

WEBVTT

00:00:10.660 --> 00:00:11.519

반갑습니다.

00:00:11.619 --> 00:00:14.370

물리학 1 기초개념학습

벽 샘입니다.

00:00:14.470 --> 00:00:20.564

오늘은 17번째 주제, 전자기 유도에  
대한 내용 진행하도록 할게요.

00:00:20.664 --> 00:00:27.103

우리 일상생활에서 이 전자기 유도와  
관련되어있는 현상을 이용한

00:00:27.203 --> 00:00:31.020

어떤 기계장치들이 굉장히  
많이 존재하고 있습니다.

00:00:31.120 --> 00:00:35.714

그 대표적인 장치 하나 먼저  
보고 시작하도록 할게요.

00:00:35.814 --> 00:00:40.626

지금 보시면 이 검은색 테두리  
부분에 뭐가 들어있느냐,

00:00:40.726 --> 00:00:41.597

코일이 들어있어요.

00:00:41.697 --> 00:00:47.260

우리가 앞서 봤던 이런 코일이 여기 검은색  
테이핑을 해놓은 상태로 들어가 있고요.

00:00:47.360 --> 00:00:50.979

그리고 그 앞에 지금 뭐가 놓여있죠?  
자석이 놓여 있습니다.

00:00:51.079 --> 00:00:53.585

그리고 여기에는 뭐가 놓여있느냐,

00:00:53.685 --> 00:00:56.134

발광다이오드가 들어있습니다.

00:00:56.234 --> 00:01:02.052

우리가 잘 알다시피 발광다이오드는  
순방향 전압이 걸리면

00:01:02.152 --> 00:01:07.985

전류가 흐르면서 빛을  
발생시키는 장치였습니다.

00:01:08.085 --> 00:01:12.497

지금 이 장치에는 어디에도  
건전지가 들어있지 않습니다.

00:01:12.597 --> 00:01:19.511

그런데 이 코일 앞에 놓여있는 이 자석을

제가 힘차게 돌려보도록 할게요.

00:01:19.611 --> 00:01:23.171

그러면 애를 돌려주면  
어떤 일이 일어나느냐,

00:01:23.271 --> 00:01:26.426

돌렸더니 지금 뭐가  
관측되고 있어요?

00:01:26.526 --> 00:01:27.827

이 부분을 잘 봐야 되죠.

00:01:27.927 --> 00:01:30.271

여기에 지금 발광다이오드가  
있거든요.

00:01:30.371 --> 00:01:35.937

돌렸더니 발광다이오드가  
반짝반짝 빛을 내고 있습니다.

00:01:36.037 --> 00:01:38.220

그러면 여기서 우리가 판단할  
수 있는 건 뭐야?

00:01:38.320 --> 00:01:47.808

코일 앞에 자석이 움직였더니 그 코일에  
연결된 발광다이오드에서 빛이 나는구나.

00:01:47.908 --> 00:01:50.445

발광다이오드에서 빛이 난다는 건

00:01:50.545 --> 00:01:54.322

발광다이오드에 전류가 흐르는구나,  
라는 걸 알 수 있어요.

00:01:54.422 --> 00:01:59.010

이때 내가 이 자석을 코일  
앞에서 천천히 움직여볼게요.

00:01:59.110 --> 00:02:06.023

천천히 움직이게 하면 지금  
빛이 나고 있지 않아요.

00:02:06.123 --> 00:02:12.418

빠르게 움직여야만 빛이 난다는  
걸 우리가 확인할 수 있죠.

00:02:12.518 --> 00:02:17.609

이처럼 코일 앞에 자석을  
두고 운동을 시켜서

00:02:17.709 --> 00:02:20.051

전기를 만들어내는 거죠?

00:02:20.151 --> 00:02:22.814

이러한 장치를 우리는  
뭐라고 불러요?

00:02:22.914 --> 00:02:25.303

발전기라고 불러줍니다.

00:02:25.403 --> 00:02:32.393

그래서 오늘 배울 내용이 바로 이 발전기의 원리를 설명하는 내용이 되겠습니다.

00:02:32.493 --> 00:02:35.783

그러면 오늘의 강의를 통해서 여러분이 반드시 익혀야 될 핵심 용어들

00:02:35.883 --> 00:02:37.987

먼저 좀 파악해보도록 할게요.

00:02:38.087 --> 00:02:44.879

일단 이 발전기의 원리를 설명하는 현상을 뭐라고 부르느냐,

00:02:44.979 --> 00:02:48.106

전자기 유도라고 불러주고요.

00:02:48.206 --> 00:02:52.609

이 전자기 유도 현상에 의해서 바로 전기적 흐름.

00:02:52.709 --> 00:02:54.830

전기 에너지가 만들어지거든요.

00:02:54.930 --> 00:02:58.676

그 발생하는 전기적 흐름을 우리는 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:02:58.776 --> 00:03:01.318

유도전류라고 불러주기로 했어요.

00:03:01.418 --> 00:03:05.919

그래서 이 전자기 유도 현상을 설명하는 법칙이 있는데

00:03:06.019 --> 00:03:10.888

그 법칙을 우리는 패러데이 법칙, 렌츠의 법칙이라고 불러줍니다.

00:03:10.988 --> 00:03:14.719

왜 똑같은 현상을 두 가지 법칙으로 설명하느냐에 대해서도

00:03:14.819 --> 00:03:17.092

간단하게 소개를 해드리도록 하겠고요.

00:03:17.192 --> 00:03:22.330

핵심 용어는 아닌데 이 전자기 유도가 활용되는 예들을

00:03:22.430 --> 00:03:24.982

우리가 좀 설명을 해나가도록 할 겁니다.

00:03:25.082 --> 00:03:31.617

앞서 보여드렸던 실험장치가 응용되어있는 대표적인 예는 또 뭐가 있냐면,

00:03:31.717 --> 00:03:36.771

어린이들이 타는 킥보드,  
롤러브레이드 이런 데 보면

00:03:36.871 --> 00:03:41.770

바퀴가 돌아감으로써 빛이 반짝반짝  
나는 걸 본 적 있을 거예요.

00:03:41.870 --> 00:03:47.116

바로 그 킥보드나 롤러브레이드에  
연결되어있는 그 바퀴 안에

00:03:47.216 --> 00:03:48.768

뭐가 있었던 거냐,

00:03:48.868 --> 00:03:51.490

코일이 있고 그 안에  
자석이 있습니다.

00:03:51.590 --> 00:03:57.813

그래서 바퀴가 굴러감에 따라서 그 코일과  
자석이 상대적인 운동을 하게 되고요.

00:03:57.913 --> 00:04:01.333

그 상대적인 움직임에  
의해서 전기가 흐르고

00:04:01.433 --> 00:04:05.254

그 전기에 의해서 발광다이오드에  
빛이 날 수 있었던 거죠.

00:04:05.354 --> 00:04:08.506

그 바퀴 안에도 건전지 같은  
건 들어있지 않거든요.

00:04:08.606 --> 00:04:14.867

그런데 빛이 만들어진다는 건 결국 전기적  
흐름이 만들어진다는 것을 뜻하고요.

00:04:14.967 --> 00:04:20.718

그 전기적 흐름을 만들어내는 장치를  
우리는 발전기라고 불러주게 되죠.

00:04:20.818 --> 00:04:23.407

그러면 이제부터 이 전자기 유도.

00:04:23.507 --> 00:04:25.964

전기적 흐름을 만들어낼 수 있는.

00:04:26.064 --> 00:04:32.603

발전기의 원리를 설명하는 전자기 유도에  
대한 내용 시작해보도록 하겠습니다.

00:04:32.703 --> 00:04:41.516

우리는 앞선 15번째 전류의 자기 작용  
강의에서 어떤 내용을 배웠느냐,

00:04:41.616 --> 00:04:49.511

바로 전류가 존재해야만 자기장이  
형성된다는 걸 배웠어요.

00:04:49.611 --> 00:04:52.196

결국 자기장, 자석의 기운.

00:04:52.296 --> 00:04:56.802

자기장이 형성되려면 반드시  
전류가 있어야 한다.

00:04:56.902 --> 00:05:00.520

그런데 전류가 자기장을  
만들어내는 거야.

00:05:00.620 --> 00:05:03.042

그러면 전류만 자기장을  
만들어낼 거 같아요?

00:05:03.142 --> 00:05:06.287

아니죠, 전류가 자기장을  
만들어낼 수 있다면

00:05:06.387 --> 00:05:11.350

결과적으로 자기장도 전류를  
만들어낼 수 있겠구나, 라는

00:05:11.450 --> 00:05:15.609

아이디어를 여러분이 떠올릴  
수 있을 것 같아요.

00:05:15.709 --> 00:05:21.945

그 아이디어를 바탕으로 이  
발전기의 원리를 만들어낸 사람이

00:05:22.045 --> 00:05:24.314

바로 패러데이라는 사람입니다.

00:05:24.414 --> 00:05:27.050

그러면 여기서 이  
패러데이라는 사람에 대해서

00:05:27.150 --> 00:05:29.707

아주 간단하게만 좀  
말씀드리도록 할게요.

00:05:29.807 --> 00:05:32.408

이 패러데이는 영국 사람이거든요.

00:05:32.508 --> 00:05:39.846

영국 사람들이 뽑은 가장 존경하는 인물  
1, 2위를 항상 오르내리는 사람입니다.

00:05:39.946 --> 00:05:46.940

영국 사람들이 뽑은 가장 존경하는 과학자는  
늘 패러데이가 1위를 차지하고 있어요.

00:05:47.040 --> 00:05:53.578

그런데 우리는 이 영국 과학자 중에  
너무나도 유명한 과학자 한 명을 또 알고 있어.

00:05:53.678 --> 00:05:56.909

누구? 뉴턴입니다.

00:05:57.009 --> 00:05:59.149

아이작 뉴턴이 있습니다.

00:05:59.249 --> 00:06:01.393

우리는 뉴턴이 더  
대단한 거 같잖아?

00:06:01.493 --> 00:06:05.904

그런데 영국 사람들은 정작 패러데이를  
더 높게 평가하고 있습니다.

00:06:06.004 --> 00:06:11.029

그 이유가 뭐냐면,  
일단 연도가 달라요.

00:06:11.129 --> 00:06:13.484

뉴턴은 1600년대 사람이고요.

00:06:13.584 --> 00:06:16.255

패러데이는 1800년대 사람이에요.

00:06:16.355 --> 00:06:21.909

물론 패러데이라는 사람이  
더 가까이 살았던 사람이라는 것도

00:06:22.009 --> 00:06:27.713

영향을 미칠 수 있겠지만 이 사람들의  
일생이 약간 좀 많이 다릅니다.

00:06:27.856 --> 00:06:33.836

일단 뉴턴은 귀족 집안에서  
태어나서 죽을 때까지

00:06:33.936 --> 00:06:35.950

어려운 길 모르고  
살았던 사람입니다.

00:06:36.050 --> 00:06:43.229

그에 비해서 패러데이라는 사람은 굉장히  
찢어지게 가난한 집안 출신이에요.

00:06:43.329 --> 00:06:49.495

그래서 어렵게 초등학교를  
간신히 졸업했다고 알려져 있습니다.

00:06:49.595 --> 00:06:53.347

그래서 초등학교도 제대로 못  
다닌 사람으로 알려져 있거든요.

00:06:53.447 --> 00:06:56.890

그 초등학교도 제대로 못  
다녔던 그런 사람이

00:06:56.990 --> 00:07:00.295

나중에는 어마어마한 지위에  
올라갈 수 있는,

00:07:00.443 --> 00:07:04.448

어마어마하게 유명한 과학자로  
성장할 수 있게 되었던 거죠.

00:07:04.548 --> 00:07:07.316

그런데 나중에는 이 패러데이가  
굉장히 유명해지거든요.

00:07:07.416 --> 00:07:11.209  
그런데도 권위라는 것을 다 내려놓고

00:07:11.309 --> 00:07:17.092  
항상 어려운 사람들, 불쌍한  
사람들을 위해서 희생, 봉사하는

00:07:17.192 --> 00:07:19.602  
그러한 삶을 살았다고  
알려져 있고요.

00:07:19.702 --> 00:07:26.297  
나중에는 남자, 백작 이런 귀족의 신분으로도  
올라갈 수 있는 기회가 있었는데

00:07:26.397 --> 00:07:30.164  
그런 기회도 다 펼쳐버렸다고  
알려져 있습니다.

00:07:30.264 --> 00:07:33.805  
그러니까 이런 인품이 대단한  
사람으로 알려져 있고요.

00:07:33.905 --> 00:07:36.367  
그래서 영국 사람들이  
굉장히 존경하겠죠.

00:07:36.467 --> 00:07:40.879  
이 패러데이라는 사람이  
과학자로 성장해가는데도

00:07:40.979 --> 00:07:43.087  
굉장한 어려움이 있었어요.

00:07:43.187 --> 00:07:48.343  
그런 어려움을 극복해나가는  
과정도 위인전다운

00:07:48.443 --> 00:07:50.663  
그러한 내용이라고 알려져 있습니다.

00:07:50.763 --> 00:07:56.358  
그러한 패러데이의 일생이  
바로 오늘날 가장 존경하는

00:07:56.458 --> 00:08:01.337  
과학자 중 한 명으로 만들어진 게  
아닐까, 라는 생각을 합니다.

00:08:01.437 --> 00:08:06.431  
그렇다면 도대체 패러데이는 어떤 짓을  
했느냐에 대해서 좀 알아보도록 할게요.

00:08:06.531 --> 00:08:11.986  
앞서 말씀드렸듯이 패러데이는 제대로 된  
물리 공부를 한 적이 없는 사람입니다.

00:08:12.086 --> 00:08:16.720

그래서 수학적으로도 굉장히 많은  
부족함을 가지고 있던 사람이었어요.

00:08:16.820 --> 00:08:21.051

그에 비해서 패러데이는  
굉장한 실험적 능력.

00:08:21.151 --> 00:08:26.427

그리고 감각적 능력을 가지고  
있었다고 판단을 하고 있습니다.

00:08:26.527 --> 00:08:32.101

그래서 이 외르스테드라는 과학자가  
전류가 자기장을 만들어낸다는 걸

00:08:32.201 --> 00:08:37.273

1800년대 초반에 알아냈다고  
앞선 강의에서 말씀을 드렸어요.

00:08:37.373 --> 00:08:40.160

이 전류가 자기장을  
만들어낼 수 있다면

00:08:40.260 --> 00:08:46.295

패러데이는 자기장이 전류를 만들어낼  
수 있지 않을까, 라는 생각에서

00:08:46.395 --> 00:08:51.499

바로 코일과 자석을 두고 별짓을  
다 해보게 된 거예요.

00:08:51.599 --> 00:08:56.883

그 별짓을 다 해보는 과정 중에  
바로 뭘 알아내게 된 거야?

00:08:56.983 --> 00:09:02.222

코일과 자석이 상대적인  
움직임을 가지면

00:09:02.322 --> 00:09:06.291

전류가 흐를 수 있구나,  
라는 걸 알게 된 거죠.

00:09:06.391 --> 00:09:11.261

그런데 정작 패러데이는 코일과  
자석이 상대적인 움직임을 가지면

00:09:11.361 --> 00:09:14.463

전류가 만들어진다는 것만 알아냈지

00:09:14.563 --> 00:09:18.654

왜 만들어질까에 대해서는  
설명하지 못했어요.

00:09:18.754 --> 00:09:20.673

왜? 배운 게 짧아서.

00:09:20.773 --> 00:09:23.962

실험적으로는 굉장한 능력을  
갖고 있었던 사람이지만



00:09:24.062 --> 00:09:28.622

이론적으로는 굉장히  
부족한 사람이었거든요.

00:09:28.722 --> 00:09:34.279

그게 또 이 패러데이의 핸디캡이면서  
매력이었다고 볼 수 있을 것 같기는 합니다.

00:09:34.379 --> 00:09:40.314

어쨌든 우리는 이 내용을 실험  
상황으로 좀 끌고 들어와서

00:09:40.414 --> 00:09:42.614

설명을 해드려 보도록 할게요.

00:09:42.714 --> 00:09:44.481

여기 지금 코일이 있습니다.

00:09:44.581 --> 00:09:46.806

그리고 여기에 자석이 있습니다.

00:09:46.906 --> 00:09:53.121

이 코일과 자석을 상대적으로 움직이면  
전류를 만들어낼 수 있습니다.

00:09:53.221 --> 00:09:58.721

단순하게 코일과 자석이 있다고  
해서 전류가 만들어지지 않아요.

00:09:58.821 --> 00:10:03.000

코일과 자석이 상대적인  
움직임을 보일 때만

00:10:03.100 --> 00:10:06.368

전기 에너지, 전류를  
만들어낼 수 있거든요.

00:10:06.468 --> 00:10:09.008

그래서 일단 여러분이 여기서  
중요하게 기억해야 될 거.

00:10:09.108 --> 00:10:17.483

코일과 자석이 서로 움직이지 않으면  
전류가 흐르지 않는다는 거

00:10:17.583 --> 00:10:19.565

일단 기억을 해두셔야 되고요.

00:10:19.665 --> 00:10:24.719

또 하나, 코일과 자석이 상대적으로  
움직이면 전류가 흐르는데

00:10:24.819 --> 00:10:29.014

우리는 앞선 실험에서는 코일  
앞에 자석을 이렇게 돌렸죠?

00:10:29.114 --> 00:10:32.778

그러면 코일 앞에 이렇게 자석을  
돌리는 건 어떤 효과와 같으나,

00:10:32.878 --> 00:10:38.906

여기서 이렇게 한다는 건 코일에 자석을 가까이한다는 것과 똑같고요.

00:10:39.006 --> 00:10:44.061  
여기서 이렇게 한다는 건 코일에서 자석을 멀리하는 효과랑 똑같습니다.

00:10:44.161 --> 00:10:49.380  
그래서 이 코일에 전류가 흐르면, 전류가 얼마큼 흐르느냐를 표현해주는

00:10:49.480 --> 00:10:54.873  
장치를 연결한 다음에 코일을 이렇게 움직이잖아요?

00:10:54.973 --> 00:11:01.719  
그러면 이 코일의 자석이 가까이 가는 동안 전류가 흐르고요.

00:11:01.819 --> 00:11:05.505  
코일에서 자석이 멀어지는 동안 전류가 흐릅니다.

00:11:05.605 --> 00:11:09.922  
그런데 여기서 또 실험을 해보면 어떤 결과를 만들어낼 수 있느냐,

00:11:10.022 --> 00:11:14.299  
코일에 자석을 빠르게 가져가면 전류가 많이 흐르고요.

00:11:14.399 --> 00:11:17.794  
코일에서 자석을 빠르게 멀리하면

00:11:17.894 --> 00:11:22.962  
또 전류가 많이 흐른다는 것을 알아낼 수 있게 됩니다.

