

نظم زمان

رازگشایی معمای زمان

کارلو روولّی

ترجمه
مژدا موحد

فرهنگ‌نشر نو
با همکاری نشر آسیم
تهران-۱۳۹۸

فهرست مطالب

۱ شاید زمان بزرگ‌ترین معما است

بخش ۱: فروپاشی زمان / ۵

- | | |
|----|-----------------------|
| ۷ | ۱ از دست رفتن وحدت |
| ۱۴ | ۲ از دست رفتن جهت |
| ۲۸ | ۳ پایان اکنون |
| ۴۴ | ۴ از دست رفتن استقلال |
| ۶۰ | ۵ کوانتوم‌های زمان |

بخش ۲: جهان بدون زمان / ۶۹

- | | |
|----|--|
| ۷۱ | ۶ عالم از وقایع ساخته شده، نه از چیزها |
| ۷۸ | ۷ کاستی‌های زبانی |
| ۸۶ | ۸ علم دینامیک به‌مثابه ارتباط |

بخش ۳: منابع زمان / ۹۷

- | | |
|-----|----------------|
| ۹۹ | ۹ زمان جهل است |
| ۱۰۸ | ۱۰ چشم‌انداز |

۱۱۹	۱۱ چه چیزی از یک خاص بودگی برمی آید
۱۲۸	۱۲ رایحهٔ مدلین
۱۴۴	۱۳ منبعِ زمان
۱۵۲	خواهرِ خواب
۱۵۹	یادداشت‌ها

شاید زمان بزرگ‌ترین معما است

حتی کلماتی که کنون می‌گوییم را
زمانِ سارق
دزدیده است،
و چیزی نمی‌تواند بازگردد. (I, 11)^۱

توقف می‌کنم و کاری انجام نمی‌دهم. چیزی رخ نمی‌دهد. به چیزی فکر نمی‌کنم. به گذرِ زمان گوش می‌دهم.
این زمان است، آشنا و صمیمی. ما را با خود می‌برد. شتابِ ثانیه‌ها و ساعت‌ها و سال‌ها که ما را به سوی زندگی پرتاب می‌کند و بعد ما را به سمت نیستی می‌کشد... ما ساکنِ زمان هستیم همچو ماهیان در آب. وجود ما، وجود در زمان است. موسیقی باشکوهش ما را تغذیه می‌کند، دریچه‌ای رو به جهان برای ما باز می‌کند، نگران‌مان می‌کند، ما را می‌ترساند و به ما آرامش می‌دهد. عالم، در حالی که توسط زمان کشیده شده به سمت آینده گشوده می‌شود؛ و وجودش مطابقِ نظمِ زمان است.

۱. ابیاتِ آغازین هر فصل از چکامه‌های هوراس (Horace: ۶۵-۸ ق.م) شاعر رومی است، مگر آنکه منبع دیگری ذکر شده باشد. - م.

در اسطوره‌های هندو، رودخانه کیهان با تصویر مقدس شیوای^۱ رقصان نشان داده می‌شود: رقص او حافظ گردش عالم یعنی همان جریان زمان است. چیست که از این جریان عالم گیرتر و بدیهی‌تر است؟ و البته اوضاع کماکان کمی از این پیچیده‌تر است. واقعیت اغلب با آنچه به نظر می‌رسد تفاوت زیادی دارد. زمین به نظر صاف است اما در واقع کروی است. خورشید ظاهراً در آسمان می‌گردد در حالی که در واقع ما هستیم که می‌چرخیم. ساختار زمان نیز آنچه به نظر می‌رسد نیست: با این جریان همگن و فراگیر تفاوت دارد. من این را با شگفتی بسیار در کتاب‌های فیزیکی دانشگاه یافته‌ام: زمان به گونه‌ای کاملاً متفاوت از آنچه به نظر می‌رسد، عمل می‌کند.

در همان کتاب‌ها این را نیز فهمیدم که نحوه واقعی عملکرد زمان را هنوز نمی‌شناسیم. سرشت زمان شاید بزرگ‌ترین معمای حل نشده باشد. حلقه‌های جالبی آن را به دیگر معماهای بزرگ حل نشده وصل می‌کند: به سرشت ذهن، به منشأ عالم، به سرنوشت سیاه‌چاله‌ها، به خود وجود حیات بر روی زمین. چیزی اساسی ما را دوباره به سمت سرشت زمان می‌کشاند.

