

WEBVTT

00:00:11.518 --> 00:00:12.337

반갑습니다.

00:00:12.437 --> 00:00:15.187

물리학1 기초개념학습 벽 샘입니다.

00:00:15.287 --> 00:00:20.767

오늘은 14번째 주제, 반도체 소자에 대한 내용 진행하도록 할게요.

00:00:20.867 --> 00:00:26.751

지난 시간에 배웠던 에너지띠 관점에서 설명한 반도체랑

00:00:26.851 --> 00:00:30.403

오늘 설명할 반도체가 약간 좀 다릅니다.

00:00:30.503 --> 00:00:34.233

왜 다르냐, 똑같은 반도체인데 왜 다르냐요?

00:00:34.333 --> 00:00:38.888

거듭 말씀드리고 있지만 앞선 강의에서도 말씀을 드렸지만

00:00:38.988 --> 00:00:42.740

원자 속 세계가 눈에 보여, 안 보여? 안 보여요.

00:00:42.840 --> 00:00:44.793

분자도 사실은 눈에 잘 안 보여요.

00:00:44.893 --> 00:00:50.371

우리가 아무리 좋은 현미경을 만들어도 분자 또는 원자.

00:00:50.471 --> 00:00:53.506

그 원자 안에 들어있는 전자들의 세계를

00:00:53.606 --> 00:00:59.703

우리가 눈으로 확인하는 건 불가능하다고 말씀을 드렸죠.

00:00:59.803 --> 00:01:01.393

왜 못 보는지 기억나?

00:01:01.493 --> 00:01:05.837

아무리 좋은 현미경을 만들어도 못 본다고 말씀을 드렸었어요.

00:01:05.937 --> 00:01:07.039

기억하실 것 같고요.

00:01:07.139 --> 00:01:14.366

그렇기 때문에 이 원자 속 세계를 표현하는 표현 방법들이

00:01:14.466 --> 00:01:17.008  
조금씩 다를 수 있어요.

00:01:17.108 --> 00:01:19.089  
이런 관점에서는 이렇게 설명하고

00:01:19.189 --> 00:01:22.025  
저런 관점에서는 저렇게  
설명하는 것들이 있습니다.

00:01:22.125 --> 00:01:25.160  
그래서 그 차이에  
의해서 오늘 반도체를

00:01:25.260 --> 00:01:28.298  
또 다른 표현으로 정의를  
내도록 하겠고요.

00:01:28.398 --> 00:01:34.645  
그 반도체 원소를 이용해서 우리는  
부품을 만들고 있습니다.

00:01:34.745 --> 00:01:39.247  
전기회로 안에 들어있는  
부품을 만들어요.

00:01:39.347 --> 00:01:42.406  
그 부품을 우리는  
소자라고 부릅니다.

00:01:42.506 --> 00:01:47.147  
그 소자가 어떠한 특성을 갖고  
있는지를 말씀드리도록 할게요.

00:01:47.247 --> 00:01:50.767  
오늘 강의를 통해서 여러분이 반드시  
기억해야 될 핵심 용어들입니다.

00:01:50.867 --> 00:01:53.407  
오늘 관점에서 설명할,  
지난 시간에는

00:01:53.507 --> 00:01:56.398  
에너지띠 관점에서  
반도체를 설명했다면

00:01:56.498 --> 00:02:00.672  
오늘 설명할 관점에서  
표현되어지는 반도체는

00:02:00.772 --> 00:02:03.274  
어떠한 물리적 특성을 갖고 있느냐.

00:02:03.374 --> 00:02:07.308  
똑같은 반도체인데 다른  
관점으로 설명을 하는 거고요.

00:02:07.408 --> 00:02:13.804  
그 반도체를 조금 변형시킨 p형 반도체라는  
것과 n형 반도체라는 게 있습니다.

00:02:13.904 --> 00:02:17.653  
애네들은 어떠한 특성을 갖고 있는지  
말씀을 드리도록 하겠고요.

00:02:17.753 --> 00:02:21.956  
그 반도체들을 이용해서  
전기회로 안에

00:02:22.056 --> 00:02:24.379  
소자, 부품을 만들었다 그랬어요.

00:02:24.479 --> 00:02:28.421  
그 부품에 바로 다이오드라는  
애가 있고요.

00:02:28.521 --> 00:02:32.071  
LED 발광 다이오드라는  
애가 있습니다.

00:02:32.171 --> 00:02:37.231  
애네들은 어떻게 작동되어질 수 있는지에  
대해서도 말씀을 드리도록 하겠고요.

00:02:37.331 --> 00:02:45.170  
그 다이오드 또는 LED, 발광 다이오드를  
건전지에 연결해서 작동시키잖아요?

00:02:45.270 --> 00:02:47.471  
그 건전지에 연결하는 형태에 따라서

00:02:47.571 --> 00:02:52.546  
우리는 순방향 연결, 역방향  
연결이라는 표현을 사용하고요.

00:02:52.646 --> 00:03:01.515  
그 역방향 연결에 의해서 이 다이오드가  
보여지는 전기적 특성을 가지고

00:03:01.615 --> 00:03:09.631  
우리는 정류작용을 일으키는 회로를 구성할  
수 있다고 말씀을 드릴 수가 있어요.

00:03:09.731 --> 00:03:13.668  
그래서 오늘 이런 내용을  
여러분이 좀 익히셔서

00:03:13.768 --> 00:03:18.089  
이 단원의 내용도 완벽하게  
여러분 걸로 소화할 수 있는

00:03:18.189 --> 00:03:21.940  
그런 기회를 부여잡기 바랍니다.

00:03:22.040 --> 00:03:24.964  
그러면 오늘 내용  
시작하도록 하겠습니다.

00:03:25.064 --> 00:03:30.182  
우리가 표현하는 이  
반도체를 지난 시간에는

00:03:30.282 --> 00:03:37.542  
에너지띠와 전도띠가 적당히 떨어져  
있는 애를 반도체라고 부르기로 했었죠.

00:03:37.642 --> 00:03:39.899  
오늘 관점에서 설명하는 반도체는.

00:03:39.999 --> 00:03:42.554  
어차피 눈에 보이지  
않는 세계이다 보니까

00:03:42.654 --> 00:03:45.414  
다른 관점으로 오늘은  
설명을 해보는 거야.

00:03:45.514 --> 00:03:47.264  
어떤 관점에서 설명하느냐,

00:03:47.364 --> 00:03:51.902  
옥텟규칙이라는 게 있습니다.

00:03:52.002 --> 00:03:53.111  
중요한 거 아니야.

00:03:53.211 --> 00:03:54.755  
그냥 참고하시면 됩니다.

00:03:54.855 --> 00:03:59.227  
이 옥텟규칙이란 뭐냐, 원자 속  
세계가 눈에 보이지 않아요.

00:03:59.327 --> 00:04:05.391  
그런데 이 원자 속 세계에  
들어있는 전자들이 특정 궤도.

00:04:05.491 --> 00:04:08.991  
전자들이 존재할 수 있는 특정  
궤도들이 존재한다 그랬죠?

00:04:09.091 --> 00:04:15.895  
그 궤도 중에 가장 바깥쪽  
궤도, 가장 바깥쪽 껍질.

00:04:15.995 --> 00:04:25.228  
원자가 전자가 8개가 되면 안정인  
거로 하자는 게 옥텟규칙입니다.

00:04:25.328 --> 00:04:27.016  
다시 말씀을 드릴게요.

00:04:27.116 --> 00:04:28.625  
사실은 굉장히 중요합니다.

00:04:28.725 --> 00:04:31.809  
옥텟규칙이라는 용어는  
중요하지 않은데

00:04:31.909 --> 00:04:35.111  
지금부터 설명드릴 표현은  
굉장히 중요합니다.

00:04:35.211 --> 00:04:44.310  
원자 속에 들어있는 전자들 중에 가장 바깥쪽 궤도에 존재하는 전자들을

00:04:44.410 --> 00:04:47.640  
우리는 원자가 전자라고 불러줍니다.

00:04:47.740 --> 00:04:50.209  
최외각 전자라고 불러줍니다.

00:04:50.309 --> 00:05:04.943  
이 원자가 전자가 8개가 되면 안정인 원자로 하자, 라는 게 옥텟규칙이라고요.

00:05:07.078 --> 00:05:12.892  
그런데 이 반도체라고 부르는 애는 옥텟규칙에 의해서

00:05:12.992 --> 00:05:18.133  
최외각 전자가 8개인 애들이 안정인데

00:05:18.233 --> 00:05:28.622  
반도체라고 부르는 애들은 원자가 전자가 4개 있는 아이들을

00:05:28.722 --> 00:05:32.844  
우리는 반도체라고 부르기로 했습니다.

00:05:32.944 --> 00:05:38.363  
반도체라고 부르는 애들은 원자가 전자가 4개다.

00:05:38.463 --> 00:05:40.939  
물론 우리가 앞서서 배웠던 내용.

00:05:41.039 --> 00:05:45.506  
파울리의 배타원리에 의해서 원자가 전자 4개라고 그랬어요.

00:05:45.606 --> 00:05:48.491  
최외각 전자를 4개 갖고 있는 애들을 반도체라고 부른다 그랬죠?

00:05:48.591 --> 00:05:51.701  
이 4개의 에너지 준위는 모두 같아요?

00:05:51.801 --> 00:05:52.947  
모두 다르겠죠.

00:05:53.047 --> 00:05:57.126  
동일한 궤도에 있지만 에너지 값들은

00:05:57.226 --> 00:06:00.565  
아주 미세하게 차이가 나게 구성되어있다는 게

00:06:00.665 --> 00:06:03.478  
파울리의 배타원리였었죠.

00:06:03.578 --> 00:06:07.217

이 파울리의 배타원리  
용어는 중요하지 않죠.

00:06:07.317 --> 00:06:10.031

그렇지만 에너지 값들은  
미세하게 다르더라.

00:06:10.131 --> 00:06:15.039

어쨌든 반도체라고  
부르는 아이의 원소는

00:06:15.139 --> 00:06:19.551  
원자가 전자가 4개 있는 아이다.

00:06:19.651 --> 00:06:25.116

이게 바로 오늘 우리가  
표현할 반도체였습니다.

00:06:25.216 --> 00:06:30.295

그러면 이 반도체를 가지고  
우리는 장난질을 칩니다.

00:06:30.395 --> 00:06:35.014  
왜 장난질을 치느냐는 조금 이따가  
말씀을 드리도록 할게요.

00:06:35.114 --> 00:06:39.540

어쨌든 원자가 전자가  
4개인 반도체를

00:06:39.640 --> 00:06:41.056

우리는 뭐라고 부르느냐,

00:06:41.156 --> 00:06:44.565

순수반도체라고 불러줍니다.

00:06:44.665 --> 00:06:49.698

그래서 이 순수반도체라고 불러주는  
아이는 저마늄, 실리콘.

00:06:49.798 --> 00:06:52.034

이런 애들이 순수반도체이고요.

00:06:52.134 --> 00:06:55.568

순수반도체라고 부르는 애들은 원자가  
전자가 몇 개 있는 애들?

00:06:55.668 --> 00:07:00.454

4개, 이걸 4가  
원소라고 불러주게 되죠.

