --> 00:25:54.609
속도가 변하는 운동을
하게 되는 거죠.

00:25:54.709 --> 00:26:00.007
결국 정지 상태가 유지되는
물체는 알짜힘이 0이기 때문에

00:26:00.107 --> 00:26:02.479
계속 정지 상태를 유지한다.

00:26:02.579 --> 00:26:07.130
이게 바로 관성의 법칙입니다.

00:26:07.230 --> 00:26:13.973
두 번째, 속도 변화량이 0인
운동 하나가 더 있어요.

00:26:14.073 --> 00:26:18.768
우리 첫 번째 시간에 배웠던
곳에서 이야기했던 건데요.

00:26:18.868 --> 00:26:23.077
바로 뛰냐, 등속도 운동입니다.

00:26:23.177 --> 00:26:25.087
등속도 운동의 다른 표현이 뭐라고?

00:26:25.187 --> 00:26:31.392
등속직선 운동입니다.

00:26:31.492 --> 00:26:33.813
이걸 여러분이 굉장히 어려워합니다.

00:26:33.913 --> 00:26:39.197
선생님, 물체가 운동하고 있는데
어떻게 알짜힘이 0이라는 거예요?

00:26:39.297 --> 00:26:45.270
중요한 건 힘이 0이라는 게
아니라 알짜힘이 0이라고요.

00:26:45.370 --> 00:26:48.466
힘이 없는 게 아니라
힘의 합이 0이라고요.

00:26:48.566 --> 00:26:52.570
무슨 말이냐, 여기 지금 물체가
이렇게 있다고 생각해보겠습니다.

00:26:52.670 --> 00:26:55.376
2kg인 물체가 있어요.

00:26:55.476 --> 00:27:00.895

이 물체에 내가 이쪽 방향으로
10의 힘을 주고 있습니다.

00:27:00.995 --> 00:27:06.378
그리고 이 물체를 반대 방향으로도 10의
힘을 주고 있다고 생각해봅시다.

00:27:06.478 --> 00:27:09.996
그러면 이 물체는
두 가지 운동이 가능합니다.

00:27:10.096 --> 00:27:12.580
첫 번째, 정지 상태가 가능하죠.

00:27:12.680 --> 00:27:14.415
양쪽에서 똑같은 힘으로 주니까.

00:27:14.515 --> 00:27:20.584
그런데 물체가 일정한 속도로 움직이면서
10이 똑같이 작용하잖아요?

00:27:20.684 --> 00:27:26.642
그러면 이 물체에 작용하는
힘의 합이 0이니까

00:27:26.742 --> 00:27:31.645
가속도가 0이라서 속도 변화량이
0인 운동이 가능합니다.

00:27:31.745 --> 00:27:39.178
즉 물체가 이렇게 놓여있으면 이
물체를 일정한 속도로 쭉 밀 때

00:27:39.278 --> 00:27:43.512
이 물체에 작용하는 힘은 이쪽으로
미는 힘만 있는 게 아니라

00:27:43.612 --> 00:27:47.499
반대 방향으로도 똑같은
힘이 작용하고 있기 때문에

00:27:47.599 --> 00:27:51.829
빨라지지도 느려지지도
않는 운동이라는 겁니다.

00:27:51.929 --> 00:27:56.998
지면, 땅에서 물체가
등속으로 쭉 운동하고 있으면

00:27:57.098 --> 00:28:00.012
등속으로 미는 힘이
작용하고 있는 거잖아.

00:28:00.112 --> 00:28:05.045
그 힘의 반대 방향으로 똑같은
힘이 작용하고 있는 상황인 거죠.

00:28:05.145 --> 00:28:07.992
반대 방향으로 작용하는 힘
중에 대표적인 게 뭐 있어?

00:28:08.092 --> 00:28:12.465

운동하고 있는 물체에게 반대
방향으로 작용하고 있는 힘.

00:28:12.565 --> 00:28:13.345

마찰력이죠.

00:28:13.445 --> 00:28:16.996

물론 우리가 마찰력을 다루진
않지만, 마찰력이 존재하기 때문에

00:28:17.096 --> 00:28:21.150

내가 애를 10의 힘으로 밀고
있어도 마찰력이 10이면

00:28:21.250 --> 00:28:28.557

애는 그 속도 그 상태를 그대로 유지하면서
갈 수 있다는 걸 보여주는 게

00:28:28.657 --> 00:28:30.372

바로 관성의 법칙이라고요.

00:28:30.472 --> 00:28:37.885

결국 등속도로 운동하는 물체는
알짜힘이 0인 상태가 유지되는 한

00:28:37.985 --> 00:28:40.395

계속 등속도 운동 상태.

00:28:40.495 --> 00:28:47.648

등속직선운동 상태를 유지하게 된다는 걸
우리는 관성의 법칙이라고 부릅니다.

00:28:47.748 --> 00:28:49.036

너무 중요합니다.

00:28:49.136 --> 00:28:53.703

등속도 상태란 속도
변화량이 0인 운동,

00:28:53.803 --> 00:28:58.106

가속도가 0인 운동,
알짜힘이 0인 운동이다.

00:28:58.206 --> 00:29:02.512

이걸 반드시 여러분이 머릿속에
기억하고 계셔야 돼요.

00:29:02.612 --> 00:29:03.311

되셨죠?

00:29:03.411 --> 00:29:08.353

만약에 그 물체에게 알짜힘이
0이 아니면 속도가 변해.

00:29:08.453 --> 00:29:09.914

빨라지거나 느려져야 된다고.

00:29:10.014 --> 00:29:14.028

또는 방향이 바뀌어야 된다고.

00:29:14.128 --> 00:29:17.334
그래서 이 관성의 법칙에 의해서
나타나는 현상들이 있죠.

00:29:17.434 --> 00:29:18.706
뭐가 있어요?

00:29:18.806 --> 00:29:24.179
대표적인 게 버스에서 이렇게
앉아있다가 버스가 급출발해.

00:29:24.302 --> 00:29:26.223
그러면 어떻게 됩니까?

00:29:26.323 --> 00:29:27.712
젖혀지죠? 왜 젖혀져?

00:29:27.812 --> 00:29:34.555
정지 상태를 유지하려는 성질에 의해서
젖혀진다고 우리가 표현하죠.

00:29:34.655 --> 00:29:37.956
그리고 버스를 타고 가다가 버스가
급정거하면 어떻게 됩니까?

00:29:38.056 --> 00:29:40.556
앞으로 쏠려.
왜 쏠려?

00:29:40.656 --> 00:29:46.042
등속도 운동 상태를 유지하려고
앞으로 쏠려간다고 표현을 하죠.

00:29:46.142 --> 00:29:51.763
혹시 여러분, 카트라이더라는
오락 혹시 아나요?

00:29:51.902 --> 00:29:53.127
운전하는 오락이거든요.

00:29:53.227 --> 00:29:55.609
머리가 큰 놈들이 나와요.

00:29:55.709 --> 00:29:58.754
그래서 카트라이더를 타고
조정하면서 가는 건데

00:29:58.854 --> 00:30:04.934
카트라이더를 운전하고 가다가
부스터를 작동시켜요.

00:30:05.034 --> 00:30:08.196
부스터는 속도가 확
빨라지게 하는 장치거든요.

00:30:08.296 --> 00:30:17.554
확 작동시키면 이 캐릭터의
머리가 확 하고 젖혀집니다.

00:30:17.654 --> 00:30:21.073
쭉 가다가 부스터를 작동시키면

머리가 휩 젖혀져요.

