WEBVTT

00:00:11.147 --> 00:00:11.976
반갑습니다.

00:00:12.102 --> 00:00:14.902
물리학1 기초개념학습 벽 샘입니다.

00:00:15.002 --> 00:00:20.897
오늘은 11번째 주제, 전기력과 원자에
대한 내용 진행하도록 할게요.

00:00:20.997 --> 00:00:28.873
오늘 배울 내용은 과학자들이 도대체
우리는 어떤 것으로 구성되어있을까를

00:00:28.973 --> 00:00:32.790
알아나가는 과정의 결과물입니다.

00:00:32.890 --> 00:00:35.787
사실 우리는, 여러분도
그런 생각 하잖아.

00:00:35.887 --> 00:00:38.027
우리는 도대체 뭐로 구성되어있을까?

00:00:38.127 --> 00:00:40.510
어디서 와서 어디로 갈까.

00:00:40.610 --> 00:00:43.248
이런 것들 한 번쯤은
고민해보지 않나요?

00:00:43.348 --> 00:00:47.053
오늘은 그 고민의 약간
해답을 제공해주는

00:00:47.153 --> 00:00:50.978
그러한 강의라고 볼 수
있을 것 같아요.

00:00:51.078 --> 00:00:55.417
오늘 강의를 통해서 여러분이 반드시
익혔으면 하는 핵심 용어들입니다.

00:00:55.517 --> 00:00:57.980
일단 전하, 이 전하란 뭘까.

00:00:58.080 --> 00:01:00.863
전하, 이런 전하는 아니야.

00:01:00.963 --> 00:01:04.222
전하 그리고 전하량이라는
게 존재하거든요.

00:01:04.322 --> 00:01:07.271
도대체 얘는 어떤
물리적 표현인 걸까.

00:01:07.371 --> 00:01:09.818

그리고 쿨롱의 법칙이라고 있어요.

00:01:09.918 --> 00:01:13.779
이 전기력을 표현하는 쿨롱의
법칙이라는 게 있는데

00:01:13.879 --> 00:01:18.830
이 쿨롱의 법칙이란 어떠한
수식적 정의로 나타나지는지도

00:01:18.930 --> 00:01:21.181
여러분이 외우고 있어야
될 것 같고요.

00:01:21.281 --> 00:01:25.615
오늘의 가장 중요한
표현인 원자모형입니다.

00:01:25.715 --> 00:01:29.962
왜 모형 자가 붙었을까는 조금
이따가 말씀을 드리도록 하겠고요.

00:01:30.062 --> 00:01:34.465
우리를 구성하고 있는
작은 단위, 입자들 중에

00:01:34.565 --> 00:01:35.961
원자라는 게 있어요.

00:01:36.061 --> 00:01:39.168
이 원자가 도대체 어떻게
생겼을까를 가지고

00:01:39.268 --> 00:01:43.145
과학자들이 오랜 기간동안
연구를 해오고 있거든요.

00:01:43.245 --> 00:01:47.281
그 연구의 흐름에 대해서 오늘
확인해보는 시간이 되겠고요.

00:01:47.381 --> 00:01:52.638
그 연구의 흐름 중에 알파입자
산란실험이라는 게 들어있습니다.

00:01:52.738 --> 00:01:56.248
도대체 이 알파입자
산란실험이란 어떤 건지를

00:01:56.348 --> 00:01:59.358
여러분과 함께 알아나가
보도록 할게요.

00:01:59.458 --> 00:02:02.099
일단 출발해보도록 하겠습니다.

00:02:02.199 --> 00:02:05.390
바로 뭐냐, 전하라는 게 있어요.

00:02:05.490 --> 00:02:10.371
도대체 이 전하라는 건 뭐냐, 우리

수준에서는 이렇게 생각하시면 됩니다.

00:02:10.471 --> 00:02:23.146
바로 뭐냐, 전기적 성질을 가진
입자를 전하라고 부릅니다.

00:02:23.246 --> 00:02:28.049
사실 이 전하라는 용어는
입자만을 뜻하는 건 아니에요.

00:02:28.149 --> 00:02:33.439
그렇지만 이 전기적 성질은 결과적으로는
입자에 의해서 나타나는 거니까

00:02:33.539 --> 00:02:37.926
우리 수준에서는 전하란
전기적 성질을 가진 입자를

00:02:38.026 --> 00:02:41.078
표현한다고 생각하시면
될 것 같아요.

00:02:41.178 --> 00:02:44.751
이 전기적 성질은 우리가
너무나도 잘 알다시피

00:02:44.851 --> 00:02:46.435
두 가지가 있습니다.

00:02:46.535 --> 00:02:53.819
바로 뭐냐, 전기적 성질에
플러스와 마이너스가 들어있죠.

00:02:53.919 --> 00:02:55.308
N극, S극 아니야.

00:02:55.408 --> 00:02:58.686
N극, S극은 자기적 성질이고요.

00:02:58.786 --> 00:03:02.617
전기적 성질은 플러스,
마이너스를 뜻합니다.

00:03:02.717 --> 00:03:05.403
그래서 플러스의 성질을 가진 입자.

00:03:05.503 --> 00:03:09.760
즉 플러스 전하를 가지고
있는 입자가 있어요.

00:03:09.860 --> 00:03:11.947
그 입자 중에 대표적인
게 뭐가 있어요?

00:03:12.047 --> 00:03:19.292
양성자라는 게 존재하죠.

00:03:19.392 --> 00:03:22.924
마이너스의 성질을 가진
입자는 뭐가 있어요?

00:03:23.024 --> 00:03:24.918
마이너스 전하라고 불러요.

00:03:25.018 --> 00:03:28.306
마이너스 전하를 가지고
있는 입자는 대표적인 게

00:03:28.406 --> 00:03:30.810
바로 전자가 있습니다.

00:03:30.910 --> 00:03:34.549
물론 플러스와 마이너스의
성질을 가진 입자가

00:03:34.649 --> 00:03:37.828
양성자, 전자만 있는 건 아니야.

00:03:37.928 --> 00:03:42.226
그런데 우리가 여기서는 전기적
성질을 가진 입자에는

00:03:42.326 --> 00:03:46.848
양성자와 전자가 들어있다고
생각하시면 될 것 같아요.

00:03:46.948 --> 00:03:52.478
그러면 물질 안에는 플러스의
성질을 가진 입자인 양성자랑

00:03:52.578 --> 00:03:57.153
마이너스의 성질을 가진
전자가 들어있기 때문에

00:03:57.253 --> 00:04:00.766
결과적으로 물체는 플러스의
성질을 가질 수도 있고

00:04:00.866 --> 00:04:03.050
마이너스의 성질을
가질 수도 있습니다.

00:04:03.150 --> 00:04:07.778
물론 플러스의 성질도 안 띠고
마이너스의 성질도 안 띠는

00:04:07.878 --> 00:04:10.320
이러한 물질을 우리는
뭐라고 불러요?

00:04:10.420 --> 00:04:15.755
전기적으로 중성이라고 불러주죠.

00:04:15.855 --> 00:04:21.275
여기까지는 크게 여러분이 어려움 없이
넘길 수 있을 거라는 생각이 들어요.

00:04:21.375 --> 00:04:25.197
전기적 성질에는 플러스와
마이너스가 존재하고

00:04:25.297 --> 00:04:31.916

그 전기적 성질을 가진 입자는
바로 양성자랑 전자가 들어있다.

00:04:32.016 --> 00:04:36.400
그러면 이 전기적 성질을
가진 입자가 결과적으로는

00:04:36.500 --> 00:04:38.773
플러스와 마이너스를 띠는데

00:04:38.873 --> 00:04:42.072
플러스를 얼마만큼 강하게 띠느냐,

00:04:42.172 --> 00:04:48.485
마이너스를 얼마만큼 강하게 띠느냐를
수치적으로 표현해주고 싶을 거 아니야?

00:04:48.585 --> 00:04:54.315
그래서 이 플러스를 가지고 있는
성질값, 마이너스의 성질값.

00:04:54.415 --> 00:04:57.124
즉 플러스를 얼마나
강력하게 갖고 있냐,

00:04:57.224 --> 00:05:00.023
마이너스를 얼마나
강력하게 갖고 있냐를

00:05:00.123 --> 00:05:04.243
표현하는 수치를 우리는
뭐라고 부르기로 했느냐,

00:05:04.343 --> 00:05:09.668
바로 전하량이라고 부르기로 했고요.

00:05:09.768 --> 00:05:13.531
이거를 표현하는 기호는 Q이고요.

00:05:13.631 --> 00:05:15.004
기호가 Q야.

00:05:15.104 --> 00:05:19.865
단위는 뭐냐,
쿨롱(C)이라고 불러줍니다.

00:05:19.965 --> 00:05:23.546
이 쿨롱이라는 사람에 대해서
우리가 바로 배울 건데요.

00:05:23.646 --> 00:05:27.541
이 쿨롱이라는 사람의 업적을
따서 전하량, 전기적 성질 값.

00:05:27.641 --> 00:05:30.886
플러스가 얼마큼 강하냐,
마이너스가 얼마만큼 강하냐.

00:05:30.986 --> 00:05:35.099
이걸 표현하는 입자에
의한 전기적 성질 값을

00:05:35.199 --> 00:05:39.742
우리는 Q로 표현하고 단위는
쿨롱이라고 표현한다.

00:05:39.893 --> 00:05:43.812
우리나라 표현으로는
전하량이라고 불러준다고요.

00:05:43.912 --> 00:05:47.060
그러면 예를 들어서 아주
단순하게 이야기하면

00:05:47.160 --> 00:05:48.400
이렇게 이야기하면 되겠죠.