00:07:00.554 --> 00:07:05.714

원자가 전자가 4개 있으면 이거를  
4가 원소라고 불러줍니다.

00:07:05.814 --> 00:07:10.680

이 순수반도체라고  
부르는 4가 원소에

00:07:10.780 --> 00:07:14.561  
바로 불순물을 섞는 행위를 합니다.

00:07:14.661 --> 00:07:17.896  
이 행위를 우리는 뭐라고 부르느냐,

00:07:17.996 --> 00:07:20.334  
도핑이라고 불러요.

00:07:20.434 --> 00:07:23.263  
이 도핑이란 불순물을 섞는 거야.

00:07:23.363 --> 00:07:30.228  
이때 불순물에 섞는 방법에  
두 가지가 있습니다.

00:07:30.328 --> 00:07:37.222  
바로 순수반도체 4가에 5가  
원소를 섞어주는 방법과

00:07:37.322 --> 00:07:40.211  
3가 원소를 섞어주는  
방법이 있습니다.

00:07:40.311 --> 00:07:42.202  
5가 원소란 뭐야?

00:07:42.302 --> 00:07:46.751  
최외각 전자, 원자가 전자가  
옥텟규칙에 의해서 8개가 안정인데

00:07:46.851 --> 00:07:51.096  
애는 5개인 원소들이 있어요.

00:07:51.196 --> 00:07:54.645  
그 5개인 원소들을  
섞어주기도 하고요.

00:07:54.745 --> 00:08:01.224  
옥텟규칙에 의해서 최외각 전자,  
원자가 전자가 8개가 안정인데

00:08:01.324 --> 00:08:03.068  
3개 있는 애들이 있습니다.

00:08:03.168 --> 00:08:08.190  
그 3개를 가지고 있는 애들을  
섞어주는 행위를 합니다.

00:08:08.290 --> 00:08:13.560  
그러면 순수반도체 4가에  
최외각 전자가 5개.

00:08:13.660 --> 00:08:16.601  
5가 원소를 결합 시켜줍니다.

00:08:16.701 --> 00:08:18.797  
이 결합을 시키는 방법은

00:08:18.897 --> 00:08:23.357  
우리가 화학 시간에 배우는

공유결합이라는 걸 이용해요.

00:08:23.457 --> 00:08:24.981  
여기서는 중요한 거 아니야.

00:08:25.081 --> 00:08:29.792  
어쨌든 4가 원소에  
5가 원소를 결합해요.

00:08:29.892 --> 00:08:30.982  
그러면 이제 몇 개가 됩니까?

00:08:31.082 --> 00:08:33.426  
4가에 5가를 섞으면  
몇 개가 돼요?

00:08:33.526 --> 00:08:34.760  
9개가 돼요.

00:08:34.860 --> 00:08:37.752  
몇 개가 안정인 거로  
한다고 그랬어?

00:08:37.852 --> 00:08:42.210  
8개가 안정인 거로 하는데  
애는 몇 개가 되어버렸어요?

00:08:42.310 --> 00:08:43.620  
9개가 됐어요.

00:08:43.720 --> 00:08:45.082  
그러면 애는 어떻게  
하려고 그럴까요?

00:08:45.182 --> 00:08:51.190  
안정이 되기 위해서 전자  
하나를 버리겠죠.

00:08:51.290 --> 00:08:56.085  
그러면 8개가 되면서 버려진  
전자가 존재하게 됩니다.

00:08:56.185 --> 00:08:58.918  
이 버려진 전자는  
어떻게 되는 거야?

00:08:59.018 --> 00:09:04.110  
버려졌기 때문에 자유롭게 떠돌아다닐  
수 있는 전자가 됩니다.

00:09:04.210 --> 00:09:08.863  
우리는 이 자유롭게 떠돌아다닐 수  
있는 전자를 뭐라고 부르기로 했어요?

00:09:08.963 --> 00:09:11.625  
자유전자라고 부르기로 했죠?

00:09:11.725 --> 00:09:16.682  
그래서 이 4가 원소에  
5가 원소를 섞어주게 되면

00:09:16.782 --> 00:09:19.079  
바로 뭐가 만들어진다고 표현하느냐,

00:09:19.179 --> 00:09:25.024  
자유전자가 만들어진다고  
표현을 합니다.

00:09:25.124 --> 00:09:32.670  
이렇게 4가 원소에 5가 원소를  
섞어서 자유전자를 가지고 있는

00:09:32.770 --> 00:09:37.723  
새로운 형태의 반도체를  
무슨 반도체라고 부르느냐,

00:09:37.823 --> 00:09:42.430  
n형 반도체라고 불러줍니다.

00:09:42.530 --> 00:09:45.691  
이 n형에 n이 뭐의 이니셜이냐면,

00:09:45.791 --> 00:09:47.858  
negative의 이니셜이에요.

00:09:47.958 --> 00:09:51.872  
이 전자는 전기적으로 마이너스의  
성격을 띠고 있잖아요.

00:09:51.972 --> 00:09:57.282  
그 마이너스인 성질을 가지고  
있는 반도체라는 의미.

00:09:57.382 --> 00:10:02.874  
네거티브형 반도체라고 불러줍니다.

00:10:02.974 --> 00:10:10.147  
그러면 순수반도체 4가 원소에  
이번에는 3가 원소를 섞어줍니다.

00:10:10.247 --> 00:10:13.951  
3가 원소를 섞어주면  
공유결합을 시켜주면

00:10:14.051 --> 00:10:15.937  
최외각 전자가 몇 개가 됩니까?

00:10:16.037 --> 00:10:21.199  
최외각 전자 4개 있는 애랑 최외각 전자  
3개 있는 애를 공유결합 시켰다고요.

00:10:21.299 --> 00:10:23.158  
그러면 최외각 전자가  
몇 개가 되는 거야?

00:10:23.258 --> 00:10:25.723  
7개가 되는 거잖아?

00:10:25.823 --> 00:10:27.303  
몇 개가 안정이라고 그랬어?

00:10:27.403 --> 00:10:30.847

8개가 안정인데 애는  
7개밖에 없습니다.

00:10:30.947 --> 00:10:32.567  
그러면 애는 어떻게  
하려고 그럴까요?

00:10:32.667 --> 00:10:41.071  
이 빈 하나를 채우려고 주변에  
있는 전자를 빨아당기겠죠.

00:10:41.171 --> 00:10:42.332  
바로 이 자리.

00:10:42.432 --> 00:10:50.154  
4가에 3가를 섞어주면 빈 전자를  
받아들일 수 있는 빈자리가 생기지요.

00:10:50.254 --> 00:10:55.552  
애는 안정이 되기 위해서 이  
빈자리의 전자를 채우기 위해서

00:10:55.652 --> 00:10:57.166  
주변에서 빨아당깁니다.

00:10:57.266 --> 00:10:59.760  
결국 이 빈자리가  
어떻게 되는 거야?

00:10:59.860 --> 00:11:03.782  
전자를 빨아당기는  
것처럼 행동하겠죠?

00:11:03.882 --> 00:11:08.719  
전자를 빨아당길 수 있는,  
전기적으로 마이너스인 애를

00:11:08.819 --> 00:11:12.038  
당길 수 있는 힘을 가지고  
있는 애는 누구니까?

00:11:12.138 --> 00:11:13.465  
바로 플러스죠.

00:11:13.565 --> 00:11:23.244  
바로 이 빈자리가 마치 플러스처럼  
주변에 있는 전자를 당긴다고 해서

00:11:23.344 --> 00:11:27.952  
이 빈자리를 우리는 뭐라고  
부르기로 했느냐,

00:11:28.052 --> 00:11:31.575  
양공이라고 부르기로 했습니다.

00:11:31.675 --> 00:11:34.820  
또는 정공이라고 불러요.

00:11:34.920 --> 00:11:41.105  
빈 구멍이다, 라는 뜻인데 빈  
구멍이 플러스처럼 행동하기 때문에

00:11:41.205 --> 00:11:45.523

그 빈 구멍을 우리는  
양공이라고 불러요.

00:11:45.623 --> 00:11:48.807

그래서 이 양공이 사실은  
엄밀하게 이야기하면

00:11:48.907 --> 00:11:50.794

그냥 빈자리입니다.

00:11:50.894 --> 00:11:54.676

빈자리이긴 하지만 우리 수준에서는

00:11:54.776 --> 00:12:00.342

그냥 플러스라고 생각하고  
넘어가도록 할게요.

00:12:00.442 --> 00:12:02.176

중요한 건 아니야.

00:12:03.754 --> 00:12:09.724

이처럼 4가에 3가를 결합하면  
양공이라는 게 생기고요.

00:12:09.824 --> 00:12:14.515

그렇게 생긴 새로운 형태의  
반도체를 우리는 뭐라고 부르느냐,

00:12:14.615 --> 00:12:19.522

p형 반도체라고 불러줍니다.

00:12:19.622 --> 00:12:21.423

이 p형 반도체의 p.

00:12:21.523 --> 00:12:23.506

이건 뭐의 이니셜일 거 같아요?

00:12:23.606 --> 00:12:26.664

n형 반도체 n은  
negative(네거티브)였죠?

00:12:26.764 --> 00:12:31.910

그러면 p형 반도체의  
p는 뭐의 이니셜일까?

00:12:32.010 --> 00:12:35.067

positive(포지티브)입니다.

00:12:35.167 --> 00:12:37.189

플러스, 더하기 이런 의미잖아요?

00:12:37.289 --> 00:12:40.627

결국 플러스의 성질을 가지고 있는,

00:12:40.727 --> 00:12:46.807

양공을 가지고 있는 반도체라는  
의미의 p형 반도체입니다.

00:12:46.907 --> 00:12:54.453

그래서 순수반도체에 불순물을  
섞어줘서 새롭게 형성된 반도체를

00:12:54.553 --> 00:12:56.566

우리는 바로 뭐라고  
부르기로 했느냐,

00:12:56.666 --> 00:13:02.281

불순물 반도체라고 불러줍니다.

00:13:02.381 --> 00:13:05.409

바로 이 불순물 반도체에  
두 종류가 있는 거죠.

00:13:05.509 --> 00:13:08.689

p형 반도체와 n형  
반도체가 존재한다.

00:13:08.789 --> 00:13:11.862

여기서 여러분이 또 하나  
중요하게 기억할 건 바로 뭐냐,

00:13:11.962 --> 00:13:18.177

이 자유전자와 양공을 우리는  
어떠한 용어로 표현하냐면,

00:13:18.277 --> 00:13:24.893

전하 운반자라는 용어로  
표현을 합니다.

00:13:24.993 --> 00:13:28.020

이 전하 운반자라는 의미가 뭐냐면,

00:13:28.120 --> 00:13:34.599

전기적 흐름을 형성할 수  
있는 입자라는 의미입니다.

00:13:34.699 --> 00:13:38.608

전기적 흐름을 형성할  
수 있는 입자.

00:13:38.708 --> 00:13:44.361

결국 n형 반도체는 자유전자가  
전기적 흐름을 형성하겠죠.

00:13:44.461 --> 00:13:47.503

왜? 전자들이 존재하니까.

00:13:47.603 --> 00:13:51.685

그 전자들에 의해서 전기적  
흐름이 형성한다.

