

WEBVTT

00:00:10.938 --> 00:00:11.835

반갑습니다.

00:00:11.935 --> 00:00:14.430

물리학 1 기초개념학습

벽 샘입니다.

00:00:14.530 --> 00:00:16.403

오늘은 13번째 주제,

00:00:16.503 --> 00:00:21.185

에너지띠와 전기전도성에 대한

내용 진행해보도록 할게요.

00:00:21.285 --> 00:00:26.230

우리 지난 시간에 배웠던 내용이

전자의 에너지 준위였었죠?

00:00:26.330 --> 00:00:29.657

그 내용의 연장선에

있는데 차이점은 뭐냐,

00:00:29.757 --> 00:00:34.729

지난 시간에 배웠던 내용은

원자 하나 속에 들어있는

00:00:34.829 --> 00:00:39.780

전자들의 에너지 값들이 어떻게

되는지 그거에 의해서

00:00:39.880 --> 00:00:43.396

어떤 현상이 나타나는지에

대해서 배웠어요.

00:00:43.496 --> 00:00:45.861

결과적으로 원자들이 모여서

00:00:45.961 --> 00:00:50.036

구성되어있는 기체에

초점이 맞춰져 있었죠.

00:00:50.136 --> 00:00:53.335

그런데 오늘은 원자가 모여서 분자.

00:00:53.435 --> 00:00:56.036

분자가 모여서 물질을 구성하죠?

00:00:56.136 --> 00:01:03.489

그 원자들이 모여서 물질을

구성하고 있는 물질 중에

00:01:03.589 --> 00:01:07.820

오늘은 주로 고체에 대한

내용을 다루도록 하겠습니다.

00:01:07.920 --> 00:01:12.535

고체 속에 전자들이 어떻게

에너지 값들을 갖고 있고

00:01:12.635 --> 00:01:15.275
그 에너지 값들의 분포에 의해서

00:01:15.375 --> 00:01:18.802
어떤 현상이 일어날 수
있는지에 대해서 배우는 게

00:01:18.902 --> 00:01:20.418
오늘 배울 내용이에요.

00:01:20.518 --> 00:01:23.140
그래서 지난 시간에 배운
내용과 좀 비교해본다면

00:01:23.240 --> 00:01:30.534
지난 시간에 배운 내용은 원자 하나
또는 기체에 대한 내용이었다면

00:01:30.634 --> 00:01:34.066
오늘은 원자들이 모여서 분자를.

00:01:34.166 --> 00:01:36.707
분자들이 모여서 물질.

00:01:36.807 --> 00:01:43.905
즉 고체를 이루고 있는 상태에서는
원자 속 전자들의 에너지 값들이

00:01:44.005 --> 00:01:48.900
어떻게 되는지에 대한 내용으로
진행해 나가보도록 하겠습니다.

00:01:49.000 --> 00:01:53.530
오늘 배울 내용에서 여러분이 반드시
기억해야 될 핵심 용어들입니다.

00:01:53.630 --> 00:01:56.647
바로 에너지띠라는 게 존재하거든요.

00:01:56.747 --> 00:01:58.588
그래서 에너지띠란 뭘까.

00:01:58.688 --> 00:02:04.374
그 에너지띠 중에는 원자가띠 그리고
전도띠라는 용어도 등장합니다.

00:02:04.474 --> 00:02:09.404
그 각각의 용어들이 어떠한 물리적
의미를 부여받고 있는지를

00:02:09.504 --> 00:02:11.345
설명해드리도록 하겠고요.

00:02:11.445 --> 00:02:17.202
이 에너지띠 관점에서 도체,
부도체 또는 절연체라고 부르죠?

00:02:17.302 --> 00:02:22.389
그리고 반도체가 어떠한 물리적
특성을 가질 수 있느냐.

00:02:22.489 --> 00:02:24.854
그들이 갖고 있는 물리적 특성이

00:02:24.954 --> 00:02:28.656
에너지띠로는 어떻게
설명되어지느냐에 대해서

00:02:28.756 --> 00:02:30.200
말씀을 드리도록 하겠습니다.

00:02:30.300 --> 00:02:35.607
그리고 마지막으로 이 도체,
절연체, 반도체가 가지는

00:02:35.707 --> 00:02:42.067
전기전도성이라는 용어에 대해서도
확인을 해나가 보도록 할게요.

00:02:42.167 --> 00:02:44.825
그러면 이제 본격적으로 시작을
해보도록 하겠습니다.

00:02:44.925 --> 00:02:48.364
우리 지난 시간에 어떤
내용에 대해서 배웠냐면,

00:02:48.464 --> 00:02:55.247
원자가 존재하면 원자 안에는
원자핵이 존재하고요.

00:02:55.347 --> 00:03:02.756
그 원자핵 주변에 전자들이 이렇게
존재할 수 있다 그랬습니다.

00:03:02.856 --> 00:03:07.506
그런데 이 원자핵 주변에
존재하는 전자들이

00:03:07.606 --> 00:03:10.524
존재할 수 있는 위치가
정해져 있다고 그랬죠?

00:03:10.624 --> 00:03:14.282
전자들이 존재할 수 있는
위치의 정해짐으로써

00:03:14.382 --> 00:03:16.377
뭐든 정해진다고 그랬어요?

00:03:16.477 --> 00:03:22.152
전자들의 에너지 준위도
정해진다고 말씀을 드렸습니다.

00:03:22.252 --> 00:03:25.742
그래서 그 원자 속
전자들의 에너지 준위.

00:03:25.842 --> 00:03:31.678
에너지 값들을 이런
식으로 표현을 했었죠.

00:03:31.778 --> 00:03:35.235

그래서 위쪽으로 올라갈수록
에너지 값이 어떻게?

00:03:35.335 --> 00:03:37.596

크다고 표현을 했었죠.

00:03:37.696 --> 00:03:39.744

이게 원자 하나였습니다.

00:03:39.844 --> 00:03:44.448

이 원자 하나 속에 전자들의
에너지 준위 값이,

00:03:44.548 --> 00:03:49.842

에너지 준위가 이처럼
불연속적으로 존재하게 되고

00:03:49.942 --> 00:03:54.978

특히나 원자 속 전자들이
가질 수 있는 에너지가

00:03:55.078 --> 00:03:57.961

이렇게 띄엄띄엄하게 존재한다.

00:03:58.061 --> 00:04:02.660

이러한 성질을 표현하는 용어를
우리는 뭐라고 부르기로 했어요?

00:04:02.760 --> 00:04:07.020

양자화되어있다고 부르기로 했었죠.

00:04:07.120 --> 00:04:08.023

기억하시죠?

00:04:08.123 --> 00:04:11.122

그러면 이제 이런 이야기를
해보도록 하겠습니다.

00:04:11.222 --> 00:04:14.392

원자들이 모여서 뭘 구성합니까?

00:04:14.492 --> 00:04:15.926

분자를 구성합니다.

00:04:16.026 --> 00:04:19.298

그리고 분자들이 모여서
뭘 구성해요?

00:04:19.398 --> 00:04:21.248

물질을 구성하게 됩니다.

00:04:21.348 --> 00:04:24.120

그러면 여기서 우리가 그 물질 중에

00:04:24.220 --> 00:04:27.986

고체에 대해서 좀 집중적으로
알아보도록 하겠습니다.

00:04:28.086 --> 00:04:34.116

예를 들어서 수소 원자 1개에

전자의 에너지 준위가

00:04:34.216 --> 00:04:37.209

이렇게 분포해있다고
생각을 해보겠습니다.

00:04:37.309 --> 00:04:42.149

그러면 수소들이 결합해서
수소 분자를 구성하고요.

00:04:42.249 --> 00:04:47.546

그 수소 분자들이 결합해서 수소
고체를 구성할 수 있겠죠.

00:04:47.646 --> 00:04:51.523

물론 수소 고체를 구성하는
게 굉장히 어려워요.

00:04:51.623 --> 00:04:59.920

왜냐하면 주로 기체 상태로
존재하는 수소의 온도를 낮춰줘야

00:05:00.020 --> 00:05:06.426

액체가 되고 액체의 온도를
낮춰줘야 고체가 되죠?

00:05:06.526 --> 00:05:10.168

잘 알고 있는 거잖아.

00:05:10.268 --> 00:05:14.166

물의 온도, 수증기 온도를
낮춰야 물이 되고

00:05:14.266 --> 00:05:18.303

그다음 물로 구성되어있는 기체의
온도를 낮춰야 물이 되고

00:05:18.403 --> 00:05:21.969

물의 온도를 낮춰야
얼음, 고체가 되듯이

00:05:22.069 --> 00:05:25.891

수소 기체의 온도를 낮춰야
수소 액체가 되고

00:05:25.991 --> 00:05:30.178

수소 액체의 온도를 낮춰야
수소 고체가 될 수 있습니다.

00:05:30.278 --> 00:05:35.208

그런데 그 수소가 고체가 되는
온도가 -200도 언저리예요.

00:05:35.308 --> 00:05:37.392

그러면 우리가 만들기
쉽지 않은 온도거든요.

00:05:37.492 --> 00:05:42.842

그래서 수소 고체 상태를
관찰하는 건 거의 불가능하죠.

00:05:42.942 --> 00:05:46.677

그렇지만 우리는 이해를 돕기
위해서 수소 원자 1개에

00:05:46.777 --> 00:05:49.416

전자 에너지 준위가
이렇게 분포되어 있고

00:05:49.516 --> 00:05:56.109

이 원자들이 결합해서 수소 고체를
구성하고 있다고 가정하고

00:05:56.209 --> 00:05:57.824

출발을 해보도록 하겠습니다.

