

WEBVTT

00:00:10.818 --> 00:00:11.749

반갑습니다.

00:00:11.849 --> 00:00:14.819

물리학1 기초개념학습 남북우입니다.

00:00:14.919 --> 00:00:20.013

오늘은 열 번째 주제, 질량과 에너지에
대한 내용 진행하도록 할게요.

00:00:20.113 --> 00:00:22.057

이 질량과 에너지에 대한 내용은

00:00:22.157 --> 00:00:24.902

우리가 지난 시간에 배웠던
아홉 번째 주제,

00:00:25.002 --> 00:00:28.263

특수상대성이론에서 일부
이어지는 내용입니다.

00:00:28.363 --> 00:00:31.089

왜냐하면 오늘 다룰 내용에서

00:00:31.189 --> 00:00:35.757

특수상대성이론의 마지막
내용이 포함되어있고요.

00:00:35.857 --> 00:00:39.477

아인슈타인이 특수상대성이론을
발표하고 나서

00:00:39.577 --> 00:00:44.329

이 질량과 에너지에 대한
개념을 포함시키고 있었고

00:00:44.429 --> 00:00:46.848

아인슈타인이 특수상대성이론을
발표했을 때가

00:00:46.948 --> 00:00:49.818

세계 2차대전 중이었거든요.

00:00:49.918 --> 00:00:54.042

그때 당시에 누가 전쟁을
승리하느냐의 포인트가

00:00:54.142 --> 00:00:57.374

바로 누가 강력한 무기를
만들어내느냐였고요.

00:00:57.474 --> 00:01:03.039

그 강력한 무기를 만들어내기 위해서
핵폭탄 제작에 혈안이 되어있었죠.

00:01:03.139 --> 00:01:05.524

독일, 미국, 일본 애네들이.

00:01:05.624 --> 00:01:08.387

그래서 누가 먼저
핵폭탄을 만드느냐가

00:01:08.487 --> 00:01:12.660

결국은 승리를 누가 가져가느냐였는데

00:01:12.760 --> 00:01:16.427

이 핵폭탄을 만들 당시에
독일에서도 미국에서도

00:01:16.527 --> 00:01:23.413

끊임없이 아인슈타인에게 핵폭탄
제조 연구에 참여해라, 라는

00:01:23.513 --> 00:01:25.872

유혹을 계속 보냈습니다.

00:01:25.972 --> 00:01:33.848

왜냐, 이 핵폭탄을 만들 때
강력한 에너지가 나온다는 원리를

00:01:33.948 --> 00:01:35.879

바로 아인슈타인이 알아냈거든요.

00:01:35.979 --> 00:01:39.099

뭘 통해서?
특수상대성이론을 통해서.

00:01:39.199 --> 00:01:43.833

그래서 어떤 내용들인지 오늘 그
내용들을 좀 확인해 나가보도록 할게요.

00:01:43.933 --> 00:01:48.054

오늘 강의를 통해서 여러분이 반드시
익혀야 될 핵심 용어들입니다.

00:01:48.154 --> 00:01:51.737

첫 번째, 질량 에너지
동등성입니다.

00:01:51.837 --> 00:01:53.908

질량과 에너지가 동일하다.

00:01:54.008 --> 00:01:56.440

이런 개념이라고 생각하시면 되고요.

00:01:56.540 --> 00:02:00.458

그와 함께 우리는 원자핵의
세계를 배울 겁니다.

00:02:00.558 --> 00:02:02.857

핵폭탄.

00:02:02.957 --> 00:02:05.770

원자핵을 표현하는 방법들에 대해서

00:02:05.870 --> 00:02:07.674

우리가 확인할 건데요.

00:02:07.774 --> 00:02:10.343

양성자 수, 중성자 수, 질량수.

00:02:10.443 --> 00:02:15.040
애네들은 어떻게 원자핵을 표현할 때는 쓰여지느냐를 다룰 거고요.

00:02:15.140 --> 00:02:20.660
그다음 핵폭탄이니까 핵반응에 대한 이야기를 해야 됩니다.

00:02:20.760 --> 00:02:23.260
그래서 핵반응에는 두 종류가 있어요.

00:02:23.360 --> 00:02:26.282
핵융합 반응과 핵분열 반응이 있습니다.

00:02:26.382 --> 00:02:30.697
애네들은 뭐고 어떻게 쓰여지는지를 다루어나가도록 하겠고요.

00:02:30.797 --> 00:02:34.717
마지막 핵폭탄에서는 결국 강력한 에너지가 나오잖아?

00:02:34.817 --> 00:02:37.958
그 강력한 에너지의 근원이 바로

00:02:38.058 --> 00:02:41.720
질량결손에 의해 에너지다, 라고 표현을 하거든요.

00:02:41.820 --> 00:02:46.590
도대체 애는 어떤 내용인지를 확인해 나가보도록 하겠습니다.

00:02:46.690 --> 00:02:49.802
그러면 어떤 내용부터 출발하느냐,

00:02:49.902 --> 00:02:58.387
다시 한번 지난 시간에 배웠던 특수상대성이론의 마지막 내용으로부터

00:02:58.487 --> 00:03:00.421
시작을 해나가 보도록 하겠습니다.

00:03:00.521 --> 00:03:05.100
결국 특수상대성이론에서 이야기했던 건 바로 뭐였냐면,

00:03:05.200 --> 00:03:09.708
빠른 속도로 움직이면 시간이 팽창한다.

00:03:09.808 --> 00:03:14.147
빠른 속도로 움직이게 되면 공간의 길이는 짧아진다.

00:03:14.247 --> 00:03:18.654
이게 바로 특수상대성이론에서 우리가

앞에서 배웠던 내용이었죠.

00:03:18.754 --> 00:03:21.863
그러면 이런 상상을 한번 해봅시다.

00:03:21.963 --> 00:03:25.791
빠른 속도로 움직이면
시간이 팽창해요.

00:03:25.891 --> 00:03:29.416
빠르게 달리면 빠르게
달릴수록 시간이 팽창합니다.

00:03:29.516 --> 00:03:32.496
그러면 만약에 빛의 속도로 달리면.

00:03:32.596 --> 00:03:35.476
빠르게 달릴수록 시간이
팽창한다는 말은 뭐죠?

00:03:35.576 --> 00:03:43.779
짜각짜각.
더 빨리 달리면? 짜에각 짜에각.

00:03:43.879 --> 00:03:50.885
더 빨리 달리면? 짜에에 까아악.

00:03:50.985 --> 00:03:53.672
빛의 속도로 달리면?

00:03:53.772 --> 00:03:58.163
짜.
각이 안 나오는 거죠.

00:03:58.263 --> 00:03:59.618
그 말은 뭘 의미하는 거야?

00:03:59.718 --> 00:04:03.100
시간이 멈춰버린다는
것을 의미합니다.

00:04:03.200 --> 00:04:04.819
길이수축도 마찬가지죠?

00:04:04.919 --> 00:04:07.371
빠르게 달리면 빠르게
달릴수록 길이가 좁아져요.

00:04:07.471 --> 00:04:08.478
길이가 작아져요.

00:04:08.578 --> 00:04:10.492
길이가 점점 작아집니다.

00:04:10.592 --> 00:04:12.407
그러면 이런 상상을 해봅시다.

00:04:12.507 --> 00:04:18.061
만약에 빛보다 빨리
달리면 어떻게 될까.

00:04:18.161 --> 00:04:24.532

빛의 속도로 달리면 짜에~.
시간이 멈춰요, 각이 안 나와요.

00:04:24.632 --> 00:04:31.145

빛만큼 달리면 길이가
없어져 버리는 거죠.

00:04:31.245 --> 00:04:38.343

그러면 빛보다 빨리 달리면
상상할 수가 없죠.

00:04:38.443 --> 00:04:43.560

빠르게 달릴수록 이 줄다가, 거리가
줄다가 빛의 속도로 달리면

00:04:43.660 --> 00:04:46.121

거리가 최대로 없어져 버려.

00:04:46.221 --> 00:04:48.888

그러면 빛보다 빨리 달리면?

00:04:50.284 --> 00:04:55.203

빛의 속도로 가까울수록 시간이 팽창해서
빛의 속도로 달리면 시간이 멈춰.

00:04:55.303 --> 00:04:57.899

그러면 빛보다 빨리 달리면?

00:04:57.999 --> 00:04:59.791

있을 수 없는 일이
일어난다는 거죠.

00:04:59.891 --> 00:05:01.117

시간이 거꾸로 가?

00:05:01.217 --> 00:05:04.408

그런 일은 일어날 수 없다고
생각을 하고 있는 거고요.

00:05:04.508 --> 00:05:07.896

길이가 거꾸로 측정돼?
이런 것도 있을 수 없는 거죠.

00:05:07.996 --> 00:05:09.974

결과적으로 특수상대성이론에서

00:05:10.074 --> 00:05:13.246

이야기하고자 하는 결론의
또 하나가 바로 뭐냐면,

00:05:13.346 --> 00:05:18.531

세상에 가장 빠른 속도는
빛의 속도다, 라는 겁니다.

00:05:18.631 --> 00:05:22.118

빛보다 빨리 달릴 수 없다.

00:05:22.218 --> 00:05:26.361

빛보다 빨리 달리면 말도 안
되는 현상이 일어나야 되니까.

00:05:26.461 --> 00:05:30.785
그런 현상은 관찰된 적도 없고 일어날
수도 없다고 보고 있습니다.

00:05:30.885 --> 00:05:33.367
제일 빠른 건 빛의 속도야.

00:05:33.467 --> 00:05:36.802
이 세상에서 제일 빠른 것은~.

00:05:36.902 --> 00:05:37.970
그런 거 있어요.

00:05:38.070 --> 00:05:41.257
우리 아들이 어릴
때 불렀던 노래.

00:05:41.357 --> 00:05:45.585
어쨌든 빛보다 제일 빨리 달리는
건 존재할 수 없어요.

00:05:45.685 --> 00:05:48.022
그러면 이런 생각
해보도록 하겠습니다.

00:05:48.122 --> 00:05:50.868
여기 지금 질량이 m이라는
물체가 있습니다.

00:05:50.968 --> 00:05:55.305
이 m이라는 물체가 지금
속도로 달리고 있는데

00:05:55.405 --> 00:06:02.604
애가 달리는 속도가 빛의 속도의
 $0.999999999c$ 의 속도로 달리고 있습니다.

00:06:02.704 --> 00:06:05.387
그러니까 거의 빛의 속도로
가깝게 달리고 있어요.

00:06:05.487 --> 00:06:10.397
빛보다 진짜 조금 느리게
달리고 있어요.

00:06:10.497 --> 00:06:13.759
이 빛보다 조금 느리게 달리고 있는

00:06:13.859 --> 00:06:19.842
이 물체에게 내가 힘을 뺏
줘서 이동을 시킵니다.

00:06:19.942 --> 00:06:23.675
지금 달리고 있으니까 달리고
있는 물체를 막 따라가서

00:06:23.775 --> 00:06:30.723
빛보다 빠르게 달리게 하기 위해서
애를 엄청난 힘으로 뺏 줘서 밀어요.

00:06:30.823 --> 00:06:33.943

그러면 당연히 이론적으로는
어떤 현상이 일어나야 되죠?

00:06:34.043 --> 00:06:37.341

엄청난 힘으로 애를
빡 하고 밀어주면

00:06:37.441 --> 00:06:41.829

애의 속도가 빛의 속도를
넘어설 수 있어야 되죠.

00:06:41.929 --> 00:06:43.035

생각을 해 봐.

00:06:43.135 --> 00:06:49.693

물체에게 힘을 주면 물체의
속도는 변하게 되어있습니다.

00:06:49.817 --> 00:06:52.741

따라서 $0.999999999c$.

00:06:52.841 --> 00:06:57.136

빛보다 조금 느린 속도로
달리고 있는 물체.

00:06:57.236 --> 00:06:59.966

빛의 속도는 우리가 c 라고 해.

00:07:00.066 --> 00:07:01.879

앞에 강의에서 내가
이야기 안 했었구나.

00:07:01.979 --> 00:07:07.128

이 빛의 속도 c 가
 3억m/s 인 거고요.

00:07:08.550 --> 00:07:13.340

$0.999999999c$ 의
속도로 달려가고 있는데

00:07:13.440 --> 00:07:19.991

그 물체를 엄청난 힘으로 빡
줘서 이동을 시킵니다.

00:07:20.091 --> 00:07:21.329

결국 뭘 했다는 소리야?

00:07:21.429 --> 00:07:23.109

일을 했단 소리죠.

00:07:23.209 --> 00:07:26.706

일 $W=F*S$ 를 했어요.

00:07:26.806 --> 00:07:31.660

그러면 일을 하면 힘을 줬으니까
물체의 속도가 변해야 돼.

00:07:31.760 --> 00:07:39.044

일을 했으니까 알짜힘이 한 일이니까
물체의 운동 에너지가 변해야 돼.

00:07:40.549 --> 00:07:44.098
그러니까 속도가 어떻게 돼야 된다는 거야?
빨라져야 되는 거야.

00:07:44.198 --> 00:07:47.522
내가 어마어마한 힘으로
어마어마한 일을 해주게 되면

00:07:47.622 --> 00:07:53.740
물체의 속도가 결국 빛의 속도를
넘어설 수 있어야 되는 게 이론인데

00:07:53.840 --> 00:08:00.381
특수상대성이론에 의해서 빛의
속도보다 빨리 달릴 수 있는 물체는

00:08:00.481 --> 00:08:02.488
존재하지 않죠.

00:08:02.588 --> 00:08:03.872
그러면 어떻게 해야 될까.

00:08:03.972 --> 00:08:07.409
분명히 이 물체에게
힘을 줘서 이동시켰어.

00:08:07.509 --> 00:08:10.523
힘을 줘서 이동시켰다는
건 일을 했단 소리죠.

00:08:10.623 --> 00:08:13.311
일을 했으니까 반드시
에너지가 변해야 돼.

