

WEBVTT

00:00:10.943 --> 00:00:11.830

반갑습니다.

00:00:11.930 --> 00:00:14.214

물리학1 기초개념학습 벽 샘입니다.

00:00:14.314 --> 00:00:19.699

오늘은 19번째 주제, 전반사와
광통신에 대한 내용 이어가도록 할게요.

00:00:19.799 --> 00:00:22.848

우리 지난 시간에 굴절에
대해서 배웠었죠?

00:00:22.948 --> 00:00:28.870

그 굴절에 대한 내용의 연장선이라고
생각하시면 좋을 것 같아요.

00:00:28.970 --> 00:00:33.516

그래서 오늘 강의는 여러분이
지난 강의를 반드시 듣고

00:00:33.616 --> 00:00:37.183

어느 정도 개념을 숙지한
상태에서 들어야만

00:00:37.283 --> 00:00:39.717

제대로 이해할 수
있다는 말씀드립니다.

00:00:39.817 --> 00:00:43.577

오늘 강의를 통해서 여러분이 반드시
익혀야 될 핵심 용어들입니다.

00:00:43.677 --> 00:00:46.167

전반사라는 걸 배우는데요.

00:00:46.267 --> 00:00:47.944

이게 그냥 반사가 아니야.

00:00:48.044 --> 00:00:49.805

그래서 좀 특별한 반사거든요.

00:00:49.905 --> 00:00:51.292

그래서 전반사란 도대체 뭐냐,

00:00:51.392 --> 00:00:53.849

또 이 전반사가 일어날
조건이라는 게 있어요.

00:00:53.949 --> 00:00:57.837

그래서 그런 내용 안에
임계각이라는 게 표현되고요.

00:00:57.937 --> 00:01:05.805

앞선 18번째 강의에서 다뤘었던 내용
중에 굴절률이라는 거 배웠던 거 기억해?

00:01:05.905 --> 00:01:07.395
벌써 포맷된 건 아니지?

00:01:07.495 --> 00:01:12.271
여러분의 포맷 능력이 너무 뛰어나서
금방금방 잊어버렸을까 봐 걱정이 되네요.

00:01:12.371 --> 00:01:15.037
그래서 이 굴절률이라는
용어를 사용해서

00:01:15.137 --> 00:01:18.526
이 전반사라는 현상을 다시
한번 확인해보도록 하겠고요.

00:01:18.626 --> 00:01:21.360
그리고 광통신에 대해서 배우는데요.

00:01:21.460 --> 00:01:25.747
이 광통신의 원리가 바로
전반사를 이용하고 있습니다.

00:01:25.847 --> 00:01:27.921
그래서 이 광통신이란 도대체 뭐냐.

00:01:28.021 --> 00:01:34.017
이 광통신의 구조를 보면 코어랑
클래딩이라는 거로 구성되어있는데

00:01:34.117 --> 00:01:37.254
애는 어떠한 특징들을 갖고
있는지를 확인해보도록 할게요.

00:01:37.354 --> 00:01:41.667
그리고 지난 시간에
예고했듯이 오늘 강의에서는

00:01:41.767 --> 00:01:44.809
이 전반사에 의해서
나타나는 현상 중의 하나인

00:01:44.909 --> 00:01:49.987
바로 신기루에 대해서도 확인을
해나가 보도록 하겠습니다.

00:01:50.087 --> 00:01:54.021
그러면 오늘의 내용 시작해
나가보도록 할게요.

00:01:54.121 --> 00:01:56.471
이런 상황 한번 보도록 하겠습니다.

00:01:56.571 --> 00:01:59.243
우리 지난 시간에도
배웠던 내용인데요.

00:01:59.343 --> 00:02:03.142
여기 지금 아스팔트 길이 있습니다.

00:02:03.242 --> 00:02:06.253
그리고 여기는 잔디밭

길이 있습니다.

00:02:06.353 --> 00:02:12.056

아스팔트 길과 잔디밭 길에서
장난감 자동차가 구릅니다.

00:02:12.156 --> 00:02:14.870

어디서 당연히 더 잘 굴러요?

00:02:14.970 --> 00:02:19.877

아스팔트에서가 잔디밭에서
보다 더 잘 구르죠.

00:02:19.977 --> 00:02:28.514

결국 아스팔트는 속도가 빠른
곳이다, 라고 표현할 수 있고요.

00:02:28.614 --> 00:02:33.957

잔디는 속도가 느린
곳이라고 표현할 수 있죠.

00:02:34.057 --> 00:02:35.162

기억하시죠?

00:02:35.262 --> 00:02:39.713

그래서 우리는 이 아스팔트 쪽을
I 매질이라고 부르기로 하겠고요.

00:02:39.813 --> 00:02:43.099

잔디 쪽을 II 매질이라고
부르도록 하겠습니다.

00:02:43.199 --> 00:02:46.813

우리는 지난 시간에 주로
아스팔트에서 잔디 쪽으로

00:02:46.913 --> 00:02:52.087

장난감 자동차가 굴러들어오는
상황에 대해서 다뤘는데

00:02:52.187 --> 00:02:57.148

오늘은 잔디에서 아스팔트 쪽으로
굴러나가는 상황에 대해서

00:02:57.248 --> 00:02:59.707

자세하게 다뤄나가 보도록 할게요.

00:02:59.807 --> 00:03:06.302

잔디에서 아스팔트 쪽으로 장난감
자동차가 이렇게 굴러갑니다.

00:03:06.402 --> 00:03:07.370

어떻게 될까요?

00:03:07.470 --> 00:03:09.969

이렇게 굴러갑니다.

00:03:13.200 --> 00:03:19.516

이쪽 바퀴가 먼저 아스팔트
쪽에 나가게 되죠?

00:03:19.616 --> 00:03:20.593
그러면 이쪽 바퀴는?

00:03:20.693 --> 00:03:22.868
그렇죠, 잘 굴러요.

00:03:22.968 --> 00:03:25.547
그리고 나머지 바퀴는
잘 못 굴러요.

00:03:25.647 --> 00:03:30.058
그러면 이렇게 가던 애가 애는
잘 구르고 애는 잘 못 구르면

00:03:30.158 --> 00:03:31.289
애가 어떻게 될까요?

00:03:31.389 --> 00:03:36.707
이쪽이 잘 구르니까 이렇게
꺾어나갈 수 있게 됩니다.

00:03:36.807 --> 00:03:43.459
그래서 우리가 지난 시간에 배웠듯이
경계면의 수직선, 법선을 긋고

00:03:43.559 --> 00:03:53.167
법선으로부터 이루는 각을 비교하면 어떤
결과를 만들어낼 수 있다고 그랬어요?

00:03:53.267 --> 00:03:57.092
속도가 빠른 쪽의 각도가 크다.

00:03:57.192 --> 00:03:58.876
이거 굉장히 중요한 결과죠?

00:03:58.976 --> 00:04:02.336
또 속도가 빠르다는 건
뭘 의미했었어요?

00:04:02.436 --> 00:04:06.302
속도가 빠르면 어떤 매질인 거야?

00:04:06.402 --> 00:04:09.061
굴절률은 작은 매질이 되고요.

00:04:09.161 --> 00:04:15.894
속도가 느리면 굴절률은 큰 매질이다,
라고 부를 수 있었던 거였죠.

00:04:15.994 --> 00:04:20.320
결국 각도를 이용해서 우리는
속도를 찾아낼 수 있고

00:04:20.420 --> 00:04:25.526
그 속도를 이용해서 굴절률의
대소 관계도 따질 수 있다는 거

00:04:25.626 --> 00:04:28.864
여러분이 일단 기억을
해두셔야 될 것 같아요.

00:04:28.964 --> 00:04:30.711

여기까지 문제없으리라고
생각이 들고요.

00:04:30.811 --> 00:04:37.111

그렇다면 이번에는 이 장난감 자동차가
잔디에서 아스팔트 쪽으로 굴러가는데

00:04:37.211 --> 00:04:40.911

조금 더 입사각을
키워보도록 하겠습니다.

00:04:41.011 --> 00:04:44.397

입사각을 키우면 이렇게 더
눅혀가게 된다는 소리죠?

00:04:44.497 --> 00:04:49.278

더 눅혀가게 되면 당연히
입사각이 커지면 어떻게 돼요?

00:04:49.378 --> 00:04:51.240

굴절각도 커지겠죠?

00:04:51.340 --> 00:04:52.673

그러면 애는 어떻게 될까요?

00:04:52.773 --> 00:04:55.923

이렇게 꺾어나갈 수 있게 됩니다.

00:04:56.023 --> 00:04:57.190

그래서 어떻게 됩니까?

00:04:57.290 --> 00:05:00.985

역시나 굴절각이 더 커졌다는
것도 확인할 수 있어요.

00:05:01.085 --> 00:05:04.360

그래서 입사각이 커지면
굴절각도 커지는구나, 라는 거

00:05:04.460 --> 00:05:06.126

너무 당연한 내용인데

00:05:06.226 --> 00:05:13.820

그러면 이번에는 이 장난감 자동차를 완전히
기울여서 한번 입사시켜보도록 할게요.

00:05:13.920 --> 00:05:17.102

이렇게 입사를 합니다.

00:05:17.202 --> 00:05:21.369

장난감 자동차가 이렇게
입사해나가게 되면

00:05:21.469 --> 00:05:23.214

어떤 일이 일어날 것이냐,

00:05:23.314 --> 00:05:29.231

이렇게 가다가 보면 이쪽
바퀴가 당연히 먼저 나가죠?

00:05:29.331 --> 00:05:31.920
그러면 이쪽 바퀴가 먼저 나갔으니까
이쪽 바퀴는 잘 구르고

00:05:32.020 --> 00:05:34.064
나머지 바퀴는 잘 못 구를
거니까 애는 어떻게 됩니까?

00:05:34.164 --> 00:05:35.191
이렇게 될 거란 말이야.

00:05:35.291 --> 00:05:37.831
이렇게 되는 순간 어떤
일이 일어나느냐,

00:05:37.931 --> 00:05:41.723
이 두 바퀴가 속도가
빠른 쪽에 나가 있고요.

00:05:41.823 --> 00:05:44.751
두 바퀴는 속도가 느린
쪽에 들어와 있어요.

00:05:44.851 --> 00:05:46.324
그러면 어떤 일이 일어날까요?

00:05:46.424 --> 00:05:50.503
이 두 바퀴는 둘 다 빠르고 이
두 바퀴는 둘 다 느려요.

00:05:50.603 --> 00:05:55.189
그러면 이 두 바퀴가 둘 다 빠르게
되면 어떤 일이 일어나느냐,

00:05:55.289 --> 00:05:58.680
되돌아 들어오는 일이
발생을 하게 됩니다.

00:05:58.780 --> 00:06:00.938
우리는 이렇게 파동이.

00:06:01.038 --> 00:06:04.299
지금 이 장난감 자동차를 파동처럼
생각하고 있는 거 아니야,

00:06:04.399 --> 00:06:06.545
빛처럼 생각하고 있는
거 아니야, 그렇지?

00:06:06.645 --> 00:06:14.508
빛, 파동이 가다가 경계면을
만나서 굴절하지 않고

00:06:14.608 --> 00:06:21.325
완전히 반사돼서 들어오는
현상을 뭐라고 부르느냐,

00:06:21.425 --> 00:06:25.122
전반사라고 불러요.

00:06:25.222 --> 00:06:27.343

왜 전반사라는 표현을 쓰냐면,

00:06:27.443 --> 00:06:30.709

사실은 앞쪽에서 파동이
가다가 굴절하고.

00:06:30.809 --> 00:06:35.509

장난감 자동차로 설명했지만 실제로는 파동,
빛이라고 생각하면 좋다고 그랬어요.

00:06:35.609 --> 00:06:40.710

장난감 자동차, 빛이 가다가
굴절하고 빛이 가다가 굴절하는데

00:06:40.810 --> 00:06:45.747

사실 이 빛의 경우는 다른
매질을 만났기 때문에

00:06:45.847 --> 00:06:50.298

일부는 반사하고 일부는
굴절하고 있었던 거예요.

00:06:50.398 --> 00:06:56.740

여기서도 가다가 일부는 반사하고
일부는 굴절하고 있었던 거예요.

00:06:56.840 --> 00:06:58.256

그래서 이때는 어떻게 되는 거야?

00:06:58.356 --> 00:07:03.485

이 빛, 파동의 에너지가
굴절하는 쪽과 반사하는 쪽.

00:07:03.585 --> 00:07:08.205

파동, 빛이 가다가 굴절하는
쪽과 반사하는 쪽으로

00:07:08.305 --> 00:07:10.370

에너지가 나뉘어지게 됩니다.

00:07:10.470 --> 00:07:14.875

그런데 이때는 어떤
일만 일어나느냐,

00:07:14.975 --> 00:07:18.448

굴절은 하지 않고 오롯이
반사만 하고 있어요.

00:07:18.548 --> 00:07:22.478

그래서 이 전반사에 이 전
자가 무슨 전 자냐,

00:07:22.578 --> 00:07:24.290

완전 전 자입니다.