00:11:23.062 --> 00:11:25.860  
이런 것들은 한 번쯤 여러분이 해보시면 좋을 것 같아요.

00:11:25.960 --> 00:11:30.425  
중요한 거 거듭 말씀드리지만, 코일과 자석이 상대적으로 움직이지 않으면.

00:11:30.525 --> 00:11:35.046  
코일과 자석이 아무리 가까이 있어도 상대적으로 움직이지 않으면

00:11:35.146 --> 00:11:39.073  
전류가 흐르지 않는다는 거 기억하시고요.

00:11:39.173 --> 00:11:43.869  
또 하나, 이번에는 코일에 자석을 집어넣는데요.

00:11:43.969 --> 00:11:48.347  
이렇게 자석 두 개를 겹쳐서.

00:11:48.447 --> 00:11:51.100  
자석 하나만 가지고 하는 게 아니라

00:11:51.200 --> 00:11:55.097  
코일에 자석을 두 개를 겹쳐서.

00:11:55.197 --> 00:11:57.119  
자석 두 개를 겹치면  
어떻게 될까요?

00:11:57.219 --> 00:11:59.509  
자석의 자기장이 세지죠?

00:11:59.609 --> 00:12:03.796  
그 세진 자기장을 가진  
자석을 집어넣으면

00:12:03.896 --> 00:12:14.447  
하나만 집어넣을 때보다 두 개를 집어넣을  
때 큰 전류를 만들어낼 수가 있습니다.

00:12:14.547 --> 00:12:21.585  
그러면 지금까지 말씀드렸던 실험의  
결과를 한번 좀 정리해보도록 할게요.

00:12:21.685 --> 00:12:27.882  
일단 코일과 자석이  
상대적인 움직임을 가지면.

00:12:27.982 --> 00:12:31.026  
여기서 상대적인 움직임이라고  
표현하는 이유는 뭐냐면,

00:12:31.126 --> 00:12:36.066  
코일에 자석을 가까이 갔다  
멀리했다, 라는 것도 방법이지만

00:12:36.166 --> 00:12:40.600  
자석을 두고 코일을 가까이  
갔다 멀리했다 해도

00:12:40.700 --> 00:12:43.030  
똑같은 현상을 만들어낼  
수 있기 때문에

00:12:43.130 --> 00:12:47.529  
상대적인 움직임이다, 라고  
표현을 하는 겁니다.

00:12:47.629 --> 00:12:49.403  
애가 가까이 갔다 멀어져도.

00:12:49.503 --> 00:12:55.013  
애가 가까이 갔다 멀어져도 유도전류는  
만들어지기 때문인 거죠.

00:12:55.113 --> 00:13:01.719  
그래서 거듭 말씀드리지만 이러한 코일과  
자석의 상대적인 움직임에 의해서

00:13:01.819 --> 00:13:09.862

전류가 흐르는 현상을 우리는  
전자기 유도라고 부르고요.

00:13:09.962 --> 00:13:15.661  
이 전자기 유도에 의해서 흐르게  
되는 전류를 뭐라고 부르느냐,

00:13:15.761 --> 00:13:20.779  
바로 유도전류라고 불러요.

00:13:20.879 --> 00:13:27.165  
참고로 전류가 형성되기 위해서는  
당연히 뭐가 존재해야 돼요?

00:13:27.265 --> 00:13:29.816  
전압이 형성돼야 됩니다.

00:13:29.916 --> 00:13:34.044  
그래서 이 전자기 유도에  
의해서 전압이 형성돼서

00:13:34.144 --> 00:13:39.917  
그 전압에 의해서 유도전류가 흐른다고  
표현하는 게 사실은 맞거든요.

00:13:40.017 --> 00:13:45.552  
그래서 이 전자기 유도에 의해서  
유도전류를 흐르게 하는 전압을

00:13:45.652 --> 00:13:50.682  
우리는 뭐라고 부르느냐, 중요한  
용어는 아니고 참고야.

00:13:50.782 --> 00:13:59.899  
이 용어를 유도기전력이라고  
불러줍니다.

00:13:59.999 --> 00:14:03.519  
이 기전력이라는 력이  
힘 력 자이긴 하지만

00:14:03.619 --> 00:14:08.773  
이 기전력은 힘, 우리가 앞서 배웠던  
Force, 힘을 의미하는 게 아니라

00:14:08.873 --> 00:14:14.516  
이 기전력이란 바로 전압을  
의미하는 거거든요.

00:14:14.616 --> 00:14:17.752  
그래서 전자기 유도에  
의해서 전압이 형성돼서

00:14:17.852 --> 00:14:19.611  
유도전류가 흐르게 된다.

00:14:19.711 --> 00:14:23.664  
물론 여러분이 기억해야 될  
용어는 유도전류라는 용어랑

00:14:23.764 --> 00:14:26.342

전자기 유도라는 용어입니다.

00:14:26.442 --> 00:14:35.010

이때 흐르는 유도전류가 얼마만큼 흐르는지를  
결정짓는 실험적 상황을 정리해보면

00:14:35.110 --> 00:14:37.425

첫 번째, 어땠어요?

00:14:37.525 --> 00:14:40.702

상대적인 움직임이  
있을 때만 흐릅니다.

00:14:40.802 --> 00:14:48.870

상대적 움직임이 있어야만  
유도전류가 흐르게 됩니다.

00:14:48.970 --> 00:14:56.708

상대적 움직임이 없으면 서로 정지해  
있으면 유도전류가 흐르지 않는다.

00:14:56.808 --> 00:14:57.936

기억하셔야 되고요.

00:14:58.036 --> 00:15:01.282

두 번째는 또 어떤  
실험적 결과가 있느냐,

00:15:01.382 --> 00:15:06.169

코일에 자석을 천천히 집어넣을  
때 흐르는 유도전류보다는

00:15:06.269 --> 00:15:11.517

코일에 자석을 빠르게 집어넣을 때  
흐르는 유도전류가 더 큼니다.

00:15:11.617 --> 00:15:22.972

따라서 코일의 속도가  
빠를수록 유도전류는 크고요.

00:15:23.072 --> 00:15:27.377

또 세 번째, 어떤 실험적  
결과가 있다고 그랬죠?

00:15:27.477 --> 00:15:33.314

하나를 집어넣는 거보다는  
두 개를 겹쳐서 집어 넣어주면

00:15:33.414 --> 00:15:36.240

더 큰 유도전류를 흐르게  
할 수 있습니다.

00:15:36.340 --> 00:15:38.979

그러면 이거는 바로  
뭘 의미하는 거야?

00:15:39.079 --> 00:15:50.260

강한 자석일수록 유도전류는 더 크게  
발생한다고 표현할 수 있어요.

00:15:50.360 --> 00:15:56.953

그래서 이 내용을, 이 표현을  
우리는 뭐라고 부를 수 있느냐면

00:15:57.053 --> 00:16:00.229

상대적으로 움직여야 한다,  
속도가 빠를수록,

00:16:00.329 --> 00:16:06.233

강한 자석을 사용할수록 큰  
유도전류가 흐른다는 표현을

00:16:06.333 --> 00:16:08.059

우리는 이렇게 정리합니다.

00:16:08.159 --> 00:16:20.025

유도전류의 크기는 결과적으로 코일  
속에 자석의 기운이 변할 때

00:16:20.125 --> 00:16:22.276

유도전류가 흐른다.

00:16:22.376 --> 00:16:26.975

이 상황에서는 지금 코일 속에  
자석의 기운이 있어요, 없어요? 없어요.

00:16:27.075 --> 00:16:34.699

없다가 코일에 자석을 집어 넣어주면  
코일 속에 자석의 기운이 생기게 되죠?

00:16:34.799 --> 00:16:39.002

코일 속에 자석의 기운이  
증가하지 않습니까?

00:16:39.102 --> 00:16:42.892

코일 속에 자석의 기운이  
채워지지 않습니까?

00:16:42.992 --> 00:16:46.760

이때 유도전류의 크기는  
어떻게 결정됐어요?

00:16:46.860 --> 00:16:54.251

그 채워짐이 어떨수록?  
클수록, 빠를수록.

00:16:54.351 --> 00:16:56.093

유도전류의 크기가 커진다.

00:16:56.193 --> 00:16:58.084

그래서 우리는 이것  
뭐라고 표현하느냐,

00:16:58.184 --> 00:17:06.058

유도전류의 크기는 시간 동안에  
자석의 기운에 변화량이

00:17:06.158 --> 00:17:09.514

클수록 유도전류가 크게 흐른다.

00:17:09.614 --> 00:17:17.580

이 파이가 뭐냐면, 우리가 앞서 설명드렸던

자기력선의 수라고 생각을 하면 됩니다.

00:17:17.680 --> 00:17:21.893

결국 자기력선의 수가  
밀하면 밀할수록,

00:17:21.993 --> 00:17:26.938

춤추하면 춤출수록 자기장의  
세기가 강했잖아요?

00:17:27.038 --> 00:17:33.544

결국 코일 속에 자석의  
기운에 변화가 클수록

00:17:33.644 --> 00:17:35.533

유도전류는 크게 흐른다.

00:17:35.633 --> 00:17:37.853

그러니까 결과적으로  
변화량이 없으면.

00:17:37.953 --> 00:17:45.322

코일 속에 자석의 기운을 표현하는  
자기력선의 변화가 없으면

00:17:45.422 --> 00:17:46.462

변화량이 0이죠?

00:17:46.562 --> 00:17:50.014

그러니까 유도전류도  
흐르지 않는 거죠.

00:17:50.114 --> 00:17:53.412

변화량이 0이니까 유도전류가  
흐르지 않는다고요.

00:17:53.512 --> 00:17:58.102

코일 속에 자석의 기운에 변화가  
없으니까 유도전류가 흐르지 않습니다.

00:17:58.202 --> 00:18:01.055

그런데 빠르게 집어넣으면  
어떻게 돼요?

00:18:01.155 --> 00:18:04.097

시간당 변화량이 커지죠?

00:18:04.197 --> 00:18:05.873

이렇게 되는 거 아닙니까.

00:18:05.973 --> 00:18:09.137

이 자석의 기운을  
10이라고 해봅시다.

00:18:09.237 --> 00:18:12.594

그러면 코일 속에는 자석의 기운이  
지금 있어요, 없어요? 없어요.

00:18:12.694 --> 00:18:14.811

그러면 애를 여기다 집어넣게  
되면 어떻게 됩니까?

00:18:14.911 --> 00:18:22.453  
코일 속에 자석의 기운이 0, 1, 2, 3...  
10, 10, 10.

00:18:22.553 --> 00:18:27.289  
10, 9, 8, 7...  
1, 0, 0, 0.

00:18:27.389 --> 00:18:28.399  
이렇게 되는 거죠.

00:18:28.499 --> 00:18:32.917  
결국 코일 속에 자석의 기운이  
변할 때 유도전류가 흐르는데

00:18:33.017 --> 00:18:36.825  
그 시간당 변화량이 클수록  
유도전류는 커져요.

00:18:36.925 --> 00:18:37.626  
이 말은 뭐야?

00:18:37.726 --> 00:18:41.030  
애를 집어넣을 때 0, 1, 2, 3...  
10.

00:18:41.130 --> 00:18:43.681  
이렇게 집어넣는 것보다는 0, 1...  
10.

00:18:43.781 --> 00:18:46.281  
이렇게 하면 시간당  
변화량이 커지는 거죠.

00:18:46.381 --> 00:18:49.089  
0, 1... 10.  
10, 9... 0.

00:18:49.225 --> 00:18:50.526  
이렇게 되는 거지 않습니까?

00:18:50.626 --> 00:18:54.751  
시간당 변화량이 클수록  
유도전류는 크다.

00:18:54.851 --> 00:18:59.589  
또 하나를 집어넣는 것보다는  
두 개를 집어넣으면

00:18:59.689 --> 00:19:03.323  
하나당 10이니깐 두 개를  
합치면 20이 되죠?

00:19:03.423 --> 00:19:06.920  
그러면 하나를 집어넣을 때는  
0, 1, 2, 3... 10이지만

00:19:07.020 --> 00:19:08.784  
두 개를 집어넣으면 어떻게 돼요?



00:19:08.884 --> 00:19:12.077

0, 2, 4, 6...

20이 되는 거죠.

00:19:12.177 --> 00:19:16.157

결국 시간당 변화량이 역시

어떻게 될 수 있어요?

00:19:16.257 --> 00:19:20.470

커진다고 표현할 수 있게 됩니다.

00:19:20.570 --> 00:19:27.741

아, 그래서 유도전류는

시간당 변화량이 클수록

00:19:27.841 --> 00:19:33.173

결과적으로 상대적으로 움직일

때 상대적 움직임이 빠를수록

00:19:33.273 --> 00:19:40.391

그리고 강한 자석일수록 큰 유도전류를

만들어내는구나, 라는 것을 누가?

00:19:40.491 --> 00:19:42.231

패러데이가 알아냈고요.

00:19:42.331 --> 00:19:46.593

그래서 이 현상, 이 결과를

우리는 뭐라고 부르느냐,

00:19:46.693 --> 00:19:52.661

패러데이 법칙이다,

라고 불러주게 됩니다.

00:19:52.761 --> 00:19:58.406

다시 한번 정해하면 패러데이 법칙은 전자기

유도에 의해서 유도전류가 흐르는데

00:19:58.506 --> 00:20:03.329

그 유도전류의 크기를 결정짓는

요소를 설명한 거예요.

00:20:03.429 --> 00:20:05.965

유도전류의 크기는

어떻게 결정된다고요?

00:20:06.065 --> 00:20:08.615

시간당 자기력선의 수.

00:20:08.715 --> 00:20:12.448

자기장의 변화량에 관계한다고요.

00:20:12.548 --> 00:20:14.687

시간당 변화량에 관계합니다.

00:20:14.787 --> 00:20:21.424

변화량이 없으면 유도전류도 흐르지

않는다는 걸 기억하셔야 되겠죠.

00:20:21.524 --> 00:20:25.488

패러데이는 여기까지만 알아냈습니다.

00:20:25.588 --> 00:20:28.954

이런 조건에서 이렇게  
유도전류가 흐르는구나.

00:20:29.054 --> 00:20:32.917

그런데 문제는 패러데이  
이게 왜 유도전류가 흐르고

00:20:33.017 --> 00:20:39.513

유도전류는 어느 방향으로 흐를까에  
대해서는 알아내지를 못했어요.

00:20:39.613 --> 00:20:43.640

그걸 알아낸 사람이 바로  
누구나, 렌츠라는 사람입니다.

00:20:43.740 --> 00:20:49.813

이 결과를 알아낸  
사람은 패러데이고요.

00:20:49.913 --> 00:20:56.871

그래서 우리는 이 법칙을  
패러데이 법칙이라고 부릅니다.

00:20:56.971 --> 00:21:00.891

시간당 변화량에 관계한다는 거고요.

00:21:00.991 --> 00:21:05.453

렌츠라는 사람은 어떤  
결과를 만들어내느냐,

00:21:05.553 --> 00:21:11.421

렌츠의 법칙을 이제부터  
설명해보도록 하겠습니다.

00:21:11.521 --> 00:21:14.959

이 렌츠라는 사람은  
이게 왜 발생을 하고

00:21:15.059 --> 00:21:20.542

그리고 유도전류는 어느 방향으로  
흐르는지까지도 설명을 하게 되는 거죠.

00:21:20.642 --> 00:21:23.818

그래서 렌츠가 알아낸 결과는 뭐냐,

00:21:23.918 --> 00:21:28.713

렌츠는 유도전류가 흐르는데  
그 유도전류의 크기는

00:21:28.813 --> 00:21:33.864

패러데이가 알아낸 것처럼  
시간당 변화량에 관계하고

00:21:33.964 --> 00:21:43.368

그 유도전류가 흐르는 방향은 변화를 거부하는  
방향으로 흐른다는 것까지도 알아내요.

00:21:43.468 --> 00:21:46.045

여기서 제가 하나 까먹은

게 있는데 바로 뭐냐,

00:21:46.145 --> 00:21:53.132

패러데이 법칙에서 또 한 가지 패러데이가  
알아냈던 사실이 바로 뭐냐,

00:21:53.232 --> 00:22:01.105

뭐에도 관계한다는 걸 알아내냐면 코일의  
감은 수에 관계한다는 것도 알아냅니다.

00:22:01.205 --> 00:22:05.226

즉 이 코일이 많이 감겨있으면  
많이 감겨있을수록

00:22:05.326 --> 00:22:06.819

유도전류가 커진다.

00:22:06.919 --> 00:22:11.021

그래서 이 결과를 하나 더  
써주면 바로 감은 수.

00:22:11.121 --> 00:22:16.488

코일에 감은 수에도 비례한다는  
걸 알아냈다는 것도

00:22:16.588 --> 00:22:18.550

한 가지 기억을 해두시길 바랍니다.

00:22:18.650 --> 00:22:21.932

그래서 이렇게 패러데이가  
알아낸 사실이죠.

00:22:22.032 --> 00:22:30.110

결국 다시 여기로 넘어오면 렌츠는  
바로 왜 유도전류가 흐를까.

00:22:30.210 --> 00:22:37.445

그리고 유도전류의 방향은  
어떻게 알아낼 수 있을까를

00:22:37.545 --> 00:22:44.855

이 패러데이가 만들어낸 수식적 표현에서  
하나를 더 붙이게 되는 거죠.

00:22:44.955 --> 00:22:50.073

사실 이 공식 자체는 앞서 보여드렸던  
이 패러데이 공식 자체도

00:22:50.173 --> 00:22:52.448

렌츠가 알아낸 거이긴 합니다.

00:22:52.548 --> 00:22:56.277

수학적으로 표현하는 능력이  
패러데이는 부족했었기 때문에.

00:22:56.377 --> 00:23:00.450

그러면 렌츠는 어떠한  
관점에서 유도전류가 흐르고

00:23:00.550 --> 00:23:08.678

유도전류의 방향은 어떻게 찾아낼

수 있을까, 라고 설명했느냐면

00:23:08.778 --> 00:23:15.070  
여기서 이 렌츠가 이야기한 이  
마이너스의 의미가 바로 뭐냐면,

00:23:15.170 --> 00:23:21.736  
방해 거부의 의미를  
가지고 있습니다.

00:23:21.836 --> 00:23:26.927  
이게 무슨 말이나, 코일 속에는  
지금 자기장이 있어요, 없어요? 없어요.

00:23:27.027 --> 00:23:29.319  
코일 속 자기장은 0입니다.

00:23:29.419 --> 00:23:33.869  
그러면 코일은 계속  
0이고 싶어 한다.

00:23:33.969 --> 00:23:38.711  
즉 변화를 거부 방해한다는  
의미의 마이너스예요.