00:08:13.411 --> 00:08:14.797
운동에너지의 변화.

00:08:14.897 --> 00:08:17.570
알짜힘이 한 일이면
운동에너지가 변해야 되죠?

00:08:17.670 --> 00:08:20.861
운동에너지가 변하려면
속도가 변해야 되는데

00:08:20.961 --> 00:08:25.449
속도는 변해봤자 조금밖에 못 변해.

00:08:25.549 --> 00:08:30.555
어마어마한 일을 해줬으면 어마어마한
에너지가 변해야 되는데

00:08:30.655 --> 00:08:37.730
속도는 조금밖에 변할
수 없는 상황입니다.

00:08:37.830 --> 00:08:40.030
왜? 빛의 속도를
넘어서면 안 되니까.

00:08:40.130 --> 00:08:45.788
결국 어마어마하게 해준 일이
결국 에너지를 변화시켜야 되는데

00:08:45.888 --> 00:08:48.833
속도는 변화시키는 데
한계가 있으니까

00:08:48.933 --> 00:08:53.569
결국 뭐가 변할 수
있다는 것을 뜻하죠?

00:08:53.669 --> 00:08:56.940
질량이 증가해야 된다는
것을 뜻합니다.

00:08:57.040 --> 00:09:00.611
결국 운동에너지가 변하는데
운동에너지가 변하려면

00:09:00.711 --> 00:09:05.925
우리가 일상생활에서는 질량이
변하지 않는다고 봤는데

00:09:06.025 --> 00:09:07.902
빛의 속도에 근접한 세계에서는

00:09:08.002 --> 00:09:10.461
뭐도 변해야 된다는 것을 의미해요?

00:09:10.561 --> 00:09:14.850
질량도 변해야 된다는
것을 뜻합니다.

00:09:14.950 --> 00:09:16.734
결과적으로는 뭐가 되는 거야?

00:09:16.834 --> 00:09:21.571
해준 일이 부여한 에너지가
뭐의 변화를 이끌어요?

00:09:21.671 --> 00:09:24.955
질량의 변화를 이끈다는 거죠.

00:09:25.055 --> 00:09:28.516
결과적으로 어떤 이야기를
할 수 있느냐,

00:09:28.648 --> 00:09:36.066
에너지에 의해서 질량의 변화가
나타날 수 있구나, 라는

00:09:36.166 --> 00:09:38.574
이야기를 할 수 있게 되는 거죠.

00:09:38.674 --> 00:09:42.265
결국 에너지가 질량을
부여하게 된다는 겁니다.

00:09:42.365 --> 00:09:48.500
에너지가 질량을 만들어낸다는

것을 뜻하는 거죠.

00:09:48.600 --> 00:09:52.454

이거 하니까 뭔가
떠오르는 거 없나?

00:09:52.554 --> 00:09:56.693

우리 1학년 때 배웠던
빅뱅 이론에서 보면

00:09:56.793 --> 00:10:00.297

최초의 빅뱅, 최초의
우주는 뭐래요?

00:10:00.397 --> 00:10:03.020

아주 작은 에너지 덩어리였대요.

00:10:03.120 --> 00:10:08.709

그 아주 작은 에너지 덩어리가
팽창하고 팽창하고 팽창하면서

00:10:08.809 --> 00:10:10.465

질량으로 바뀌어나간 거 아니야.

00:10:10.565 --> 00:10:14.771

태양도 만들고 지구도 만들고 목성도
만들고 안드로메다 성운도 만들고

00:10:14.871 --> 00:10:16.205

질량으로 바뀌어나간 거죠.

00:10:16.305 --> 00:10:18.765

어떻게 에너지가
질량으로 바뀌었을까를

00:10:18.865 --> 00:10:21.160

바로 여기서 이야기해주고
있는 겁니다.

00:10:21.260 --> 00:10:22.527

아인슈타인이 이야기한 거야.

00:10:22.627 --> 00:10:26.864

아인슈타인이 이야기했기 때문에 그런
이야기들이 펼쳐질 수 있었던 거죠.

00:10:26.964 --> 00:10:30.629

정말 아인슈타인은
대단한 거 같아요.

00:10:30.729 --> 00:10:31.977

이런 상상을 한 거잖아.

00:10:32.077 --> 00:10:35.544

결국 에너지가 질량을
만들 수 있구나.

00:10:35.644 --> 00:10:38.891

그러면 거꾸로 이야기하면
에너지가 질량을 만들 수 있으면

00:10:38.991 --> 00:10:44.158

당연히 질량도 에너지를 만들 수 있게 된다는 거죠.

00:10:44.258 --> 00:10:46.468
결과적으로 보면 바로 뭐인 거야?

00:10:46.568 --> 00:10:52.132
질량과 에너지는 서로 동등한 관계에 놓일 수 있다.

00:10:52.232 --> 00:10:56.551
질량이 에너지가 될 수 있고
에너지가 질량이 될 수 있다.

00:10:56.651 --> 00:10:58.491
이거를 우리는 뭐라고 불러요?

00:10:58.591 --> 00:11:05.452
바로 질량 에너지 동등성이라고 불러주는 겁니다.

00:11:05.552 --> 00:11:11.286
이래서 질량 에너지 동등성이라는 말이 포함되어있구나.

00:11:11.386 --> 00:11:14.158
그러면 질량이 에너지가 되고
에너지가 질량이 될 수 있으면

00:11:14.258 --> 00:11:16.799
얼마만큼의 에너지가
얼마만큼의 질량이 되고

00:11:16.899 --> 00:11:19.739
얼마만큼의 질량이 얼마만큼의
에너지가 될 수 있을까.

00:11:19.839 --> 00:11:22.420
이거를 판단할 수 있어야 되겠고요.

00:11:22.520 --> 00:11:25.687
그걸 아인슈타인이
공식으로 만들었습니다.

00:11:25.787 --> 00:11:32.252
그 공식이 바로 뭐냐, 그 유명한 $E=mc^2$ 입니다.

00:11:32.352 --> 00:11:37.516
에너지는 m (mass) 질량,
 c (빛의 속도)입니다.

00:11:37.616 --> 00:11:40.677
결국 에너지가 질량이 될 수 있고

00:11:40.777 --> 00:11:45.924
질량이 에너지로 바뀔 수 있다,
라는 것을 보여주는 게

00:11:46.024 --> 00:11:51.099

바로 이 공식인 거죠.

00:11:51.199 --> 00:11:53.087
그래서 우리는 이런 표현을 합니다.

00:11:53.187 --> 00:11:58.410
결국은 움직이면 움직일수록,
속도가 빨라지면 빨라질수록

00:11:58.510 --> 00:12:02.278
질량이 늘어난다는
이야기를 할 수 있죠.

00:12:02.378 --> 00:12:06.162
그러면 애의 진짜 질량은 언제만
측정할 수 있는 거야?

00:12:06.262 --> 00:12:10.255
정지해있을 때만 애의 진짜
질량을 측정할 수 있고요.

00:12:10.355 --> 00:12:13.494
정지했을 때의 질량을
우리는 뭐라고 부르느냐,

00:12:13.594 --> 00:12:16.697
정지질량이라고 불러줍니다.

00:12:16.797 --> 00:12:19.692
또는 고유질량이라는 표현을 써요.

00:12:19.792 --> 00:12:25.978
그래서 이 정지질량, 고유질량은
정지 상태에서 측정한 질량이고요.

00:12:26.078 --> 00:12:31.286
이 정지해 있는 물체가
속도를 갖고 움직이게 되면

00:12:31.386 --> 00:12:36.167
방금 전에 보셨다시피
질량이 증가하게 됩니다.

00:12:36.267 --> 00:12:39.565
속도가 물론 빨라야,
매우 빠르면 빠를수록

00:12:39.665 --> 00:12:42.606
그 질량 값은 더 커지게
나타나게 되겠죠.

00:12:42.706 --> 00:12:47.502
그렇기 때문에 우리가
일상생활에서 물체를 빛의 속도에

00:12:47.602 --> 00:12:51.484
근접하게 만들 수 없다는
것도 보여지기도 합니다.

00:12:51.584 --> 00:12:54.830
속도가 빨라지면 빨라질수록

질량이 커지고요.

00:12:54.930 --> 00:13:01.017
질량이 어마어마하게 커지게 되면
힘을 어마어마하게 세게 줘야

00:13:01.117 --> 00:13:02.749
속도 변화를 만들 거 아니야.

00:13:02.849 --> 00:13:07.234
결국 질량이 어마어마하게 커진
물체를 좀 더 빠르게 만들려면

00:13:07.334 --> 00:13:11.643
어마어마한 힘을 줘야 되는데
그만큼의 힘을 줄 수 없으면

00:13:11.743 --> 00:13:15.974
속도를 더 이상 빠르게 만들
수도 없다는 것을 뜻하는 거죠.

00:13:16.074 --> 00:13:20.102
결국 질량을 가진 물체가
빛의 속도에 근접해지면

00:13:20.202 --> 00:13:24.454
질량이 거의 무한대에
가깝게 커지게 됩니다.

00:13:24.554 --> 00:13:28.850
그러니까 속도가 절대로 빛의 속도를
넘어설 수 없다는 이야기를

00:13:28.950 --> 00:13:32.175
다시 한번 뒤집어서
할 수도 있는 거죠.

00:13:32.275 --> 00:13:38.604
그래서 움직이는 물체의
질량이라면, 운동 질량이라면

00:13:38.704 --> 00:13:48.250
반드시 운동 질량이 정지 질량보다
크다는 결론을 내리게 된다고요.

00:13:48.350 --> 00:13:51.753
그래서 운동하는 물체든
정지해 있는 물체든

00:13:51.853 --> 00:13:55.962
질량이 에너지로 바뀌고 에너지가
질량으로 바뀔 수 있으니까

00:13:56.062 --> 00:14:01.936
정지 상태에서도 에너지는
존재할 수 있다는 거죠.

00:14:02.036 --> 00:14:07.398
그 에너지를 이용해서
원자폭탄을 만드는 겁니다.

00:14:07.498 --> 00:14:10.177

질량을 갖고 있는
원자핵이 정지해있어도

00:14:10.277 --> 00:14:13.196

그 상태로 에너지를
가지고 있다는 겁니다.

00:14:13.296 --> 00:14:20.051

그 에너지를 어떻게?
폭탄으로 만들어서 사용하면

00:14:20.151 --> 00:14:22.739

엄청난 위력을 발생시킬 수
있다는 것을 뜻하죠.

00:14:22.839 --> 00:14:25.920

그 질량에 지금 뭘 곱하고 있어요?

00:14:26.020 --> 00:14:28.388

빛의 속도로 곱한
값이 에너지거든요.

00:14:28.488 --> 00:14:29.918

그러면 빛의 속도는
얼마라고 그랬어?

00:14:30.018 --> 00:14:31.198

3억m/s야.

00:14:31.298 --> 00:14:34.352

거기에 곱이 붙어있어.

00:14:34.452 --> 00:14:35.845

어마어마한 거죠?

00:14:35.945 --> 00:14:43.006

0.1g, 0.01g만 해도 미친듯한 에너지를
가지고 있다고 표현할 수 있는 거라고요.

00:14:43.106 --> 00:14:47.041

그래서 이 내용을 우리는 바로

00:14:47.141 --> 00:14:52.552

특수상대성이론의 질량 에너지
동등성이라고 불러줍니다.

00:14:52.652 --> 00:14:55.333

그렇다면 이제 그 에너지.

00:14:55.433 --> 00:14:59.079

질량체가 에너지를 가지고
있다는 것을 이용해서

00:14:59.179 --> 00:15:02.523

우리는 원자폭탄 또는 원자력
발전을 하고 있는데요.

00:15:02.623 --> 00:15:07.140

이 원자폭탄, 원자력 발전의
원리를 설명하기 위해서는

00:15:07.240 --> 00:15:09.552

기본적으로 우리가 뭘
알고 있어야 되느냐,

00:15:09.652 --> 00:15:15.149

원자핵의 표현을 알고
있어야 됩니다.

00:15:16.290 --> 00:15:28.562

이 원자 안에는 당연히
원자핵과 전자가 존재해요.

00:15:28.662 --> 00:15:32.472

그러면 이 원자핵 안에는
바로 뭐가 존재하느냐,

00:15:32.572 --> 00:15:38.830

양성자와 중성자가 존재합니다.

00:15:38.930 --> 00:15:43.100

바로 우리가 관심을 가질
게 뭐냐, 이겁니다.

00:15:43.200 --> 00:15:48.610

원자핵 안에는 양성자랑
중성자가 들어있다.

00:15:48.710 --> 00:15:54.466

이걸 가지고 원자핵을
표현하는 겁니다.

00:15:54.566 --> 00:15:56.457

그러면 어떤 식으로 표현하느냐,

00:15:56.557 --> 00:15:59.220

원자핵을 표현하는
방법은 이렇습니다.

00:15:59.320 --> 00:16:05.254

일단 여기다 원소 기호를 씁니다.

00:16:05.354 --> 00:16:06.738

원소 기호가 뭐야?

00:16:06.838 --> 00:16:09.657

수소의 원소 기호 뭐죠? H죠.

00:16:09.757 --> 00:16:12.007

헬륨의 원소 기호 He죠.

00:16:12.107 --> 00:16:14.715

산소의 원소 기호 O죠.

00:16:14.815 --> 00:16:16.826

탄소의 원소 기호 C입니다.

00:16:16.926 --> 00:16:18.995

질소의 원소 기호 N이죠.

00:16:19.095 --> 00:16:21.114

나트륨의 원소 기호 Na.

00:16:21.214 --> 00:16:25.536

이런 것들을 우리는 원소
기호라고 부르는데요.

00:16:25.636 --> 00:16:29.896

이 물리학에서는 원소 기호를 굳이
외우고 있진 않아도 됩니다.

00:16:29.996 --> 00:16:33.525

우리가 중요하게 여길 건
원소 기호가 아니라

00:16:33.625 --> 00:16:42.365

바로 원자핵 안에 들어있는 양성자와
중성자를 이용한 원자핵의 표현이거든요.