00:07:24.390 --> 00:07:28.731

모두 반사, 전부
반사한다는 뜻이에요.

00:07:28.831 --> 00:07:37.524

그래서 전반사란 결국 뭐냐,

100% 반사예요.

00:07:38.422 --> 00:07:40.949

이런 반사는 100%
반사가 아니예요.

00:07:41.049 --> 00:07:46.166

그런데 얘는 100% 반사이다, 라는 걸
여러분이 기억하실 수 있어야 돼요.

00:07:46.266 --> 00:07:48.818

그러면 이제 한번 생각을
해보도록 하겠습니다.

00:07:48.918 --> 00:07:55.772

어느 정도 각도가
되면 굴절해 나가는데

00:07:55.872 --> 00:08:01.409

여기 입사각과 반사각은 반사의 법칙에
의해서 이 둘은 당연히 같겠죠?

00:08:01.509 --> 00:08:10.339

입사각이 커지게 되면 전반사하는
상황이 나타날 수 있구나, 라는 걸

00:08:10.439 --> 00:08:12.340

우리가 판단할 수 있어요.

00:08:12.440 --> 00:08:17.209

입사각이 커지면
굴절각이 점점 넓다가

00:08:17.309 --> 00:08:19.834

결과적으로 입사각이
매우 커지게 되면

00:08:19.934 --> 00:08:21.208

전반사를 하게 됩니다.

00:08:21.308 --> 00:08:26.127

그러면 이 중간 정도에서 어떤
일이 일어날 수 있을 것 같아요?

00:08:26.227 --> 00:08:30.092

무슨 말이냐, 입사각이 커지면
굴절각이 커지게 되죠.

00:08:30.192 --> 00:08:33.448

그래서 입사각이 완전히 커지면
전반사가 일어난다고요.

00:08:33.548 --> 00:08:36.326

그러면 이 중간 과정에 어떤
일이 일어날 수 있느냐,

00:08:36.426 --> 00:08:41.364

바로 이런 정도로 빛을 쬐주게 되면

00:08:41.464 --> 00:08:44.129

당연히 지금 어떻게 됐어요?

00:08:44.229 --> 00:08:46.557
이때보다 입사각이 커졌죠?

00:08:46.657 --> 00:08:49.611
입사각이 커지면
굴절각도 커지게 돼서

00:08:49.711 --> 00:08:52.366
애가 어떻게 굴절할
수 있게 되느냐,

00:08:52.466 --> 00:08:55.274
이렇게 굴절할 수 있게 됩니다.

00:08:55.374 --> 00:08:59.962
즉 굴절각이 90도가 되는
상황이 발생할 수 있어요.

00:09:00.062 --> 00:09:01.823
물론 이때도 어떤 일이 일어나요?

00:09:01.923 --> 00:09:05.478
일부는 반사, 일부는
굴절하게 되겠죠.

00:09:05.578 --> 00:09:07.472
그래서 우리는 중요한
게 바로 뭐냐,

00:09:07.572 --> 00:09:12.712
입사각을 키우다 보면
결과적으로 굴절각이 커지다가

00:09:12.812 --> 00:09:17.459
굴절각이 90도가 되는
일이 발생할 수 있습니다.

00:09:17.559 --> 00:09:23.816
그 입사각이 굴절각을 90도로
만드는 입사각보다 커지면

00:09:23.916 --> 00:09:25.626
바로 뭐가 일어날 수 있는 거야?

00:09:25.726 --> 00:09:30.211
전반사가 일어날 수 있다는 것을
지금 보여주고 있는 그림이에요.

00:09:30.311 --> 00:09:33.409
그래서 우리는 또 하나
너무나도 중요한 표현.

00:09:33.509 --> 00:09:35.132
바로 뭘 기억하셔야 되느냐,

00:09:35.232 --> 00:09:37.961
바로 이 각도입니다.

00:09:38.061 --> 00:09:44.252
굴절각을 90도로 만드는

입사각을 뭐라고 부르느냐,

00:09:44.352 --> 00:09:49.910

이 입사각을 임계각이라고
불러줍니다.

00:09:50.010 --> 00:10:11.484

임계각이란 뭐냐, 바로 굴절각을 90도로
만드는 입사각을 임계각이라고 불러줘요.

00:10:11.584 --> 00:10:16.929

굴절각을 90도로 만드는 입사각이
임계각보다 입사각이 커지면.

00:10:17.029 --> 00:10:21.733

이 각도보다 이 각도가 크면
전반사를 한다는 것을 뜻합니다.

00:10:21.833 --> 00:10:24.460

그래서 우리가 정리할
게 바로 뭐냐,

00:10:24.560 --> 00:10:27.583

전반사인데요.

00:10:27.683 --> 00:10:29.941

전반사란 뭐라고요?

00:10:30.041 --> 00:10:33.232

100% 반사예요.

00:10:33.332 --> 00:10:35.683

전부 반사입니다.

00:10:35.783 --> 00:10:39.574

이 전반사가 일어날 조건은
두 가지가 있어요.

00:10:39.674 --> 00:10:44.728

바로 첫 번째는 뭐냐,

00:10:44.828 --> 00:10:49.101

과동, 빛이 속도가 느린 곳.

00:10:49.201 --> 00:10:56.556

굴절률이 큰 곳에서 속도가 빠른 곳,
굴절률이 작은 곳 쪽으로 향해갈 때

00:10:56.656 --> 00:10:58.586

전반사가 일어날 수 있습니다.

00:10:58.686 --> 00:11:01.557

무슨 말이냐, 반대로
속도가 빠른 곳에서

00:11:01.657 --> 00:11:10.913

속도가 느린 곳 쪽으로 이렇게
들어오게 되면 어떻게 됩니까?

00:11:11.013 --> 00:11:17.066

이 속도가 느리고 나머지 속도가 빠르니까

무조건 굴절해서 들어오게 되어있습니다.

00:11:17.166 --> 00:11:22.023
물론 일부는 반사했겠지만 무조건 굴절해서 들어올 수밖에 없어요.

00:11:22.123 --> 00:11:25.050
굴절이 무조건 일어난다고요.

00:11:25.150 --> 00:11:30.171
속도가 빠른 곳에서 속도가 느린 곳으로 들어오게 되면.

00:11:30.271 --> 00:11:33.534
그런데 속도가 느린 곳에서 속도가 빠른 곳.

00:11:33.634 --> 00:11:38.316
굴절률이 큰 곳에서 굴절률이 작은 곳 쪽으로 향해서 가면

00:11:38.416 --> 00:11:40.632
전반사가 일어날 수 있습니다.

00:11:40.732 --> 00:11:46.338
그러면 속도가 느린 곳에서 속도가 빠른 곳 쪽으로 가기만 하면 전반사가 다 일어나나요?

00:11:46.438 --> 00:11:48.112
아니죠. 어때야 돼요?

00:11:48.212 --> 00:11:51.268
각도가 커야 돼요,
입사각이 커야 돼요.

00:11:51.368 --> 00:12:02.478
그래서 우리는 전반사가 일어날 첫 번째 조건은 바로 뭐냐,

00:12:02.578 --> 00:12:08.050
파동, 빛이 속도가 느린 곳에서 속도가 빠른 곳으로 향해갈 때

00:12:08.150 --> 00:12:09.898
전반사가 일어난다.

00:12:09.998 --> 00:12:12.652
이 표현은 결국 무슨 표현과 같아요?

00:12:12.752 --> 00:12:19.901
굴절률이 큰 곳에서 굴절률이 작은 곳으로 향해갈 때

00:12:20.001 --> 00:12:22.800
전반사가 일어날 수 있다.

00:12:22.900 --> 00:12:23.904
너무 중요합니다.

00:12:24.004 --> 00:12:25.209

반드시 기억하셔야 돼요.

00:12:25.309 --> 00:12:27.121
두 번째, 어떤 조건이어야 돼요?

00:12:27.221 --> 00:12:30.012
무조건 속도가 느린 곳에서
속도가 빠른 곳으로 간다고

00:12:30.112 --> 00:12:32.322
전반사가 일어나는 게
아니라고 그랬죠?

00:12:32.422 --> 00:12:34.992
어떤 조건에서?
입사각이 커야 돼요.

00:12:35.092 --> 00:12:37.452
뭐보다? 임계각보다.

00:12:37.552 --> 00:12:38.838
임계각이 뭐였어?

00:12:38.938 --> 00:12:41.177
굴절각을 90도로 만드는 입사각.

00:12:41.277 --> 00:12:45.207
이 각도보다 입사각이 커야
전반사가 일어난다고요.

00:12:45.307 --> 00:12:49.050
결국 전반사가 일어날
두 번째 조건은 뭐냐,

00:12:49.150 --> 00:12:56.999
임계각보다 큰 입사각이 있어야만

00:12:57.099 --> 00:13:01.400
전반사가 일어날 수 있다.

00:13:01.500 --> 00:13:06.167
이 두 가지 표현 여러분이 반드시
기억하고 계셔야 됩니다.

00:13:06.267 --> 00:13:13.133
전반사는 이런 조건에서
일어나는구나.

00:13:13.233 --> 00:13:15.692
문제없죠?

00:13:15.792 --> 00:13:18.634
여러분, 충분히 이해하셨으리라고
생각이 듭니다.

00:13:18.734 --> 00:13:22.488
그러면 이 전반사에 의해서
나타나는 현상들이 있어요.

00:13:22.588 --> 00:13:25.811
그 현상 중에 대표적인

게 바로 뭐냐,

00:13:25.911 --> 00:13:27.334
신기루입니다.

00:13:27.434 --> 00:13:31.722
이 신기루 하면 여러분이
뭔가 대단한 거로 아는데

00:13:31.822 --> 00:13:37.661
사실은 더운 여름철에 아스팔트 길에서 이
신기루 현상을 쉽게 관찰할 수 있어요.

00:13:37.761 --> 00:13:40.555
신기루란 바로 헛것이
보이는 거 아니야?

00:13:40.655 --> 00:13:43.022
그런데 엄밀하게는 헛것이
보이는 건 아니고

00:13:43.122 --> 00:13:45.115
착각하게 보이는 현상입니다.

00:13:45.215 --> 00:13:49.376
대표적으로 우리가 쉽게 관찰할
수 있는 신기루는 바로 뭐냐,

00:13:49.476 --> 00:13:52.762
더운 여름날 저 멀리
도로를 바라보잖아요?

00:13:52.862 --> 00:13:56.895
그러면 그 도로에 이렇게
물이 있는 것처럼 보입니다.

00:13:56.995 --> 00:14:02.451
그래서 이 도로에서 이런
모습들이 반사돼서 보이죠.

00:14:02.551 --> 00:14:06.546
그런데 고속도로 같은 데
가면 쉽게 보여요.

00:14:06.646 --> 00:14:12.030
더운 여름날 직선도로를 막
달리는데 저 멀리를 바라보면

00:14:12.130 --> 00:14:15.639
저 멀리서 이렇게 물이
있는 것처럼 보여요.

00:14:15.739 --> 00:14:19.290
그런데 막상 거기에 도달하게
되면 물이 없습니다.

00:14:19.390 --> 00:14:21.384
바로 신기루였던 거예요.

00:14:21.484 --> 00:14:25.431
그래서 이렇게 물이

있는 것처럼 세상이,

00:14:25.531 --> 00:14:32.614
도로 위의 모습이 비쳐 보이는 현상을
신기루라고 불러주게 됩니다.

00:14:32.714 --> 00:14:37.690
물론 그것만 신기루는 아니지만, 대표적인
신기루가 이렇게 표현되어질 수 있어요.

00:14:37.790 --> 00:14:40.886
그러면 이 현상이 왜
일어나는지를 지금부터

00:14:40.986 --> 00:14:45.398
이 전반사 관점에서 설명을
드러나가보도록 할게요.

00:14:45.498 --> 00:14:50.169
바로 뭐냐, 신기루입니다.

00:14:50.269 --> 00:14:52.978
신기루는 어떻게 일어나느냐,

00:14:53.078 --> 00:14:56.263
주로 더운 여름날 일어나요.

00:14:56.363 --> 00:14:57.355
더운 여름입니다.

00:14:57.455 --> 00:14:59.462
해가 짹짹 떠 있습니다.

00:14:59.562 --> 00:15:01.819
그리고 여기에는 지금 땅이고요.

00:15:01.919 --> 00:15:07.124
여기에 나무가 이렇게 서 있습니다.

00:15:07.224 --> 00:15:15.773
더운 여름이 되면 온도가 올라가는데
어디서부터 온도가 올라갈까요?

00:15:15.873 --> 00:15:22.943
한낮 온도는 바로 땅 쪽이
공기 중보다 더 뜨겁습니다.

00:15:23.043 --> 00:15:23.645
왜죠?

00:15:23.745 --> 00:15:27.087
이건 중학교 때 배웠던
건데 비열, 열용량.

00:15:27.187 --> 00:15:29.660
이런 내용과 연결됐던 거야.

00:15:29.760 --> 00:15:34.582
결국 땅은 공기보다 먼저
뜨거워지고 먼저 식어요.