حیرت، منشأ میل ما به دانستن است،^[۱] و این کشف که زمان همان که فکر می‌کردیم نبوده است باعث به‌میان آمدن هزاران پرسش می‌شود. سرشت زمان محور تلاش‌های یک عمر من در فیزیک نظری بوده است. در صفحاتی که می‌آید، روایتی از آنچه را از زمان فهمیده‌ایم و مسیرهایی را که در تلاش برای درک بهتر آن پی می‌گیریم بازگو خواهم کرد. در ضمن روایتی را نیز از آنچه هنوز نفهمیده‌ایم و به نظر من به تازگی بارقه‌هایی از آن ظاهر شده است ارائه خواهم کرد.

چرا گذشته را به خاطر داریم و آینده را نه؟ آیا ما در زمان وجود داریم یا

۱. Shiva: از خدایان آئین هندو. در برخی از فرق هندو خدای برتر و خالق و محافظ عالم است. - م.

زمان در ما وجود دارد؟ معنی واقعی «گذشت» زمان چیست؟ ارتباط زمان با خصایص ما به عنوان فرد، با ذهنیت ما، چیست؟

وقتی به گذشت زمان گوش می‌دهم، به چه چیزی گوش می‌دهم؟ این کتاب به سه بخش نامساوی تقسیم شده است. در بخش نخست، چیزی را که فیزیک مدرن در مورد زمان فهمیده خلاصه می‌کنم. مثل این است که دانه‌ای برف در دست بگیرید: به تدریج، حین اینکه دارید بررسی‌اش می‌کنید، بین انگشتانتان آب می‌شود و ناپدید. ما عادت داریم زمان را چیزی ساده و بنیادین فرض کنیم که جریانی پیوسته دارد، جریانی مستقل از هر چیز دیگر، از گذشته به آینده و قابل سنجش با ساعت. وقایع عالم در طی زمان با نظم جایگزین هم می‌شوند: گذشته‌ها و اکنون‌ها و آینده‌ها. گذشته تثبیت شده و آینده نامعلوم است... و البته این‌ها غلط از آب درآمده است.

یکی پس از دیگری، ثابت شده است که خصوصیات مشخصه زمان تقریبی‌اند: اشتباهاتی که چشم‌انداز ما به آن شکل داده است، درست مانند مسطح بودن زمین یا گردش خورشید. نتیجه رشد دانش ما، فروپاشی تدریجی درک ما از زمان است. آنچه ما «زمان» می‌نامیم مجموعه‌ای پیچیده از ساختارها^۱ و لایه‌ها است. با بررسی بیشتر و ژرف‌تر، زمان لایه‌هایش را یکی پس از دیگری از دست داده است. بخش نخست کتاب روایتی از این فروپاشی زمان است.

بخش دوم کتاب، چیزی را که [پس از این فروپاشی] باقی مانده است توصیف می‌کند: چشم‌اندازی بادخورده و خالی که تقریباً هیچ نشانی از زمانمندی در آن باقی نمانده است. جهانی غریب و ناآشنا، ولی هنوز همان جهان که ما به آن تعلق داریم. مثل رسیدن به کوهستان مرتفع است، جایی که چیزی جز برف و سنگ و آسمان ندارد. یا شبیه احساس آرمسترانگ^۱ و آلدین^۲ وقتی بر ماسه‌های بی‌حرکت ماه قدم نهادند. جهانی که اضافات آن

