



هفت درس کوتاه فیزیک

این کتاب ترجمه‌ای است از

Seven Brief Lessons on Physics by Carlo
Rovelli, Riverhead Books, 2016.

Translated from Italian into English by
Simon Carnell and Erica Segre.

هفت درس کوتاه فیزیک

پروفسور کارل روولی

ترجمه‌ی دکتر قاسم کیانی مقدم

زمتال ماریار

فهرست مطالب

۷	..... درباره‌ی نویسنده
۹	..... پیش‌گفتار
	درس اول
۱۱	..... زیباترین نظریه
	درس دوم
۱۹	..... کوانتوم‌ها
	درس سوم
۲۷	..... معماری کیهان
	درس چهارم
۳۵	..... ذرات
	درس پنجم
۴۱	..... دانه‌های فضا
	درس ششم
۵۱	..... احتمال، زمان، و گرمای سیاه‌چاله‌ها
	درس هفتم
۶۳	..... خودمان
۷۷	..... نمایه

درباره‌ی نویسنده

کارلو رووولی (Carlo Rovelli) فیزیکدانی نظری است که کشفیات مهمی درباره‌ی فیزیک فضا و زمان داشته است. او مدتی در ایتالیا و آمریکا به تدریس و تحقیق اشتغال داشته است و هم‌اکنون پژوهش‌های گرانس کوانتومی را در مرکز فیزیک نظری مارس‌ی در فرانسه هدایت می‌کند. هفت درس کوتاه فیزیک در ایتالیا خیلی زود در صدر لیست کتاب‌های پرفروش جای گرفت و تا کنون به ۲۴ زبان ترجمه شده است.

پیش‌گفتار

این درس‌ها برای کسانی نوشته شده است که اطلاع چندانی از علم نوین ندارند. با خواندن آنها می‌توانید مرور سریعی داشته باشید بر جنبه‌های شگفت‌انگیز انقلاب بزرگی که در قرن بیستم در فیزیک به وقوع پیوسته است، و پرسش‌ها و اسراری که این انقلاب بر ملا کرده است. چرا که علم از یک سو به ما امکان می‌دهد که دنیا را بهتر بفهمیم، اما از سوی دیگر، بر ما آشکار می‌کند که دامنه‌ی آنچه هنوز ناشناخته است، تا چه حد گسترده است.

درس اول اختصاص به نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین دارد که آن را «زیباترین نظریه» نامیده‌ایم. درس دوم درباره‌ی مکانیک کوانتومی است که گیج‌کننده‌ترین بحث‌های فیزیک مدرن را دربرمی‌گیرد. درس سوم اختصاص به کیهان دارد: معماری دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم؛ درس چهارم درباره‌ی ذرات بنیادی است. درس پنجم به بررسی گرانش کوانتومی می‌پردازد: تلاش‌هایی که برای تلفیق کشفیات بزرگ قرن بیستم در جریان است. درس ششم درباره‌ی احتمال و گرمای سیاه‌چاله‌ها است. درس آخر کتاب دوباره به سراغ خودمان می‌آید و این سؤال را مطرح می‌کند که چگونه می‌توانیم با در نظر گرفتن دنیای غریبی که فیزیک توصیف می‌کند، درباره‌ی خودمان بیندیشیم.

این درس‌ها بر پایه‌ی یک سری مقاله نگاشته شده است که

مؤلف در ضمیمه‌ی یک‌شنبه‌های روزنامه‌ی ایتالیایی IISole24Ore [ایل‌سوله‌ونتی کواتراوره] منتشر کرده است. به‌خصوص، مایلم از آرماندوماسارنتی تشکر کنم که راه را برای مطالب علمی در یک روزنامه‌ی روز یک‌شنبه باز کرد و امکان آن را فراهم کرد که نقش این جنبه‌ی مهم و حیاتی فرهنگ ما بهتر پدیدار شود.

درس اول

زیباترین نظریه

آلبرت اینشتین در زمان جوانی یک سال را به علافی گذراند. آدم بدون «تلف کردن» وقت به جایی نمی‌رسد — اما متأسفانه اولیای نوجوانان خیلی از اوقات این مطلب را فراموش می‌کنند. او در پاویای ایتالیا بود. چون نمی‌توانست سختی‌های دبیرستان در آلمان را تحمل کند، درسش را رها کرده بود و با خانواده‌اش به ایتالیا آمده بود. اوایل قرن بیستم بود و ایتالیا در آغاز انقلاب صنعتی خود بود. پدرش که مهندس بود، اولین نیروگاه‌های دشت‌های پادوآ را نصب می‌کرد. آلبرت کتاب‌های کانت را می‌خواند و گاه در جلسات تدریس دانشگاه پاویا حاضر می‌شد: فقط برای لذت، بدون آنکه ثبت‌نام کرده باشد یا مجبور باشد به امتحانات فکر کند. اینگونه است که دانشمندان بزرگ ساخته می‌شوند.