00:05:57.924 --> 00:06:03.184

그러면 전자 에너지 준위가
하나하나 이런데

00:06:03.284 --> 00:06:06.704

이 전자들이 결합해서 뭘 구성해요?

00:06:06.804 --> 00:06:12.052

분자를 구성하고 분자들이
결합해서 고체를 구성하게 되죠.

00:06:12.152 --> 00:06:18.808

그러면 원자 하나하나 속 전자들의
에너지 준위가 이렇게 되면

00:06:18.908 --> 00:06:20.478

원자들이 모여서 분자.

00:06:20.578 --> 00:06:23.065

분자들이 모여서 물질을 구성할 때

00:06:23.165 --> 00:06:27.706

그러면 애네들이 결합하니까
어떤 일이 일어나느냐,

00:06:27.806 --> 00:06:30.448

원자 하나, 그다음 원자 하나.

00:06:30.548 --> 00:06:37.605

또 다른 원자 하나,
또 다른 원자 하나.

00:06:39.077 --> 00:06:43.557

원자들이 결합함으로 결과적으로
뭐도 결합하게 되느냐,

00:06:43.657 --> 00:06:47.289

원자 속에 있는 전자들도
결합하게 되고요.

00:06:47.389 --> 00:06:50.476

그 원자 속에 전자들이 결합함으로써

00:06:50.576 --> 00:06:56.916

특정 에너지 값들도
결합을 하게 됩니다.

00:06:57.016 --> 00:07:03.729

즉 특정 에너지 준위 값이
겹쳐지는 일들이 발생하게 되죠.

00:07:03.829 --> 00:07:11.141

예를 들어서 첫 번째 에너지 준위 값이
-13.6이라고 생각을 해보고요.

00:07:11.241 --> 00:07:14.166

원자 100개가 모여서.

00:07:14.266 --> 00:07:19.276

예를 들어서 원자 100개가 모여서
고체를 구성하고 있다고 생각해볼게요.

00:07:19.376 --> 00:07:24.340

그러면 13.6의 에너지
준위가 몇 개가 되는 거야?

00:07:24.440 --> 00:07:25.925

100개가 되는 거죠.

00:07:26.025 --> 00:07:31.084

100개가 뿔뿔하게 결합을
해서 물질을 구성하고 있으니까

00:07:31.184 --> 00:07:37.299

결국은 13.6의 에너지
준위를 가진 전자들이

00:07:37.399 --> 00:07:41.076

100개가 결합을 하게
된다는 것을 표현합니다.

00:07:41.176 --> 00:07:46.547

두 번째 에너지 준위 값을 예를
들어서 -3.4라고 한다면

00:07:46.647 --> 00:07:51.957

두 번째 에너지 준위 값도
몇 개가 겹쳐지게 돼요?

00:07:52.057 --> 00:07:54.592

100개가 겹쳐지게 되는 거죠.

00:07:54.692 --> 00:07:56.231

말씀 이해하시죠?

00:07:56.331 --> 00:08:03.283

그런데 여기서 과학자들이 한 가지
특징적인 현상을 발견하고요.

00:08:03.383 --> 00:08:08.205

그 특징적인 현상에 의해서 이름을
붙인 용어가 하나 있습니다.

00:08:08.305 --> 00:08:11.474

이게 나와 있는 교과서도 있고

00:08:11.574 --> 00:08:13.582

안 나와 있는 교과서도 있어요.

00:08:13.682 --> 00:08:16.072
그래서 참고하시면 될 것 같고요.

00:08:16.172 --> 00:08:22.722
그 용어가 바로 뭐냐,
배타원리라는 겁니다.

00:08:22.822 --> 00:08:27.958
이 파울리라는 사람이 이
배타원리라는 걸 알아내서

00:08:28.058 --> 00:08:30.575
노벨물리학상을 수상하기도 했거든요.

00:08:30.675 --> 00:08:36.645
어쨌든 이 배타원리란 뭐냐,
이 배 자가 배척할 배.

00:08:36.745 --> 00:08:38.755
타는 타인 타입니다.

00:08:38.855 --> 00:08:39.760
이게 한자예요.

00:08:39.860 --> 00:08:44.383
배타원리란 서로
다르다는 것을 뜻해요.

00:08:44.483 --> 00:08:47.693
그러면 뭐가 서로
다르다는 것을 뜻하냐,

00:08:47.793 --> 00:08:55.705
원자 속에 들어있는 전자의 에너지
준위는 서로 서로 달라야 한다.

00:08:55.805 --> 00:08:59.096
이게 하나씩이어도 달라야 되고

00:08:59.196 --> 00:09:07.373
10개, 100개, 1000개, 1억 개여도
달라야 한다는 의미의 배타원리예요.

00:09:07.473 --> 00:09:12.871
즉 무슨 말이나, 13.6의
에너지 준위를 가진 전자는

00:09:12.971 --> 00:09:16.564
딱 하나만 존재해야
된다는 의미입니다.

00:09:16.664 --> 00:09:22.594
즉 13.6의 에너지 준위는 하나만
있어야 된다, 라는 것을 뜻하죠.

00:09:22.694 --> 00:09:29.012
-3.4의 에너지 준위는
딱 하나만 있어야 한다.

00:09:29.112 --> 00:09:33.170

그다음 에너지 준위가
-1.5 정도 되거든요.

00:09:33.270 --> 00:09:39.412

-1.5의 에너지 준위는
딱 하나여야만 한다.

00:09:39.512 --> 00:09:43.616

이게 바로 배타원리예요.

00:09:43.716 --> 00:09:50.604

그러면 원자 하나하나들이 서로
상관없이 떨어져 있었을 때는

00:09:50.704 --> 00:09:57.317

애 안에 13.6, 3.4, 1.5
따로따로 에너지 준위가 존재했고

00:09:57.417 --> 00:10:01.169

여기에 존재하고 있는 원자
속 전자의 에너지 준위도

00:10:01.269 --> 00:10:06.161

13.6, 3.4, 1.5로
따로따로 존재할 수 있었고

00:10:06.261 --> 00:10:12.081

저쪽에 있는 원자 속 에너지 준위도
따로따로 존재할 수 있었어요.

00:10:12.181 --> 00:10:16.328

그런데 이 원자들이
결합하면서 뭉치면서

00:10:16.428 --> 00:10:19.741

한 곳에 밀집됨으로써 결과적으로

00:10:19.841 --> 00:10:27.395

13.6의 에너지 준위가
100개가 생겨버리는 거죠.

00:10:27.495 --> 00:10:33.142

이런 상황에서도 배타원리는
성립되어야 한다는 게

00:10:33.242 --> 00:10:36.652

파울리의 배타원리 주장입니다.

00:10:36.804 --> 00:10:40.445

그러면 이제 우리는 어떻게
이거를 판단해야 하느냐,

00:10:40.545 --> 00:10:45.383

결과적으로 13.6의 에너지
준위가 하나만 있어야 돼요.

00:10:45.483 --> 00:10:48.454

그런데 100개가
결합을 하기 전에는,

00:10:48.554 --> 00:10:50.972

애네가 따로따로 존재할 때는

00:10:51.072 --> 00:10:54.414

13.6의 에너지 준위

100개가 따로따로 존재했었죠.

00:10:54.514 --> 00:10:59.332

그런데 애네들이 결합함으로써 13.6의
에너지 준위가 100개가 생기잖아.

00:10:59.432 --> 00:11:03.953

그런데 이 13.6의 에너지 준위는
딱 하나만 있어야 되는 거야.

00:11:04.053 --> 00:11:05.438

그러면 이제 어떻게 해야 될까요?

00:11:05.538 --> 00:11:07.711

어떻게 결과가 나오게 되느냐,

00:11:07.811 --> 00:11:13.022

결과적으로 13.6의 에너지
준위가 100개가 모여도

00:11:13.122 --> 00:11:19.294

여기에 13.6의 에너지 준위 값이
많이 함부로 달라질 수는 없습니다.

00:11:19.394 --> 00:11:21.188

즉 아주 단순하게 이야기하면

00:11:21.288 --> 00:11:25.679

여기에 13.6의 에너지 준위를
가진 전자가 하나 있었고

00:11:25.779 --> 00:11:29.694

여기에도 13.6의 에너지 준위를
가진 전자가 하나 있었고

00:11:29.794 --> 00:11:33.583

여기에도 13.6의 에너지 준위를
가진 전자가 하나 있었고

00:11:33.683 --> 00:11:37.683

여기서도 13.6의 에너지 준위를
가진 전자가 하나 있었는데

00:11:37.783 --> 00:11:41.645

애네들이 따로따로 존재할 때는,
서로 상관하지 않을 때는

00:11:41.745 --> 00:11:45.373

그냥 각각이 다 13.6의
에너지 준위를 가지고 있다가

00:11:45.473 --> 00:11:50.838

결합을 하게 되면 애네들이 13.6의
에너지를 가질 수 있는 애는

00:11:50.938 --> 00:11:54.621

딱 하나여야만 한다는 의미인 거죠.

00:11:54.721 --> 00:12:00.092
그렇다고 해서 애네들이 함부로 에너지 준위를 막 옮길 수는 없잖아요.

00:12:00.192 --> 00:12:03.231
여기에 있던 애가 갑자기 위로 올라가거나 이럴 수는 없잖아요.

00:12:03.331 --> 00:12:06.891
아무런 상황 없이, 에너지가 공급되는 상황 없이.

00:12:06.991 --> 00:12:09.915
그래서 애네들은 이제 어떤 선택을 하느냐,

00:12:10.015 --> 00:12:11.473
이런 선택을 합니다.

00:12:11.573 --> 00:12:19.896
13.6 언저리에서 자기들의 에너지 준위 값을 아주 조금씩만 바꾸는 거야.