00:23:38.811 --> 00:23:43.041  
이게 무슨 말이나, 코일 속에는  
지금 자기장이 존재하지 않습니다.

00:23:43.141 --> 00:23:50.531  
그런데 여기다 자석을 집어 넣어주면  
코일 속에 자석의 기운이 채워진다고요.

00:23:50.631 --> 00:23:54.123  
0, 1, 2, 3...  
10으로 채워져요.

00:23:54.223 --> 00:23:58.009  
그런데 코일은 변화가 싫은 거야.

00:23:58.109 --> 00:24:02.452  
아주 간단하게 이야기하면 계속  
0, 0, 0이고 싶은 거야.

00:24:02.552 --> 00:24:06.270  
그래서 0, 1, 2, 3...  
10으로 커질 때

00:24:06.370 --> 00:24:10.926  
코일은 계속 0, 0, 0이고  
싫다는 의미인 거죠.

00:24:11.026 --> 00:24:18.338  
그러면 애가 코일 속에 자석의 기운이  
0, 1, 2, 3... 10으로 채워질 때

00:24:18.438 --> 00:24:24.222  
코일 속에 자석의 기운이 계속  
0, 0, 0이고 싶으면 어떻게 될까요?

00:24:24.322 --> 00:24:29.478

결국 코일이 자석이 들어오지 못하게 해야 된다는 거죠.

00:24:29.578 --> 00:24:32.915

코일이 자석이 들어오지 못하게 하려면

00:24:33.015 --> 00:24:34.968

결국 코일이 뭐이면 될까요?

00:24:35.068 --> 00:24:36.880

자석이면 됩니다.

00:24:36.980 --> 00:24:42.842

자석이 들어오니까 자석이 들어오지 못하게 막아주는 역할을 하게 된다는 거죠.

00:24:42.942 --> 00:24:44.321

변화가 싫으니까.

00:24:44.421 --> 00:24:47.024

코일 속에 자기장이 채워지는 게 싫은 거야.

00:24:47.124 --> 00:24:51.012

그래서 애가 유도전류를 만들어서 전류를 흘려서

00:24:51.112 --> 00:24:56.782

애가 자석이 돼서 들어오지 못하게 하겠다는 의미를 갖게 되는 거죠.

00:24:56.882 --> 00:24:59.986

코일에 전류가 흐르게 되면 코일이 뭐가 된다고 그랬어?

00:25:00.086 --> 00:25:03.552

전자석이 된다고 그랬죠.

00:25:03.652 --> 00:25:09.773

그러면 이 과정을 우리가 자세하게 알아나가 보도록 하겠습니다.

00:25:09.873 --> 00:25:13.133

여기 지금 코일이 이렇게 있어요.

00:25:17.098 --> 00:25:19.753

코일이 이렇게 존재하고요.

00:25:19.853 --> 00:25:24.266

지금 실선은 앞쪽, 점선은 뒤쪽이라고 생각하시면 됩니다.

00:25:24.366 --> 00:25:34.152

여기에 내가 N극 자석을 이렇게 집어넣는 상황을 표현해보도록 하겠습니다.

00:25:34.252 --> 00:25:41.105

우리가 앞서 배웠듯이 N극에서는 어떤 자기장이 형성되죠?

00:25:41.205 --> 00:25:46.968  
뿔어져 나오는 자기장이 형성됩니다.

00:25:47.068 --> 00:25:52.535  
그러면 코일 입장에서는 지금  
N극 자석이 밀려들어 온다는 건

00:25:52.635 --> 00:26:01.279  
코일 속에 아래 방향의 자기장이 0, 1, 2, 3...  
10으로 커진다는 것을 뜻하는 거죠.

00:26:01.379 --> 00:26:07.373  
코일 속에 아래 방향의 자기장  
0, 1, 2, 3... 10으로 커질 때

00:26:07.473 --> 00:26:13.667  
코일은 아래 방향의 자기장이 커지는  
게, 증가하는 게 싫은 거야.

00:26:13.767 --> 00:26:16.212  
계속 얼마이고 싶은 거야?

00:26:16.352 --> 00:26:19.257  
0, 0, 0이고 싶은 거야.

00:26:19.357 --> 00:26:23.733  
그래서 코일 스스로 어느 방향의  
자기장을 만들어내느냐,

00:26:23.833 --> 00:26:28.749  
아래 방향의 자기장이 0, 1, 2, 3...  
10으로 커지니까

00:26:28.849 --> 00:26:34.352  
이게 증가하는 걸 막기 위해서 코일 스스로  
위 방향의 자기장을 만들어냅니다.

00:26:34.452 --> 00:26:37.255  
그러면 자석이 만드는  
아래 방향의 자기장과

00:26:37.355 --> 00:26:40.887  
코일이 만드는 위 방향의  
자기장이 상쇄되면서

00:26:40.987 --> 00:26:44.477  
코일은 계속 얼마의 자기장을  
느낄 수 있게 되는 거야?

00:26:44.577 --> 00:26:48.766  
0, 0, 0의 자기장을 느낄 수  
있다고 표현할 수 있는 거죠.

00:26:48.866 --> 00:26:54.391  
결국 코일은 아래 방향의  
자기장이 증가하니까

00:26:54.491 --> 00:27:00.947  
그게 싫어서 스스로 위 방향의  
자기장을 만들어내게 됩니다.

00:27:01.856 --> 00:27:06.996

그러면 우리가 앞서 배웠듯이  
코일에 자기장이 형성돼요.

00:27:07.096 --> 00:27:14.260

코일에 자기장이 형성되기  
위해서는 뭐가 존재해야 되죠?

00:27:14.360 --> 00:27:19.570

코일에 자기장이 형성되려면  
코일에 전류가 흘러야 됩니다.

00:27:19.670 --> 00:27:22.543

왜? 자기장은 누가 만드는 거니까?

00:27:22.643 --> 00:27:24.294

전류가 만드는 거니까.

00:27:24.394 --> 00:27:27.919

결국 코일이 스스로  
자기장을 형성한다는 건

00:27:28.019 --> 00:27:34.653

코일이 스스로 유도전류, 전류를  
만들어낸다고 표현할 수 있죠.

00:27:34.753 --> 00:27:39.268

그러면 코일은 도대체 어느  
방향으로 전류를 만들어낼까.

00:27:39.368 --> 00:27:45.994

위 방향의 자기장을 만들어내려면 어느  
방향의 전류를 만들어내야 될까.

00:27:48.108 --> 00:27:49.787

생각해봤어?

00:27:49.887 --> 00:27:52.908

지금 코일이 있어요.

00:27:53.008 --> 00:27:58.369

코일이 위 방향의 자기장을 만들어내려면  
전류가 어느 방향으로 흘러야 돼?

00:27:58.469 --> 00:27:59.502

앞에서 배웠잖아.

00:27:59.602 --> 00:28:03.116

코일은 일종의 원형도선이라고  
생각하면 된다고 그랬죠?

00:28:03.216 --> 00:28:06.356

이 안쪽 표면의 자기장이  
중요하다고 그랬어요.

00:28:06.456 --> 00:28:12.943

코일이 위 방향의 자기장을 형성하려면 어느  
방향으로 전류를 흘려보내주면 돼요?

00:28:13.043 --> 00:28:17.037

이렇게 전류를 흘려보내

주면 됩니다.

00:28:17.137 --> 00:28:24.863

결국 코일에 전류가  
이렇게 흐르게 되면

00:28:24.963 --> 00:28:29.293

코일에 위 방향의 자기장이  
형성되게 되는 거죠.

00:28:29.393 --> 00:28:34.464

결국 코일 입장에서는 아래 방향의  
자기장이 증가하는 게 싫어서

00:28:34.564 --> 00:28:37.428

위 방향의 자기장을 형성하고 싶고

00:28:37.528 --> 00:28:42.851

위 방향의 자기장을 형성하기 위해서  
전류를 만들어내게 됩니다.

00:28:42.951 --> 00:28:47.049

그 전류의 방향이 지금  
어느 방향이라는 거야?

00:28:47.149 --> 00:28:50.167

이 방향이라는 겁니다.

00:28:51.097 --> 00:28:54.365

이렇게 전류가 흐르는구나.

00:28:54.465 --> 00:29:00.364

코일이 있으면 이렇게 위 방향의  
자기장이 형성되는구나.

00:29:00.464 --> 00:29:02.691

엄지가 전류, 나머지  
손가락이 자기장.

00:29:02.791 --> 00:29:03.693

기억하시죠?

00:29:03.793 --> 00:29:07.173

그래서 이렇게 전류를  
만들어내게 된다.

00:29:07.273 --> 00:29:14.472

앞서서도 말씀을 드렸듯이 코일에 전류가  
흘러서 자기장을 만들어내게 되면

00:29:14.572 --> 00:29:18.728

이 코일을 하나의 뭐로  
놓을 수 있다고 그랬어요?

00:29:18.828 --> 00:29:21.697

전자석이라고 놓을 수  
있다고 그랬어요.

00:29:21.797 --> 00:29:26.399

따라서 이 코일을 하나의  
전자석이라고 놓는다면



00:29:26.499 --> 00:29:30.225

어느 쪽이 N극, 어느  
쪽이 S극이 될까요?

00:29:30.325 --> 00:29:35.188

자기장이 뿔어져 나오는 쪽이 N극,  
자기장이 모여 들어가는 쪽이 S극.

00:29:35.288 --> 00:29:38.448

코일 스스로 지금 만드는  
자기장이 위 방향의 자기장이니까

00:29:38.548 --> 00:29:41.766

위에서 자기장이 뿔어져 나오고  
아래쪽에서 자기장이 모여 들어가죠?

00:29:41.866 --> 00:29:44.930

따라서 위쪽이 자석의  
무슨 극이 되는 거야?

00:29:45.030 --> 00:29:46.339

N극이 되고.

00:29:46.439 --> 00:29:49.345

아래쪽이 자석의 S극이 되는 거죠.

00:29:49.445 --> 00:29:54.207

결국 코일 입장에서는 N극  
자석이 밀려들어 오니까

00:29:54.307 --> 00:29:59.607

N극 자석이 밀려들어 오지 못하게  
위쪽에다 무슨 극을 만들어서?

00:29:59.707 --> 00:30:03.932

N극을 만들어서 들어오지  
못하게 하는 거죠.

00:30:04.032 --> 00:30:06.939

그래서 코일 속에  
자석이 들어올 때는

00:30:07.039 --> 00:30:12.214

코일은 들어오지 못하게 하는  
현상을 보여주게 됩니다.

00:30:12.314 --> 00:30:18.706

바로 거부 방해하는 성질이  
나타나게 된다는 것을 뜻하죠.

00:30:18.806 --> 00:30:19.731

되셨어요?

00:30:19.831 --> 00:30:22.034

그러면 조금 더 연습을  
해보도록 하겠습니다.

00:30:22.134 --> 00:30:25.399

그러면 이번에는 이렇게  
보도록 할게요.

00:30:25.499 --> 00:30:36.133  
코일이 이렇게 존재하는 상황에서  
자석을 이렇게 밀어 넣고 있습니다.

00:30:36.233 --> 00:30:40.707  
우리 앞서서도 말씀을 드렸듯이 N극  
자석에서는 자기장이 어떻게 돼요?

00:30:40.807 --> 00:30:43.870  
이렇게 아래 방향의 자기장입니다.

00:30:43.970 --> 00:30:48.277  
이 상태로 가만히 있으면  
전류가 흘러요, 안 흘러요? 안 흘러요.

00:30:48.377 --> 00:30:49.282  
왜 안 흘러요?

00:30:49.382 --> 00:30:54.579  
코일 속에 자기장의  
변화가 없기 때문이죠.

00:30:54.679 --> 00:30:57.141  
10, 10, 10입니다.

00:30:57.241 --> 00:31:03.533  
결국 더 이상의 변화가 없으니까 코일  
스스로 10, 10, 10인 상태가

00:31:03.633 --> 00:31:05.379  
자기 상태라고 느끼는 거죠.

00:31:05.479 --> 00:31:09.886  
0, 1, 2, 3...  
10, 10, 10...

00:31:09.986 --> 00:31:13.810  
애가 들어올 때는  
들어오지 못하게 막다가

00:31:13.910 --> 00:31:18.313  
이 상태가 되면 그냥  
수공을 하는 겁니다.

00:31:18.413 --> 00:31:21.444  
아래 방향의 자기장 10, 10,  
10이 계속 유지되는 상태.

00:31:21.544 --> 00:31:24.700  
그러니까 더 이상 거부하지  
못하고, 안 하고.

00:31:24.800 --> 00:31:28.091  
그래서 유도전류도 만들어내질  
않는 상태가 되는 거죠.

00:31:28.191 --> 00:31:33.397  
그러다가 내가 이 자석을  
이번에는 빼볼게요.

00:31:33.497 --> 00:31:34.773

그러면 어떻게 될까요?

00:31:34.873 --> 00:31:38.728

코일 속에 자기장 10, 10,  
10이 지금 가득 차 있는데

00:31:38.828 --> 00:31:43.747

애플 빼게 되면 10, 9, 8, 7, 6, 5...  
0으로 줄어듭니다.

00:31:43.847 --> 00:31:47.628

그러면 코일은 이번에도  
변화를 거부 방해합니다.

00:31:47.728 --> 00:31:53.036

이미 코일은 10, 10, 10  
상태를 유지하려고 합니다.

00:31:53.136 --> 00:31:57.730

10, 10, 10이 채워져 있는 상태가  
자기 상태라고 생각을 하는 거죠.

00:31:57.830 --> 00:32:02.425

그런데 애플 빼게 되면 10, 9, 8, 7...  
0으로 줄어드니까

00:32:02.525 --> 00:32:06.218

코일은 계속 10, 10,  
10을 유지하기 위해서

00:32:06.318 --> 00:32:09.157

어느 방향으로 자기장을  
만들어낼까요?

00:32:09.257 --> 00:32:13.543

코일 스스로 아래 방향의  
자기장을 만들어내면

00:32:13.643 --> 00:32:16.539

아래 방향의 자기장이 줄어들어도

00:32:16.639 --> 00:32:20.817

계속 10, 10, 10을 유지하는  
것처럼 느낄 수가 있겠죠.

00:32:20.917 --> 00:32:26.370

결국 코일이 아래 방향의 자기장을  
만들어낸다는 소리가 되고요.

00:32:26.470 --> 00:32:29.507

코일이 아래 방향의  
자기장을 만들어내려면

00:32:29.607 --> 00:32:32.193

코일에 뭐가 흘러야만 가능해요?

00:32:32.293 --> 00:32:34.611

전류가 흘러야만 합니다.

00:32:34.711 --> 00:32:38.060

그러면 코일이 아래 방향의  
자기장을 만들어내려면

00:32:38.160 --> 00:32:40.721  
전류가 어떻게 흘러야 될까요?

00:32:40.821 --> 00:32:43.075  
엄지가 전류, 나머지  
손가락이 자기장.

00:32:43.175 --> 00:32:54.851  
전류가 이렇게 흘러야만 자기장을 아래  
방향으로 만들어낼 수가 있게 되겠죠.

00:32:54.951 --> 00:32:56.619  
어떤 결과를 보여주고 있어요?

00:32:56.719 --> 00:32:59.850  
N극이 들어올 때 흐르는  
유도전류의 방향과

00:32:59.950 --> 00:33:04.630  
N극이 나갈 때 흐르는 유도전류의  
방향이 반대 방향이구나, 라는 걸

00:33:04.730 --> 00:33:08.696  
우리가 알아낼 수가 있죠.

00:33:08.796 --> 00:33:11.378  
이렇게 문제를 해결할  
수 있는 상황이고요.

00:33:11.478 --> 00:33:15.979  
그러면 이번에는 S극도 한번  
해드려 보도록 할게요.

00:33:16.790 --> 00:33:25.217  
코일이 똑같이 있을 때 이번에는 S극을  
한번 집어넣는 상황을 보도록 하겠습니다.

00:33:25.317 --> 00:33:27.994  
S극에서는 어떤 자기장입니까?

00:33:28.094 --> 00:33:31.747  
S극으로는 모여 들어가는  
방향의 자기장입니다.

00:33:31.847 --> 00:33:33.883  
미안해, 이거 이야기  
하나 더 할게요.

00:33:33.983 --> 00:33:39.379  
여기서 코일이 자기장이 형성되기  
위해서 유도전류가 흐르죠?

00:33:39.479 --> 00:33:43.561  
코일에 전류가 흐르면 우리는 이 코일을  
 뭐라고 부를 수 있다고 그랬어?

00:33:43.661 --> 00:33:46.784  
전자석이라고 부를 수

있다고 그랬고요.

00:33:46.884 --> 00:33:50.967  
이 코일을 하나의 자석이라고 본다면

00:33:51.067 --> 00:33:55.216  
코일은 어느 쪽이 N극,  
어느 쪽이 S극일까요?

00:33:55.316 --> 00:33:58.530  
코일이 형성하는 자기장이 지금  
아래 방향의 자기장이잖아요?

00:33:58.630 --> 00:34:01.321  
따라서 아래 방향에서  
자기장이 뿔어져 나오고

00:34:01.421 --> 00:34:03.464  
위쪽에서 자기장이 모여 들어가니까

00:34:03.564 --> 00:34:08.254  
아래쪽이 무슨 극이 됩니까?  
N극이 되고

00:34:08.354 --> 00:34:11.073  
위쪽이 자석의 S극이 됩니다.

00:34:11.173 --> 00:34:18.737  
그러니까 코일에서 N극을 빼낼 땐 이  
코일이 위쪽에 무슨 극을 형성해서?

00:34:18.837 --> 00:34:22.786  
S극을 형성해서 N극이  
빠져나가지 못하게

00:34:22.886 --> 00:34:26.051  
잡아당기는 역할을 하는구나,  
라는 걸 뜻하는 거죠.

00:34:26.151 --> 00:34:34.371  
결국 변화를 거부 방해하는 성질이  
이렇게로도 설명되어질 수 있습니다.

00:34:34.471 --> 00:34:38.660  
이렇게 우리가 방법을 이용해서 어느  
쪽이 N극, 어느 쪽이 S극.

00:34:38.760 --> 00:34:43.392  
어느 방향으로 자기장이 형성되고 어느  
방향으로 유도전류가 형성되는지를 알아봤어요.

00:34:43.492 --> 00:34:46.536  
그러면 이번에는 S극을 집어넣는  
상황을 보도록 하겠습니다.

00:34:46.636 --> 00:34:48.934  
S극에서는 어떤 자기장이예요?

00:34:49.034 --> 00:34:52.800  
S극으로 모여 들어가는  
방향의 자기장입니다.

00:34:52.900 --> 00:35:03.569

결과적으로 코일에 S극을  
집어넣는다는 건

00:35:03.669 --> 00:35:09.160

S극이 형성되는 위 방향의  
자기장이 점점 늘어나는 거죠.