00:05:48.500 --> 00:05:52.104
+4의 성질을
가진 입자가 있어요.

00:05:52.204 --> 00:05:57.569
그러면 얘는 전하량이
얼마냐고 표현하냐면,

00:05:57.669 --> 00:06:02.307
4C이라고 표현을 하는 거죠.

00:06:02.407 --> 00:06:07.936
여기에 마이너스를 두 개 가지고
있는 아이가 있다고 한다면

00:06:08.036 --> 00:06:14.708
얘는 전기적 성질 값이
-2C이라고 표현한다고요.

00:06:14.808 --> 00:06:18.679
물론 +4C이라고 해서
플러스가 4개 들어있다.

00:06:18.779 --> 00:06:20.017
이런 의미는 아니고요.

00:06:20.117 --> 00:06:23.204
-2C이라고 해서 마이너스가
2개 들어있다.

00:06:23.304 --> 00:06:24.844
이런 의미는 아니야.

00:06:24.944 --> 00:06:28.456
그런데 전기적 성질 값이
플러스의 강력한 정도가

00:06:28.556 --> 00:06:34.373
얘는 4다, 얘는 -2다,
라고 표현을 하는 겁니다.

00:06:34.473 --> 00:06:36.668
그러면 여기서 또 하나
여러분이 오해하면 안 되는 게

00:06:36.768 --> 00:06:43.632
그러면 +4, -2가 있으면 얘는 0
이하의 숫자이고 얘는 0 이상의 숫자냐.

00:06:43.732 --> 00:06:45.142
그런 게 아닌 거죠?

00:06:45.242 --> 00:06:47.853
여기서 플러스,
마이너스가 의미하는 건

00:06:47.953 --> 00:06:51.225
전기적 성질 값을 뜻하는 겁니다.

00:06:51.325 --> 00:06:53.875
그래서 이런 식으로도 표현해요.

00:06:53.975 --> 00:06:58.920
이 +4와 -2가 몇 배
차이나니, 라고 물으면

00:06:59.020 --> 00:07:02.892
가볍게 2배 차이 난다,
라고 부르면 됩니다.

00:07:02.992 --> 00:07:04.911
전하량은 2배다.

00:07:05.011 --> 00:07:14.279
결국 전하량이라는 건 그
성질 값이 얼마큼 강하냐를 표현하는 수치니까

00:07:14.379 --> 00:07:18.871
결국 얘는 플러스의 성질을
가지고 그 성질 값이 4다.

00:07:18.971 --> 00:07:23.003
얘는 마이너스의 성질을 가지고
있고 그 성질 값은 2다.

00:07:23.103 --> 00:07:27.785
따라서 전하량은 그냥 2배다,
라고 표현하면 되는 거죠.

00:07:27.885 --> 00:07:32.330
예를 들어서 +8이
있고 -12가 있어요.

00:07:32.430 --> 00:07:35.544
그러면 누가 더 강력한
전하량을 갖고 있니,

00:07:35.644 --> 00:07:38.481
누가 더 큰 전하량을
갖고 있니, 라고 물으면

00:07:38.581 --> 00:07:41.027
당연히 누가 더 크다고
대답을 해야 돼요?

00:07:41.127 --> 00:07:49.097

-12가 +8보다 더 크다, 더 강력하다고
표현하는 건 너무나도 당연하겠죠.

00:07:49.197 --> 00:07:52.719
그래서 우리는 일반화시켜서
어떻게 표현하느냐,

00:07:52.819 --> 00:07:58.907
이쪽에 플러스가 이렇게
존재하고 있는 애가 있으면

00:07:59.007 --> 00:08:02.073
얘는 +Q라고 표현을 하고요.

00:08:02.173 --> 00:08:06.716
얘는 마이너스를 이렇게
갖고 있으면 -q.

00:08:06.816 --> 00:08:08.701
이 정도로 표현을 하는 거죠.

00:08:08.801 --> 00:08:11.409
그래서 플러스, 마이너스가 있으면

00:08:11.509 --> 00:08:18.683
플러스는 전기적 성질을 표현하고
Q는 전하량 값을 나타내는 기호다.

00:08:18.783 --> 00:08:21.844
그런데 플러스가
마이너스보다 더 강력하니까

00:08:21.944 --> 00:08:25.361
강력한 플러스는 Q라고 표현하고요.

00:08:25.461 --> 00:08:32.373
적은 마이너스는 q라고
표현을 해놓은 겁니다.

00:08:32.473 --> 00:08:35.799
여기서 여러분이 또 하나 기억을
하고 있어야 되는 건 뭐냐,

00:08:35.899 --> 00:08:40.902
이 전기적 성질에 의해서 플러스와
마이너스를 구분하고 있고요.

00:08:41.002 --> 00:08:48.235
이 전기적 성질이 다르면 얘네는
서로 끌어당기는 힘을 발생시킵니다.

00:08:48.335 --> 00:08:51.682
우리는 끌어당기는
힘을 뭐라고 불러요?

00:08:51.782 --> 00:08:53.562
인력이라고 부릅니다.

00:08:53.662 --> 00:08:57.073
결국 얘는 플러스,
얘는 마이너스잖아요?

00:08:57.173 --> 00:08:58.855
전기적 성질이 다르죠?

00:08:58.955 --> 00:09:05.083
전기적 성질이 다른 입자들끼리는
반드시 무슨 힘이 발생하느냐,

00:09:05.183 --> 00:09:09.476
끌어당겨 지는 힘이
발생한다는 거고요.

00:09:09.576 --> 00:09:18.437
이 끌어당겨 지는 힘을 우리는
인력이라고 불러주죠.

00:09:18.537 --> 00:09:21.893
이때 여러분이 하나 명확하게
기억하고 있어야 되는 거.

00:09:21.993 --> 00:09:24.974
얘는 강력한 플러스고요.

00:09:25.074 --> 00:09:26.527
얘는 전하량이 크고요.

00:09:26.627 --> 00:09:28.190
얘는 약한 마이너스야.

00:09:28.290 --> 00:09:29.534
전하량이 작아.

00:09:29.634 --> 00:09:31.682
그러면 서로 지금 끌어당기고 있죠?

00:09:31.782 --> 00:09:36.849
그러면 얘가 끌려가는 힘이 셀까요,
얘가 끌려가는 힘이 셀까요?

00:09:36.949 --> 00:09:40.053
강력한 플러스가
끌려가는 힘이 셀까요,

00:09:40.153 --> 00:09:45.215
약한 마이너스가
끌려가는 힘이 셀까요?

00:09:45.315 --> 00:09:47.794
여기서 여러분이 명확하게
기억하고 있어야 됩니다.

00:09:47.894 --> 00:09:51.505
이 강력한 플러스를
누가 잡아당기죠?

00:09:51.605 --> 00:09:53.314
마이너스가 잡아당깁니다.

00:09:53.414 --> 00:09:56.443
이 약한 마이너스를
누가 잡아당기죠?

00:09:56.543 --> 00:09:58.879
강력한 플러스가 잡아당깁니다.

00:09:58.979 --> 00:10:02.008
그러면 어떤 상황일까요?

00:10:02.108 --> 00:10:06.949
+Q가 -q를 당긴다.

00:10:07.049 --> 00:10:10.794
-q가 +Q를 당긴다.

00:10:10.894 --> 00:10:12.484
뭐 떠오르는 거 있어요?

00:10:12.584 --> 00:10:15.671
A가 B를 당긴다.

00:10:15.771 --> 00:10:18.658
B가 A를 당긴다.

00:10:18.758 --> 00:10:25.013
힘을 주는 물체와 받는 물체가
서로 뒤바뀌고 있습니다.

00:10:25.113 --> 00:10:28.468
이 관계를 뭐라고 부르기로 했어요?

00:10:28.568 --> 00:10:31.759
작용 반작용이라고 부르기로 했고요.

00:10:31.859 --> 00:10:39.173
작용 반작용 관계에 있는 힘은
무조건 힘의 크기가 같습니다.

00:10:39.273 --> 00:10:40.952
이거 반드시 기억하고 있어야 돼요.

00:10:41.052 --> 00:10:45.631
플러스, 마이너스
전하량의 크기에 관계없이

00:10:45.731 --> 00:10:49.886
끌어당겨 지고 있으면 서로 끌어당기는
힘의 크기는 동일하구나.

00:10:49.986 --> 00:10:55.080
그러면 너무나도 당연하게도 여기에
지금 플러스가 이렇게 존재하고요.

00:10:55.180 --> 00:10:59.672
여기도 이렇게 플러스가
존재한다고 생각해보겠습니다.

00:10:59.772 --> 00:11:04.387
그러면 같은 전하들끼리는
어떻게 될까요?

00:11:04.487 --> 00:11:07.846
서로 밀어내는 힘을 발생시키죠.

00:11:07.946 --> 00:11:11.273
이 서로 밀어내는 힘을 우리는
뭐라고 부르기로 했어요?

00:11:11.373 --> 00:11:14.234
청력이라고 부르기로 했습니다.

00:11:14.334 --> 00:11:18.504
물론 마이너스들끼리도 어때요?

00:11:18.604 --> 00:11:23.364
서로 밀어내는 힘이 발생하고요.

00:11:23.464 --> 00:11:26.720
그 힘을 우리는
청력이라고 부른다고요.

00:11:26.820 --> 00:11:32.466
이때 이쪽은 강력한 플러스,
이쪽은 약한 플러스.

00:11:32.566 --> 00:11:37.037
이쪽은 강력한 마이너스,
이쪽은 약한 마이너스일 때

00:11:37.137 --> 00:11:44.596
서로 밀어내고 서로 밀어내는데

00:11:44.696 --> 00:11:47.521
밀어내는 힘의 크기는 어떨까요?