۱. Neil Armstrong (۱۹۳۰-۲۰۱۲): اولین انسانی که در ۲۰ ژوئیه سال ۱۹۶۹ بر ماه پا نهاد. - م.

۲. Buzz Aldrin (متولد ۱۹۳۰): دومین انسانی که در همان روز بر ماه پا نهاد. - م.

زدوده شده است و با زیباییِ تهی و نگران‌کننده‌ای می‌درخشد. فیزیکی که موضوع کار من است، گرانش کوانتومی، تلاشی است برای درک این منظرِ افراطی و زیبا و پیدا کردن معنایی منسجم برای آن. برای جهانِ فاقدِ زمان. بخش سوم دشوارترین بخش ولی در عین حال مهم‌ترین بخش است و تنگاتنگ‌ترین رابطه را با ما دارد. در جهانی فاقدِ زمان، باید هنوز چیزی باشد که زمان مألوف ما از آن برآید، یعنی همان زمانی که نظم دارد، گذشتهٔ آن با آینده‌اش متفاوت و جریان‌ش یکنواخت است. باید زمان ما به نحوی حول وحوش ما زاده شود، لااقل برای ما و در مقیاس ما.^[۳]

این سفرِ بازگشت است، بازگشت به زمانی که در بخش اول کتاب و در جستجوی الفبای بنیادین جهان گم شد. اکنون مثل یک رمان معمایی به دنبال مجرم هستیم: مجرمی که زمان را خلق کرد. یک به یک اجزای سازندهٔ زمان آشنا را کشف می‌کنیم، اجزایی که دیگر ساختارهای بنیادین واقعیت نیستند، بلکه تقریب‌هایی سودمند برای ما موجودات فانی دست‌وپا چلفتی هستند: جنبه‌هایی از چشم‌انداز ما و شاید هم جنبه‌های اصلی در تعیین چیستی ما. چون معمای زمان در نهایت شاید بیشتر در مورد خودمان باشد تا دربارهٔ کیهان. شاید مثل اولین و برترین رمان معمایی تاریخ، ادیپ شهریار^۱ نوشتهٔ سوفوکل^۲، مجرم خودِ کاراگاه باشد.

کتاب در این مرحله تنوری آتشین از آرا می‌شود، گاهی روشنگر و گاهی گیج‌کننده. اگر تصمیم بگیرید با من بیایید شما را به جایی می‌برم که به نظر من دانش ما از زمان به آن رسیده است: تا کرانهٔ اقیانوس شبانه و پرستارهٔ تمامی آن چیزهایی که هنوز نمی‌دانیم.

۱. نمایش‌نامهٔ تراژیک یونانی که بار نخست در سال ۴۲۹ پیش از میلاد بر صحنه رفت. - م.

۲. Sophocles (حدود ۴۹۷-۴۰۶ ق.م.); یکی از سه نمایش‌نامه‌نویس بزرگ یونان باستان. - م.

بخش ۱

فروپاشی زمان

از دست رفتن وحدت

رقص‌های عشق

دخترانی این چنین زیبا را به جنبش در می‌آورند.

زیر نور ماه

در این شب‌های روشن. (I, 4)

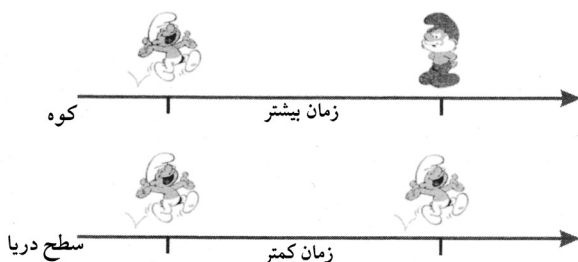
کند شدنِ زمان

بیاید با نکته‌ای ساده شروع کنیم: زمان در کوهستان سریع‌تر از سطح دریا می‌گذرد.

تفاوت کوچک است اما می‌توان آن را با زمان‌سنج‌های دقیقی که امروزه می‌توان از طریق اینترنت به قیمت چند هزار دلار خرید اندازه گرفت. با تمرین، هر کسی می‌تواند کند شدنِ زمان را مشاهده کند. با زمان‌سنج‌های آزمایشگاه‌های تخصصی می‌توان کند شدنِ زمان را در سطوحی که فقط چند سانتیمتر اختلاف دارند تشخیص داد: ساعتِ روی زمین کمی کندتر از ساعتِ روی میز است.