00:30:21.173 --> 00:30:28.157
이 이유가 뭘까요? 머리가 커서?
아니죠.

00:30:28.257 --> 00:30:31.281
바로 뭐냐, 등속도 운동
상태를 유지하려고.

00:30:31.381 --> 00:30:32.548
이게 관성이거든.

00:30:32.648 --> 00:30:35.368
그 속도를 유지하고 싶은데
속도가 빨라지니까

00:30:35.468 --> 00:30:39.481
머리가 뒤로 젖혀지는 상태라고
표현을 하는 겁니다.

00:30:39.581 --> 00:30:45.758
그러한 운동 표현을 우리는 관성의
법칙이라고 표현을 하게 되죠.

00:30:45.858 --> 00:30:48.985
어쨌든 다시 한번
강조하고 마무리 지으면

00:30:49.085 --> 00:30:53.158
관성의 법칙이란 알짜힘이 0인 운동
상태를 유지하려는 성질이에요.

00:30:53.258 --> 00:30:56.055
알짜힘이 0인 운동
상태는 딱 2가지야.

00:30:56.155 --> 00:30:59.480
뭐랑 뭐?
정지 상태와 등속도 상태.

00:30:59.580 --> 00:31:03.464
그래서 정지 상태를 유지하려는
성질이 관성이고요.

00:31:03.564 --> 00:31:09.065
등속도, 등속직선운동 상태를
유지하려는 성질이 관성입니다.

00:31:09.165 --> 00:31:13.840
이러한 성질이 존재한다는 게
바로 관성의 법칙이에요.

00:31:13.940 --> 00:31:17.608
그래서 뉴턴이 관성의
법칙을 만들어낸 이유는

00:31:17.708 --> 00:31:20.354
결과적으로 보면 $F=m*a$.

00:31:20.454 --> 00:31:28.409

결국 알짜힘이 0이 아니면
속도가 변하는 걸 표현하는

00:31:28.509 --> 00:31:35.632
근본을 제공하기 위해서 제1 법칙에
관성의 법칙을 넣어준 거죠.

00:31:35.732 --> 00:31:38.254
이렇게 우리가 표현할 수
있게 됩니다.

00:31:38.354 --> 00:31:45.988
그렇다면 이 힘의 관점에서 우리가
몇 가지를 좀 정의내려보도록 하겠습니다.

00:31:46.088 --> 00:31:52.625
먼저 뭐에 대한 정의냐,
중력에 대한 정의입니다.

00:31:52.725 --> 00:31:55.044
중력이 뭐야?

00:31:55.144 --> 00:32:01.612
지구가 물체를 잡아당기는 힘이죠.

00:32:01.712 --> 00:32:06.029
그러면 이제 여기 한번
보도록 하겠습니다.

00:32:06.129 --> 00:32:08.876
이 책을 놓으면 애는 당연히
어떻게 돼요?

00:32:08.976 --> 00:32:11.609
지구가 잡아당기는 힘에
의해서 떨어집니다.

00:32:11.709 --> 00:32:14.159
이 종이 놓으면 어떻게 됩니까?

00:32:14.259 --> 00:32:16.866
지구가 잡아당기는 힘에
의해서 떨어집니다.

00:32:16.966 --> 00:32:18.959
그런데 여러분이 보시면 알겠지만

00:32:19.059 --> 00:32:23.949
책과 종이를 동시에 놓으면
책이 먼저 떨어지고

00:32:24.049 --> 00:32:26.316
가벼운 종이는 나중에 떨어져요.

00:32:26.416 --> 00:32:29.476
왜 그래? 이렇게 질문하면
여러분은 이런 이야기 해요.

00:32:29.576 --> 00:32:36.510
애는 무겁고요, 애는 가벼워서
이렇게 떨어지는 거예요.

00:32:36.662 --> 00:32:38.256
그러면 이렇게 한번 해봅시다.

00:32:38.356 --> 00:32:44.230
책이 있어요, 책 위에
종이를 올렸습니다.

00:32:44.330 --> 00:32:48.029
지금 보시면 공간이 존재하고 있죠?

00:32:48.129 --> 00:32:53.432
공간이 이렇게 존재하게 됐어요.

00:32:53.550 --> 00:32:55.717
이 상태에서 봐보겠습니다.

00:32:55.817 --> 00:32:57.780
그러면 어떻게 되느냐.

00:32:57.880 --> 00:32:58.944
보셨어요?

00:32:59.044 --> 00:33:04.340
다시 보면, 아까는
이렇게 떨어지던 애가

00:33:04.440 --> 00:33:11.986
지금은 이렇게 책 위에 공간을
두고 이렇게 놓은 상태에서 놓으면

00:33:12.086 --> 00:33:13.049
어떻게 됐어요?

00:33:13.149 --> 00:33:17.144
그냥 책과 함께 떨어지죠.

00:33:22.627 --> 00:33:28.448
결국 애가 천천히 떨어졌던 이유는
가벼워서 천천히 떨어졌다는 게 아니죠.

00:33:28.548 --> 00:33:30.599
가벼워서 천천히 떨어졌으면
이렇게 했어도

00:33:30.699 --> 00:33:33.883
애가 먼저 떨어지고 애는 이렇게
떨어졌어야 될 거 아니야.

00:33:33.983 --> 00:33:36.968
그런데 같이 떨어져.

00:33:37.068 --> 00:33:38.480
왜?

00:33:39.035 --> 00:33:42.941
애가 천천히 떨어졌던 이유는 뭐냐,

00:33:43.041 --> 00:33:45.716
공기 저항의 영향을
많이 받았던 거고요.

00:33:45.816 --> 00:33:48.964

애는 공기 저항의 영향을
덜 받았던 거죠.

00:33:49.064 --> 00:33:53.654

애가 공기 저항의 영향을 많이 받기
때문에 천천히 떨어졌다는 겁니다.

00:33:53.754 --> 00:34:00.859

그러면 결과적으로 보면 물체가
중력에 의해서 떨어질 때

00:34:00.959 --> 00:34:07.945

공기 저항의 영향을 무시할
수 있는 상태로 만들면

00:34:08.045 --> 00:34:12.936

무거운 물체와 가벼운 물체가 다
어떻게 될 수 있다는 거야?

00:34:13.036 --> 00:34:16.692

똑같이 떨어질 수 있겠구나,
라는 걸 뜻하는 겁니다.

00:34:16.792 --> 00:34:21.051

결국 공기 저항에
의한 영향을 무시하고

00:34:21.151 --> 00:34:29.242

지구가 물체를 잡아당기는 중력만에
의해서 물체가 운동하게 되면

00:34:29.342 --> 00:34:32.463

모든 물체는 똑같이
떨어진다는 거죠.

00:34:32.563 --> 00:34:35.361

그래서 이 중력이 바로 뭐야?

00:34:35.461 --> 00:34:45.676

지구가 물체를 당기는 힘인데요.

00:34:45.776 --> 00:34:52.210

이 중력만에 의해서 물체가
떨어지면 모든 물체는

00:34:52.310 --> 00:34:55.611

공기저항이나 이런 외부의
바람이나 이런 거 빼고

00:34:55.711 --> 00:35:00.671

중력만에 의해서 공기의 저항이나 이런
거 다 빼고 물체가 떨어지게 된다면

00:35:00.771 --> 00:35:02.663

모든 물체가 같이 떨어지잖아.

00:35:02.763 --> 00:35:09.960

같이 떨어진다는 건 똑같은 시간 동안
똑같은 거리를 이동한다는 거죠?