00:12:19.996 --> 00:12:24.873
무슨 말이나, 13.6의 에너지 준위를 가진 전자는

00:12:24.973 --> 00:12:27.410
딱 하나로만 존재하고요.

00:12:27.510 --> 00:12:32.888
그 옆에 있는 전자는 에너지 준위 값을 아주 조금 바꿉니다.

00:12:32.988 --> 00:12:36.061
얼마로 바꾸냐, 이게 -13.6이잖아요?

00:12:36.161 --> 00:12:45.266
그러면 그 옆에 있는 애는 -13.599999를 갖는 거죠.

00:12:45.366 --> 00:12:53.168
그 옆에 있는 애는 -13.5999999의 에너지를 갖는 거고요.

00:12:53.268 --> 00:12:59.986
그 옆에 있는 애는 -13.600000000001의 에너지를 갖는 거고요.

00:13:00.086 --> 00:13:07.064
그 옆에 있는 애는 -13.6000000000001의 에너지를 갖는 거고요.

00:13:07.164 --> 00:13:13.926
이처럼 100개가 모였다면 그 100개가 -13.6 언저리에서

00:13:14.026 --> 00:13:19.872

미세하게 에너지 준위를 아주
조금씩만 바꾸는 겁니다.

00:13:19.972 --> 00:13:26.162
그러면 애네들이 멀리서 보면
-13.6의 에너지이기는 하지만

00:13:26.262 --> 00:13:32.889
자세히 들여다보면 아주 미세하게
에너지값들이 다 다름으로써

00:13:32.989 --> 00:13:35.934
배타원리를 성립시키죠.

00:13:36.034 --> 00:13:42.472
서로 간의 에너지 준위가 다르다는
원리를 성립시킬 수가 있습니다.

00:13:42.572 --> 00:13:46.609
그래서 1만 개, 1억 개가
모이면 이 13.6 언저리에서

00:13:46.709 --> 00:13:51.776
미친 듯이 에너지 값들을
막 나눠 갖는 거죠.

00:13:51.876 --> 00:13:53.320
물론 두 번째 에너지 준위.

00:13:53.420 --> 00:14:03.789
-3.4 언저리에서도 역시나 에너지
준위 값이 미친 듯이 짝 나열됩니다.

00:14:03.889 --> 00:14:12.386
-13.44, -13.400001, -3.4000001,
-3.40000001, -3.399999,

00:14:12.486 --> 00:14:19.244
-3.3999999999999999,
-3.3999999999, -3.39999999.

00:14:19.344 --> 00:14:22.051
-1.5 언저리에서도 마찬가지죠.

00:14:22.151 --> 00:14:25.593
에너지 준위가 막 나눠집니다.

00:14:26.684 --> 00:14:31.079
이렇게 분자 또는
물질을 구성하게 되면

00:14:31.179 --> 00:14:36.161
특정 에너지 준위 값들이 특정
에너지 준위 값 주변에서

00:14:36.261 --> 00:14:41.397
미세하게 분포되어지는
형태를 띠게 됩니다.

00:14:41.497 --> 00:14:45.826
이처럼 특정 에너지 준위 값에서

00:14:45.926 --> 00:14:49.555
하나씩만 존재할 때는 선으로
존재하다가 이제는 어떻게 됩니까?

00:14:49.655 --> 00:14:52.523
마치 띠처럼 존재하죠?

00:14:52.623 --> 00:14:55.757
에너지 준위가 띠처럼 존재합니다.

00:14:55.857 --> 00:15:01.631
그래서 이처럼 에너지 준위가
띠처럼 존재하는 원리를

00:15:01.731 --> 00:15:03.194
우리는 뭐라고 부르기로 했어요?

00:15:03.294 --> 00:15:09.637
에너지띠라고 불러주게 됐고요.

00:15:09.737 --> 00:15:13.603
이 원리를 우리는 에너지띠
이론이다, 라고 불러줍니다.

00:15:13.703 --> 00:15:18.705
이 이론의 근거가 바로
파울리의 배타원리라는 거고요.

00:15:18.805 --> 00:15:23.711
거듭 이야기하지만, 원자 속
세계는, 물질의 분자 속 세계는

00:15:23.811 --> 00:15:25.064
눈에 보이지 않아요.

00:15:25.164 --> 00:15:28.132
그래서 실제로 원자 속 전자들이

00:15:28.232 --> 00:15:31.599
어떻게 에너지 준위를 갖고
있는지는 아무도 몰라.

00:15:31.699 --> 00:15:36.128
그런데 이렇게 갖고 있는
거로 하자, 라고 하면

00:15:36.228 --> 00:15:39.474
설명되어질 수 있는
현상들이 존재하기 때문에

00:15:39.574 --> 00:15:43.585
이 원리가 성립된다고 보고 있고요.

00:15:43.685 --> 00:15:48.330
그래서 이 관점에서 이렇게
설명을 하고 있는 겁니다.

00:15:48.430 --> 00:15:50.950
그래서 이 이론을 우리는
에너지띠라고 부르구요.

00:15:51.050 --> 00:15:53.237
이 에너지띠 이론의 특징이 뭐냐,

00:15:53.337 --> 00:16:03.455
특정 에너지 값 주변에서는 에너지 값이
마치 어떻게 존재하는 것처럼 보여요?

00:16:03.555 --> 00:16:08.123
연속된 에너지 값으로
보인다는 겁니다.

00:16:08.223 --> 00:16:16.673
어디서만? 이 언저리에서만
연속적인 것처럼 보인다는 거죠.

00:16:16.773 --> 00:16:18.787
여기서 여러분이
잇으시면 안 되는 건

00:16:18.887 --> 00:16:25.091
여전히 이런 곳에서는 원자
속에 들어있는 전자들이

00:16:25.191 --> 00:16:27.890
존재할 수 있는 거야, 없는 거야?

00:16:27.990 --> 00:16:32.122
여전히 이런 데서는 전자들이
존재할 수 없습니다.

00:16:32.222 --> 00:16:40.800
그래서 전자들이 존재할
수 있는 에너지띠는

00:16:40.900 --> 00:16:43.853
특정 에너지 준위 값들 주변이죠?

00:16:43.953 --> 00:16:46.157
그 주변에서만이고요.

00:16:46.257 --> 00:16:51.045
이 전자들이 존재할 수 있는 에너지
띠를 우리는 뭐라고 부르느냐,

00:16:51.145 --> 00:16:56.310
허용된 띠라고 불러주고요.

00:16:56.410 --> 00:17:00.423
전자들이 존재할 수
없는 궤도가 있었죠?

00:17:00.523 --> 00:17:04.216
그러면 여기서도 역시나 전자들이
존재할 수 없는 공간이 있습니다.

00:17:04.316 --> 00:17:08.460
전자들이 존재할 수 없는 이
공간을 우리는 뭐라고 부르느냐,

00:17:08.560 --> 00:17:14.200

금지된 띠라고 불러주게 되죠.

00:17:14.300 --> 00:17:22.776
또는 띠라고 불러주기도 하느냐,
띠틈이라고도 불러주게 됩니다.

00:17:22.876 --> 00:17:27.144
그러면 여기서 우리가 또 하나 중요하게
기억해야 될 용어가 있습니다.

00:17:27.244 --> 00:17:31.804
바로 띠냐, 원자 속에는
전자들이 존재하죠.

00:17:31.904 --> 00:17:39.740
그런데 그 전자들이 존재할 수
있는 가장 바깥쪽 궤도가 있어요.

00:17:39.840 --> 00:17:43.573
원자 속 전자들이 존재할
수 있는 바깥쪽.

00:17:43.673 --> 00:17:47.049
가장 바깥쪽,
껍질이라고도 부르구요.

00:17:47.149 --> 00:17:54.396
가장 바깥쪽 궤도 속
전자를 띠라고 부르느냐,

00:17:54.496 --> 00:18:00.588
원자가 전자라고 불러줘요.

00:18:00.688 --> 00:18:09.189
즉 원자 속에 들어있는 전자 중에
가장 바깥쪽에 존재하는 전자들을

00:18:09.289 --> 00:18:12.136
우리는 원자가 전자라고 불러줍니다.

00:18:12.236 --> 00:18:17.067
그러면 이 원자들이 결합해서
물질을 구성하게 되면

00:18:17.167 --> 00:18:22.967
원자가 전자들이 모인 에너지
띠가 존재할 거 아닙니까?

00:18:23.067 --> 00:18:24.156
말씀 이해하시죠?

00:18:24.256 --> 00:18:29.981
원자들이 결합하면 원자 속에
전자들이 존재할 수 있는

00:18:30.081 --> 00:18:35.165
가장 바깥쪽 궤도의 전자들만 결합한

00:18:35.265 --> 00:18:37.638
그러한 에너지띠가 존재할 거고요.

00:18:37.738 --> 00:18:42.060

그 에너지띠를 우리는
뭐라고 부르느냐,

00:18:42.160 --> 00:18:43.553

원자가 전자.

00:18:43.653 --> 00:18:47.191

가장 바깥쪽 궤도에
존재하는 전자들이

00:18:47.291 --> 00:18:53.664

모여서 형성한 에너지
띠를 뭐라고 부르느냐,

00:18:53.764 --> 00:18:58.770

원자가 띠라고 불러주는 겁니다.

00:18:58.870 --> 00:19:06.469

결국 원자가 띠란 뭐냐, 전자들이 존재할
수 있는 가장 바깥쪽 에너지띠.

00:19:06.569 --> 00:19:11.513

이거를 우리는 원자가
띠라고 불러줘요.

00:19:11.613 --> 00:19:14.040

지금 이 에너지띠로는
뭐에 적용하는 거야?

00:19:14.140 --> 00:19:16.591

원자에 적용하는 게 아니라 물질.

00:19:16.691 --> 00:19:20.883

고체에 적용하고 있는
내용인 겁니다.