00:13:51.785 --> 00:13:54.034

자유전자들이 존재하니까  
그 자유전자에 의해서

00:13:54.134 --> 00:13:56.669

전기적 흐름이 형성된다는 거고요.

00:13:56.769 --> 00:14:01.486

p형 반도체는 양공이 전기적

흐름을 형성한다는 거죠.

00:14:01.586 --> 00:14:04.795

양공이 주변에 있는  
전자를 빨아당김으로써

00:14:04.895 --> 00:14:08.995

전기적 흐름을 형성하게  
한다는 의미로

00:14:09.095 --> 00:14:16.182

p형 반도체는 전하 운반자가  
양공이라고 불러주게 됩니다.

00:14:16.282 --> 00:14:19.115  
그러면 여기서 쓸데없는 이야기.

00:14:19.215 --> 00:14:26.104  
중요한 건 아니지만 왜 굳이  
순수반도체에 불순물을 섞어서

00:14:26.204 --> 00:14:30.706  
n형 반도체랑 p형  
반도체를 형성할까를

00:14:30.806 --> 00:14:34.241  
참고로 조금 말씀을  
드려보도록 하겠습니다.

00:14:34.341 --> 00:14:37.994  
바로 에너지띠 관점에서 조금  
설명을 할 수가 있어요.

00:14:38.094 --> 00:14:43.357  
에너지띠 관점에서 보면 반도체는  
어떤 특성을 갖고 있었던 애죠?

00:14:43.457 --> 00:14:52.796  
원자가 띠와 전도띠가  
적당히 떨어져 있던 아이를

00:14:52.896 --> 00:14:57.326  
우리는 바로 반도체라고 불렀습니다.

00:14:57.426 --> 00:15:01.607  
이 반도체에서 전기적 흐름을  
형성하려면 어떻게 해야 돼요?

00:15:01.707 --> 00:15:07.584  
원자가 띠에 있던 전자를  
전도띠로 올려줘야 되죠.

00:15:07.684 --> 00:15:16.701  
여기 원자가 띠, 그리고  
여기가 전도띠.

00:15:17.274 --> 00:15:22.472  
띠틈 이상의 에너지가 공급되어야만  
원자가 띠에 있던 전자를

00:15:22.572 --> 00:15:26.070

전도띠로 넘겨줄 수가 있습니다.

00:15:26.170 --> 00:15:29.400

그런데 이제 n형  
반도체를 만들잖아요?

00:15:29.500 --> 00:15:33.498

그러면 자유전자가  
형성된다고 그랬어요.

00:15:33.598 --> 00:15:36.080

떠돌아다닐 수 있는  
자유전자가 형성되는데

00:15:36.180 --> 00:15:41.824

이 자유전자의 에너지 준위가  
어디에 형성되느냐,

00:15:41.924 --> 00:15:49.268

만들어진 자유전자의 에너지 준위가  
전도띠 바로 아래에 형성됩니다.

00:15:49.368 --> 00:15:55.092

그러면 이거는 어떤  
특성을 갖고 있느냐,

00:15:55.233 --> 00:16:01.811

순수반도체의 원자가 띠와 전도  
띠가 이 정도 차이가 있었는데

00:16:01.911 --> 00:16:08.583

바로 n형 반도체를 형성하게  
되면서 자유전자의 에너지 준위가

00:16:08.683 --> 00:16:11.166

전도띠 아래에 형성됨으로써

00:16:11.266 --> 00:16:18.091

결국 전도띠와 원자가 띠의 간격이  
좁아지는 현상이 발생하게 되는 거죠.

00:16:18.191 --> 00:16:22.810

이 원자가 띠와 전도띠의 간격이  
좁아지면 뭐가 좋은 거냐,

00:16:22.910 --> 00:16:27.633

미세한 전기적 에너지의  
공급에 의해서

00:16:27.733 --> 00:16:32.589

전기가 흐르냐, 흐르지 않느냐가  
결정될 수 있다는 겁니다.

00:16:32.689 --> 00:16:37.396

무슨 말이냐, 원자가 띠와 전도  
띠가 순수반도체는 이 폭이 넓으면

00:16:37.496 --> 00:16:42.111

큰 에너지를 줘야 전기가 흐르냐, 안  
흐르냐를 결정지어줄 수 있어요.

00:16:42.211 --> 00:16:44.483  
그런데 n형 반도체를 만들게 되면

00:16:44.583 --> 00:16:48.278  
원자가 띠와 전도띠의 간격이  
좁아지는 효과가 발생하니까

00:16:48.378 --> 00:16:54.891  
좀 더 미세한 에너지를 조절해서 흐르냐,  
안 흐르냐를 결정지을 수 있죠.

00:16:54.991 --> 00:16:59.986  
결국 좀 더 정밀해진다는  
표현을 사용할 수 있습니다.

00:17:00.086 --> 00:17:04.933  
결국 좀 더 정밀하게 전기적  
흐름을 조절하기 위해서

00:17:05.033 --> 00:17:08.603  
n형 반도체를 사용하게  
된다는 거고요.

00:17:08.703 --> 00:17:11.206  
p형 반도체는 양공이  
만들어진다고 그랬죠?

00:17:11.306 --> 00:17:15.512  
이 양공의 에너지 준위가  
바로 어디에 형성되느냐,

00:17:15.612 --> 00:17:19.068  
원자가 띠 위에 형성됩니다.

00:17:19.168 --> 00:17:23.369  
그래서 결과적으로 이때도 어떤  
특징을 갖게 되는 거야?

00:17:23.469 --> 00:17:26.860  
p형 반도체를 만들게  
되면 순수반도체보다

00:17:26.960 --> 00:17:31.999  
원자가 띠와 전도띠의 간격이  
좁아지는 일이 발생하게 되는 거죠.

00:17:32.099 --> 00:17:35.145  
원자가 띠와 전도띠의  
간격이 좁아지게 되면

00:17:35.245 --> 00:17:40.610  
좀 더 정밀하게 신호를 조절해서,  
에너지 값을 조절해서

00:17:40.710 --> 00:17:42.799  
전기적 흐름을 형성할 수도 있고

00:17:42.899 --> 00:17:46.201  
형성하지 않게 할 수도  
있다는 특징을 보입니다.

00:17:46.301 --> 00:17:52.906  
그래서 순수반도체보다는 n형  
반도체랑 p형 반도체를 이용해서

00:17:53.006 --> 00:17:56.838  
전기회로에 사용을 하고 있는 거죠.

00:17:56.938 --> 00:17:58.749  
이거 반드시 외우셔야 됩니다.

00:17:58.849 --> 00:18:00.035  
외우면 끝나는 거야.

00:18:00.135 --> 00:18:01.956  
이해하고 말고가 없어.

00:18:02.056 --> 00:18:04.789  
그냥 외우면 끝나는 내용입니다.

00:18:04.889 --> 00:18:10.042  
그러면 오늘 또 여러분이 배워야  
될 건 바로 뭐냐,

00:18:10.142 --> 00:18:13.514  
전기소자에 대한 내용이고요.

00:18:13.614 --> 00:18:17.956  
이 전기소자란 뭐라고 그랬어?  
부품이라고 그랬죠?

00:18:18.056 --> 00:18:24.247  
그 부품 중에 우리가 중요하게 다룰  
부품은 다이오드라는 아이고요.

00:18:24.347 --> 00:18:30.675  
그리고 다이오드가 응용되어있는 LED에  
대해서 이야기를 해보도록 하겠습니다.

00:18:30.775 --> 00:18:37.497  
먼저 다이오드를 말씀드리고 발광  
다이오드를 설명드리도록 할게요.

00:18:37.597 --> 00:18:42.439  
이 다이오드란 어떤  
아이를 불러주느냐,

00:18:42.539 --> 00:18:53.506  
바로 p형 반도체와 n형  
반도체를 접착시켜놓은 애를

00:18:53.606 --> 00:18:57.648  
우리는 다이오드라고  
불러주게 됩니다.

00:18:57.748 --> 00:19:06.117  
그러면 이 다이오드를 구성해서 건전지에  
연결해서 회로를 구성하는데요.

00:19:06.217 --> 00:19:11.323  
건전지 연결 형태는  
두 가지가 있겠죠.

00:19:11.423 --> 00:19:17.651  
p형 반도체와 n형 반도체를 붙여놓은  
아이를 우리는 다이오드라고 부르고요.

00:19:17.751 --> 00:19:23.752  
이 다이오드를 이용해서 전기소자로  
전기회로를 구성하게 되면

00:19:23.852 --> 00:19:28.225  
건전지를 연결해야 되는데  
건전지 연결 형태는 이렇게

00:19:28.325 --> 00:19:31.574  
두 가지가 존재할 수 있습니다.

00:19:31.674 --> 00:19:34.235  
여기 지금 건전지 기호죠?

00:19:34.335 --> 00:19:36.972  
건전지 기호에서 여러분이  
기억할 건 뭡니까?

00:19:37.072 --> 00:19:40.054  
긴 쪽이 뭡니까?

00:19:40.154 --> 00:19:41.015  
플러스 극.

00:19:41.115 --> 00:19:43.101  
짧은 쪽이 마이너스 극이다.

00:19:43.201 --> 00:19:47.557  
긴 쪽이 플러스 극, 짧은 쪽이  
마이너스 극이다, 라는 걸

00:19:47.657 --> 00:19:50.610  
여러분이 일단 기억을  
하고 계셔야 됩니다.

00:19:50.710 --> 00:19:52.800  
그러면 이제 보도록 하겠습니다.

00:19:52.900 --> 00:19:57.770  
p형 반도체에는 뭐가  
존재한다고 그랬어요?

00:19:57.870 --> 00:20:03.188  
양공이 존재한다고 했습니다.

00:20:03.288 --> 00:20:08.359  
원래는 이 양공이 그냥 빈  
구멍인데 우리 수준에서는

00:20:08.459 --> 00:20:11.289  
그냥 플러스처럼 생각하면  
된다고 그랬죠?

00:20:11.389 --> 00:20:15.539  
n형 반도체에는 뭐가 존재해요?

00:20:15.639 --> 00:20:20.987  
전자들이 이렇게 존재합니다.

00:20:21.087 --> 00:20:28.444  
p형 반도체에는 플러스,  
양공이 존재하고요.

00:20:28.544 --> 00:20:35.250  
n형 반도체에는 전자가  
이렇게 존재를 합니다.

00:20:35.350 --> 00:20:42.209  
이때 여기를 보시면 플러스 극에  
p형 반도체가 연결되어있고

00:20:42.309 --> 00:20:47.342  
마이너스 극에 n형  
반도체가 연결되어있습니다.

00:20:47.442 --> 00:20:49.467  
그러면 어떤 일이 일어날까요?

00:20:49.567 --> 00:20:52.044  
우리가 너무나도 잘 알고  
있는 사실 하나, 뭘니까?

00:20:52.144 --> 00:20:57.222  
플러스는 플러스를 밀고  
마이너스를 당긴다.

00:20:57.322 --> 00:21:01.758  
마이너스는 마이너스를  
밀고 플러스를 당긴다.

00:21:01.858 --> 00:21:06.009  
그러면 어떻게 되느냐, 이  
건전지의 플러스 극이

00:21:06.109 --> 00:21:12.256  
이 p형 반도체에 있는 양공을  
밀고 전자를 당겨줄 거고요.