00:15:34.682 --> 00:15:43.968
그래서 더운 여름날 낮이 되면 땅
쪽으로 갈수록, 땅 쪽일수록

00:15:44.068 --> 00:15:45.902
Temperature(온도)가
높고요.

00:15:46.002 --> 00:15:49.961
위쪽으로 갈수록 온도가 낮습니다.

00:15:50.061 --> 00:15:52.043
여러분, 혹시 기억나시나요?

00:15:52.143 --> 00:15:57.688
빛의 속도가 공기 중에
온도에 관계한다.

00:15:57.788 --> 00:16:02.668
앞선 강의에서 중요하게 말씀드렸던
내용인데 기억이 안 나면

00:16:02.768 --> 00:16:04.639
다시 한번 확인해보면
좋을 것 같아요.

00:16:04.739 --> 00:16:14.170
온도가 높은 곳일수록 공기 중에 온도가
높을수록 빛의 속도는 빠릅니다.

00:16:14.270 --> 00:16:18.628
결국 아래쪽일수록 빛의
속도가 빠른 곳이고요.

00:16:18.728 --> 00:16:23.037
위쪽일수록 빛의 속도가
느린 곳이 된다는 뜻이죠.

00:16:23.137 --> 00:16:24.929
그래서 우리는 이렇게
생각하면 편해요.

00:16:25.029 --> 00:16:32.545
이 공기가 이렇게 아주 가벼운 공기층을
이루고 있다고 생각하시면 될 것 같습니다.

00:16:32.645 --> 00:16:34.128
그래서 공기층을 이루고 있고요.

00:16:34.228 --> 00:16:37.339
아래쪽일수록 온도가
높고 속도가 빠르고

00:16:37.439 --> 00:16:42.542
위쪽일수록 온도가 낮고 속도가
느린 층이 존재한다.

00:16:42.642 --> 00:16:49.485
이때 이 나무 꼭대기를 한번
주목해보도록 하겠습니다.

00:16:49.585 --> 00:16:55.051
이 나무 꼭대기에서는 지금
사방팔방으로 빛이 나가고 있겠죠.

00:16:55.151 --> 00:16:57.928
이 분필을 내가 여기서도
보고 여기서도 보고

00:16:58.028 --> 00:17:00.654
여기서도 볼 수 이유는
바로 뭐 때문이야?

00:17:00.754 --> 00:17:06.650
이 분필 끝에서 사방팔방으로 빛이
뻗어 나가고 있기 때문이죠.

00:17:06.750 --> 00:17:10.761
물론 반사에 의한 빛이긴 하지만 어쨌든
빛이 뻗어 나가고 있기 때문에

00:17:10.861 --> 00:17:14.146
우리가 이 분필을 사방에서
다 볼 수 있는 거죠?

00:17:14.246 --> 00:17:21.087
결국 이 나무 꼬트머리에서는
사방으로 빛이 나가고 있는데

00:17:21.187 --> 00:17:26.493
그중에 우리가 관심을 가질 빛은
바로 아래쪽을 향하는 빛입니다.

00:17:26.593 --> 00:17:30.298
아래쪽으로 빛이 이렇게 향해간
경우를 보도록 하겠습니다.

00:17:30.398 --> 00:17:31.714
이렇게 빛이 가고 있어요.

00:17:31.814 --> 00:17:34.669
이 나무 끝에서 나오는
무수하게 많은 빛 중에

00:17:34.769 --> 00:17:37.824
이 나무 끝에서 아래쪽으로
향하는 빛입니다.

00:17:37.924 --> 00:17:42.175
아래쪽으로 빛이 향해가는데
어떻게 됩니까?

00:17:42.275 --> 00:17:49.376
속도가 느린 층에서 속도가 빠른 층
쪽으로 빛이 향하고 있습니다.

00:17:49.476 --> 00:17:51.264
그러면 어떻게 되는 거죠?

00:17:51.364 --> 00:17:56.096
여기다 법선을 긋고 법선으로부터
이루는 각을 보면 되죠?

00:17:56.196 --> 00:17:57.593
어디가 더 빨라요?

00:17:57.693 --> 00:17:59.872
아래쪽이 위쪽보다 더 빠르다고요.

00:17:59.972 --> 00:18:05.650
아래쪽이 위쪽보다 빠르면 아래쪽의
각도가 위쪽의 각도보다 클 거니까

00:18:05.750 --> 00:18:07.532
애는 어떻게 꺾일까요?

00:18:07.632 --> 00:18:09.790
이렇게 꺾여갑니다.

00:18:09.890 --> 00:18:13.273
그런데 또 이렇게 가다가
보면 위쪽은 어때요?

00:18:13.373 --> 00:18:15.750
온도가 낮고 아래쪽은 온도가 높죠.

00:18:15.850 --> 00:18:17.569
아래쪽일수록 온도가 더
높다고 그랬잖아.

00:18:17.669 --> 00:18:20.458
결국 아래쪽이 위쪽보다
온도가 더 높아.

00:18:20.558 --> 00:18:22.877
온도가 더 높으면 또
어떻게 될 거야?

00:18:22.977 --> 00:18:24.628
각도가 더 커져야 되는 거죠?

00:18:24.728 --> 00:18:26.063
그러면 애가 또 어떻게 됩니까?

00:18:26.163 --> 00:18:29.414
또 이렇게 누워가게 됩니다.

00:18:29.514 --> 00:18:35.997
또 이렇게 누워가다 보면 온도가 더 높고
속도가 더 빠른 공기층을 만납니다.

00:18:36.097 --> 00:18:38.580
그러면 또 어떻게 됩니까?
또 눕죠.

00:18:38.680 --> 00:18:41.800
이렇게 또 누워갑니다.

00:18:41.900 --> 00:18:44.616
누워가다 보면 이제
어떤 일이 일어날까요?

00:18:44.716 --> 00:18:50.987

아래쪽이 더 빠른 층을 만나죠?

00:18:51.087 --> 00:18:53.503

그러면 어떤 일이
일어날 수 있을까요?

00:18:53.603 --> 00:19:00.080

이 들어가는 각도, 입사각이
속도가 빠른 층과 속도가

00:19:00.180 --> 00:19:06.445

느린 층이 만나서 이루어질
수 있는 임계각보다

00:19:06.545 --> 00:19:13.908

이 각도가 커지게 되면 어떤
일이 일어날 수 있어요?

00:19:14.008 --> 00:19:16.192

전반사가 일어날 수가 있습니다.

00:19:16.292 --> 00:19:19.940

이렇게 전반사가
일어나고 있는 상황에서

00:19:20.040 --> 00:19:25.485

사람이 여기서 이렇게 쳐다봅니다.

00:19:29.388 --> 00:19:35.420

그러면 이 사람은 이 나무 끝에
빛이 어디서 오는 거로 보여요?

00:19:35.520 --> 00:19:37.591

아래쪽에서 올라오는 거로 보여요.

00:19:37.691 --> 00:19:41.474

아래쪽에서 올라오는 거로
보이니까 이 사람은

00:19:41.574 --> 00:19:45.550

이 빛이 어디서 왔다고 보느냐,
여기서 왔다고 본다고요.

00:19:45.650 --> 00:19:54.992

그래서 나무가 이렇게 서 있는
거로 이 사람은 보게 되는 거죠.

00:19:55.092 --> 00:20:02.532

그래서 이 나무가 반사돼서 아래쪽에
뒤집어져서 모이는 모습으로 보이니까

00:20:02.632 --> 00:20:06.078

여기에 바로 뭐가 있는 것처럼
착각하게 되는 거야?

00:20:06.178 --> 00:20:08.951

물웅덩이가 있다고 착각을
하게 되는 겁니다.

00:20:09.051 --> 00:20:12.672

여기에 마치 거울과 같은 게

있다고 착각을 하게 되는 거죠.

00:20:12.772 --> 00:20:16.923
그래서 이 사람은 이 나무의 모습을
바닥에서도 볼 수 있고요.

00:20:17.023 --> 00:20:22.286
여기서 곧장 온 빛도
볼 수 있게 되는 거죠.

00:20:22.386 --> 00:20:26.362
그래서 이런 현상을 우리는
신기루라고 부르고

00:20:26.462 --> 00:20:29.853
결국 신기루가 발생하는 이유는
뭐 때문이라는 거야?

00:20:29.953 --> 00:20:34.531
전반사 때문이구나, 라는 걸
여러분이 판단하실 수 있어야 돼요.

00:20:34.631 --> 00:20:41.012
사막에 가면 오아시스가 보이는 신기루를
우리가 볼 수 있다고 이야기를 하죠.

00:20:41.112 --> 00:20:45.482
그런데 이 사막은 바닥 면이
이렇게 평평하지 않아요.

00:20:45.582 --> 00:20:48.240
모래가 울퉁불퉁하잖아요.

00:20:48.340 --> 00:20:54.321
그러니까 이 어딘가에
오아시스가 있는데

00:20:54.421 --> 00:20:59.715
그 오아시스가 이 사막의
울퉁불퉁한 면을 따라서

00:20:59.815 --> 00:21:04.218
반사, 반사, 반사되다가
바닥에서 올라오는 형태가 아니라

00:21:04.318 --> 00:21:11.218
여기에 있던 오아시스가
이런 사막의 굴곡에 의해서

00:21:11.318 --> 00:21:16.504
전반사, 전반사, 전반사하면서
이런 곳에서 들어오는 거로.

00:21:16.604 --> 00:21:21.657
여기에 있던 오아시스가 여기에서 빛이 오는
거로 착각하게 할 수 있다는 겁니다.

00:21:21.757 --> 00:21:23.572
그래서 이쪽에서 빛이 왔으니까

00:21:23.672 --> 00:21:29.236

사람은 아, 이쪽에 오아시스가
있구나, 라고 생각하고 걸어가다 보면

00:21:29.336 --> 00:21:31.582

오아시스가 존재하지
않게 되는 거죠.

00:21:31.682 --> 00:21:36.512

그런데 분명한 건 사막에서
오아시스가 보였다면

00:21:36.612 --> 00:21:41.838

그 근처 어딘가에 오아시스가
실제로 존재하긴 하는 거죠.

00:21:41.938 --> 00:21:46.075

그 방향은 아닐지언정 어딘가에는
오아시스가 존재한다는 걸

00:21:46.175 --> 00:21:50.232

우리가 판단할 수 있게 된다고요.

00:21:50.332 --> 00:21:54.947

이 신기루 현상이 극지방에
가면 어떻게 관찰이 되냐면,

00:21:55.047 --> 00:22:02.291

극지방은 낮에도 바닥 쪽이 차갑고
위쪽이 오히려 따뜻합니다.

00:22:02.391 --> 00:22:04.397

그러면 이 공기층이 어떻게 될까요?

00:22:04.497 --> 00:22:05.663

역전되어있겠죠.

00:22:05.763 --> 00:22:10.908

아래쪽이 온도가 낮고
빛의 속도가 느리고요.

00:22:11.008 --> 00:22:14.229

위쪽이 온도가 높고
빛의 속도가 빨라요.

00:22:14.329 --> 00:22:19.649

그래서 이 극지방을 가게 되면 어떤
현상을 관찰할 수 있다고 이야기하냐면,

00:22:19.749 --> 00:22:27.974

바로 이 바닥에 있는 빙산이나 배 같은 게
하늘에 떠 있는 거로 보인다고 합니다.

00:22:28.074 --> 00:22:32.269

이게 뒤집어져서 이렇게
전반사가 되는 거죠.

00:22:32.369 --> 00:22:34.939

이런 현상도 우리가
설명할 수 있고요.

00:22:35.039 --> 00:22:38.901

이 신기루 현상과 비슷한
현상이 바로 뭐가 있느냐,

00:22:39.001 --> 00:22:43.581
신기루 현상으로 설명되어지는 이
원리가 그대로 적용되는 게

00:22:43.681 --> 00:22:58.551
바로 우리나라 속담에 있는 낮말은
새가 듣고 밤말은 쥐가 듣는다.

00:22:58.651 --> 00:23:05.691
이 표현도 결국은 이 원리로
설명할 수가 있습니다.

00:23:05.791 --> 00:23:08.759
그래서 낮말은 새가 듣는데, 왜?

00:23:08.859 --> 00:23:10.411
소리도 마찬가지로거든요.

00:23:10.511 --> 00:23:16.395
여기서 아, 라는 소리를 지르면

00:23:16.495 --> 00:23:20.269
사방으로 퍼지는 아, 라는
소리는 위로 올라가고요.

00:23:20.369 --> 00:23:22.294
아래쪽으로 향했던 소리는

00:23:22.394 --> 00:23:26.247
결국 전반사를 통해서 위로
올라가게 되는 일이 발생합니다.

00:23:26.347 --> 00:23:32.557
결과적으로 아, 라는 소리가 전체적으로
다 위쪽으로 올라가게 되기 때문에

00:23:32.657 --> 00:23:36.500
낮말은 새가 듣는다는 표현이
과학적으로 타당해지는 거고요.