00:19:20.983 --> 00:19:27.867

물론 이 에너지띠가 얼마가
폭이 작냐 두껍냐에 따라서

00:19:27.967 --> 00:19:30.002

상황이 조금 달라질 수도 있어요.

00:19:30.102 --> 00:19:31.463

그렇지만 우리가 여기서는

00:19:31.563 --> 00:19:35.641

그냥 고체라고 가정을 하고
설명을 드리고 있습니다.

00:19:35.741 --> 00:19:40.832

그래서 원자가 띠란 바로
가장 바깥쪽 에너지띠.

00:19:40.932 --> 00:19:47.270

즉 에너지 준위가 가장 높은
에너지띠 모인 에너지띠를

00:19:47.370 --> 00:19:49.733

우리는 원자가 띠라고 불러줍니다.

00:19:49.833 --> 00:19:52.090

그런데 여기서 우리가 또
하나 기억해야 될 건

00:19:52.190 --> 00:19:58.948

어쨌든 원자가 띠는 원자들의
가장 바깥쪽에 존재하긴 하지만

00:19:59.048 --> 00:20:04.332

원자에 속해있는 애들끼리
모여있는 거죠.

00:20:04.432 --> 00:20:10.647

그러면 이 원자가 띠에
전자들이 막 있습니다.

00:20:10.747 --> 00:20:12.905

물론 에너지 값들은
서로 서로 다 달라요.

00:20:13.005 --> 00:20:17.345

여기 안에 들어있는 전자 중에는
똑같은 에너지 준위를 가진 전자는

00:20:17.445 --> 00:20:19.140

단 하나도 없습니다.

00:20:19.240 --> 00:20:21.788

다 다른 에너지 준위를
갖고 있어요.

00:20:21.888 --> 00:20:26.930

미세하지만 아주 다르게 에너지 준위를
지금 갖고 있어요, 오케이?

00:20:27.030 --> 00:20:31.965

그러면 이 전자들에게 내가
에너지를 뺏 부여하게 되면

00:20:32.065 --> 00:20:33.563

애네들이 어떻게 될 수 있어요?

00:20:33.663 --> 00:20:37.800

에너지를 얻어서 높은 궤도로
올라가 버릴 수 있죠.

00:20:37.900 --> 00:20:40.492

이 원자가 띠의 정의가
뭐라고 그랬어요?

00:20:40.592 --> 00:20:47.051

원자 속에 존재하는 가장 바깥쪽에 있는
애들의 모임이라고 이야기했습니다.

00:20:47.151 --> 00:20:50.877

그러면 개네들이 에너지를 얻어서
더 높은 곳으로 가버리면

00:20:50.977 --> 00:20:53.673

그건 어떤 일이 일어난다는 소리야?

00:20:53.773 --> 00:20:58.287

원자를 벗어나게 된다는
것을 뜻합니다.

00:20:58.387 --> 00:21:03.856

그래서 원자가 띠에 있던
전자들에게 에너지를 막 부여하면

00:21:03.956 --> 00:21:09.405

그 에너지를 얻은 전자들이
원자에서 벗어나서

00:21:09.505 --> 00:21:15.451

자유롭게 떠돌아다닐 수 있는
전자로 바뀌게 됩니다.

00:21:15.551 --> 00:21:20.544

그래서 이 원자가 띠에 있는
전자들에게 에너지를 줘서

00:21:20.644 --> 00:21:28.834

원자를 벗어나서 자유롭게 떠돌아다닐 수
있는 전자가 되게끔 해줄 수 있는

00:21:28.934 --> 00:21:31.887

에너지 갭 차이가 존재하고요.

00:21:31.987 --> 00:21:34.035

그 에너지 값들.

00:21:34.135 --> 00:21:40.174

여기에 있던 전자들에게 에너지를 줘서
바깥쪽으로 끄집어내게 할 수 있는

00:21:40.274 --> 00:21:45.485

에너지 값들의 모임을
뭐라고 부르느냐,

00:21:45.585 --> 00:21:51.667

전도띠라고 불러주게 됩니다.

00:21:51.767 --> 00:21:54.863

그러면 이 전도띠라는
건 결과적으로 뭐야?

00:21:54.963 --> 00:21:57.684

원자에 속해있는 에너지
띠가 아니에요.

00:21:57.784 --> 00:22:04.894

원자를 벗어난 전자들의 모임입니다.

00:22:04.994 --> 00:22:08.137

결국 전도띠는 원자
안에 있는 게 아닙니다.

00:22:08.237 --> 00:22:09.245

이거 기억하세요.

00:22:09.345 --> 00:22:17.650

물질 안에 존재하긴 하지만 원자에 속박된
전자들이 아닌 애들끼리의 모임을

00:22:17.750 --> 00:22:20.854
우리는 전도띠라고 불러준다고요.

00:22:20.954 --> 00:22:24.417
결국 전도띠에
전자들이 존재하게 되면

00:22:24.517 --> 00:22:27.457
이 전자들을 우리는
뭐라고 불러주느냐,

00:22:27.557 --> 00:22:37.577
바로 원자로부터 벗어나서 자유롭게
떠돌아다닐 수 있는 전자라고 해서

00:22:37.677 --> 00:22:42.620
자유전자라고 불러주게 돼요.

00:22:42.720 --> 00:22:45.063
됐어요?

00:22:45.163 --> 00:22:48.620
결국 전도띠에
전자들이 존재하게 되면

00:22:48.720 --> 00:22:56.179
그 전자들은 원자로부터 벗어나서 자유롭게
떠돌아다닐 수 있는 아이들이 된다.

00:22:56.279 --> 00:23:01.502
결국 원자가 띠에 있던 전자들에게
에너지를 줘서 높은 궤도로.

00:23:01.602 --> 00:23:05.842
원자를 벗어나게 할 수
있는 에너지로 갖게 하면

00:23:05.942 --> 00:23:08.213
결국 자유전자가 발생하게 되고

00:23:08.313 --> 00:23:13.136
그 자유전자에 의해서 전기적
흐름이 잘 형성될 수 있겠죠.

00:23:13.236 --> 00:23:19.736
전기적 흐름이라는 건 자유전자의 이동에
의해서 나타나게 되는 거거든요.

00:23:19.836 --> 00:23:23.860
그래서 우리가 여기서 또
주목해볼 건 바로 뭐냐,

00:23:23.960 --> 00:23:27.651
이 원자가 띠와 전도띠에
주목을 해보는 겁니다.

00:23:27.751 --> 00:23:34.084
이 원자가 띠와 전도띠에 주목해서 이쪽에

다시 한번 표현을 해보도록 할게요.

00:23:34.184 --> 00:23:41.676
여기 지금 원자가 띠에 있습니다.

00:23:41.776 --> 00:23:45.098
그리고 그 위에 뭐가 존재해요?

00:23:45.198 --> 00:23:49.083
전도띠가 존재합니다.

00:23:52.739 --> 00:24:01.381
원자가 띠에 있던 전자들이 에너지를
얻어서 전도띠로 넘어가게 되면

00:24:01.481 --> 00:24:05.584
결과적으로 자유롭게 떠돌아다닐
수 있는 전자들이 형성돼서

00:24:05.684 --> 00:24:08.619
전기적 흐름을 형성할
수 있게 되는 거죠.

00:24:08.719 --> 00:24:14.461
그런데 이 원자가 띠, 전도띠에도
바로 에너지 갭 차이가 있다고 보고요.

00:24:14.561 --> 00:24:20.689
이 에너지 갭 차이를 우리는 똑같이
띠틈이라는 용어로 불러주게 됩니다.

00:24:20.789 --> 00:24:25.479
결과적으로 원자가
띠에 있던 전자에게

00:24:25.579 --> 00:24:32.375
에너지를 줘서 전도띠에 도달하게
하면 자유전자가 형성되는 거죠.

00:24:32.475 --> 00:24:35.794
그런데 원자가 띠에 있던
전자에게 에너지를 줬는데

00:24:35.894 --> 00:24:38.252
이 정도밖에 못 가는 애야.

00:24:38.352 --> 00:24:41.026
그러면 자유전자가
형성되지 못하는 거죠.

00:24:41.126 --> 00:24:43.336
전도띠로 넘어가지 못하는 거죠.

00:24:43.436 --> 00:24:46.527
아예 이쪽으로 갈 수
없다는 뜻이 됩니다.

00:24:46.627 --> 00:24:55.745
그래서 예를 들어서 원자가 띠에
에너지 준위 값이 -3.8이고

00:24:55.845 --> 00:25:04.664

전도띠의 에너지 준위
값이 -0.1이라고 하면.

00:25:04.764 --> 00:25:07.746

물론 3.8 언저리에
에너지 값들이 존재하고

00:25:07.846 --> 00:25:10.692

0.1 언저리에 에너지 값들이
존재하고 있는 거죠?

00:25:10.792 --> 00:25:14.573

결국 원자가 띠에 있던 전자를
전도띠로 넘겨주려면

00:25:14.673 --> 00:25:16.990

얼마 이상의 에너지를
줘야 되는 거야?

00:25:17.090 --> 00:25:22.616

3.7 이상의 에너지를
줘야 된다는 소리죠.

00:25:22.716 --> 00:25:28.181

결국 이 띠틈에 해당하는
에너지 값이 3.7이면

00:25:28.281 --> 00:25:31.764

원자가 띠에 있던 전자를
전도띠로 넘기려면

00:25:31.864 --> 00:25:38.682

3.7 이상의 에너지를 줘야 된다는
것을 표현하고 있는 내용입니다.

00:25:38.782 --> 00:25:43.582

그래서 우리는 이제 물질의
특성은 뭐로 구분할 짓느냐,

00:25:43.682 --> 00:25:47.671

원자가 띠와 전도띠의 갭 차이.

