

## نقد کتاب\*

برایان بلنک

راه به سوی حقیقت: یک راهنمای کامل به قوانین جهان

نوشته راجر پنروز

نقاد: برایان بلنک\*

ترجمه: سید محمد باقر کاشانی

راجر پنروز برای عنوان کتاب اخیرش، استعاره راه به سوی حقیقت را برگزیده است که مکرراً در متون توصیفی فیزیک به کار می‌رود. تعجبی ندارد که این عبارت مورد پسند فیزیکدانان قرار گرفته است، زیرا این استعاره پیگیری سراسر است مقصدهائی را پیشنهاد می‌کند که عبارت است از: درکی از همه اصول اساسی که بر رفتار جهان حاکم است. شاید این خواسته برنامه‌ای بلند پروازانه به نظر آید. به ویژه با توجه به این گفته‌ای. ویگنر که «موفقیت بزرگ فیزیک به خاطر محدودیت هدف‌هایش می‌باشد.» از زمان این ارزیابی هوشیارانه، پیشرفت خیره کننده چنان چشم‌انداز فیزیک را تغییر داده است که پیشگامان زیادی از آن جسارت یافته‌اند که پیشنهاد کنند: درک کامل قوانین طبیعت در دسترس است.

چنان که پنروز بیان می‌کند، سفر (علمی) اکتشاف‌ها بیش از هزاران سال طول کشیده و بسیار مشکل بوده است. در آغاز این سفر، در حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد، هراکلیتوس مانع عمده را تشخیص داد: طبیعت عادت دارد خود را پنهان کند. صرف نظر از پیشرفت‌های ریاضی، گام‌های

---

\*) Book Review, The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe, Reviewed by Brian Blank, Notices of the AMS, June/July 2006, 661-666

۱) برایان بلنک (Brian Blank) استاد ریاضی در دانشگاه واشنگتن است. آدرس الکترونیکی او عبارت است از: brian@math.wustl.edu

مهم اولیه در راه به سوی حقیقت در فاصله زمانی بین ۱۵۴۳، سالی که کوپرنیک نظریه خورشید مرکزی خود را درباره حرکت سیارات منتشر کرد، و ۱۶۸۷ سال معرفی مکانیک نیوتنی برداشته شد. دوره انقلاب علمی اول، منجر به آگاهی کارآمد از منظومه شمسی، یک چارچوب اصلی برای مطالعه دینامیک و یک فرمول بندی ریاضی از یکی از اندرکنش های طبیعت یعنی جاذبه شد. بسیاری از نشانه های پیشرفت در طول راه به سوی حقیقت را می توان در اولین انقلاب علمی اول تشخیص داد. از آنجا که طبیعت بسیار ماهرانه رازهایش را پنهان می کند، برای هر پیشرفت غالباً یک نظریه جسورانه لازم است. مثلاً کوپرنیک، نه تنها قدرت حاکم بلکه حتی عقل سلیم هر ناظری را به مبارزه طلبید، وقتی مشاهده کرد که به خطا به جای احساس حرکت زمین، خورشید را در آسمان متحرک می بیند. لوازم دیگر پیشرفت - ریاضیات برای فرمول بندی و توسعه نظریه، ابزار فیزیکی برای آزمایش کردن آن، نیز مؤلفه های اساسی انقلاب بودند. وسایل پیشرفته اندازه گیری، که به وسیله تیخو براهه طراحی شده بودند، کپلر را قادر ساخت تا مدارهای سیستم کوپرنیک را رد کند. حسابان نیوتن به او این امکان را داد که دینامیک گالیله را توسعه و قوانینی را که کپلر مشاهده کرده بود، توضیح دهد. راه به سوی حقیقت مسیر فعلی انقلاب را با پشت سرگذاشتن تفویض های پی در پی برگزیده بود.