00:21:12.356 --> 00:21:20.280  
건전지에 마이너스 극이 전자를 밀고  
양공을 당기는 효과가 발생할것죠.

00:21:20.380 --> 00:21:23.062  
따라서 어떤 일이 일어나느냐,

00:21:23.162 --> 00:21:30.297  
양공은 바로 플러스가 밀어내는 힘에  
의해서 이쪽으로 이동하게 되고요.

00:21:30.397 --> 00:21:33.754  
전자는 마이너스가  
밀어내는 힘에 의해서

00:21:33.854 --> 00:21:37.697  
이쪽으로 이동을 하게 됩니다.

00:21:38.303 --> 00:21:42.443

결국 어떤 일이  
일어난다고 표현하느냐,

00:21:42.543 --> 00:21:46.317

플러스 극과 마이너스  
극을 연결했을 때

00:21:46.417 --> 00:21:53.016

p형 반도체 쪽에 플러스 극, n형 반도체  
쪽에서 마이너스 극을 연결하게 되면

00:21:53.116 --> 00:21:57.281

양공과 전자가, 굉장히  
중요한 표현입니다.

00:21:57.381 --> 00:22:23.380

양공과 전자가 애네 둘을 붙여놓은 이  
사이를 접합면이라고 부르거든요.

00:22:23.480 --> 00:22:34.792

바로 양공과 전자가 접합면  
쪽으로 이동한다고 표현합니다.

00:22:34.892 --> 00:22:38.051

양공과 전자가 접합면  
쪽으로 이동한다.

00:22:38.151 --> 00:22:39.072

그러면 이제 어떻게 돼요?

00:22:39.172 --> 00:22:44.313

양공과 전자가 접합면 쪽으로 이동해서  
당연히 마이너스가 플러스를 당기고

00:22:44.413 --> 00:22:45.984

플러스가 마이너스를 당길 거니까

00:22:46.084 --> 00:22:54.375

애네가 크로스 해서 전기적  
흐름이 쪽 형성될 수 있겠죠.

00:22:54.475 --> 00:22:59.321

전기적 흐름이 쪽 제대로 형성되니까  
이 건전지에서 어떻게 될까요?

00:22:59.421 --> 00:23:02.463

빛이 나게 됩니다.

00:23:02.563 --> 00:23:06.517

결국은 이 회로에  
전류가 흐르게 되죠.

00:23:06.617 --> 00:23:10.486

이렇게 연결하게 되면  
회로에 전류가 흐릅니다.

00:23:10.586 --> 00:23:16.786

회로에 전류가.

00:23:16.886 --> 00:23:18.687

전류란 뭐야? 전기적 흐름이죠?

00:23:18.787 --> 00:23:23.050  
전류가 흐른다.

00:23:23.150 --> 00:23:25.677  
이때 전류는 어디서 어디로 흘러요?

00:23:25.777 --> 00:23:30.247  
건전지의 플러스 극에서 나와서  
마이너스 극 쪽으로 들어가죠.

00:23:30.347 --> 00:23:35.400  
따라서 전기적 흐름은 바로  
건전지의 플러스 극에서 나와서

00:23:35.500 --> 00:23:39.346  
마이너스 극으로 이동하는  
이런 전류의 흐름.

00:23:39.446 --> 00:23:41.684  
전류는 I라고 표현합니다.

00:23:41.784 --> 00:23:43.818  
전류의 흐름을 이렇게 표현한다.

00:23:43.918 --> 00:23:46.914  
결과적으로 p형 반도체에서  
n형 반도체 쪽으로

00:23:47.014 --> 00:23:51.405  
전류의 흐름이 형성된다고  
표현을 하게 되고요.

00:23:51.505 --> 00:23:53.045  
이런 연결 형태.

00:23:53.145 --> 00:23:55.724  
p형 반도체 쪽에  
건전지의 플러스 극,

00:23:55.824 --> 00:23:59.185  
n형 반도체 쪽에 건전지의  
마이너스 극을 연결한

00:23:59.285 --> 00:24:03.121  
이런 건전지 연결 형태를  
우리는 뭐라고 부르느냐,

00:24:03.221 --> 00:24:08.766  
바로 순방향 연결이라고 불러줍니다.

00:24:08.866 --> 00:24:17.035  
순방향 연결이 되면 바로 이러한  
특성을 갖게 된다는 거죠.

00:24:17.135 --> 00:24:22.623  
그러면서 회로에 전류가  
흐르게 된다는 겁니다.

00:24:22.723 --> 00:24:26.913  
여기서 중요한 건 아닌데 참고야.

00:24:27.013 --> 00:24:32.956

왜 양공을 이쪽으로  
이동한다고 표현하나면,

00:24:33.056 --> 00:24:35.427

지금 이렇게 양공이 여기 있고요.

00:24:35.527 --> 00:24:40.561

전자들이 이렇게 되어있다고  
생각을 해봅시다.

00:24:40.661 --> 00:24:44.462

그러면 양공은 뭐라고 그랬어?

00:24:44.562 --> 00:24:46.983

전자를 빨아당길 수 있는  
구멍이라고 그랬죠?

00:24:47.083 --> 00:24:51.964

이쪽에 플러스 극을 걸고 이쪽에  
마이너스 극을 걸어주게 되면

00:24:52.064 --> 00:24:54.071

플러스가 마이너스를  
당길 거 아니야?

00:24:54.171 --> 00:24:57.229

그러면 이 마이너스가  
어떻게 될까요?

00:24:57.329 --> 00:25:00.444

이쪽으로 플러스 극, 이쪽으로  
마이너스 극을 걸면 이 마이너스가

00:25:00.544 --> 00:25:02.299

이 구멍으로 쪽 들어가겠죠.

00:25:02.399 --> 00:25:04.095

그러면 이 자리는 뭐가 됩니까?

00:25:04.195 --> 00:25:05.106

구멍이 되죠?

00:25:05.206 --> 00:25:06.894

그러면 이렇게 됩니다.

00:25:06.994 --> 00:25:08.726

그러면 계속 이쪽에  
플러스가 걸려있고

00:25:08.826 --> 00:25:10.928

계속 이쪽에 마이너스가  
걸려있게 되면

00:25:11.028 --> 00:25:15.725

이 플러스가 마이너스를 당길  
거니까 이쪽으로 넘어오겠죠?

00:25:15.825 --> 00:25:19.076

그러면 여기가 뭐가 됩니까?

빈구멍이 됩니다.

00:25:19.176 --> 00:25:21.645

그리고 또 전자들이  
이렇게 있는 거죠.

00:25:21.745 --> 00:25:25.384

계속 이쪽에 플러스 극, 이쪽에  
마이너스 극을 걸어주게 되면

00:25:25.484 --> 00:25:28.427

여기에 있던 전자가 또  
이쪽으로 쪽 이동해가겠죠?

00:25:28.527 --> 00:25:32.555

그러면 마이너스, 마이너스, 마이너스,  
빈구멍, 마이너스, 마이너스.

00:25:32.655 --> 00:25:33.962

또 이쪽으로 쪽 이동하겠죠?

00:25:34.062 --> 00:25:37.804

마이너스, 마이너스, 마이너스,  
마이너스, 빈구멍, 마이너스.

00:25:37.904 --> 00:25:38.544

이렇게 됩니다.

00:25:38.644 --> 00:25:46.317

그러면 결과적으로 보면 전자가  
이쪽으로 이동해온 건데

00:25:46.417 --> 00:25:50.784

구멍은 어떻습니까?

00:25:50.884 --> 00:25:55.228

반대 방향으로 이동하고 있다는  
걸 우리가 알 수 있습니다.

00:25:55.328 --> 00:25:57.928

그래서 전자는 이쪽으로,

00:25:58.028 --> 00:26:03.946

양공은 반대 방향으로 이동한다고  
표현을 하는 거죠.

00:26:04.046 --> 00:26:09.042

그래서 이게 빈 구멍이지만 마치  
플러스처럼 행동하기 때문에

00:26:09.142 --> 00:26:12.643

우리는 이걸 양공이라고  
불러주는 거죠.

00:26:12.743 --> 00:26:20.227

그래서 이렇게 표현이 되어진다는  
거 기억을 해두시길 바랍니다.

00:26:20.327 --> 00:26:22.682

그러면 이번에는 반대입니다.

00:26:22.782 --> 00:26:26.812

p형 반도체 쪽에 건전지의  
마이너스 극을 연결하고

00:26:26.912 --> 00:26:30.655

n형 반도체 쪽에 건전지의  
플러스 극을 연결했어요.

00:26:30.755 --> 00:26:31.751

그러면 어떻게 될까요?

00:26:31.851 --> 00:26:36.394

당연히 마이너스가 플러스를 당기고  
플러스가 마이너스를 당기겠죠.

00:26:36.494 --> 00:26:38.480

그러면 이 마이너스가  
플러스를 당기니까

00:26:38.580 --> 00:26:41.574

이 플러스는 이쪽으로  
이동할 거고요.

00:26:41.674 --> 00:26:43.693

이 플러스가 마이너스를 당길 거니까

00:26:43.793 --> 00:26:46.425

이 마이너스는 이쪽으로 이동하겠죠.

00:26:46.525 --> 00:26:48.382

애네들이 어떻게 됩니까?

00:26:48.482 --> 00:26:51.361

여기 가운데 부분을 뭐라고  
부른다고 그랬어?

00:26:51.461 --> 00:26:53.671

접합면이라고 부른다고 그랬어요.

00:26:53.771 --> 00:26:55.101

결과적으로 어떻게 됩니까?

00:26:55.201 --> 00:27:18.524

양공과 전자가 접합면에서 멀어지는  
방향으로 이동하게 됩니다.

00:27:18.624 --> 00:27:23.170

양공과 전자가 접합면에서  
멀어지는 방향으로 이동한다고요.

00:27:23.270 --> 00:27:28.011

등을 돌리고 바이바이한다고요.

00:27:28.111 --> 00:27:31.133

그러면 여기에 전기적 흐름이  
제대로 형성될까요, 안 될까요?

00:27:31.233 --> 00:27:33.758

멀어진 상태로 그냥 존재하겠죠.

00:27:33.858 --> 00:27:36.290

마이너스를 당기고 애가  
마이너스를 당긴 상태로

00:27:36.390 --> 00:27:41.034  
크로스가 돼야 계속 밀려들어 오고  
밀려 나가야 전기적 흐름이 형성되는데

00:27:41.134 --> 00:27:44.880  
애네는 쏙하고 그냥 벌어진  
상태로 존재하게 된다고요.

00:27:44.980 --> 00:27:46.620  
그러면 회로에 전류가  
흘러, 안 흘러?

00:27:46.720 --> 00:27:50.461  
안 흘러서 건전지도  
작동되질 않습니다.

00:27:50.561 --> 00:28:06.420  
결국 회로에 전류가 흐르지  
않는 특징을 갖게 되는 거죠.

00:28:06.520 --> 00:28:11.837  
이렇게 회로에 전류가  
흐르지 않는 연결형태.

00:28:11.937 --> 00:28:14.274  
p형 반도체 쪽에  
건전지의 마이너스 극,

00:28:14.374 --> 00:28:18.222  
n형 반도체 쪽에 건전지의  
플러스 극에 연결 형태를

00:28:18.322 --> 00:28:20.369  
우리는 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:28:20.469 --> 00:28:27.407  
역방향 연결이다, 라고  
부르기로 했고요.