00:23:36.600 --> 00:23:37.788
밤에는 어떻게 돼요?

00:23:37.888 --> 00:23:39.668
이 온도 층이 뒤집어져요.

00:23:39.768 --> 00:23:43.865
바닥 쪽이 차갑고 공기층은
온도가 높습니다.

00:23:43.965 --> 00:23:49.053
그래서 이게 뒤집어져서 소리도 반대로
전반사가 일어나는 현상이 발생하죠.

00:23:49.153 --> 00:23:52.304
그래서 전체적으로 소리가
아래쪽으로 깔리게 되면서

00:23:52.404 --> 00:23:58.201

밤말은 귀가 듣는다는 표현이
타당성을 갖게 된다는 것도

00:23:58.301 --> 00:24:01.564

여러분이 기억을 해두시면
좋은 것 같아요, 됐죠?

00:24:01.664 --> 00:24:08.370

이렇게 해서 아까 말씀을
드렸던 이 신기루의 모습.

00:24:12.927 --> 00:24:17.104

거울과 같은 또는
물웅덩이같이 비치는 모습이

00:24:17.204 --> 00:24:21.510

바로 그 이유였구나, 라는 걸
우리가 확인할 수 있습니다.

00:24:21.610 --> 00:24:27.595

그러면 이제 칠판 정리하고 이 전반사가
이용된 또 하나의 중요한 사례.

00:24:27.695 --> 00:24:32.629

바로 광통신에 대한 내용으로
들어가도록 할게요.

00:24:32.729 --> 00:24:44.062

이 광통신이라는 통신체계는 광섬유라는
물질을 이용하고 있습니다.

00:24:44.162 --> 00:24:50.748

지금 여러분에게 보여지고 있는 이 사진
속 모습이 바로 광섬유 다발입니다.

00:24:50.848 --> 00:24:56.335

광섬유가 있으면 그 섬유에
여러 가닥을 막 뭉쳐놓은 게

00:24:56.435 --> 00:24:58.468

바로 광섬유 다발인 거죠.

00:24:58.568 --> 00:25:04.227

이 광섬유 다발은 장식품에
많이 이용되고 있어요.

00:25:04.327 --> 00:25:07.782

그래서 여기다 빛을 넣어주잖아요?

00:25:07.882 --> 00:25:15.021

그러면 그 빛이 이렇게 꼬트머리에서
막 발사되는 모습으로,

00:25:15.121 --> 00:25:21.040

뿔어져 나오는 모습이어서
장식품으로 많이 활용되고 있죠.

00:25:21.140 --> 00:25:23.679

이런 거 혹시 보신 적 있나요?

00:25:23.779 --> 00:25:25.326

그러면 여기서 중요한
게 바로 뭐냐,

00:25:25.426 --> 00:25:27.392

이쪽에서 빛을 넣어줬고요.

00:25:27.492 --> 00:25:34.336

그 빛이 이 광섬유를 타고 반대편으로
그대로 전달되어지고 있다, 라는 것을

00:25:34.436 --> 00:25:36.664

여러분이 확인할 수 있어야 돼요.

00:25:36.764 --> 00:25:42.434

그러면 이런 현상이 왜 일어나는지를
지금부터 설명해 나가보도록 하겠습니다.

00:25:42.534 --> 00:25:46.297

이 광섬유는 우리
눈에는 보이지 않지만

00:25:46.397 --> 00:25:51.588

이게 투명해서 눈에 보이지는 않지만,
광섬유는 이중구조로 되어있어요.

00:25:51.688 --> 00:25:53.241

그래서 어떻게 되어있느냐,

00:25:53.341 --> 00:25:59.594

이 광섬유 다발을 똑 잘라내잖아요?

00:25:59.694 --> 00:26:02.679

여기를 똑 자르면 이게
어떻게 되어있느냐,

00:26:02.779 --> 00:26:07.366

이렇게 이중구조로 되어있습니다.

00:26:07.466 --> 00:26:10.339

그래서 옆에서 보면
이렇게 되어있는 거죠.

00:26:10.439 --> 00:26:13.765

광섬유 다발이 있으면
그 광섬유 다발 안에

00:26:13.865 --> 00:26:16.320

이렇게 또 하나의 심이
들어가 있습니다.

00:26:16.420 --> 00:26:25.368

둘 다 투명해서 우리 눈에는 이게 이중구조로
되어있는지 단일구조로 되어있는지

00:26:25.468 --> 00:26:26.559

잘 구분은 안 돼요.

00:26:26.659 --> 00:26:30.509

어쨌든 광통신에 이용되는 광섬유는

00:26:30.609 --> 00:26:34.540
이중구조를 가지고 있다는
걸 기억하시고요.

00:26:34.640 --> 00:26:39.156
이 광통신은 뭐냐,
이쪽에서 빛을 넣어주면

00:26:39.256 --> 00:26:47.743
반대편까지 빛이 그대로 나오는
통신체계를 말해요.

00:26:47.843 --> 00:26:57.739
즉 여기서 빛을 넣어주면 이 빛이 텅텅
하고 반대편까지 나오게 하는 거죠.

00:26:57.839 --> 00:27:00.812
뭘 이용해서?

00:27:00.912 --> 00:27:03.799
전반사를 이용해서.

00:27:03.899 --> 00:27:05.764
왜 전반사를 이용할까요?

00:27:05.864 --> 00:27:13.946
전반사란 몇% 반사? 100%
반사라고 말씀을 드렸습니다.

00:27:15.182 --> 00:27:24.989
그래서 빛에 정보를 담아서 반대편까지
정보를 100% 보내주는 거죠.

00:27:25.089 --> 00:27:31.689
우리가 이 통신을 이용할
때 무선통신도 있고요.

00:27:31.789 --> 00:27:33.928
그리고 구리선 통신도 있어요.

00:27:34.028 --> 00:27:38.247
그런데 이 무선통신이나 구리선
통신의 문제점은 뭐냐,

00:27:38.347 --> 00:27:43.829
일단 구리선 통신은
구리선의 전기적 흐름,

00:27:43.929 --> 00:27:47.415
전류를 이용해서 통신을
주고받을 수 있거든요.

00:27:47.515 --> 00:27:50.826
그 구리선 통신의 문제점은
전류를 이용하고 있어요.

00:27:50.926 --> 00:27:56.459
전류를 이용하고 있다 보니까 결국 전선을
통해서 전기적 흐름이 형성돼야 되고요.

00:27:56.559 --> 00:27:59.575

전선을 통해서 전기적
흐름이 형성됐는데

00:27:59.675 --> 00:28:01.985
이 전선이 저항을 갖고 있어요.

00:28:02.085 --> 00:28:08.305
전선이 저항을 갖고 있으니까 정보를
담은 전류가 가면서 어떻게 됩니까?

00:28:08.405 --> 00:28:12.718
저항에 의해서 방해를 받고
손실이 일어나게 됩니다.

00:28:12.818 --> 00:28:17.241
그래서 구리선 통신은
진행되어지면 진행되어질수록

00:28:17.341 --> 00:28:22.865
정보가 많이 손실되는 문제점이
발생하고 있어요.

00:28:22.965 --> 00:28:25.046
역시나 무선통신도 마찬가지예요.

00:28:25.146 --> 00:28:31.718
무선통신은 사방팔방으로
정보를 퍼트리는 형태죠.

00:28:31.818 --> 00:28:37.041
그러다 보니까 그 퍼트린 정보
중에 일부만 내가 취하게 됩니다.

00:28:37.141 --> 00:28:39.880
정보가 사방팔방으로 짹 퍼져나가는데

00:28:39.980 --> 00:28:42.715
내가 수신하는 곳은
여기밖에 없잖아.

00:28:42.815 --> 00:28:47.325
결국 정보의 일부가 손실이 발생할
수밖에 없는 상황이고요.

00:28:47.425 --> 00:28:52.676
그리고 계속해서 이 무선통신은
정보가 사방으로 퍼지면서

00:28:52.776 --> 00:28:57.397
웨이브의 형태로 진행하다 보니까
웨이브의 형태로 진행하는 과정 중에

00:28:57.497 --> 00:29:03.676
장애물을 만나면 반사 등에 의해서 엉뚱한
곳으로 튀어가는 일이 발생할 수 있죠.

00:29:03.776 --> 00:29:06.829
그래서 역시나 정보에 손실이
발생할 수 있습니다.

00:29:06.929 --> 00:29:15.140

그런데 전반사를 이용한 광통신은
전반사를 이용하기 때문에

00:29:15.240 --> 00:29:23.974
100%의 정보가 이쪽에서 이쪽까지
진행되어갈 수 있다는 특징을 갖게 되죠.

00:29:24.074 --> 00:29:29.823
그래서 우리 가정에서 사용하고
있는 인터넷 통신은 다 뭐예요?

00:29:29.923 --> 00:29:31.196
광통신입니다.

00:29:31.296 --> 00:29:35.264
광섬유, 전반사를
이용한 광통신이죠.

00:29:35.364 --> 00:29:39.291
그러면 결국 광통신이 이루어지려면
전반사가 이루어져야 돼요.

00:29:39.391 --> 00:29:43.346
전반사가 이루어지려면
팅팅팅 하고 가야 돼요.

00:29:43.446 --> 00:29:50.000
팅팅팅하고 가려면 어떻게
구조가 되어져있어야 될까.

00:29:50.100 --> 00:29:51.268
생각해보겠습니다.

00:29:51.368 --> 00:29:58.169
여기서 이쪽으로 장난감 자동차가
가다가 전반사를 해야 됩니다.

00:29:58.269 --> 00:30:01.326
그렇다면 어떤 조건에서
전반사가 일어난다고요?

00:30:01.426 --> 00:30:03.972
전반사가 일어날 조건이
두 가지가 있다고 그랬죠?

00:30:04.072 --> 00:30:05.053
바로 뭐야?

00:30:05.153 --> 00:30:10.172
첫 번째, 속도가 느린 곳에서
속도가 빠른 곳으로 가야 됩니다.

00:30:10.272 --> 00:30:13.167
결국 안쪽은 어떻게
돼야 된다는 소리야?

00:30:13.267 --> 00:30:17.937
속도가 느린 물질이어야
된다는 소리입니다.

00:30:18.037 --> 00:30:22.496

속도가 느린 곳에서 속도가 빠른 곳으로
향할 때 전반사가 일어나니까.

00:30:22.596 --> 00:30:25.894

물론 두 번째 조건,
임계각 이상이어야 되죠.

00:30:25.994 --> 00:30:34.964

이 각도, 입사각이 이 물질과 이 물질이
이룰 수 있는 임계각보다 큰 각도여야

00:30:35.064 --> 00:30:36.566

전반사가 일어날 수 있겠죠.

00:30:36.666 --> 00:30:38.778

그런데 첫 번째 조건은
당연히 뭐야?

00:30:38.878 --> 00:30:41.235

속도가 느린 곳에서
속도가 빠른 곳.

00:30:41.335 --> 00:30:45.815

결국 가운데는 속도가 느린 물질로
되어있어야 된다는 소리고요.

00:30:45.915 --> 00:30:48.346

빛의 속도가 느린 물질이
이루어져 있어야 된다는 소리고

00:30:48.446 --> 00:30:52.787

바깥쪽에는 속도가 빠른 물질로
이루어져 있어야 된다는 거죠.

00:30:52.887 --> 00:30:55.134

속도가 느린 물질이란
뭐라고 그랬어?

00:30:55.234 --> 00:30:58.343

굴절률이 큰 물질이다,
라고 그랬죠.

00:30:58.443 --> 00:31:00.220

속도가 빠른 물질은 뭐야?

00:31:00.320 --> 00:31:02.552

굴절률이 작은 물질인 거죠.

00:31:02.652 --> 00:31:06.343

결국 광섬유는 이중구조로 되어있는데

00:31:06.443 --> 00:31:12.355

안쪽에는 속도가 느리고 굴절률이
큰 물질이 들어가 있고요.

00:31:12.455 --> 00:31:19.813

바깥쪽에는 속도가 빠르고 굴절률이
작은 물질이 들어가 있다는 겁니다.

00:31:19.913 --> 00:31:25.333

그래서 전반사, 전반사, 전반사를

할 수 있게 되는 거죠.

00:31:25.433 --> 00:31:31.892
우리는 안쪽에 속도가 느리고 굴절률이
큰 물질을 뭐라고 부르느냐,

00:31:31.992 --> 00:31:34.617
코어라고 불러주고요.

00:31:34.717 --> 00:31:41.195
주변부에 속도가 빠르고 굴절률이
작은 물질을 뭐라고 부르느냐,

00:31:41.295 --> 00:31:44.860
클래딩이라고 불러줍니다.

00:31:44.960 --> 00:31:52.433
그래서 광통신은 안쪽에는 굴절률이
크고 속도가 느린 물질.

00:31:52.533 --> 00:31:55.897
바깥쪽에는 속도가 빠르고 굴절률이
작은 물질을 넣어놓는다.

00:31:55.997 --> 00:32:01.173
매우 중요합니다.
반드시 기억하고 계셔야만 합니다.