00:11:47.621 --> 00:11:52.160
얘가 얘를 미는 힘과 얘가 얘를
미는 힘의 크기는 같다고요.

00:11:52.260 --> 00:11:56.447
왜? 작용 반작용 관계에
있기 때문에 이게 같다고요.

00:11:56.547 --> 00:12:01.450
얘가 얘를 미는 힘과 얘가
얘를 미는 힘도 같다고요.

00:12:01.550 --> 00:12:05.642
왜? 작용 반작용 관계이기 때문에.

00:12:05.742 --> 00:12:09.787
그러면 이 힘이 서로
서로 작용하는데

00:12:09.887 --> 00:12:14.518
이 힘의 크기를 우리는
뭐라고 부르느냐,

00:12:14.618 --> 00:12:17.188
전기력이라고 불러요.

00:12:17.288 --> 00:12:21.949
그런데 이 전기력을 정의한
사람의 이름이 바로 누구냐,

00:12:22.049 --> 00:12:24.249
쿨롱이라는 사람이거든요.

00:12:24.349 --> 00:12:26.318
1700년대 살았던 사람이고요.

00:12:26.418 --> 00:12:30.005
이 쿨롱이라는 사람의 이름을 따서

00:12:30.105 --> 00:12:34.677
이 전기력을 표현하는 법칙을
뭐라고 부르기로 했느냐,

00:12:34.777 --> 00:12:39.040
쿨롱의 법칙이다, 라고
불러주기로 했습니다.

00:12:39.140 --> 00:12:42.789
이 쿨롱의 법칙은 어떻게
정의내려지느냐,

00:12:42.889 --> 00:12:48.243
방금 전에 배웠던 이 그림
상황으로 다시 들어가 보면

00:12:48.343 --> 00:12:52.401
이 전하들 사이의 거리.

00:12:52.501 --> 00:12:55.467
중심에서 중심 사이의 거리.

00:12:55.567 --> 00:12:58.201
이 중심에서 중심 사이의 거리.

00:12:58.301 --> 00:13:03.446
중심에서 중심 사이의 거리를 우리가
r이라고 표기해보도록 하겠습니다.

00:13:03.546 --> 00:13:11.272
그러면 이 거리가 멀면 멀수록 서로
밀거나 서로 당겨지는 힘의 크기는

00:13:11.372 --> 00:13:15.175
강할 거 같아요, 약할 거 같아요?

00:13:15.275 --> 00:13:17.477
당연히 약해지겠죠.

00:13:17.577 --> 00:13:25.455
거리가 멀어지면 멀어질수록 서로에게
미치는 힘의 크기는 작아지게 됩니다.

00:13:25.555 --> 00:13:33.915
그래서 쿨롱이라는 사람은 이 전기력이
뭐에 관계한다고 표현하냐면,

00:13:34.015 --> 00:13:43.637
바로 두 전하 사이의 거리²에
반비례한다는 걸 알아내게 되고요.

00:13:43.737 --> 00:13:46.831
그리고 또 뭐에 의해서
결정이 된다고 표현하느냐,

00:13:46.931 --> 00:13:51.400
상식적으로 생각해봤을 때 이쪽에
플러스가 강하면 강할수록

00:13:51.500 --> 00:13:55.389
당연히 서로 잡아당겨 지는
힘의 크기는 강해질 거고요.

00:13:55.489 --> 00:13:58.408
이쪽에 마이너스가 강하면 강할수록

00:13:58.508 --> 00:14:02.273
역시나 서로 잡아당겨 지는
힘의 크기도 강해지겠죠.

00:14:02.373 --> 00:14:08.339
결국 얘의 플러스가 강해져도
힘의 크기는 강해질 거고

00:14:08.439 --> 00:14:13.211
얘의 마이너스가 강해져도
힘의 크기는 강해지겠죠.

00:14:13.311 --> 00:14:17.411
결과적으로 이 힘의 크기는
얘의 전하량에 비례하고

00:14:17.511 --> 00:14:19.920
얘의 전하량에도 비례하는 거죠.

00:14:20.020 --> 00:14:23.399
결국 똑같은 플러스,
플러스일 때도 마찬가지겠죠?

00:14:23.499 --> 00:14:28.525
얘에 플러스가 강하면 강할수록
밀어내는 힘의 크기는 강해질 거고요.

00:14:28.625 --> 00:14:33.343
얘에 플러스가 강하면 강할수록 서로
밀어내는 힘의 크기도 강해지겠죠.

00:14:33.443 --> 00:14:36.515
결국 힘의 크기는 얘에
전하량에도 비례하고

00:14:36.615 --> 00:14:39.323
얘에 전하량에도 비례하기 때문에

00:14:39.423 --> 00:14:41.821
결국 전기력 공식은 어떻게 되느냐,

00:14:41.921 --> 00:14:45.892
이쪽의 전하량과 이쪽의
전하량에 둘 다 비례하는.

00:14:45.992 --> 00:14:54.346

결국 q1, q2의 곱에 의해서
표현된다고 정의를 내리게 됐어요.

00:14:54.446 --> 00:14:58.806
그래서 이쪽의 전하량을 q1, 이쪽의
전하량을 q2라고 표현한다면

00:14:58.906 --> 00:15:00.800
이렇게 나타내실 수 있고요.

00:15:00.900 --> 00:15:05.911
여기에 비례상수 값
k를 붙여주게 됩니다.

00:15:06.011 --> 00:15:12.415
그래서 전기력 공식은
이렇게 정의가 내려졌다.

00:15:12.515 --> 00:15:16.608
그러면 이제 이 전기력
공식을 바탕으로

00:15:16.708 --> 00:15:19.788
과학자들이 뭘 알아내기 시작하느냐,

00:15:19.888 --> 00:15:24.586
이 전기적 성질을 가진 입자들이
어떠한 특성을 갖게 됐는지를

00:15:24.686 --> 00:15:29.232
연구하는 과정 중에 바로 원자 속에

00:15:29.332 --> 00:15:33.172
어떠한 물질들이 들어있느냐를
알아내게 됩니다.

00:15:33.272 --> 00:15:39.089
그러면 칠판 정리하고 원자에 대한
내용으로 들어가도록 하겠습니다.

00:15:39.189 --> 00:15:44.267
우리를 구성하고 있는 게
도대체 뭘까에 대한 관심에서

00:15:44.367 --> 00:15:47.908
이 원자에 대한 내용이
시작된다고 볼 수 있어요.

00:15:48.008 --> 00:15:53.897
우리가 너무나도 잘 알다시피 우리는
물질들로 구성이 되어있어요.

00:15:53.997 --> 00:15:57.975
이 물질을 쪼개면 뭐로
구성되어있다고 부르죠?

00:15:58.075 --> 00:16:01.206
분자로 구성되어있다고 부르고요.

00:16:01.306 --> 00:16:06.885
분자를 쪼개면 분자 안에는

원자가 들어있다고 부르고요.

00:16:06.985 --> 00:16:13.643
원자를 쪼개면 원자
안에는 바로 원자핵과

00:16:13.743 --> 00:16:18.421
전자가 들어있다는 걸
알고 있게 됐고요.

00:16:18.521 --> 00:16:22.005
원자핵을 쪼개면 원자핵 안에는

00:16:22.105 --> 00:16:29.622
양성자와 중성자가 들어있다는
걸 알게 됐고요.

00:16:29.722 --> 00:16:36.118
이 양성자와 중성자를 쪼개면 그 안에
또 뭐가 들어있다는 걸 알고 있어요?

00:16:36.218 --> 00:16:42.018
쿼크라는 애들이 들어있다는
것까지 알고 있습니다.

00:16:42.118 --> 00:16:48.211
물론 이 쿼크도 뭔가로 이루어져 있다는
걸 이미 과학자들은 또 알고 있어요.

00:16:48.311 --> 00:16:51.677
그 입자를 우리는 힉스라고 불러요.

00:16:51.777 --> 00:16:54.207
어쨌든 그것까지는 우리가
기억 못하더라도

00:16:54.307 --> 00:16:59.783
우리 수준에서 오늘 우리가 주목해볼
건 바로 여기 이야기입니다.

00:17:02.820 --> 00:17:09.030
원자 그리고 원자를 구성하고
있는 원자핵과 전자.

00:17:09.130 --> 00:17:13.017
한 1800년대의 이야기로
들어가 보도록 하겠습니다.

00:17:13.117 --> 00:17:24.268
1800년대에 돌턴이라는 사람이
어떤 생각을 하게 되냐면,

00:17:24.368 --> 00:17:32.798
우리 몸을 구성하고 있는 입자들을
쪼개고 쪼개고 쪼개나가다 보면

00:17:32.898 --> 00:17:36.209
더 이상 쪼개지지 않을
때가 있을 거다.

00:17:36.309 --> 00:17:41.397

그 더 이상 쪼개지지 않을
때를 뭐라고 부르기로 했느냐,

00:17:41.497 --> 00:17:45.815
원자라고 부르자, 라고
돌턴이라는 사람이

00:17:45.915 --> 00:17:49.954
1800년대 초반에
주장하게 됩니다.

00:17:50.054 --> 00:17:55.031
그런데 이 돌턴이라는 사람이
이 원자를 주장했을 당시에는

00:17:55.131 --> 00:17:57.950
특별한 과학적 이유가
있었던 건 아니야.