00:35:10.060 --> 00:35:13.212

똑같은 시간 동안 똑같은
거리를 이동한다는 건

00:35:13.312 --> 00:35:18.493

똑같은 시간 동안 똑같은 속도의
변화를 가지면서 떨어졌다는 거고

00:35:18.593 --> 00:35:23.860

똑같은 시간 동안 똑같은 속도 변화를
가지면서 떨어진다는 건 뭐가 같다는 거야?

00:35:23.960 --> 00:35:29.185

시간 동안의 속도 변화량이 같다는
거니까 가속도가 같다는 거죠.

00:35:29.285 --> 00:35:35.684

결국 중력만에 의해서 떨어지는
물체는 가속도가 모두 같습니다.

00:35:35.784 --> 00:35:38.909

같은 가속도를 가져요.

00:35:39.009 --> 00:35:46.002

그래서 우리는 중력만에 의해서
떨어지는 모든 물체는 가속도가 같다.

00:35:46.102 --> 00:35:49.043

그래서 그 가속도를 우리는
뭐라고 부르느냐,

00:35:49.143 --> 00:35:56.670

중력에 의한 가속도라고 해서
중력 가속도라고 불러줍니다.

00:35:57.740 --> 00:36:03.519

그런데 이 중력 가속도가 얼마인지를
과학자들이 실험으로 확인해봤어요.

00:36:03.619 --> 00:36:06.159

이건 여러분도 실험으로
확인해볼 수 있어요.

00:36:06.259 --> 00:36:12.211

물체를 이렇게 떨어뜨리고 공기 저항을
무시할 수 있는 물체를 떨어뜨린 상태로

00:36:12.311 --> 00:36:20.957

우리 앞에서 배웠던 사진을 찍어서
구간 거리를 이용해서 계산하면

00:36:21.057 --> 00:36:23.796

중력 가속도 값을 여러분도
계산할 수가 있습니다.

00:36:23.896 --> 00:36:26.845

그런 거 수행평가로 진행하는
학교들도 있을 수 있어요.

00:36:26.945 --> 00:36:31.327

어쨌든 중력 가속도를
과학자들이 계산해봤더니

00:36:31.427 --> 00:36:35.142

그 값이 대략 얼마가
나온다는 걸 알아냈느냐,

00:36:35.242 --> 00:36:40.567

9.8m/s²라는 걸
과학자들이 알아냅니다.

00:36:40.667 --> 00:36:47.274

그런데 9.8이라고 쓰는 수치가
우리가 계산할 때 너무 복잡해지니까

00:36:47.374 --> 00:36:49.727

이걸 간단하게 계산하게 하기 위해서

00:36:49.827 --> 00:36:53.599

우리는 중력가속도를 보통
얼마로 표현하고 쓰느냐,

00:36:53.699 --> 00:36:55.648

10으로 표현하고요.

00:36:55.748 --> 00:37:00.075

이 중력 가속도를 표현하는
기호는 뭘 이용하느냐,

00:37:00.175 --> 00:37:03.064

g를 이용합니다.

00:37:04.592 --> 00:37:07.915

그래서 우리가 원래 힘을 표현할 때

00:37:08.022 --> 00:37:20.267

이렇게 물체가 있을 때
중력만에 의해서 떨어지게 되면

00:37:20.360 --> 00:37:23.549

물체에 작용하는
힘이 중력밖에 없죠?

00:37:23.649 --> 00:37:26.690

따라서 물체의 알짜힘이
뭐가 되는 거야?

00:37:26.790 --> 00:37:27.885

중력이 되는 거죠?

00:37:27.985 --> 00:37:30.729

우리는 알짜힘은 뭐라고
표현할 수 있어요?

00:37:30.829 --> 00:37:32.795

ma라고 쓸 수 있죠?

00:37:32.895 --> 00:37:38.458

그런데 중력만에 의해서
떨어지는 물체의 a, 가속도는

00:37:38.558 --> 00:37:40.321
어차피 모두 다 같고요.

00:37:40.421 --> 00:37:44.441
그 어차피 모두 다 같은 가속도를
뭐라고 표기하기로 했어요?

00:37:44.541 --> 00:37:51.866
g로 표현하기로 했기 때문에 중력을
ma라는 표현으로 안 쓰고

00:37:51.966 --> 00:37:55.905
a 자리에 어차피 중력에 의한
가속도가 모두 정해져있으니까

00:37:56.005 --> 00:37:59.197
m*g라고 표기하기로 했습니다.

00:37:59.297 --> 00:38:01.873
이렇게 과학자들끼리
약속을 했어, 오케이?

00:38:01.973 --> 00:38:07.234
그래서 중력은 m*g로 표기한다.

00:38:08.318 --> 00:38:11.077
이걸 기억하고 계셔야 됩니다.

00:38:11.177 --> 00:38:16.456
중력이라는 표현은
m*g로 표현한다.

00:38:16.556 --> 00:38:20.636
이때 이 g는 중력 가속도다.

00:38:20.736 --> 00:38:24.671
그러면 이제 또 다른 힘의
표현 하나 배우고 넘어가면

00:38:24.771 --> 00:38:28.166
바로 장력이라는 표현입니다.

00:38:28.266 --> 00:38:33.770
장력은 뭐냐, 일단 기호는
T, tension입니다.

00:38:33.870 --> 00:38:34.984
이런 상황입니다.

00:38:35.084 --> 00:38:38.078
여기 추가 있어요.

00:38:38.178 --> 00:38:43.835
이 추를 실로 연결해서
이렇게 잡고 있습니다.

00:38:43.935 --> 00:38:44.826
생각해봅시다.

00:38:44.926 --> 00:38:48.212
이 물체는 당연히 아래 방향으로

무슨 힘이 작용합니까?

00:38:48.312 --> 00:38:50.664
지구가 잡아당기는 중력이 작용해요.

00:38:50.764 --> 00:38:52.321
그런데 이 물체 보세요.

00:38:52.421 --> 00:38:53.464
안 움직이죠?

00:38:53.564 --> 00:38:55.419
알짜힘이 0이에요.

00:38:55.519 --> 00:38:56.593
그 말은 뭐야?

00:38:56.693 --> 00:38:59.866
위쪽으로도 똑같은 힘이
있어야 되는 거잖아.

00:38:59.966 --> 00:39:03.547
지금 물체가 이렇게
있고 매달려 있으면

00:39:03.647 --> 00:39:08.986
이 매달려있는 물체는 무조건 아래 방향으로
지금 뭐가 작용하고 있는 상황이야?

00:39:09.086 --> 00:39:12.041
중력이 작용하고 있는 상황입니다.

00:39:12.141 --> 00:39:17.167
그런데 이 물체가 움직여지지 않는다는
건 위로 힘이 작용한다는 소리고

00:39:17.267 --> 00:39:19.005
그러면 이걸 무슨 말이야?

00:39:19.105 --> 00:39:24.604
내 손이 실을 통해서
물체를 잡아당기고 있죠.

00:39:24.704 --> 00:39:32.298
즉 이 탱탱한 실이 물체를
당기고 있다고요.

00:39:32.398 --> 00:39:43.337
장력이란 바로 뭐냐, 실이
물체를 당기는 힘입니다.

00:39:44.116 --> 00:39:51.385
실이 물체를 당기는 힘을 우리는
tension, 장력이라고 불러주는 거죠.

00:39:52.867 --> 00:39:54.122
되지죠?

00:39:54.222 --> 00:39:59.109
이렇게 해서 힘의 표현에
대한 이야기를 해봤습니다.

00:39:59.209 --> 00:40:03.403

그러면 이 문제 한번
해결해보도록 합시다.