00:25:47.771 --> 00:25:50.595

즉 띠틈의 폭을 이용해서 물질이

00:25:50.695 --> 00:25:54.024

어떠한 특성을 갖고 있는지를
표현하기로 했어요.

00:25:54.124 --> 00:25:57.269

어떤 특성을 표현하기로 했느냐,

00:25:57.369 --> 00:26:04.705

바로 전기전도성이라는 특징을
설명하기로 했습니다.

00:26:04.805 --> 00:26:07.497

전기전도성이라는 건 뭐냐,

00:26:07.597 --> 00:26:12.572

전기적 흐름이 잘 형성될
수 있는 정도를

00:26:12.672 --> 00:26:15.078
우리는 전기전도성이라고 부릅니다.

00:26:15.178 --> 00:26:19.009
결국 전기적 흐름이 잘
형성될 수 있으면

00:26:19.109 --> 00:26:22.751
전기 전도성이 높다고 표현하고요.

00:26:22.851 --> 00:26:26.213
전기적 흐름이 잘 형성될 수 없으면

00:26:26.313 --> 00:26:29.434
전기 전도성이 낮다고
표현을 합니다.

00:26:29.534 --> 00:26:37.450
그러면 전기적 흐름이 잘 형성될
수 있다는 건 뭘 의미할까요?

00:26:37.550 --> 00:26:40.895
자유전자가 많다는 것을 뜻하고요.

00:26:40.995 --> 00:26:44.076
전기적 흐름이 잘
형성될 수 없다는 건

00:26:44.176 --> 00:26:48.468
자유전자가 적거나 없다고
표현을 합니다.

00:26:48.568 --> 00:26:50.824
그런데 아까 말씀을
드렸듯이 자유전자는

00:26:50.924 --> 00:26:53.783
결과적으로 어디에 존재하게 돼요?

00:26:53.883 --> 00:26:56.335
전도띠에 존재하게 됩니다.

00:26:56.435 --> 00:26:59.563
결국 원자가 띠에 있던 전자들이

00:26:59.663 --> 00:27:04.615
전도띠로 얼마나 잘 넘어갈
수 있느냐에 의해서

00:27:04.715 --> 00:27:12.126
전기전도성이 좋다, 안 좋다.
높다, 낮다가 결정이 되는 거죠.

00:27:12.226 --> 00:27:20.020
그래서 물질에 따라서
원자가 띠와 전도띠가

00:27:20.120 --> 00:27:23.484

이렇게 겹쳐있거나
붙어있는 애들이 있어요.

00:27:23.584 --> 00:27:28.561
원자가 띠와 전도띠가 붙어있거나
겹쳐있는 애들이 있습니다.

00:27:28.661 --> 00:27:30.115
이런 애들은 어떨까요?

00:27:30.215 --> 00:27:34.091
원자가 띠에 있던 전자들이
아주 쉽게 간단하게

00:27:34.191 --> 00:27:36.143
전도띠로 그냥 넘어가
버리는 거죠.

00:27:36.243 --> 00:27:42.763
즉 원자가 띠에 있는 전자들이 그 자체가
그냥 전도띠에 있는 애들인 거죠.

00:27:42.863 --> 00:27:45.005
원자가 띠에 있다고
이야기할 수도 있고

00:27:45.105 --> 00:27:47.376
전도띠에 있다고 이야기할
수도 있는 거야.

00:27:47.476 --> 00:27:52.171
그러니까 조금만 에너지를 줘도 확
다른 데로 가버릴 수가 있습니다.

00:27:52.271 --> 00:27:55.195
아주 쉽게 전기적 흐름이
형성될 수 있어요.

00:27:55.295 --> 00:27:57.932
그래서 이러한 물질을 우리는
 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:27:58.032 --> 00:28:00.564
도체라고 부르기로 했습니다.

00:28:00.664 --> 00:28:04.350
도체란 전기가 굉장히 잘
흐르는 물질이거든요.

00:28:04.450 --> 00:28:06.955
구리, 알루미늄, 철.

00:28:07.055 --> 00:28:08.009
이런 애들이죠?

00:28:08.109 --> 00:28:11.810
이런 애들이 전기가 잘
흐를 수 있는 이유를

00:28:11.910 --> 00:28:14.694
바로 무슨 관점에서

설명하고 있는 거냐,

00:28:14.794 --> 00:28:17.067

에너지띠 관점에서
설명하고 있는 겁니다.

00:28:17.167 --> 00:28:20.825

원자가 띠와 전도띠의
간격이 겹쳐있거나

00:28:20.925 --> 00:28:26.245

붙어있기 때문이다, 라고
설명을 하는 거죠.

00:28:26.345 --> 00:28:30.629

그러면 부도체가 있어요.

00:28:30.729 --> 00:28:38.137

부도체라고 부르는 애들 또는
절연체라고 부르는 애들은

00:28:38.237 --> 00:28:41.732

웬만하면 전기적 흐름이
형성되지 않습니다.

00:28:41.832 --> 00:28:44.570

고무, 나무 이런 애들인 거죠.

00:28:44.670 --> 00:28:49.928

이런 애들에게 건전지를 연결한다고 해서
전기가 잘 통하거나 이러진 않잖아요.

00:28:50.028 --> 00:28:55.994

그러면 부도체, 절연체가 왜 전기적
흐름이 잘 형성되지 않느냐.

00:28:56.094 --> 00:28:57.035

이 의미는 뭐야?

00:28:57.135 --> 00:29:02.272

자유전자가 왜 잘 만들어지지 않느냐를
말하는 것과 똑같은 거고요.

00:29:02.372 --> 00:29:06.046

왜 자유전자가 잘 만들어지지
않느냐는 바로 뭐야?

00:29:06.146 --> 00:29:09.412

자유전자가 존재할 수
있는 에너지띠.

00:29:09.512 --> 00:29:16.059

즉 전도띠가 전자들이
존재하는 원자가 띠와

00:29:16.159 --> 00:29:22.484

간격이 매우 넓기 때문이다,
라고 표현을 하는 거죠.

00:29:23.549 --> 00:29:27.009

전자들은 원자가 띠에 존재하는데

00:29:27.109 --> 00:29:31.886

그 전자들이 얼마나 잘 전도
띠로 넘어가느냐에 의해서

00:29:31.986 --> 00:29:36.643

전기적 흐름이 잘 형성되냐, 잘
형성되지 않느냐가 결정되잖아요.

00:29:36.743 --> 00:29:42.136

부도체는 이처럼 원자가 띠와
전도띠의 간격이 너무 멀어서

00:29:42.236 --> 00:29:45.677

여기에 있던 전자들이 전도띠로
잘 넘어가지 못하는 거죠.

00:29:45.777 --> 00:29:47.756

거의 넘어갈 일이 없는 거죠.

00:29:47.856 --> 00:29:50.434

함부로 못 넘어가는 거죠.

00:29:50.534 --> 00:29:55.723

그래서 전기적 흐름이 잘
형성되지 않는다고 봅니다.

00:29:55.823 --> 00:29:59.323

즉 전기 전도성이 낮다고
표현을 하는 거죠.

00:29:59.423 --> 00:30:10.047

그런데 원자가 띠와 전도띠가 적당히
떨어져 있는 애들이 있어요.

00:30:10.147 --> 00:30:15.305

이 에너지 준위의 간격을, 이
띠틈의 에너지 차이 값을

00:30:15.405 --> 00:30:19.609

보통 2.5 전자리
정도라고 표현하는데

00:30:19.709 --> 00:30:23.291

도체처럼 원자가 띠와
전도띠가 겹쳐있거나 붙어.

00:30:23.391 --> 00:30:27.372

또는 부도체랑 절연체처럼 원자가
띠와 전도띠가 매우 멀어.

00:30:27.472 --> 00:30:30.213

그런데 이 사이에 적당히
떨어져 있는 애들.

00:30:30.313 --> 00:30:32.031

적당히 떨어져 있으면
어떻게 될까요?

00:30:32.131 --> 00:30:37.716

여기에 있던 원자가 띠에 있는

전자들에게 적당히 에너지를 주면

00:30:37.816 --> 00:30:40.297

전도띠로 넘어갈 수 있겠죠.

00:30:40.397 --> 00:30:43.514

전도띠로 넘어가게 되면 전기적
흐름을 형성할 수 있고요.

00:30:43.614 --> 00:30:48.900

결국 적절한 에너지에 의해서
전기적 흐름이 형성될 수도 있고

00:30:49.000 --> 00:30:54.395

그 적절한 에너지보다 작으면 전기적
흐름이 형성되지 않을 수 있는 물질을

00:30:54.495 --> 00:30:56.155

우리는 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:30:56.255 --> 00:31:00.614

바로 반도체라고 부르기로 했습니다.

00:31:00.714 --> 00:31:03.499

그래서 이 반도체는 어떤
특성을 갖고 있는 거야?

00:31:03.599 --> 00:31:07.681

띠틈보다 큰 에너지를 부여해주면

00:31:07.781 --> 00:31:11.088

원자가 띠에 있는 전자들이
전도띠로 넘어가서

00:31:11.188 --> 00:31:14.487

전기적 흐름을 형성할 수 있죠.

00:31:14.587 --> 00:31:16.632

그래서 우리 수준에서
기억할 건 바로 뭐냐,

00:31:16.732 --> 00:31:22.684

이 에너지가 얼마 이상이면 부도체고
얼마 이하면 반도체로 분류하느냐.

00:31:22.784 --> 00:31:25.715

그런 수치는 우리가
기억할 필요 없고요.

00:31:25.815 --> 00:31:30.510

도체라는 애는 원자가 띠와 전도
띠가 붙어있거나 겹쳐있는 애들.