فقط ساعت‌ها نیستند که کند می‌شوند: پایین که برویم، همهٔ فرآیندها

کند می‌شوند. دو دوست جدا می‌شوند و یکی در دشت و دیگری در کوه ساکن می‌شود. سال‌ها بعد همدیگر را ملاقات می‌کنند: فردی که پایین مانده بود کمتر زیسته، کمتر پیر شده و چرخ‌دنده‌های ساعت دیواری او کمتر حرکت کرده است. فرصت کمتری برای انجام کارها داشته است، گیاهانش کمتر رشد کرده‌اند و فرصت کمتری برای پرداخت افکارش داشته است... ساده بگویم، زمان در ارتفاع پایین‌تر کندتر از ارتفاع بالاتر می‌گذرد.



آیا این شگفت‌انگیز است؟ شاید چنین باشد، اما عملکرد جهان اینچنین است. زمان در برخی مکان‌ها کندتر می‌گذرد و در برخی تندتر.

شاید نکتهٔ تعجب‌آور این باشد که یک کسی این کند شدنِ زمان را قرن‌ها پیش از این که ساعت‌هایی با دقت لازم برای سنجش آن داشته باشیم فهمیده بود. نام او آلبرت اینشتاین بود البته.

توانِ درک چیزی قبل از مشاهدهٔ آن در بطنِ تفکر علمی است. آناکسیماندر^۱ در عهد باستان فهمید که آسمان زیر پاهای ما هم ادامه دارد، سال‌ها قبل از این که کشتی‌ها جهان را دور بزنند. کپرنیک^۲ در آغاز دورهٔ

۱. Anaximander (حدود ۶۱۰-حدود ۵۴۶ ق.م.); فیلسوف یونانی که برخی به او دانشمند اول می‌گویند. - م.

۲. Copernicus (۱۴۷۳-۱۵۴۳); ریاضیدان و منجم لهستانی. - م.

مدرن، گردش زمین را بسیار قبل از این که فضانوردان این گردش را از ماه مشاهده کنند فهمیده بود. به همین طریق، آینشتاین قبل از ساخت ساعت‌هایی با دقت لازم برای سنجش سرعت‌های مختلف گذشت زمان، فهمید که زمان همه جا به یکسان نمی‌گذرد.

هنگام برداشتن این گام‌ها، می‌آموزیم که چیزهایی که به نظر ما بدیهی می‌رسیده در واقع چیزی جز تعصب نبوده‌اند. بدیهی است که آسمان بالای ما است نه زیر ما چون در غیر این صورت زمین سقوط می‌کرد. به نظر بدیهی بود که زمین ساکن باشد چون اگر نبود همه چیز به اطراف پرت می‌شد. اینکه زمان همه جا با یک سرعت بگذرد نیز به همین اندازه برای ما بدیهی بود... کودکان بزرگ می‌شوند و کشف می‌کنند که جهان با چیزی که از درون چهاردیواری خانه‌شان به نظر می‌رسید فرق می‌کند. نوع بشر هم به‌منزلهٔ یک کل، همین کار را انجام می‌دهد.

آینشتاین هنگام مطالعهٔ نیروی گرانش از خود پرسشی کرد که شاید بسیاری از ما را به فکر انداخته: خورشید و زمین بدون اینکه تماس داشته باشند یا چیزی به هم وصل‌شان کند چگونه یکدیگر را «جذب» می‌کنند؟ او به دنبال توضیحی معقول گشت و آن را با این تصور یافت که زمین و خورشید به‌جای این که مستقیماً یکدیگر را جذب کنند هر یک به‌نوبهٔ خود آن چیزی را جذب می‌کند که در بین‌شان قرار دارد. و چون آنچه بین آن‌ها قرار دارد فقط فضا و زمان است، تجسم کرد که خورشید و زمین هر یک فضا و زمانِ گرداگرد خود را تغییر می‌گذارد، درست مانند جسمی غوطه‌ور در آب که آب گرداگرد خود را جابه‌جا می‌کند. این تغییر دادنِ ساختار زمان به نوبهٔ خود بر حرکت اجسام تأثیر می‌گذارد و باعث می‌شود به سوی هم «بیفتند».[۴]

معنی «تغییر دادنِ ساختار زمان» چیست؟ معنایش دقیقاً همان کُنْد شدن زمان است که قبلاً توصیف شد: جرمِ زمانِ گرداگرد خود را کُنْد می‌کند. زمین جرمی بزرگ است و زمان نزدیک به خود را کُنْد می‌کند.