بعد از این مرحله، در مؤسسه‌ی پلی‌تکنیک زوریخ ثبت‌نام کرد و خودش را غرق در مطالعه‌ی فیزیک کرد. چند سال بعد، در سال ۱۹۰۵، سه مقاله را برای معتبرترین مجله‌ی علمی آن دوران، سالنامه‌ی فیزیک، فرستاد. هر کدام از این مقالات ارزش یک جایزه‌ی نوبل را دارد. مقاله‌ی اول نشان می‌دهد که اتم‌ها واقعاً وجود دارند. مقاله‌ی دوم نخستین پایه‌های مکانیک کوانتومی را بنا می‌کند، که در درس بعد درباره‌ی آن بحث خواهیم کرد. مقاله‌ی سوم نظریه‌ی نسبیت

اول او را (که امروزه «نسبیت خاص» نامیده می‌شود) ارائه می‌کند، نظریه‌ای که بیان می‌کند که زمان برای همگان یکسان نمی‌گذرد: دو فرد دوقلوی یکسان، اگر یکی از آنها با سرعت سفر کرده باشد، عمر متفاوتی خواهند داشت.

اینستین یک‌شبه دانشمندی مشهور شد و پیشنهاد استخدام از دانشگاه‌های مختلف دریافت کرد. ولی نکته‌ای ذهنش را به خود مشغول کرده بود: نظریه‌ی نسبیت او، با وجود آنکه فوراً مورد ستایش قرار گرفته بود، با آنچه به آن گرانس می‌گوییم، یعنی چگونگی افتادن اشیا، خوب جور در نمی‌آمد. او زمانی متوجه این مطلب شد که داشت مقاله‌ی کوتاهی درباره‌ی نظریه‌اش می‌نوشت و این فکر به ذهنش رسید که شاید لازم است قانون «گرانس عمومی» که به وسیله‌ی پدر فیزیک ایزاک نیوتون تدوین شده است، مورد بازنگری قرار گیرد تا با مفهوم جدید نسبیت سازگار شود. غرق بررسی این مسئله شد. ده سال طول کشید تا آن را حل کند. ده سال مطالعه‌ی دیوانه‌وار، تلاش و خطا، سردرگمی، مقاله‌های اشتباهی، ایده‌های هوشمندانه، و افکار نادرست.

سرانجام، در نوامبر ۱۹۱۵، مصمم به چاپ مقاله‌ای شد که راه‌حل کامل را ارائه می‌کرد: نظریه‌ی جدیدی از گرانس که آن را «نظریه‌ی نسبیت عام...» نام نهاد، یعنی شاهرکار او، و به گفته‌ی فیزیکدان بزرگ روسی لو لاندائو، «زیباترین نظریه».

برخی شاهرکارهای بزرگ ما را به شدت به هیجان درمی‌آورند: آموزش موتزارت؛ اودیسه‌ی هومر؛ کلیسای سیستین؛ شاه‌لیر. شاید لازم باشد سال‌ها شاگردی کنیم، تا بتوانیم عظمت آنها را به طور کامل درک کنیم، ولی پاداش آن، درک زیبایی خیره‌کننده است — و نه فقط

آن، بلکه چشمانمان را به روی دیدگاه جدیدی از دنیا نیز باز می‌کند. گوهر گرانقدر اینشتین، نظریه‌ی نسبیت عام، شاهکاری از این جرگه است.

یادم می‌آید که وقتی که برای اولین بار چیزهایی درباره‌ی آن فهمیدم، چه هیجانی را احساس می‌کردم. آخرین سال تحصیل دانشگاهی‌ام بود و در تابستان، به ساحل دریا در کُندوفوری در منطقه‌ی کالابریا رفته بودم و از آفتاب و آب‌وهوای مدیترانه‌ای یونانی آنجا لذت می‌بردم. در تعطیلات تابستان که از کلاس‌های دانشگاه خبری نبود، بهتر می‌توانستم درس بخوانم. داشتم کتابی را می‌خواندم که موش‌ها لبه‌های آن را جویده بودند، چون در خانه‌ی نسبتاً زهوادررفته‌ی هیپی‌واری در تپه‌های اومبریا که برای فرار از تب‌وتاب کلاس‌های دانشگاه در بولونیا به آن پناه می‌بردم، از آن کتاب برای بستن سوراخ لانه‌های این مخلوقات بدبخت بهره می‌جستم. گهگاه چشمانم را از کتاب بلند می‌کردم و به پهنه‌ی براق دریا نگاه می‌کردم: احساس می‌کردم انگار واقعاً خمیدگی فضا و زمان را که اینشتین به تصور درآورده بود، به چشم می‌دیدم. مانند جادو بود: گویی دوستی در گوشت حقیقت پنهان خارق‌العاده‌ای را نجوا می‌کرد و آنگاه پرده از روی واقعیت برمی‌داشت و نظمی ساده‌تر و ژرف‌تر را نمایان می‌کرد. از همان زمانی که دریافتیم زمین گرد است و مانند فرفره‌ی دیوانه‌ای می‌چرخد، فهمیدیم که واقعیت همان چیزی نیست که به ظاهر به نظر می‌رسد: هر بار که به جنبه‌ی جدیدی از آن نظر می‌افکنیم، تجربه‌ای عمیقاً عاطفی برایمان ایجاد می‌شود. پرده‌ی دیگری فرو افتاده است. ولی در میان جهش‌های بزرگی که در درک ما به سمت جلو اتفاق افتاده است، کشف اینشتین احتمالاً بی‌همتا است. چرا؟

اولاً به این خاطر که وقتی که چگونگی کارکرد آن را بفهمید، این نظریه از سادگی حیرت‌انگیزی برخوردار است. ایده‌ی اساسی آن را به طور خلاصه بیان می‌کنم.