00:31:30.610 --> 00:31:35.519

부도체라고 부르는 애는 원자가 띠와
전도띠가 매우 멀리 있는 애들.

00:31:35.619 --> 00:31:39.355

원자가 띠와 전도띠가
적당히 떨어져 있는 애들은

00:31:39.455 --> 00:31:45.236
반도체라고 불러준다고요.

00:31:45.336 --> 00:31:50.485
이렇게 도체, 반도체, 반도체가
전기적 흐름의 형성 정도.

00:31:50.585 --> 00:31:55.133
즉 전기 전도성이 다른 이유를
바로 뭐로 설명한 거야?

00:31:55.233 --> 00:31:59.805
원자가 띠와 전도띠의
띠틈으로 설명을 한 거고요.

00:31:59.905 --> 00:32:06.798
이런 원자가 띠와 전도띠의
관점에서 설명하는 이론을

00:32:06.898 --> 00:32:08.732
우리는 바로 뭐라고 부르는 거야?

00:32:08.832 --> 00:32:14.593
에너지띠 이론이다,
라고 불러줍니다.

00:32:14.693 --> 00:32:18.356
여기서 여러분이 또 하나 거둬
말씀드리지만 오해하면 안 되는 게

00:32:18.456 --> 00:32:21.165
이 에너지띠 안에서만.

00:32:21.265 --> 00:32:24.495
허용된 띠 안에서만 전자들이
존재할 수 있는 거야.

00:32:24.595 --> 00:32:30.880
그 사이사이에 전자들이
존재할 수 없어요.

00:32:30.980 --> 00:32:35.882
그 부분은 여러분이 반드시 좀
기억을 해두시길 바랍니다.

00:32:37.140 --> 00:32:42.089
그러면 이제 문제를 좀 확인해
나가보도록 하겠습니다.

00:32:42.189 --> 00:32:52.073
부도체와 반도체 온도가 증가할 때
전기전도도는 증가할까 감소할까?

00:32:52.173 --> 00:32:52.948
어떨 거 같아요?

00:32:53.048 --> 00:32:58.262
지금 보시면 원자가 띠가 있고요.

00:32:58.362 --> 00:33:01.789
그리고 전도띠가 있어요.

00:33:01.889 --> 00:33:05.961
어쨌든 부도체와 반도체는 어때요?

00:33:06.061 --> 00:33:09.387
원자가 띠와 전도띠가
떨어져 있죠.

00:33:09.590 --> 00:33:12.060
그러면 원자가 띠에는
뭐가 들어있어요, 지금?

00:33:12.160 --> 00:33:14.642
전자들이 들어있어요.

00:33:17.320 --> 00:33:21.426
물론 이 전자들의 에너지
준위 값은 다 달라요.

00:33:21.526 --> 00:33:22.930
그거 기억하시고 계셔야 되죠.

00:33:23.030 --> 00:33:23.897
다 다릅니다.

00:33:23.997 --> 00:33:29.744
그러면 여기에 있는 애들이 여기로
넘어가려면 어떻게 해야 돼요?

00:33:29.844 --> 00:33:36.534
에너지를 얻어야 여기에 있던
전자들이 전도띠로 올라가서

00:33:36.634 --> 00:33:40.246
전기적 흐름을 형성할
수 있게 되죠.

00:33:40.346 --> 00:33:42.498
그러면 온도가 높으면 어떨까요?

00:33:42.598 --> 00:33:50.591
온도가 높으면 온도가 높은 곳에서
낮은 곳 쪽으로 열에너지가 이동을 합니다.

00:33:50.691 --> 00:33:55.338
그 열에너지의 이동에 의해서.

00:33:55.438 --> 00:34:00.686
에너지의 이동에 의해서 이 전자들이
에너지를 흡수하게 되고요.

00:34:00.786 --> 00:34:06.717
그 흡수한 에너지가 띠틈의
에너지 이상이 되면

00:34:06.817 --> 00:34:09.476
여기에 있던 전자들이
전도띠로 넘어가서

00:34:09.576 --> 00:34:12.872
전기적 흐름을 형성할

수 있게 되는 거죠.

00:34:12.972 --> 00:34:19.884

결과적으로 부도체와 반도체는 온도가 올라가게 되면

00:34:19.984 --> 00:34:25.289

원자가 띠에 있던 전자들이 전도 띠로 넘어갈 수 있기 때문에.

00:34:25.389 --> 00:34:28.807

열에너지를 흡수해서 전도 띠로 넘어갈 수 있기 때문에

00:34:28.907 --> 00:34:32.059

전기적 흐름을 형성할 수 있게 됩니다.

00:34:32.159 --> 00:34:37.214

전기적 흐름이 형성된다는 건 전기전도도가 어떻게 된다는 소리야?

00:34:37.314 --> 00:34:42.216

증가하게 된다는 것을 뜻하죠.

00:34:42.316 --> 00:34:47.004

나무에 번개가 치면 나무에 전기가 통해요, 안 통해요?

00:34:47.104 --> 00:34:49.298

전기가 통해요.

00:34:49.398 --> 00:34:51.748

100만 볼트 어마어마한 에너지잖아요?

00:34:51.848 --> 00:34:56.391

그 어마어마한 100만 볼트의 에너지가 나무에 뿔 들어오게 되면

00:34:56.491 --> 00:35:01.695

그 나무를 구성하고 있는 전자들이,

00:35:01.795 --> 00:35:05.743

원자가 띠에 있던 전자들이 에너지를 뿔 흡수해서

00:35:05.843 --> 00:35:11.350

전도 띠로 넘어가서 전기적 흐름을 형성해주는 겁니다.

00:35:11.450 --> 00:35:15.865

온도가 올라가는 관점에서든 똑같은 관점으로 우리가 설명할 수 있다는 거죠.

00:35:15.965 --> 00:35:17.854

그래서 반도체와 부도체의 특징.

00:35:17.954 --> 00:35:25.005

바로 온도가 올라가게 되면 전기전도도는 증가한다.

00:35:25.105 --> 00:35:26.685

여기서도 참고.

00:35:26.785 --> 00:35:28.808

이건 뭐 기억할 필요는 없는데요.

00:35:28.908 --> 00:35:30.893

그러면 도체는 어떻게 될까.

00:35:30.993 --> 00:35:38.303

도체는 이미 원자가 띠와 전도띠가
겹쳐있거나 붙어있다고 말씀을 드렸죠?

00:35:38.403 --> 00:35:41.719

그래서 굉장히 전기전도도가
이미 좋은 상황이었어요.

00:35:41.819 --> 00:35:45.331

자유전자를 이미 충분히
갖고 있는 아이들 이야.

00:35:45.431 --> 00:35:50.746

따라서 이 도체는 온도가
증가하게 되면 전기전도도.

00:35:50.846 --> 00:35:53.906

전기적 흐름이 형성되는
정도는 어떻게 되느냐,

00:35:54.006 --> 00:35:58.305

오히려 감소하는 특징을
보이게 됩니다.

00:35:58.405 --> 00:36:03.764

그 이유는 바로 이 에너지띠
관점에서는 설명할 수 없는 거죠.

00:36:03.864 --> 00:36:06.284

다른 관점에서 설명을
해야 되는 겁니다.

00:36:06.384 --> 00:36:10.868

그 이론은 실제로
도선 안에 들어있는

00:36:10.968 --> 00:36:14.194

전기 저항의 관점에서
설명을 해줘야 되거든요.

00:36:14.294 --> 00:36:17.783

그런데 그 이야기는 여기서 중요한
건 아니니까 생략하고요.

00:36:17.883 --> 00:36:20.227

혹시라도 궁금한 친구들은.

00:36:20.327 --> 00:36:25.755

왜 도체는 온도가 올라가면
전기 전도도가 낮나요?

00:36:25.855 --> 00:36:30.309

이런 내용이 궁금한
친구들은 질문해주시면

00:36:30.409 --> 00:36:33.434

제가 답변을 해드리도록 할게요.

00:36:33.534 --> 00:36:34.578

그러면 이렇게 되고요.

00:36:34.678 --> 00:36:37.918

또 하나 여러분에게 여기서
용어 하나를 말씀드릴게요.

00:36:38.018 --> 00:36:41.398

이 용어도 어떤 교과서에는
등장하고 있고

00:36:41.498 --> 00:36:43.650

어떤 교과서에는
등장하지 않고 있어요.

00:36:43.750 --> 00:36:48.269

그래서 여러분이 공부하고
있는 교과서에서

00:36:48.369 --> 00:36:52.558

이 용어가 등장하고 있으면 좀
기억을 해둘 필요는 있습니다.

00:36:52.658 --> 00:36:56.860

물론 여기서 이어지는 다음
14강 반도체 소자에서

00:36:56.983 --> 00:36:59.089

중요하게 다룰 용어이기는 한데요.

00:36:59.189 --> 00:37:03.093

여기서도 미리 한번 짚고
넘어가 보도록 하겠습니다.

00:37:03.193 --> 00:37:11.356

바로 뭐냐, 원자가 띠와
전도띠가 이렇게 있죠.

00:37:11.456 --> 00:37:13.371

원자가 띠에는 뭐가
있다고 그랬어요?

00:37:13.471 --> 00:37:17.136

전자들이 존재한다고
말씀을 드렸습니다.

00:37:17.236 --> 00:37:21.664

이 원자가 띠에 있던
전자가 에너지를 얻어서

00:37:21.764 --> 00:37:24.768

전도띠로 훌쩍 넘어갔다고
생각해보겠습니다.

00:37:24.868 --> 00:37:28.792
그러면 원자가 띠에 있던 전자가
전도띠로 훌쩍 넘어가 버리면

00:37:28.892 --> 00:37:33.759
이 전자는 전도띠에 형성되어있기
때문에 자유전자가 되어버린 거죠.