00:35:09.260 --> 00:35:16.209

S극이 형성하는 위 방향의 자기장이 0, 1, 2, 3...  
10으로 채워져 가는 겁니다.

00:35:16.309 --> 00:35:19.374

그러면 코일 입장에서는  
결국 S극이 들어오게 되면

00:35:19.474 --> 00:35:24.243

위 방향의 자기장이 0, 1, 2, 3...  
10으로 증가해요.

00:35:24.343 --> 00:35:28.359

그런데 코일은 계속  
0, 0, 0이고 싶어요.

00:35:28.459 --> 00:35:32.202

위 방향의 자기장이 0, 1, 2, 3...  
10으로 증가하니까

00:35:32.302 --> 00:35:40.247

코일은 계속 0, 0, 0이고 싶어서  
어느 방향으로 유도전류를 만들어내요?

00:35:40.347 --> 00:35:46.496

아래 방향으로 유도전류를  
만들어내게 되면 어떻게 됩니까?

00:35:46.596 --> 00:35:50.371

위 방향의 자기장이 증가하니까 위  
방향의 자기장이 증가하지 못하게

00:35:50.471 --> 00:35:55.465

코일 스스로 아래 방향의 자기장을  
만들어서 상쇄시키는 역할을 해서

00:35:55.565 --> 00:36:00.697

코일 속에 자기장은 계속 0, 0, 0을  
유지할 수 있는 것처럼 느낄 수 있겠죠.

00:36:00.797 --> 00:36:05.264

결국 코일 스스로 어느 방향의  
자기장을 만들어낸다는 소리야?

00:36:05.364 --> 00:36:08.142

아래 방향의 자기장을  
만들어낸다는 소리고요.

00:36:08.242 --> 00:36:11.350

코일 스스로 아래 방향의  
자기장을 만들어내려면

00:36:11.450 --> 00:36:14.258

유도전류가 어느  
방향으로 흘러야 돼요?

00:36:14.358 --> 00:36:16.647

엄지가 전류, 나머지  
손가락이 자기장.

00:36:16.747 --> 00:36:24.024

전류가 이렇게 흘러야 되는 거죠.

00:36:27.162 --> 00:36:30.691

그러면 결국 이렇게 전류가  
흐르게 되는 거죠.

00:36:32.878 --> 00:36:39.513

그래서 이렇게 유도전류가 흐른다는 걸  
우리가 알아낼 수 있게 됩니다.

00:36:39.613 --> 00:36:41.850

여기서 여러분이 관심  
있게 볼 건 뭐냐면,

00:36:41.950 --> 00:36:44.898

N극이 들어올 때 흐르는  
유도전류의 방향과

00:36:44.998 --> 00:36:49.297

S극이 들어올 때 흐르는  
유도전류의 방향이 어때요?

00:36:49.397 --> 00:36:53.664

반대 방향이구나, 라는 것도 여러분이  
알아낼 수 있을 것 같고요.

00:36:53.764 --> 00:36:56.328

또 한 가지 거듭 말씀드리고 있지만

00:36:56.428 --> 00:37:01.636

결과적으로 코일이 자기장을  
형성하기 위해서 전류가 흘러요.

00:37:01.736 --> 00:37:06.450

코일에 전류가 흐르면 이 코일을 하나의  
뒤편으로 놓을 수 있다고 그랬어요?

00:37:06.550 --> 00:37:09.021

전자석이라고 놓을 수  
있다고 그랬고요.

00:37:09.121 --> 00:37:12.233

전자석이면 한쪽이 N극,  
한쪽이 S극이죠?

00:37:12.333 --> 00:37:13.771

어느 쪽이 N극이 됩니까?

00:37:13.871 --> 00:37:20.377

자기장이 뿔어져 나오는 쪽이 N극, 자기장이  
모여 들어가는 쪽이 S극이 됩니다.

00:37:20.477 --> 00:37:28.019

결과적으로 코일에 S극 자석을 집어넣으면  
변화를 거부 방해하기 위해서

00:37:28.119 --> 00:37:33.724

코일이 위쪽에 S극을 만들어서  
들어오지 못하게 하는구나, 라는 걸

00:37:33.824 --> 00:37:37.619

여러분이 알아낼 수  
있게 되는 거죠.

00:37:37.719 --> 00:37:40.770

그러면 여기서 마지막  
하나 바로 뭘니까?

00:37:40.870 --> 00:37:45.892

S극을 빼낼 때는 어떻게 되느냐,

00:37:46.895 --> 00:37:48.332

코일이 있고요.

00:37:48.432 --> 00:37:51.000

S극이 이렇게 들어와 있습니다.

00:37:51.100 --> 00:37:54.763

S극이 들어와 있으면 S극에서는  
모여 들어가는 자기장이죠?

00:37:54.863 --> 00:38:00.181

결국 코일 속에 위쪽 방향의  
자기장이 가득 차 있습니다.

00:38:00.281 --> 00:38:02.904

10, 10, 10.  
오케이?

00:38:03.004 --> 00:38:05.301

그 상태에서 S극을 빼내요.

00:38:05.401 --> 00:38:06.354

그러면 어떻게 돼요?

00:38:06.454 --> 00:38:10.950

10, 10, 10, 9, 8, 7...  
0, 0, 0.

00:38:11.050 --> 00:38:12.625

코일은 변화가 싫어요.

00:38:12.725 --> 00:38:17.188

계속 위 방향의 자기장 10,  
10, 10이 있고 싫어요.

00:38:17.288 --> 00:38:22.803

그래서 코일은 스스로 위 방향의  
자기장을 만들어내야 되고요.

00:38:22.903 --> 00:38:26.468

코일이 스스로 위 방향의  
자기장을 만들어내려면



00:38:26.568 --> 00:38:29.512  
전류가 이렇게 흘러야 되는 거죠.

00:38:29.612 --> 00:38:34.846  
코일의 전류가 바로  
이렇게 흐르면 됩니다.

00:38:41.598 --> 00:38:44.641  
결국 S극이 들어올 때  
흐르는 유도전류의 방향과

00:38:44.741 --> 00:38:47.070  
S극이 나갈 때 흐르는  
유도전류의 방향이

00:38:47.170 --> 00:38:49.784  
반대가 되는구나, 라는  
걸 확인할 수 있고요.

00:38:49.884 --> 00:38:54.322  
역시나 애를 하나의  
전자석이라고 본다면

00:38:54.422 --> 00:38:57.238  
아래쪽에서 자기장이  
모여 들어가니까 S극,

00:38:57.338 --> 00:39:00.210  
위쪽에서 자기장이 뿔어져  
나가니까 N극.

00:39:00.310 --> 00:39:04.437  
결국 S극이 빠져나가니까  
빠져나가지 못하게

00:39:04.537 --> 00:39:10.881  
코일 스스로 위쪽에 N극을 만들어서  
잡아당기는 힘을 주고 있구나.

00:39:10.981 --> 00:39:12.834  
애가 애를 잡아당겨도 내가  
빼내면 되는 거니까.

00:39:12.934 --> 00:39:16.132  
그냥 빠져나가는 상황인 거고요.

00:39:16.232 --> 00:39:23.059  
그래서 이 전자기 유도에서  
나타나는 유도전류의 방향 찾기의

00:39:23.159 --> 00:39:26.131  
가장 기본적인 내용입니다.

00:39:26.231 --> 00:39:31.112  
여러분이 만드시 기억하고  
있어야 되는 내용인 거죠.

00:39:31.212 --> 00:39:34.437  
그러면 이 전자기 유도  
현상에 의해서 흐르는

00:39:34.537 --> 00:39:38.368

유도전류의 크기,  
방향 찾기에 응용을

00:39:38.468 --> 00:39:41.863

칠판 정리를 하고  
설명드리도록 할게요.

00:39:41.963 --> 00:39:48.350

이 전자기 유도 현상이 응용되어지는  
상황은 어떤 상황이나,

00:39:48.450 --> 00:39:51.211

여기 지금 N극 자석이 있고요.

00:39:51.311 --> 00:39:56.424

여기에 S극 자석이  
이렇게 놓여있습니다.

00:39:56.524 --> 00:39:59.399

N극 자석과 S극 자석을 떨어뜨려서  
이렇게 놓고 있는 거야.

00:39:59.499 --> 00:40:03.459

이 상황을 위에서 쳐다봅니다.

00:40:03.559 --> 00:40:05.922

이렇게 위에서 애가 쳐다보는 거야.

00:40:06.022 --> 00:40:08.278

그러면 어떻게 보일까요?

00:40:08.378 --> 00:40:12.739

N극에서는 자기장이 뿔어져나가고  
S극에서는 자기장이 모여 들어가죠?

00:40:12.839 --> 00:40:14.569

그러면 결국 이 사이에서는

00:40:14.669 --> 00:40:17.421

자기장이 어느 방향이라고  
우리가 이야기할 수 있어요?

00:40:17.521 --> 00:40:21.536

N극에서는 자기장이 뿔어져 나가고  
S극에서는 자기장이 모여 들어가니까

00:40:21.636 --> 00:40:25.695

자기장이 이 방향이겠구나,  
라고 우리가 알 수 있고요.

00:40:25.795 --> 00:40:32.153

이 모습을 이놈이 보면 어떻게  
자기장이 형성되어있는 거로 보일까요?

00:40:32.253 --> 00:40:39.046

애가 쳐다보면 자기장이 이렇게  
형성되어있는 거로 보이겠죠.

00:40:39.146 --> 00:40:49.956

이 자석의 공간에서 자기장이 이렇게  
들어가는 방향으로 보이겠구나, 라는 걸

00:40:50.056 --> 00:40:51.913  
우리가 판단할 수가 있어요.

00:40:52.013 --> 00:40:53.852  
이제 지금 무슨 표현이냐면,

00:40:53.952 --> 00:40:57.429  
애가 보면 자기장이  
들어가는 방향으로 보이죠?

00:40:57.529 --> 00:41:02.921  
그 들어가고 있다는 걸 이렇게  
표현하고 있는 겁니다.

00:41:03.021 --> 00:41:11.319  
애가 봤을 때는 자기장이 이렇게  
들어가는 거로 표현하고 있는 겁니다.

00:41:11.419 --> 00:41:25.751  
이 상황에서 내가 여기다 이렇게  
사각 코일을 통과시킵니다.

00:41:25.851 --> 00:41:27.503  
그러면 그 모습을 여기다 그려보면

00:41:27.603 --> 00:41:35.390  
애가 봤을 때 이 사각 코일이  
이렇게 통과하게 되는 거죠.

00:41:39.503 --> 00:41:41.611  
여기서 이제 문제입니다.

00:41:41.711 --> 00:41:48.168  
사각 코일이 자기장 영역을 통과할  
때 유도전류가 흐르는 영역이 있고

00:41:48.268 --> 00:41:49.864  
흐르지 않는 영역이 있거든요.

00:41:49.964 --> 00:41:56.206  
어디서 유도전류가 흐를 거 같고 어디서  
유도전류가 흐르지 않을 것 같아요?

00:41:56.306 --> 00:42:00.534  
어디서 유도전류가 흐르느냐,  
여기랑 여기서만 흐르고요.

00:42:00.634 --> 00:42:03.902  
여기, 여기, 여기서는  
유도전류가 흐르지 않습니다.

00:42:04.002 --> 00:42:05.247  
왜냐, 볼게요.

00:42:05.347 --> 00:42:10.617  
이 자기장 영역 속에 자기장의  
세기가 10이라고 해보겠습니다.

00:42:10.717 --> 00:42:13.587

그러면 이걸 사각  
코일이라고 할게요.

00:42:13.687 --> 00:42:16.101

이 사각 코일이 여기를  
지금 들어가는데

00:42:16.201 --> 00:42:19.200

여기에서는 자기장이 있어요, 없어요?  
없어요.

00:42:19.300 --> 00:42:20.588

그러면 0입니다.

00:42:20.688 --> 00:42:23.764

0이었다가 여기 안으로  
들어가면 10이 되는 거죠?

00:42:23.864 --> 00:42:31.111

그러면 여기서 집어넣으면  
0, 0, 0, 1, 2, 3,... 10, 10, 10...

00:42:31.211 --> 00:42:35.046

10, 9, 8, 7... 0, 0, 0.

00:42:35.146 --> 00:42:38.213

어디서 유도전류가 흘렀을까?

00:42:38.313 --> 00:42:42.209

여기랑 여기서만 유도전류가  
흐를 수밖에 없죠, 왜?

00:42:42.309 --> 00:42:44.351

유도전류는 언제 흐른다고 그랬어?

00:42:44.451 --> 00:42:49.188

코일 속에 자기장의 변화가 있을  
때 유도전류가 흐른다고 그랬죠.

00:42:49.288 --> 00:42:55.048

0, 0, 0, 1, 2, 3...  
10, 10, 10.

00:42:55.148 --> 00:42:58.696

10, 9, 8, 7...  
0, 0.

00:42:58.796 --> 00:43:02.976

코일 속에 자기장이 들어가는  
동안 유도전류가 흐르죠, 왜?

00:43:03.076 --> 00:43:10.012

코일 속에 자기장의 세기가,  
자기력선의 수가 변하잖아요.

00:43:10.112 --> 00:43:13.171

그래서 여기랑 여기서만  
유도전류가 흐르는구나.

00:43:13.271 --> 00:43:20.080

이때 흐르는 유도전류의  
방향은 어느 방향일까요?

00:43:20.180 --> 00:43:24.620  
바로 변화를 거부  
방해하는 방향이죠.

00:43:24.720 --> 00:43:28.208  
이 코일을 이 자기장  
영역 속에 집어넣게 되면

00:43:28.308 --> 00:43:31.152  
코일 속에 들어가는  
방향의 자기장이

00:43:31.252 --> 00:43:34.798  
0, 0, 0, 1, 2, 3... 10으로  
증가합니다.

00:43:34.898 --> 00:43:39.939  
들어가는 자기장이 증가하니까 코일은  
들어가는 자기장이 증가하지 못하게

00:43:40.039 --> 00:43:42.100  
나오는 자기장을 만들어내야 되고요.

00:43:42.200 --> 00:43:44.842  
코일의 나오는 방향의  
자기장을 만들어내려면

00:43:44.942 --> 00:43:47.057  
전류가 어느 방향으로 흘러야 돼?

00:43:47.157 --> 00:43:48.509  
이렇게 전류가 흘러야 됩니다.

00:43:48.609 --> 00:43:52.295  
엄지가 전류, 나머지  
손가락이 자기장.

00:43:52.395 --> 00:43:54.919  
그래서 여기서 유도전류가  
어떻게 흐르느냐,

00:43:55.019 --> 00:43:58.317  
여기서 유도전류가 이렇게  
흐르게 됩니다.

00:43:58.417 --> 00:44:01.932  
그래야 나오는 방향의 자기장을  
형성할 거니까.

00:44:02.032 --> 00:44:06.069  
그런데 여기 안에 들어가 있으면  
전류가 흘러요, 안 흘러요?

00:44:06.169 --> 00:44:06.834  
안 흘러요.

00:44:06.934 --> 00:44:09.474  
10, 10, 10으로

가득 차 있으니까.

00:44:09.574 --> 00:44:11.928

그러면 유도전류가 안  
흐르다가 여기서 빠져나올 때

00:44:12.028 --> 00:44:15.402

10, 10, 10,  
9, 8, 7...1.

00:44:15.502 --> 00:44:20.149

들어가는 방향의 자기장이  
점점 어떻게 됩니까?

00:44:20.249 --> 00:44:20.989

약해지죠?

00:44:21.089 --> 00:44:23.458

들어가는 방향의 자기장이 약해지니까

00:44:23.558 --> 00:44:27.223

코일 스스로 들어가는 방향의  
자기장이 약해지지 못하게

00:44:27.323 --> 00:44:29.585

들어가는 방향으로 자기장을  
형성해야 되고요.

00:44:29.685 --> 00:44:31.597

들어가는 방향으로  
자기장을 형성하려면

00:44:31.697 --> 00:44:34.112

유도전류가 어느  
방향으로 흘러야 돼요?

00:44:34.212 --> 00:44:43.251

이렇게 시계 방향으로  
흘러야 됩니다.

00:44:43.351 --> 00:44:47.955

그래서 들어올 때의 유도전류의 방향과  
나갈 때의 유도전류의 방향이

00:44:48.055 --> 00:44:54.923

반대 방향이구나, 라는 걸  
여러분이 찾아낼 수가 있습니다.

00:44:55.023 --> 00:44:56.266

이런 상황이 있고요.

00:44:56.366 --> 00:45:05.958

또 어떤 상황도 있느냐, 이번에는 여기  
안에 아예 도선을 이렇게 집어 넣어놔요.

00:45:06.058 --> 00:45:08.268

그 모습을 애가 보면  
어떻게 되느냐,

00:45:08.368 --> 00:45:13.236

이렇게 자석이 존재하고 이

자석이 존재하는 상황에서

00:45:13.336 --> 00:45:21.521  
자기력선이 이렇게 표현되어있을 때

00:45:21.621 --> 00:45:26.704  
여기 안에 아예 이렇게 코일을,  
도선을 넣어놓은 겁니다.

00:45:26.804 --> 00:45:33.033  
여기 사이에 코일을 이렇게  
넣어놔버린 거죠.

00:45:33.133 --> 00:45:38.789  
넣어놓은 상태에서 이번에는  
자석의 세기를 조절해요.

00:45:38.889 --> 00:45:44.633  
자석의 세기를 이렇게  
조절했다고 생각해보겠습니다.

00:45:45.619 --> 00:45:52.643  
시간 동안에 이 자석의 세기를  
제가 프린트해드린 문제에서처럼

00:45:52.743 --> 00:45:57.466  
이렇게 자석의 세기를  
조절했다고 생각해보겠습니다.

00:45:57.566 --> 00:46:00.440  
이건 무슨 말이죠?

00:46:00.540 --> 00:46:04.398  
자석의 세기를 점점점 강하게 했다가

00:46:04.498 --> 00:46:09.062  
자석의 세기를 일정하게  
유지하고 있다는 소리입니다.

00:46:09.162 --> 00:46:19.051  
그때 이 코일에 흐르는 유도전류는  
어떻게 흐르게 될까.

00:46:19.151 --> 00:46:22.546  
제가 제시했던 내용 중에  
조금 더 표현한다면

00:46:22.646 --> 00:46:25.456  
이것까지도 한번  
표현해보도록 하겠습니다.

00:46:25.556 --> 00:46:30.451  
그러면 그때 유도전류는  
어떻게 흐르게 될까.

00:46:30.551 --> 00:46:32.341  
일단 흐르지 않는 영역이 있어요.

00:46:32.441 --> 00:46:34.345  
언제 전류가 흐르지 않을까?

00:46:34.445 --> 00:46:36.526  
이때는 유도전류가 흐르지 않습니다.