00:28:27.507 --> 00:28:35.512  
역방향 연결이 되면 이런  
특징을 갖게 된다는 겁니다.

00:28:35.612 --> 00:28:38.732  
반드시 외우고 계셔야 됩니다.

00:28:38.832 --> 00:28:44.132  
이해 안 되면 외우는  
게 정답입니다.

00:28:44.232 --> 00:28:47.695  
순방향 연결이란 p형 반도체  
쪽에 건전지의 플러스 극,

00:28:47.795 --> 00:28:51.637  
n형 반도체 쪽에 건전지의  
마이너스 극을 연결한 거고

00:28:51.737 --> 00:28:54.596  
역방향 연결이란 p형 반도체  
쪽에 마이너스 극,

00:28:54.696 --> 00:28:57.719  
n형 반도체 쪽에 플러스  
극을 연결한 게

00:28:57.819 --> 00:29:04.570  
바로 역방향 연결이다, 라는  
거 기억을 해두시길 바라요.

00:29:04.670 --> 00:29:12.177  
그러면 이 다이오드를 이용해서 오늘날은  
어떤 소자를 만들어내고 있느냐,

00:29:12.277 --> 00:29:17.963  
LED라는 소자를 만들어내서  
사용하고 있습니다.

00:29:18.063 --> 00:29:20.719  
LED가 뭐야?

00:29:20.819 --> 00:29:29.579  
발광 다이오드죠.

00:29:29.679 --> 00:29:30.561  
굉장히 중요합니다.

00:29:30.661 --> 00:29:33.579  
발광 다이오드도 여러분이  
기억하셔야 됩니다.

00:29:33.679 --> 00:29:40.651  
발광 다이오드도 다이오드예요.

00:29:42.821 --> 00:29:46.156  
이 발광 다이오드란 결국은 뭐냐,

00:29:46.256 --> 00:29:49.148  
빛을 내는 다이오드라는 겁니다.

00:29:49.248 --> 00:29:53.140  
그러면 빛을 내기 위해서는  
어떤 조건이어야 될까요?

00:29:53.240 --> 00:30:03.633  
이 다이오드가 순방향 연결이  
되면 순방향 연결일 때

00:30:03.733 --> 00:30:15.554  
빛을 방출하는 다이오드가 발광  
다이오드, LED가 됩니다.

00:30:15.654 --> 00:30:22.791  
결국 이렇게 순방향 연결일 때 이  
자리에 발광 다이오드를 연결해 놓으면

00:30:22.891 --> 00:30:24.643  
빛이 난다는 거죠.

00:30:24.743 --> 00:30:26.588  
발광 다이오드도 다이오드야.

00:30:26.688 --> 00:30:30.602  
그냥 p형 반도체와 n형  
반도체를 붙여놓은 것뿐이에요.

00:30:30.702 --> 00:30:35.905  
그런데 왜 일반적인 다이오드랑  
발광 다이오드는 뭐가 다른 거냐,

00:30:36.005 --> 00:30:39.130  
애는 왜 빛이 나고 애는  
애 빛이 안 나냐.

00:30:39.230 --> 00:30:42.477  
차이는 뭐냐면, 설명을  
해보도록 하겠습니다.

00:30:42.577 --> 00:30:48.191  
결과적으로 발광 다이오드는 p형 반도체와  
n형 반도체를 붙여놓은 거잖아.

00:30:48.291 --> 00:30:54.390  
p형 반도체와 n형 반도체가 있으면  
p형 반도체 에너지띠 모습입니다.

00:30:54.490 --> 00:30:58.034  
원자가 띠가 있고요.

00:30:58.134 --> 00:31:01.131  
전도띠가 있습니다.

00:31:01.231 --> 00:31:05.460  
애도 원자가 띠가 있고요.

00:31:05.560 --> 00:31:08.852  
전도띠가 있습니다.

00:31:08.952 --> 00:31:11.614  
p형 반도체는 뭘 가지고  
있는 아이예요?

00:31:11.714 --> 00:31:13.421  
양공을 갖고 있는 아이고요.

00:31:13.521 --> 00:31:15.954  
양공은 어디에 존재해요?

00:31:16.054 --> 00:31:19.718  
여기 원자가 띠에 존재합니다.

00:31:19.818 --> 00:31:22.312  
n형 반도체는 뭘 가지고  
있는 아이예요?

00:31:22.412 --> 00:31:24.212  
전자를 가지고 있는 아이예요.

00:31:24.312 --> 00:31:27.159  
전자는 자유전자를 가지고

있는 아이예요?

00:31:27.259 --> 00:31:28.981  
자유전자는 어디에 존재해요?

00:31:29.081 --> 00:31:32.756  
전도띠에 존재합니다.

00:31:32.856 --> 00:31:38.451  
이렇게 되어있는 p형 반도체와  
n형 반도체를 결합해서, 붙여서,

00:31:38.551 --> 00:31:44.389  
접합시켜서 순방향 연결을 걸어주게  
되면 어떤 일이 일어나느냐,

00:31:44.489 --> 00:31:49.007  
n형 반도체 전도  
띠에 있던 이 전자가

00:31:49.107 --> 00:31:57.864  
바로 p형 반도체에 원자가 띠에 있는  
양공 속으로 떨어지는 일이 발생합니다.

00:31:57.964 --> 00:32:01.748  
떨어지면서 어떤 일이  
일어난다고 표현하느냐,

00:32:01.848 --> 00:32:06.761  
양공과 전자가 결합한다고  
표현을 하게 되는 거죠.

00:32:06.861 --> 00:32:09.904  
양공과 전자가 결합한다.

00:32:10.004 --> 00:32:12.851  
이 결합을 할 때  
어떤 일이 일어나요?

00:32:12.951 --> 00:32:20.086  
바로 전도띠, 높은 곳에  
있던 전자가 원자가 띠.

00:32:20.186 --> 00:32:22.666  
낮은 곳으로 이동을 합니다.

00:32:22.766 --> 00:32:26.211  
결국 높은 에너지  
준위를 가진 전자가

00:32:26.311 --> 00:32:29.754  
낮은 에너지 준위 쪽으로  
이동하게 되면서

00:32:29.854 --> 00:32:33.621  
그 에너지 갭 차이만큼을  
어떻게 할까요?

00:32:33.721 --> 00:32:36.517  
빛에너지로 내보내게 되고요.

00:32:36.617 --> 00:32:44.575

그 빛에너지가 우리  
눈에 보이는 빛에너지면

00:32:44.675 --> 00:32:47.384

우리는 그 다이오드를 바로  
뭐라고 부르는 거야?

00:32:47.484 --> 00:32:51.719

발광 다이오드라고  
불러주게 되는 거죠.

00:32:51.819 --> 00:32:57.092

발광 다이오드가 아닌 그냥  
다이오드도 바로 빛이 나와요.

00:32:57.192 --> 00:32:59.322

빛이 나오지만, 그 빛의 에너지.

00:32:59.422 --> 00:33:01.777

이 갭 차이가 너무 작은 거죠?

00:33:01.877 --> 00:33:06.327

그래서 우리 눈으로 볼 수  
있는 빛의 영역에 해당하는

00:33:06.427 --> 00:33:09.186

가시광선 영역의  
에너지가 아닌 거야.

00:33:09.286 --> 00:33:11.130

그러니까 눈에 안 보이는 거야.

00:33:11.230 --> 00:33:12.426

눈에 보일 수가 없는 거죠.

00:33:12.526 --> 00:33:16.433

가시광선보다 작은 빛  
에너지를 만들어내니까.

00:33:18.223 --> 00:33:25.604

어쨌든 발광다이오드는 바로 이  
전도띠와 원자가 띠의 갭 차이.

00:33:25.704 --> 00:33:30.748

에너지 차이, 띠틈에 해당하는  
에너지를 전자가 이동하면서

00:33:30.848 --> 00:33:32.319

방출하게 되는.

00:33:32.419 --> 00:33:35.611

그래서 눈에 보이는 빛으로  
나오게 되는 애를

00:33:35.744 --> 00:33:38.617

발광 다이오드라고 불러주게 됩니다.

00:33:38.717 --> 00:33:42.484

그래서 발광 다이오드는  
여러 종류가 있죠.

00:33:42.584 --> 00:33:46.571

빨간색 다이오드, 파란색  
다이오드, 초록색 다이오드,

00:33:46.671 --> 00:33:48.508

노란색 다이오드, 주황색 다이오드.

00:33:48.608 --> 00:33:50.666

다양한 다이오드들이 존재해요.

00:33:50.766 --> 00:33:54.331

그 다양한 다이오드들이  
존재하는 이유가 바로 뭘까요?

00:33:54.431 --> 00:33:58.115

이 띠틈이 다 다른 겁니다.

00:33:58.215 --> 00:34:02.753

빨간색 다이오드와 파란색  
다이오드에 이 띠틈이 달라요.

00:34:02.853 --> 00:34:04.311

이 에너지 갭 차이가 달라요.

00:34:04.411 --> 00:34:07.673

따라서 여기서 여기로  
떨어지는 전자에 의한

00:34:07.773 --> 00:34:09.978

방출되는 빛 에너지가 다른 거죠.

00:34:10.078 --> 00:34:11.837

이 띠틈은 누가 클까요?

00:34:11.937 --> 00:34:16.817

빨간색 다이오드가 클까요, 파란색  
빛을 내는 다이오드가 클까요?

00:34:16.917 --> 00:34:20.235

빨간색이 빛 에너지가 커요,  
파란색이 빛 에너지가 커요?

00:34:20.335 --> 00:34:23.892

파란색이 빛 에너지가 컸었잖아.

00:34:23.992 --> 00:34:24.891

기억해?

00:34:24.991 --> 00:34:30.811

그래서 파란색 다이오드가 이  
띠틈이 빨간색 다이오드보다

00:34:30.911 --> 00:34:35.410

더 크다고 표현을  
하게 되는 겁니다.

00:34:35.510 --> 00:34:38.812

그래서 우리가 이제 기억해야  
될 건 바로 뭐냐,

00:34:38.912 --> 00:34:43.860

LED는 어떤 일이  
일어난다고 표현하나면,

00:34:43.960 --> 00:35:00.512

양공과 전자가 바로 접합면에서  
결합한다는 표현을 사용합니다.

00:35:00.612 --> 00:35:02.977

결국 양공, 원자가  
띠에 있는 전자.

00:35:03.077 --> 00:35:09.666

전자, 전도띠에 있는 전자가 바로  
띠틈에 해당하는 빛에너지를 방출하면서

00:35:09.766 --> 00:35:14.734

결합해서 빛에너지를 방출하는  
아이가 LED입니다.

00:35:14.834 --> 00:35:16.530

반드시 기억해야 될 거 뭐라고?

00:35:16.630 --> 00:35:19.955

순방향 연결일 때 이런  
일이 일어난다고요.

00:35:20.055 --> 00:35:26.891

역방향 연결이면 이런  
일이 일어나지 않습니다.