00:16:42.465 --> 00:16:46.117

그래서 원자핵을 표현할 때는
일단 원소 기호를 써줘요.

00:16:46.217 --> 00:16:49.680

원소 기호는 중요하지
않다고 그랬어.

00:16:49.780 --> 00:16:54.269

그 원소 기호 앞에
숫자 2개를 써줍니다.

00:16:54.369 --> 00:16:56.629

우리가 숫자 2개를 써줘요.

00:16:56.729 --> 00:17:00.335

숫자 2개를 써줄 때 외워야 돼.

00:17:00.435 --> 00:17:09.586

아래쪽 숫자에는 뭘 써주느냐, 원자핵
안에 들어있는 양성자의 수를 써줍니다.

00:17:09.686 --> 00:17:16.842

원자핵 안에 양성자가 몇 개
있느냐를 써줍니다, 여기다.

00:17:16.942 --> 00:17:18.407

외워야 돼.

00:17:18.507 --> 00:17:25.335

위쪽에는 뭘 써주느냐, 원자핵
안에 양성자랑 중성자가 들어있죠?

00:17:25.435 --> 00:17:42.242

그래서 위쪽에는 원자핵 안에 들어있는
양성자 수+중성자 수의 합을 써줍니다.

00:17:42.342 --> 00:17:44.435

반드시 외워야 됩니다.

00:17:45.722 --> 00:17:48.685

원소 기호 앞에 숫자를
2개 써주는데

00:17:48.785 --> 00:17:52.310

아래쪽에는 원자핵 안에
들어있는 양성자의 수,

00:17:52.410 --> 00:17:59.271

위쪽에는 원자핵 안에 들어있는
양성자의 수+중성자의 수를 써줍니다.

00:17:59.371 --> 00:18:06.178

이때 양성자의 수+중성자의 수를
우리는 뭐라고 부르기로 약속했느냐,

00:18:06.278 --> 00:18:11.035

핵자 수라고 부르기로 했어요.

00:18:11.135 --> 00:18:18.706

왜 핵자 수냐, 핵을 구성하고 있는
입자의 개수다, 라는 뜻이에요.

00:18:18.806 --> 00:18:21.818

핵을 구성하고 있는 입자의 개수.

00:18:21.918 --> 00:18:24.373

그래서 이것을 또
뭐라고도 표현하느냐,

00:18:24.473 --> 00:18:26.017

매우 중요한 표현인데요.

00:18:26.117 --> 00:18:33.016

원자핵 안에 들어있는 질량을
가진 입자의 수다, 라고 해서

00:18:33.116 --> 00:18:35.541

질량수라고 불러줍니다.

00:18:35.641 --> 00:18:37.581

여러분이 여기서
오해하면 안 되는 게

00:18:37.681 --> 00:18:43.035

이 질량수를 가지고 질량을
표현하면 안 됩니다.

00:18:43.135 --> 00:18:48.133

질량수는 질량을 가진 입자의 수이지,

00:18:48.233 --> 00:18:51.258

질량수가 곧 질량을
의미하는 게 아니에요.

00:18:51.358 --> 00:18:54.930

kg을 나타내는 질량을
의미하는 게 아니라고요.

00:18:55.030 --> 00:18:58.311

질량을 가진 입자의 개수다.

00:18:58.411 --> 00:18:59.975

오케이? 기억하시기 바랍니다.

00:19:00.075 --> 00:19:02.973

또 하나 참고로 될
기억하셔야 되나면,

00:19:03.073 --> 00:19:06.573

참고일 수 있는데 혹시 선생님이
강조하실 수 있으니까.

00:19:06.673 --> 00:19:09.849

아래쪽에는 양성자 수를
써준다고 그랬죠?

00:19:09.949 --> 00:19:18.056

그래서 이 양성자 수로 될
또 과학자들이 약속했느냐,

00:19:18.156 --> 00:19:29.009

이 양성자 수를 가지고 원자번호를
부여하기로 약속을 했습니다.

00:19:29.109 --> 00:19:33.171

원자번호 1번이 뭔지
혹시 외우고 있나?

00:19:33.271 --> 00:19:35.989

상식이죠? 수소입니다.

00:19:36.089 --> 00:19:41.747

그래서 수소는 여기다
1을 써주는 거죠.

00:19:41.847 --> 00:19:46.671

그래서 수소라고 부르는 애들은 어떤
애들을 수소라고 부르는 거냐,

00:19:46.771 --> 00:19:51.390

수소라고 부르는 애는 어떤 특이한
생김새가 있는 게 아니라

00:19:51.490 --> 00:19:58.658

수소라고 부르는 애는 바로 원자핵
안에 양성자가 1개 들어있는 애들.

00:19:58.758 --> 00:20:02.724

양성자는 보통 +로 표현을 하고요.

00:20:02.824 --> 00:20:06.143

중성자는 뉴트론이라고
해서 n으로 표현합니다.

00:20:06.243 --> 00:20:10.153

물론 양성자는 +로 표현하기도
하지만 프로톤이라고 해서

00:20:10.253 --> 00:20:12.451

p라고도 표현을 해요.

00:20:12.551 --> 00:20:18.147

어쨌든 수소는 원자핵 안에
양성자가 1개 들어있는 애들은

00:20:18.247 --> 00:20:22.218

깡그리 전부 몽땅 다 수소라고 부르기로 약속을 했어요.

00:20:22.318 --> 00:20:27.371

그래서 원자핵 안에 이렇게 양성자가 1개만 들어있는 수소도 있지만

00:20:27.471 --> 00:20:33.242

원자핵 안에 양성자 1개에 중성자가 1개 있는 애도 수소고요.

00:20:33.342 --> 00:20:39.107

원자핵 안에 양성자 1개에 중성자가 2개 있는 애도 수소입니다.

00:20:39.207 --> 00:20:48.639

왜? 수소라고 부르는 애는 양성자가 1개인 애들을 수소라고 부르기로 했으니까.

00:20:48.739 --> 00:20:54.141

그렇다면 헬륨이라고 부르는 애는 어떤 애들을 헬륨이라고 부르기로 했느냐,

00:20:54.241 --> 00:20:56.020

헬륨은 원자번호가 2번입니다.

00:20:56.120 --> 00:21:01.931

바로 원자핵 안에 양성자가 2개 있으면

00:21:02.031 --> 00:21:07.655

무조건 애는 헬륨이라고 부르기로 했어요.

00:21:07.755 --> 00:21:10.997

그런데 여기서 특이한 건 뭐냐면,

00:21:11.097 --> 00:21:16.495

헬륨이라고 부르는 애는 원자핵 안에 양성자가 2개 있는 애라고 했잖아요.

00:21:16.595 --> 00:21:21.628

그런데 이 양성자 2개만으로 원자핵을 구성할 수는 없습니다.

00:21:21.728 --> 00:21:25.950

왜냐, 원자핵 안에 양성자 2개는 둘 다 플러스야.

00:21:26.050 --> 00:21:28.252

플러스, 플러스는 어떻게 될까요?

00:21:28.352 --> 00:21:30.710

이건 다음 강의에서 배울 내용인데요.

00:21:30.810 --> 00:21:33.518

서로 밀어내는 힘을 발생시킵니다.

00:21:33.618 --> 00:21:35.206
플러스들끼리는 서로 밀어.

00:21:35.306 --> 00:21:40.079
그래서 애네들이 밀어내지 못하게
잡아당겨 주는 힘이 있어야 되죠?

00:21:40.179 --> 00:21:43.218
그 잡아당겨 주는 힘을
누가 주고 있느냐,

00:21:43.318 --> 00:21:46.038
바로 중성자가 이렇게 주고 있어요.

00:21:46.138 --> 00:21:50.033
그래서 원자핵 안에 중성자가
존재해야만 하는 거죠.

00:21:50.133 --> 00:21:52.327
양성자가 2개 이상인 애들한테는.

00:21:52.427 --> 00:21:57.389
어쨌든 이런 양성자 2개에 중성자
1개인 애도 헬륨이고요.

00:21:57.489 --> 00:22:02.869
양성자 2개, 중성자
2개인 애도 헬륨입니다.

00:22:02.969 --> 00:22:05.801
그래서 양성자가 2개인 애들은

00:22:05.901 --> 00:22:09.100
깡그리 전부 몽땅 다
헬륨이라고 부르기로 했구나.

00:22:09.200 --> 00:22:11.100
그러면 탄소라고 부르는 애는?

00:22:11.200 --> 00:22:13.029
탄소는 원자번호 몇 번이게요?

00:22:13.129 --> 00:22:15.651
물론 이걸 물리학에서는 외우고
있을 필요는 없어요.

00:22:15.751 --> 00:22:18.025
탄소는 원자번호가 6번입니다.

00:22:18.125 --> 00:22:19.836
그러면 원자번호가 6번이라는 건

00:22:19.936 --> 00:22:23.618
원자핵 안에 양성자가
몇 개 들어있다는 거야?

00:22:23.718 --> 00:22:25.334
6개 들어있다는 거야.

00:22:25.434 --> 00:22:29.425
그래서 원자핵 안에 양성자가

6개 들어있는 애들은

00:22:29.525 --> 00:22:34.754

강그리 전부 몽땅 다
탄소라고 부르기로 했어요.

00:22:34.854 --> 00:22:38.246

물론 탄소 안에는
양성자만 있진 않겠죠.

00:22:38.346 --> 00:22:42.842

양성자는 무조건 6개지만 중성자
수는 조금 다를 수도 있습니다.

00:22:42.942 --> 00:22:44.572

어떤 애는 6개 있는 애도 있고

00:22:44.672 --> 00:22:47.528

7개 있는 애도 있고 8개
있는 애도 있을 수 있어요.

00:22:47.628 --> 00:22:53.566

어쨌든 탄소라고 부르는 애는
양성자가 6개인 애들이다.

00:22:53.666 --> 00:22:55.887

산소는 원자번호 8번이거든요.

00:22:55.987 --> 00:22:58.081

그러면 원자핵 안에
양성자가 몇 개 있어요?

00:22:58.181 --> 00:22:59.018

8개.

00:22:59.118 --> 00:23:04.351

그래서 산소에는 8, 이런
식으로 써주는 거죠.

00:23:04.451 --> 00:23:05.773

되셨나요?

00:23:05.873 --> 00:23:09.846

또 하나 여러분한테
참고로 말씀드리면

00:23:09.946 --> 00:23:14.252

이렇게 수소가 양성자
1개로 구성된 수소,

00:23:14.352 --> 00:23:16.925

양성자 1개에 중성자
1개로 구성된 수소,

00:23:17.025 --> 00:23:19.510

양성자 1개에 중성자
2개로 구성된 수소.

00:23:19.610 --> 00:23:20.823

애네들이 다 수소죠?

00:23:20.923 --> 00:23:25.285

이처럼 같은 수소지만 중성자 수가 다르죠, 서로.

00:23:25.385 --> 00:23:31.720

이렇게 같은 원소지만 중성자 수가 다른 원소들은

00:23:31.820 --> 00:23:35.713

우리가 뭐라고 부르기로 했느냐.

00:23:35.813 --> 00:23:40.965

동위원소라고 부르기로 했어요.

00:23:41.065 --> 00:23:44.510

그래서 이게 시험 문제에 나올지 안 나올지는 모르지만

00:23:44.610 --> 00:23:52.530

그럼에도 불구하고 제가 첨부해놓은 기출 문제에는 이게 나와 있기는 해요.

00:23:52.630 --> 00:23:55.100

그래서 기억을 해두십사 하고 말씀을 드렸습니다.

00:23:55.200 --> 00:23:56.332

그러면 애도 어떻습니까?

00:23:56.432 --> 00:24:01.396

헬륨도 양성자 2개에 중성자 1개, 양성자 2개에 중성자 2개.

00:24:01.496 --> 00:24:02.413

애네도 어떻습니까?

00:24:02.513 --> 00:24:06.011

양성자 수는 같지만 중성자 수가 다르죠?

00:24:06.111 --> 00:24:12.163

이런 애들을 뭐라고 부른다고요? 동위원소.

00:24:12.263 --> 00:24:13.709

그러면 연습 한번 해볼까요?

00:24:13.809 --> 00:24:19.112

애 한번 원자핵 표기법으로 써볼까요?

00:24:19.212 --> 00:24:22.057

He(헬륨) 쓰고요, 이걸 기억하지 않으셔도 되는데

00:24:22.157 --> 00:24:24.035

앞에 숫자 뭘 써준다고요?

00:24:24.135 --> 00:24:26.739

양성자 수를 써준다고요.

00:24:26.839 --> 00:24:28.757
위에 숫자 뭘 써준다고요?

00:24:28.857 --> 00:24:32.957
양성자 수+중성자 수를 써준다고요.

00:24:33.057 --> 00:24:36.117
그러면 애 같은 경우는 양성자
2개에 중성자 2개가 있으니까

00:24:36.217 --> 00:24:43.649
위에는 무슨 숫자를 써줘야 돼요?
4를 써줘야 됩니다.

00:24:43.749 --> 00:24:49.110
이거 원자핵 표기법 반드시
기억을 해두시길 바랍니다.

00:24:49.210 --> 00:24:54.555
그러면 이렇게 표현되는
원자핵 표기를 가지고

00:24:54.655 --> 00:24:57.456
이제 우리는 어떤
내용을 다룰 것이냐,

00:24:57.556 --> 00:25:03.944
바로 핵반응이라는 내용에 대해서
배워나가 보도록 하겠습니다.

00:25:04.044 --> 00:25:09.772
핵반응이란 뭐냐,

00:25:09.872 --> 00:25:15.399
원자핵이 변하는 과정을 우리는
핵반응이라고 부르고요.

00:25:15.499 --> 00:25:21.200
원자핵이 변하는 과정을 마치
수식처럼 표현해놓은 걸

00:25:21.300 --> 00:25:23.849
핵반응식이라고 불러요.