00:46:36.626 --> 00:46:41.466  
왜? 자기장의 변화가 없잖아요.

00:46:41.566 --> 00:46:43.502  
유도전류는 언제 흐른다고 그랬어?

00:46:43.602 --> 00:46:46.047  
변화량이 있을 때.

00:46:46.147 --> 00:46:49.239  
그리고 크기는 변화량에  
비례한다 그랬죠.

00:46:49.339 --> 00:46:56.059  
따라서 이 영역에서는, 이 구간에서는  
자석의 세기가 변하지 않으니까

00:46:56.159 --> 00:46:59.472  
코일을 통과하는 자기장의 세기.

00:46:59.572 --> 00:47:02.008  
자기력선의 수에 변화도 없습니다.

00:47:02.108 --> 00:47:06.113  
따라서 이 구간에서는  
유도전류가 안 흐르죠.

00:47:06.213 --> 00:47:07.846  
이때 유도전류가 흐르고요.

00:47:07.946 --> 00:47:10.969  
이때 유도전류가 흐릅니다.

00:47:11.069 --> 00:47:15.855  
그런데 이때 보시면, 이때는 또  
어느 방향으로 유도전류가 흐를까요?

00:47:15.955 --> 00:47:19.617  
이렇게 보시면 들어가는 방향의 자기장이  
지금 어떻게 되고 있다는 소리야?

00:47:19.717 --> 00:47:20.663  
강해지고 있어요.

00:47:20.763 --> 00:47:26.398  
들어가는 방향의 자기장이  
강해지니까 강해지지 못하게

00:47:26.498 --> 00:47:28.834  
나오는 방향의 자기장을  
형성해야 되고

00:47:28.934 --> 00:47:34.631  
나오는 방향의 자기장을 형성하려면 전류가  
이렇게 반시계방향으로 흐르겠구나.

00:47:34.731 --> 00:47:45.706  
결국 이 경우에는 원형도선 코일에



전류가 반시계방향으로 흐른다는 것도

00:47:45.806 --> 00:47:48.118  
여러분이 찾아낼 수 있어야 되겠죠.

00:47:48.218 --> 00:47:51.619  
그때 흐르는 유도전류의  
세기는 그러면 어떨까요?

00:47:51.719 --> 00:47:54.436  
유도전류의 세기는 어떻게 됐었어요?

00:47:54.536 --> 00:47:57.769  
시간당 변화량이었습니다.

00:47:57.869 --> 00:48:03.955  
여기 보시면 시간당  
변화량이 어때요?

00:48:04.055 --> 00:48:06.322  
일정합니다.

00:48:06.422 --> 00:48:07.575  
기울기가 일정하니까.

00:48:07.675 --> 00:48:11.661  
따라서 발생하는 유도전류도  
일정하겠구나, 라는 걸

00:48:11.761 --> 00:48:14.064  
우리가 알 수 있어요.

00:48:14.164 --> 00:48:18.664  
증가나 감소하는 게 아니라 시간당  
변화량, 시간당 변화량이 일정하니까

00:48:18.764 --> 00:48:22.687  
발생하는 유도전류도 일정하다,  
방향은 반시계방향이다.

00:48:22.787 --> 00:48:25.915  
그러면 이때는 어떻게  
되고 있는 거야?

00:48:26.015 --> 00:48:28.204  
자석의 세기가 지금 약해지고 있죠?

00:48:28.304 --> 00:48:33.719  
자석의 세기가 약해진다는 건 들어가는  
방향의 자기장이 점점 약해지고 있어요.

00:48:33.819 --> 00:48:37.851  
들어가는 방향의 자기장이 약해지니까  
들어가는 방향의 자기장이 약해지지 못하게

00:48:37.951 --> 00:48:39.828  
들어가는 방향으로  
자기장을 형성하겠죠.

00:48:39.928 --> 00:48:44.799  
들어가는 방향으로 자기장을 형성하기 위해서

유도전류가 어느 방향으로 흘러야 돼요?

00:48:44.899 --> 00:48:48.910

시계방향으로 유도전류가  
흘러야 됩니다.

00:48:49.010 --> 00:48:52.451

결국 흐르는 유도전류가  
이때랑 어때요?

00:48:52.551 --> 00:48:55.309

반대 방향이다, 라는  
걸 알 수 있고요.

00:48:55.442 --> 00:48:56.641

그 크기는 어때요?

00:48:56.741 --> 00:49:00.937

시간당 변화량, 시간당  
변화량, 시간당 변화량.

00:49:01.037 --> 00:49:05.071

결국 반대 방향으로  
유도전류가 흐른다는 걸

00:49:05.171 --> 00:49:08.944

우리가 표현할 수 있게 되는 거죠.

00:49:09.044 --> 00:49:15.741

그래서 이런 상황도 한번 여러분이  
기억하실 수 있어야 되겠습니다.

00:49:15.841 --> 00:49:20.445

또 어떤 상황이 있느냐,

00:49:20.545 --> 00:49:26.765

자석이 마주 보고 있는 이  
상황에서 여기 안에다 이번에는

00:49:26.865 --> 00:49:30.227

이렇게 ㄷ자 도선을 깔아요.

00:49:30.327 --> 00:49:37.121

ㄷ자 도선을 깔아놓은 다음에 여기다  
이렇게 금속막대를 얹어놓고요.

00:49:37.221 --> 00:49:40.519

이 금속막대를 옆으로 당기는 상황을

00:49:40.619 --> 00:49:44.365

애가 보는 거로 한번 그림을  
그려보도록 하겠습니다.

00:49:44.465 --> 00:49:47.891

애가 보면 이제 어떤  
모습으로 보이게 되느냐,

00:49:47.991 --> 00:49:51.217

이런 모습으로 보이게 되는 거죠.

00:49:51.317 --> 00:50:00.802

자기장의 영역이 이렇게  
존재하고 있을 때

00:50:06.846 --> 00:50:13.136

저 사람이 보면 ㄷ자 도선이  
이렇게 깔려있는 거고요.

00:50:13.236 --> 00:50:16.649

여기에 지금 어떻게 되어있어요?

00:50:16.749 --> 00:50:19.013

금속막대가 이렇게 얹어져 있습니다.

00:50:19.113 --> 00:50:23.466

이때 금속막대를 내가  
이쪽으로 옮겨가게 되면

00:50:23.566 --> 00:50:25.709

이 금속막대가 어떻게 됩니까?

00:50:25.809 --> 00:50:27.521

이렇게 이동하게 됩니다.

00:50:27.621 --> 00:50:33.794

여기, 여기, 여기로  
이동하게 되죠.

00:50:33.894 --> 00:50:35.959

그러면 이제 어떻게 해가 보이느냐,

00:50:36.059 --> 00:50:39.127

저 사람 입장에서는  
어떻게 관찰이 되느냐,

00:50:39.227 --> 00:50:43.476

이거를 바로 뭐라고 볼 수 있느냐,  
코일이라고 볼 수 있어요.

00:50:43.576 --> 00:50:49.386

그러면 애를 이동시킴에 따라서 코일의  
넓이가 점점 어떻게 되고 있어요?

00:50:49.486 --> 00:50:50.784

넓어지고 있어요.

00:50:50.884 --> 00:50:55.250

중요한 건 코일의 넓이가  
넓어지는 게 중요한 게 아니라

00:50:55.350 --> 00:51:01.308

코일의 넓이가 넓어짐에 따라서  
코일을 통과하는 자기장.

00:51:01.408 --> 00:51:04.868

자기력선의 수가 점점  
 많아지고 있죠.

00:51:04.968 --> 00:51:12.270

6, 8, 10, 12, 14,  
16으로 2씩이 많아지고 있죠.

00:51:12.370 --> 00:51:17.413

결국 코일 속에 자기력선의  
수가 점점 늘어나입니다.

00:51:17.513 --> 00:51:21.935

코일 속에 들어가는 방향의  
자기장이 늘어나니까

00:51:22.035 --> 00:51:25.340

코일은 들어가는 방향의  
자기장이 늘어나지 못하게

00:51:25.440 --> 00:51:27.347

나오는 방향의 자기장을 형성할 거고

00:51:27.447 --> 00:51:30.397

나오는 방향의 자기장을  
형성하려면 결국 반시계방향으로

00:51:30.497 --> 00:51:39.644

유도전류가 흘러서 이 도선에는 전류가  
이렇게 흐르게 되겠구나, 라는 걸

00:51:39.744 --> 00:51:43.189

우리가 알아낼 수 있게 되는 거죠.

00:51:43.289 --> 00:51:49.618

물론 이 막대를 반대 방향으로  
당겨주면 어떻게 될까요?

00:51:49.718 --> 00:51:52.968

코일의 면적이 점점  
어떻게 되고 있어요?

00:51:53.068 --> 00:51:53.927

줄어들고 있어요.

00:51:54.027 --> 00:51:56.542

코일의 면적이 줄어드는  
게 중요한 게 아니라

00:51:56.642 --> 00:52:02.407

코일의 면적이 줄어듦에 따라서 코일을  
통과하는 자기력선의 수가 점점 줄죠?

00:52:02.507 --> 00:52:06.693

결국 들어가는 방향의 자기력선의  
수가 점점 줄어드는 거죠?

00:52:06.793 --> 00:52:10.004

들어가는 방향의 자기력선의  
수가 점점 줄어드니까

00:52:10.104 --> 00:52:12.389

들어가는 방향의 자기력선의  
수가 줄지 못하게

00:52:12.489 --> 00:52:14.395

들어가는 방향으로  
자기장을 만들어내야 되고

00:52:14.495 --> 00:52:16.214

들어가는 방향으로  
자기장을 만들어내려면

00:52:16.314 --> 00:52:20.252

전류는 이렇게 시계방향으로  
유도전류가 흐르겠구나, 라는 것도

00:52:20.352 --> 00:52:24.222

우리가 알 수 있게 되는 거죠.

00:52:24.322 --> 00:52:31.839

그러면 전자기 유도 현상의 마지막  
응용 케이스는 어떤 경우가 있느냐,

00:52:31.939 --> 00:52:33.443

바로 이런 경우입니다.

00:52:33.543 --> 00:52:37.885

지금 이렇게 원형  
코일 도선이 있고요.

00:52:37.985 --> 00:52:43.191

이 원형 코일 도선이 이렇게  
건전지가 연결되어있습니다.

00:52:43.291 --> 00:52:47.706

그리고 여기에 이렇게  
스위치를 연결해봤습니다.

00:52:47.806 --> 00:52:49.124

그리고 원형도선을  
이렇게 세워봤어요.

00:52:49.224 --> 00:52:57.896

그 상태에서 이쪽에다 이 원형도선이랑  
마주 보는 원형도선을 하나 깔아봤는데

00:52:57.996 --> 00:53:03.745

이 마주 보는 원형도선에는 보시다시피  
건전지가 연결되어있지 않습니다.

00:53:03.845 --> 00:53:05.621

지금 어떻게 되어있는 모습이나,

00:53:05.721 --> 00:53:10.885

원형도선 두 개가 이렇게  
마주 보고 있는 거예요.

00:53:10.985 --> 00:53:19.932

원형도선 두 개가 연결되지 않은 상태로  
이렇게 마주 보고 있는 거죠.

00:53:20.032 --> 00:53:21.695

무슨 말인지 이해하나요?

00:53:21.795 --> 00:53:24.947

제가 이걸로 분리시켜서  
보여줬으면 좋았을 텐데

00:53:25.047 --> 00:53:31.848

이렇게 원형도선 두 개가 마주 보고 있는 겁니다, 분리된 상태로.

00:53:31.948 --> 00:53:38.425

이때 이쪽 원형도선은  
건전지가 없어요.

00:53:38.525 --> 00:53:44.002

그런데 이 노란색 원형도선에 전류를  
흐르게 할 수 있는 방법이 있습니다.

00:53:44.102 --> 00:53:45.818

바로 뭘까요?

00:53:45.918 --> 00:53:48.526

여기에 스위치를 닫는 겁니다.

00:53:48.626 --> 00:53:55.511

여기에 스위치를 닫아주면 이 흰색  
원형도선에 전류가 흐르기 시작합니다.

00:53:55.611 --> 00:53:58.464

이 흰색 원형도선에  
전류가 흐르게 되면

00:53:58.564 --> 00:54:01.682

이 흰색 원형도선이  
뭘 형성하게 돼요?

00:54:01.782 --> 00:54:03.455

자기장을 형성하게 됩니다.

00:54:03.555 --> 00:54:06.339

들어가는 방향으로 자기장을  
형성하게 됩니다.

00:54:06.439 --> 00:54:10.535

그러면 이 흰색 원형도선이 들어가는  
방향의 자기장을 형성하게 되면

00:54:10.635 --> 00:54:13.730

그 들어가는 방향의  
자기장이 마주 보고 있는

00:54:13.830 --> 00:54:17.837

노란색 원형도선 안으로도  
통과하게 되겠죠.

00:54:17.937 --> 00:54:21.917

그러면 노란색 원형도선  
입장에서는 자기장이 없다가

00:54:22.017 --> 00:54:25.870

들어가는 방향의 자기장이  
없다가 밀려들어 오죠?

00:54:25.970 --> 00:54:27.712

그러면 코일 입장에서는  
어떻게 됩니까?

00:54:27.812 --> 00:54:30.909

밀려들어 오는 자기장을  
거부 방해하기 위해서

00:54:31.009 --> 00:54:33.415

반대 방향의 자기장을  
형성하게 되고요.

00:54:33.515 --> 00:54:40.922

노란색 원형도선 입장에서는 나오는  
방향의 자기장을 형성하기 위해서

00:54:41.022 --> 00:54:47.352

반시계방향으로 유도전류가 흐른다는  
걸 우리가 알 수 있게 되죠.

00:54:47.452 --> 00:54:52.873

그러면 스위치를 닫고 있으면 이 노란색  
원형도선에는 계속 전류가 흐를까요?

00:54:52.973 --> 00:54:55.502

그렇지 않습니다. 왜?

00:54:55.602 --> 00:55:01.070

스위치를 닫고 있으면 이 원형도선에  
일정한 전류가 흘러요.

00:55:01.170 --> 00:55:03.822

건전지에 의해서 일정한  
전류가 흐릅니다.

00:55:03.922 --> 00:55:06.838

일정한 전류가 흐르면 일정한  
자기장이 형성돼요.

00:55:06.938 --> 00:55:12.376

일정한 자기장이 결국 노란색  
원형도선에도 그대로 공급이 될 거고요.

00:55:12.476 --> 00:55:15.844

그러면 노란색 원형도선 입장에서는  
자기장의 변화가 없죠?

00:55:15.944 --> 00:55:21.888

자기장의 변화가 없으니까 발상하는  
유도전류도 없게 됩니다.

00:55:21.988 --> 00:55:27.348

그래서 스위치를 닫는 순간 잠깐 이  
원형도선에 유도전류가 흘렀다가

00:55:27.448 --> 00:55:32.967

흰색 원형도선 일정한 전류가  
흐르게 되면 사라져버리는 거죠.

00:55:33.067 --> 00:55:36.744

그러다가 스위치를 이번에는 뗍니다.

00:55:36.844 --> 00:55:39.295

그러면 어떻게 될까요?

00:55:39.395 --> 00:55:42.558

이 원형도선에 흐르던  
전류가 사라집니다.

00:55:42.658 --> 00:55:44.892  
원형도선에 흐르던  
전류가 사라지게 되면

00:55:44.992 --> 00:55:49.639  
원형도선에 형성되고 있던  
자기장이 사라져버립니다.

00:55:49.739 --> 00:55:53.871  
결국 이 흰색 원형도선이  
형성하고 있던 들어가는 자기장이

00:55:53.971 --> 00:55:57.532  
노란색 원형도선에까지  
영향을 주고 있었는데

00:55:57.632 --> 00:56:00.494  
그 들어가는 방향의  
자기장이 사라져버리니까

00:56:00.594 --> 00:56:05.385  
노란색 원형도선 입장에서는 들어가는  
방향의 자기장이 없어지는 거죠?

00:56:05.485 --> 00:56:07.893  
줄어드는 거죠? 변하는 거죠?

00:56:07.993 --> 00:56:11.739  
그러니까 들어가는 방향으로  
자기장을 형성하게 되고요.

00:56:11.839 --> 00:56:17.094  
그래서 유도전류가 이렇게  
흐르게 되는 거죠.

00:56:17.194 --> 00:56:18.607  
되셨죠?

00:56:18.707 --> 00:56:23.552  
그래서 스위치를 닫을 때 노란색  
원형도선에 유도전류가 잠깐 흐르고

00:56:23.652 --> 00:56:29.782  
스위치를 뗄 때 노란색 원형도선에 유도전류가  
잠깐 흐르게 되는구나, 라는 걸

00:56:29.882 --> 00:56:33.750  
우리가 판단할 수 있어요.

00:56:33.850 --> 00:56:36.114  
이런 현상을 우리는  
바로 뭐라고 부른다?

00:56:36.214 --> 00:56:39.460  
전자기 유도라고 부르구요.

00:56:39.560 --> 00:56:42.092  
전자기 유도 현상이란 결국은 뭐야?



00:56:42.192 --> 00:56:47.789  
전류를 만들어내는 현상입니다.

00:56:47.889 --> 00:56:54.102  
이때 만들어지는 유도전류의  
크기, 방향이 어떻게 되는지를

00:56:54.202 --> 00:56:57.450  
여러분이 찾아내실 수  
있어야 된다고요.

00:56:57.550 --> 00:56:59.970  
기본적인 개념 원리만  
알면 어렵지 않게

00:57:00.070 --> 00:57:05.255  
여러분이 충분히 찾아낼 수  
있을 거라고 생각이 들고요.

00:57:05.355 --> 00:57:09.957  
그러면 이제 마지막은  
이 유도전류를 이용한

00:57:10.057 --> 00:57:13.549  
장치들에 대한 이야기를  
해보도록 하겠습니다.

00:57:13.649 --> 00:57:17.791  
대표적으로 유도전류를 이용한  
장치 뭐가 있을까요?

00:57:17.891 --> 00:57:21.862  
발전기가 있습니다.

00:57:21.962 --> 00:57:25.840  
앞서서도 보여드렸던  
이게 바로 발전기예요.

00:57:25.940 --> 00:57:34.310  
코일을 두고 자석을 두고 돌려줌으로써  
유도전류에 의한 전기를 만들어내는 거죠.

00:57:34.410 --> 00:57:38.863  
그래서 오늘날 존재하고 있는 원자력  
발전, 화력발전, 수력발전,

00:57:38.963 --> 00:57:42.819  
파력발전, 조력발전,  
지열발전, 풍력발전.

00:57:42.919 --> 00:57:47.746  
이런 발전들은 대부분 다 이  
전자기 유도 현상을 이용해서

00:57:47.846 --> 00:57:52.544  
전류를 만들어내고 있습니다.