00:32:01.273 --> 00:32:09.012
이 조건에 의해서 전반사를 통해서
100%의 정보를 보내주고 있다.

00:32:09.112 --> 00:32:12.247
굉장히 중요한 내용이니까
반드시 기억을 해두시고요.

00:32:12.347 --> 00:32:18.570
여기서 한 가지 전반사를 이용한
예를 설명드려보도록 할게요.

00:32:18.670 --> 00:32:20.779
이건 시험 문제에 나올
내용은 아니고요.

00:32:20.879 --> 00:32:26.131
그냥 여러분에게 상식적인 수준에서
말씀을 드려보도록 하겠습니다.

00:32:26.231 --> 00:32:31.220
여러분, 천체망원경을
한 번쯤은 봤을 것 같고요.

00:32:31.320 --> 00:32:35.675
천체망원경 중에 이렇게
생긴 게 있죠.

00:32:35.775 --> 00:32:42.688
이렇게 생겨서 눈을 대고
여기서 이렇게 쳐다보는

00:32:42.788 --> 00:32:45.274

천체망원경을 본 적 있을 겁니다.

00:32:45.374 --> 00:32:49.271

그러면 이 천체망원경은 어떻게 하고 있다는 소리야?

00:32:49.371 --> 00:32:53.948

여기서 이렇게 들어오는 빛을 여기서 어떻게 했어?

00:32:54.048 --> 00:32:58.670

반사시켜서 이쪽으로 올려주고.

00:32:58.770 --> 00:33:02.654

그래서 이 사람이 여기서 오는 빛을 보는구나, 라는 걸 알 수 있죠.

00:33:02.754 --> 00:33:04.893

여기서 주목해볼 건 여기입니다.

00:33:04.993 --> 00:33:06.584

여기서 빛이 어떻게 돼야 돼요?

00:33:06.684 --> 00:33:09.899

여기서 들어온 빛이 텅,
여기서 들어온 빛이 텅,

00:33:09.999 --> 00:33:13.871

여기서 들어온 빛이 텅하고
반사돼서 눈에 들어와야 됩니다.

00:33:13.971 --> 00:33:15.703

따라서 여기에는 뭐가 있어야 돼요?

00:33:15.803 --> 00:33:17.531

반사체가 있어야 됩니다.

00:33:17.631 --> 00:33:22.518

여기에는 반사체가 있어야 되는데
이 반사체는 뭘 사용할까.

00:33:22.618 --> 00:33:26.282

짜구려는 이 반사체를
거울로 씁니다.

00:33:26.382 --> 00:33:31.424

짜구려 천체망원경은 이
반사체를 거울로 쓰는데요.

00:33:31.524 --> 00:33:37.210

비싼 천체망원경은 여기에
거울이 없습니다.

00:33:37.310 --> 00:33:42.213

거울을 왜 안 쓸까.

00:33:42.313 --> 00:33:47.173

우리가 거울 앞에 서면 우리의
모습을 너무 잘 반사시켜 보여주죠.

00:33:47.273 --> 00:33:55.993

그런데 이 거울은 반사율이 아무리 좋아도 90% 정도입니다.

00:33:56.093 --> 00:33:59.214
빛이 가서 거울을 통해서 반사될 때

00:33:59.314 --> 00:34:05.276
이 반사되는 빛은 거울로 향해 들어간 빛의 90% 정도밖에 안 됩니다.

00:34:05.376 --> 00:34:07.748
그러면 10%는 어떻게 된다는 소리야?

00:34:07.848 --> 00:34:09.223
거울 속으로 들어가 버려요.

00:34:09.323 --> 00:34:10.644
거울이 먹어버려요.

00:34:10.744 --> 00:34:12.842
거울이 흡수해버려요.

00:34:12.942 --> 00:34:18.273
천체망원경으로 멀리 있는 빛을 자세하게 보고 싶어요.

00:34:18.373 --> 00:34:20.868
그러면 어떻게 될까요?

00:34:20.968 --> 00:34:26.432
천체망원경으로 들어온 그 별빛을 100% 보고 싶죠.

00:34:26.532 --> 00:34:30.535
그런데 거울을 이용하면 거울이 10% 정도를 무조건 먹어요.

00:34:30.635 --> 00:34:33.060
그래서 90% 정도밖에 못 보는 거야.

00:34:33.160 --> 00:34:34.735
그런데 100%를 보고 싶어.

00:34:34.835 --> 00:34:37.661
100%를 보고 싶으면 어떻게 하면 될까요?

00:34:37.761 --> 00:34:43.597
여기다 뭘 넣어두느냐, 이렇게 프리즘을 넣어놓습니다.

00:34:43.697 --> 00:34:49.329
그러면 어떻게 되느냐, 여기 안에서 빛이 이렇게 왔잖아요?

00:34:49.429 --> 00:34:55.538
빛이 오다가 여기서 경계면이 나타난 거죠?

00:34:55.638 --> 00:34:57.972
이 경계면은 어떻게 됩니까?

00:34:58.072 --> 00:35:01.835
이 프리즘은 어때요?
유리로 만들어져있어요, 보통.

00:35:01.935 --> 00:35:03.795
수정 같은 거로 만들어져있는 거죠?

00:35:03.895 --> 00:35:09.804
수정으로 만들어져있으니까 여기는
굴절률이 커요, 속도가 느려요.

00:35:09.904 --> 00:35:14.645
여기는 공기예요, 굴절률이
작아요, 속도가 빨라요.

00:35:14.745 --> 00:35:20.702
따라서 속도가 느린 곳에서 속도가
빠른 곳 쪽으로 입사하는 상황이니까

00:35:20.802 --> 00:35:23.847
일단 전반사 첫 번째
조건이 만들어지죠.

00:35:23.947 --> 00:35:28.904
그리고 유리에 임계각이
얼마냐, 42도예요.

00:35:29.004 --> 00:35:31.682
그러면 결국 임계각이
42도라는 건 뭘 의미해?

00:35:31.782 --> 00:35:37.084
42도보다 큰 입사각으로 들어오게
되면 전반사한다는 소리죠.

00:35:37.184 --> 00:35:41.913
결국 이 경우에는 이렇게
법선을 그어주게 되면

00:35:42.013 --> 00:35:45.047
이 각도가 몇 도 정도
나올 것 같아요?

00:35:45.147 --> 00:35:50.150
이게 직각삼각형이니까
45도 정도 됩니다.

00:35:50.250 --> 00:35:52.132
그러니까 어떻게 돼요?

00:35:52.232 --> 00:35:54.242
임계각 42도보다 크죠?

00:35:54.342 --> 00:35:56.224
그러니까 여기서 뭐가 일어나버려?

00:35:56.324 --> 00:36:04.008
전반사가 일어나서 들어온 100%의 빛을

눈으로 넣어줄 수 있게 되는 거죠.

00:36:04.108 --> 00:36:07.832

그래서 이 천체망원경,
잠망경, 쌍안경.

00:36:07.932 --> 00:36:12.767

이런 데 안에 보면 비싼 쌍안경,
비싼 잠망경 이런 것들은

00:36:12.867 --> 00:36:18.176

여기가 거울이 아니라 다
프리즘으로 구성되어있다는 것도

00:36:18.276 --> 00:36:20.512

여러분이 함께 기억을 해두시면

00:36:20.612 --> 00:36:27.584

아, 그래서 이렇게 구조를 만들어놨구나,
라는 걸 판단하실 수 있을 것 같아요.

00:36:27.684 --> 00:36:32.060

다 전반사를 이용하고 있는 것이다,
라는 거 기억을 해두시기 바랍니다.

00:36:32.160 --> 00:36:37.656

그러면 우리 프린트 문제에 있는 쓸데없는
문제 하나 좀 해결해보도록 하겠습니다.

00:36:37.756 --> 00:36:40.763

바로 뭐냐, 다이아몬드.

00:36:40.863 --> 00:36:43.150

여러분이 너무나도 잘 알고 있죠?

00:36:43.250 --> 00:36:45.101

엄청나게 비싸잖아.

00:36:45.201 --> 00:36:48.191

이 다이아몬드가 비싼
이유는 몇 가지가 있는데

00:36:48.291 --> 00:36:49.723

가장 중요한 이유는 뭘까요?

00:36:49.823 --> 00:36:50.831

아름다워요.

00:36:50.931 --> 00:36:53.141

뭐가 아름답다는 걸까?

00:36:53.241 --> 00:36:56.820

다이아몬드는 빛이
유난히 반짝이고요.

00:36:56.920 --> 00:37:02.252

그리고 유난히 다양한 색깔을
보여주고 있습니다.

00:37:02.352 --> 00:37:05.500

왜 다이아몬드는 유난히 반짝이고

00:37:05.600 --> 00:37:10.043

유난히 다양한 색깔들을 보여줄 수 있을까에 대한 내용을

00:37:10.143 --> 00:37:11.952

좀 설명해드려 보도록 할게요.

00:37:12.052 --> 00:37:16.547

다이아몬드의 모습을 보면 이렇게 깎여져 있습니다.

00:37:16.647 --> 00:37:18.591

이렇게 세공되어있다는 소리죠.

00:37:18.691 --> 00:37:20.398

우리는 이미 알고 있는 게 있어요.

00:37:20.498 --> 00:37:29.815

다이아몬드는 빛의 속도가 가장 느린 물질입니다.

00:37:29.915 --> 00:37:34.052

진행할 때 빛의 속도가 가장 느리게 진행할 수 있는 물질이

00:37:34.152 --> 00:37:35.985

바로 다이아몬드입니다.

00:37:36.085 --> 00:37:39.063

가장 단단하기 때문이라고 표현할 수 있다고 그랬죠.

00:37:39.163 --> 00:37:41.602

그러면 이런 상황이 만족되는 거죠?

00:37:41.702 --> 00:37:45.220

빛이 이렇게 갑니다.

00:37:45.320 --> 00:37:47.530

이렇게 가면 어떻게 될까요?

00:37:47.630 --> 00:37:51.320

공기에서 다이아몬드 쪽으로 빛이 들어가니까

00:37:51.420 --> 00:37:53.991

결국 여기가 경계면이 되죠?

00:37:54.091 --> 00:37:57.107

경계면에 법선을 그어줘야 되죠?

00:37:57.207 --> 00:38:02.740

경계면에 법선을 그어주면 여기가 입사각이죠?

00:38:02.840 --> 00:38:04.610

그러면 여기가 뭐가 일어나야 돼?

00:38:04.710 --> 00:38:06.149

굴절이 일어나야 되겠죠?

00:38:06.249 --> 00:38:08.335

그러면 굴절이 일어나면
빛은 어떻게 됩니까?

00:38:08.435 --> 00:38:09.801

입사각, 굴절각.

00:38:09.901 --> 00:38:12.756

굴절각이 매우 작아야 되죠,
속도가 매우 느리니까.

00:38:12.856 --> 00:38:16.230

그러면 애가 이렇게
들어오게 됩니다.

00:38:16.330 --> 00:38:17.090

어떻게 될까요?

00:38:17.190 --> 00:38:18.424

그러면 여기서 다시 됩니까?

00:38:18.524 --> 00:38:24.544

경계면 여기가 입사각이 됩니다.

00:38:24.644 --> 00:38:27.440

잘 안 보일 것 같아서 다시 할게.

00:38:27.540 --> 00:38:31.092

이렇게 넣어주면 이렇게 되고요.

00:38:31.192 --> 00:38:36.454

이때 빛이 이렇게 와서
이렇게 가고 있습니다.

00:38:36.554 --> 00:38:38.139

이것도 잘 안 보이냐?

00:38:38.239 --> 00:38:41.058

이렇게 와서 이렇게 갑니다.

00:38:41.158 --> 00:38:42.082

이것도 잘 안 보이냐?

00:38:42.182 --> 00:38:44.272

어쨌든 이렇게 대충
보일 것 같아요.

00:38:44.372 --> 00:38:46.037

그러면 여기가 입사각이 됩니다.

00:38:46.137 --> 00:38:51.274

그런데 딱 봐도 이 입사각이 어때요?
커요.

00:38:51.374 --> 00:38:56.671

속도가 느린 곳에서 속도가 빠른 곳 쪽으로
진행하면 전반사가 일어날 수 있고요.

00:38:56.771 --> 00:39:02.577

그 전반사는 임계각에

의해서 결정될 수 있는데

00:39:02.677 --> 00:39:04.989
상식적으로 한번 생각해봅시다.

00:39:05.089 --> 00:39:06.466
이런 조건입니다.

00:39:06.566 --> 00:39:09.202
여기는 속도가 빠르고요.

00:39:09.302 --> 00:39:13.850
여기는 속도가 느린데 여기는
속도가 매우 느리고

00:39:13.950 --> 00:39:16.426
여기는 속도가 매우
빠르다고 생각해볼겠습니다.

00:39:16.526 --> 00:39:23.048
즉 속도가 빠른 쪽과 속도가 느린
쪽의 차이가 엄청나게 커요.

00:39:23.148 --> 00:39:28.764
그러면 이때 장난감 자동차가 이런
각도로 간다고 생각해볼겠습니다.