00:25:23.949 --> 00:25:28.163
우리 화학에서도
화학반응식이라는 게 있잖아요.

00:25:28.263 --> 00:25:32.068
여기 핵반응에서도
핵반응식이라는 게 있습니다.

00:25:32.168 --> 00:25:36.966
이때 핵반응식에서 기억할
건 원자핵을 표현할 때는

00:25:37.066 --> 00:25:39.339
앞에 숫자 2개를 써준다고 그랬죠?

00:25:39.439 --> 00:25:44.250
예를 들어서 원자핵

2개가 이렇게 있으면

00:25:44.350 --> 00:25:50.170
이 원자핵 2개에 의해서 다른
원자핵들이 이렇게 나타나는 경우.

00:25:50.270 --> 00:25:51.976
이때 숫자를 써보겠습니다.

00:25:52.076 --> 00:25:53.623
제가 그대로 써볼게요.

00:25:53.723 --> 00:25:57.496
여기 이 원자핵 앞에는
a가 써져있고

00:25:57.596 --> 00:26:01.535
이 원자핵 앞에는
숫자가 b가 써져있고

00:26:01.635 --> 00:26:04.556
이 원자핵 앞에는
숫자가 c가 써져있고

00:26:04.656 --> 00:26:08.535
이 원자핵 앞에는 숫자가 d가
써져있다고 생각해보겠습니다.

00:26:08.635 --> 00:26:13.041
이 원자핵 앞에는 숫자가
w, 여기는 x,

00:26:13.141 --> 00:26:18.153
여기는 y, 여기는 z라고
써져있다고 생각해보겠습니다.

00:26:18.253 --> 00:26:21.370
이게 2개의 원자핵에 의해서

00:26:21.470 --> 00:26:26.699
다른 2개의 원자핵이 만들어졌다는
것을 뜻하는 거고요.

00:26:26.799 --> 00:26:29.471
이때 여러분이 매우
중요하게 기억해야 될

00:26:29.571 --> 00:26:34.573
원자핵 반응에서는 어떤 결과를
우리가 기억해야 되느냐,

00:26:34.673 --> 00:26:39.669
아래쪽에 써지는 숫자는 핵반응 후에

00:26:39.769 --> 00:26:44.148
아래쪽에 써지는 숫자의 합과
같아야 된다, 라는 거고요.

00:26:44.248 --> 00:26:48.686
위쪽에 써지는 숫자의
합은 핵반응 후에

00:26:48.786 --> 00:26:54.582
위쪽에 써지는 숫자의 합과 같아야
된다, 라는 규칙이 있습니다.

00:26:54.682 --> 00:27:01.694
바로 뭐냐,
 $w+x=y+z$ 라는 거고요.

00:27:01.794 --> 00:27:11.022
아래쪽에는 $a+b=c+d$ 라는 결과를
무조건 만족시켜야 됩니다.

00:27:11.122 --> 00:27:14.110
무조건입니다.

00:27:15.515 --> 00:27:18.670
이거 반드시 여러분이
기억을 해두셔야 되고요.

00:27:18.770 --> 00:27:21.865
이때 너무나도 당연한 거.

00:27:21.965 --> 00:27:24.885
 w, x, y, z 가 뭐라고요?

00:27:24.985 --> 00:27:27.372
위쪽에 써지는 숫자를
뭐라고 부른다고요?

00:27:27.472 --> 00:27:30.689
핵자 수 또는 질량수라고
써진다 그랬죠.

00:27:30.789 --> 00:27:35.091
위쪽에 핵반응 전의 숫자의 합과

00:27:35.191 --> 00:27:38.419
위쪽에 핵반응의 숫자의
합이 같다는 건

00:27:38.519 --> 00:27:46.574
결국 전체의 질량수, 핵자의 수, 입자의
수는 달라지지 않는다는 겁니다.

00:27:46.674 --> 00:27:48.518
그래서 이걸 우리는 뭐라고 부르냐,

00:27:48.618 --> 00:27:50.879
질량수 보존이라고 부릅니다.

00:27:50.979 --> 00:27:54.234
그런데 이 질량수 보존을
여러분이 뭐라고 착각하느냐,

00:27:54.334 --> 00:27:56.662
질량보존이라고 착각합니다.

00:27:56.762 --> 00:27:59.252
아니야, 절대 그렇지 않습니다.

00:27:59.352 --> 00:28:04.485

핵반응에서는 질량이
보존되지 않아요.

00:28:04.585 --> 00:28:05.845

그래서 거듭 말씀드리지만,

00:28:05.945 --> 00:28:10.416

위쪽에 써지는 숫자가 질량을
의미하지 않는다 그랬어요.

00:28:10.516 --> 00:28:13.957

그러면 여기서 우리가 또
하나의 핵반응이 일어날 때

00:28:14.057 --> 00:28:17.876

상황 하나를 말씀드려보도록
하겠습니다.

00:28:17.976 --> 00:28:19.683

매우 중요한 상황인데요.

00:28:19.783 --> 00:28:23.178

어떤 상황이나, 바로
핵반응이 일어날 때입니다.

00:28:23.278 --> 00:28:27.229

예를 들어서 여기 지금
2개의 물체가 있고요.

00:28:27.329 --> 00:28:31.881

이 2개의 물체의 질량이 각각
1kg, 1kg이라고 해봅시다.

00:28:31.981 --> 00:28:35.203

그러면 1kg과 1kg을
정확히 합쳐요.

00:28:35.303 --> 00:28:39.410

그러면 이론적으로 당연히
몇kg이 돼야 정상입니까?

00:28:39.510 --> 00:28:42.265

그렇죠, 2kg이 돼야 정상이죠?

00:28:42.365 --> 00:28:48.113

1kg인 물체랑 1kg인 물체를 합치면
당연히 2kg이어야만 합니다.

00:28:48.213 --> 00:28:53.944

그런데 원자핵의 세계에서는 너무나도
특이한 현상이 발생합니다.

00:28:54.044 --> 00:28:55.835

바로 뭐냐, 1kg.

00:28:55.935 --> 00:29:01.620

예를 들어서 1kg인 원자핵과
1kg인 원자핵을 합치잖아요?

00:29:01.720 --> 00:29:03.358

그러면 애가 어떻게 되느냐,

00:29:03.458 --> 00:29:08.848

합친 질량이 2kg보다
무조건 작습니다.

00:29:08.948 --> 00:29:11.302

질량이 어떻게 되어버려요?

00:29:11.402 --> 00:29:13.249

줄어드는 일이 발생을 합니다.

00:29:13.349 --> 00:29:16.346

더 특이한 건 바로 뭐냐,

00:29:16.446 --> 00:29:19.341

여기 예를 들어서 10kg인
물체가 있습니다.

00:29:19.441 --> 00:29:24.608

예를 들어서 우리가 일상생활에서 10kg인
물체를 2개로 이렇게 쪼갠어요.

00:29:24.708 --> 00:29:25.958

그러면 어떻게 돼야 되죠?

00:29:26.058 --> 00:29:30.452

2개를 쪼갠 애네들의 질량의
합이 무조건 몇이어야 됩니까?

00:29:30.552 --> 00:29:32.835

10kg이어야만 합니다.

00:29:32.935 --> 00:29:38.827

애를 정확히 내가 반으로 잘랐다면 애네는
각각 몇kg, 몇kg이어야 되는 거죠?

00:29:38.927 --> 00:29:41.640

5kg, 5kg이어야만 합니다.

00:29:41.740 --> 00:29:49.060

그런데 원자핵의 세계에서는 예를 들어서
10kg인 원자핵을 쪼개잖아요?

00:29:49.160 --> 00:29:55.901

애네들을 정확히 반으로 쪼개면
5kg, 5kg이 되는 게 아니라

00:29:56.001 --> 00:29:59.679

4.99, 4.99kg이 됩니다.

00:29:59.779 --> 00:30:03.648

역시나 질량이 어떻게 돼요?
줄어드는 일이 발생합니다.

00:30:03.748 --> 00:30:06.911

질량이 없어지는 일이 발생을 해요.

00:30:07.011 --> 00:30:09.814

이게 원자핵의 세계인 거야.

00:30:09.914 --> 00:30:16.484

그래서 이처럼 원자핵의 세계에서는
원자핵을 합쳐도 질량이 줄고요.

00:30:16.584 --> 00:30:20.844

원자핵을 쪼개도 질량이 줄어듭니다.

00:30:20.944 --> 00:30:22.854

너무 신기하죠?

00:30:22.954 --> 00:30:26.311

왜 이런 일이 일어나는지는 뒤쪽에서
말씀을 드리도록 하겠고요.

00:30:26.411 --> 00:30:31.665

바로 원자핵의 세계에서는 합쳐도
쪼개져도 질량이 줄어든다.

00:30:31.765 --> 00:30:36.289

이 질량이 줄어든다는 표현을
우리는 뭐라고 부르느냐,

00:30:36.389 --> 00:30:41.622

질량결손이라고 부릅니다.

00:30:41.722 --> 00:30:43.848

질량이 줄어들었다는 거야.

00:30:43.948 --> 00:30:45.248

반드시 기억하셔야 돼요.

00:30:45.348 --> 00:30:47.663

합쳐져도 줄어들고요.

00:30:47.763 --> 00:30:49.617

쪼개져도 줄어듭니다.

00:30:49.717 --> 00:30:52.263

그러면 질량이 줄어들어,
질량이 없어졌다는 소리죠?

00:30:52.363 --> 00:30:53.698

그러면 이 줄어든 질량.

00:30:53.798 --> 00:30:56.472

없어진 질량은 어디로 갔을까?

00:30:56.572 --> 00:31:03.445

이 없어진 질량, 줄어든 질량이
바로 뭘 만들어내느냐,

00:31:03.545 --> 00:31:05.802

에너지를 만들어냅니다.

00:31:05.902 --> 00:31:08.441

그래서 이 에너지를 우리는
뭐라고 부르느냐,

00:31:08.541 --> 00:31:12.467

질량결손에 의한 에너지다,
라고 부르구요.

00:31:12.567 --> 00:31:15.778
이 에너지가 바로 어떤 값인 거냐,

00:31:15.878 --> 00:31:20.492
변화된 질량, 줄어든
질량의 에너지 값으로

00:31:20.592 --> 00:31:24.187
이런 공식을 만족하게 되는 겁니다.

00:31:25.268 --> 00:31:31.937
결국 원자핵의 반응을 통해서
질량 결손을 이끌어낼 수 있고

00:31:32.037 --> 00:31:36.534
그 질량 결손에 의해서 어마무시한
에너지를 만들어낼 수 있죠.

00:31:36.634 --> 00:31:42.613
그 어마무시한 에너지를 무기로
만든 게 바로 핵폭탄입니다.

00:31:42.713 --> 00:31:46.719
이 원리를 알아낸 사람이
바로 아인슈타인이었어요.

00:31:46.819 --> 00:31:50.941
그러니까 원자폭탄을 만들 때 그렇게
아인슈타인한테 목을 매달아서

00:31:51.041 --> 00:31:54.407
같이 만들자고 했겠죠.

00:31:54.507 --> 00:31:56.326
그런데 아인슈타인이
멋진 건 뭔지 아세요?

00:31:56.426 --> 00:32:00.810
그렇게 어마어마한 돈을 주면서
같이 만들자고 달라붙는

00:32:00.910 --> 00:32:05.754
그 사람들을 딱 거절하고 아인슈타인은
반핵 운동을 펼쳤습니다.

00:32:05.854 --> 00:32:09.037
나는 핵폭탄을 만드는 걸 반대한다.

00:32:09.137 --> 00:32:12.162
이런 주장을 펼치기도 했었습니다.

00:32:12.262 --> 00:32:16.283
어쨌든 이게 바로 질량결손에
의한 에너지다.

00:32:16.383 --> 00:32:20.380
이렇게 원자핵이 작은
애들이 합쳐져서

00:32:20.480 --> 00:32:23.953

커지는 원자핵 반응을 우리는
뭐라고 부르는지 아세요?

00:32:24.053 --> 00:32:29.362
이런 핵반응을 우리는 핵융합
반응이라고 부르고요.

00:32:29.462 --> 00:32:35.337
이처럼 큰 덩어리의 원자핵이 작은
덩어리의 원자핵으로 쪼개지는 반응을

00:32:35.437 --> 00:32:39.522
우리는 핵분열 반응이라고
불러줍니다.

00:32:39.622 --> 00:32:42.306
어쨌든 중요한 건 거듭 말씀드리지만

00:32:42.406 --> 00:32:50.140
핵이 융합하든 핵이 분열하든 무조건
질량결손이 일어나서 에너지가 발생한다.

00:32:50.240 --> 00:32:55.687
그러면 다시 핵반응 식으로
넘어가도록 할게요.

00:32:55.787 --> 00:32:58.875
합쳐질지 쪼개질지
어떻게 될지 모르지만

00:32:58.975 --> 00:33:03.843
어쨌든 무조건 핵이 반응하고 나면
여기에 무조건 뭐가 나와요?

00:33:03.943 --> 00:33:05.798
에너지가 나옵니다.

00:33:05.898 --> 00:33:08.555
이 에너지는 어떻게 된 에너지라고?

00:33:08.655 --> 00:33:11.658
질량이 줄어든 에너지입니다.

00:33:11.758 --> 00:33:14.197
질량결손에 의한 에너지입니다.

00:33:14.297 --> 00:33:15.995
그 말은 뭘 의미하느냐,

00:33:16.095 --> 00:33:18.575
지금 원자핵 2개가
이쪽에 있습니다.

00:33:18.675 --> 00:33:19.749
핵반응 전이죠?

00:33:19.849 --> 00:33:27.245
이 원자핵 2개에 질량을 합친
것과 원자핵 핵반응하고 나서

00:33:27.345 --> 00:33:33.892

원자핵들의 질량을 합친 것은
무조건 어느 쪽에 질량이 커요?

00:33:33.992 --> 00:33:42.474
핵반응 전의 질량이 핵반응
후의 질량보다 무조건 큼니다.