00:17:58.050 --> 00:18:05.969
그냥 우리를 구성하고 있는 물질들을
쪼개고 쪼개고 쪼개나가다 보면

00:18:06.069 --> 00:18:08.186
더 이상 쪼개지지
않을 때가 있을 거고

00:18:08.286 --> 00:18:15.979
그 더 이상 쪼개지지 않을 때를 원자라고
부르자, 라고 명명을 하게 됩니다.

00:18:16.079 --> 00:18:23.820
그러다가 1800년대 후반에
어떤 과학자가 등장하냐면,

00:18:23.920 --> 00:18:27.238
톰슨이라는 과학자가 등장합니다.

00:18:27.338 --> 00:18:33.006
이 톰슨이라는 과학자는 바로 뭘
발견한 사람이냐, 너무 중요합니다.

00:18:33.106 --> 00:18:39.307
전자를 발견합니다.

00:18:39.407 --> 00:18:44.692
그래서 이 톰슨이라는 사람은
전자의 발견 업적에 의해서

00:18:44.792 --> 00:18:48.732
노벨물리학상을 수상하게 돼요.

00:18:48.832 --> 00:18:53.933
그러면 톰슨이라는 사람은 어떠한
방법으로 전자를 발견했느냐,

00:18:54.033 --> 00:18:55.343
이런 상황입니다.

00:18:55.443 --> 00:18:58.148
여기에 금속판 하나를

가까이 두고요.

00:18:58.248 --> 00:19:04.799
여기도 금속판을 둔 다음에 내가 여기다
굉장히 강력한 전압을 걸어요.

00:19:04.899 --> 00:19:07.521
엄청나게 강력한 전압을 겁니다.

00:19:07.621 --> 00:19:10.278
그러면 어떤 일이 일어나느냐,

00:19:10.378 --> 00:19:14.731
바로 이 마이너스 극 쪽에
연결되어있는 이 극판에서

00:19:14.831 --> 00:19:22.954
플러스 극에 연결되어있는 극판 쪽으로
빠지직하는 번개 같은 게 친다는 거를

00:19:23.054 --> 00:19:25.930
이 톰슨이라는 사람이
알아내게 되고요.

00:19:26.030 --> 00:19:32.293
이 번개 같은 게 치는 이거를
뭐라고 부르기로 했느냐,

00:19:32.393 --> 00:19:34.853
음극선이라고 부르기로 했습니다.

00:19:34.953 --> 00:19:37.507
음극, 건전지의 마이너스극.

00:19:37.607 --> 00:19:46.121
음극에서부터 빛 같은 게 빠져나온다고
해서 이거를 음극선이라고 불러요.

00:19:46.221 --> 00:19:51.601
그런데 이 빛의 정체는 바로 뭐라는
걸 이 톰슨이 알아냈느냐,

00:19:51.701 --> 00:19:58.152
이 빛의 정체는 이 음극에서부터
전자가 빠져나오면서

00:19:58.252 --> 00:20:01.695
이쪽으로 이동하면서 여기에
존재하고 있는 기체.

00:20:01.795 --> 00:20:07.706
공기나 이런 것들의 충돌에 의해서
발생하는 거다, 라는 걸 알아내게 되죠.

00:20:07.806 --> 00:20:13.378
그래서 이 음극에서
빠져나오는 뭔가는

00:20:13.478 --> 00:20:15.857
입자의 성질을 가지고 있고

00:20:15.957 --> 00:20:21.733
전기적으로 마이너스이면서 질량을
가진 입자라는 걸 알아내게 되고요.

00:20:21.833 --> 00:20:26.202
이 음극에서 뭐가 빠져나왔다고
표현하게 되느냐,

00:20:26.302 --> 00:20:30.809
바로 전자가 빠져나왔다고
표현하게 되는 거죠.

00:20:30.909 --> 00:20:35.407
그래서 이 음극선의 정체는
질량을 가지고 있는

00:20:35.507 --> 00:20:38.859
전자가 빠져나오고 있는 거다.

00:20:38.959 --> 00:20:47.186
이건 우리가 비 오고 이럴 때 관찰
할 수 있는 번개랑 똑같은 겁니다.

00:20:47.286 --> 00:20:48.810
번개는 어떻게 치는 거죠?

00:20:48.910 --> 00:20:52.835
구름의 전자, 마이너스가
막 쌓여요.

00:20:52.935 --> 00:21:01.885
구름에 마이너스가 막 쌓이다가 쌓이다가
이 마이너스가 땅으로 내려오면서

00:21:01.985 --> 00:21:07.116
공기와 충돌하면서 빛이 나고
소리가 나는 거거든요.

00:21:07.216 --> 00:21:11.075
이걸 우리는 번개,
천둥이라고 부르는 거죠.

00:21:11.175 --> 00:21:15.131
그와 같은 현상이 이런 상황에서도
나타날 수 있다는 겁니다.

00:21:15.231 --> 00:21:20.213
그래서 톰슨은 여기서
빠져나오고 있는 음극선이

00:21:20.313 --> 00:21:25.839
전기적으로 마이너스의 성질을 가지고
있고 이 음극선은 입자들.

00:21:25.939 --> 00:21:29.414
여기 전기적으로 마이너스의
성질을 가진 입자들이

00:21:29.514 --> 00:21:33.121
빠져나오고 있는 거다, 라는
걸 알아내게 됐던 거죠.

00:21:33.221 --> 00:21:37.793
그걸로 인해서 톰슨은 어떤
생각을 하게 되느냐,

00:21:37.893 --> 00:21:42.655
물질 안에는 전기적으로
마이너스의 성질을 가진 입자인

00:21:42.755 --> 00:21:46.802
전자가 들어있구나, 라는
걸 알아내게 됩니다.

00:21:46.902 --> 00:21:52.690
그렇다면 물질 안에 어떻게
마이너스의 성질을 가진 입자인

00:21:52.790 --> 00:21:58.691
전자가 존재하고 있을까를
생각을 하게 됐던 거였죠.

00:21:58.791 --> 00:22:03.287
그래서 톰슨이 뭘 표현하게 되느냐,

00:22:03.387 --> 00:22:09.586
바로 원자모형이라는 걸
제안을 하게 됩니다.

00:22:09.686 --> 00:22:12.929
여기서 여담 한마디 하고 갈게요.

00:22:13.029 --> 00:22:16.954
원자모형의 모형 자가 붙었어요.

00:22:17.054 --> 00:22:23.932
이 모형이란 뭘까, 모형이란
바로 이렇게 생긴 거로 하자는

00:22:24.032 --> 00:22:26.009
의미의 약속을 뜻하는 거예요.

00:22:26.109 --> 00:22:30.585
무슨 말이냐, 원자를 우리
눈으로 볼 수 있다면

00:22:30.685 --> 00:22:34.199
우리는 원자모형이라는 표현을
사용하지 않았을 거예요.

00:22:34.299 --> 00:22:38.900
원자는 이렇게 생겼어, 라고
그냥 주장하고 끝났을 텐데

00:22:39.000 --> 00:22:42.099
원자를 우리는 절대로
보지 못하거든요.

00:22:42.199 --> 00:22:47.210
그렇기 때문에 우리는 원자모형이라는
이름을 붙여주게 됩니다.

00:22:47.310 --> 00:22:50.867
왜 원자를 우리는 볼 수가 없을까.

00:22:50.967 --> 00:22:57.596
우리가 현미경을 엄청나게 크고 비싸고
잘 만들었다고 생각해봅시다.

00:22:57.696 --> 00:23:02.756
현미경은 아주 작은 걸 볼
수 있는 물건이잖아요.

00:23:02.856 --> 00:23:13.238
현미경을 아주 크게, 비싸게, 과학적
기술이 엄청 발전해서 좋게 만들었어.

00:23:13.338 --> 00:23:18.496
그 현미경으로 원자를 보면 원자를
볼 수 있을까, 없을까?

00:23:18.596 --> 00:23:22.015
원자를 절대로 보지 못합니다.

00:23:22.115 --> 00:23:27.154
과학 기술이 아무리 발전한다 해도
우리는 우리를 구성하고 있는

00:23:27.254 --> 00:23:33.259
원자를 직접적으로 눈으로
보는 건 불가능합니다.

00:23:33.359 --> 00:23:41.150
왜냐, 우리가 물체를 보려면 어떤
조건에서 물체를 보게 되느냐,

00:23:41.250 --> 00:23:50.224
빛이 가서 물체에 부딪혀서
반사돼야 물체를 볼 수가 있어요.

00:23:50.324 --> 00:23:54.906
반사가 되지 않거나 빛이
없으면 당연히 못 보죠.

00:23:55.006 --> 00:23:58.264
그래서 껌껌하면 당연히
물체를 못 보죠.

00:23:58.364 --> 00:24:02.219
결과적으로는 우리가 물체를 본다는
건 빛이 있어야 되고요.

00:24:02.319 --> 00:24:09.114
그 빛이 가서 물체에 부딪혀서
반사돼서 나와야만 볼 수가 있습니다.

00:24:09.214 --> 00:24:13.046
그런데 이 빛은, 이건 여담이야.

00:24:13.146 --> 00:24:14.516
여기서 중요한 내용은 아니야.

00:24:14.616 --> 00:24:23.947

빛은 그냥 쭉 날아가는 게 아니라 사실은
꾸불꾸불하면서 날아가고 있어요.

00:24:24.047 --> 00:24:26.332
파동이거든요.
웨이브를 가지고 있어요.

00:24:26.432 --> 00:24:29.272
꾸불꾸불하면서 날아가고 있습니다.

00:24:29.372 --> 00:24:37.961
그래서 물체가 있으면 빛이 막 떨면서
가서 물체에 부딪혀서 튕겨 나오면

00:24:38.061 --> 00:24:39.715
우리가 볼 수 있는 거죠.