00:40:03.503 --> 00:40:10.528

힘이 아주 센 아저씨가
물체를 실에 매달았습니다.

00:40:10.628 --> 00:40:12.766

지금 이런 상황이라고
보도록 하겠습니다.

00:40:12.866 --> 00:40:25.231

여기 실이 있고 추가
이렇게 있는 상태입니다.

00:40:25.331 --> 00:40:26.679

보이지죠?

00:40:26.779 --> 00:40:30.641

이 아저씨가 힘이 매우 세서
양쪽으로 잡아당깁니다.

00:40:30.741 --> 00:40:36.235

그러면 이 실이 점점
일자에 가까워지죠.

00:40:36.335 --> 00:40:38.919

이 아저씨의 힘이 매우 세면

00:40:39.019 --> 00:40:47.501

이 실을 완벽하게 일자로 만드는
것이 가능할까요, 불가능할까요?

00:40:47.601 --> 00:40:50.352

내가 일단 힘을 매우
세게 주고 있어.

00:40:50.452 --> 00:40:54.166

나도 힘이 좀 센 편이거든.

00:40:54.266 --> 00:40:55.934

일자야, 아니야?

00:40:56.034 --> 00:40:56.665

아니죠.

00:40:56.765 --> 00:41:04.935

그러면 힘을 더 세게 주면 이 실을 일자로
만드는 게 가능할까, 불가능할까?

00:41:05.035 --> 00:41:08.110

한번 표현해보도록 하겠습니다.

00:41:08.210 --> 00:41:10.114

물체가 이렇게 있어요.

00:41:10.214 --> 00:41:16.395

이 물체에게 실을 매달아서 실을
일자로 만들었다고 가정해보겠습니다.

00:41:16.495 --> 00:41:22.940
그러면 실을 일자로 만들면 이
양쪽에서 이렇게 힘을 잡아당길 거고

00:41:23.040 --> 00:41:25.047
이렇게 힘을 잡아당기고 있겠죠.

00:41:25.147 --> 00:41:29.116
그런데 이 물체는 지금 아래
방향으로 뭐가 있어요?

00:41:29.216 --> 00:41:32.254
중력이 있습니다.

00:41:33.034 --> 00:41:41.582
물체가 이 상태로 멈춰있다는
건 뭘 의미해요?

00:41:41.682 --> 00:41:44.920
정지해있으려면 알짜힘이
0이어야 되죠.

00:41:45.020 --> 00:41:51.511
즉 이 물체가 실이 일자가
된 상태로 멈춰있으려면

00:41:51.611 --> 00:41:53.596
알짜힘이 얼마여야 됩니까?

00:41:53.696 --> 00:41:55.279
0이어야 됩니다.

00:41:55.379 --> 00:42:00.121
그런데 이 그림,
알짜힘이 0인가요?

00:42:00.221 --> 00:42:03.165
알짜힘이 0이 될 수 없습니다.

00:42:03.265 --> 00:42:07.750
왜? 이 힘과 이 힘은 반대
방향이라서 없어지고요.

00:42:07.850 --> 00:42:13.998
이 물체는 무조건 아래 방향으로
중력이 작용하게 되어있습니다.

00:42:14.098 --> 00:42:17.383
따라서 이 물체는 반드시
어떻게 돼야 되는 거야?

00:42:17.483 --> 00:42:22.190
아래 방향으로 처져 내려 오는
운동을 시작할 수밖에 없습니다.

00:42:22.290 --> 00:42:28.670
아래 방향으로 처져 내려 오는 운동을
하게 되면 이렇게 되는 거죠.

00:42:30.082 --> 00:42:32.290

그러면 이 상태가 됩니다.

00:42:32.390 --> 00:42:36.443
그러면 이제 어떻게 될 수 있느냐,
아래 방향으로 뭐가 있어요?

00:42:36.567 --> 00:42:38.474
중력이 있고요.

00:42:38.574 --> 00:42:42.337
양쪽으로 tension,
장력이 있습니다.

00:42:42.437 --> 00:42:46.126
이 상태로는 어떨 수 있습니까?

00:42:46.226 --> 00:42:48.586
알짜힘이 0일 수가 있습니다.

00:42:48.686 --> 00:42:52.916
이 힘과 이 힘, 이 물체 없이.

00:42:53.016 --> 00:42:58.533
중력이 없다고 생각하고 이렇게랑
이렇게 동시에 힘을 주면

00:42:58.633 --> 00:43:01.414
이 힘은 어느 방향으로 어떻게
작용할 수 있을 것 같아요?

00:43:01.514 --> 00:43:05.586
위 방향으로 이렇게
작용하게 할 수 있겠죠.

00:43:05.686 --> 00:43:12.919
그래서 결국 이 세 힘의
합이 얼마가 돼서?

00:43:13.019 --> 00:43:17.898
0이 돼서 물체는 이 상태로
머물러 있을 수 있게 됩니다.

00:43:17.998 --> 00:43:22.202
결국 이렇게는 머물러
있을 수 없기 때문에

00:43:22.302 --> 00:43:26.669
이 양쪽 줄을 일자로
만드는 건 불가능하다.

00:43:26.769 --> 00:43:29.932
결국 양쪽 줄이 일자가
되어버리는 순간

00:43:30.032 --> 00:43:34.010
물체에 작용하는 알짜힘은
0이 될 수 없습니다.

00:43:34.110 --> 00:43:39.917
그러면 중력에 의한 아래 방향으로 운동을
하게 돼서 처져 내려 오게 되고요.

00:43:40.017 --> 00:43:46.187
처져 내려 오게 되면 알짜힘이 0인
상태를 만들 수 있게 되는 거죠.

00:43:46.287 --> 00:43:50.439
그래서 처져 내려
올 수밖에 없다는 걸

00:43:50.539 --> 00:43:53.717
여러분이 기억해두시기 바랍니다.

00:43:53.817 --> 00:43:57.949
그러면 이제 마지막 개념
정리해 보도록 하겠습니다.

00:43:58.049 --> 00:44:10.029
바로 첫 번째는 뭐냐, 지면에 물체가
머물러 있을 때, 정지해 있을 때

00:44:10.129 --> 00:44:14.351
이 물체에 작용하는 힘들을
한번 표현해보도록 하겠습니다.

00:44:14.451 --> 00:44:20.064
이 물체가 당연히 아래
방향으로는 무슨 힘이 있어요?

00:44:20.164 --> 00:44:22.657
중력이 있습니다.

00:44:22.757 --> 00:44:26.300
이 중력이 있는데 물체가
안 내려가고 있네.

00:44:26.400 --> 00:44:28.122
물체가 있어요.

00:44:28.222 --> 00:44:33.892
이 칠판지우개는 분명히 아래 방향으로
중력이 있는데 안 움직이고 있어.

00:44:33.992 --> 00:44:39.277
이 말은 뭐야? 안 움직인다,
정지한다, 알짜힘이 0이라는 거죠.

00:44:39.377 --> 00:44:44.546
아래 방향으로 중력이 있는데 알짜힘이
0이기 위해서는 뭐가 존재해야 돼요?

00:44:44.646 --> 00:44:52.174
이 중력을 상쇄시킬 수 있는 위쪽으로
작용하는 똑같은 크기의 힘이 있어야 되죠?

00:44:52.274 --> 00:44:52.989
맞습니까?

00:44:53.089 --> 00:44:55.001
이 힘은 뭐니까?

00:44:55.101 --> 00:45:02.330

지금 여기서보면 손바닥이 물체를 내려가지 못하게 받쳐주는 힘이 있습니다.