00:35:26.991 --> 00:35:32.460

그러면 여기서 우리가 또 하나 중요하게  
기억해야 될 건 바로 뭐냐면,

00:35:32.560 --> 00:35:37.130

결과적으로 다이오드는  
어떤 일을 하고 있어요?

00:35:37.230 --> 00:35:40.794

한쪽 방향으로만 전류를  
흐르게 하고 있습니다.

00:35:40.894 --> 00:35:48.056

즉 p형 반도체에서 n형 반도체 쪽으로  
흐르는 전류만 흐르게 하고요.

00:35:48.156 --> 00:35:53.034

n형 반도체에서 p형 반도체  
쪽으로 흐르려고 하는 전류는

00:35:53.134 --> 00:35:55.658

잘라주는 역할을 하게 되는 거죠.

00:35:55.758 --> 00:36:02.981

그래서 한쪽 방향으로만 전류를 흐르게  
해준다, 라는 의미를 담아서

00:36:03.081 --> 00:36:06.110

이 다이오드가 하는 역할을  
우리가 뭐라고 부르냐면,

00:36:06.210 --> 00:36:10.995  
정류작용이라고 불러줍니다.

00:36:11.095 --> 00:36:13.541  
한쪽 방향으로만 전류를  
흐르게 하고요.

00:36:13.641 --> 00:36:18.147  
반대 방향으로, 플러스에서  
나와서 마이너스로 들어가는데

00:36:18.247 --> 00:36:21.890  
플러스에서 나온 전류가  
n형 반도체에서

00:36:21.990 --> 00:36:25.564  
p형 반도체 쪽으로  
흐르는 전류가 들어오면

00:36:25.664 --> 00:36:30.185  
전류를 차단해주는, 걸러주는  
역할을 하게 되는 거죠.

00:36:30.285 --> 00:36:35.977  
그래서 용어가  
정류작용이라고 표현해요.

00:36:36.077 --> 00:36:41.369  
그래서 이 다이오드의  
기호가 어떻게 되느냐,

00:36:41.469 --> 00:36:44.777  
회로에서의 기호가 이렇게 됩니다.

00:36:44.877 --> 00:36:48.438  
이쪽 방향으로만 전류를  
흐르게 한다는 소리고요.

00:36:48.538 --> 00:36:53.127  
이쪽 방향으로만 전류를  
차단시켜준다는 것을 뜻합니다.

00:36:53.227 --> 00:37:00.359  
즉 이쪽이 p형 반도체, 이쪽이  
n형 반도체로 표현되는 거죠.

00:37:00.459 --> 00:37:05.124  
그래서 여기다 다시 그려보면  
이렇게 되는 겁니다.

00:37:08.788 --> 00:37:12.238  
이렇게 되어있으면 애는 이 세모가

00:37:12.338 --> 00:37:15.576  
p형 반도체의 막대기가  
n형 반도체 쪽이니까

00:37:15.676 --> 00:37:18.065  
이쪽으로만 전류를 흐르게  
한다는 소리니까

00:37:18.165 --> 00:37:23.547  
순방향 연결에 의해서 전류가 흘러서  
빛이 나온다는 것을 뜻하고요.

00:37:23.647 --> 00:37:26.051  
이 발광다이오드는  
어떻게 표현되느냐,

00:37:26.151 --> 00:37:29.354  
여기다 이렇게 동그라미를  
하나 더 그려주면

00:37:29.454 --> 00:37:31.876  
이게 바로 발광다이오드 표현입니다.

00:37:31.976 --> 00:37:33.832  
그러면 여기서 뭐가 나와요?

00:37:33.932 --> 00:37:36.062  
빛이 이렇게 나오게 되는 거죠.

00:37:36.162 --> 00:37:41.342  
그 빛은 특정 빛이 되는 거죠.

00:37:41.494 --> 00:37:45.954  
그 띠틈에 에너지 갭 차이가 빨간색이면  
빨간색 다이오드가 되는 거고

00:37:46.054 --> 00:37:50.244  
띠틈의 에너지 갭 차이가 파란색  
영역에 해당하는 빛 에너지이면

00:37:50.344 --> 00:37:56.752  
바로 파란색 발광 다이오드가  
만들어지게 된다는 거죠.

00:37:56.852 --> 00:37:58.814  
이렇게 되고요.

00:37:58.914 --> 00:38:02.122  
한 가지만 더 여러분에게  
추가로 말씀을 드리면,

00:38:02.222 --> 00:38:08.220  
이 다이오드를 교류회로.

00:38:08.320 --> 00:38:10.091  
여러분, 교류회로가 뭔지 아세요?

00:38:10.191 --> 00:38:12.471  
바로 어떤 회로를 우리는  
교류회로라고 부르느냐,

00:38:12.571 --> 00:38:15.582  
이거는 지위도 되겠죠?

00:38:15.682 --> 00:38:19.309  
이쪽으로 와서 설명할게요.

00:38:24.851 --> 00:38:26.927

여기 지금 다이오드가 있습니다.

00:38:27.027 --> 00:38:32.055  
이렇게 그냥 p형 반도체와 n형  
반도체로 그림을 그릴게요.

00:38:32.155 --> 00:38:36.142  
회로도 기호로 표현하면  
이렇게 되어있는 거지만

00:38:36.242 --> 00:38:38.374  
어쨌든 이렇게 되어있습니다.

00:38:38.474 --> 00:38:42.542  
이때 교류라는 걸 걸어줬다고  
생각해보겠습니다.

00:38:42.642 --> 00:38:46.581  
교류란 뭐냐, 바로  
플러스, 마이너스.

00:38:46.681 --> 00:38:52.099  
마이너스, 플러스가  
뒤바뀌는 아이를 말해요.

00:38:52.199 --> 00:38:56.632  
우리 가정에서 콘센트 꽂을  
때 어떻게 꽂습니까?

00:38:56.732 --> 00:38:59.837  
플러스, 마이너스 보고 꽂나요?  
아니죠.

00:38:59.937 --> 00:39:03.040  
플러스, 마이너스 표현도 안  
되어있고 그냥 무턱대고 꽂아요.

00:39:03.140 --> 00:39:05.152  
그런데 여러분, 건전지  
꽂을 때는 어떻게 해요?

00:39:05.252 --> 00:39:08.276  
항상 플러스, 마이너스를  
맞춰서 꽂습니다.

00:39:08.376 --> 00:39:09.886  
왜 그래 도대체?

00:39:09.986 --> 00:39:18.587  
건전지는 플러스와 마이너스가  
정해져 있는 직류전원입니다.

00:39:18.687 --> 00:39:21.903  
그런데 우리 가정에서  
사용하고 있는 콘센트는

00:39:22.003 --> 00:39:28.509  
플러스, 마이너스가 계속  
바뀌고 있는 교류전원입니다.

00:39:28.609 --> 00:39:34.576

이 교류전원을 그대로 우리가  
선풍기에 꽂았다고 생각해볼게요.

00:39:34.676 --> 00:39:41.437  
선풍기가 예를 들어서 그대로  
교류를 공급받아서 회전한다.

00:39:41.537 --> 00:39:43.188  
그러면 어떤 일이 일어나느냐,

00:39:43.288 --> 00:39:48.889  
여러분, 어릴 때 주로 가지고  
놀았던 소형 모터 있죠?

00:39:48.989 --> 00:39:51.911  
그 소형 모터에 플러스,  
마이너스를 연결하면

00:39:52.011 --> 00:39:53.458  
소형 모터가 막 돌잖아요?

00:39:53.558 --> 00:39:56.999  
그런데 그 소형 모터의 연결을  
플러스, 마이너스를 바꾸잖아요?

00:39:57.099 --> 00:40:03.143  
그러면 이 모터의 회전 방향이  
반대 방향이 됩니다.

00:40:03.243 --> 00:40:06.386  
소형 모터 문방구 가면  
500원이면 사요.

00:40:06.486 --> 00:40:08.568  
건전지 한번 연결해봐.

00:40:08.668 --> 00:40:11.816  
이게 시계 방향으로 도는지  
반시계방향으로 도는지.

00:40:11.916 --> 00:40:16.358  
그러면 건전지 연결 상태에 따라서  
이게 시계 방향으로 돌다가

00:40:16.458 --> 00:40:18.996  
건전지를 바꿔 연결하면  
반시계방향으로 돕니다.

00:40:19.096 --> 00:40:23.968  
그런데 만약에 선풍기가 그대로 그런  
모터를 사용하고 있는 선풍기이고

00:40:24.068 --> 00:40:29.643  
교류를 그대로 사용하고 있다면  
선풍기는 어떻게 회전을 할까요?

00:40:29.743 --> 00:40:34.219  
플러스, 마이너스일 때는  
전류가 이렇게 흐르니까

00:40:34.319 --> 00:40:38.767

이렇게 돌려고 하나가  
반대로 건전지가 연결되면

00:40:38.867 --> 00:40:40.204  
반대로 돌려고 하겠죠.

00:40:40.304 --> 00:40:45.122  
그러면 선풍기는 결국  
앵앵 돌아 안 돌아?

00:40:45.222 --> 00:40:47.544  
안 돌게 됩니다.

00:40:47.644 --> 00:40:48.631  
그러니까 어떻게 해줘야 돼?

00:40:48.731 --> 00:40:51.614  
한쪽 방향으로만 돌게 해주기 위해서

00:40:51.714 --> 00:40:55.197  
반대 방향으로 연결됐을  
때는 어떻게 됩니까?

00:40:55.297 --> 00:40:56.485  
차단시켜주는 거죠.

00:40:56.585 --> 00:41:01.906  
그래서 이렇게 선풍기를 연결한다면

00:41:02.006 --> 00:41:08.870  
다이오드를 연결해서 한쪽 방향으로만  
전류가 흐르면 작동이 되고

00:41:08.970 --> 00:41:14.880  
반대 방향으로 흐르는 전류는 차단시켜서  
아예 전류를 흐르지 않게 하는 거죠.

00:41:14.980 --> 00:41:16.277  
그러면 애 선풍기는  
어떻게 되는 거야?

00:41:16.377 --> 00:41:19.109  
웁웁, 이렇게 되는 거죠?

00:41:19.209 --> 00:41:22.187  
돌다가 멈추고 돌다가 멈추고.

00:41:22.287 --> 00:41:24.843  
그런데 멈추는 동안에도  
애는 사실 돌아가잖아.

00:41:24.943 --> 00:41:26.509  
전류가 안 흘러도 한동안 돌잖아.

00:41:26.609 --> 00:41:32.982  
그러니까 웁웁 이렇게 돌고 있는  
거라고 우리가 볼 수 있어요.

00:41:33.082 --> 00:41:36.941  
바로 이 다이오드가 무슨  
역할을 해주는 거야?

00:41:37.041 --> 00:41:42.606

반대 방향의 전류의 흐름을  
차단시켜주는 역할을 한다.

00:41:42.706 --> 00:41:45.272  
그래서 그 용어가 바로 뭐였어?

00:41:45.372 --> 00:41:51.518  
정류작용이다, 라고  
불러주게 되는 거죠.

00:41:51.618 --> 00:41:53.373  
되셨죠?

00:41:53.473 --> 00:41:59.217  
이 정류작용이 일어나는  
이 다이오드는,

00:41:59.317 --> 00:42:02.188  
여기다 설명할게요.