00:33:42.574 --> 00:33:49.431
무조건 핵반응 전의 질량이
핵반응 후의 질량보다 커요.

00:33:50.412 --> 00:33:53.750
이걸 헛갈려서 질량수량
헛갈리면 안 돼요.

00:33:53.850 --> 00:33:57.486
질량수는 어때요?

00:33:57.586 --> 00:33:58.477
핵자 수야.

00:33:58.577 --> 00:34:00.535
핵을 구성하고 있는 입자 수야.

00:34:00.635 --> 00:34:04.404
질량수는 핵이 반응되기
전의 질량수량

00:34:04.504 --> 00:34:08.526
핵이 반응하고 나서의
질량수는 달라지지 않습니다.

00:34:08.626 --> 00:34:10.530
질량수는 달라지지 않고요.

00:34:10.630 --> 00:34:14.324
질량은 줄어든다고요.

00:34:14.424 --> 00:34:21.999
그러면 핵반응이 일어나는
실제 핵반응 예를 좀 보면서

00:34:22.099 --> 00:34:25.416
조금 더 설명을
드려나가보도록 할게요.

00:34:25.516 --> 00:34:29.535
일단 대표적인 핵반응식입니다.

00:34:29.635 --> 00:34:35.194
바로 뭐냐, 수소와 이건
어떤 수소인 거야?

00:34:35.294 --> 00:34:39.610
양성자 1개에 중성자 1개가
들어있는 수소인 거죠?

00:34:39.710 --> 00:34:46.258
이 수소랑 양성자 1개에 중성자
2개가 들어있는 수소를

00:34:46.358 --> 00:34:49.834

강제로 조건을 만들어서
합쳐주잖아요?

00:34:49.934 --> 00:34:55.246

그러면 어떻게 되느냐, 바로
문제로 한번 바꿔내 볼게요.

00:34:55.346 --> 00:35:00.679

□+중성자 0, 1.

00:35:00.779 --> 00:35:03.284

이거 한번 확인해보도록 하겠습니다.

00:35:03.384 --> 00:35:04.929

0, 1이라고 썼죠?

00:35:05.029 --> 00:35:08.173

0, 1이라고 썼다는 건 뭘까.

00:35:08.273 --> 00:35:14.382

아래쪽의 숫자가 0이라고
써졌다는 건 뭘까요?

00:35:14.482 --> 00:35:16.243

양성자는 아니라는 소리죠.

00:35:16.343 --> 00:35:18.655

양성자가 0이라는 소리죠,
양성자가 없다는 소리야.

00:35:18.755 --> 00:35:20.592

그런데 위쪽에 뭘 써줬어?

00:35:20.692 --> 00:35:21.828

1이라고 써줬어.

00:35:21.928 --> 00:35:24.934

위쪽의 숫자는 뭘 써주기로 했어요?

00:35:25.034 --> 00:35:28.812

양성자 수+중성자 수를
써주기로 했어요.

00:35:28.912 --> 00:35:34.801

양성자 수는 0인데 양성자
수+중성자 수는 1이야.

00:35:34.901 --> 00:35:38.036

그러면 애는 뭐가 되는 겁니까?
중성자인 거죠.

00:35:38.136 --> 00:35:44.139

그래서 중성자는 반드시
기억하고 있어야 돼.

00:35:44.239 --> 00:35:47.726

0, 1로 쓰여집니다.

00:35:47.826 --> 00:35:51.873

그리고 여기에서

에너지가 나왔습니다.

00:35:53.116 --> 00:35:55.204

그러면 애는 뭘까.

00:35:55.304 --> 00:35:57.929

이걸 여러분이 맞출
수 있어야 됩니다.

00:35:58.029 --> 00:35:59.658

그런데 쉬워, 어떻게 맞추면 돼?

00:35:59.758 --> 00:36:04.417

아래쪽 숫자의 합은 아래쪽
숫자의 합과 같아야 되고요.

00:36:04.517 --> 00:36:08.545

위쪽 숫자의 합은 위쪽 숫자의
합과 같아야 됩니다.

00:36:08.645 --> 00:36:11.513

아래쪽 숫자의 합이 얼마입니까, 지금?
2죠.

00:36:11.613 --> 00:36:14.705

그러면 아래쪽의 숫자의
합도 2여야 됩니다.

00:36:14.805 --> 00:36:17.112

그러면 애는 아래쪽에 무슨
숫자가 들어가는 거야?

00:36:17.212 --> 00:36:19.907

2가 들어가는 거죠.

00:36:20.007 --> 00:36:22.601

위쪽 숫자의 합은 얼마입니까?
5죠?

00:36:22.701 --> 00:36:25.415

그러면 이쪽도 위쪽 숫자의
합은 얼마여야 돼.

00:36:25.515 --> 00:36:26.263

5여야 돼.

00:36:26.363 --> 00:36:30.377

그런데 여기에 뭐가 있어? 1이
있으니까 여기에 뭐가 들어가야 돼?

00:36:30.477 --> 00:36:33.688

4가 들어가야 되는 겁니다.

00:36:33.788 --> 00:36:37.958

그래서 애는 뭐라는
걸 알 수 있어요?

00:36:38.058 --> 00:36:44.839

원자핵 안에 양성자가 2개 들어있고
중성자는 중성자도 2개 들어있는 애구나.

00:36:44.939 --> 00:36:49.437

물론 양성자가 2개 들어있는
원소의 이름은 헬륨이죠.

00:36:49.537 --> 00:36:51.349

그것까지는 몰라도 된다고.

00:36:51.449 --> 00:36:56.202

그렇지만 이 계산을 통해서 여기가
2고 여기가 4가 된다는 것만

00:36:56.302 --> 00:36:59.892

여러분이 반드시 기억하고
계셔야 된다고요.

00:37:00.759 --> 00:37:02.964

그래서 이런 걸 알 수 있고요.

00:37:03.064 --> 00:37:04.801

여기서 문제 한번 내볼게요.

00:37:04.901 --> 00:37:14.112

애는 애네들의 질량은 애네들의 질량보다
클까요, 작을까요, 같을까요?

00:37:14.212 --> 00:37:15.648

질량을 물었어요.

00:37:15.748 --> 00:37:20.664

애네들의 질량이 클까요,
애네들의 질량이 클까요?

00:37:20.764 --> 00:37:23.080

무조건 애네들의 질량이 큼니다.

00:37:23.180 --> 00:37:26.994

애네들의 질량이 애네들의
질량보다 크니까

00:37:27.094 --> 00:37:33.374

질량이 줄어들어서 에너지가 발생했다고
이야기할 수 있게 되는 거죠.

00:37:33.474 --> 00:37:34.350

되셨나요?

00:37:34.450 --> 00:37:37.442

애는 핵융합일까, 핵분열일까.

00:37:37.542 --> 00:37:40.318

애는 핵융합입니다.

00:37:40.418 --> 00:37:48.233

왜? 원자번호가 작은 애들이, 질량수가
작은 애들이 합쳐져서 질량수가 큰 애들.

00:37:48.333 --> 00:37:50.387

원자번호가 큰 애들을 만들었죠.

00:37:50.487 --> 00:37:56.363

이런 핵반응을 우리는

핵융합이라고 불러요.

00:37:56.463 --> 00:38:01.273

이러한 핵융합을 보여주는
대표적인 애가 바로 누구야?

00:38:01.373 --> 00:38:02.791

태양이죠.

00:38:02.891 --> 00:38:06.850

우리가 그래서 이런 핵반응을
인위적으로 만들기 위해서

00:38:06.950 --> 00:38:09.206

열심히 뭘 만들고 있어요?

00:38:09.306 --> 00:38:12.328

인공태양로를 만들고 있죠.

00:38:12.428 --> 00:38:14.581

핵융합로를 만들고 있습니다.

00:38:14.681 --> 00:38:16.807

열심히 만들고 있어요, 지금.

00:38:16.942 --> 00:38:20.756

이거만 만들어지면 우리가
에너지 걱정 없이

00:38:20.856 --> 00:38:26.263

전기 에너지 걱정 없이 원자력
발전소의 위험부담 없이

00:38:26.363 --> 00:38:28.704

생활할 수 있을 거다,
라고 생각하고 있어요.

00:38:28.804 --> 00:38:33.882

물론 이 인공태양이 만들어져도
그에 따른 위험부담은 있겠죠.

00:38:33.982 --> 00:38:37.925

태양이 여기 있는 건데
얼마나 위험하겠습니까?

00:38:38.025 --> 00:38:39.808

그래서 그 태양을 여기다 만들었는데

00:38:39.908 --> 00:38:44.081

문제는 그 태양을, 그 뜨거운
열을 가둘 수 있는

00:38:44.181 --> 00:38:45.740

그릇이 필요하지 않습니까?

00:38:45.840 --> 00:38:48.969

그래서 인공태양로 같은
경우는, 핵융합 같은 경우는

00:38:49.069 --> 00:38:54.086

그 뜨거움을 가둘 수 있는 그릇을

만드는 게 핵심이거든요.

00:38:54.186 --> 00:38:57.504

그래서 그것을
핵융합이라고 불러주죠.

00:38:57.604 --> 00:39:00.988

그거를 지금 열심히 연구하면서
만들고 있습니다.

00:39:01.088 --> 00:39:03.442

어쨌든 핵융합에 대한 내용이었고요.

00:39:03.542 --> 00:39:08.024

그다음은 이제 쪼개지는
거 한번 해볼게요.

00:39:08.124 --> 00:39:09.461

쪼개지는 거 뭐라고?

00:39:09.561 --> 00:39:13.242

핵분열.

00:39:13.342 --> 00:39:18.594

핵분열에 가장 많이 이용되는 원소는
바로 뭐냐, 우라늄이예요.

00:39:18.694 --> 00:39:21.704

그래서 우라늄에는
상식으로 말씀드리면

00:39:21.804 --> 00:39:25.597

238 우라늄이라는 것과
235 우라늄이 있는데요.

00:39:25.697 --> 00:39:27.206

어쨌든 보도록 하겠습니다.

00:39:27.306 --> 00:39:30.919

우라늄은 원자번호가 92번입니다.

00:39:31.019 --> 00:39:32.329

외우고 있을 필요는 없어요.

00:39:32.429 --> 00:39:34.268

이건 외울 건 아니야.

00:39:34.368 --> 00:39:36.817

우라늄은 원자번호가 92번입니다.

00:39:36.917 --> 00:39:39.657

그러면 원자번호가 92번이라는
건 뭘 의미할까?

00:39:39.757 --> 00:39:40.878

이걸 알고 있어야 되죠?

00:39:40.978 --> 00:39:44.001

원자번호가 92번이라는
건 뭘 의미해?

00:39:44.101 --> 00:39:49.410

원자핵 안에 양성자가 92개
있다는 말인 거잖아.

00:39:49.510 --> 00:39:51.378

그거를 92라고 표현하고요.

00:39:51.478 --> 00:39:56.564

그러면 이 우라늄은 235 우라늄이
있고 238 우라늄이 있습니다.

00:39:56.664 --> 00:40:01.785

우라늄을 표현할 때 92에
238로 표현하기도 하고

00:40:01.885 --> 00:40:04.221

92에 235로 표현하기도 합니다.

00:40:04.321 --> 00:40:06.891

그러면 애네는 뭐가 다른 걸까?

00:40:06.991 --> 00:40:10.384

235 우라늄과 238
우라늄은 뭐가 다른 걸까요?

00:40:10.484 --> 00:40:15.245

똑같은 우라늄인데 중성자
수가 다른 거죠.

00:40:15.345 --> 00:40:16.930

누가 중성자가 더 많은 거야?

00:40:17.030 --> 00:40:22.974

그렇죠, 235 우라늄이 238
우라늄보다 중성자 수가 더 적죠?

00:40:23.074 --> 00:40:25.112

그거를 판단할 수 있습니다.

00:40:25.212 --> 00:40:28.371

그래서 핵분열은 대표적으로
우리가 어떻게 아느냐,

00:40:28.471 --> 00:40:30.537

이 우라늄 덩어리가 있으면

00:40:30.637 --> 00:40:36.690

이 우라늄 덩어리에 들어있는
우라늄 원자핵 1개에

00:40:36.790 --> 00:40:39.851

중성자 1개를 뺏 싸줘요.

00:40:39.951 --> 00:40:44.733

그러면 이 중성자 1개를 뺏
싸주면 애가 핵반응을 해서

00:40:44.833 --> 00:40:47.393

어떤 원소인지는 기억하진
않으셔도 되고요.

00:40:47.493 --> 00:40:54.080
여기서 잠깐 보면 56에 141이라고
써지는 원자핵이 만들어지고

00:40:54.180 --> 00:40:57.031
그리고 또 다른 원자핵이
하나 만들어지고

00:40:57.131 --> 00:41:02.011
그리고 중성자가 3개가
나왔다고 생각해봅시다.

00:41:02.111 --> 00:41:05.542
그리고 당연히 여기에 뭐가 나와요?
에너지가 나오죠.

00:41:05.642 --> 00:41:11.840
그러면 제가 PDF
교재에는 다 써놓긴 했지만

00:41:11.940 --> 00:41:14.515
애가 뭔지 한번 맞춰봅시다.

00:41:14.615 --> 00:41:16.284
어떤 방법으로 맞힐 수 있어요?

00:41:16.384 --> 00:41:17.579
역시나 마찬가지로?

00:41:17.679 --> 00:41:24.251
아래쪽 숫자의 합은 아래쪽
숫자의 합과 같아야 되고요.

00:41:24.351 --> 00:41:29.681
위쪽 숫자의 합은 위쪽 숫자의
합과 같아야 됩니다.

00:41:29.781 --> 00:41:31.672
아래쪽 숫자 몇입니까?

00:41:31.772 --> 00:41:34.314
 $92+0$ 이니까 92죠?

00:41:34.414 --> 00:41:38.699
그러면 이쪽도 아래쪽 숫자의 합은 얼마여야 돼요?
92여야 됩니다.