00:57:52.644 --> 00:57:55.046  
그러면 또 이제 뭐가 있을까요?

00:57:55.146 --> 00:57:59.732

여러분, 좀 비싼 휴대폰  
사시면 충전할 때

00:57:59.832 --> 00:58:06.987

코이 선을 꽂지 않고도 센서  
같은 데 그냥 올려놓기만 하면

00:58:07.087 --> 00:58:08.897

충전이 되는 휴대폰이 있습니다.

00:58:08.997 --> 00:58:11.310

바로 무선 충전기죠.

00:58:11.410 --> 00:58:15.174

이 무선 충전 시스템이 바로 뭐냐,

00:58:15.274 --> 00:58:17.259

전자기 유도를 이용하고 있습니다.

00:58:17.359 --> 00:58:20.911

이 센서에서 바로 뭐가 나오냐면,

00:58:21.011 --> 00:58:22.379

센서가 있어요.

00:58:22.479 --> 00:58:31.326

이 센서 위에 휴대폰을 올려놓으면  
이 휴대폰이 충전되죠.

00:58:31.426 --> 00:58:35.533

어떻게 되는 거냐, 이 센서에서  
자기장을 형성하고 있는데

00:58:35.633 --> 00:58:41.766

이 자기장이 변하는 자기장을  
여기서 만들어내고 있습니다.

00:58:41.914 --> 00:58:44.465

아주 간단하게 이야기하면 여기서 강한  
자기장이 나왔다 약한 자기장이 나왔다

00:58:44.565 --> 00:58:48.042

강한 자기장이 나왔다 약한 자기장이  
나왔다는 반복하고 있어요.

00:58:48.142 --> 00:58:56.179

그러면 이 휴대폰 안에는  
바로 뭐가 들어있느냐,

00:58:56.279 --> 00:58:59.434

코일이 들어있는 겁니다.

00:58:59.534 --> 00:59:03.248

코일이 이렇게 들어있어서 이  
휴대폰을 여기 위에 올려놓으면

00:59:03.348 --> 00:59:09.453

코일을 통과하는 자기장,  
자기력선의 수가 변하게 되죠?

00:59:09.553 --> 00:59:13.968

그 변화에 의해서 코일에  
유도전류가 흐르게 되고요.

00:59:14.068 --> 00:59:18.667

그 유도전류를 저장해서  
충전시키는 거죠.

00:59:18.767 --> 00:59:23.395

그래서 무선 충전은 바로  
전자기 유도 현상을 이용해서

00:59:23.495 --> 00:59:28.929

충전시키는 시스템이다, 라는 거 여러분이  
기억을 해두시면 좋을 것 같고요.

00:59:29.029 --> 00:59:34.690

또 어떤 게 있느냐, 바로 우리가  
즐거 사용하고 있는 교통카드.

00:59:35.542 --> 00:59:40.890

교통카드도 바로 전자기 유도  
현상을 이용하고 있습니다.

00:59:40.990 --> 00:59:45.738

이 교통카드 안에  
건전지가 들어가던가요?

00:59:45.838 --> 00:59:47.153

들어가지 않습니다.

00:59:47.253 --> 00:59:55.634

그런데 이 교통카드를 대면 딱  
하고 올리면서 교통카드에 들어있는

00:59:55.734 --> 01:00:00.692

금액이 얼마 남는지를 저장하고요.

01:00:00.792 --> 01:00:04.584

그 사용한 금액을 상대방.

01:00:04.684 --> 01:00:08.178

버스회사나 지하철 회사한테  
보내주기도 합니다.

01:00:08.278 --> 01:00:12.963

결국 애가 여기 안에는  
건전지가 없는데도 불구하고

01:00:13.063 --> 01:00:18.658

얼마를 썼는지를 저장하고 그 사용한  
금액을 보내줄 수 있다는 건

01:00:18.758 --> 01:00:21.708

여기에 전류가 흐르게  
된다는 것을 의미하죠.

01:00:21.808 --> 01:00:26.699

그러면 이 건전지도 없는 이 교통카드에  
어떻게 전류가 흐르게 되느냐,

01:00:26.799 --> 01:00:29.745

바로 이 교통카드가  
뭐냐, 코일입니다.

01:00:29.845 --> 01:00:38.150

이 교통카드를 여러분이 분해해보면  
이 안에 코일이 들어있습니다.

01:00:38.250 --> 01:00:43.096

그리고 이 교통카드를  
갖다 대는 단말기 있죠?

01:00:43.196 --> 01:00:48.613

이 단말기가 바로 뭐냐면, 자기장을  
내보내고 있는 장치입니다.

01:00:48.713 --> 01:00:50.565

애가 자기장을 내보내고 있어요.

01:00:50.665 --> 01:00:53.575

그런데 이걸 변화하는  
자기장을 내보내고 있습니다.

01:00:53.675 --> 01:00:57.859

이 변화하는 자기장을 내보내니까  
교통카드를 딱 갖다 대면

01:00:57.959 --> 01:01:01.437

그 변화하는 자기장에  
의해서 전류가 흘러

01:01:01.582 --> 01:01:07.173

이 교통카드 안에 들어있는  
장치를 이용해서 계산도 하고

01:01:07.273 --> 01:01:11.931

사용한 금액을 다시  
또 보내주기도 하는 거죠.

01:01:12.031 --> 01:01:16.911

결국 교통카드도 전자기  
유도현상을 이용하고 있다는 거

01:01:17.011 --> 01:01:18.484

여러분이 기억하시면 되고요.

01:01:18.584 --> 01:01:23.239

실제로 여러분이 이 교통카드  
안에 들어있는 코일을

01:01:23.339 --> 01:01:25.359

교통카드를 까보시면  
확인할 수 있어요.

01:01:25.459 --> 01:01:27.363

이 교통카드를 까는  
건 쉽지 않고요.

01:01:27.463 --> 01:01:30.793

이 교통카드를 아세톤 있죠?

01:01:30.893 --> 01:01:33.072

아세톤에 좀 담가요.

01:01:33.172 --> 01:01:37.071

한 30분에서 1시간을 정도  
담그면 이 아세톤에 의해서

01:01:37.171 --> 01:01:40.453

이 교통카드 플라스틱이  
흐물흐물 녹아버립니다.

01:01:40.553 --> 01:01:44.148

그 녹은 플라스틱을  
조심스럽게 벗겨내잖아요?

01:01:44.248 --> 01:01:52.754

그러면 이 코일이 감겨있고  
정보저장장치 같은

01:01:52.854 --> 01:01:55.615

센서가 하나 또 달려있는 걸  
확인할 수 있어요.

01:01:55.715 --> 01:01:59.803

바로 이 코일을 여러분이  
직접 확인하실 수 있습니다.

01:01:59.903 --> 01:02:02.908

우리 학교 학생들은 이거  
요즘 많이 했더라고요.

01:02:03.008 --> 01:02:08.751

그래서 여러분이 꼭 한번 확인해보시면  
조금 더 상황을 이해하는데

01:02:08.851 --> 01:02:11.388

많은 도움이 될 거다,  
라는 생각이 들고요.

01:02:11.488 --> 01:02:14.315

그리고 또 하나 우리가  
기억할 게 바로 뭐냐,

01:02:14.415 --> 01:02:16.193

마이크가 있습니다.

01:02:16.293 --> 01:02:21.200

마이크도 바로 전자기  
유도 현상을 이용해서

01:02:21.300 --> 01:02:25.164

음성신호를 전기신호로  
바꿔주고 있습니다.

01:02:25.264 --> 01:02:28.240

물론 이 마이크에는 종류가  
여러 가지가 있어요.

01:02:28.340 --> 01:02:29.422

그 여러 가지 종류.

01:02:29.522 --> 01:02:33.825

탄소형 마이크, 축전기형  
마이크 이런 것들이 있는데

01:02:33.925 --> 01:02:36.573

그중에 다이내믹 마이크라는  
게 있습니다.

01:02:36.673 --> 01:02:39.993

이 다이내믹 마이크는  
구조가 어떻게 되어있냐면

01:02:40.093 --> 01:02:42.459

이렇게 자석이 있고요.

01:02:42.559 --> 01:02:46.488

자석에 진동판이 붙어 있습니다.

01:02:46.588 --> 01:02:49.004

그리고 그 밑에는  
바로 뭐가 있느냐,

01:02:49.104 --> 01:02:51.194

코일이 이렇게 있어요.

01:02:51.294 --> 01:02:55.220

그리고 이게 마이크입니다.

01:02:57.632 --> 01:03:00.963

그러면 이제 어떻게 되느냐,  
이런 상황인 거죠?

01:03:01.063 --> 01:03:09.014

코일이 있고 자석이 있고 이 자석에  
진동판이 붙어있는 거예요.

01:03:09.114 --> 01:03:11.556

그러면 내가 여기서 말을 하잖아요?

01:03:11.656 --> 01:03:15.124

그러면 공기의 떨림이 전달되어오죠?

01:03:15.224 --> 01:03:22.021

공기의 떨림이 전달되어오면 그 진동판이  
붙어있는 자석이 이렇게 떨립니다.

01:03:22.121 --> 01:03:25.665

진동판이 이렇게 떨리게  
되면 어떻게 돼요?

01:03:25.765 --> 01:03:30.864

코일에 자석이 가까이 갔다 멀어졌다  
가까이 갔다 멀어졌다 하니까

01:03:30.964 --> 01:03:32.279

코일에 뭐가 흘러요?

01:03:32.379 --> 01:03:33.681

유도전류가 흐릅니다.

01:03:33.781 --> 01:03:38.531

그런데 우리가 앞에서 배웠다고 N극이  
다가갈 때 흐르는 유도전류 방향과

01:03:38.631 --> 01:03:42.388

N극이 물러날 때 흐르는  
유도전류의 방향이 반대죠.

01:03:42.488 --> 01:03:48.513

결국 공기의 떨림이 전기의  
떨림으로 바뀝니다.

01:03:48.613 --> 01:03:54.336

결국 소리 신호가 전기신호로 바뀌면서  
유도전류를 만들어내게 되고요.

01:03:54.436 --> 01:03:58.602

그 유도전류를 이용해서 이  
소리 신호가, 소리의 떨림이

01:03:58.702 --> 01:04:03.140

어떤 떨림을 갖고 있었구나, 라는  
걸 판단할 수 있게 해주는 거죠.

01:04:03.240 --> 01:04:09.062

그래서 이 마이크도 바로 전자기  
유도 현상을 이용하고 있다는 거

01:04:09.162 --> 01:04:12.366

여러분이 꼭 기억을  
해두셔야 될 것 같고요.

01:04:12.466 --> 01:04:13.553

또 있어요.

01:04:13.653 --> 01:04:14.903

엄청나게 많아요.

01:04:15.003 --> 01:04:17.771

좀 기억해야 될 거 또  
하나 말씀을 드리면,

01:04:17.871 --> 01:04:21.107

바로 하드디스크입니다.

01:04:21.207 --> 01:04:25.313

하드디스크를 앞에서도 말씀드렸어요.

01:04:25.431 --> 01:04:27.087

어떤 원리를 이용해서?

01:04:27.187 --> 01:04:28.813

전자석을 이용해서.

01:04:28.913 --> 01:04:33.287

그때는 정보의 저장을  
이용하는 거였고요.

01:04:33.387 --> 01:04:43.392

전자기 유도가 이용되는 하드디스크는  
바로 정보의 출력입니다.

01:04:43.492 --> 01:04:51.453

앞서서 말씀을 드렸듯이 하드디스크 안에는  
뱅크뱅크 돌아가는 플래터가 있고요.

01:04:51.553 --> 01:04:54.224

이 플래터 안에는 바로  
뭐가 들어있다고 그랬어요?

01:04:54.324 --> 01:04:59.473

철가루. 아주 작은  
자석들이 이런 식으로

01:04:59.573 --> 01:05:04.514

무작위로 배열되어있다고  
말씀을 드렸습니다.

01:05:04.614 --> 01:05:11.566

이 무작위로 배열되어있는  
N극, S극의 자석을

01:05:11.706 --> 01:05:16.841

헤드, 전자석을 이용해서 애를 N으로  
세우냐 S로 세우냐를 이용해서

01:05:16.941 --> 01:05:21.714

디지털정보라고 부르는 0 또는  
1을 구분 짓는다고 그랬죠.

01:05:21.814 --> 01:05:26.248

그래서 그 상태로 이 헤드에는  
정보가 저장되어있습니다.

01:05:26.348 --> 01:05:29.115

그 저장되어 정보를 읽어야 되죠?

01:05:29.215 --> 01:05:30.793

이게 N으로 세워져 있는지.

01:05:30.893 --> 01:05:33.736

즉 1로 입력되어있는지  
S로 세워져 있는지.

01:05:33.836 --> 01:05:36.729

0으로 입력되어있는지를  
읽어내야 되잖아요.

01:05:36.829 --> 01:05:40.085

그 읽는 장치도 바로  
뭐냐, 헤드입니다.

01:05:40.185 --> 01:05:41.803

왔다 갔다 하는 헤드.

01:05:41.903 --> 01:05:45.771

이 헤드의 꼬트머리는 뭐라고 그랬어요?  
코일이라고 그랬어요.

01:05:45.871 --> 01:05:52.868

그래서 플래터에 이렇게 N극,  
S극이 세워져 있으면



01:05:52.968 --> 01:05:56.554  
헤드가 코일로 다가갑니다.

01:05:56.654 --> 01:05:58.088  
그러면 어떻게 됩니까?

01:05:58.188 --> 01:06:01.272  
N극에 코일이 다가가게  
되면 여기에 뭐가 흘러요?

01:06:01.372 --> 01:06:02.541  
유도전류가 흐르죠.

01:06:02.641 --> 01:06:08.289  
그 유도전류의 방향을 보고 N으로 세워져  
있구나, 라는 걸 알 수 있고요.

01:06:08.389 --> 01:06:10.113  
이번에는 S에 다가갑니다.

01:06:10.213 --> 01:06:12.151  
S에 다가가게 되면 어떻게 됩니까?

01:06:12.251 --> 01:06:15.971  
흐르는 유도전류가 N극에  
다가갈 때 흐르는 유도전류랑

01:06:16.071 --> 01:06:19.191  
S극에 다가갈 때 흐르는  
유도전류가 또 반대예요.

01:06:19.291 --> 01:06:24.495  
그래서 그걸 이용해서 N으로  
입력되어있는지 S로 입력되어있는지

01:06:24.595 --> 01:06:28.239  
0으로 입력되어있는지  
1로 입력되어있는지를

01:06:28.339 --> 01:06:32.698  
우리가 알 수 있게 되는 거죠.

01:06:32.798 --> 01:06:36.675  
이런 원리도 이용할 수 있고요.

01:06:36.775 --> 01:06:40.220  
또 하나 우리가 기억해야  
될 건 뭐가 있느냐,

01:06:40.320 --> 01:06:43.506  
일명 자기 브레이크입니다.

01:06:48.860 --> 01:06:54.586  
대표적인 자기 브레이크를 이용한  
놀이기가 뭐가 있냐면

01:06:54.686 --> 01:07:02.296  
바로 롤리코스터 또는 자이로드롭.

01:07:02.396 --> 01:07:04.157  
뚝 떨어지는 놀이기구 있잖아요?

01:07:04.257 --> 01:07:06.322

그런 게 바로 이걸  
이용하고 있습니다.

01:07:09.713 --> 01:07:13.163

자기 브레이크 현상을 보여드리면  
여기 구리관이 있어요.

01:07:13.263 --> 01:07:17.705

구리관에 자석을 집어넣을 겁니다.

01:07:17.805 --> 01:07:22.184

구리관에 자석이 아닌  
일반적인 이런 분필,

01:07:22.284 --> 01:07:26.754

물질 같은 걸 집어넣으면 어떻게  
되느냐, 이것도 봐볼게요.

01:07:26.886 --> 01:07:28.950

이거 지금 보이죠?

01:07:30.724 --> 01:07:40.278

애를 여기다 집어넣으면  
그냥 딱 떨어집니다.

01:07:40.378 --> 01:07:46.677

그런데 여기다 내가 네오디뮴 자석이라는  
강력한 자석을 넣어주잖아요?

01:07:46.777 --> 01:07:52.979

그러면 어떻게 되느냐,  
천천히 떨어집니다.

01:07:53.079 --> 01:08:02.664

애를 집어 넣어주면 천천히  
떨어진다는 걸 확인할 수 있죠.

01:08:02.764 --> 01:08:04.939

이런 현상을 자기  
브레이크라고 불러요.

01:08:05.039 --> 01:08:06.307

원리가 뭘까요?

01:08:06.407 --> 01:08:09.036

이 구리관이 일종의 코일입니다.

01:08:09.136 --> 01:08:12.906

정말 열심히 촘촘히  
감아놓은 코일인 거죠.

01:08:13.006 --> 01:08:14.097

그러면 어떻게 갑니까?

01:08:14.197 --> 01:08:19.466

자석이 들어올 때는 들어오지 못하게  
나갈 때는 나가지 못하게.

01:08:19.566 --> 01:08:22.534

들어올 때는 들어오지  
못하게 하니까 막고요.

01:08:22.634 --> 01:08:26.201  
나갈 때는 나가지 못하게  
하니까 잡아당깁니다.

01:08:26.301 --> 01:08:32.629  
결과적으로 들어올 때 들어오지  
못하게, 나갈 때 나가지 못하게.

01:08:32.729 --> 01:08:35.824  
그러니까 계속 어느 방향으로  
힘을 줄 수밖에 없어요?

01:08:35.924 --> 01:08:38.334  
위쪽 방향으로 힘을  
주게 되어있습니다.

01:08:38.434 --> 01:08:43.188  
위쪽 방향으로 힘을 주니까  
애가 어떻게 떨어집니까?

01:08:45.004 --> 01:08:47.545  
천천히 떨어질 수밖에 없습니다.

01:08:47.645 --> 01:08:50.437  
그러면 내가 애를 빠르게  
집어넣는다고 생각해볼게요.

01:08:50.537 --> 01:09:05.298  
애를 빠르게 집어넣으면  
어떻게 돼요?

01:09:05.398 --> 01:09:08.245  
유도전류가 크게 형성되겠죠?

01:09:08.345 --> 01:09:11.239  
그래서 속도를 확 늦춰줍니다.

01:09:11.385 --> 01:09:16.259  
그래서 실제로 자이로드롭같이  
빠른 속도로 떨어지던 애가

01:09:16.359 --> 01:09:22.673  
하단부에서 속도를 급격하게 줄이기  
위해서 이 원리를 이용하고 있어요.

01:09:22.773 --> 01:09:26.887  
만약에 그냥 일반적인 마찰에  
의한 브레이크를 사용하잖아요?

01:09:26.987 --> 01:09:30.939  
그러면 어떻게 되느냐, 마찰에  
의한 브레이크는 열이 발생합니다.