این کند شدن در دشت بیشتر از کوهستان است چون دشت به مرکز زمین نزدیک‌تر است. به همین دلیل است که دوستی که در سطح دریا می‌ماند عمرش کندتر می‌گذرد.

افتادن اشیاء ناشی از این کند شدن زمان است. در فضای بین سیاره‌ای، جایی که زمان یکپارچه بگذرد، اشیاء نمی‌افتند. شناور هستند، بدون سقوط. از طرف دیگر اینجا و روی سطح سیاره ما، شیب حرکت طبیعی اشیاء به سوی جایی است که زمان کندتر گذر می‌کند مانند وقتی که در ساحل به سوی دریا می‌دویم و مقاومت آب در برابر پاهایمان باعث می‌شود با کله به داخل آب بیفتیم. اشیاء به پایین می‌افتند چون آن پایین زمان توسط زمین کند می‌شود.^[۵]

پس حتی با این که نمی‌توانیم به راحتی آن را مشاهده کنیم، کند شدن زمان نتایج بسیار مهمی دارد: اشیاء به خاطر این کند شدن سقوط می‌کنند و همین کند شدن به ما اجازه می‌دهد محکم بر روی زمین بایستیم. اگر پاهای ما به پیاده‌رو می‌چسبند به این دلیل است که بدن ما طبعاً میل رفتن به جایی را دارد که زمان کندتر است و زمان برای پاهایمان کندتر از سرمان می‌گذرد.

آیا این به نظر شما عجیب است؟ مثل این است که هنگام غروب پرشکوه خورشید که به آرامی پشت ابرهای دوردست ناپدید می‌شود ناگهان به یاد آوریم که این خورشید نیست که حرکت می‌کند بلکه زمین است که می‌چرخد و با چشم سرگشته ذهن خود کل سیاره و مایی که در آنیم را ببینیم که رو به عقب می‌چرخد و از خورشید دور می‌شود. داریم با چشمان «دیوانه» می‌بینیم، مثل چشمان ابله روی تپه^۱ پُل مک کارتنی^۲: دیدی دیوانه‌وار که گاهی دورتر از دید خسته و عادی ما می‌بیند.

۱. Fool on the Hill؛ ترانه‌ای که درباره فردی تنهاست که دیگران او را به غلط نادان می‌دانند. - م..

۲. Paul McCartney (متولد ۱۹۴۲)؛ شاعر و آهنگساز انگلستانی. - م.

ده هزار شیوای رقصان

من از قدیم به آناکسیماندر علاقه داشته‌ام، فیلسوفی یونانی که بیست و شش قرن پیش زندگی می‌کرد و فهمیده بود که زمین در فضا شناور است و تکیه بر چیزی ندارد.^[۶] افکار او را از نوشته‌های دیگران می‌شناسیم. فقط یک قطعه کوتاه از نوشته‌های خودش باقی مانده است، فقط یکی:

اشیاء از چیزی به چیزی دیگر تبدیل می‌شوند،

مطابق ضرورت

و به یکدیگر غرامت می‌پردازند

طبق نظم زمان.^۱

«طبق نظم زمان»، از یکی از لحظات حیاتی و اولیه علوم طبیعی چیزی جز این کلمات مبهم و دارای پژواکی رازآلود نمانده است، کلماتی جو‌یابی «نظم زمان».

از آن زمان نجوم و فیزیک با تبعیت از این رهنمود سازنده آناکسیماندر رشد کرده‌اند: درک چگونگی رخداد پدیده‌ها طبق نظم زمان. در عهد باستان، نجوم حرکت ستارگان را در زمان توصیف می‌کرد. معادلات فیزیک چگونگی تغییر اشیاء را در زمان توصیف می‌کردند. از معادلات نیوتن که پایه مکانیک هستند، تا معادلات مکسول^۲ برای پدیده‌های الکترومغناطیس، از معادله شرودینگر^۳ که ظهور پدیده‌های کوانتومی را

۱. ن. ک. حسن فتحی، فلسفه یونان باستان. - م.