00:24:39.815 --> 00:24:41.662
그런데 물체가 너무 작잖아요.

00:24:41.762 --> 00:24:44.531
그러면 어떤 일이 일어나느냐,

00:24:44.631 --> 00:24:51.528
물체가 이 빛 사이사이에 들어가
버릴 정도로 작으면 어떻게 돼요?

00:24:51.628 --> 00:24:56.602
빛에 의해서 물체에 빛이
반사되지 않습니다.

00:24:56.702 --> 00:25:01.508
무슨 말이냐, 물체가 있을 때
빛이 꾸불꾸불하고 갈 때

00:25:01.608 --> 00:25:06.336
이 꾸불꾸불하는 간격이 길면.

00:25:06.436 --> 00:25:12.175
이 간격을 우리는 뭐라고 부르느냐,
파장이라는 용어로 쓰거든요.

00:25:12.275 --> 00:25:16.655
이 파장이 길면 어떤
일이 일어나느냐,

00:25:16.755 --> 00:25:19.045
그냥 타넘어가버려요.

00:25:19.145 --> 00:25:21.287
물체를 타넘어가버려.

00:25:21.387 --> 00:25:25.941
막 가서 반사돼서
튕겨 나와야 보는데

00:25:26.041 --> 00:25:28.318
타넘어가는 일이 발생을 하는 거죠.

00:25:28.418 --> 00:25:31.473
이런 현상을 회절이라고 불러요.

00:25:31.573 --> 00:25:36.962
그래서 빛의 파장보다
더 작은 물질은

00:25:37.062 --> 00:25:41.726
우리가 눈으로 볼 수가 없다는
조건이 성립되는 거죠.

00:25:41.826 --> 00:25:44.217
우리가 눈으로 볼 수 있는
빛을 뭐라고 불러요?

00:25:44.317 --> 00:25:46.684
가시광선이라고 부르잖아요?

00:25:46.784 --> 00:25:52.547
가시광선의 파장보다 작은 물질은
우리가 절대로 볼 수가 없습니다.

00:25:52.647 --> 00:25:55.437
과학기술이 아무리 발전한다고
해도 볼 수가 없어요.

00:25:55.537 --> 00:25:59.288
반사가 안 일어나는데 우리가
눈으로 볼 수 있는 빛에 의해서

00:25:59.388 --> 00:26:03.936
물체가 반사되지 않는데 어떻게
우리가 볼 수 있겠습니까?

00:26:04.036 --> 00:26:08.913
그래서 원자의 색깔, 이런
것도 존재하지 않죠.

00:26:09.013 --> 00:26:12.738
그래서 원자는 우리가 절대로
눈으로 볼 수 없습니다.

00:26:12.838 --> 00:26:17.342
그래서 과학자들은 바로
어떤 표현을 쓰느냐,

00:26:17.442 --> 00:26:21.235
모형이라는 표현을 쓰게 된 거예요.

00:26:21.335 --> 00:26:25.622
톰슨이라는 사람은 어떤
원자모형을 제안하느냐,

00:26:25.722 --> 00:26:29.608
물질 안에 마이너스의 성질을
가진 전자가 존재해.

00:26:29.708 --> 00:26:32.761
그러면 이 전자는 원자
안에 들어가 있을 거야.

00:26:32.861 --> 00:26:39.649
따라서 물질을 구성하고 있는 원자

안에는 바로 전자가 들어있다.

00:26:39.749 --> 00:26:45.895
그런데 이 보통의 물질들은
전기적으로 중성이거든요.

00:26:45.995 --> 00:26:50.490
전기적으로 중성인데 물체
안에 마이너스가 들어있어.

00:26:50.590 --> 00:26:52.790
그러면 당연히 뭐도
들어있어야 된다는 거야?

00:26:52.890 --> 00:26:57.026
플러스도 들어있어야 된다고
생각을 하게 됐고요.

00:26:57.126 --> 00:27:02.908
그래서 톰슨은 어떤 원자모형을
제안하게 되느냐,

00:27:03.008 --> 00:27:17.477
거대한 플러스 원자 안에 바로
전자가 수박씨처럼 박혀있다는

00:27:17.577 --> 00:27:22.219
원자모형을 제안하게 되는 거죠.

00:27:22.319 --> 00:27:26.613
그래서 이 원자모형을 보통 우리는
푸딩 원자모형, 수박씨 원자모형.

00:27:26.713 --> 00:27:28.622
이런 식으로 불러주게 됩니다.

00:27:28.722 --> 00:27:33.406
거대한 원자 안에, 플러스의
성질을 가지고 있는 원자 안에

00:27:33.506 --> 00:27:37.549
전자가 수박씨처럼 박혀있다.

00:27:37.649 --> 00:27:42.469
이 전자의 발견,
원자모형의 제안에 의해서

00:27:42.569 --> 00:27:45.590
톰슨은 노벨물리학상을
수상하게 되는 거죠.

00:27:45.690 --> 00:27:51.268
이게 1890 몇 년이거든요?

00:27:51.368 --> 00:27:55.993
그러고 나서 바로 1900년대
초반에 톰슨의 제자가 있었어요.

00:27:56.093 --> 00:28:00.454
바로 누구냐, 러더퍼드라는
과학자가 있었습니다.

00:28:00.554 --> 00:28:04.334
이 러더퍼드는 톰슨과
함께 연구한 과학자예요.

00:28:04.434 --> 00:28:10.489
그런데 이 러더퍼드는 이 톰슨의 원자모형이
잘못되었다는 걸 알게 됩니다.

00:28:10.589 --> 00:28:15.701
어떤 실험을 통해서 알게 되느냐,

00:28:15.801 --> 00:28:25.670
알파입자 산란실험이라는
걸 통해서 알게 되죠.

00:28:25.770 --> 00:28:28.193
여기서 우리가 한 가지
기억해야 될 건 바로 뭐냐,

00:28:28.293 --> 00:28:39.220
알파입자란 뭐냐, 바로
헬륨원자핵이에요.

00:28:39.320 --> 00:28:44.764
이 원자핵 안에는 양성자랑
중성자가 들어있어요.

00:28:44.864 --> 00:28:47.467
양성자는 전기적으로 플러스고요.

00:28:47.567 --> 00:28:50.096
중성자는 전기적으로 중성이야.

00:28:50.196 --> 00:28:51.920
전기적 성질을 띠고 있지 않아.

00:28:52.020 --> 00:28:58.041
따라서 알파입자, 원자핵이니까
당연히 알파입자는

00:28:58.141 --> 00:29:01.952
전기적으로 플러스의 성질을
가지고 있다는 걸

00:29:02.052 --> 00:29:05.071
여러분이 기억하고 계셔야
될 것 같아요.

00:29:05.171 --> 00:29:11.541
그래서 이 러더퍼드는 어떤
실험을 하게 되느냐,

00:29:11.641 --> 00:29:19.874
원자에, 원자가 이만하다고 과학자들이
원자의 크기는 대략적으로 알게 됩니다.

00:29:19.974 --> 00:29:24.604
이 정도의 크기를 갖고 있겠구나,
라는 걸 알고 있던 상태에서

00:29:24.704 --> 00:29:38.707
러더퍼드는 이 원자에 플러스의 성질을
가지고 있는 알파입자를 막 쏴줬어요.

00:29:40.593 --> 00:29:43.731
여기서 또 하나 여담
한마디 해볼게요.

00:29:43.831 --> 00:29:46.736
여담이지만 제가 답을
가르쳐드리진 않을 건데

00:29:46.836 --> 00:29:50.648
헬륨원자핵을 왜
알파입자라고 불렀을까?

00:29:50.748 --> 00:29:55.186
헬륨원자핵이라는 이름이 있는데
이거를 왜 굳이 따로

00:29:55.286 --> 00:29:59.548
알파입자라는 이름을 붙였을까.

00:29:59.648 --> 00:30:01.809
뭔가 이유가 있었겠죠?

00:30:01.909 --> 00:30:04.153
그 이유는 여기서
말씀드리진 않을게요.

00:30:04.253 --> 00:30:10.418
궁금하신 분들은 자료를 찾아보시고
정 못 찾겠다 싶으시면

00:30:10.518 --> 00:30:12.312
질문을 하시면 되겠죠.

00:30:12.412 --> 00:30:14.593
어쨌든 여기서는 중요한
거 아니니까.

00:30:14.831 --> 00:30:23.118
플러스의 성질을 가지고 있는 이
알파입자를 원자에 쏴줬어요.

00:30:23.218 --> 00:30:27.228
그러면 러더퍼드는 어떻게 결론이
나올 거라고 생각했느냐,

00:30:27.328 --> 00:30:34.060
이 원자는 전체적으로 다
플러스를 띄고 있고

00:30:34.160 --> 00:30:40.636
그 안에 전자가 수박씨처럼
박혀있기 때문에

00:30:40.736 --> 00:30:47.668
이 알파입자들이 가서 플러스와
플러스의 성질에 의해서

00:30:47.768 --> 00:30:54.079
막 튕겨 나오게 될 거야,
라고 생각을 했던 거죠.

00:30:54.179 --> 00:31:02.660
그런데 이 러더퍼드가 원자를 두고
원자에 알파입자를 막 쏴줬더니

00:31:02.760 --> 00:31:05.848
어떤 일이 관측되느냐,

00:31:05.948 --> 00:31:09.621
분명히 튕겨 나와야
되는 이 알파입자들이

00:31:09.721 --> 00:31:16.751
대부분 그냥 통과한다는
걸 알게 됩니다.