01:09:31.039 --> 01:09:35.691  
그 열에 의해서 브레이크 장치가  
타서 망가져 버릴 수도 있어요.

01:09:35.791 --> 01:09:37.831

그러면 큰 위험이  
발생할 수도 있죠.

01:09:37.931 --> 01:09:42.884  
그걸 막기 위해서 마찰이 발생하지 않는  
자기 브레이크를 이용하고 있습니다.

01:09:42.984 --> 01:09:44.274  
롤러코스터도 마찬가지로요.

01:09:44.374 --> 01:09:50.167  
빠른 속도로 움직이던 롤러코스터가  
정거장에 도착하기 위해서

01:09:50.267 --> 01:09:55.045  
들어올 때 진입부에서 아주  
스무스하게 속도를 혹 늦춥니다.

01:09:55.145 --> 01:10:00.884  
속도가 혹 늦춰지는 원리가 바로 자기  
브레이크를 이용하고 있다는 겁니다.

01:10:00.984 --> 01:10:02.930  
방금 전에 보여드렸던 코일.

01:10:03.030 --> 01:10:07.262  
그리고 자석의 관계를 이용해서,

01:10:07.362 --> 01:10:11.458  
반대 방향으로 발생시키는 힘을 이용해서  
바로 이 역할을 하고 있는 거죠.

01:10:11.558 --> 01:10:18.081  
그런데 이 구리관에서 발생하는  
자기 브레이크의 역할을

01:10:18.181 --> 01:10:19.692  
이렇게도 설명할 수 있어요.

01:10:19.792 --> 01:10:22.599  
바로 어떤 방법으로도  
설명할 수 있느냐,

01:10:22.699 --> 01:10:30.465  
방금 전에 보여드렸던 힘의  
관계로도 설명을 할 수 있지만

01:10:30.565 --> 01:10:35.721  
에너지 보존 법칙으로도  
설명할 수가 있습니다.

01:10:37.279 --> 01:10:42.433  
이건 무슨 말이나,  
일반적인 물체들은 어때요?

01:10:42.533 --> 01:10:45.229  
우리 앞에서 역학적 에너지  
보존 법칙 배웠죠?

01:10:45.329 --> 01:10:49.937  
일반적인 물체는 떨어지면서

높이가 감소하는 만큼

01:10:50.037 --> 01:10:54.312  
퍼텐셜 에너지가 감소하는 만큼  
운동 에너지가 증가하고 있습니다.

01:10:54.412 --> 01:10:58.790  
그런데 내가 구리관에다  
자석을 집어넣게 되면

01:10:58.890 --> 01:11:05.328  
퍼텐셜 에너지가 감소하는 만큼  
운동에너지가 증가하지 못해요.

01:11:05.428 --> 01:11:08.465  
높이가 감소하는 만큼 속도가  
그만큼 빨라지질 못해요.

01:11:08.565 --> 01:11:10.455  
운동에너지가 증가하질 못해요.

01:11:10.555 --> 01:11:12.223  
그 말은 뭘 의미할까요?

01:11:12.323 --> 01:11:14.856  
역학적 에너지가 줄어든다는 소리야.

01:11:14.956 --> 01:11:18.735  
퍼텐셜 에너지가 감소하는 만큼  
운동에너지가 증가하지 못하고

01:11:18.835 --> 01:11:20.903  
다른 에너지로 발생한다는 소리죠.

01:11:21.003 --> 01:11:24.270  
그 다른 에너지가  
무슨 에너지일까요?

01:11:24.370 --> 01:11:25.690  
전기 에너지입니다.

01:11:25.790 --> 01:11:32.099  
결국 전기 에너지가 만들어짐으로써  
결과적으로 퍼텐셜 에너지의 감소량이

01:11:32.199 --> 01:11:37.599  
운동에너지의 증가량으로 나타나지 못하는구나,  
라는 것도 설명할 수 있습니다.

01:11:37.699 --> 01:11:39.991  
그래서 여러분 학교  
선생님에 따라서는

01:11:40.091 --> 01:11:43.983  
이 부분을 굉장히 중요하게  
강조하실 수도 있어요.

01:11:44.083 --> 01:11:51.198  
그렇다면 여러분은 그 부분에 대한 내용도  
꼼꼼하게 기억을 해두셔야 되겠죠.

01:11:51.298 --> 01:11:55.485  
퍼텐셜 에너지가 감소하는 만큼  
운동에너지가 증가해야 정상인데

01:11:55.585 --> 01:11:59.680  
전기에너지의 생산에 의해서  
퍼텐셜 에너지가 감소하는 만큼

01:11:59.780 --> 01:12:01.249  
운동에너지가 증가하지 못하는구나.

01:12:01.349 --> 01:12:04.652  
속력이 그만큼 빨라지지  
못하는구나, 라는 관점도

01:12:04.752 --> 01:12:07.260  
여러분이 판단해두셔야  
될 것 같고요.

01:12:07.360 --> 01:12:09.328  
이런 거 말고도 굉장히 많아요.

01:12:09.428 --> 01:12:11.597  
금속탐지기.

01:12:14.707 --> 01:12:18.837  
이것도 바로 전자기 유도  
현상을 이용하고 있어요.

01:12:18.937 --> 01:12:23.556  
금속은 일종의 코일의  
형태라고 볼 수 있고요.

01:12:23.656 --> 01:12:27.944  
그 코일의 형태에 의해서 바로  
유도전류가 발생할 수 있습니다.

01:12:28.044 --> 01:12:34.878  
그 유도전류가 발생하면 그 유도전류가  
또다시 자기장을 형성하는 거죠?

01:12:34.978 --> 01:12:41.539  
그 자기장을 감지해서 결과적으로 여기에  
금속이 있구나, 없구나, 라는 것도

01:12:41.639 --> 01:12:43.785  
우리가 판단할 수 있게 되는 거죠.

01:12:43.885 --> 01:12:47.116  
그래서 금속탐지기도  
그 원리가 되고요.

01:12:47.216 --> 01:12:49.189  
비파괴검사도 있어요.

01:12:49.289 --> 01:12:53.676  
건물이 있으면 건물 내부에  
철골이 금속이죠, 역시나?

01:12:53.776 --> 01:12:57.730  
철골이 어떤 구조로 구성되어있느냐를

01:12:57.830 --> 01:13:01.069

건물을 부셔보지 않고도  
판단할 수 있다는 겁니다.

01:13:01.169 --> 01:13:05.725

그래서 그 철골이, 철근이 어디가  
끊어져있냐, 안 끊어져있냐.

01:13:05.825 --> 01:13:09.359

이런 것까지도 판단할  
수 있는 원리도

01:13:09.459 --> 01:13:13.982

바로 전자기 유도 현상을  
이용하고 있다고

01:13:14.082 --> 01:13:16.645

여러분이 기억을 해두시면  
될 것 같아요.

01:13:16.745 --> 01:13:20.857

이렇게 해서 개념적인  
내용은 모두 마쳤고요.

01:13:20.957 --> 01:13:24.065

그러면 이제 칠판 정리하고  
지금까지 배운 내용이

01:13:24.165 --> 01:13:29.735

수능 유형에서는 어떻게 출제되고  
있는지를 확인해 나가보도록 하겠습니다.

01:13:29.835 --> 01:13:33.836

그러면 지금까지 배워온  
내용이 학교 시험에서도

01:13:33.936 --> 01:13:36.776

수능 유형의 문제를 좀  
응용해서 출제할 수 있으니까

01:13:36.876 --> 01:13:39.663

여러분이 꼼꼼하게 판단해보실  
필요가 있을 것 같아요.

01:13:39.763 --> 01:13:42.091

문제를 봤더니 지금 어떤 상황이나,

01:13:42.191 --> 01:13:46.314

이렇게 지금 전선을  
동그랗게 말아놓은 상태에서

01:13:46.414 --> 01:13:50.416

양쪽을 일정한 속력으로 당긴답니다.

01:13:50.516 --> 01:13:54.354

그래서 반지름을  
일정하게 감소시킨대요.

01:13:54.454 --> 01:13:55.898

그러면 애가 어떻게 된다는 소리야?

01:13:55.998 --> 01:14:13.861  
이렇게 잡아당겨 주게 되면 애 반지름이  
일정하게 이렇게 감소하게 되겠죠.

01:14:13.961 --> 01:14:18.288  
원형도선의 반지름이 감소하는  
게 중요한 게 아니라

01:14:18.388 --> 01:14:23.685  
원형도선의 반지름이 감소함에  
따라서 원형도선에 포함되는.

01:14:23.785 --> 01:14:29.462  
원형도선 속에 들어가는 자기력선의  
수가 점점 어떻게 됩니까?

01:14:29.562 --> 01:14:31.144  
줄어들게 된다는 거죠.

01:14:31.244 --> 01:14:34.399  
그렇다면 원형도선 코일 속에.

01:14:34.499 --> 01:14:36.395  
원형도선을 일중에 코일이라고  
볼 수 있으니까.

01:14:36.495 --> 01:14:40.452  
코일 속에 자기력선의  
수가 줄어드는구나.

01:14:40.552 --> 01:14:41.608  
그러면 어떻게 됩니까?

01:14:41.708 --> 01:14:47.382  
코일이 있으면 코일 속에 들어가는 방향의  
자기력선의 수가 줄어드는 상황이죠?

01:14:47.482 --> 01:14:54.285  
들어가는 방향의 자기장이 줄어드니까

01:14:54.385 --> 01:14:56.582  
들어가는 방향의 자기력선의  
수가 줄지 못하게

01:14:56.682 --> 01:14:59.459  
들어가는 방향으로 자기장을  
만들어내야 되고요.

01:14:59.559 --> 01:15:04.486  
들어가는 방향으로 자기장을 만들어내려면  
전류는 이렇게 흘러야 됩니다.

01:15:04.586 --> 01:15:13.819  
결국 시계 방향, **b** 방향으로 유도전류가  
흐르게 되겠구나, 라는 걸 알 수 있고요.

01:15:13.919 --> 01:15:17.454  
또 뭘 찾아내래요?  
유도기전력의 크기.



01:15:17.554 --> 01:15:20.365  
유도기전력의 뭐라고 그랬어? 전압.

01:15:20.465 --> 01:15:23.180  
전압이 뭘 만들어내?  
유도전류를 만들어내죠.

01:15:23.280 --> 01:15:30.360  
결국 유도기전력의 크기를  
물었다는 건 유도전류의 크기가

01:15:30.460 --> 01:15:33.015  
증가하니 감소하니  
일정하냐를 물은 거야.

01:15:33.115 --> 01:15:34.814  
우리 기억할 수 있죠?

01:15:34.914 --> 01:15:37.740  
유도전류의 크기는  
뭐에 관계한다고요?

01:15:37.840 --> 01:15:42.792  
시간 동안에 자기력선의 수  
변화량에 관계한다 그랬습니다.

01:15:42.892 --> 01:15:49.064  
지금 여기서 여기로 줄게  
되면 얼마만큼이 변합니까?

01:15:49.164 --> 01:15:54.021  
이만큼의 자기력선의  
수가 변하게 됩니다.

01:15:54.121 --> 01:16:01.133  
그랬다가 흰색 반지름에서 이  
주황색 반지름으로 변하게 되면

01:16:01.233 --> 01:16:04.142  
다시 변화량이 얼마만큼 됩니까?

01:16:04.242 --> 01:16:05.631  
이만큼이 됩니다.

01:16:05.731 --> 01:16:06.488  
보이지죠?

01:16:06.588 --> 01:16:08.079  
변화량이 어떻게 됐어요?

01:16:08.179 --> 01:16:09.165  
줄어듭니다.

01:16:09.265 --> 01:16:15.540  
다시 여기서 여기로 줄면  
이만큼의 변화량이 발생합니다.

01:16:15.640 --> 01:16:22.230  
결국 시간 동안에 변화량 값이 점점 어떻게  
되고 있다는 걸 확인할 수 있어요?

01:16:22.330 --> 01:16:25.974

줄어드는구나, 감소하는구나,  
라는 걸 알 수 있고요.

01:16:26.074 --> 01:16:30.458

결국 유도전류의 크기도 감소하겠구나,  
라는 걸 알 수 있죠.

01:16:30.558 --> 01:16:34.610

유도전류가 감소한다는 건  
전압이 감소한다는 거고

01:16:34.710 --> 01:16:38.681

유도되는 전압을 우리는  
유도기전력이라고 부르니까

01:16:38.781 --> 01:16:43.264

결국 유도기전력의 크기가  
감소한다고 표현할 수 있어서

01:16:43.364 --> 01:16:48.710

정답은 2번이 되겠구나, 라는  
걸 우리가 알 수 있게 돼요.

01:16:48.810 --> 01:16:53.237

이렇게 해서 1번  
문제를 해결해봤고요.

01:16:54.294 --> 01:16:56.549

그러면 이제 2번 문제를  
보도록 하겠습니다.

01:16:56.649 --> 01:17:03.245

2번 문제는 우리가 앞서 배웠던 자성체의  
종류와 연결되어있는 문제입니다.

01:17:03.345 --> 01:17:08.250

지금 코일에 막대를 넣어놨어요.

01:17:08.350 --> 01:17:14.573

그리고 나서 애를 빼고 집어넣었더니  
여기에 유도전류가 흐른대.

01:17:14.673 --> 01:17:18.186

그러면 애가 결국 뭐가  
되어있다는 소리야?

01:17:18.286 --> 01:17:23.876

자석이 되어있는 아이구나, 라는  
걸 확인할 수가 있습니다.

01:17:23.976 --> 01:17:25.784

그러면 결국 우리는 뭐야?

01:17:25.884 --> 01:17:30.488

이 코일이 형성하고  
있던 자기장에 의해서

01:17:30.588 --> 01:17:34.663

이 막대가 자기장을 형성하게 됐는데

01:17:34.763 --> 01:17:40.880

그 막대를 코일에서 빼냈는데도  
애가 여전히 자석.

01:17:40.980 --> 01:17:45.131

자기장을 띠고 있다는 건  
애는 바로 뭐라는 소리야?

01:17:45.231 --> 01:17:49.781

강자성체구나, 라는  
걸 알 수 있죠.

01:17:49.881 --> 01:17:57.828

만약에 상자성체랑 반자성체라면 자기장이  
형성되고 있는 공간에서 빼내게 되면

01:17:57.928 --> 01:17:59.788

애는 어떻게 되어버리니까?

01:17:59.888 --> 01:18:01.650

자성을 잃어버려요.

01:18:01.750 --> 01:18:05.884

자성을 잃어버리니까 결국  
자기장이 사라져버리는 거죠.

01:18:05.984 --> 01:18:07.556

아무것도 아닌 애가 되는 거죠.

01:18:07.656 --> 01:18:11.862

그러니까 애를 집어넣어도 유도전류가  
흘렀을 리가 없습니다.

01:18:11.962 --> 01:18:14.857

빼낸 상태에서도 그대로  
자기장을 형성하니까

01:18:14.957 --> 01:18:18.929

애가 이 코일에 유도전류를  
형성할 수 있었던 거죠.

01:18:19.029 --> 01:18:23.320

결국 애는 강자성체이기  
때문에 가능하다, 라는 걸

01:18:23.420 --> 01:18:24.589

우리가 확인할 수 있어요.

01:18:24.689 --> 01:18:25.788

그러면 이제 보겠습니다.

01:18:25.888 --> 01:18:32.773

여기서 이 코일에 흐르는 유도전류의  
방향이 이 방향이래요.

01:18:32.873 --> 01:18:35.799

유도전류의 방향이 이 방향이라는 건

01:18:35.899 --> 01:18:42.381

이 코일이 지금 어느 방향으로  
자기장을 형성하고 있다는 소리야?

01:18:42.481 --> 01:18:51.565

전류가 이쪽 방향이면 이렇게 자기장을 형성하고 있구나, 라는 걸 알 수 있고요.

01:18:51.665 --> 01:18:57.986

결국 애가 위 방향의 자기장을 형성하고 있구나, 라는 걸 알 수 있어요.

01:18:58.086 --> 01:19:06.228

결국 자석이 다가오는데 애가 그거에 반대해서 위 방향의 자기장을 만들어낸다는 건

01:19:06.328 --> 01:19:10.034

애가 어느 방향의 자기장을 만들어낸다는 소리죠?

01:19:10.134 --> 01:19:13.601

아래 방향의 자기장을 만들어내고 있었다는 소리입니다.

01:19:13.701 --> 01:19:16.284

결과적으로 이런 상황이죠?

01:19:16.384 --> 01:19:19.478

애를 이렇게 집어넣는 상황입니다.

01:19:19.578 --> 01:19:24.925

이렇게 집어넣으면 애가 아래 방향의 자기장을 형성하고 있으니까

01:19:25.025 --> 01:19:27.121

아래 방향의 자기장이 증가하죠?

01:19:27.221 --> 01:19:31.640

아래 방향의 자기장이 증가하니까 아래 방향의 자기장이 증가하지 못하게

01:19:31.740 --> 01:19:37.217

위 방향의 자기장을 형성하기 위해서 유도전류가 이렇게 흘렀구나, 라는 걸

01:19:37.317 --> 01:19:39.144

우리가 찾아낼 수 있는 상황이죠.

01:19:39.244 --> 01:19:45.313

결국 이 막대는 아래 방향으로 자기장을 만들어내는 아이니까

01:19:45.413 --> 01:19:48.897

결국 아래쪽이 무슨 극인 거야? N극이고

01:19:48.997 --> 01:19:51.831

위쪽이 무슨 극인 거야? S극이죠.

01:19:51.931 --> 01:20:00.237

결국 P쪽이 S극이고 그 반대편이 N극이 형성되어있는 아이였구나, 라는 소리고요.

01:20:00.337 --> 01:20:04.215

결과적으로 이 막대가  
솔레노이드 코일 안에서

01:20:04.315 --> 01:20:07.850  
이렇게 자기장이 형성되기 위해서는

01:20:07.950 --> 01:20:12.637  
결국 이쪽에 이 코일이 형성하는 자기장이  
어느 방향이어야 가능한 거예요?

01:20:12.737 --> 01:20:18.184  
코일에 형성하는 자기장이 이  
방향이여야 가능한 거죠.

01:20:18.284 --> 01:20:21.293  
그래야 N극 쪽에서  
자기장이 뿔어져 나오고

01:20:21.393 --> 01:20:25.504  
S극 쪽에서 자기장이 모여  
들어가는 모습으로 형성 되겠죠.

01:20:25.604 --> 01:20:35.831  
그러면 솔레노이드에서 오른쪽  
방향으로 자기장을 형성하려면

01:20:35.931 --> 01:20:37.736  
전류가 어떻게 흘러야 돼요?

01:20:37.836 --> 01:20:40.381  
이렇게 흘러야 됩니다.