00:39:28.864 --> 00:39:29.731
그러면 어떻게 될까요?

00:39:29.831 --> 00:39:36.198
이렇게 가는데 여기는 속도가 엄청
느리고 애는 속도가 엄청나게 빠르면

00:39:36.298 --> 00:39:39.917
이게 엄청나게 빠르면
확 이렇게 되겠죠?

00:39:40.017 --> 00:39:45.182
그래서 애가 바로 다시 튀어
들어올 수가 있습니다.

00:39:45.282 --> 00:39:50.664
결국 속도 차이가 크면 전반사가
매우 잘 일어날 수 있다는 소리죠.

00:39:50.764 --> 00:39:57.135
즉 속도 차가 크면 임계각이
매우 작아질 수가 있습니다.

00:39:57.235 --> 00:40:02.120
결국 다이아몬드는
임계각이 매우 작습니다.

00:40:02.220 --> 00:40:07.371
임계각이 매우 작으니까 조금만
큰 입사각으로 들어와도

00:40:07.471 --> 00:40:10.323
바로 뭐가 일어난다는 소리야?

00:40:10.423 --> 00:40:13.799

전반사가 일어나요.

00:40:13.899 --> 00:40:17.063

그래서 빛이 튀어나오게 되는 거죠.

00:40:17.163 --> 00:40:26.678

결국 다이아몬드는 어떠한 각도에서 어떤 식으로 빛이 들어가게 돼도

00:40:26.826 --> 00:40:28.712

결과적으로 어떤 일이 일어나느냐,

00:40:28.812 --> 00:40:34.912

전반사를 통해서 결국 빛을 다 위쪽으로 다시 뽑아내 주게 합니다.

00:40:35.012 --> 00:40:39.852

한 가닥의 빛만 있어도 이 빛이 결국 위쪽으로 뿜어져 나오게 되면서

00:40:39.952 --> 00:40:43.393

반짝이는 모습을 볼 수 있게 해주는 거죠.

00:40:43.493 --> 00:40:48.486

그래서 이 다이아몬드가 유난히 반짝이는 이유는 바로 뭐 때문이었느냐,

00:40:48.586 --> 00:40:53.953

굴절률이 매우 크기 때문에 임계각이 매우 작아서

00:40:54.053 --> 00:40:59.324

전반사가 매우 잘 일어나기 때문이다, 라고 표현할 수 있어요.

00:40:59.424 --> 00:41:03.601

그래서 유난히 전반사가 더 잘 일어나고

00:41:03.701 --> 00:41:09.865

이런 모양으로 깎아놓고 있습니다.

00:41:09.965 --> 00:41:13.692

이건 그냥 상식선에서 말씀을 드려봤습니다.

00:41:13.792 --> 00:41:20.654

이렇게 해서 우리는 이제 전반사에 대한 모든 개념적인 내용을 진행했구요.

00:41:20.754 --> 00:41:26.165

그러면 지금까지 배워온 내용이 수능 기출 문제에서는

00:41:26.265 --> 00:41:29.149

어떤 식으로 출제됐었는지를 확인해보고

00:41:29.249 --> 00:41:32.822

여러분이 치르게 될 학교
시험이나 수능에서는

00:41:32.983 --> 00:41:38.181

어떤 유형으로 나타날지를 좀
연습해보도록 하겠습니다.

00:41:38.281 --> 00:41:41.865

1번부터 보도록 하겠습니다.

00:41:41.965 --> 00:41:48.534

지금 레이저 빛이 A에서 B 쪽으로
향해서 들어오고 있습니다.

00:41:48.634 --> 00:41:53.161

그런데 보니까 지금 여기가 뭐예요?

00:41:53.261 --> 00:41:57.419

이 θ_1 이 뭡니까?

00:41:57.519 --> 00:41:58.501

입사각입니다.

00:41:58.601 --> 00:42:01.779

이 각도가 뭐가 되는 거죠?

00:42:01.879 --> 00:42:03.202

굴절각입니다.

00:42:03.302 --> 00:42:08.192

그러면 우리는 이 그림만
놓고도 뭘 알 수 있을까요?

00:42:08.292 --> 00:42:11.810

들어오는 각도보다 굴절해서
나가는 각도가 크네?

00:42:11.910 --> 00:42:14.286

이쪽의 각도가 이쪽의
각도보다 크네?

00:42:14.386 --> 00:42:19.911

속도가 빠른 쪽의 각도가
크다는 논리를 통해서

00:42:20.011 --> 00:42:21.318

우리는 뭘 알 수 있어요?

00:42:21.418 --> 00:42:29.155

v_A 에서의 속도보다 v_B 에서의 속도가 더
빠르구나, 라는 걸 알 수 있고요.

00:42:40.053 --> 00:42:42.498

그렇다면 속도가 느린
쪽은 굴절률이 크고

00:42:42.598 --> 00:42:45.018

속도가 빠른 쪽은 굴절률이 작으니까

00:42:45.118 --> 00:42:49.129

굴절률은 이러한 대소관계를

갖게 되겠구나, 라는 걸

00:42:49.229 --> 00:42:50.889
우리가 판단할 수 있어요.

00:42:50.989 --> 00:42:53.604
이 각도만 보고도 여러분이
알 수 있어야 된다고.

00:42:53.704 --> 00:42:55.424
각도가 안 떠오르면
어떻게 해야 돼?

00:42:55.524 --> 00:42:57.207
장난감 자동차를 이용하면 되죠.

00:42:57.307 --> 00:42:58.465
이렇게 들어와.

00:42:58.565 --> 00:43:00.354
그런데 이 바퀴가 먼저 들어왔어?

00:43:00.454 --> 00:43:06.073
이 바퀴가 먼저 들어왔는데 이 바퀴가
더 빨리 돌아야 이쪽으로 꺾여가겠죠.

00:43:06.173 --> 00:43:10.245
그래서 이런 관계가 놓이게
된다는 거 확인할 수 있고요.

00:43:10.345 --> 00:43:13.876
그러면 γ 부터 보도록 하겠습니다.

00:43:13.976 --> 00:43:17.227
속도는 어떤 관계니, 지금?

00:43:17.327 --> 00:43:20.436
A 쪽이 v_1 , B
쪽이 v_2 인 거죠?

00:43:20.536 --> 00:43:24.195
따라서 γ 보기는 틀렸구나,
라는 걸 알 수 있고요.

00:43:24.295 --> 00:43:27.644
코어와 클래딩이 나왔어요.

00:43:27.744 --> 00:43:29.295
전반사하고 있습니다.

00:43:29.395 --> 00:43:32.472
전반사가 일어나려면
어떻게 해야 된다고요?

00:43:32.572 --> 00:43:38.503
안쪽은 속도가 느리고 굴절률이
큰 물질이어야 되고요.

00:43:38.603 --> 00:43:44.270
클래딩은 속도가 빠르고
굴절률이 작은 물질이어야만

00:43:44.370 --> 00:43:47.884
팅하고 전반사가 일어날 수 있죠.

00:43:47.984 --> 00:43:53.806
결국 코어는 둘 중에 어떤
물질을 사용해야 됩니까?

00:43:53.906 --> 00:43:55.703
A를 사용해줘야 되고요.

00:43:55.803 --> 00:44:01.114
클래딩은 B를 사용해야 전반사를
일어나게 할 수 있다는 거

00:44:01.214 --> 00:44:02.398
우리가 확인할 수 있죠.

00:44:02.498 --> 00:44:04.107
그래서 n 보기는 맞고요.

00:44:04.207 --> 00:44:05.861
 n 보도록 하겠습니다.

00:44:05.961 --> 00:44:08.451
 θ_1 이 크니, θ_2 가 크니?

00:44:08.551 --> 00:44:11.831
 θ_1 은 지금 전반사가
일어났어요, 안 일어났어요?

00:44:11.931 --> 00:44:13.370
안 일어났어요.

00:44:13.470 --> 00:44:16.341
그런데 θ_2 는 전반사가 일어났어요.

00:44:16.441 --> 00:44:17.479
그러면 이걸 뭘 의미할까?

00:44:17.579 --> 00:44:25.811
 θ_1 은 임계각보다 작기 때문에
아직 전반사가 안 일어난 거고요.

00:44:25.911 --> 00:44:30.408
 θ_2 는 임계각보다 크니까
전반사가 일어난 거죠.

00:44:30.508 --> 00:44:32.595
그러면 θ_2 가 큰 거야,
 θ_1 이 큰 거야?

00:44:32.695 --> 00:44:37.666
 θ_2 가 θ_1 보다 크다는 걸
우리가 확인할 수 있습니다.

00:44:37.766 --> 00:44:43.084
그래서 n 번 보기는 맞구나,
라는 걸 알 수 있어요.

00:44:43.184 --> 00:44:47.039

이런 유형의 문제는 여러분이
쉽게 풀 수 있어야 돼요.

00:44:47.139 --> 00:44:49.011
어렵지 않게 풀 수 있어야 됩니다.

00:44:49.111 --> 00:44:53.432
2번도 똑같은 유형의 문제라고
생각하시면 되겠어요.

00:44:53.532 --> 00:44:58.342
지금 물질 A, B, C로 빛이
진행하고 있는 모습이고요.

00:44:58.442 --> 00:45:02.271
A, B, C로 진행한 모습을
통해서 우리는 뭘 알 수 있느냐,

00:45:02.371 --> 00:45:07.073
누가 빠르고 누가 느린지를
판단할 수 있습니다.

00:45:07.173 --> 00:45:08.154
어떤 방법으로?

00:45:08.254 --> 00:45:11.253
잘 모르겠으면 장난감 자동차.

00:45:11.353 --> 00:45:16.829
조금 아는 척하고 싶으면 법선을 긋고
법선으로부터 이루는 각을 비교하는 거죠.

00:45:16.929 --> 00:45:21.859
물질 A와 물질 B의
경계면에 법선을 긋습니다.

00:45:21.959 --> 00:45:24.954
법선을 그어주면 어떻게 됩니까?

00:45:25.054 --> 00:45:27.001
이 각도가 뭐예요?

00:45:27.101 --> 00:45:31.269
이 각도가 입사각, 이
각도가 굴절각입니다.

00:45:31.369 --> 00:45:34.955
입사각, 굴절각 관계없이
어느 각도가 더 커요?

00:45:35.055 --> 00:45:38.300
B 쪽의 각도가 A
쪽의 각도보다 크죠?

00:45:38.400 --> 00:45:41.290
그러면 우리는 이것 통해서
뭘 알 수 있어요?

00:45:41.390 --> 00:45:47.526
물질 B의 속도가 물질 A에서의
빛의 속도보다 더 빠르구나.

00:45:47.626 --> 00:45:50.460

즉 빛이 진행할 때
B 쪽에서의 속도가

00:45:50.560 --> 00:45:54.083

A 쪽에서의 빛의 속도보다
더 빠르다는 겁니다.

00:45:54.183 --> 00:45:59.913

결국 v_B 에서의 빛의 속도가
 v_A 에서의 빛의 속도보다 더 빠르다.

00:46:00.013 --> 00:46:06.561

또 B에서 C로 가는데 이때도
경계면에 법선을 긋고

00:46:06.661 --> 00:46:13.349

법선으로부터 이루는
각을 비교할 수 있죠.

00:46:13.449 --> 00:46:15.294

이 각을 비교하면 누가 더 커요?

00:46:15.394 --> 00:46:18.740

C의 각도가 B의
각도보다 더 큼니다.

00:46:18.840 --> 00:46:24.659

결국 C에서의 빛의 속도가 A에서의
빛의 속도보다 더 빠르구나, 라는 걸

00:46:24.759 --> 00:46:25.852

우리가 알 수 있어요.

00:46:25.952 --> 00:46:29.267

결국 이 관계를 통해서
이걸 알 수 있고요.

00:46:29.367 --> 00:46:32.082

이 관계를 통해서
필 알 수 있느냐,

00:46:32.182 --> 00:46:38.293

C에서의 빛의 속도가 B에서의 빛의 속도보다
더 빠르구나, 라는 걸 알 수 있죠.

00:46:38.393 --> 00:46:40.697

그래서 결과적으로 어떤
관계가 성립돼요?

00:46:40.797 --> 00:46:45.579

C에서의 속도가 제일 빠르고
그다음 B, 그다음 A구나.

00:46:45.679 --> 00:46:48.861

A에서의 빛의 속도가 제일 느리구나,
라는 걸 알 수 있고요.

00:46:48.961 --> 00:46:52.231

속도의 대소관계로 우리는

뭘 판단할 수 있다고요?

00:46:52.331 --> 00:46:54.778

굴절률의 대소관계를 판단할 수 있다 그랬죠.

00:46:54.878 --> 00:46:59.546

그래서 굴절률은 어떻게 되는 거야?

00:46:59.646 --> 00:47:04.437

A에서의 굴절률이 C에서의 굴절률보다 더 크구나, 라는 것을

00:47:04.537 --> 00:47:06.165

우리가 판단할 수 있어요.

00:47:06.265 --> 00:47:08.412

그러면 θ 부터 보도록 하겠습니다.