00:31:16.851 --> 00:31:23.679
그리고 가운데 부분으로
향해간 아이들만 미친 듯이

00:31:23.779 --> 00:31:28.320
반발해서 튀어나오더라,
라는 걸 알게 되죠.

00:31:28.420 --> 00:31:31.163
그래서 러더퍼드는 어떤
생각을 하게 되느냐,

00:31:31.263 --> 00:31:41.491
아, 그렇다면 이 원자가 이만한데

00:31:41.591 --> 00:31:48.308
이 알파입자가 통과한다는
것은 결과적으로.

00:31:51.055 --> 00:31:53.610
이런 일이 발생할 수 있는 이유는

00:31:53.710 --> 00:32:04.464
원자가 이만하면 플러스는
가운데에 집중되어있겠구나.

00:32:04.564 --> 00:32:12.107
그리고 마이너스가 그 주변을
이렇게 도는 형태면

00:32:12.207 --> 00:32:16.699
이 플러스들의 대부분은
다 통과를 할 수 있고

00:32:16.799 --> 00:32:22.200
가운데로 들어간 애들만
미친 듯이 반발하면서

00:32:22.300 --> 00:32:27.590
튀어나올 수 있겠구나, 라는
원자모형을 제안하게 됩니다.

00:32:27.690 --> 00:32:31.049
그래서 이 러더퍼드는 원자가 있으면

00:32:31.149 --> 00:32:35.947
원자 안은 대부분 텅 비어있고

00:32:36.047 --> 00:32:41.315
원자핵이 가운데에
어마어마하게 집중되어있다.

00:32:41.415 --> 00:32:44.859
플러스의 성질을 가지고
어마어마하게 집중되어있다.

00:32:44.959 --> 00:32:54.024
전자는 그 주변을 뱅글뱅글 도는 형태다,
라는 행성 원자모형을 제안하게 됩니다.

00:32:54.124 --> 00:33:00.422
마치 태양을 두고 수금지화목토천해가
뱅글뱅글 돌고 있는 것처럼

00:33:00.522 --> 00:33:04.433
원자 안에도 원자핵이라는
게 가운데에 집중되어있고

00:33:04.533 --> 00:33:09.431
그 주변에 전자들이 뱅글뱅글
돌고 있을 거야, 라는

00:33:09.531 --> 00:33:13.118
원자모형을 제안하게 되는 거죠.

00:33:13.218 --> 00:33:19.737
그래서 러더퍼드는 이 업적 때문에,
원자핵을 결국 발견한 거잖아요?

00:33:19.837 --> 00:33:26.891
원자핵을 발견한 업적 덕분에
노벨화학상을 수상하게 됩니다.

00:33:26.991 --> 00:33:30.671
그런데 여기서 여러분에게
여담 한마디 하고 넘어가면

00:33:30.771 --> 00:33:35.119
러더퍼드는 노벨화학상을 받고
나서 굉장히 억울해했대요.

00:33:35.219 --> 00:33:39.567
아까 말씀을 드렸듯이 러더퍼드는
톰슨의 제자였거든요.

00:33:39.667 --> 00:33:42.342
톰슨은 노벨물리학상을 수상했어요.

00:33:42.442 --> 00:33:46.235
러더퍼드는 노벨화학상을
수상하게 됩니다.

00:33:46.335 --> 00:33:48.242

너무너무 억울했대요.

00:33:48.342 --> 00:33:53.639
나는 노벨물리학상을 받고 싶었는데
왜 노벨화학상을 나에게 줍니까.

00:33:53.739 --> 00:33:59.983
나에게 노벨물리학상을 주세요, 라고
하소연까지 했답니다, 주변 사람들한테.

00:34:00.083 --> 00:34:04.754
진실이야.
물리가 더 좋았던 거지.

00:34:04.854 --> 00:34:12.610
어쨌든 이 러더퍼드는 원자핵을 발견한
사람으로 알려져 있게 됩니다.

00:34:12.710 --> 00:34:14.783
그런데 이 러더퍼드 원자모형에도.

00:34:14.883 --> 00:34:17.845
어쨌든 이것도 원자모형인 거죠?
눈으로 볼 수가 없으니까.

00:34:17.945 --> 00:34:22.090
원자모형의 문제점이 발견됩니다.

00:34:22.190 --> 00:34:27.829
그 문제점을 발견한 과학자가 바로
누구냐, 보어라는 과학자예요.

00:34:27.929 --> 00:34:33.390
이 보어라는 과학자도 역시나
러더퍼드 원자모형의 문제점을

00:34:33.490 --> 00:34:38.292
해결하면서 노벨물리학상을
수상합니다.

00:34:38.392 --> 00:34:40.206
아이러니하죠?

00:34:40.306 --> 00:34:46.408
톰슨 노벨물리학상, 러더퍼드
노벨화학상, 보어 노벨물리학상.

00:34:46.508 --> 00:34:54.494
보어 다음에 또 다른 원자모형을
제안하는 밑거름을 제공한

00:34:54.594 --> 00:34:58.332
드브로이라든지 슈뢰딩거라든지
파울리라든지

00:34:58.432 --> 00:35:02.661
이런 과학자는 깡그리 전부 몽땅
다 노벨물리학상을 받아요.

00:35:02.761 --> 00:35:10.221
그래서 결과적으로 어떤 원자의

이론적 배경을 제안했던

00:35:10.321 --> 00:35:13.702
과학자들의 대부분은 다
노벨물리학상을 받았는데

00:35:13.802 --> 00:35:18.226
러더퍼드만 노벨화학상을 받게
되는 아이러니가 있었습니다.

00:35:18.326 --> 00:35:22.596
어쨌든 이 러더퍼드
원자모형의 문제점은 뭐냐,

00:35:22.696 --> 00:35:30.519
러더퍼드 원자모형은 결국은
원자핵이 존재하고

00:35:30.619 --> 00:35:38.308
그 주변에 전자가 뱅글뱅글
돌고 있다는 형태인데

00:35:38.408 --> 00:35:44.115
이 전자가 뱅글뱅글 돌기
위해서는 원운동을 한다는 거고

00:35:44.215 --> 00:35:48.962
원운동을 하기 위해서는 반드시
무슨 힘이 존재하느냐,

00:35:49.062 --> 00:35:52.601
구심력이라는 게 존재해요.

00:35:52.701 --> 00:35:58.486
원운동을 시키려면 원의 중심방향으로
잡아당겨 지는 힘이 있어야 된다는 거죠.

00:35:58.586 --> 00:36:02.000
그 원의 중심방향으로 잡아당겨
지는 힘은 당연히 뭐겠어?

00:36:02.100 --> 00:36:05.694
플러스가 마이너스를
당기는 힘이겠죠.

00:36:05.794 --> 00:36:09.080
이 플러스가 마이너스를
당기는 힘, 무슨 힘?

00:36:09.180 --> 00:36:19.789
전기력으로 구심력을 작용시켜서
뱅글뱅글 돌게 한다는 것을 뜻합니다.

00:36:19.889 --> 00:36:21.721
그런데 이제 문제는 뭐냐면,

00:36:21.821 --> 00:36:28.830
전기력에 의해서 구심력이
발생해서 뱅글뱅글 돌게 되면

00:36:28.930 --> 00:36:31.318

얘가 무슨 운동을 하게 되느냐,

00:36:31.418 --> 00:36:35.381
가속도 운동을 하게 되는 거거든요.

00:36:35.481 --> 00:36:36.873
힘이 존재하게 되면.

00:36:36.973 --> 00:36:41.326
알짜힘이 존재하게 되면 무조건
가속도가 존재하잖아요?

00:36:41.426 --> 00:36:46.631
가속도가 존재한다는 건 속도
변화가 발생한다는 거죠?

00:36:46.731 --> 00:36:53.291
이 속도 변화를 이끌어내게 하려면
반드시 힘이 존재해야 됩니다.

00:36:53.391 --> 00:36:57.126
그러면 그 힘에 의해서 어떤
일이 발생할 수밖에 없어요?

00:36:57.226 --> 00:37:02.814
누군가가 힘을 주고 있다는
건 그 힘에 의해서

00:37:02.914 --> 00:37:07.700
에너지의 소모가 발생한다고
표현할 수 있게 돼요.

00:37:07.800 --> 00:37:15.394
그 에너지 소모에 의해서 바로 이 전자가
가지고 있는 에너지를 잃어버리게 된다.

00:37:15.494 --> 00:37:18.357
전자가 가진 에너지가 잃어버려지면

00:37:18.457 --> 00:37:24.395
어떤 형태로 표현돼야 된다고 과학자들은
생각했느냐, 바로 전자기파.

00:37:24.495 --> 00:37:30.751
즉 빛이 방출돼야 된다,
라고 생각을 하게 된 거죠.

00:37:30.851 --> 00:37:35.939
결국 뱅글뱅글 전자가 끊임없이
원자핵 주위를 돌게 되면

00:37:36.039 --> 00:37:39.238
전기력에 의해서 가속도
운동을 하게 되고

00:37:39.338 --> 00:37:42.286
가속도 운동에 의해서 에너지가
소모가 일어나야 되고

00:37:42.386 --> 00:37:47.364
에너지 소모에 의해서 이 전자가

제자리에서 뱅글뱅글 못 돌고

00:37:47.464 --> 00:37:52.791
안으로 들어오다가 원자핵과 충돌해서

00:37:52.891 --> 00:37:58.857
원자가 소멸해버려야 되는 일이
일어나야 된다고 생각을 하게 됩니다.

00:37:58.957 --> 00:38:04.561
그런데 이 원자는 이 자체로
그냥 유지되고 있는 거야.