01:20:40.481 --> 01:20:42.347  
이쪽 방향으로 자기장을 형성하려면

01:20:42.447 --> 01:20:47.852  
전류가 이렇게 흘러가야 되겠구나,  
라는 걸 알 수 있고요.

01:20:47.952 --> 01:20:50.430  
결국 전류가 어떻게  
흐르고 있다는 소리야?

01:20:50.530 --> 01:20:56.088  
이렇게 흐르고 있다는 소리입니다.

01:20:56.188 --> 01:20:59.604  
결국 이쪽에서 전류가 흘러나오고  
이쪽에서 전류가 흘러 들어가니까

01:20:59.704 --> 01:21:01.646  
a가 무슨 극이 돼요?

01:21:01.746 --> 01:21:03.453  
건전지의 플러스 극이 되고

01:21:03.553 --> 01:21:07.320  
b가 건전지의 마이너스 극이  
되는구나, 라는 것까지도

01:21:07.420 --> 01:21:10.056

우리가 알 수 있게 됩니다.

01:21:10.156 --> 01:21:12.383

이렇게 해서  $\gamma$ 부터  
보도록 하겠습니다.

01:21:12.483 --> 01:21:16.699

$\gamma$ , 막대는 강자성체이기  
때문에 가능한 일이고요.

01:21:16.799 --> 01:21:20.402

$\gamma$ , (나)의 막대 P쪽이  
N극이다, 아니죠?

01:21:20.502 --> 01:21:22.686

P쪽은 S극이고요.

01:21:22.786 --> 01:21:28.021

$\gamma$ , (가)에서 전원장치의  
a는 플러스 극입니다.

01:21:28.121 --> 01:21:31.863

그래서 정답은  $\gamma$ 이 정답이 되죠.

01:21:31.963 --> 01:21:34.044

이렇게 단계를 밟으면서 여러분이

01:21:34.144 --> 01:21:43.600

차근차근 해결해나가셨다면 충분히 문제를  
해결했으리라고 생각을 합니다.

01:21:44.564 --> 01:21:46.515

그러면 이제 3번  
보도록 하겠습니다.

01:21:46.615 --> 01:21:48.544

3번은 지금 어떤 상황이죠?

01:21:48.644 --> 01:21:54.441

여기 지금 이렇게 코일이 있는  
상황에서 자석이 미끄러져서

01:21:54.541 --> 01:22:01.345

여기를 쭉 들어갔다가 이쪽으로 이렇게  
빠져나오는 상황으로 보여지고 있고요.

01:22:01.445 --> 01:22:05.311

봤더니 N극이 오른쪽에  
위치하고 있습니다.

01:22:05.411 --> 01:22:08.720

N극에서는 자기장이 어떻게 돼요?  
뿔어져 나오고

01:22:08.820 --> 01:22:11.319

S극에서는 모여 들어가는 방향이니까

01:22:11.419 --> 01:22:14.630

결국 N극에 의해서 자기장은  
어느 방향이 됩니까?

01:22:14.730 --> 01:22:19.646

이런 방향이 됩니다.

01:22:19.746 --> 01:22:25.964

결국 이 코일 속에 오른쪽 방향으로 자기장이 형성되어지고 있는 상황인 거죠.

01:22:26.064 --> 01:22:28.496

그러면 이런 상황이 되는 거죠?

01:22:28.596 --> 01:22:29.633

코일이 있고요.

01:22:29.733 --> 01:22:35.087

N극 자석이 이렇게 들어왔다가 이렇게 빠져나가는 상황입니다.

01:22:35.187 --> 01:22:40.480

N극으로 들어왔다가 S극이 빠져나가는 상황이다, 라는 걸

01:22:40.580 --> 01:22:43.777

우리가 볼 수 있게 되는 거죠.

01:22:43.877 --> 01:22:45.067

그러면 이제 보겠습니다.

01:22:45.167 --> 01:22:46.959

N극 자석이 밀려들어 옵니다.

01:22:47.059 --> 01:22:49.058

N극에서는 어떤 방향의 자기장?

01:22:49.158 --> 01:22:51.450

이 그림 상황에서는 오른쪽 방향의 자기장.

01:22:51.550 --> 01:22:56.011

오른쪽 방향의 자기장이 증가하니까 오른쪽 방향의 자기장이 증가하지 못하게

01:22:56.111 --> 01:22:58.865

왼쪽 방향으로 자기장을 만들어내야 되고요.

01:22:58.965 --> 01:23:01.242

왼쪽 방향으로 자기장을 만들어내려면

01:23:01.342 --> 01:23:02.938

전류가 어느 방향으로 흘러야 돼요?

01:23:03.038 --> 01:23:09.622

이렇게 전류가 흘러야 되죠.

01:23:09.722 --> 01:23:18.190

결국 이렇게 전류가 흘러서 이렇게 전류가 흐르게 되는 거죠.

01:23:18.290 --> 01:23:21.700

p점을 지나올 때라는 것을 뜻합니다.

01:23:21.800 --> 01:23:25.564  
이번에는 애가 S극으로 빠져나가죠.

01:23:25.664 --> 01:23:27.314  
S극으로 빠져나갑니다.

01:23:27.414 --> 01:23:29.711  
그러면 오른쪽 방향의  
자기장이 어떻게 됩니까?

01:23:29.811 --> 01:23:32.419  
오른쪽 방향의 자기장이 약해지죠?

01:23:32.519 --> 01:23:38.845  
오른쪽 방향의 자기장이 약해지니까 오른쪽  
방향의 자기장이 약해지지 못하게

01:23:38.945 --> 01:23:42.716  
오른쪽 방향의 자기장을  
만들어내야 되고요.

01:23:42.873 --> 01:23:45.381  
오른쪽 방향의 자기장을 만들어내려면

01:23:45.481 --> 01:23:49.317  
결국 유도전류가 어느  
방향으로 흘러야 돼요?

01:23:49.446 --> 01:23:55.084  
흐르는 이 유도전류의 반대 방향으로

01:23:55.184 --> 01:24:00.651  
유도전류가 흘러야 되는구나,  
라는 걸 알 수 있습니다.

01:24:02.497 --> 01:24:06.013  
그래서 들어올 때 흐르는  
유도전류의 방향과

01:24:06.113 --> 01:24:08.809  
나갈 때 흐르는 유도전류의 방향이

01:24:08.909 --> 01:24:14.188  
지금 반대 방향이 되는구나, 라는 것도  
여러분이 찾아낼 수 있을 것 같아요.

01:24:14.288 --> 01:24:16.229  
여기서 또 하나 여러분이  
기억해야 될 거.

01:24:16.329 --> 01:24:20.961  
코일은 들어올 땐 못  
들어오게 힘을 발생시키고요.

01:24:21.061 --> 01:24:23.927  
나갈 땐 못 나가게  
힘을 발생시키죠.

01:24:24.027 --> 01:24:28.956  
그래서 앞서 보여드렸던



구리관에 자석을 떨어뜨릴 때

01:24:29.056 --> 01:24:32.816

천천히 떨어졌던 이유가  
바로 거기에 있었죠.

01:24:32.916 --> 01:24:38.743

결국 들어올 땐 못 들어오게 하고  
나갈 땐 못 나가게 하니까 힘.

01:24:38.843 --> 01:24:41.405

힘은 어느 방향으로 발생시켰겠어요?

01:24:41.505 --> 01:24:51.374

들어올 땐 못 들어오게,  
나가려고 하면 못 나가게.

01:24:51.474 --> 01:24:53.463

다 어느 방향으로 힘을  
주게 되어있어요?

01:24:53.563 --> 01:24:56.157

왼쪽 방향으로만 힘을  
주게 되어있으니까

01:24:56.257 --> 01:25:02.135

코일을 통과하는 자석의 속도는  
당연히 어떻게 될 수밖에 없어요?

01:25:02.235 --> 01:25:03.518

느려질 수밖에 없죠.

01:25:03.618 --> 01:25:07.218

들어올 땐 못 들어오게,  
나갈 땐 못 나가게.

01:25:07.318 --> 01:25:12.708

계속 속도가 감소하면서 이동했겠구나,  
라는 것도 우리가 찾아낼 수 있겠죠.

01:25:12.808 --> 01:25:15.054

그러면 꺾부터 보도록 하겠습니다.

01:25:15.154 --> 01:25:20.427

꺾, 자석이  $p$ 를 지날 때 유도  
전류의 방향은 아까 말씀드렸듯이

01:25:20.527 --> 01:25:23.348

$a \rightarrow$ 저항 $\rightarrow b$ 방향이 맞고요.

01:25:23.448 --> 01:25:26.822

자석의 속력은 어떻게 된다고요?  
느려질 수밖에 없죠?

01:25:26.922 --> 01:25:29.564

들어올 땐 못 들어오게,  
나갈 땐 못 나가게.

01:25:29.664 --> 01:25:32.556

그래서  $q$ 에서 속도가 더 느리고요.

01:25:32.656 --> 01:25:37.246

자석이  $q$ 를 지날 때 자기장의  
방향은 어느 방향이야?

01:25:37.346 --> 01:25:42.284

오른쪽 방향의 자기장이 약해지니까 오른쪽  
방향의 자기장이 약해지지 못하게

01:25:42.384 --> 01:25:47.566

오른쪽 방향으로  
자기장을 만들어내겠죠.

01:25:47.666 --> 01:25:50.660

오른쪽 방향으로 자기장을  
만들어내기 위해서

01:25:50.760 --> 01:25:58.426

결국 이 방향의 유도전류를 흘려보내  
주게 된다고 말씀드렸습니다.

01:25:58.526 --> 01:26:05.245

그래서 ㄷ번 보기는 틀렸다는 걸  
우리가 판단할 수 있게 되죠.

01:26:05.345 --> 01:26:09.670

이렇게 해서 3번  
문제 해결해봤습니다.

01:26:14.083 --> 01:26:16.952

그러면 이제 마지막  
4번 문제 보도록 할게요.

01:26:17.052 --> 01:26:20.982

조금 어려워 보이지만 충분히 여러분이  
확인할 수 있는 문제입니다.

01:26:21.082 --> 01:26:24.402

제가 앞선 개념 강의에서도  
말씀을 드렸으니까요.

01:26:24.502 --> 01:26:32.981

보시면 이 사각 코일이 이 자기장  
영역을 쭉 통과하고 있습니다.

01:26:33.081 --> 01:26:34.091

그러면 이제 볼까요?

01:26:34.191 --> 01:26:39.685

애 사각 코일이 여기를 통과할 때는  
당연히 유도전류가 흘러요, 안 흘러요?

01:26:39.785 --> 01:26:42.537

안 흐르다가 여기를  
통과하면서 어떻게 됩니까?

01:26:42.637 --> 01:26:44.137

유도전류가 흐르게 되죠?

01:26:44.237 --> 01:26:46.868

그리고 이 안으로 쭉 들어오면  
유도전류가 안 흐르고요.

01:26:46.968 --> 01:26:50.793

다시 여기서 여기로 들어갈  
때는 어떻게 됩니까?

01:26:50.893 --> 01:26:53.345

다시 자기장의 변화가 발생하죠?

01:26:53.445 --> 01:26:56.929

자기장의 변화가 발생하니까  
다시 유도전류가 흐릅니다.

01:26:57.029 --> 01:27:00.223

그러다가 여기 안으로 쏙 들어오게  
되면 유도전류가 흘러, 안 흘러?

01:27:00.323 --> 01:27:04.531

안 흐르다가 다시 여기서  
여기로 들어올 때

01:27:04.631 --> 01:27:06.384

다시 또 자기장이 변화하죠?

01:27:06.484 --> 01:27:10.430

그러니까 유도전류가 흐르다가 여기  
안에서는 유도전류가 안 흐르다가

01:27:10.530 --> 01:27:14.680

여기서 여기 나갈 때 또  
자기장의 변화가 발생하니까

01:27:14.780 --> 01:27:19.082

또다시 유도전류가 흐르게 될 것이다,  
라는 걸 확인할 수 있고요.

01:27:19.182 --> 01:27:21.856

ㄱ부터 보도록 하겠습니다.

01:27:21.956 --> 01:27:25.350

t=0초일 때, 이걸 언제야?

01:27:25.450 --> 01:27:31.390

애의 속도가 1cm/s니까 5초가  
지나면 5초를 이동했겠죠.

01:27:31.490 --> 01:27:33.238

여기를 통과할 때입니다.

01:27:33.338 --> 01:27:37.242

여기를 통과할 때는 어때요?

01:27:37.342 --> 01:27:40.857

없다가 자기장이  
생겨가고 있는 거죠.

01:27:40.957 --> 01:27:44.330

코일 속에 자기장의  
변화가 발생하겠죠?

01:27:44.430 --> 01:27:47.010

그때 흐르는 유도전류의

방향은 어떨까요?

01:27:47.110 --> 01:27:48.411

어떻게 되는 상황입니까?

01:27:48.511 --> 01:27:52.753

이렇게 들어오게 되면 들어가는 방향의 자기장이 지금 어떻게 되는 거야?

01:27:52.853 --> 01:27:55.300

들어가는 방향의 자기장이 증가하니까

01:27:55.400 --> 01:27:57.957

들어가는 방향의 자기장이  
증가하지 못하게

01:27:58.057 --> 01:27:59.979

나오는 방향의 자기장을  
형성해야 되고

01:28:00.079 --> 01:28:01.598

나오는 방향의 자기장을 형성하려면

01:28:01.698 --> 01:28:08.084

유도전류가 이렇게 반시계방향으로  
유도전류가 흐르는구나, 라는 걸

01:28:08.184 --> 01:28:12.665

알 수 있어서 ㄱ번 보기는 틀렸다는  
걸 우리가 확인할 수 있고요.

01:28:12.765 --> 01:28:13.911

ㄴ 보겠습니다.

01:28:14.011 --> 01:28:15.541

13초일 때래요.

01:28:15.641 --> 01:28:17.059

13초일 때는 어디야?

01:28:17.159 --> 01:28:19.611

여기를 지날 때죠?

01:28:19.711 --> 01:28:23.524

코일이 이 자기장 영역에  
쫓 들어와 있습니다.

01:28:23.624 --> 01:28:26.014

이 자기장 영역 안에  
쫓 들어와 있으면

01:28:26.114 --> 01:28:28.544

코일 속에 자기장이  
변해, 안 변해?

01:28:28.644 --> 01:28:29.575

안 변하죠.

01:28:29.675 --> 01:28:34.733

그래서 2B0의 자기장이 가득 차  
있는 상태로 움직일 거 아닙니까?

01:28:34.833 --> 01:28:37.899

따라서 발생하는 유도전류는  
존재하지 않습니다.

01:28:37.999 --> 01:28:41.262

그래서 유도전류는 0이다,  
라는 표현이군요.

01:28:41.362 --> 01:28:42.847

ㄷ 보도록 하겠습니다.

01:28:42.947 --> 01:28:47.787

t=10초일 때, 이때는 언제야?

01:28:47.887 --> 01:28:51.594

여기를 지날 때고요.

01:28:51.694 --> 01:28:54.315

15초일 때는 어디를  
지날 때입니까?

01:28:54.415 --> 01:28:56.973

여기를 지날 때입니다.

01:28:57.073 --> 01:29:01.444

그때 유도전류의 세기는 누가  
크니, 라고 물었어요.

01:29:01.544 --> 01:29:03.095

어떻게 구하면 될까요?

01:29:03.195 --> 01:29:12.553

여기서 여기로 들어올 때 B0였던  
자기장이 2B0가 됩니다.

01:29:12.653 --> 01:29:16.735

그러면 변화량이 얼마예요?

01:29:16.835 --> 01:29:17.811

B0입니다.

01:29:17.911 --> 01:29:23.136

그런데 들어가는 자기장이  
2B0였던 애가

01:29:23.236 --> 01:29:25.700

나오는 자기장 B0가 됩니다.

01:29:25.800 --> 01:29:28.069

그러면 여기서  
변화량이 얼마입니까?

01:29:28.169 --> 01:29:29.190

B0인가요?

01:29:29.290 --> 01:29:30.188

아니죠.

01:29:30.288 --> 01:29:36.257

들어가는 방향의 자기장 2B0에서 나오는

방향의 자기장 B0가 되는 거잖아.

01:29:36.357 --> 01:29:37.933  
서로 반대 방향이잖아?

01:29:38.033 --> 01:29:41.511  
이거를 그래프 상황으로  
나타내면 지금 어떤 상황이야?

01:29:41.611 --> 01:29:50.793  
여기서는 2B0였다가 여기서는  
반대 방향 B0가 되는 거잖아요.

01:29:50.893 --> 01:29:53.779  
그러면 이때는 결국  
변화량이 얼마가 돼요?

01:29:53.879 --> 01:29:59.467  
여기서 여기올 때는  
변화량이 3B0가 됩니다.

01:29:59.567 --> 01:30:02.532  
결국 변화량이 어디가 더  
클 수밖에 없어요?

01:30:02.632 --> 01:30:07.309  
여기서의 변화량이 더 크겠구나, 라는  
걸 우리가 알 수 있게 되고요.

01:30:07.409 --> 01:30:09.329  
변화량이 여기서 크니까.

01:30:09.429 --> 01:30:14.508  
시간당 변화량이 여기서 더 크니까  
당연히 발생하는 유도전류의 세기도

01:30:14.608 --> 01:30:16.446  
이 구간에서가 더 크겠다.

01:30:16.546 --> 01:30:18.969  
15초일 때가 더 큰 거죠.

01:30:19.069 --> 01:30:20.637  
10초일 때가 더 작은 거죠.

01:30:20.737 --> 01:30:26.261  
그래서 ㄷ번 보기는 맞구나, 라는  
걸 우리가 찾아낼 수 있어요.

01:30:26.361 --> 01:30:31.967  
그래서 이런 유형의 문제까지도  
출제될 수 있습니다.

01:30:32.067 --> 01:30:35.458  
그래서 여러분이 이런 유형의  
문제들도 꼼꼼하게 해결하는 훈련,

01:30:35.558 --> 01:30:39.159  
연습이 필요할 거라고  
생각이 듭니다.

01:30:39.259 --> 01:30:43.032

이 전자기 유도와 관련되어있는  
문제는 굉장히 중요합니다.

01:30:43.132 --> 01:30:46.109

우리 일상생활에서도 쓰임이  
굉장히 많다 보니까

01:30:46.209 --> 01:30:49.932

여러분이 꼼꼼하게 공부하시고  
완벽하게 자기 것으로 만드셔서

01:30:50.032 --> 01:30:53.341

학교 시험, 수능 시험에서도  
충분히 대비할 수 있는

01:30:53.441 --> 01:30:55.269

여러분이 됐으면 좋겠습니다.

01:30:55.369 --> 01:30:56.574

수고하셨습니다.

01:30:56.674 --> 01:31:00.088

다음 강의에서 뵙도록 할게요.