00:45:02.430 --> 00:45:10.429
즉 표면이 물체가 중력에 의해서 내려가지 못하게 받치는 힘이 있다고요.

00:45:10.529 --> 00:45:14.055
만약에 이 힘이 없으면 이 그림대로라면 물체는 어떻게 돼야 돼?

00:45:14.155 --> 00:45:16.948
땅속으로 들어가야 돼.

00:45:17.048 --> 00:45:19.945
그런데 들어가지 않고 알짜힘이 0인 상태라는 건

00:45:20.045 --> 00:45:23.499
위쪽으로 똑같은 크기의 힘이 존재하고 있다는 거죠.

00:45:23.599 --> 00:45:27.523
만약에 이 힘이 더 크면 어떻게 되겠어?

00:45:27.623 --> 00:45:29.720
애는 위로 올라가기 시작하죠.

00:45:29.820 --> 00:45:30.982
이 힘이 더 크면 애는?

00:45:31.082 --> 00:45:32.745
내려가기 시작할 거고요.

00:45:32.845 --> 00:45:36.634
두 힘의 크기가 똑같으니까 정지해있을 수 있죠.

00:45:36.734 --> 00:45:39.395
그래서 우리는 이 힘을 뭐라고 부르느냐,

00:45:39.495 --> 00:45:43.010
바닥이 받쳐주는 힘을 뭐라고 부르느냐,

00:45:43.110 --> 00:45:47.745
수직항력이라고 부르는데요.

00:45:47.845 --> 00:45:51.366
물리학 1에서는 기억할 필요는 없는 힘이지만

00:45:51.466 --> 00:45:55.688
그럼에도 불구하고 여러분이 참고로 알아둘 필요는 있죠.

00:45:55.788 --> 00:46:00.765
바닥이 받치는 힘이 존재하고 있구나.

00:46:00.865 --> 00:46:03.850

그 힘의 크기는 이 경우
어때야 된다는 소리야?

00:46:03.950 --> 00:46:05.243

같아야 된다는 겁니다.

00:46:05.343 --> 00:46:08.418

그러면 여기서 또 하나 오해하면
안 되는 게 수직항력.

00:46:08.518 --> 00:46:13.639

바닥이 받치는 힘은 항상 중력과
같은 거냐, 그렇지 않죠.

00:46:13.739 --> 00:46:17.349

왜냐, 여기 물체가 있습니다.

00:46:17.449 --> 00:46:23.111

물체가 있을 때 아래 방향으로
중력이 있는 상태인데

00:46:23.211 --> 00:46:26.423

내가 이 물체를 이렇게 눌러요.

00:46:26.523 --> 00:46:27.450

F의 힘으로 눌러.

00:46:27.550 --> 00:46:31.291

지금 이렇게 받치고 있는 상태에서
내가 이 물체를 F로 이렇게 눌러.

00:46:31.391 --> 00:46:33.884

F로 누르는데도 애는
어때요, 지금?

00:46:33.984 --> 00:46:35.461

안 내려가죠?

00:46:35.561 --> 00:46:38.287

아래로 누르는데도 안
내려간다는 건 뭘 의미해?

00:46:38.387 --> 00:46:43.854

바닥이 받치는 힘이 더
커진다는 거죠, 누르는 만큼.

00:46:43.954 --> 00:46:46.197

그래서 이 수직항력이라는 값.

00:46:46.297 --> 00:46:51.138

바닥이 받치는 힘은 상황에
따라서 바뀌는 힘입니다.

00:46:51.238 --> 00:46:58.349

항상 중력과 같은 힘이 아니라는 거
여러분이 기억해두시기 바랍니다.

00:46:58.449 --> 00:47:01.055

바닥에 받치는 힘이

존재한다는 거고요.

00:47:01.155 --> 00:47:08.728
당연히 물체가 바닥에서 떨어지면 바닥이 받치는 힘은 존재해, 안 해?

00:47:08.828 --> 00:47:10.915
바닥에 받치는 힘 같은 건 존재하지 않죠.

00:47:11.015 --> 00:47:17.791
바닥에 받치는 힘은 항상 물체와 바닥이 접촉되어있을 때만 작용합니다.

00:47:17.891 --> 00:47:27.489
이번에는 경사면에 놓여있는 물체를 보도록 하겠습니다.

00:47:27.589 --> 00:47:33.523
경사면에 물체가 놓이면 물체는 어떻게 됩니까?

00:47:33.623 --> 00:47:36.967
경사면을 따라서 내려옵니다.

00:47:37.067 --> 00:47:42.576
애가 경사면을 따라서 내려오는 이유는 뭐 때문이죠?

00:47:42.676 --> 00:47:44.770
중력이 존재하기 때문이죠.

00:47:44.870 --> 00:47:47.318
중력은 당연히 어느 방향으로 작용해요?

00:47:47.418 --> 00:47:49.656
아래 방향으로 작용하는 힘입니다.

00:47:49.756 --> 00:47:55.166
지구 중심 방향으로 작용하는 힘이 중력이에요.

00:47:55.266 --> 00:47:57.809
그러면 애가 경사면 방향으로 작용하는 힘은 뭘까.

00:47:57.909 --> 00:47:59.863
중력에 의한 힘입니다.

00:47:59.963 --> 00:48:01.732
중력은 아닌데요.

00:48:01.832 --> 00:48:08.927
중력에 의한 힘으로 애는 경사면 방향으로 내려오게 된다고 표현하는데요.

00:48:09.027 --> 00:48:11.357
이때 여러분이 기억하셔야 될 게 있습니다.

00:48:11.457 --> 00:48:16.530

바로 뭐냐, 이 경사면 방향으로
중력에 의한 힘이 나타나는데

00:48:16.630 --> 00:48:20.261

이 힘은 당연히 중력보다는 어때요?

00:48:20.361 --> 00:48:21.649

작을 수밖에 없어요.

00:48:21.749 --> 00:48:22.934

상식적으로 생각을 해봐.

00:48:23.034 --> 00:48:25.268

내가 애를 놓으면 이런
속도로 떨어져요.

00:48:25.368 --> 00:48:30.013

그런데 경사면에서 놓으면 그
속도 변화보다는 작죠.

00:48:30.113 --> 00:48:32.682

그 말은 뭐야?
가속도가 작다는 거고

00:48:32.782 --> 00:48:36.304

가속도가 작다는 건 작용하는
알짜힘이 작다는 겁니다.

00:48:36.404 --> 00:48:43.294

중력에 의한 힘으로 내려왔으면 훨씬 더
빠르게 내려와야 되겠죠, 이게 g 면.

00:48:43.394 --> 00:48:46.535

속도 변화가 이런 속도
변화가 나타나야 되는데

00:48:46.635 --> 00:48:50.727

지금 애는 그런 속도 변화가
나타나지 않잖아요.

00:48:50.827 --> 00:48:54.162

결국 이 힘은 중력보다
작다는 거고요.

00:48:54.262 --> 00:48:56.578

한 가지 추가로 여러분이
기억할 건 바로 뭐냐,

00:48:56.678 --> 00:49:04.048

이 힘이 중력보다 작은
힘으로 일정한 힘입니다.

00:49:04.148 --> 00:49:06.018

경사면에 의해서 일정한 힘입니다.

00:49:06.118 --> 00:49:08.824

그래서 이 수치까지는
기억하지 못하셔도

00:49:08.924 --> 00:49:10.774

이거는 좀 기억하고
있으면 좋습니다.