00:38:04.661 --> 00:38:10.851
원자핵 주위의 전자가 뱅글뱅글
돌면서 구심력이 발생해서

00:38:10.951 --> 00:38:13.753
가속도 운동을 해서
에너지를 소모시키면

00:38:13.853 --> 00:38:17.951
결국 돌다가 들어와서 꽝하고
충돌해서 사라져야 되는데

00:38:18.051 --> 00:38:22.493
그 사라지는 시간이 너무 긴 거야.

00:38:22.593 --> 00:38:26.255
무슨 말이냐, 원자가 그
자체로 존재하는 시간이

00:38:26.355 --> 00:38:29.479
이론적인 것보다 너무 길어.

00:38:29.579 --> 00:38:33.850
무슨 말이냐, 내가 뱅글뱅글
돌다가 빵하고 충돌해서

00:38:33.950 --> 00:38:37.624
원자가 소멸하는 데 걸리는
시간은 매우 짧아야 돼.

00:38:37.724 --> 00:38:39.303
어마어마하게 짧아야 돼.

00:38:39.403 --> 00:38:45.769
그런데 원자는 굉장히 오랜 시간 동안
그 자체로 존재할 수 있거든요.

00:38:45.869 --> 00:38:47.300
우리를 구성하고 있는 원자.

00:38:47.400 --> 00:38:49.698
그 자체로 존재하고 있는 거잖아.

00:38:49.798 --> 00:38:57.267
그런데 이 이론대로라면 우리는
금방 소멸해서 없어져 버려야 돼.

00:38:57.367 --> 00:39:01.052

우리를 구성하고 있는 원자가 금방금방
다 죽어버려야 된다는 소리야,

00:39:01.152 --> 00:39:03.116
사라져버려야 된다는 소리야.

00:39:03.216 --> 00:39:07.827
그러니까 이 러더퍼드의
원자모형으로는 결과적으로

00:39:07.927 --> 00:39:11.748
이런 현상이 발생하는 것을
설명할 수 없게 되는 거죠.

00:39:11.848 --> 00:39:16.696
원자가 소멸해야 되는데, 원운동하고
있으면 소멸해야 되는데

00:39:16.796 --> 00:39:17.840
소멸하지 않아.

00:39:17.940 --> 00:39:22.536
그 말은 원운동 하는 이론이
성립되지 않는다는 것을 뜻하죠.

00:39:22.636 --> 00:39:26.365
그래서 바로 보어라는 과학자가

00:39:26.465 --> 00:39:33.760
이 러더퍼드 원자모형의 문제점을
해결하는 원자모형을 제안하게 됩니다.

00:39:33.860 --> 00:39:40.371
그래서 이 보어의 원자모형은
다음 강의에서 이어질 내용이야.

00:39:40.471 --> 00:39:43.779
그래서 다음 강의에서 보어의
원자모형에 대한 내용을

00:39:43.879 --> 00:39:45.837
자세하게 말씀드리도록 하겠습니다.

00:39:45.937 --> 00:39:52.330
그렇다면 이제 오늘 지금, 이
순간까지 다루었던 내용을

00:39:52.430 --> 00:39:57.777
수능에서는 어떻게 출제됐었는지
수능 유형의 기출 문제들 보면서

00:39:57.877 --> 00:40:00.586
문제를 해결해 나가보도록
하겠습니다.

00:40:00.686 --> 00:40:03.243
1번부터 보도록 하겠습니다.

00:40:03.343 --> 00:40:06.811
문제 굉장히 복잡해
보이지만 실제로 문제는

00:40:06.911 --> 00:40:11.555
굉장히 간단한 내용이니까 두려움
없이 한번 접근해보도록 하겠습니다.

00:40:11.655 --> 00:40:17.152
지금 위쪽에 플러스가 존재하고
아래쪽에는 마이너스가 존재하는데

00:40:17.252 --> 00:40:25.077
입자들 A는 정지해 있고 B는 일정한
속력 v로 직선 운동한대요.

00:40:25.177 --> 00:40:27.341
여러분이 여기서 중요하게
기억해야 될 거.

00:40:27.441 --> 00:40:31.365
정지, 일정한 속력으로 직선운동.

00:40:31.465 --> 00:40:34.505
일정한 속력으로 직선운동을 우리는
다른 말로 뭐라고 불러?

00:40:34.605 --> 00:40:39.986
등속도, 등속직선운동.

00:40:40.086 --> 00:40:44.059
정지와 등속도의 공통점이 있습니다.

00:40:44.159 --> 00:40:46.484
어떤 공통점이 있어요?

00:40:46.584 --> 00:40:54.892
속도 변화량이 0이다, 가속도가
0이다, 알짜힘이 0이다.

00:40:55.599 --> 00:41:05.338
당연히 이 입자는 아래 방향으로
무슨 힘이 작용하고 있겠어요?

00:41:05.438 --> 00:41:09.734
당연히 아래 방향으로 중력이
작용하고 있을 겁니다.

00:41:09.834 --> 00:41:12.748
그런데 알짜힘이 0이어야 돼.

00:41:12.848 --> 00:41:15.408
그러려면 어떤 조건이
성립돼야 될까요?

00:41:15.508 --> 00:41:26.390
위로 중력과 똑같은 크기의 힘이
작용하고 있어야만 합니다.

00:41:26.490 --> 00:41:32.075
그러면 얘네를 위로 올려주는
힘의 정체가 뭘까요?

00:41:32.175 --> 00:41:40.237

바로 이 힘의 정체가
전기력이 되는 거죠.

00:41:41.496 --> 00:41:46.356
그렇다면 얘네들이 전기력을
받으려면 어떻게 될까요?

00:41:46.456 --> 00:41:48.424
위쪽으로 전기력을 받으려면

00:41:48.524 --> 00:41:52.900
얘네들은 플러스여야 될까요,
마이너스여야 될까요?

00:41:53.000 --> 00:41:59.753
이 A와 B는 모두 마이너스여야
마이너스가 마이너스를 밀고

00:41:59.853 --> 00:42:04.013
플러스가 마이너스를 당겨서
마이너스가 마이너스를 밀고

00:42:04.113 --> 00:42:06.989
플러스가 마이너스를
당겨서 얘네 둘이

00:42:07.089 --> 00:42:10.687
둘 다 위 방향으로 전기력을
받을 수 있게 되는 거죠.

00:42:10.787 --> 00:42:14.502
그래서 이걸 통해서
우리는 A와 B가

00:42:14.602 --> 00:42:18.644
둘 다 마이너스를 띠고 있겠구나,
라는 걸 알게 되죠.

00:42:18.744 --> 00:42:21.020
만약에 얘네들이 플러스면
어떻게 되겠어?

00:42:21.120 --> 00:42:24.286
플러스가 플러스를 밀고 마이너스가
플러스를 당기는 힘에 의해서

00:42:24.386 --> 00:42:29.179
얘네는 아래 방향으로 쑹하고
그냥 내려가 버릴 거 아니야.

00:42:29.279 --> 00:42:31.387
그러면 ㄱ부터 보도록 하겠습니다.

00:42:31.487 --> 00:42:36.945
A에 작용하는 전기력의 방향은
중력의 방향과 같지 않죠.

00:42:37.045 --> 00:42:40.083
달라야 합니다, 반대
방향이어야 합니다.

00:42:40.183 --> 00:42:45.221
그래야 알짜힘이 0인 상태로 정지
등속도 운동을 할 수가 있어요.

00:42:45.321 --> 00:42:50.341
ㄴ, B에 작용하는 전기력의
크기는 중력의 크기보다 크다.

00:42:50.441 --> 00:42:51.925
아니죠.

00:42:52.025 --> 00:42:55.277
정지, 등속도이기
위해서는 어때야 돼요?

00:42:55.377 --> 00:42:57.032
알짜힘이 0이어야 돼요.

00:42:57.132 --> 00:42:58.401
힘의 합이 0이어야 돼요.

00:42:58.501 --> 00:43:03.695
아래 방향으로 작용하는 힘과 위 방향으로
작용하는 힘의 크기가 같아야 정지

00:43:03.795 --> 00:43:06.593
또는 등속도 운동을 할 수가 있죠.

00:43:06.693 --> 00:43:10.787
만약에 알짜힘이 0이 아니면 속도가
변하는 운동을 하게 되겠죠?

00:43:10.887 --> 00:43:14.051
그래서 크기보다 크다, 틀렸죠.

00:43:14.151 --> 00:43:18.394
B에 작용하는 전기력의 크기는
중력의 크기보다 크다, 아닙니다.

00:43:18.494 --> 00:43:19.331
ㄷ 보겠습니다.

00:43:19.431 --> 00:43:20.854
A와 B는 아까 말씀드렸죠?

00:43:20.954 --> 00:43:27.625
둘 다 마이너스를 띠고 있겠구나,
라는 걸 판단할 수 있게 됩니다.

00:43:27.725 --> 00:43:29.762
2번 문제 보도록 하겠습니다.

00:43:29.862 --> 00:43:36.076
러더퍼드의 알파입자 산란실험이라고
말씀을 드렸습니다.

00:43:36.176 --> 00:43:37.631
지금 어떤 상황이야?

00:43:37.731 --> 00:43:43.848
원자들이 쭉 나열되어 있는데

이 나열되어있는 원자들에게

00:43:43.948 --> 00:43:46.735
알파입자를 쏴줬어요.

00:43:46.835 --> 00:43:51.160
쏴줬더니 알파입자가 통과하는 거야.

00:43:51.260 --> 00:43:55.332
만약에 톰슨의 원자모형이
맞다면 얘네들의 원자들이

00:43:55.432 --> 00:43:58.974
다 거대한 플러스니까
얘네들이 튕겨 나가야 되죠?