قرن نوزدهم شاهد انقلاب علمی دوم بود. بین سال های ۱۸۵۰ و ۱۸۶۵، مفاهیم بنیادی مانند انرژی و آنتروپی معرفی شد. ابتدا، بسیاری از دانشمندان بر علیه انرژی به عنوان یک تجرید ریاضی موضع گرفتند. ولی در پایان قرن، آن را ترجیحاً به عنوان مرجعی برای حقیقتی که نظریه های فیزیکی باید حول آن شکل بگیرد، جایگزین نیرو نمودند. شاخه های متعددی از فیزیک - ترمودینامیک، مکانیک آماری، نظریه جنبشی گازها بر این اساس ظهور کردند. انقلاب دوم در فیزیک به آگاهی های ذیل منجر شد. آگاهی کارآمد از مکان منظومه شمسی در کهکشان راه شیری، مفهوم میدان دافع، توصیف ریاضی اندرکنش بنیادی دوم، یعنی الکترومغناطیس، کشف یک ذره بنیادی (الکترون)، و بنا بر قانون دوم ترمودینامیک، صورت کاملاً جدیدی از واقعیت: جهت ترمودینامیکی زمان.

با وجود همه موفقیت های انقلاب دوم، فیزیک در آغاز قرن بیستم با چالش های گوناگونی روبرو بود. بحث درباره ماهیت موجی در برابر ماهیت ذره ای نور، که در خلال انقلاب اول در گرفت، علیرغم توصیف ماکسول از نور به عنوان تشعشع الکترومغناطیسی، تا انقلاب دوم به طور قطعی سامان نیافت. همه آزمایش ها برای کشف ماده ای که نور در خلال آن پراکنده می شود، فرض اثر درخشان، به شکست انجامید. قانون جاذبه نیوتن به عنوان یک برداشت مفید از جاذبه باقی ماند، ولی این قانون نه مکانیسمی را که با آن جاذبه تحت تأثیر قرار می گیرد، توضیح می داد، نه به زمان اجازه می داد نقشی در عمل جاذبه ایفا کند. نظریه های جدید انقلاب دوم حتی پارادوکس های با درسر بیشتری را به همراه داشت، مهمترین آن ها عبارت بود از حدس تشعشع جسم سیاه که انرژی به دلخواه بزرگ دارد. از دیدگاه تکاملی، به نظر می رسد درک ما از واقعیت پیشرفت کرده است. البته این پیشرفت نه با طی مسیر به سوی انتهای یک راه قدیمی بلکه با فراز و فرودهای پی در پی

بین وضعیت‌های دشوار هم وزن، حاصل شده است.

مورخین علم غالباً بیان می‌کنند که قرن بیستم شاهد دو انقلاب در فیزیک بود: نظریه کوانتم و نسبیت عام. انقلاب اول فیزیک را از فاجعه تشعشع ماوراء بنفش جسم سیاه نجات داد و معمای ایجاد شده توسط ویژگی‌های نور را برطرف کرد. با از بین رفتن فرق بین موج و ذره، نظریه کوانتم آگاهی‌های متضادی درباره ماهیت ماده و انرژی ارائه داد. انقلاب دوم، یعنی نسبیت عام، فضا و زمان را ترکیب کرد تا نظریه‌ای از جاذبه را ارائه دهد که بسیار عمیق‌تر از فرمولی است که در کتاب‌ها می‌نویسند. هر دو انقلاب درک ما از واقعیت فیزیکی را عمیقاً تغییر دادند.

قرن بیستم، در واقع، قرن پرباری برای فیزیکدانان بود؛ دو انقلاب علمی ممکن است هنوز انتظار آنان را برآورده نکرده باشد. فوتون، به‌عنوان ذره بنیادی دوم، در سال ۱۹۲۳ کشف شد. تا سال ۱۹۳۲ هر دو ذره پروتون و نوترون نیز کشف شد. این ذرات هسته‌ای فیزیکدانان را به کشف دو اندرکنش دیگر هدایت کردند: نیروهای قوی و ضعیف هسته‌ای. در خلال چند دهه، مجموعه بزرگی از ذرات زیراتمی جمع‌آوری شد: پوزیترون‌ها و میون‌ها در دهه ۱۹۳۰، پیون‌ها و کیون‌ها در دهه ۱۹۴۰، نوترینو (حدسیه طولانی مدت پارلی) در دهه ۱۹۵۰ و خیلی ذرات دیگر. جدول در حال افزایش ذرات بیشتر گیج‌کننده می‌شد. پاولی و لنگینگ بلافاصله پس از ارائه یک سخنرانی بحث‌انگیز در کلمبیا، پذیرفت که «این (جدول ذرات) یک نظریه جسورانه (تکامل نیافته) است.» نیلز بوهر، از (میان) حاضران در مخالفت گفت «متأسفانه، آن قدر هم جسورانه نیست!» در سال ۱۹۶۳ موری ژل - من و، مستقلاً جرج زویگ نظریه‌ای از ذرات بنیادی جزئاً باردار را (که ژل - من آن‌ها را کوارک می‌نامید) مطرح کردند که فقط به اندازه کافی جسورانه است.