00:42:02.288 --> 00:42:09.788  
그냥 일반적인 정류작용만 하는  
다이오드는 실제로 어떻게 생겼냐면,

00:42:09.888 --> 00:42:12.862  
사진으로 교과서에 다 나와 있어요.

00:42:12.962 --> 00:42:16.031  
검토해보니까 모든 교과서에  
그림이 다 나와 있더라고요.

00:42:16.131 --> 00:42:17.565  
이렇게 되어있습니다.

00:42:17.665 --> 00:42:19.402  
이렇게 원통으로 되어있고요.

00:42:19.502 --> 00:42:23.846  
그 한쪽이 이렇게 검은색  
칠이 되어있어요.

00:42:23.946 --> 00:42:27.220  
바로 이 기호가 이렇게  
되어있는 겁니다.

00:42:27.320 --> 00:42:30.997  
이 검은색 칠 되어있는 쪽이 이  
bar(l)가 있는 거고요.

00:42:31.097 --> 00:42:37.133  
따라서 여기는 p형 반도체와 n형  
반도체가 연결되어있는 거죠.

00:42:37.233 --> 00:42:40.580  
발광 다이오드가 실제로는  
어떻게 생겼냐면,

00:42:40.680 --> 00:42:47.062  
동그란 투명에 한쪽은 길고 한쪽은

짧은 다리를 갖고 있어요.

00:42:47.162 --> 00:42:49.771

왜 이걸 길이를 달리해놨을까?

00:42:49.871 --> 00:42:56.395

순방향 연결을 시키기 위해서  
플러스, 마이너스를 구분하라고

00:42:56.495 --> 00:43:04.829

길고 짧게 이렇게 표현이 되어있다는 것도  
참고로 알아두시면 될 것 같습니다.

00:43:04.929 --> 00:43:11.036

이렇게 해서 우리는 p형  
반도체와 n형 반도체의 특성.

00:43:11.136 --> 00:43:18.024

그 특성을 이용해서 전기소자가 구성되는  
다이오드와 LED에 대해서 알아보았어요.

00:43:18.124 --> 00:43:23.360

사실은 이 p형 반도체와 n형 반도체를  
이용해서 구성하고 있는 전기소자에는

00:43:23.460 --> 00:43:25.410

트랜지스터라는 것도 있습니다.

00:43:25.510 --> 00:43:29.839

그런데 이 트랜지스터가 여러분,  
교과서가 바뀌면서 빠져버렸어요.

00:43:29.939 --> 00:43:32.244

이게 조금 이해하기 어렵거든요.

00:43:32.344 --> 00:43:33.478

아주 다행이죠?

00:43:33.578 --> 00:43:40.191

그래서 이 트랜지스터도 존재한다는  
거 여러분이 참고로 알아두시면서

00:43:40.291 --> 00:43:43.528

이제 수능 기출 유형 문제에서는

00:43:43.628 --> 00:43:49.528

어떻게 문제가 구성됐었는지를  
확인해 나가보도록 하겠습니다.

00:43:49.628 --> 00:43:51.962

1번부터 보도록 하겠습니다.

00:43:52.062 --> 00:43:57.219

1번 봤더니 지금  
어떻게 되어있어요?

00:43:57.319 --> 00:44:01.728

얘는 실리콘 주변에  
갈륨이 들어가 있는데

00:44:01.828 --> 00:44:10.322

그림을 자세히 보시면 이 부분에 전자가 채워지지 않는 빈자리가 보입니다.

00:44:10.422 --> 00:44:13.000  
이게 바로 뭐일까요?

00:44:13.100 --> 00:44:16.120  
양공인 거죠.

00:44:18.092 --> 00:44:21.099  
그러면 여기서 우리는  
뭘 알 수 있어요?

00:44:21.199 --> 00:44:27.848  
애는 순수반도체 4가 원소에  
몇 가를 결합한 애야?

00:44:27.948 --> 00:44:30.966  
양공을 갖고 있는 애는 p형  
반도체야 n형 반도체야?

00:44:31.066 --> 00:44:32.089  
p형 반도체죠?

00:44:32.189 --> 00:44:35.326  
p형 반도체는 4가에  
몇 가를 결합한 애야?

00:44:35.426 --> 00:44:37.584  
3가를 결합한 애죠.

00:44:37.684 --> 00:44:41.842  
그래야 최외각 전자가 7개가 돼서  
빈자리가 생기는 거 아닙니까?

00:44:41.942 --> 00:44:48.146  
그런데 여기 봤더니 실리콘에  
A라는 애를 섞었더니

00:44:48.246 --> 00:44:54.906  
그 주변에 전자가 1, 2, 3...  
8하고 1개가 남아 있습니다.

00:44:55.006 --> 00:44:58.109  
결합을 못 하고 남아있는  
전자가 보입니다.

00:44:58.209 --> 00:45:02.609  
이 전자가 바로 뭐가 되는 거야?  
자유전자가 되는 거죠.

00:45:02.709 --> 00:45:07.082  
결국 애는 4가에 몇 가를  
섞어준 애란 소리야?

00:45:07.182 --> 00:45:10.889  
5가를 섞어준 애구나,  
라는 것을 뜻하죠.

00:45:10.989 --> 00:45:16.549  
그래서 애는 p형 반도체고 애는

n형 반도체구나, 라는 걸

00:45:16.649 --> 00:45:19.815  
우리가 판단할 수 있게 되죠.

00:45:19.915 --> 00:45:20.897  
ㄱ 보겠습니다.

00:45:20.997 --> 00:45:25.570  
(가)에서 원자가 띠에 있는  
전자의 에너지는 모두 같다.

00:45:25.670 --> 00:45:33.622  
이거는 우리 13번째 주제, 에너지띠  
단원에서 말씀드렸던 내용이죠?

00:45:33.722 --> 00:45:40.246  
원자가 띠에 있던 전자들은 에너지  
준위 값이 모두 다릅니다.

00:45:40.346 --> 00:45:44.198  
비슷한 값을 갖고 있지만  
미세하게 쳐다보면

00:45:44.298 --> 00:45:47.393  
아주 조금씩 에너지 값들이  
나뉘져있다 그랬죠.

00:45:47.493 --> 00:45:50.961  
그래서 띠를 형성하고 있는  
거라고 말씀을 드렸죠.

00:45:51.061 --> 00:45:55.801  
그래서 에너지가 모두 같다는  
표현은 잘못되었고요.

00:45:55.901 --> 00:46:00.918  
ㄴ, (나)에서 a의  
원자가 전자는 5개이다.

00:46:01.018 --> 00:46:02.577  
맞죠?

00:46:02.677 --> 00:46:11.034  
a는 순수반도체 실리콘에다 바로 5가인  
애를 섞어준 애가 됩니다.

00:46:11.134 --> 00:46:15.553  
그래서 a의 원자가 전자는  
5개이다, 맞고요.

00:46:15.653 --> 00:46:23.035  
(나)에서 p-n 접합  
다이오드에 순방향 전압을 걸면

00:46:23.135 --> 00:46:27.075  
p형 반도체에 있는 양공은 p-n  
접합면 쪽으로 이동한다.

00:46:27.175 --> 00:46:34.321  
순방향 연결이 되면 양공과

전자는 접합면 쪽으로 출발해서

00:46:34.421 --> 00:46:40.486  
크로스 돼서 전기적 흐름이 쪽  
형성된다고 말씀을 드렸죠.

00:46:40.586 --> 00:46:46.131  
그래서  $n$ ,  $p$ 이 정답이 된다.

00:46:46.231 --> 00:46:51.583  
큰 고민 없이 문제를 해결할 수  
있었으리라고 생각이 듭니다.

00:46:51.683 --> 00:46:54.105  
두 번째 문제 또  
보도록 하겠습니다.

00:46:54.205 --> 00:46:56.522  
또 봤더니 이제 뭐가 보여요?

00:46:56.622 --> 00:46:58.963  
벌써 눈에 탁 보일 거 같아요.

00:46:59.063 --> 00:47:01.129  
비소, 인듐, 저마늄.

00:47:01.229 --> 00:47:05.647  
이런 원소기호는 전혀  
기억할 필요는 없어요.

00:47:05.747 --> 00:47:10.186  
중요한 건 문제 안에서  
파악할 수 있다는 겁니다.

00:47:10.286 --> 00:47:12.992  
물리에서는 그런 거 잘  
안 외우게 해요.

00:47:13.092 --> 00:47:15.822  
외울 필요성이 그다지  
없다고 보는 거죠.

00:47:15.922 --> 00:47:23.463  
봤더니 비소 주변을  
보면 전자가 9개.

00:47:23.563 --> 00:47:26.479  
남는 전자가 1개 존재합니다.

00:47:26.579 --> 00:47:29.315  
이 남는 전자 1개가  
바로 뭐가 되는 거야?

00:47:29.415 --> 00:47:33.642  
결합 못 하고 있는 남는 전자가  
바로 자유전자가 되는 거죠.

00:47:33.742 --> 00:47:37.609  
따라서 반도체  $a$ 는  $p$ 형  
반도체야  $n$ 형 반도체야?

00:47:37.709 --> 00:47:41.722  
자유전자를 갖고 있는 n형  
반도체구나, 라는 걸 알 수 있고요.

00:47:41.822 --> 00:47:44.341  
반도체 B를 봤더니 뭐가 보여요?

00:47:44.441 --> 00:47:46.259  
빈 구멍이 보여요.

00:47:46.359 --> 00:47:49.278  
전자가 들어있지 않은  
빈 구멍이 있습니다.

00:47:49.378 --> 00:47:52.090  
이 빈 구멍이 뭐예요?

00:47:52.190 --> 00:47:53.157  
양공이죠.

00:47:53.257 --> 00:47:57.880  
따라서 반도체 B는 p형  
반도체구나, 라는 것을 뜻합니다.

00:47:57.980 --> 00:48:00.140  
그러면 이 회로에서는  
어떻게 되는 거야?

00:48:00.240 --> 00:48:04.821  
A가 n형 반도체,  
B가 p형 반도체죠.

00:48:04.921 --> 00:48:07.817  
p형 반도체 쪽에  
건전지의 플러스 극,

00:48:07.917 --> 00:48:11.470  
n형 반도체의 건전지의  
마이너스 극이 연결되어있으니까

00:48:11.570 --> 00:48:13.617  
애는 순방향 연결이야, 역방향이야?

00:48:13.717 --> 00:48:16.371  
역방향 연결이 되고요.

00:48:16.471 --> 00:48:22.782  
따라서 회로에는 전류가 흐르지  
않는다는 결과를 보이게 됩니다.

00:48:22.882 --> 00:48:26.089  
기, A는 p형  
반도체이다, 틀렸고요.

00:48:26.189 --> 00:48:28.241  
B에서는 주로 양공이.

00:48:28.341 --> 00:48:31.530  
그렇죠, B는 지금 누구야?  
p형 반도체고요.

00:48:31.630 --> 00:48:32.632  
양공을 가지고 있습니다.

00:48:32.732 --> 00:48:34.917  
양공이 전하 운반자.

00:48:35.017 --> 00:48:40.560  
전기적 흐름을 형성하게 한다는  
의미니까 맞는 이야기고요.

00:48:40.660 --> 00:48:46.728  
 $n$ , (나)의 다이오드에 역방향  
전압이 걸려있는 상황이죠.