00:41:38.799 --> 00:41:40.694
그런데 애 얼마야? 56이고

00:41:40.794 --> 00:41:44.346
애 얼마야? 0이니까
애는 얼마짜리입니까?

00:41:44.446 --> 00:41:47.002
36짜리구나, 라는
걸 알 수 있죠.

00:41:47.102 --> 00:41:50.330
결국 애는 원자번호 36번.

00:41:50.430 --> 00:41:56.127
즉 양성자 수가 36개 들어있는
아이구나, 라는 걸 알 수 있다고요.

00:41:56.227 --> 00:41:58.243
그러면 애, 위쪽 보겠습니다.

00:41:58.343 --> 00:42:01.318
위쪽의 숫자의 합이 얼마입니까?
236이죠?

00:42:01.418 --> 00:42:06.272
그러면 이쪽도 위쪽 숫자의 합이 얼마여야 됩니까?
236이어야 되는데

00:42:06.372 --> 00:42:08.031
여기에 얼마가 있습니까?

00:42:08.131 --> 00:42:09.401
141이 있고요.

00:42:09.501 --> 00:42:11.180
여기에 얼마가 있어?

00:42:11.280 --> 00:42:14.351
1개가 있는 거야? 아니죠.

00:42:14.451 --> 00:42:18.117
여기에는 1개 곱하기
3개니까 3개가 있는 거죠.

00:42:18.217 --> 00:42:22.326
중성자가 3개가
나왔다는 뜻인 거잖아.

00:42:22.426 --> 00:42:23.268
그래서 3입니다.

00:42:23.368 --> 00:42:25.613
그러면 144인 거죠?

00:42:25.713 --> 00:42:27.498
 $3+141=144$.

00:42:27.598 --> 00:42:29.470
여기는 236.

00:42:29.570 --> 00:42:33.845
그러니까 여기는 숫자가 얼마가 돼?
92가 되는 거죠.

00:42:33.945 --> 00:42:35.301
그리고 애에 대해서 묻는 거야.

00:42:35.401 --> 00:42:36.996
이걸 안 써놓고 묻는 거야.

00:42:37.096 --> 00:42:39.943
애는 양성자가 몇 개니,
애는 중성자가 몇 개니,

00:42:40.043 --> 00:42:42.310
애는 질량수가 얼마니.

00:42:42.410 --> 00:42:46.179
이런 것들을 이렇게 물을 수 있는
문제가 출제될 수 있는 거죠.

00:42:46.279 --> 00:42:48.944
여기서 또 하나 중요하게
기억해야 될 거.

00:42:49.044 --> 00:42:53.970
애네 둘을 합한 질량이 커요,
애네들을 합한 질량이 커요?

00:42:54.070 --> 00:42:56.329
어느 쪽의 질량이 커요?

00:42:56.429 --> 00:43:03.703
질량은 무조건 핵변환 전의 질량이
핵변환 후의 질량보다 크다고요.

00:43:03.803 --> 00:43:05.327
그러니까 질량이 어떻게 됐어?

00:43:05.427 --> 00:43:10.078
줄어들어서 그 줄어든 질량으로
에너지가 만들어진 겁니다.

00:43:10.178 --> 00:43:15.648
그래서 이 에너지를 우리는 질량 결손에
의한 에너지다, 라고 부른다 그랬죠.

00:43:15.748 --> 00:43:17.773
질량수는 달라지지 않아요.

00:43:17.873 --> 00:43:20.146
그렇지만 질량은 줄어든다.

00:43:20.246 --> 00:43:23.031
반드시 머릿속에 기억하고
계셔야 되고요.

00:43:23.131 --> 00:43:26.995
여기서 마지막 하나만 더
말씀드리고 넘어가면

00:43:27.095 --> 00:43:29.833
핵융합에서도 에너지가 만들어지고

00:43:29.933 --> 00:43:32.119
핵분열에서도 지금
에너지가 만들어지죠?

00:43:32.219 --> 00:43:35.504
그런데 이 에너지는 보통 한
어느 정도의 에너지냐,

00:43:35.604 --> 00:43:41.756
약 20MeV의 에너지입니다.

00:43:41.856 --> 00:43:47.433

이 Mega는 뭐죠?

10의 6승입니다.

00:43:47.533 --> 00:43:51.160

그리고 Electron

Volt도 에너지 단위예요.

00:43:51.260 --> 00:43:54.507

에너지 단위가 J만

있는 게 아니거든요.

00:43:54.607 --> 00:43:57.423

Electron Volt라는

에너지 단위도 있습니다.

00:43:57.523 --> 00:44:01.362

어쨌든 우리 교재에는 제가

17.7이라고 써놨지만

00:44:01.462 --> 00:44:03.729

대략 20이라고 표현을 했어요.

00:44:03.829 --> 00:44:07.191

어쨌든 20MeV

에너지가 만들어졌고

00:44:07.291 --> 00:44:14.263

핵분열에서는 보통 한 200MeV의

에너지가 만들어집니다.

00:44:14.363 --> 00:44:17.800

Mega는 10의 6승이고요.

00:44:17.900 --> 00:44:19.048

Giga는 10의 9승.

00:44:19.148 --> 00:44:21.384

Tera는 10의 12승.

00:44:21.521 --> 00:44:23.178

Kilo는 10의 3승.

00:44:23.278 --> 00:44:26.112

이 정도는 상식으로

알고 있는 거죠?

00:44:26.212 --> 00:44:31.414

우리 테라바이트, 기가바이트,

메가바이트 이런 거 쓰잖아.

00:44:31.514 --> 00:44:34.443

그 메가가 10의 6승을

의미하는 거였어요.

00:44:34.543 --> 00:44:35.721

어쨌든 봅시다.

00:44:35.821 --> 00:44:37.884

그러면 이제 아주 단순하게만 보면

00:44:37.984 --> 00:44:42.731

핵융합에서는 20MeV의
에너지가 나오지요.

00:44:42.831 --> 00:44:46.003

핵분열에서는 200MeV의
에너지가 나와요.

00:44:46.103 --> 00:44:48.593

그러면 누가 에너지가 더
많이 나오는 거죠?

00:44:48.693 --> 00:44:55.306

얼핏 보면 핵분열이 핵융합보다 더
많은 에너지를 만들어내는 거 같죠.

00:44:55.406 --> 00:45:00.327

그런데 핵융합이 더 많은 에너지를
만들어낸다고 보통 표현을 합니다.

00:45:00.427 --> 00:45:01.569

왜일까요?

00:45:01.669 --> 00:45:03.413

왜냐하면 이렇게 되는 거죠.

00:45:03.513 --> 00:45:10.296

거듭 말씀드리지만, 질량을 줄여서
에너지를 만들어내는 거야.

00:45:10.396 --> 00:45:17.361

애네는 질량을 갖고 있었던
애가 5개였어요.

00:45:17.461 --> 00:45:24.078

5개짜리가 질량을 줄여서 20의
에너지를 만들어내는 겁니다.

00:45:24.178 --> 00:45:28.986

여기서는 질량을 갖고
있는 애가 236개죠?

00:45:29.086 --> 00:45:35.530

236개가 질량을 줄여서 200의
에너지를 만들어내는 거야.

00:45:35.630 --> 00:45:38.345

여기는 5개가 20의 에너지래.

00:45:38.445 --> 00:45:41.607

여기는 236개가
200의 에너지래.

00:45:41.707 --> 00:45:45.797

하나당 누가 더 에너지를 많이
만들어냈다고 볼 수 있어요?

00:45:45.897 --> 00:45:52.318

애, 핵융합이 애, 핵분열보다
더 많은 에너지를 만들어냈다.

00:45:52.418 --> 00:45:54.378

그래서 이러한 표현을
뭐라고 부르느냐,

00:45:54.478 --> 00:45:56.743

핵자당 에너지라고 부릅니다.

00:45:56.843 --> 00:46:01.573

핵자당 에너지가 핵융합이
핵분열보다 훨씬 더 크죠.

00:46:01.673 --> 00:46:05.363

그러니까 효율이 이쪽이 훨씬 더
좋은 거라고 이야기할 수 있죠.

00:46:05.463 --> 00:46:11.266

애는 5개로 20, 애는
236개로 200.

00:46:11.366 --> 00:46:17.712

이러한 표현 때문에 우리가 끊임없이
핵융합 발전을 하기 위해서

00:46:17.812 --> 00:46:22.046

연구에 연구를 하고 있는 겁니다.

00:46:22.146 --> 00:46:27.116

그러면 문제 한번 해결해
나가보도록 하겠습니다.

00:46:27.216 --> 00:46:33.826

원자핵의 질량은 원자핵을
구성하고 있는 양성자와 중성자

00:46:33.926 --> 00:46:36.407

각각의 질량의 합보다
큰가, 작은가?

00:46:36.507 --> 00:46:38.709

이게 무슨 말이나, 예를 들어
한번 보도록 하겠습니다.

00:46:38.809 --> 00:46:42.339

여기 지금 헬륨이 있다고
생각해보겠습니다.

00:46:42.439 --> 00:46:44.649

2, 4라고 써져있는
헬륨이 있습니다.

00:46:44.749 --> 00:46:47.891

그러면 2, 4라고 써져있는
헬륨은 어떻게 되는 거야?

00:46:47.991 --> 00:46:53.518

양성자가 몇 개 있어요?
2개 있고요.

00:46:53.618 --> 00:47:00.024

중성자가 몇 개 있는 애야?
2개 있는 아이입니다.

00:47:00.124 --> 00:47:12.721
그러면 애의 질량은 양성자 2개에
중성자 2개가 결합되어있는

00:47:12.821 --> 00:47:15.421
헬륨 원자핵의 질량은

00:47:15.521 --> 00:47:24.256
양성자 질량+양성자 질량+중성자
질량+중성자 질량의 합보다 클까, 작을까.

00:47:24.356 --> 00:47:27.414
즉 애를 결합시켜놓은 질량은

00:47:27.514 --> 00:47:33.943
양성자 1개+양성자 1개+중성자
1개+중성자 1개의 질량보다

00:47:34.043 --> 00:47:39.717
어느 쪽이 더 무거울까,
라는 이야기입니다.

00:47:39.817 --> 00:47:44.732
그러면 예를 들어서 양성자 1개의
질량을 1이라고 하겠습니다.

00:47:44.832 --> 00:47:47.839
양성자 1개의 질량을
1이라고 할게요.

00:47:47.939 --> 00:47:56.102
중성자 1개의 질량은 실제로 중성자가
양성자보다 아주 조금 더 무겁습니다.

00:47:56.202 --> 00:48:01.654
그래서 예를 들어서 1.01,
1.01이라고 해볼게요.

00:48:01.754 --> 00:48:05.295
양성자 1개의 질량 1,
양성자 1개의 질량 1,

00:48:05.395 --> 00:48:09.372
중성자 1개의 질량 1.01,
중성자 1개의 질량 1.01.

00:48:09.472 --> 00:48:12.145
이거 합치면 당연히 얼마가
나와야 되는 거죠?

00:48:12.245 --> 00:48:14.889
4.02가 나와야 되죠?

00:48:14.989 --> 00:48:19.920
그러면 애네 4개가 합쳐있는
헬륨 원자핵의 질량은

00:48:20.020 --> 00:48:23.929
4.02일 것이냐를 묻은 문제야.

00:48:24.029 --> 00:48:25.850
어떨까요?

00:48:26.990 --> 00:48:28.649
작습니다.

00:48:28.749 --> 00:48:35.106
헬륨 원자핵의 질량은
4.02보다 작습니다.

00:48:35.206 --> 00:48:43.774
왜? 애네들이 합쳐져서, 결합해서
헬륨 원자핵을 만든 거죠.

00:48:43.874 --> 00:48:46.290
일종의 뭐라고 우리는
분석할 수 있어요?

00:48:46.390 --> 00:48:50.565
핵융합이라고 분석할 수 있습니다.

00:48:50.665 --> 00:48:53.706
그러면 왜 질량이 줄어드느냐,

00:48:53.806 --> 00:48:55.987
그 이야기를 좀
근본적으로 해볼게요.

00:48:56.087 --> 00:48:58.548
질량이 왜 줄고
에너지는 왜 나오냐.

00:48:58.648 --> 00:49:04.326
바로 뭐냐면, 애네들이 양성자 2개와
중성자 2개들이 결합을 하죠.

00:49:04.426 --> 00:49:06.268
결합하려면 어떻게 됩니까?

00:49:06.368 --> 00:49:19.643
붙으려면 강하게 결합을
해야 되잖아.

00:49:21.111 --> 00:49:26.142
그러려면 꼭 끌어안아야 됩니다.

00:49:26.242 --> 00:49:28.666
꼭 뭉쳐야 됩니다.

00:49:28.766 --> 00:49:33.803
그러면 뭐가 필요하죠?
에너지가 필요합니다.

00:49:33.903 --> 00:49:37.935
애네들이 뭉칠 건데
에너지를 아무도 안 줘.

00:49:38.035 --> 00:49:41.330
에너지를 아무도 안
주는데 뭉쳐야 돼.

00:49:41.430 --> 00:49:42.345
뭉치고 싶어.

00:49:42.445 --> 00:49:45.230
자기들끼리 에너지
없이 뭉치고 싶어.

00:49:45.330 --> 00:49:47.161
그런데 뭉치려면
에너지가 있어야 돼.

00:49:47.261 --> 00:49:48.528
그런데 아무도 에너지를 안 줘.

00:49:48.628 --> 00:49:50.675
그러니까 어떻게 하는 거야?

00:49:50.775 --> 00:49:53.358
자기들 몸에서 에너지를
빼내는 겁니다.

00:49:53.458 --> 00:49:59.778
자기들 몸에서 에너지를 뽑아서 자기들끼리
뭉치고 싶어서 뭉치는 거죠.

00:49:59.878 --> 00:50:00.877
우리도 그렇잖아.

00:50:00.977 --> 00:50:03.654
좋아하는 사람이랑 끌어안고 싶잖아,

00:50:03.754 --> 00:50:05.387
강하게 포옹하고 싶잖아.