در یک دهه و نیم بعد، آنچه موسوم به مدل استاندارد ذرات بنیادی و اندرکنش‌هایشان بود، ظهور کرد. مدل استاندارد نظریه‌ای است که فیزیکدانان تجربی مکرراً آن را برای دقت استانداردها تأیید کرده‌اند. کشف ذرات همچنان ادامه دارد. قابل توجه‌ترین آن‌ها عبارتند از کوارک عالی در سال ۱۹۹۵  $\tau$  - نوترینو در سال ۲۰۰۰ - ولی آن‌ها مانند قرار گرفتن ذرات مصنوعی ساخت بشر در جدول تناوبی، در نظریه ذرات بنیادی قرار می‌گیرند.

در خلال همان دوره زمانی که فیزیکدانان انرژی بالا، کوچک‌ترین ذرات عالم را بررسی می‌کردند، منجمین و اختر فیزیکدانان درک ما را از بزرگترین اجرام واقعی از جمله جهان دگرگون کردند. تا سال ۱۹۲۳ منجمین وجود کهکشان‌های ماوراء راه‌شیری را تأیید کرده بودند. مشاهده اجرام آسمانی (دور) سرد همراه با نسبیت عام منجر به ظهور شاخه جدیدی از فیزیک، کیهان‌شناسی شد، که ما را بیشتر درباره این که جهان چگونه به وجود آمد و چگونه معدوم می‌شود، آگاه می‌سازد. اگرچه فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی با اشیاء با اندازه‌های متضاد (از نظر کوچکی و بزرگی) سروکار دارند، این دو حوزه به صورت پیچیده‌ای در هم تنیده‌اند. اطلاعات حاصل از مطالعه فرایند زیراتمی مبنای درک فیزیک ستارگان و ترکیب ذرات سنگین در جهان است. برعکس، اجزاء اصلی رمزآلود جهان آزمایش‌های مهمی برای نظریه ذرات فراهم می‌آورند.

سیاحت علمی خیلی سریعی که تاکنون انجام داده‌ایم بیان کننده بخش بسیار کوچکی است از آنچه که راه به سوی حقیقت در ۱۱۰۰ صفحه‌اش پوشش می‌دهد. هر کس صفحاتی از کتاب را مرور کند فوراً درمی‌یابد که مخاطبان تقریباً همسان بیش از قطور بودن کتاب، راه به سوی حقیقت را از سایر کتاب‌های توصیفی متمایز می‌کند. تا جایی که من می‌دانم پرنور تنها نویسنده‌ای است که مفاهیم پیچیده‌ای از فیزیک را به کمک مفاهیم پیچیده ریاضی معرفی می‌کند. حتی یک ریاضیدان با تجربه هم که به مطالعه صفحه‌ای از کتاب که به شرح نمادهای تانسوری می‌پردازد، ممکن است از کتاب پرنور رویگردان شود. همچنان که مؤلف در مقدمه‌اش توضیح می‌دهد «آن چه من باید بگویم نمی‌تواند بدون کاربرد بخشی از نمادهای ریاضی و بهره‌برداری از مفاهیم اصیل ریاضی به صورت مستدلی ارائه شود.» این اعلان را پیروی از جمله کپرنیک «ریاضیات برای ریاضیدانان نوشته می‌شود» نگیرید، نظر پرنور این است که ریاضیات را باید نه تنها برای ریاضیدانان بلکه برای هر کس که مایل است آن را یاد بگیرد، نوشت. برای انجام این کار، در مقدمه درس‌های جبرانی شروع می‌شود که معرفی اعداد گویا به عنوان رده‌های هم‌ارزی یک نمونه آن است.