00:47:08.512 --> 00:47:10.917

θ 는 클래딩과.

00:47:11.017 --> 00:47:14.692

지금 여기서 보시면 뭐가 일어나고 있다고 문제에 쓰여있어요?

00:47:14.792 --> 00:47:17.694

전반사한다고 되어있습니다.

00:47:17.794 --> 00:47:20.180

그러면 전반사가 일어날 조건이 뭐였어요?

00:47:20.280 --> 00:47:23.643

임계각보다 큰 입사각이어야 전반사가 일어나죠?

00:47:23.743 --> 00:47:25.727

결국 여기서 전반사가 일어났다는 건

00:47:25.827 --> 00:47:32.720

이 입사각, θ 가 임계각보다 크구나, 라는 걸 확인할 수 있어서.

00:47:32.820 --> 00:47:34.829

아, 작다고 되어있구나, 큰일 날 뻔했네.

00:47:34.929 --> 00:47:37.526

θ 보기는 틀렸다고 알 수 있고요.

00:47:37.626 --> 00:47:40.816

나, 굴절률은 A가 크니, B가 크니?

00:47:40.916 --> 00:47:41.655

여기 나와 있죠?

00:47:41.755 --> 00:47:46.339

굴절률은 A가 B보다 크다고 알 수 있고요.

00:47:46.439 --> 00:47:52.663
클래딩을 B로 만들고 싶대요.

00:47:52.763 --> 00:47:56.967
클래딩은 어떤 물질이어야 됩니까?

00:47:57.067 --> 00:48:01.548
속도가 빠르고 굴절률이
작은 물질이어야 되고요.

00:48:01.648 --> 00:48:03.572
코어는 어떤 물질이어야 돼요?

00:48:03.672 --> 00:48:08.879
속도가 느리고 굴절률이 큰
물질이어야만 합니다.

00:48:08.979 --> 00:48:13.410
그런데 클래딩을 B로 썼대.

00:48:13.510 --> 00:48:19.788
그러면 코어는 B보다 속도가 느리고
굴절률이 큰 물질을 써야 되죠.

00:48:19.888 --> 00:48:26.505
B보다 속도가 느리고 B보다
굴절률이 큰 물질을 써야만

00:48:26.605 --> 00:48:31.509
전반사가 일어날 수 있으니까
코어는 뭘 써줘야 돼요?

00:48:31.609 --> 00:48:35.855
A를 써줘야 되겠구나, 라는 걸
우리가 판단할 수 있습니다.

00:48:35.955 --> 00:48:44.144
그래서 클래딩을 B로 만든다면 코어는 A로
쓸 때 전반사가 일어날 수 있습니다.

00:48:44.244 --> 00:48:46.073
그래서 ㄷ번 보기는 틀렸죠.

00:48:46.173 --> 00:48:50.820
만약에 클래딩을 B로 쓰고 코어를
C로 쓰면 어떻게 돼요?

00:48:50.920 --> 00:48:52.650
전반사가 일어나지 않아요.

00:48:52.750 --> 00:49:01.553
어떻게 되어버리느냐, 클래딩을 B로
쓰고 코어를 C로 써주게 되면

00:49:01.653 --> 00:49:07.512
빛이 이렇게 가서 속도가 빠른
곳에서 느린 곳으로 가니까

00:49:07.612 --> 00:49:10.050
애가 이렇게 꺾여나가버린다고요.

00:49:10.150 --> 00:49:14.346

왜? 법선을 긋고 법선에서부터
이루는 각을 보면

00:49:14.446 --> 00:49:16.747

이쪽 각도가 이쪽 각도보다
더 커야 되잖아.

00:49:16.847 --> 00:49:18.656

그러니까 애는 이렇게
꺾여나가야 되죠.

00:49:18.819 --> 00:49:20.588

그러니까 전반사가 일어나질 않아요,

00:49:20.688 --> 00:49:24.590

코어를 C로 쓰고
클래딩을 B로 썼을 때.

00:49:24.690 --> 00:49:30.681

그래서 ㄷ번 보기는 틀렸구나,
라는 걸 판단할 수 있어요.

00:49:31.610 --> 00:49:35.954

3번 문제 보도록 하겠습니다.

00:49:36.054 --> 00:49:41.404

다 비슷비슷한 문제의 유형이에요.

00:49:41.504 --> 00:49:49.059

여기를 봤더니 여기서
굴절하고 있어요.

00:49:49.159 --> 00:49:52.899

빛이 이렇게 갔다가 이렇게
굴절하고 있습니다.

00:49:52.999 --> 00:49:54.767

우리는 벌써 뭐가 보여요?

00:49:54.867 --> 00:49:58.584

이 각도가 보이고 이
각도가 보입니다.

00:49:58.684 --> 00:50:01.180

누가 각도가 커요?

00:50:01.280 --> 00:50:06.448

이쪽의 각도가 이쪽의 각도보다 더
크구나, 라는 걸 알 수 있어요.

00:50:06.548 --> 00:50:10.043

반드시 법선에서부터 이루는
각을 따져야 돼.

00:50:10.143 --> 00:50:12.635

법선에서부터 이루는
각을 따져야 돼.

00:50:12.735 --> 00:50:15.111

다른 각도를 따지면
틀릴 수 있어요.

00:50:15.211 --> 00:50:16.599
법선에서부터 이루는 각도야.

00:50:16.699 --> 00:50:21.246
법선에서부터 이루는 각도가
큰 쪽의 속도가 빠르다.

00:50:21.346 --> 00:50:23.112
결국 우리는 여기서 뭘
판단할 수 있어?

00:50:23.212 --> 00:50:28.995
공기 중에서의 빛의 속도가 I 영역에서의
빛의 속도보다 더 빠르구나.

00:50:29.095 --> 00:50:30.928
즉 I 영역에서의 빛의 속도는

00:50:31.028 --> 00:50:36.192
공기 중에서의 빛의 속도보다
느리구나, 라는 걸 알 수 있어요.

00:50:36.292 --> 00:50:38.497
또 여기서 지금 뭐가
일어나고 있대요?

00:50:38.597 --> 00:50:40.202
전반사가 일어나고 있대요.

00:50:40.302 --> 00:50:42.941
전반사가 일어날 조건이 뭐였어?

00:50:43.041 --> 00:50:47.119
굴절률이 큰 곳에서 굴절률이
작은 곳 쪽으로 가야 됩니다.

00:50:47.219 --> 00:50:49.914
결국 I 은 어때요?

00:50:50.014 --> 00:50:53.785
속도가 느리고 굴절률이
큰 물질이고요.

00:50:53.885 --> 00:50:56.405
II 는 어떤 물질이라는 소리야?

00:50:56.505 --> 00:51:04.123
속도가 빠르고 굴절률이 작은 물질이구나,
라는 걸 우리가 알 수 있게 됩니다,

00:51:04.223 --> 00:51:06.869
이 조건을 통해서.

00:51:06.969 --> 00:51:10.665
그러면 이제 그부터
보도록 하겠습니다.

00:51:10.765 --> 00:51:16.415

매질에서 A의 속력은
I 에서가 II 에서보다 작다.

00:51:16.515 --> 00:51:20.495
어때요? I 에서가 II 에서보다
속도가 더 작습니다.

00:51:20.595 --> 00:51:24.564
그래야 전반사가 일어날 수
있는 조건이 만족되는 거죠.

00:51:24.664 --> 00:51:32.277
 α , (가)에서 θ 보다
크고 I보다 작은 각도로.

00:51:32.377 --> 00:51:35.780
O보다는 크고 θ 보다는
작은 각도로.

00:51:35.880 --> 00:51:40.252
지금은 이렇게 쏘여지고 있는데
애를 어떻게 쏘주겠다는 소리야?

00:51:40.352 --> 00:51:44.103
여기서 이렇게 쏘겠다는 소리입니다.

00:51:44.203 --> 00:51:46.045
각도를 줄이겠다는 소리죠.

00:51:46.145 --> 00:51:48.714
각도를 줄여서 쏘주면
어떻게 될까요?

00:51:48.814 --> 00:51:50.276
입사각이 줄어들죠?

00:51:50.376 --> 00:51:52.138
여기 지금 입사각이 줄죠?

00:51:52.238 --> 00:51:54.228
입사각이 줄면 여기도
뭐가 줄어야 돼?

00:51:54.328 --> 00:51:57.044
굴절각이 줄어야 되죠.

00:51:57.144 --> 00:51:59.163
따라서 애는 어떻게 꺾여갈까요?

00:51:59.263 --> 00:52:01.467
이렇게 꺾여갑니다.

00:52:01.567 --> 00:52:03.742
이렇게 꺾여가면 어떻게 될까요?

00:52:03.842 --> 00:52:08.541
지금 이 각도를 보면

00:52:08.641 --> 00:52:11.986
여기 각도보다 이 각도가 훨씬 더
커질 거라는 걸 알 수 있죠?

00:52:12.086 --> 00:52:13.592
훨씬 더 누워 들어갔잖아.

00:52:13.692 --> 00:52:18.131
그러니까 당연히 뭐가 일어나?
전반사가 일어나죠.

00:52:18.231 --> 00:52:22.173
여기서 전반사가 일어났으면 이렇게
더 누워 들어간 각도에서는

00:52:22.273 --> 00:52:24.529
당연히 전반사가 일어나게 되죠.

00:52:24.629 --> 00:52:29.257
그래서 전반사가 일어난다고
표현해야 되니까

00:52:29.357 --> 00:52:31.438
ㄴ 보기는 틀렸어요.

00:52:31.538 --> 00:52:36.668
ㄷ 보도록 하겠습니다.

00:52:36.768 --> 00:52:39.656
아, 문제에 또 어떤
조건이 나와 있냐면,

00:52:39.756 --> 00:52:45.707
III에서의 굴절률은 II에서의
굴절률보다 더 작대요.

00:52:45.807 --> 00:52:56.941
무슨 말이나, 일단 I 영역은 속도가
느리고 굴절률이 큰 물질이고

00:52:57.041 --> 00:53:00.743
바깥쪽은 속도가 빠르고
굴절률이 작은 물질인데

00:53:00.843 --> 00:53:05.815
III영역은 II영역보다
굴절률이 더 작대.

00:53:05.976 --> 00:53:13.175
굴절률이 더 작다는 건 속도가 더 빠르고
굴절률이 더 작다는 것을 뜻하는 거죠.

00:53:13.275 --> 00:53:14.726
속도가 더 빠르다고.

00:53:14.826 --> 00:53:17.026
그러면 이걸 뭐 의미하느냐,

00:53:17.126 --> 00:53:20.464
I 영역과 II영역이 있고요.

00:53:22.003 --> 00:53:25.979
I 영역과 III영역이 있는데

00:53:26.079 --> 00:53:32.479
여기가 여기보다 속도가 더 느리대.

00:53:32.616 --> 00:53:33.818
그 말은 뭐야?

00:53:33.918 --> 00:53:38.148
I 에서의 속도가 존재하고
II 에서의 속도가 존재하고

00:53:38.248 --> 00:53:42.326
I 에서의 속도가 존재하고
III 에서의 속도가 존재하는데

00:53:42.426 --> 00:53:45.883
I 이 II, III 보다 빠르죠.

00:53:46.000 --> 00:53:47.355
그건 분명한 사실이죠?

00:53:47.455 --> 00:53:51.271
그런데 I 과 II 의 속도 차보다는

00:53:51.371 --> 00:53:55.188
I 과 III 의 속도 차이가
더 심하게 난다는 걸

00:53:55.338 --> 00:53:57.799
지금 표현하고 있는 거예요.

00:53:57.899 --> 00:53:59.705
이해하십니까?

00:53:59.805 --> 00:54:02.262
왜?

00:54:02.362 --> 00:54:04.200
굴절률이 작대잖아.

00:54:04.300 --> 00:54:08.791
여기가 굴절률이 작다는 건
여기가 속도가 더 느리다고요.

00:54:08.891 --> 00:54:11.924
II 와 III 는 I 보다는 속도가 느린데

00:54:12.024 --> 00:54:14.008
III 가 II 보다 더 느리대.

00:54:14.108 --> 00:54:20.745
그 말은 I 과 III 의 속도 차가 I 과 II 의
속도 차보다 더 심하게 난다는 소리죠.

00:54:20.845 --> 00:54:25.071
속도 차가 더 심하게
나면 어떻게 될까요?

00:54:25.171 --> 00:54:26.632
생각을 해봅시다.

00:54:26.732 --> 00:54:33.900

만약에 θ 가 엄청나게 속도가
빠르고 I 은 속도가 느려요.

00:54:34.000 --> 00:54:36.010
그러면 이렇게 갑니다.

00:54:36.110 --> 00:54:38.542
이렇게 가다가 아까도
보여드렸던 건데요.

00:54:38.642 --> 00:54:43.759
이렇게 가다가 v_3 가 굴절률이
매우 작아서 속도가 매우 빨라요.

00:54:43.859 --> 00:54:47.657
그러면 애는 속도가
매우 빠를 거 아니야?