00:49:10.874 --> 00:49:18.676
이 힘은 바로 뭐냐, $mg\sin\theta$
라는 힘으로 나타나고요.

00:49:18.776 --> 00:49:22.539
이 θ 는 뭐냐, 경사각 θ 입니다.

00:49:22.639 --> 00:49:27.486
결국 무슨 말씀을 드리고 싶냐,
물리학 1 수준에서 기억할 건

00:49:27.586 --> 00:49:35.313
경사면이 일정하면 경사면 방향으로
작용하는 힘도 일정하다는 겁니다.

00:49:35.413 --> 00:49:40.355
경사면 방향으로 작용하는
이 힘이 일정하다.

00:49:40.455 --> 00:49:47.332
그러면 결과적으로 경사면에
놓여있는 물체가 마찰을 무시한다면

00:49:47.432 --> 00:49:53.121
작용하는 힘이 $mg\sin\theta$ 의
힘으로 운동이 되고요.

00:49:53.221 --> 00:50:01.709
따라서 알짜힘 $m*a$ 가 $mg\sin\theta$ 의
힘으로 나타나게 됩니다.

00:50:01.809 --> 00:50:05.661
그래서 경사면을 따라서
내려오는 물체의 가속도는

00:50:05.761 --> 00:50:11.203
 $g\sin\theta$ 의 가속도를
갖게 됩니다.

00:50:11.303 --> 00:50:14.195
이 공식을 기억하라는
의미는 아니고요.

00:50:14.295 --> 00:50:16.638
이 공식을 이용해서 계산하는
문제는 나오지 않아.

00:50:16.738 --> 00:50:18.365
그렇지만 이거는 기억해야 돼.

00:50:18.465 --> 00:50:24.319
경사각이 일정한 경사면에서
물체가 운동하게 되면

00:50:24.419 --> 00:50:26.819
등가속도 운동을 한다는 겁니다.

00:50:26.919 --> 00:50:29.307

일정한 가속도로 운동한다.

00:50:29.407 --> 00:50:33.477

일정한 힘이 작용해서 일정한
가속도로 작용하게 된다.

00:50:33.577 --> 00:50:40.867

당연히 경사각이 커지면
커질수록 가속도도 커지고

00:50:40.967 --> 00:50:49.236

경사면 아래 방향으로 작용하는
알짜힘, 힘도 커지게 된다는 걸

00:50:49.336 --> 00:50:51.424

기억하시길 바랍니다.

00:50:51.524 --> 00:50:53.754

됐죠?

00:50:53.854 --> 00:51:00.072

이렇게 해서 개념에 대한
설명은 모두 마치고요.

00:51:00.172 --> 00:51:07.117

기출 유형 문제들을 통해서 오늘 배운
내용들 확인해 나가보도록 하겠습니다.

00:51:07.217 --> 00:51:08.895

지금 뭐라고 되어있느냐,

00:51:08.995 --> 00:51:11.586

집게에 매달려있던 인형이.

00:51:11.686 --> 00:51:15.253

요즘 이게 유행하고 있거든요.

00:51:15.353 --> 00:51:19.913

여러분이 이 강의를 언제 볼진 모르겠지만
이게 요즘 유행하고 있어요,

00:51:20.013 --> 00:51:21.878

유행이 좀 지나가고 있긴 하지만.

00:51:21.978 --> 00:51:26.089

그래서 우리 둘째 아들도 뽑기방
가서 1000원씩 꽂아서

00:51:26.189 --> 00:51:30.434

뽑기에 현혹돼서 환장하겠어.

00:51:30.534 --> 00:51:34.254

뽑지는 못하고 그냥 돈만
날리고 와, 맨날.

00:51:34.354 --> 00:51:35.294

보도록 하겠습니다.

00:51:35.394 --> 00:51:40.308

인형이 분리된 후
지면으로 떨어진다.

00:51:40.408 --> 00:51:41.632
이 말은 뭘 의미해?

00:51:41.732 --> 00:51:47.600
여기에 멈춰있던 애가 속도를
갖고 운동을 하게 됐다는 거죠?

00:51:47.700 --> 00:51:49.712
결국 뭐가 있었다는 거야?

00:51:49.812 --> 00:51:51.812
속도 변화량이 있었다는 거야.

00:51:51.912 --> 00:51:53.969
속도 변화량이 있으면 뭐가 있어요?

00:51:54.069 --> 00:51:55.111
가속도가 있어요.

00:51:55.211 --> 00:51:56.948
가속도가 있으면 뭐가 있어요?

00:51:57.048 --> 00:51:58.797
알짜힘이 있었다는 소리죠.

00:51:58.897 --> 00:52:03.997
당연히 이 물체를 아래 방향으로
내리게 한 힘은 뭐였을까요?

00:52:04.097 --> 00:52:06.177
중력이었겠죠.

00:52:06.277 --> 00:52:11.038
그래서 인형에는 당연히
중력이 작용하고 있습니다.

00:52:11.138 --> 00:52:13.112
그러면 떨어지는
동안에도 마찬가지로.

00:52:13.212 --> 00:52:19.281
중력이라는 힘은 지표면 부근에서 존재하는
모든 물체에게 작용하는 힘이니까.

00:52:19.381 --> 00:52:23.349
이때 당연히 떨어지면 떨어질수록
이동 거리는 어떻게 됩니까?

00:52:23.449 --> 00:52:25.471
증가합니다.

00:52:25.571 --> 00:52:29.446
그런데 중력이라는 힘은 아래
방향으로 작용하고 있고요.

00:52:29.546 --> 00:52:35.735
물체가 아래 방향으로 작용하는데
계속 아래 방향으로 힘이 작용하니까

00:52:35.835 --> 00:52:40.365

아래 방향으로 가속도가 있으니까

00:52:40.465 --> 00:52:45.703

아래 방향으로 속도는
어떻게 될 수밖에 없어?

00:52:45.803 --> 00:52:48.674

빨라질 수밖에 없죠.

00:52:48.774 --> 00:52:50.355

당연한 거죠?

00:52:50.455 --> 00:52:54.405

이런 문제가 수능에 나옵니다.

00:52:54.505 --> 00:52:57.643

수능에 나왔던 문제예요, 어이없죠?

00:52:57.743 --> 00:53:00.554

이 정도는 우리가 기본으로
맞힐 수 있는 문제죠?

00:53:00.654 --> 00:53:02.527

물리가 절대 어렵지 않다고요.

00:53:02.627 --> 00:53:04.287

어려운 문제만 있는 거 아니라고.

00:53:04.387 --> 00:53:08.249

이렇게 쉬운 문제들도 부지기수야.

00:53:08.349 --> 00:53:10.635

2번 문제 보도록 하겠습니다.

00:53:10.735 --> 00:53:16.812

2번 문제 (가) 그림은
제가 세 번째 강의,

00:53:16.912 --> 00:53:21.739

뉴턴의 운동 3법칙 강의 시간에
조금 보여드리기도 할 건데

00:53:21.839 --> 00:53:24.576

일단 문제를 좀 해결해
나가보도록 하겠습니다.

00:53:24.676 --> 00:53:29.305

문제에 매우 중요한 조건이 있어요.

00:53:31.366 --> 00:53:35.976

애네들이 일정한 속력으로 운동한대.

00:53:36.076 --> 00:53:42.628

그런데 일정한 속력으로
직선운동 합니다.

00:53:42.728 --> 00:53:43.860

뭐 떠오르는 거 있어?

00:53:43.960 --> 00:53:50.402

일정한 속력으로 직선운동,

등속직선운동.