00:50:05.487 --> 00:50:11.510
누가 옆에서 붙이지 않으면 스스로
딱 끌고 안고 있어야 되죠.

00:50:11.610 --> 00:50:14.225
그러려면 에너지가 필요하고요.

00:50:14.325 --> 00:50:17.369
그 에너지를 자기 몸
안에서 끌어내야 되죠.

00:50:17.469 --> 00:50:21.209
자기 몸 안에서 끌어낼 수 있는
유일한 에너지는 바로 뭐야?

00:50:21.309 --> 00:50:23.182
질량을 이용한 에너지입니다.

00:50:23.282 --> 00:50:28.781
그래서 애네들이 스스로
자기들의 질량을 줄여서

00:50:28.881 --> 00:50:33.375
에너지로 바꾸면서 뭉치는 겁니다.

00:50:33.475 --> 00:50:40.410
그러니까 뭉쳐진 질량은 실제

따로따로의 질량보다 작고요.

00:50:40.510 --> 00:50:42.250
뭉치면서 뭐가 발생해요?

00:50:42.350 --> 00:50:44.573
에너지가 발생하는 거죠.

00:50:44.673 --> 00:50:50.052
그 뭉치는 에너지가 바로 질량
결손에 의한 에너지이고요.

00:50:50.152 --> 00:50:53.973
그 뭉치는 에너지가
바로 표출되는 겁니다.

00:50:58.456 --> 00:50:59.874
그 에너지가 나오는 거라고.

00:50:59.974 --> 00:51:03.907
그래서 우리는 그 에너지를 조금 있어
보이는 용어로 뭐라고 부르느냐,

00:51:04.007 --> 00:51:07.155
결합에너지라고 불러요.

00:51:07.255 --> 00:51:11.640
이 결합에너지가 바로 질량결손에
의한 에너지였던 거야.

00:51:11.740 --> 00:51:17.233
그래서 원자핵이 합쳐져도 결합하기
위해서 에너지가 필요하고요.

00:51:17.333 --> 00:51:22.034
원자핵이 쪼개지면 쪼개진 애들끼리.

00:51:22.134 --> 00:51:24.315
다시 한번 볼까요?

00:51:24.415 --> 00:51:25.511
이렇게 쪼개지잖아?

00:51:25.611 --> 00:51:27.907
애가 지금 쪼개진 거죠?

00:51:28.007 --> 00:51:33.604
그러면 쪼개지고 난 애네들끼리는
또 뚝뚝 뭉쳐야 되잖아.

00:51:33.704 --> 00:51:36.001
애네들끼리 뚝뚝 뭉치기 위해서.

00:51:36.101 --> 00:51:40.007
애는 애대로 뚝뚝 뭉치고 애는
애대로 뚝뚝 뭉치기 위해서

00:51:40.107 --> 00:51:44.919
질량을 줄여서 에너지를
쓰는 겁니다.

00:51:45.019 --> 00:51:48.515
그렇게 만들어진 에너지라고요.

00:51:48.615 --> 00:51:56.049
그래서 각각 입자 하나의
질량보다 합쳐진 질량이

00:51:56.149 --> 00:52:01.586
더 작다는 표현을 할
수 있게 되는 거죠.

00:52:01.686 --> 00:52:07.916
그러면 실제 수능에서는 이
문제들이 어떻게 출제되었었는지를

00:52:08.016 --> 00:52:10.690
좀 확인해 나가보도록 하겠습니다.

00:52:10.790 --> 00:52:13.733
1번은 앞서 말씀드렸듯이

00:52:13.833 --> 00:52:19.020
이 질량 에너지 동등성은
특수상대성이론에서 출발한 거고요.

00:52:19.120 --> 00:52:24.451
그래서 특수상대성이론과 엮여서
문제가 출제될 수도 있습니다.

00:52:24.551 --> 00:52:26.985
그래서 이것도 다시
한번 확인해보면서

00:52:27.085 --> 00:52:31.471
특수상대성이론 복습하면서
문제를 해결해보도록 할게요.

00:52:31.571 --> 00:52:42.825
문제를 봤더니 관찰자 A는
지금 가만히 서 있는 거죠.

00:52:42.925 --> 00:52:47.503
지금 p 점과 q 점 사이에
A는 가만히 서 있습니다.

00:52:47.603 --> 00:52:56.371
그에 비해서 관찰자 B는 양성자랑
똑같은 속도로 움직이고 있습니다.

00:52:58.548 --> 00:53:04.774
이때 A가 측정한 p와
q 사이의 거리는,

00:53:04.874 --> 00:53:08.695
특수상대성이론은 누가 봤을
때가 중요하다고 그랬죠.

00:53:08.795 --> 00:53:15.538
A가 봤을 때 p와 q 사이의 거리는
L이다, 라고 나와 있고요.

00:53:15.638 --> 00:53:23.032
그리고 B가 측정한 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 T라고 되어있습니다.

00:53:23.132 --> 00:53:26.033
B는 양성자랑 똑같은 속도로 움직이고 있어요.

00:53:26.133 --> 00:53:29.866
결국 B는 양성자 입장에서 본다는 것과

00:53:29.966 --> 00:53:32.722
똑같은 말이라고 생각하실 수 있는 거죠.

00:53:32.822 --> 00:53:34.667
기부터 보겠습니다.

00:53:34.767 --> 00:53:39.648
0.9cT는 L보다 작니, 라고 물었어요.

00:53:39.748 --> 00:53:43.412
0.9cT란 뭘까요?

00:53:43.512 --> 00:53:45.622
지금 애가 움직이는 속도죠?

00:53:45.722 --> 00:53:50.232
애가 움직이는 속도가 0.9c고요.

00:53:50.332 --> 00:53:51.858
그리고 거기에 뭘 곱했어요?

00:53:51.958 --> 00:53:53.513
시간을 곱했어요.

00:53:53.613 --> 00:53:57.279
그러면 속도 곱하기 시간이 뭘니까?

00:53:57.379 --> 00:53:59.373
바로 거리죠.

00:53:59.473 --> 00:54:07.294
그러면 이 0.9 곱하기 T를 곱한 거리가 L이냐를 물었어요.

00:54:08.259 --> 00:54:10.296
L이기 위해서는 어떻게 돼야 되죠?

00:54:10.396 --> 00:54:17.463
0.9c의 속도로 A가 측정한 시간이어야 합니다.

00:54:17.563 --> 00:54:18.584
맞습니까?

00:54:18.684 --> 00:54:24.765
그런데 B가 보면 B는 자기는 가만히 있고요.

00:54:24.865 --> 00:54:26.348
누가 움직이는 거로 보여요?

00:54:26.448 --> 00:54:30.483
B 또는 양성자 입장에서는
자기들은 가만히 있고

00:54:30.583 --> 00:54:33.775
p와 q가 움직여오는
거로 보입니다.

00:54:33.875 --> 00:54:36.292
p와 q가 움직여오는 거로 보이니까

00:54:36.392 --> 00:54:39.938
p와 q 사이의 거리가
어떻게 된 거로 보일까요?

00:54:40.038 --> 00:54:42.450
짧아져 보이는 거로 보이겠죠.

00:54:42.550 --> 00:54:47.381
결국 p와 q가 측정한 거리는.

00:54:47.481 --> 00:54:54.780
양성자와 B가 측정한 거리는 실제
거리보다 작은 값을 갖게 됩니다.

00:54:54.880 --> 00:54:56.733
길이수축이잖아.

00:54:56.833 --> 00:54:59.733
그런데 이 T가 누가
측정한 시간이야?

00:54:59.833 --> 00:55:02.137
B가 측정한 시간이죠.

00:55:02.237 --> 00:55:03.378
이런 상황이죠?

00:55:03.478 --> 00:55:06.277
예를 들어서 B가 측정한
시간이 2초일 때

00:55:06.377 --> 00:55:09.917
A가 측정한 시간은
4초인 상황인 거잖아.

00:55:10.017 --> 00:55:14.823
그러니까 B가 측정한 시간은,
시간에 의한 이동 거리는

00:55:14.923 --> 00:55:18.959
실제 거리 L보다 작은 값을
가질 수밖에 없습니다.

00:55:19.059 --> 00:55:22.812
그래서 γ 보기는 맞는
보기가 되는 거죠.

00:55:22.912 --> 00:55:24.940
알아듣나요?

00:55:25.040 --> 00:55:34.626
이 $0.9cT$ 가 결국은 양성자나 B가
측정한 p, q 사이의 거리라고요.

00:55:34.726 --> 00:55:41.528
지금 $0.9c$ 의 속도로 내가
쭉 오고 있는 거니까.

00:55:41.628 --> 00:55:42.459
ㄴ 보겠습니다.

00:55:42.559 --> 00:55:51.832
A가 측정한 p 와 q 사이의 이동하는 데
걸린 시간은 T 보다 작다.

00:55:51.932 --> 00:55:53.675
지금 어때요?

00:55:53.775 --> 00:55:55.505
A가 봤을 때 애가 움직이죠?

00:55:55.605 --> 00:56:02.672
애가 걸린 시간이 2초면 애가 봤을 때는
4초를 통과한다고 볼 수 있는 거죠.

00:56:02.772 --> 00:56:05.785
아니면 길이의 관점에서
생각해도 상관없죠.

00:56:05.885 --> 00:56:10.897
양성자나 B가 봤을 때는 p, q
사이의 거리가 L 보다 작아요.

00:56:10.997 --> 00:56:16.324
 $0.9c$ 로 p, q 사이의
공간이 움직여오는데

00:56:16.424 --> 00:56:19.560
 T 의 시간이 걸렸대죠.

00:56:19.660 --> 00:56:23.982
그러면 A가 봤을 때는 $0.9c$ 의
속도로 애네가 가는데

00:56:24.082 --> 00:56:27.872
애가 측정한 거리보다 더 길어야
되잖아, L 값이 더 커야 되잖아.

00:56:27.972 --> 00:56:35.849
그러기 위해서는 A가 측정한 시간이
결국 이 T 보다는 크다는 것을 뜻하죠.

00:56:35.949 --> 00:56:42.201
 $0.9c \cdot TA$ 가 측정한
시간이어야 되지 않습니까?

00:56:42.301 --> 00:56:45.870

이게 바로 뭐야? L이잖아요.

00:56:46.917 --> 00:56:50.187

A가 측정한 거리, 이걸
B가 측정한 거리.

00:56:50.287 --> 00:56:53.650

A가 측정한 거리가 B가 측정한
거리보다 길어야 되죠?

00:56:53.750 --> 00:56:59.805

따라서 A가 측정한 시간이 B가
측정한 시간보다 더 커야 됩니다.

00:56:59.905 --> 00:57:02.819

그래서 ㄴ번 보기는 틀렸고요.

00:57:02.919 --> 00:57:04.081

ㄷ 보겠습니다.

00:57:04.181 --> 00:57:10.202

B가 측정한 양성자의
정지 에너지는 0이다.

00:57:10.302 --> 00:57:14.423

지금 B가 측정했을 때
양성자는 정지해있는 건 맞죠.

00:57:14.523 --> 00:57:16.982

정지해있다고 해서
에너지가 0인 거야?

00:57:17.082 --> 00:57:18.066

아니죠.

00:57:18.166 --> 00:57:22.712

상식적으로 생각해봐도 정지해있는
물체는 에너지가 0이야?

00:57:22.812 --> 00:57:27.513

아니죠, 정지해있는 물체는 운동에너지가
0이지, 에너지가 0은 아닙니다.

00:57:27.613 --> 00:57:31.661

상식적으로 생각해봐도 위치에너지가
있을 수도 있는 거잖아.

00:57:31.761 --> 00:57:36.602

정지해있다고 해서 무조건 에너지가
0이다, 라고 단정할 수 없을뿐더러

00:57:36.702 --> 00:57:39.705

여기서 이야기한 정지에너지라는
건 바로 뭐야?

00:57:39.805 --> 00:57:42.101

정지 질량에 의한 에너지.

00:57:42.201 --> 00:57:48.311

$E=mc^2$ 에 의한
에너지를 묻은 겁니다.

00:57:48.411 --> 00:57:51.634

그게 아니더라도, 그런
의미로 여러분이 몰랐더라도

00:57:51.734 --> 00:57:53.932

거듭 이야기하지만 정지해있다고 해서

00:57:54.032 --> 00:57:57.782

무조건 에너지가 0이라고
단정할 수는 없습니다.

00:57:57.882 --> 00:57:58.567

위치에너지.

00:57:58.667 --> 00:58:03.244

쉽게 이야기하면 퍼텐셜 에너지도
존재할 수 있는 거니까.

00:58:03.344 --> 00:58:05.923

그래서 오해 없으셨어야
되는 거고요.

00:58:06.023 --> 00:58:08.187

그래서 ρ 보기도 틀렸습니다.

00:58:08.287 --> 00:58:13.543

그래서 이 정지 에너지의 관점이 바로
질량 에너지 동등성에 대한 내용이라서

00:58:13.643 --> 00:58:16.322

여기다 한 문제를 넣어봤고요.

00:58:16.422 --> 00:58:18.596

2번 보도록 하겠습니다.

00:58:18.696 --> 00:58:21.844

핵반응식이 나왔습니다.

00:58:21.944 --> 00:58:23.779

그러면 어떻게 해야 돼요?

00:58:23.879 --> 00:58:27.291

X가 뭔지 알아야 됩니다.

00:58:27.391 --> 00:58:31.649

X가 뭔지를 보려고 했더니
아래쪽 숫자의 합은

00:58:31.749 --> 00:58:33.607

아래쪽 숫자의 합과 같아야 되고요.

00:58:33.707 --> 00:58:36.669

위쪽 숫자의 합은 위쪽 숫자의
합과 같아야 됩니다.

00:58:36.769 --> 00:58:38.461

아래쪽 숫자의 합이 얼마입니까?

00:58:38.561 --> 00:58:40.188

2니까 여기 2고요.