شانزده فصل اول راه به سوی حقیقت اصولاً به ریاضیات مورد نیاز برای بیان فیزیک مدرن اختصاص یافته است. تا به حال به صفحه ۳۸۳ رسیده‌ایم، به خواننده شجاع موضوع‌های زیادی در آنالیز، جبر و هندسه معرفی می‌شود. از این موضوع‌ها، نیاز به آنالیز در مقایسه با دیگر موضوعات نسبتاً کم است. حسابان، سری فوریه، ابرتابع‌ها، رویه‌های ریمانی و مقدار کافی از نظریه توابع مختلط برای بیان قضیه نگاشت ریمان. مطالب ضروری از جبر شامل کوآترینیون‌ها، جبرهای کلیفورد و گراسمانی، جبرخطی، گروه‌های تبدیل و مقدار کافی از نظریه لی برای بحث گروه‌های کلاسیک و جبرهای لی و نمایش آن‌ها می‌باشد. موضوع‌های هندسه دیفرانسیل سخت‌ترین قسمت است: انتقال موازی، ژئودزیک‌ها، خمیدگی، مشتق برون، حسابان برخمینه‌ها، التصاق‌ها و کلاف‌های تار. با آنچه تاکنون گفته شد، پرنور بخش قابل قبولی از دروس ریاضی دوره کارشناسی را در بخش اول (یک سوم) کتابش گنجانده است. وقتی پرنور ادعا می‌کند «من به مطالب کتاب برای القای درک درست به خواننده خوشبینم» مایلیم سخن او را باور کنیم. به عنوان یک ارزش از عهده (خواندن) برآمدن برای خواننده‌ای که به محض ظاهر شدن یک فرمول ریاضی، مطالعه را متوقف می‌کند، پرنور پیشنهاد می‌کند «از همه فرمول‌ها صرف نظر کنید و فقط جملات را بخوانید.» چنین توصیه‌ای مطمئناً به درستی خوشبینانه است زیرا به ندرت صفحه‌ای یافت می‌شود که در آن متن و ریاضی عمیقاً در هم نیامیخته باشند. خوانندگانی که از ریاضیات دوری می‌جویند با جستجوی آثار عالی زیادی که مخاطبان عمومی‌تری را هدف قرار داده‌اند و نیز جمع‌آوری درست این آثار چنان که زمینه‌های مشابه را پوشش دهند، موفق‌ترند. حتی کسانی که از نمادهای ریاضی فرار نمی‌کنند ممکن است متن‌های علمی به سبک برایان گرین یا استفان هاوکینگ را ترجیح دهند. ریاضیدانانی که به فیزیک علاقه مندند، ممکن است کتاب پرنور را مورد بررسی جدی‌تر قرار دهند. عده‌ای ممکن است فقط ۱۶ فصل اول را به طور کامل انتخاب و مطالعه کنند. دیگرانی که خواستار به روز کردن اطلاعات در چند موضوع هستند؛ مطالب پرنور را فراهم کننده پیش زمینه مفیدی برای

فیزیک آینده می‌یابند.

بعد از ۳۸۲ صفحه مقدمات ریاضی (خارج از مسیر اصلی)، پرنور توجه خود را به انقلاب‌های علمی متعدد که فیزیک را در قرن بیستم متحول کردند، معطوف می‌دارد. قسمت دوم کتاب شامل ۳۵۲ صفحه به نسبت عام، نظریه کوانتم، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی اختصاص دارد. گذر از ریاضیات به فیزیک تقریباً هموار است. بخشی از این همواری به خاطر این است که پرنور از روی تعصب دو موضوع (ریاضی و فیزیک) را از هم جدا نمی‌کند. اعداد کوانتمی در فصل هندسه اعداد مختلط معرفی می‌شود، التصاق پیمان‌های در فصل کلاف‌های تار می‌شود، و در جهت دیگر، فضاها ی هیلبرت، عملگرهای یکانی و همسازهای کروی در فصل نظریه کوانتم یافت می‌شود. دلیل دیگر برای درهم آمیختن هموار ریاضیات و فیزیک این است که پرنور با زبان یک فیزیک ریاضی‌دان صحبت می‌کند: حتی وقتی موضوع‌هایی از فیزیک برای ما کاملاً آشنا نیست، روش و زبان ارائه آن آشناست. برای خواننده انتخاب‌گر رفت و آمد بین ریاضی و فیزیک با مجموعه وسیعی از ارجاع‌های به قبل و بعد آسان می‌شود. برای خواننده‌ای که از بخشی از ریاضیات صرف‌نظر کرده است تا سریعاً به فیزیک برسد ارجاع‌های به مطالب قبلی مفید است. ارجاع‌ها به مطالب بعدی انگیزه خوانندگان را برای تلاش در ریاضیات به ظاهر مجرد تقویت کند.