00:53:50.502 --> 00:53:59.053

결국 애는 등속직선운동을
하고 있습니다.

00:53:59.153 --> 00:54:01.078

등속직선운동이란 뭐야?

00:54:01.178 --> 00:54:04.542

등속도 운동이야.

00:54:04.642 --> 00:54:06.434

등속도 운동이면 뭐야?

00:54:06.534 --> 00:54:14.854

속도 변화량이 얼마야? 0이야.

00:54:14.954 --> 00:54:19.307

속도 변화량이 0이면
가속도가 0이야.

00:54:19.407 --> 00:54:24.743

가속도가 0이면 알짜힘이 0이야.

00:54:24.843 --> 00:54:26.554

공식처럼 나와야 되지.

00:54:26.654 --> 00:54:30.223

또 문제에 뭐라고 되어있느냐,

00:54:30.323 --> 00:54:35.835

(나)에서 C와 D는 정지해 있다.

00:54:35.935 --> 00:54:36.751

또 나왔어.

00:54:36.851 --> 00:54:40.588

정지라는 말은 뭐야?

00:54:40.688 --> 00:54:43.167

속도 변화량이 0이야.

00:54:43.267 --> 00:54:46.693

속도 변화량이 0이면
가속도가 0이야.

00:54:46.793 --> 00:54:51.715

가속도가 0이면 알짜힘이 0이야.

00:54:51.815 --> 00:54:53.531

무조건 따라 나오는 겁니다.

00:54:53.631 --> 00:54:57.568

결국 둘 다 어떤 상태가
성립되는 거야?

00:54:57.668 --> 00:55:00.596

속도 변화량이 0, 가속도가
0, 알짜힘이 0.

00:55:00.696 --> 00:55:05.360

속도 변화량이 0, 가속도가
0, 알짜힘이 0이라는 말이

00:55:05.460 --> 00:55:07.533

문제에 들어가 있는 겁니다.

00:55:07.633 --> 00:55:10.920

정말 이런 문제의 유형은
출제 빈도가 높습니다.

00:55:11.020 --> 00:55:12.913

문제에 써져있어.

00:55:13.044 --> 00:55:15.181

일정한 속도로 운동한다,
정지해 있다.

00:55:15.281 --> 00:55:16.916

그리고 이렇게 묻는 거죠.

00:55:17.016 --> 00:55:21.937

가속도는 얼마니, 당연히
가속도는 0일 수밖에 없죠?

00:55:22.037 --> 00:55:25.582

알짜힘도 0일 수밖에 없습니다.

00:55:25.682 --> 00:55:29.430

$\perp$, A의 질량과 B의
질량을 비교하랍니다.

00:55:29.530 --> 00:55:30.316

생각해봅시다.

00:55:30.416 --> 00:55:32.778

알짜힘이 0이어야 돼.

00:55:32.878 --> 00:55:35.792

애는 당연히 아래 방향으로
무슨 힘이 있어요?

00:55:35.892 --> 00:55:38.434

중력이 있습니다.

00:55:38.534 --> 00:55:41.336

애는 당연히 아래 방향으로
무슨 힘이 있어요?

00:55:41.436 --> 00:55:43.305

중력이 있습니다.

00:55:43.405 --> 00:55:48.271

결국 애네 둘을 이쪽에서
중력, 이쪽에서 중력.

00:55:49.210 --> 00:55:54.248

양쪽에서 같은 힘으로
잡아당기고 있으니까

00:55:54.348 --> 00:55:58.931

둘의 알짜힘이 0일 수 있죠.

00:56:00.856 --> 00:56:03.323
되고 있죠?

00:56:03.423 --> 00:56:11.014
물론 이 물체의 운동 같은
경우는 우리가 세 번째 강의,

00:56:11.114 --> 00:56:15.156
작용 반작용 법칙, 운동
3법칙에 대한 내용을 배워야

00:56:15.256 --> 00:56:16.758
완벽하게 설명할 수 있는데요.

00:56:16.858 --> 00:56:19.582
여기서 대략적으로 여러분이
이해할 수 있을 것 같아서

00:56:19.682 --> 00:56:20.817
설명을 드리고 있습니다.

00:56:20.917 --> 00:56:23.454
양쪽에서 다 같은
힘으로 작용을 시켜야

00:56:23.554 --> 00:56:27.946
얘는 알짜힘이 0이고 가속도가 0이고
속도 변화량이 0일 수 있습니다.

00:56:28.046 --> 00:56:32.735
이쪽이 크거나 이쪽이 크면
느려지거나 빨라져야 되죠.

00:56:32.835 --> 00:56:36.132
등속도 운동이니까 속력이
변해야 되는 상황이라고요.

00:56:36.232 --> 00:56:39.302
그래서 결과적으로는 질량이
같고 중력이 같아야 됩니다.

00:56:39.402 --> 00:56:43.440
중력이 같다는 건 중력은
mg, mg인데

00:56:43.540 --> 00:56:48.428
어차피 g는 정해져있는 값이니까
m이 같다는 것을 뜻하죠.

00:56:48.528 --> 00:56:54.273
그래서 A의 질량은 B의
질량과 같다는 거고요.

00:56:54.373 --> 00:56:55.653
C도 마찬가지로?

00:56:55.753 --> 00:56:59.034
얘는 지금 이쪽으로
힘이 작용하고요.

00:56:59.134 --> 00:57:01.193
이쪽으로 힘이 작용합니다.

00:57:01.293 --> 00:57:03.847
이쪽으로 잡아당겨 지고
이쪽으로 잡아당겨 지고.

00:57:03.947 --> 00:57:11.225
이 두 힘이 같으니까
멈춰있는 거야.

00:57:12.614 --> 00:57:15.442
그러면 이거랑 이거랑 같다는 거죠?

00:57:15.542 --> 00:57:17.493
그런데 이 힘은 뭐니까?

00:57:17.593 --> 00:57:22.952
애에 작용하는 중력보다 작습니다.

00:57:23.052 --> 00:57:24.544
이 힘은 애에 작용하는
중력보다 작아요.

00:57:24.644 --> 00:57:27.399
그러면 애가 무거운 애야,
애가 무거운 애야?

00:57:27.499 --> 00:57:30.022
애가 무거운 애란 소리죠.

00:57:30.122 --> 00:57:37.464
그래서 질량은 C의 질량이
D의 질량보다 크다는 보기도

00:57:37.564 --> 00:57:40.317
맞는 보기가 되는 거죠.

00:57:40.417 --> 00:57:43.822
이렇게 해서 문제를
확인할 수 있었어요.

00:57:43.922 --> 00:57:45.936
이제 3번 보도록 하겠습니다.

00:57:46.036 --> 00:57:52.925
3번 문제 봤더니 3번 문제에도
아주 중요한 조건이 들어있어요.

00:57:53.025 --> 00:57:55.629
어떤 중요한 조건이 들어있느냐,

00:57:55.729 --> 00:58:01.781
문제를 보시면 (가)에서
자동차는 정지해있다.

00:58:01.881 --> 00:58:07.956
(나)에서는 일정한
속도로 운동한다.

00:58:08.056 --> 00:58:11.732

정지와 일정한 속도,
공통점이 있죠?

00:58:11.832 --> 00:58:14.017

어떤 공통점이 있어요?

00:58:14.117 --> 00:58:23.265

속도 변화량이 0이다, 가속도가
0이다, 알짜힘이 0이다.

00:58:26.105 --> 00:58:27.809

그러면 γ 부터 보겠습니다.

00:58:27.909 --> 00:58:33.976

이 운동량이라는 값은
4장에서 배웁니다.