00:54:47.757 --> 00:54:54.471
매우 빠르니까 그냥 다 바로
전반사가 일어나버릴 수 있다고요.

00:54:54.571 --> 00:54:55.934
그러면 이걸 뭘 의미하는 거야?

00:54:56.034 --> 00:55:02.931
속도 차이가 심하면 임계각이 매우 작게
나타날 수 있게 되는구나, 라는 걸

00:55:03.031 --> 00:55:04.925
우리가 알 수 있죠.

00:55:05.025 --> 00:55:10.748
결국 I 과 θ 에서 I 과 θ 에서보다
임계각이 더 작습니다.

00:55:10.848 --> 00:55:13.757
더 작은 각도에서도 전반사가
일어날 수 있어요.

00:55:13.857 --> 00:55:16.280
전반사가 더 쉽게
일어난다는 소리죠.

00:55:16.380 --> 00:55:18.744
그러면 θ 보기 보도록 하겠습니다.

00:55:18.844 --> 00:55:24.475
 θ 보기, 똑같은
 I 으로 넣어줘요.

00:55:24.575 --> 00:55:25.699
그러면 어떻게 돼요?

00:55:25.799 --> 00:55:32.847
여기서는 공기에서 I ,
공기에서 I 이니까

00:55:32.947 --> 00:55:36.951
똑같은 각도로 이렇게
굴절하게 됩니다.

00:55:37.051 --> 00:55:39.212
애는 어떻게 될까요?

00:55:39.312 --> 00:55:41.719
무조건 전반사가 일어나겠죠.

00:55:41.819 --> 00:55:45.509
왜? I 과 II사이에서도
전반사가 일어났는데

00:55:45.609 --> 00:55:48.243
I 과 III는 전반사가 더
잘 일어난다고요.

00:55:48.343 --> 00:55:51.498
그러니까 무조건 전반사가 일어나죠.

00:55:51.598 --> 00:55:55.390
여기서의 입사각이 임계각보다
켰기 때문에 전반사가 일어났죠?

00:55:55.490 --> 00:56:00.115
그러면 I 과 III도 당연히
임계각보다 큰 입사각이 됩니다.

00:56:00.250 --> 00:56:04.603
왜? 여기서의 임계각이 여기서의
임계각보다 더 작으니까.

00:56:04.703 --> 00:56:11.560
그래서 n 은 무조건 전반사가
일어나게 되는 상황이 됩니다.

00:56:11.660 --> 00:56:13.520
충분히 이해하셨으리라고
생각이 들고요.

00:56:13.620 --> 00:56:19.991
마지막 4번 문제
설명드리도록 하겠습니다.

00:56:23.047 --> 00:56:25.443
비슷한 수준의 문제예요.

00:56:25.543 --> 00:56:35.574
문제를 봤더니 지금 들어가서 멍하고,
굴절했다가 멍하고 전반사하고 있습니다.

00:56:35.674 --> 00:56:38.866
그러면 이 말은 무슨 말이나,

00:56:38.966 --> 00:56:45.191
코어와 클래딩 사이에서 전반사가
일어나는 i 의 최댓값은 im 이다.

00:56:45.291 --> 00:56:49.537
이게 무슨 말일까요?

00:56:49.637 --> 00:56:59.669
이 부분을 좀 확대해서 그려보면

지금 이렇게 되어있는 상황이죠?

00:56:59.769 --> 00:57:05.548

여기에 지금 법선이
그어져 있습니다.

00:57:05.648 --> 00:57:08.509

이 각도를 한번 키워보겠습니다.

00:57:08.609 --> 00:57:10.845

그러면 여기서 들어가는 각도를
키우면 어떻게 됩니까?

00:57:10.945 --> 00:57:20.596

들어가는 각도를 키우면 여기서도 굴절각이
커지니까 이렇게 되어버릴 수 있죠.

00:57:20.719 --> 00:57:23.280

이렇게 가면 어떻게 될 수 있어요?

00:57:23.380 --> 00:57:28.207

이 각도가 임계각보다 작아져 버리면

00:57:28.307 --> 00:57:33.926

여기서 전반사를 하지 않고 이렇게
굴절해서 나갈 수가 있죠.

00:57:34.026 --> 00:57:42.168

그런데 여기서 입사각을 좀
작게 만들면 어떻게 됩니까?

00:57:42.268 --> 00:57:44.322

굴절각도 작아지겠죠?

00:57:44.422 --> 00:57:46.354

그러면 이렇게 가겠죠?

00:57:46.454 --> 00:57:48.419

이렇게 가게 되면 어떻게 됩니까?

00:57:48.519 --> 00:57:54.639

이 각도가 임계각보다 크면
전반사를 하게 될 수 있습니다.

00:57:54.739 --> 00:58:03.027

결국 각도를 키우다 보면
여기 경계에서의 입사각이

00:58:03.127 --> 00:58:06.754

임계각보다 작아지는 상황이
발생할 수 있고요.

00:58:06.854 --> 00:58:09.227

임계각보다 작아지는 상황이 발생하면

00:58:09.327 --> 00:58:13.611

굴절이 일어나면서 전반사를 하지
않는 상황이 발생할 수 있죠.

00:58:13.711 --> 00:58:17.686

결국 전반사가 일어날

수 있는 최대 각도를

00:58:17.786 --> 00:58:22.144

im으로 표현하겠다고 문제에
나와 있는 겁니다.

00:58:22.244 --> 00:58:24.491

기부터 보도록 하겠습니다.

00:58:24.591 --> 00:58:26.137

굴절률은 누가 크니?

00:58:26.237 --> 00:58:28.388

여기서 지금 뭐가 일어나고 있어요?

00:58:28.488 --> 00:58:29.800

전반사가 일어나고 있어요.

00:58:29.900 --> 00:58:32.811

전반사가 일어나고 있다는 건
안쪽이 뭐라는 소리야?

00:58:32.911 --> 00:58:38.731

안쪽 물질의 속도가 느리고
굴절률이 크다는 소리고요.

00:58:38.831 --> 00:58:44.356

바깥쪽의 속도가 빠르고
굴절률이 작다는 것을 뜻하죠.

00:58:44.456 --> 00:58:49.849

결국 굴절률은 I 이 II보다 더
크다는 걸 확인할 수 있고요.

00:58:49.949 --> 00:58:56.635

n, 단색광의 속력은, 빛의 속력은
공기에서가 빠르니, 코어에서가 빠르니.

00:58:56.735 --> 00:58:58.329

뭘 가지고 알 수 있어요?

00:58:58.429 --> 00:59:00.458

각도보면 안다고 그랬죠.

00:59:00.558 --> 00:59:03.277

이 각도가 크냐, 이 각도가 크냐.

00:59:03.377 --> 00:59:08.600

법선으로부터 이루는 각도를
비교하면 됩니다.

00:59:08.700 --> 00:59:12.327

그게 잘 기억이 안 나면
어떻게 하라고 그랬어?

00:59:12.427 --> 00:59:17.573

장난감 자동차 이용하라 그랬죠.

00:59:18.577 --> 00:59:23.637

그래서 n번 보기도 맞구나,
라는 걸 알 수 있고요.

00:59:23.737 --> 00:59:25.090
ㄷ 보도록 하겠습니다.

00:59:25.190 --> 00:59:28.413
n2를 작게 한대요.

00:59:28.513 --> 00:59:34.341
n2의 굴절률을 작게 한대요.

00:59:34.441 --> 00:59:37.695
그 말은 뭐죠?

00:59:37.795 --> 00:59:41.218
클래딩의 속도를 더 빠르게
하겠다는 소리죠.

00:59:41.318 --> 00:59:43.844
클래딩의 속도가 더 빨라지면

00:59:43.944 --> 00:59:50.885
이거 우리 3번 문제 보기 ㄷ
설명할 때도 말씀드렸던 내용과

00:59:50.985 --> 00:59:52.637
굉장히 유사한 내용이에요.

00:59:52.737 --> 00:59:58.700
자주 출제되는 유형이라는 걸
우리가 판단할 수 있는 거죠?

00:59:58.800 --> 01:00:04.423
이 부분의 경계를 보면
여기가 n1이고 n2예요.

01:00:04.523 --> 01:00:09.541
그러면 여기서의 속도가 느리고
여기서는 속도가 빠르는데

01:00:09.641 --> 01:00:14.980
굴절률을 더 작게 만들면
속도는 더 빨라지는 거죠.

01:00:15.080 --> 01:00:17.404
이 말은 뭘 의미하는 거야?

01:00:17.504 --> 01:00:22.212
I 과 II의 속도 차가 더
심하게 일어난다고요.

01:00:22.312 --> 01:00:27.749
I 과 II의 속도 차가
심하게 일어나면

01:00:27.849 --> 01:00:29.423
아까도 말씀드렸던 거야.

01:00:29.523 --> 01:00:33.047
이렇게 빛이 가는데, 이렇게
장난감 자동차가 가는데

01:00:33.147 --> 01:00:35.493
여기의 속도가 매우 빨라.

01:00:35.593 --> 01:00:37.909
굴절률이 매우 작아서
속도가 매우 빨라.

01:00:38.009 --> 01:00:44.463
그러면 이 바퀴가 먼저 들어가서 이 바퀴는
엄청나게 빠르게 돌 수 있다고요.

01:00:44.563 --> 01:00:51.361
엄청나게 빠르게 돌아버리면 애가 숙 하고
전반사를 바로 해버릴 수 있다고요.

01:00:51.461 --> 01:00:56.363
결국 속도 차가 심하면
임계각이 작아집니다.

01:00:56.463 --> 01:01:00.809
임계각이 작다는 건 전반사가
아주 쉽게 일어난다는 소리죠.

01:01:00.909 --> 01:01:05.654
조금만 각도가 커져도 전반사가 일어날
수 있다는 것을 뜻하는 거죠.

01:01:05.754 --> 01:01:07.699
그 말은 뭘 의미해?

01:01:07.799 --> 01:01:17.025
여기서 들어가는 각도가
커지면 어떻게 되겠어요?

01:01:17.125 --> 01:01:18.702
이렇게 꺾여가게 되겠죠?

01:01:18.802 --> 01:01:27.166
이렇게 꺾여갔을 때 이 입사각이
임계각보다 클 확률이 높아진다고요.

01:01:27.266 --> 01:01:28.675
그러면 여기서 뭐가
일어날 수 있어요?

01:01:28.775 --> 01:01:30.183
전반사가 일어날 수 있죠.

01:01:30.283 --> 01:01:36.462
결국 전반사가 일어날 수 있는 최대의
각도가 증가하게 되는구나, 라는 걸

01:01:36.562 --> 01:01:38.765
우리가 판단할 수 있게 됩니다.

01:01:38.865 --> 01:01:42.931
그래서 n 번 보기는 틀린
보기가 되는 거죠.

01:01:43.031 --> 01:01:47.403
 n^2 의 굴절률을 작게

하면 속도가 커지게 되고

01:01:47.503 --> 01:01:51.763

속도가 커지면 코어와 클래딩의
임계각이 작아집니다.

01:01:51.863 --> 01:01:53.931

임계각이 작아진다는 건 전반사가

01:01:54.031 --> 01:01:56.970

너무 쉽게 잘 일어날 수 있는
상황이 발생한다는 소리죠?

01:01:57.070 --> 01:01:57.993

그 말은 뭐야?

01:01:58.093 --> 01:02:03.905

이런 각도로 들어가게 돼도 전반사가
일어날 수도 있다는 것을 뜻하니까

01:02:04.005 --> 01:02:11.076

i의 최댓값은 증가한다고 우리가
결론을 내릴 수 있게 되는 거죠.

01:02:11.176 --> 01:02:12.425

되셨죠?

01:02:12.525 --> 01:02:21.584

이렇게 해서 우리는 전반사를 이용한
광통신에 대한 원리를 좀 확인해봤고요.

01:02:21.684 --> 01:02:23.399

내용 자체는 어렵지 않습니다.

01:02:23.499 --> 01:02:25.539

기본 개념 자체는 어렵지 않고요.

01:02:25.639 --> 01:02:30.983

그 기본 개념이 문제 상황에서
어떻게 해석될 수 있는지를

01:02:31.083 --> 01:02:35.549

여러분이 정확하게 이해해서
적용하는 훈련을 좀 많이 하신다면

01:02:35.649 --> 01:02:38.858

무리 없이 문제들을 해결할 수
있으리라고 생각이 됩니다.

01:02:38.958 --> 01:02:42.523

항상 자신감 가지고 도전하는
여러분이 됐으면 좋겠고요.

01:02:42.623 --> 01:02:45.326

오늘 강의를 통해서 여전히
해결되지 않은 것들

01:02:45.426 --> 01:02:48.528

의심되는 것들 궁금한 것들
이해 안 되는 것들은

01:02:48.628 --> 01:02:53.345

게시판을 통해서 질문해주시면 빠르고
정확하게 답변드리도록 하겠습니다.

01:02:53.445 --> 01:02:54.312

수고하셨습니다.

01:02:54.412 --> 01:02:57.173

다음 강의에서 뵙도록 할게요.