00:48:46.828 --> 00:48:48.594  
역방향 전압이 걸려있습니다.

00:48:48.694 --> 00:48:54.097  
그래서 이 문제는  $n$ ,  
 $n$ 이 정답이 됩니다.

00:48:54.197 --> 00:48:57.091  
무리 없이 여러분이  
판단하고 있을 것 같고요.

00:48:57.191 --> 00:48:59.874  
이제 3번 문제 보도록 하겠습니다.

00:48:59.974 --> 00:49:02.999  
3번 문제 봤더니 지금  
뭐라고 되어있어요?

00:49:03.099 --> 00:49:10.583  
발광 다이오드를 봤더니  
A에 불이 켜졌다.

00:49:10.683 --> 00:49:11.583  
이건 뭐니까?

00:49:11.683 --> 00:49:14.337  
A가 무슨 연결 되어있다는 소리야?

00:49:14.437 --> 00:49:18.852  
순방향 연결이 되어있구나,  
라는 것을 뜻합니다.

00:49:18.952 --> 00:49:22.511  
순방향 연결이 되기 위해서는  
어떻게 돼야 되요?

00:49:22.611 --> 00:49:29.809  
건전지의 플러스 극 쪽에 p형  
반도체가 연결이 되어야 되고요.

00:49:29.909 --> 00:49:36.942  
건전지의 마이너스 극 쪽에 n형  
반도체가 연결이 되어야만 합니다.

00:49:37.042 --> 00:49:44.178  
그래야 순방향 연결이다, 라고  
이야기할 수 있게 되는 거죠.

00:49:44.278 --> 00:49:47.045  
그런데 B는 봤더니 어때요?

00:49:47.145 --> 00:49:52.119  
p형 반도체 쪽의 건전지에  
마이너스 극이 연결되어있고요.

00:49:52.219 --> 00:49:56.277  
n형 반도체 쪽의 건전지에  
플러스 극이 연결되어있으니까

00:49:56.377 --> 00:49:59.308  
B는 순방향 연결이야,  
역방향 연결이야?

00:49:59.408 --> 00:50:07.023  
역방향 연결이구나, 라는 걸  
우리가 파악할 수 있다고요.

00:50:07.123 --> 00:50:08.223  
ㄱ 보겠습니다.

00:50:08.323 --> 00:50:12.025  
X는 n형 반도체입니다.

00:50:12.125 --> 00:50:13.314  
틀렸죠.

00:50:13.414 --> 00:50:19.351  
A는 불이 켜졌다고 했으니까  
순방향 연결이어야 되는 거잖아.

00:50:19.451 --> 00:50:24.491  
순방향 연결이기 위해선 마이너스  
극 쪽에 n형 반도체,

00:50:24.591 --> 00:50:28.325  
플러스 극 쪽에 p형 반도체가  
연결이 되어야 되는 거죠.

00:50:28.425 --> 00:50:32.198  
B에는 역방향 연결이  
걸려있다, 맞는 표현이고요.

00:50:32.298 --> 00:50:40.046  
A의 n형 반도체 속 전자는  
p-n 접합면으로부터 멀어진다.

00:50:40.146 --> 00:50:41.173  
굉장히 중요하죠.

00:50:41.273 --> 00:50:46.897  
순방향 연결이면 양공과 전자가  
접합면 쪽으로 이동한다.

00:50:46.997 --> 00:50:53.121  
역방향 연결이면 양공과 전자가 접합면에서  
멀어지는 방향으로 이동한다.

00:50:53.221 --> 00:50:56.003

이건 지금 뭐에 대한 설명이에요?

00:50:56.103 --> 00:50:58.388  
역방향 연결에 대한 설명이고요.

00:50:58.488 --> 00:51:00.838  
역방향 연결인 B인 거죠.

00:51:00.938 --> 00:51:04.541  
그래서 ㄷ번 보기는 틀렸습니다.

00:51:06.034 --> 00:51:09.272  
마지막 문제 4번  
보도록 하겠습니다.

00:51:09.372 --> 00:51:14.687  
굉장히 복잡해 보이지만  
여러분이 쭉 따라가 보면

00:51:14.787 --> 00:51:17.967  
충분히 문제를 해결할 수  
있을 거라는 생각이 듭니다.

00:51:18.067 --> 00:51:26.698  
문제를 봤더니 스위치를 a에  
연결했을 때 A와 D가 켜지고

00:51:26.798 --> 00:51:32.764  
스위치를 b에 연결했을  
때 B와 C가 켜진다.

00:51:32.864 --> 00:51:33.749  
이건 무슨 말이야?

00:51:33.849 --> 00:51:39.133  
스위치 a에 연결하게 되면  
전류는 어떻게 흘러요?

00:51:39.233 --> 00:51:43.081  
플러스 극 쪽에서 나와서  
마이너스 극 쪽으로 들어가는데

00:51:43.181 --> 00:51:45.539  
이때 a에 연결했을 때는  
누구랑 누가 켜진대?

00:51:45.639 --> 00:51:48.964  
A랑 D가 켜진대요.

00:51:49.064 --> 00:51:51.589  
그러면 C랑 B는 켜지지  
않는다는 소리죠?

00:51:51.689 --> 00:51:54.925  
그러면 C랑 B에는 전류가  
흐르지 않는다는 소리고

00:51:55.025 --> 00:51:57.569  
A랑 D에는 전류가  
흐른다는 소리죠.

00:51:57.669 --> 00:52:03.258

따라서 스위치를 A에 연결하게 되면 전류가 플러스에서 나와서

00:52:03.358 --> 00:52:06.476

D에 흐르고 B에는 안 흐르죠?

00:52:06.576 --> 00:52:10.535

C에도 안 흐르고 저항을 거쳐서 A에 흐르죠?

00:52:10.635 --> 00:52:17.172

전류가 이렇게 들어가는구나, 라는 것을 우리가 알 수 있어야 됩니다.

00:52:17.272 --> 00:52:27.726

스위치를 b에 연결하면 A, D는 켜지지 않고 C랑 B가 켜진대요.

00:52:27.826 --> 00:52:31.313

스위치를 b에 연결하게 되면 전류는 어떻게 됩니까?

00:52:31.437 --> 00:52:35.004

플러스에서 나와서 A는 안 켜지죠?

00:52:35.104 --> 00:52:45.819

B에 흐르고 C에 흘러서 b에 쪽 들어가는 연결이 됩니다.

00:52:45.919 --> 00:52:48.878

이렇게 전류가 흐르게 되는구나, 라는 걸

00:52:48.978 --> 00:52:52.665

우리가 찾아낼 수 있어야 되겠죠.

00:52:52.765 --> 00:52:54.280

그러면 이제 보도록 하겠습니다.

00:52:54.380 --> 00:52:56.983

그, X는 n형 반도체냐, 라고 물었어요.

00:52:57.083 --> 00:53:01.162

보시면 X는 어떻게 연결했을 때 불이 들어와요?

00:53:01.262 --> 00:53:02.969

a에 연결했을 때 불이 들어오죠?

00:53:03.069 --> 00:53:05.054

불이 들어온다는 건 순방향 연결이죠?

00:53:05.154 --> 00:53:10.815

그러면 마이너스 극 쪽에 누가 있어야 돼?

00:53:10.915 --> 00:53:14.399

n형 반도체가 있어야

순방향 연결입니다.

00:53:14.499 --> 00:53:19.870

따라서 X는 n형 반도체다,  
라는 걸 우리가 알 수 있죠.

00:53:19.970 --> 00:53:23.936

이래서 X는 n형 반도체이다,  
맞는 표현이고요.

00:53:24.036 --> 00:53:27.825

↳, b에 연결했을 때  
Y 보겠습니다.

00:53:27.925 --> 00:53:33.529

b에 연결하게 되면 어떻게 됩니까?

00:53:33.629 --> 00:53:34.749

C에 불이 들어오죠?

00:53:34.849 --> 00:53:39.851

따라서 플러스 극 쪽에  
누가 연결되어있어야 돼요?

00:53:39.951 --> 00:53:42.406

p형 반도체가 연결되어있어야 되고

00:53:42.506 --> 00:53:46.196

마이너스 극 쪽에 n형  
반도체가 연결되어있어야 되죠.

00:53:46.296 --> 00:53:49.069

따라서 Y는 뭐가 되는 거야?

00:53:49.169 --> 00:53:50.751

p형 반도체가 되고요.

00:53:50.851 --> 00:53:58.564

p형 반도체는 양공이  
전류를 흐르게 하죠.

00:53:58.664 --> 00:54:02.431

그래서 p형 반도체에 대한  
맞는 표현이 되고요.

00:54:02.531 --> 00:54:04.730

스위치를 a에 연결했을  
때와 b에 연결했을 때에

00:54:04.830 --> 00:54:06.952

저항에 흐르는 전류의  
방향은 어떠니.

00:54:07.052 --> 00:54:09.287

a에 연결했을 때 전류가  
어떻게 흘렀어요?

00:54:09.387 --> 00:54:18.074

플러스에서 나와서 D 거쳐서 이렇게  
전류가 흘러서 이렇게 들어가고 있었죠.

00:54:18.174 --> 00:54:20.041

b에 연결했을 때는 전류가  
어떻게 흘렀어요?

00:54:20.141 --> 00:54:26.566

플러스에서 나와서 B 거쳐서 이렇게  
전류가 흘러서 이렇게 되고 있죠.

00:54:26.666 --> 00:54:32.515

결국 a에 연결하든 b에 연결하든 저항에  
전류가 다 어느 쪽으로 흐릅니까?

00:54:32.615 --> 00:54:37.492

이쪽 방향, 한쪽 방향으로만  
전류가 흐르는구나.

00:54:37.592 --> 00:54:39.945

따라서 ㄷ번 보기는 틀렸죠.

00:54:40.045 --> 00:54:41.523

반대 방향으로 전류가  
흐르지 않습니다.

00:54:41.623 --> 00:54:45.339

같은 방향으로만 전류가 흐르고  
있는 상황이다, 라는 걸

00:54:45.439 --> 00:54:46.932

여러분이 찾아낼 수 있어요.

00:54:47.032 --> 00:54:52.129

문제가 조금 난이도는 있었지만,  
여러분이 이렇게 조목조목 따져봤으면

00:54:52.229 --> 00:54:56.863

충분히 도전해서 해결해볼 수 있었던  
문제였지 않았을까, 라는 생각을 합니다.

00:54:56.963 --> 00:55:00.327

결국 4번 유형의 문제들도  
해결할 수 있다면

00:55:00.427 --> 00:55:06.034

여러분은 이 단원을 완벽하게 이해한  
것으로 넘어가셔도 되겠죠.

00:55:06.134 --> 00:55:11.846

항상 자신감 가지고 문제를 도전해서  
해결하는 훈련을 해나가시고요.

00:55:11.946 --> 00:55:18.157

그러한 노력과 도전이 결국  
여러분의 엄청난 점수 결과를

00:55:18.257 --> 00:55:21.123

만들어낼 수 있다는 거  
잊지 마시기 바랍니다.

00:55:21.223 --> 00:55:22.212

수고하셨습니다.

00:55:22.312 --> 00:55:25.255  
다음 강의에서 뵙도록 하겠습니다.