00:43:59.074 --> 00:44:01.234
알파입자는 플러스니까.

00:44:01.334 --> 00:44:04.876
거대한 플러스에 플러스가
와서 튕겨 나와야 되는데

00:44:04.976 --> 00:44:08.161
대부분 막 통과한다는 건
결국은 뭘 의미해?

00:44:08.261 --> 00:44:11.297
원자는 대부분 텅 비어있는 상태고

00:44:11.397 --> 00:44:15.804
그런데 알파입자 중에 일부가
미친 듯이 반발을 하는 거죠.

00:44:15.904 --> 00:44:16.731
그 말은 뭐야?

00:44:16.831 --> 00:44:20.088
이 가운데 부분에
엄청난 강한 플러스가

00:44:20.188 --> 00:44:25.880
집중되어있겠구나, 라는 것을
알게 됐던 거였습니다.

00:44:25.980 --> 00:44:31.177
그래서 러더퍼드는 플러스가
가운데에 집중되어있다.

00:44:31.277 --> 00:44:35.021
이 플러스가 가운데에
집중되어있는 얘를

00:44:35.121 --> 00:44:40.517
원자핵이라고 부르자, 라고
이야기하게 됐던 거죠.

00:44:40.617 --> 00:44:41.660
ㄱ부터 보겠습니다.

00:44:41.760 --> 00:44:44.347

알파입자는 양전하를 띠고 있다.

00:44:44.447 --> 00:44:47.217
알파입자는 그 자체로
양전하를 띠고 있어요.

00:44:47.317 --> 00:44:55.135
바로 헬륨원자핵이기 때문이죠?

00:44:55.235 --> 00:44:59.032
원자핵은 양성자,
중성자로 구성되어있고

00:44:59.132 --> 00:45:03.128
양성자는 전기적으로 플러스,
중성자는 전기적으로 중성.

00:45:03.228 --> 00:45:06.867
따라서 양성자, 중성자가
모여있는 원자핵은

00:45:06.967 --> 00:45:09.645
당연히 전기적으로 플러스일
수밖에 없습니다.

00:45:09.745 --> 00:45:13.194
그래서 알파입자는 플러스
맞는 이야기고요.

00:45:13.294 --> 00:45:19.280
원자의 중심부에는 플러스를 띠고
있는 원자핵이 존재하고 있기 때문에

00:45:19.380 --> 00:45:24.281
이렇게 엄청난 반발이
일어나게 되는 거죠.

00:45:24.381 --> 00:45:27.492
ㄷ, 원자 질량의
대부분은 전자의 질량이다.

00:45:27.592 --> 00:45:28.351
아닙니다.

00:45:28.451 --> 00:45:34.098
원자 대부분의 질량은 바로
원자핵이 가지고 있고요.

00:45:34.198 --> 00:45:37.219
바로 전자는 질량이 매우 작습니다.

00:45:37.319 --> 00:45:43.655
앞서서도 말씀을 드렸듯이 톰슨이 전자의
존재를 발견하게 됐다고 그랬잖아요.

00:45:43.755 --> 00:45:50.250
그런데 안타깝게도 이 톰슨은 전자의
질량을 알아내진 못합니다.

00:45:50.350 --> 00:45:53.186
그래서 이 전자의

질량을 알아낸 사람이

00:45:53.286 --> 00:45:58.576
우리 1번 문제에서 다뤄졌던
밀리컨이라는 과학자거든요.

00:45:58.676 --> 00:46:00.674
그건 그냥 참고사항이고요.

00:46:00.774 --> 00:46:06.445
어쨌든 원자 질량의 대부분은
원자핵이다, 라는 걸

00:46:06.545 --> 00:46:09.504
여러분이 기억해두시면
좋을 것 같아요.

00:46:09.604 --> 00:46:12.112
이제 3번 문제 보도록 하겠습니다.

00:46:12.212 --> 00:46:14.777
계속해서 원자모형이
대한 이야기고요.

00:46:14.877 --> 00:46:16.567
철수 이야기부터 보겠습니다.

00:46:16.667 --> 00:46:22.365
톰슨 원자모형에서 전자는 ~
박혀있어, 맞는 이야기죠?

00:46:22.465 --> 00:46:28.496
톰슨 원자모형은 거대한
플러스의 전자가

00:46:28.596 --> 00:46:34.276
수박씨처럼 박혀있는 모습이다,
라고 제안을 했다 그랬어요.

00:46:34.376 --> 00:46:40.573
영희, 러더퍼드 원자모형에서 양전하를
가진 원자 중심의 좁은 영역에 있어.

00:46:40.673 --> 00:46:43.815
역시 영희는 똑똑해.

00:46:43.915 --> 00:46:48.855
여자 학생은 대부분 맞는 대답을
한다고 말씀을 드렸습니다.

00:46:48.955 --> 00:46:53.746
여학생이 틀린 대답을 하면 한 번
더 읽어봐야 돼, 정말 틀렸나.

00:46:53.846 --> 00:46:55.934
다시 한번 읽어봐도 맞는 이야기죠?

00:46:56.034 --> 00:46:57.285
뭘 이야기하고 있는 거야?

00:46:57.385 --> 00:46:59.678

원자핵에 대한 이야기입니다.

00:46:59.778 --> 00:47:07.820
알파입자 산란실험을 통해서
러더퍼드는 원자핵,

00:47:07.920 --> 00:47:13.104
플러스의 성질을 가진 원자핵이 가운데에
집중되어있다는 걸 알게 된다 그랬죠.

00:47:13.204 --> 00:47:16.946
민수, 러더퍼드 알파입자
산란실험을 통해서

00:47:17.046 --> 00:47:19.021
톰슨 원자모형이 제안되었다.

00:47:19.121 --> 00:47:19.870
아니죠?

00:47:19.970 --> 00:47:25.418
러더퍼드 알파입자 산란실험을 통해서
러더퍼드 원자모형이 제안되죠.

00:47:25.518 --> 00:47:29.565
러더퍼드 원자모형은 일명
행성 원자모형이다.

00:47:29.665 --> 00:47:34.437
태양을 중심으로 수금지화목토천해가
돌고 있는 것처럼

00:47:34.537 --> 00:47:38.620
운동하고 있는 형태다, 라는
이야기를 제안하게 되는 겁니다.

00:47:38.720 --> 00:47:41.777
그래서 철수와 영희만 정답이다.

00:47:41.877 --> 00:47:44.939
이제 마지막 4번 문제
보도록 하겠습니다.

00:47:45.039 --> 00:47:47.854
러더퍼드 원자모형에
대한 이야기이고요.

00:47:47.954 --> 00:47:52.315
러더퍼드는 라듐에서 나오는
뭘 쏴준다고 그랬어?

00:47:52.415 --> 00:47:54.685
알파입자를 쏴준다고 그랬죠?

00:47:54.785 --> 00:48:02.211
알파입자를 막 쏴줬더니 알파입자의
일부가 큰 각으로 튀어나오더라.

00:48:02.311 --> 00:48:09.190
그걸 통해서 원자핵이 있구나,
라는 걸 밝혀냈다 그랬죠.

00:48:09.290 --> 00:48:14.106
가속운동을 하는 전자는 뭘
방출해야 된다 그랬어요?

00:48:14.206 --> 00:48:23.315
빛(전자기파), 에너지를
방출하므로 에너지를 잃게 되고

00:48:23.415 --> 00:48:30.090
그래서 원자핵과 충돌해서 원자의
안정성을 설명할 수 없었습니다.

00:48:30.190 --> 00:48:33.400
이게 바로 러더퍼드
원자모형의 문제점입니다.

00:48:33.500 --> 00:48:36.562
러더퍼드의 원자모형으로는
설명이 안 되는 거야,

00:48:36.662 --> 00:48:39.218
안정된 원자가 존재할
수 있는 이유를.

00:48:39.318 --> 00:48:44.083
그래서 그 원자모형을 개선한
사람이 바로 보어이고요.

00:48:44.183 --> 00:48:48.047
그 개선을 통해서 보어 역시도
노벨물리학상을 수상하게 되죠.

00:48:48.147 --> 00:48:53.212
보어에 대해서는 다음 시간에
말씀을 드린다 그랬죠.

00:48:53.312 --> 00:48:59.669
역사적인 원자모형의 흐름이 이런
식으로 진행되어왔구나, 라는 걸

00:48:59.769 --> 00:49:01.985
여러분이 좀 깨달았으면 좋겠고요.

00:49:02.085 --> 00:49:08.099
오늘 배운 내용은 사실은 교과서마다
들어가 있는 교과서도 있고

00:49:08.199 --> 00:49:09.913
들어가 있지 않은 교과서도 있어요.

00:49:10.013 --> 00:49:16.802
그래서 여러분이 적절히
여러분, 교과서에 있으면

00:49:16.902 --> 00:49:21.652
자세히 공부를 해보시고 없으면
그냥 넘기셔도 되는 내용입니다.

00:49:21.752 --> 00:49:26.790
그렇지만 바로 이어지는 보어

원자모형으로 설명되어지는

00:49:26.890 --> 00:49:30.712
다음 강의 내용은 모든
교과서에 다 들어가 있습니다.

00:49:30.812 --> 00:49:33.624
6종 교과서에 모두 들어가
있으니까 그 강의는

00:49:33.724 --> 00:49:37.617
여러분이 열심히 좀 더
집중해서 들어두시길 바랍니다.

00:49:37.717 --> 00:49:38.580
수고하셨고요.

00:49:38.680 --> 00:49:42.079
다음 강의에서 뵙도록 하겠습니다.