00:58:40.288 --> 00:58:42.201
4니까 여기 4입니다.

00:58:42.301 --> 00:58:43.442
여기도 마찬가지로?

00:58:43.542 --> 00:58:45.634
88에 226이야.

00:58:45.734 --> 00:58:47.208
그런데 여기는 86이 있어.

00:58:47.308 --> 00:58:48.585
그러니까 2가 있어야 되죠?

00:58:48.685 --> 00:58:52.150
226이야, 여기 222가 있죠?
4죠.

00:58:52.250 --> 00:58:56.203
결국 2, 4라고 쓰여지는
애겠구나, 라는 거죠.

00:58:56.303 --> 00:58:57.413
ㄱ 보겠습니다.

00:58:57.513 --> 00:58:58.963
X의 중성자 수는?

00:58:59.063 --> 00:59:04.003
이게 4라는 건 뭐야? 양성자
수+중성자 수가 4개라는 소리죠?

00:59:04.103 --> 00:59:06.727
그런데 양성자 수가 몇 개 있대?
2개 있대.

00:59:06.827 --> 00:59:10.805
그러면 중성자는 몇 개 있어요?
2개 있는 거죠.

00:59:10.905 --> 00:59:12.004
알아들었어, 지금?

00:59:12.104 --> 00:59:17.076
아래쪽에는 양성자 수, 위쪽에는
양성자 수+중성자 수.

00:59:17.176 --> 00:59:22.930
양성자 수가 2개니까 중성자 수도
2개여야 4개가 될 수 있는 거죠.

00:59:23.030 --> 00:59:27.778
ㄴ, (나)에서 핵반응
전후 질량수의 합은 같다.

00:59:27.878 --> 00:59:28.967
이거 헛갈리면 안 되죠.

00:59:29.067 --> 00:59:31.987

질량수를 물었어요.

00:59:32.087 --> 00:59:34.972

질량을 묻지 않고
질량수를 물었어요.

00:59:35.072 --> 00:59:38.942

질량수는 무조건 어때야 됩니까?
같아야 됩니다.

00:59:39.042 --> 00:59:41.729

질량수라는 건 입자의 개수고요.

00:59:41.829 --> 00:59:44.682

입자의 개수는 달라질
리는 없는 거죠.

00:59:44.782 --> 00:59:48.327

그래서 같다, 맞는 이야기고요.

00:59:48.427 --> 00:59:49.642

ㄷ 보겠습니다.

00:59:49.742 --> 00:59:53.636

지금 이렇게 질량을 묻고 있어요.

00:59:53.736 --> 00:59:56.086

봤더니 (나) 볼까요?

00:59:56.186 --> 00:59:57.346

지금 (나) 상황인 거죠?

00:59:57.446 --> 00:59:59.206

M2, M3가 나왔으니까.

00:59:59.306 --> 01:00:05.364

애의 질량을 M2라고 표현했고요.

01:00:05.464 --> 01:00:08.667

애의 질량은 M3라고 표현했고요.

01:00:08.767 --> 01:00:11.800

애는 M1이라고 표현되어있습니다.

01:00:11.900 --> 01:00:17.639

그런데 애는 지금 몇 개가 합쳐져 있어?
2개가 합쳐져 있는 거죠.

01:00:17.739 --> 01:00:19.541

그래서 이렇게 되는 거죠.

01:00:19.641 --> 01:00:20.584

이 상황이죠?

01:00:20.684 --> 01:00:22.704

질량은 무조건 어떻게 된다고요?

01:00:22.804 --> 01:00:23.817

줄어든다 그랬죠.

01:00:23.917 --> 01:00:33.598

애의 질량이 무조건
애네들의 질량보다 큽니다.

01:00:33.698 --> 01:00:36.475
그러니까 에너지가 나오는 거죠.

01:00:36.575 --> 01:00:38.586
이 상황이니깐 어떻게 됩니까?

01:00:38.686 --> 01:00:45.270
그대로 옮기면 이
상황이 만들어지겠죠.

01:00:45.370 --> 01:00:50.554
결국 2M의 질량은 애네 둘의
질량의 차보다 작을 수밖에 없어서

01:00:50.654 --> 01:00:52.437
ㄷ번 보기는 틀렸죠.

01:00:52.537 --> 01:00:53.873
그러면 여기서도 한번 해볼까요?

01:00:53.973 --> 01:00:56.084
애의 질량은 얼마입니까?

01:00:56.184 --> 01:00:57.724
M1이라고 되어있죠?

01:00:57.824 --> 01:01:03.045
플러스, 애의 질량은 얼마입니까?
M2입니다.

01:01:03.145 --> 01:01:08.254
애네 둘의 질량은 X의
질량보다 어떻게 될까요?

01:01:08.354 --> 01:01:11.891
무조건 큽니다.

01:01:11.991 --> 01:01:17.995
즉 X의 질량은 애,
애 질량의 합보다.

01:01:18.095 --> 01:01:18.884
여기는 M1이죠?

01:01:18.984 --> 01:01:23.510
2M의 질량보다 X의
질량은 무조건 작습니다.

01:01:23.610 --> 01:01:26.972
에너지가 만들어져야 되니까.

01:01:28.311 --> 01:01:31.137
3번 문제 보도록 하겠습니다.

01:01:31.237 --> 01:01:34.560
3번 문제 봤더니 또
핵반응식이 나왔어요.

01:01:34.660 --> 01:01:36.865
가볍게 풀면 되죠?

01:01:36.965 --> 01:01:37.895
어떻게 풀어요?

01:01:37.995 --> 01:01:41.899
아래쪽 숫자의 합은 아래쪽
숫자의 합과 같아야 되고요.

01:01:41.999 --> 01:01:45.193
위쪽 숫자의 합은 위쪽 숫자의
합과 같아야 됩니다.

01:01:45.293 --> 01:01:47.002
아래쪽의 숫자의 합이 얼마입니까?

01:01:47.102 --> 01:01:50.921
핵반응 전에 2니까 핵반응
후에도 2여야 되는데

01:01:51.021 --> 01:01:54.434
여기에 0이니까 여기는
2여야 되는 거죠.

01:01:54.534 --> 01:01:57.098
위쪽 숫자의 합 얼마예요? 5죠?

01:01:57.198 --> 01:01:59.330
그런데 여기는 얼마가 있어요?
1이 있어요.

01:01:59.430 --> 01:02:02.042
그러면 여기는 얼마가 됩니까?
4가 됩니다.

01:02:02.142 --> 01:02:07.491
결국 애는 2, 4라고 쓰여지는 애겠구나,
라는 걸 우리가 확인할 수 있죠.

01:02:07.591 --> 01:02:09.223
ㄱ 보겠습니다.

01:02:09.323 --> 01:02:11.582
㉠과 ㉡은 동위원소이다.

01:02:11.682 --> 01:02:17.279
㉠과 ㉡은 양성자 수는 같은데
중성자 수가 다른 아이들이죠?

01:02:17.379 --> 01:02:20.658
양성자 수는 같은데 중성자
수가 다른 아이들을

01:02:20.758 --> 01:02:22.470
우리는 뭐라고 부르기로 했어요?

01:02:22.570 --> 01:02:25.180
동위원소라고 부르기로 했어요.

01:02:25.280 --> 01:02:26.920

그래서 맞는 표현이고요.

01:02:27.020 --> 01:02:29.021
ㄴ, (가)의 질량수는 2이다.

01:02:29.121 --> 01:02:33.738
아니죠, 질량수는 위쪽에 써지는
숫자를 질량수라고 부릅니다.

01:02:33.838 --> 01:02:38.077
외우라고, 외워야 된다고,
외워야만 풀 수 있다고, 여기는.

01:02:38.177 --> 01:02:40.123
그래서 ㄴ 보기 틀렸고요.

01:02:40.223 --> 01:02:48.634
핵반응 전의 질량과 핵반응 후의
질량은 어떠니, 라고 물었어.

01:02:48.734 --> 01:02:55.817
어때요? 핵반응 전의 질량이 핵반응
후의 질량보다 무조건 큼니다.

01:02:55.917 --> 01:02:59.945
질량은 무조건 줄어들게 되어있죠.

01:03:00.045 --> 01:03:03.087
그래서 이렇게 문제가 해결됩니다.

01:03:03.187 --> 01:03:04.119
간단하죠?

01:03:04.219 --> 01:03:07.792
외우면 풀 수 있는 문제입니다.
쉬워, 어렵지 않아.

01:03:07.892 --> 01:03:11.249
4번 문제 보도록 하겠습니다.

01:03:11.349 --> 01:03:15.275
4번 문제 봤더니 여기에
또 빈칸이 들어있어.

01:03:15.375 --> 01:03:18.013
이 빈칸을 메꿔야 되겠죠?

01:03:18.113 --> 01:03:18.981
그러면 어떻게 해야 될까?

01:03:19.081 --> 01:03:20.360
(가)가 뭘지 모르잖아.

01:03:20.460 --> 01:03:27.301
그러니까 여기 a,
b라고 써봅시다.

01:03:27.401 --> 01:03:29.026
어쨌든 어떻게 해야 돼요?

01:03:29.126 --> 01:03:33.317

아래쪽 숫자의 합은 아래쪽
숫자의 합과 같아야 되고요.

01:03:33.417 --> 01:03:37.343

위쪽 숫자의 합은 위쪽
숫자들의 합과 같아야 됩니다.

01:03:37.443 --> 01:03:38.511

한번 계산해봅시다.

01:03:38.611 --> 01:03:40.322

아래쪽 숫자의 합 보겠습니다.

01:03:40.422 --> 01:03:49.448

$92+a=56+36+$,
a가 3개 있다는 소리죠?

01:03:49.548 --> 01:03:52.503

$3*a$ 입니다.

01:03:52.603 --> 01:03:54.554

알아듣나요?

01:03:54.654 --> 01:03:59.685

그러면 봤더니 여기가 92인데
애네 둘이 뭐야? 92죠?

01:03:59.785 --> 01:04:02.715

그러면 a는 얼마여야 됩니까?

01:04:02.815 --> 01:04:05.754

0이구나, 라는 걸 알 수 있어요.

01:04:05.854 --> 01:04:07.795

이번에는 위를 또 봐야 되죠?

01:04:07.895 --> 01:04:11.277

위쪽 숫자의 합은 위쪽 숫자의
합과 같아야 됩니다.

01:04:11.377 --> 01:04:12.384

그러면 어떻게 됩니까?

01:04:12.484 --> 01:04:22.119

$235+b=141+92+$,
b가 3개 있는 거죠?

01:04:22.219 --> 01:04:26.268

$3*b$ 입니다.

01:04:26.368 --> 01:04:29.365

이렇게 되니까 이거 하면

01:04:43.900 --> 01:04:49.078

$2=2b$, $b=1$.

01:04:49.178 --> 01:04:55.302

결국 (가)라고 써져있는
애는 아래쪽에는 숫자가 0,

01:04:55.402 --> 01:05:00.745

위쪽에는 숫자가 1이라고
써지는 애구나.

01:05:00.845 --> 01:05:03.410
이런 애를 뭐라고 부르기로 했어?

01:05:03.510 --> 01:05:07.272
중성자인 거죠.
너무 당연하죠.

01:05:07.372 --> 01:05:11.930
양성자는 아닌데
양성자+중성자가 1개래.

01:05:12.030 --> 01:05:14.347
양성자는 없는데
양성자+중성자가 1개야.

01:05:14.447 --> 01:05:16.878
그러면 당연히 중성자죠.

01:05:16.978 --> 01:05:18.353
ㄱ부터 보겠습니다.

01:05:18.453 --> 01:05:20.226
A에서는 질량 결손이
일어나지 않는다.

01:05:20.326 --> 01:05:21.891
말도 안 되는 소리입니다.

01:05:21.991 --> 01:05:23.797
질량은 무조건 줄어든다고요.

01:05:23.897 --> 01:05:28.918
애네 둘의 질량이 애의 질량보다
무조건 크게 되어있습니다.

01:05:29.018 --> 01:05:33.776
그래서 질량이 줄어들었기 때문에
에너지가 발생한 거죠.

01:05:33.876 --> 01:05:37.199
ㄴ, B는 원자력 발전소에서
일어나는 반응이다.

01:05:37.299 --> 01:05:38.589
B가 뭐니까, 지금?

01:05:38.689 --> 01:05:40.442
핵분열입니다.

01:05:40.542 --> 01:05:42.825
원자번호가 큰 거,
질량수가 큰 거에서

01:05:42.925 --> 01:05:47.445
원자번호가 작은 거, 질량수가
작은 거로 나뉘지고 있죠.

01:05:47.545 --> 01:05:51.150

이런 상황을 우리는
핵분열이라고 부르고

01:05:51.250 --> 01:05:54.593

핵분열은 원자력 발전소에
이용이 되고 있습니다.

01:05:54.693 --> 01:05:57.102

α , (가)의 질량수는 2이다.

01:05:57.202 --> 01:06:01.743

(가), 질량수 얼마? 1이죠.

01:06:01.843 --> 01:06:05.763

그래서 α 번 보기 틀렸다.

01:06:05.863 --> 01:06:10.513

여러분이 물리 공부를 함에 있어서
항상 어려운 건 아니야.

01:06:10.613 --> 01:06:14.823

이처럼 개념을 정확히 알고 적용을
쉽게 할 수 있는 영역들도

01:06:14.923 --> 01:06:17.756

분명히 존재한다는 생각 가지시고요.

01:06:17.856 --> 01:06:22.249

항상 자신감을 가지고 도전하는 게
여러분의 능력치를 끌어올리는

01:06:22.349 --> 01:06:24.868

최선이지 않을까,
라는 생각이 듭니다.

01:06:24.968 --> 01:06:28.865

항상 자신감 있게 도전하는
여러분이 됐으면 좋겠습니다.

01:06:28.965 --> 01:06:29.849

수고하셨습니다.

01:06:29.949 --> 01:06:32.222

다음 강의에서 뵈게요.