00:37:33.859 --> 00:37:35.237
그러면 여기를 봅시다.

00:37:35.337 --> 00:37:41.900
원래 전자가 들어있던 위치에
해당하는 에너지 값들이 있었겠죠.

00:37:42.000 --> 00:37:44.159
그러면 그 자리가 어떻게
돼버리는 거야?

00:37:44.259 --> 00:37:45.419
비어버리죠?

00:37:45.519 --> 00:37:50.551
전자가 들어있던 자리가
비게 됩니다.

00:37:50.651 --> 00:37:56.024
그 전자가 들어있던 자리가 빈
공간을 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:37:56.124 --> 00:38:02.707
그 공간을 우리는
양공이라고 불러줍니다.

00:38:02.807 --> 00:38:08.207
그래서 이 양공에 대해서는
이어지는 14번째 주제,

00:38:08.307 --> 00:38:12.403
반도체 소자에서도 굉장히
중요하게 다루어질 거니까

00:38:12.503 --> 00:38:14.317
좀 기억을 해두시길 바랍니다.

00:38:14.417 --> 00:38:18.383
어쨌든 원자가 띠에 있던 전자가
전도띠로 넘어가게 되면

00:38:18.483 --> 00:38:23.776
원자가 띠에 있던 전자의
자리는 양공이라는 게 된다.

00:38:23.876 --> 00:38:29.917
또는 이걸 정공이라는
용어로도 사용을 합니다.

00:38:30.017 --> 00:38:34.868
이 용어도 함께 머릿속에
담아두시기를 바랍니다.

00:38:34.968 --> 00:38:41.755

그러면 이제 지금까지 배워왔던
내용이 수능 기출 유형에서는

00:38:41.855 --> 00:38:48.418

어떻게 다뤄졌었는지를 한번
알아나가 보도록 하겠습니다.

00:38:48.518 --> 00:38:50.638

1번부터 보도록 하겠습니다.

00:38:50.738 --> 00:38:56.918

지금 문제를 봤더니 문제는 고체 A와
B의 에너지띠 구조를 나타낸 거고요.

00:38:57.018 --> 00:39:02.426

A와 B는 도체 또는
절연체 중 하나입니다.

00:39:02.526 --> 00:39:10.837

여러분은 그림을 딱 보고 누가 도체고
누가 절연체인지 알 수 있어요.

00:39:10.937 --> 00:39:13.144

누가 도체고 누가 절연체일까?

00:39:13.244 --> 00:39:24.150

원자가 띠와 전도띠가 많이 떨어져
있는 A가 바로 절연체가 되고요.

00:39:24.250 --> 00:39:28.057

이 그림이 좀 흐리게 나왔는데 여기
전도띠가 이렇게 있는 거죠?

00:39:28.157 --> 00:39:30.338

이 전도띠가 애는
여기에 있습니다.

00:39:30.438 --> 00:39:36.931

원자가 띠와 전도띠가 붙어있거나 겹쳐져
있는 띠가 바로 뭐가 되는 거야?

00:39:37.031 --> 00:39:39.829

도체가 되는 거죠.

00:39:39.929 --> 00:39:45.401

그래서 $\neg$, A는 절연체이다,
맞는 표현이 되는 거고요.

00:39:45.501 --> 00:39:53.213

$\neg$, A에서 원자가 띠의 전자가 전도
띠로 전이하려면 어떻게 돼야 돼요?

00:39:53.313 --> 00:39:57.260

띠틈 이상의 에너지를
얻어야 됩니다.

00:39:57.360 --> 00:40:00.613

여기서 이런 질문 하는
친구들이 있어요.

00:40:00.713 --> 00:40:05.391

선생님, 앞에서 배웠던 원자
속 전자의 에너지 준위에서는

00:40:05.491 --> 00:40:11.686

특정 에너지 준위 값만을
흡수해야 된다고 표현을 했는데

00:40:11.786 --> 00:40:15.606

여기서는 왜 이상 자가 붙었나요?

00:40:15.706 --> 00:40:18.663

에너지 이상이라는 표현이 붙었나요?

00:40:18.763 --> 00:40:27.758

바로 뭐야? 여기서는 이 에너지와 이
에너지의 차이 값이 띠틈이예요.

00:40:27.858 --> 00:40:32.741

원자가 띠에 제일 위쪽에
있는 전자의 에너지 준위랑

00:40:32.841 --> 00:40:39.024

전도띠에 제일 아래쪽에 에너지 준위의
차이가 띠틈에 해당하는 에너지라고요.

00:40:39.124 --> 00:40:42.934

그런데 원자가 띠에는
가장 높은 곳도 있지만

00:40:43.034 --> 00:40:50.732

물론 거의 값에 차이는 없지만
가장 낮은 애도 존재하잖아요.

00:40:50.832 --> 00:40:56.803

이 바로 0.001의 에너지 준위의 차이를
두고 있는 애도 존재할 거 아닙니까.

00:40:56.903 --> 00:40:58.429

애 같은 경우는 어떻게 돼야 돼요?

00:40:58.529 --> 00:41:00.541

띠틈만 흡수하면 되나요?

00:41:00.641 --> 00:41:05.666

아니죠, 띠틈 이상을 흡수해야
전도띠로 넘어갈 수가 있겠죠.

00:41:05.766 --> 00:41:08.126

물론 제일 위에 있는
애도 마찬가지죠?

00:41:08.226 --> 00:41:10.961

애도 띠틈 이상을 흡수하게 되면

00:41:11.061 --> 00:41:15.576

전도띠 중에 이렇게 높은
준위로 올라갈 수 있는 거죠.

00:41:15.676 --> 00:41:21.061

그래서 이상 자가 붙어있다는 것도

우리가 기억을 해두셔야 되고요.

00:41:21.161 --> 00:41:26.553
B에는 상온에서 원자 사이를 자유롭게
이동할 수 있는 전자들이 많다.

00:41:26.653 --> 00:41:28.014
B는 도체예요.

00:41:28.114 --> 00:41:33.044
도체에는 전도띠와 원자가
띠가 붙어있어요.

00:41:33.144 --> 00:41:36.272
그리고 전도띠에 전자들이
존재하고 있다는 것을 뜻하고

00:41:36.372 --> 00:41:40.538
전도띠에 전자들이 존재하게 되면
자유전자들이 존재하고 있는 상황이니까

00:41:40.638 --> 00:41:43.490
자유롭게 이동할 수
있다는 것을 뜻하죠.

00:41:43.590 --> 00:41:48.901
그래서 n 도 정답,
 p 도 정답이 됩니다.

00:41:49.001 --> 00:41:53.890
가볍게 여러분이 해결할 수 있는 문제의
수준이었다, 라고 생각이 듭니다.

00:41:53.990 --> 00:41:56.987
2번 문제 들어가
보도록 하겠습니다.

00:41:57.087 --> 00:41:58.515
2번 문제는 지금 뭐야?

00:41:58.615 --> 00:42:04.071
A, B, C는 도체, 반도체,
절연체를 순서 없이 나열한 거예요.

00:42:04.171 --> 00:42:08.724
역시나 여러분은 원자가 띠와
전도띠의 간격을 보고

00:42:08.824 --> 00:42:13.938
누가 도체, 부도체, 반도체인지를
구분할 수 있어야 되죠.

00:42:14.038 --> 00:42:15.314
A가 뭘까요?

00:42:15.414 --> 00:42:22.483
원자가 띠와 전도띠의 간격이
가장 넓은 절연체이고요.

00:42:22.583 --> 00:42:23.406
B가 뭘니까?

00:42:23.506 --> 00:42:29.798
원자가 띠와 전도띠의 간격이
적당히 떨어져있는 반도체이고요.

00:42:29.898 --> 00:42:30.674
C가 뭐니까?

00:42:30.774 --> 00:42:38.640
원자가 띠와 전도띠가 거의 붙어있거나
겹쳐져 있는 도체가 됩니다.

00:42:38.740 --> 00:42:41.844
그래서 A는 절연체이다.

00:42:41.944 --> 00:42:43.441
맞는 표현이 되는 거고요.

00:42:43.541 --> 00:42:46.568
상온에서 전기 전도성이 높은 건.

00:42:46.668 --> 00:42:49.281
전기 전도도가 높은 건,
전기 전도성이 높은 건

00:42:49.381 --> 00:42:52.777
당연히 원자가 띠와 전도
띠의 간격이 작은 애겠죠.

00:42:52.877 --> 00:42:55.406
B가 C보다 좋다, 틀렸죠?

00:42:55.506 --> 00:42:59.090
C가 B보다 좋다가 되는 거고요.

00:42:59.190 --> 00:43:05.097
온도가 높을수록 B에서
양공의 수는 줄어든다.

00:43:05.197 --> 00:43:07.057
아까 말씀을 드렸던 내용이죠?

00:43:07.157 --> 00:43:11.689
온도가 높아지게 되면 원자가
띠에 있던 전자들이

00:43:11.789 --> 00:43:19.438
전도띠로 올라가 버릴 수 있어요.

00:43:19.538 --> 00:43:20.480
특정 에너지 값.

00:43:20.580 --> 00:43:23.279
띠틈의 이상의 에너지
값을 흡수하게 되면

00:43:23.379 --> 00:43:25.094
열에너지의 형태로 흡수하게 되면

00:43:25.194 --> 00:43:28.152
원자가 띠에 있던 전자들이

올라가게 되는 거니까.

00:43:28.252 --> 00:43:33.225

그러면 원자가 띠에 있던 전자들이 자리를 비우고 전도띠로 넘어가게 되면

00:43:33.325 --> 00:43:36.216

이 원자가 띠에 있던 전자들이 있던 자리는 뭐가 돼요?