۲. James Clerk Maxwell (۱۸۳۱-۱۸۷۹)؛ فیزیکدان اسکاتلندی. مهم‌ترین کار او ارائه معادلات الکترومغناطیس است که نشان داد الکتروسیته و مغناطیس و نور نهمدهای متفاوت یک پدیده واحد هستند. او را مهم‌ترین فیزیکدان حدفاصل نیوتن و آینشتاین می‌دانند. - م.

۳. Erwin Schrödinger (۱۸۸۷-۱۹۶۱)؛ فیزیکدان اتریشی دارای آثار متعدد در حوزه نظریه کوانتوم. معادله شرودینگر روشی برای محاسبه تابع موج سامانه‌ها و تغییرات زمانی آن است. - م.

توصیف می‌کند تا معادلات نظریهٔ میدانی کوانتوم برای دینامیک ذرات بنیادین، تمامی فیزیک ما و کل علوم دربارهٔ چگونگی شکل گرفتن اشیاء «طبق نظم زمان» است.

مدت‌ها مرسوم بوده که این زمان را در معادلات با حرف t نشان بدهند (کلمهٔ «زمان» برخلاف زبان‌های آلمانی و عربی و روسی و ماندارین، در زبان‌های انگلیسی و ایتالیایی و فرانسوی و اسپانیایی با t شروع می‌شود). این t نشانهٔ چیست؟ نمایندهٔ عددی است که با ساعت می‌سنجند. معادلات به ما نشان می‌دهند که چیزها چگونه در طول زمانی که با ساعت اندازه گرفته شده، تغییر می‌کند.

اما اگر همانگونه که دیدیم، ساعت‌های مختلف زمان‌های متفاوتی را نشان دهند، t چه را نشان می‌دهد؟ وقتی دو دوست پس از این که یکی در کوه و دیگری کنار دریا زندگی کرده‌اند دوباره با هم ملاقات کنند، ساعت‌های روی مچ‌شان زمان‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. از این دو، کدام t است؟ در یک آزمایشگاه فیزیک، ساعت روی میز و ساعت روی زمین سرعت متفاوتی دارند. کدامشان زمان را نشان می‌دهد؟ چگونه تفاوتشان را توصیف کنیم؟ آیا باید بگوییم که ساعت روی زمین نسبت به زمان واقعیِ سنجیده شدهٔ روی میز کند شده است؟ یا ساعت روی میز تندتر از زمان واقعیِ سنجیده شدهٔ روی زمین است؟

این پرسش بی‌معنی است. مثل این است که پرسیم کدام یک از این دو واقعی‌تر است: ارزش پوند به دلار یا ارزش دلار به پوند. ارزش «واقعی‌تر» وجود ندارد؛ دو ارز هستند که نسبت به هم ارزش دارند. زمان «واقعی‌تر» وجود ندارد؛ دو زمان هست و نسبت به هم تغییر می‌کنند. هیچ کدام واقعی‌تر از دیگری نیست.

اما فقط دو زمان وجود ندارد. زمان‌های بی‌شماری هست: زمانی متفاوت در هر نقطه از فضا. زمانی واحد وجود ندارد، شمار عظیمی از آن‌ها وجود دارد.

از دست رفتن جهت

اگر لطیف‌تر از اورفه^۱
 که حتی درختان را هم تکان می‌داد
 تار را بنوازی
 خونِ حیات بخش به این سایهٔ باطل
 باز نخواهد گشت...
 سرنوشتی خشن
 که تحملش ساده‌تر خواهد بود
 چرا که بازگشت هر چیز دیگری هم
 ناممکن است. (I, 24)

جریان ابدی از کجا می‌آید؟

درست است که ساعت‌ها در کوه و دشت سرعت متفاوتی دارند، ولی آیا در نهایت امر واقعاً همین نکته دربارهٔ زمان برایمان مهم است؟ در رودخانه آب کنار کرانه‌ها کندتر جریان دارد و در وسط تندتر، ولی به هر حال جاری

۱. Orpheus؛ موسیقیدان و شاعر افسانه‌ای اساطیر یونان. مشهور است که موسیقی او می‌توانست همهٔ حیوانات و حتی سنگ‌ها را مسحور کند. - م.