00:58:34.076 --> 00:58:40.189

이 운동량은 질량 곱하기
속도 값으로 표현이 됩니다.

00:58:40.289 --> 00:58:43.709

그래서 (가) 같은 경우는 속도가 얼마야?
0이고요.

00:58:43.809 --> 00:58:46.261

(나) 같은 경우는
속도가 존재하죠?

00:58:46.361 --> 00:58:50.264

따라서 운동량은 (나)가 큰 거죠.

00:58:50.364 --> 00:58:51.657

이건 일단 외워두세요.

00:58:51.757 --> 00:58:53.938

뒤쪽 4장에서 다시
한번 말씀드릴 거야.

00:58:54.038 --> 00:58:56.607

운동량은 $m \cdot v$ 다.

00:58:56.707 --> 00:58:58.750

그래서 (나)의 운동량이 더 크고요.

00:58:58.850 --> 00:59:03.624

γ , 자동차에 작용하는
알짜힘의 크기를 묻고 있습니다.

00:59:03.724 --> 00:59:04.476

어떻게 됐어요?

00:59:04.576 --> 00:59:08.405

둘 다 정지, 일정한
속도니까 알짜힘이 얼마야?

00:59:08.505 --> 00:59:11.448

0이야.

00:59:11.548 --> 00:59:15.336

그래서 (나)가 크지 않죠,
둘 다 0으로 같습니다.

00:59:15.436 --> 00:59:20.169
ㄷ, 자동차가 상자를
떠받치는 힘을 묻고 있습니다.

00:59:20.269 --> 00:59:23.537
상자는 당연히 아래 방향으로
무슨 힘이 있어요?

00:59:23.637 --> 00:59:26.291
중력 mg가 있고요.

00:59:26.391 --> 00:59:30.447
여기도 상자의 중력
mg가 있습니다.

00:59:30.547 --> 00:59:34.256
똑같은 상자죠?
똑같은 중력이 작용하죠?

00:59:34.356 --> 00:59:38.950
애는 둘 다 아래 방향으로
운동하지 않습니다.

00:59:39.050 --> 00:59:43.095
아래 방향으로 운동하지 않으면
당연히 위 방향으로도

00:59:43.195 --> 00:59:46.967
똑같은 크기의 힘이 있어야 됩니다.

00:59:47.067 --> 00:59:49.935
중력과 똑같은 크기의
힘이 있어야 되고요.

00:59:50.035 --> 00:59:52.278
중력과 똑같은 크기의 힘이 있어야

00:59:52.378 --> 00:59:56.607
애는 아래로 안 움직이고
위로도 안 움직입니다.

00:59:56.707 --> 00:59:57.497
되셨죠?

00:59:57.597 --> 01:00:00.959
따라서 이 힘, 둘 다 어떻습니까?

01:00:01.059 --> 01:00:04.104
자동차가 상자를 떠받치는
힘은 당연히 어때요?

01:00:04.204 --> 01:00:06.205
똑같은 수밖에 없습니다.

01:00:06.305 --> 01:00:11.096
그래서 ㄷ번 보기도
틀린 보기가 되죠.

01:00:11.869 --> 01:00:16.416

마지막 4번 문제
보도록 하겠습니다.

01:00:17.534 --> 01:00:23.282

4번은 문제에서 보면 (가)
속도가 나와 있어요.

01:00:23.382 --> 01:00:25.926

여기 볼까요?

01:00:26.026 --> 01:00:33.411

이 A라는 물체에 10의 힘만
작용하고 있는데 가속도가 2래.

01:00:33.511 --> 01:00:37.638

알짜힘 $F=m*a$.

01:00:37.738 --> 01:00:41.548

10의 힘이 작용하는데
가속도가 2래.

01:00:41.648 --> 01:00:44.745

그러면 애는 질량이
얼마라는 소리야?

01:00:44.845 --> 01:00:47.203

5kg이구나, 라는
걸 알 수 있고요.

01:00:47.303 --> 01:00:50.809

애는 10의 힘이 작용하는데
가속도가 5래.

01:00:50.909 --> 01:00:52.972

그러면 질량이 얼마인 거야?

01:00:53.072 --> 01:00:55.029

2kg인 거죠.

01:00:55.129 --> 01:00:58.716

결국 A는 질량이 몇kg?
2kg.

01:00:58.816 --> 01:01:01.951

B는 질량이 2kg인 거죠.

01:01:02.051 --> 01:01:04.615

그러면 애네 둘을
7의 힘으로 밀죠?

01:01:04.715 --> 01:01:07.121

그러면 애네 둘은 함께
운동할 거 아니야.

01:01:07.221 --> 01:01:09.849

한 덩어리라고 놓을 수 있어요.

01:01:09.949 --> 01:01:12.494

한 덩어리라고 놓으면
몇kg이 돼요?

01:01:12.594 --> 01:01:14.234
7kg이 되죠?

01:01:14.334 --> 01:01:21.293
그러면 7의 힘으로 7kg을
미니까 가속도는 얼마가 됩니까?

01:01:21.393 --> 01:01:24.677
1이구나, 라는 걸
우리가 알 수 있죠.

01:01:24.777 --> 01:01:26.886
그래서 ㄱ, 맞고요.

01:01:26.986 --> 01:01:29.242
ㄴ, 맞고요.

01:01:29.342 --> 01:01:34.690
ㄷ, 이건 우리가 바로 다음
4장에서 배울 내용입니다.

01:01:34.790 --> 01:01:37.567
작용 반작용 법칙이거든요.

01:01:37.667 --> 01:01:46.955
그래서 A가 B에 작용하는 힘, B가
A에 작용하는 힘은 무조건 같습니다.

01:01:47.055 --> 01:01:51.730
말이 바뀌면 이게 같은
힘으로 작용하게 돼요.

01:01:51.830 --> 01:01:56.665
A가 B에 작용하는 힘,
B가 A에 작용하는 힘.

01:01:56.765 --> 01:01:59.897
이런 관계를 우리는 작용
반작용 관계라고 부르거든요.

01:01:59.997 --> 01:02:03.450
작용 반작용 관계에 있는
힘은 무조건 같다.

01:02:03.550 --> 01:02:07.379
이걸 기억해두신다면
4장에서 좀 더 편하게

01:02:07.479 --> 01:02:10.988
여러분이 수업을 들을 수
있을 것 같아요.

01:02:11.997 --> 01:02:14.700
내가 문제를 너무 쉬운
것만 넣었나 보다.

01:02:14.800 --> 01:02:20.095
그런데 이 정도 수준의 문제들도
정말 많이 등장하고 있습니다.

01:02:20.195 --> 01:02:23.608

그러니까 여러분이 이 물리에
대한 두려움을 좀 떨쳐내시고

01:02:23.708 --> 01:02:28.787

이렇게 쉬운 문제들을 바탕으로
여러분의 능력치를 완성한 다음에

01:02:28.887 --> 01:02:32.626

어려운 문제에 도전해서
적용하고 적응하는

01:02:32.726 --> 01:02:34.710

그런 훈련들이 반드시 있어야

01:02:34.810 --> 01:02:38.960

최고의 경지에 올라갈 수 있다는
걸 잊지 마시기 바랍니다.

01:02:39.060 --> 01:02:43.972

명확한 개념을 바탕으로 여러분의
학업 수준을 끌어올릴 수 있는

01:02:44.072 --> 01:02:46.724

그러한 준비 계속해서
해나가시기 바랍니다.

01:02:46.824 --> 01:02:50.367

그러면 다음 강에서 뵈도록 할게요.