00:43:36.316 --> 00:43:37.578

빈 구멍이 되죠?

00:43:37.678 --> 00:43:40.412

우리는 이 빈 구멍을 뭐라고 부르기로 했어요?

00:43:40.512 --> 00:43:42.709

양공이라고 부르기로 했죠.

00:43:42.809 --> 00:43:46.466

결국은 온도가 높아지게 되면 원자가 띠에 있던 전자들이

00:43:46.566 --> 00:43:49.344

전도띠로 많이 넘어갈 수 있게 되고

00:43:49.444 --> 00:43:53.480

전자들이 많이 넘어가게 되면 빈자리가 많이 생기니까

00:43:53.580 --> 00:43:57.181

양공 수는 늘어나게 되는 거죠.

00:43:57.281 --> 00:44:03.147

그래서 ㄷ번 보기도 틀렸음을 우리가 확인할 수 있습니다.

00:44:03.247 --> 00:44:05.574

되고 있죠?

00:44:05.674 --> 00:44:07.445

이제 3번도 보도록 하겠습니다.

00:44:07.545 --> 00:44:08.900

계속 같은 유형의 문제야.

00:44:09.000 --> 00:44:13.681

여기 단위에서는 이런 유형으로밖에는 출제되기가 곤란하지 않을까.

00:44:13.781 --> 00:44:17.970

이런 유형으로만 출제될 수밖에 없지 않을까, 라고 판단을 합니다.

00:44:18.070 --> 00:44:23.260

수능 유형의 문제에서도 이런 유형의 문제로만 출제되고 있는 거죠.

00:44:23.360 --> 00:44:29.316

A와 B는 도체와 반도체
중 하나입니다.

00:44:29.416 --> 00:44:30.889
구분할 수 있으면 되죠.

00:44:30.989 --> 00:44:33.908
누가 도체고 누가 반도체일까요?

00:44:34.008 --> 00:44:35.288
B를 봤더니 어때요?

00:44:35.388 --> 00:44:41.601
원자가 띠와 전도띠가
적당히 떨어져 있어요.

00:44:41.701 --> 00:44:44.525
그래서 B가 반도체이고요.

00:44:44.625 --> 00:44:48.512
이제 지금 여기 칠판 상황이라서
그림이 잘 안 나와서 그런데

00:44:48.612 --> 00:44:54.425
여기가 지금 전도띠인 거죠.

00:44:56.280 --> 00:44:57.588
그래서 A는 어때요?

00:44:57.688 --> 00:45:01.582
원자가 띠와 전도띠가
붙어있어요, 겹쳐있어요.

00:45:01.682 --> 00:45:04.196
그래서 A가 바로 뭐가 되는 거야?

00:45:04.296 --> 00:45:05.682
도체가 되는 거죠.

00:45:05.782 --> 00:45:09.065
그래서 A는 도체이다,
맞는 표현이고요.

00:45:09.165 --> 00:45:21.045
B에서 전자가 원자가 띠에서 전도
띠로 전이하면 양공이 생긴다.

00:45:21.145 --> 00:45:24.918
B에서 원자가 띠에 있던
전자가 전도띠로 넘어가면

00:45:25.018 --> 00:45:28.294
이 전자가 있던 자리는
빈자리가 되고요.

00:45:28.394 --> 00:45:30.528
그 빈자리가 바로 뭐인 거야?

00:45:30.628 --> 00:45:33.799
양공이라고 불러준다 그랬죠.

00:45:33.899 --> 00:45:39.439

왜 양공이라는 용어를
사용하느냐는 다음 반도체 소자.

00:45:39.539 --> 00:45:44.976

14번째 주제 반도체 소자 이야기할 때
조금 말씀을 드리도록 하겠습니다.

00:45:45.076 --> 00:45:47.775

그래서 n 보기도 맞는 보기고요.

00:45:47.875 --> 00:45:53.827

n , B에서 원자가 띠에 있던 전자가
에너지를 방출하며 전도띠로 전이한다.

00:45:53.927 --> 00:46:00.229

여기에 있던 전자가 전도띠로 넘어가려면
에너지가 높아져야 됩니다.

00:46:00.329 --> 00:46:02.698

에너지가 높아지려면
어떻게 해야 돼요?

00:46:02.798 --> 00:46:05.884

에너지를 흡수해야 되죠.

00:46:05.984 --> 00:46:07.577

에너지를 방출하면 어떻게 돼요?

00:46:07.677 --> 00:46:09.954

원자가 띠에 있던 전자가
에너지를 방출하게 되면

00:46:10.054 --> 00:46:12.607

아래쪽 에너지띠로
이동을 하게 되죠.

00:46:12.707 --> 00:46:17.961

아래쪽 에너지 준위들의 모임에
띠로 이동을 하게 되겠죠.

00:46:18.061 --> 00:46:20.443

그래서 n 번 보기는 틀렸습니다.

00:46:20.543 --> 00:46:24.633

그래서 정답은 n 과
 n 만 정답이라는 거

00:46:24.733 --> 00:46:27.206

여러분이 확인할 수
있었을 것 같고요.

00:46:27.306 --> 00:46:32.002

이제 마지막 4번 문제도
확인을 해보도록 하겠습니다.

00:46:32.102 --> 00:46:36.906

그림은 에너지띠 구조를
표현하고 있어요.

00:46:37.006 --> 00:46:38.174

A는 어때요?

00:46:38.274 --> 00:46:45.137

원자가 띠와 전도띠가
접쳐져 붙어있어요.

00:46:45.237 --> 00:46:47.835

그러면 A는 뭐라는 소리야?

00:46:47.935 --> 00:46:49.900

도체구나, 라는 걸 뜻하고요.

00:46:50.000 --> 00:46:51.188

B는 어때요?

00:46:51.288 --> 00:46:57.198

원자가 띠와 전도띠가 떨어져
있어요, 띠틈을 가지고 있어요.

00:46:57.298 --> 00:46:58.879

그러니까 B는 뭘니까?

00:46:58.979 --> 00:47:02.178

부도체 아니면 반도체가 되는 거죠.

00:47:02.278 --> 00:47:05.128

절연체 아니면 반도체가 됩니다.

00:47:05.228 --> 00:47:08.209

그래서 A는 부도체이다.

00:47:08.309 --> 00:47:09.022

틀렸죠.

00:47:09.122 --> 00:47:10.880

A는 도체입니다.

00:47:10.980 --> 00:47:14.816

전기 전도성은 A가 당연합니다.

00:47:14.916 --> 00:47:18.411

전도띠로 전자들이 얼마나
잘 넘어갈 수 있느냐.

00:47:18.511 --> 00:47:21.460

띠틈이 얼마나 좁으냐에 따라서

00:47:21.560 --> 00:47:24.498

전기 전도성이 좋냐,
안 좋냐가 결정되니까

00:47:24.598 --> 00:47:25.923

A가 B보다 좋다.

00:47:26.023 --> 00:47:28.720

당연히 맞는 표현이 되는 거고요.

00:47:28.820 --> 00:47:29.844

ㄷ 보겠습니다.

00:47:29.944 --> 00:47:37.577

B의 원자가띠에 있는 전자들의
에너지는 모두 같다.

00:47:37.677 --> 00:47:42.266
아니죠, 왜 에너지띠로
표현된다고 그랬어요?

00:47:42.366 --> 00:47:44.833
특정 에너지 준위 값에서

00:47:44.933 --> 00:47:49.325
에너지들이 아주 미세하게 에너지
값들을 나눈다 그랬죠.

00:47:49.425 --> 00:47:53.185
아주 미세하게 에너지
값들을 나누다 보니까

00:47:53.285 --> 00:47:56.580
그 값들이 띠처럼 표현되어있고

00:47:56.680 --> 00:48:01.159
그래서 우리는 이것을 에너지
띠 이론이라고 불러주죠.

00:48:01.259 --> 00:48:02.745
그래서 이거 굉장히 중요합니다.

00:48:02.845 --> 00:48:06.451
원자가 띠에 있던 전자들의
에너지는 모두 같지 않습니다.

00:48:06.551 --> 00:48:12.958
파울리의 배타원리라는 규칙성에
의해서도 설명되어질 수 있고요.

00:48:13.058 --> 00:48:16.175
그러한 특성에 의해서
전자들의 에너지 준위는

00:48:16.275 --> 00:48:20.270
모두 달라야 한다고
보고 있다는 겁니다.

00:48:20.370 --> 00:48:21.235
되셨죠?

00:48:21.335 --> 00:48:24.876
이렇게 해서 정답은 ㄴ만
정답이 됐습니다.

00:48:24.976 --> 00:48:30.466
이번 강의를 통해서 여러분은
도체, 절연체, 반도체가

00:48:30.566 --> 00:48:36.002
어떠한 물리적 구조의 차이점이 있는지를
확인할 수 있었을 것 같고요.

00:48:36.102 --> 00:48:40.689
그 물리적 구조의 차이점에

의해서 전기적 흐름의 정도가

00:48:40.789 --> 00:48:45.432
이렇게 달라졌던 거였구나, 라는 걸
여러분이 깨달을 수 있었을 것 같아요.

00:48:45.532 --> 00:48:46.948
제일 중요한 용어는 뭐?

00:48:47.048 --> 00:48:53.390
에너지띠의 관점이라는 거
기억을 해주시길 바랍니다.

00:48:53.490 --> 00:48:54.495
어렵지 않죠?

00:48:54.595 --> 00:48:58.922
충분히 여러분 것으로 쉽게 소화할
수 있었으리라 생각을 합니다.

00:48:59.022 --> 00:48:59.979
수고하셨습니다.

00:49:00.079 --> 00:49:03.441
이어지는 강의에서
뵙도록 하겠습니다.