نیوتون تلاش کرده بود توضیح دهد که چرا اشیا سقوط می‌کنند و سیاره‌ها گردش. او وجود «نیرو»یی را به تصور درآورده بود که تمام اجسام را به سوی یکدیگر می‌کشد، و بر آن نام «نیروی گرانش» نهاده بود. اما معلوم نبود که این نیرو بین چیزهایی که از یکدیگر دور هستند و میان آنها هم هیچ چیزی نیست، چگونه اعمال می‌شود — و پدر کبیر علم مدرن هم در ارائه کردن فرضیه‌ای در این زمینه احتیاط می‌کرد. به علاوه، نیوتون تصور کرده بود که اجسام در فضا حرکت می‌کنند، و فضا یک ظرف خالی بزرگ است، جعبه‌ی بزرگی که گیتی را دربرمی‌گیرد، ساختمانی عظیم که تمام اشیا در آن حرکت می‌کنند، تا آنکه نیرویی سبب شود که مسیرشان را کج کنند. نیوتون نمی‌توانست بگوید این «فضا» و ظرف جهان که او اختراع کرده است، از چه ساخته شده است. ولی چند سال قبل از تولد اینشتین، دو فیزیکدان بزرگ انگلیسی، مایکل فارادی و جیمز مکسول، جزء کلیدی جدیدی را به دنیای سرد نیوتون اضافه کرده بودند: میدان الکترومغناطیسی. این میدان یک موجودیت واقعی است که در همه جا پراکنده است، امواج رادیویی را منتقل می‌کند، فضا را پر می‌کند، و مانند سطح یک دریاچه ارتعاش و نوسان می‌کند، و نیروی الکتریکی را «انتقال می‌دهد». اینشتین از جوانی شیفته‌ی میدان الکترومغناطیسی بود که پره‌های نیروگاه‌های ساخته شده توسط پدرش را می‌چرخاند، و خیلی زود به این فکر افتاد که شاید گرانش هم، مانند الکتریسیته، به وسیله‌ی یک میدان منتقل می‌شود: باید یک «میدان گرانشی» مشابه

با «میدان الکتریکی» وجود داشته باشد. هدفش این بود که بفهمد این «میدان گرانشی» چگونه کار می‌کند، و چگونه می‌توان آن را با معادلات توصیف کرد.

در این نقطه است که یک فکر خارق‌العاده به ذهنش رسید، بارقه‌ای از نبوغ خالص: میدان گرانشی در فضا منتشر نمی‌شود؛ میدان گرانشی خود فضا است. این ایده‌ی اصلی نظریه‌ی نسبیت عام است. «فضا»ی نیوتون، که اشیا در آن حرکت می‌کنند، و «میدان گرانشی» هر دو یک چیز هستند.

این لحظه‌ای است که ذهن روشن می‌شود. دنیا به طور لحظه‌ای بسیار ساده می‌شود: فضا دیگر چیزی جدا از ماده نیست، بلکه یکی از اجزای «مادی» جهان است. موجودیتی که تموج دارد، پیچ می‌خورد، خم می‌شود، و تاب برمی‌دارد. ما در یک زیرساخت صلب نامرئی احاطه نشده‌ایم، بلکه در یک پوسته‌ی حلزونی انعطاف‌پذیر عظیم غوطه‌وریم. خورشید فضا را در اطراف خود خم می‌کند و زمین به خاطر نیرویی اسرارآمیز به دور آن نمی‌چرخد، بلکه به طور مستقیم در فضایی که خم شده است، حرکت می‌کند، مانند تپله‌ای که در یک قیف می‌غلتد. در مرکز قیف نیروی اسرارآمیزی ایجاد نمی‌شود؛ ماهیت خمیده‌ی دیوارها است که تپله را به غلتیدن وا می‌دارد. سیاره‌ها به دور خورشید می‌گردند و اشیا سقوط می‌کنند، بدان خاطر که فضا خمیده است.

چگونه می‌توانیم این خمیدگی فضا را توصیف کنیم. برجسته‌ترین ریاضی‌دان قرن بیستم، کارل فریدریش گاوس، که به او لقب «شاهزاده‌ی ریاضیدانان» داده‌اند، فرمول‌هایی برای توصیف سطوح متموج دوبعدی، مانند سطح تپه‌ها، نوشته بود. بعد از یکی از