خوانندگانی که به فصل‌های نسبت خاص، نسبت عام و مکانیک کوانتمی رسیده‌اند شاهد یک بررسی عالی از این مطالب‌اند که مشحون از بینش‌های فیزیکی و زمینه ریاضی است. به ویژه، چهار فصل پیاپی که با ذره کوانتمی شروع می‌شود و با کشف نظری پاد ذرات به وسیله پل دیراک به سرانجام می‌رسد به طور خاص روشن‌گر است. در پایان این فصل‌ها، پرنور نشان می‌دهد که چگونه ترکیب نسبت خاص و نظریه کوانتم منجر به حدس پاد ذرات می‌شود. پرنور به کمک نظریه هامیلتونی نسبتی یک ذره کوانتم با جرم سکون  $\mu$ ، معادله کلاین - گوردون برای نگاشت موج  $\psi$ ،  $\psi = 0$  را به دست می‌آورد. او نشان می‌دهد که چگونه دیراک با کشف مجدد جبرهای کلیفورد، معادله کلاین - گوردون را به آنچه امروز معادلات دیراک و پاد - دیراک می‌نامیم تجزیه کرد. این پیش زمینه ریاضی برای خواننده بینشی اصیل درباره حدس دیراک از وجود پوزیترون، پاد ذره الکترون فراهم می‌کند. پوزیترون فقط یک سال پس از حدس وجودش کشف شد.

نظریه دیراک درباره الکترون یک نقطه عزیمت طبیعی برای مدل استاندارد ذرات بنیادی و اندرکنش‌های آنهاست، موضوعی که به خوبی مورد توجه متون توصیفی قرار نگرفته است. یکی از مشکلات این است که مدل استاندارد پراز نکات فنی است، که بیشتر آن‌ها نامأنوس‌اند و شهودی نیستند. برای نوآموز حتی مشکل بیشتر همپوشانی عبارت‌هاست، چنان که جمله زیر از راه به سوی حقیقت یک نمونه آن است. «خانواده هدرون‌ها (نوعی از ذرات بنیادی) شامل فرمیون‌های موسوم به «باریون‌ها» و همچنین بوزون‌های معروف به «نیرون‌ها» می‌شود. به قول برایان گرین صدها ذره مختلف وجود دارد، که به شما سرگیجه می‌دهد یا چشمانتان را خیره می‌کند، و همگی آن‌ها هم از یک نظریه پیچیده سازگاری ریاضی قابل بحث، پیروی می‌کنند. کوتاه سخن این که، مؤلفی که

می‌کوشد مدل استاندارد را برای مستمعین عمومی توضیح دهد با دام‌های زیادی مواجه می‌شود، پرنوز نمی‌تواند همه آن‌ها را به کناری گذارد. مثلاً بحث هدرون‌ها را در راه به سوی حقیقت در نظر گیرید. هدرون‌ها، بنابر تعریف عبارتند از ذراتی که از طریق نیروی هسته‌ای قوی، اندرکنش دارند. در صفحه ۱۰۱، پرنوز آن‌ها را چنین معرفی می‌کند: «... دیدگاه مدرن [این است] که ذرات با «اندرکنش قوی» موسوم به هدرون‌ها (پروتون‌ها، نوترون‌ها،  $\pi$  - نرون‌ها، و غیره) بنابر فرضی از کوآرک تشکیل شده‌اند». نکات زیر یک گزیده کوتاه از کتاب است که تازه‌وارد (به مبحث) را دچار مشکل می‌کند:

- کاماها باید حدود وجه وصفی را مشخص کنند! همچنان که نقل شد، تعریف پرنوز متضمن این است که مجموعه هدرون‌ها شامل مجموعه ذرات با اندرکنش قوی نیست. این ابهام کاملاً برطرف نمی‌شود (زیرا) ۵۰۰ صفحه بعد، پرنوز هنگام توصیف مجدد هدرون‌ها، می‌گوید آن‌ها زیرمجموعه سره‌ای از ذرات با اندرکنش قوی محسوب می‌شوند.
- وارد کردن  $\pi$  - مزون‌ها در لیستی از ذرات شناخته شده برای تثبیت مفهوم هدرون‌ها تأثیر متضادی دارد: خلاصه نقل شده تنها مدخل اندیس‌دار برای  $\pi$  - مزون‌هاست. مشکل، هنگامی گسترش می‌یابد که پرنوز بعداً، بدون توضیح اصطلاح مترادف، پیون‌ها را چهار بار هنگام صحبت از  $\pi$  - مزون‌ها (صفحه‌های ۴۳۶، ۴۳۷، ۴۹۴ و ۶۲۸) به کار می‌برد. تعریف مزون سرانجام در ص ۶۴۶ ظاهر می‌شود ولی برجسته نمی‌شود.
- ذرات زیراتمی بیان شده با عبارت «و غیره» تا بعد از صفحه ۵۰۰ آشکار نمی‌شوند.
- کاربرد عبارت «فرض می‌شود که تشکیل شده‌اند از» به جای عبارت واقعی‌تر «تشکیل شده انداز» گمراه کننده است. جمله به جای عبارت «حقیقت این است» با ابهام «دیدگاه مدرن این است» شروع شده است. آیا طفره رفتن بیش از حد ضروری است؟
- گزاره نقل شده درباره هدرون‌ها در صفحه ۶۴۵ به صورت «فرض می‌شود همه هدرون‌ها از کوآرک تشکیل شده‌اند»، تناقض آمیز است اگر توجه کنیم که پرنوز بعداً بیان می‌کند که هر یرون از یک کوآرک و یک پادکوآرک تشکیل شده است. به علاوه، گوی‌های - چسبان که بنابر اعتقاد در BNL و CERN و DESY کشف شده‌اند هدرون‌های بدون کوآرک‌اند که فقط از گلوئن‌ها تشکیل شده‌اند.

نکاتی که با بحث پیشین برجسته شد منحصر به همین‌ها نیست و به کتاب پرنوز هم اختصاص ندارد: حتی بخش‌هایی از بسیاری از متون کاملاً پذیرفته شده مدل استاندارد مانند [۳] و [۱۰] آزار دهنده‌اند. آنچه پرنوز را مفتخر به عنوان بهترین عمومی کننده فیزیک می‌کند، این است که او خواننده را به ساختار ریاضی بحث نزدیک‌تر می‌کند. با بحث التصاق‌های پیمان‌های و گروه‌های تقارن به صورت نابديهی، او خوانندگان را هدایت می‌کند که علت نامگذاری مدل استاندارد،

به نظریه  $Sv(1) \times Sv(2) \times Sv(3)$  را درک کنند. با فصل حادثه انفجار خلقت جهان<sup>۱</sup> و میراث ترمودینامیکی آن، پنروز قسمت دوم راه به سوی حقیقت را با بیان خلاصه‌ای از اطلاعات فعلی ما از کیهان‌شناسی به پایان می‌برد. به طور خلاصه، نظریه بیگ بنگ جهان در حال گسترش را آ. فریدمن (۱۹۲۲) و مستقلاً جرج لیمت (۱۹۲۷) که معادله اینشتین درباره جاذبه را بدون فرض اولیه جهان ساکن حل کردند، ارائه داد.

کشف رادوین هابل (۱۹۲۹) از رکود کهکشان‌ها یک گواهی زود هنگام تجربی برای مدل فریدمن - لیمت فراهم کرد. با وجود این، به نظر می‌رسد توضیح بیگ بنگ برای گسترش جهان فقط یک نظریه جسورانه دیگر باشد - خود لغت بیگ بنگ در دهه ۱۹۵۰ از یک ریشه طعنه‌آمیز که توسط یک کیهان‌شناس به کار می‌رفت، سرچشمه گرفت. با آغاز سال ۱۹۶۴ هنگامی که تشعشع کیهانی نهانی مایکروویو که به وسیله بیگ بنگ حدس زده شده بود، کشف شد، گواهی‌های تجربی زیادی این نظریه را تأیید می‌کرد. بررسی سنتی کیهان‌شناسی این بحث کوتاه را به علت جزئیات بیشتر حجیم کرد. پنروز از سوی دیگر به جبران این که این مطالب را در فقط دو پاراگراف بیان می‌کند، سرانجام بیش از یک سوم فصل را به این مبحث اختصاص می‌دهد. شرح‌های استاندارد از بیگ بنگ خواننده را در جریان مراحل جهان سرد زمان پلانک تا حال حاضر قرار می‌دهد. پنروز چنین نمی‌کند. مفهوم دوران سرد<sup>۲</sup> مختصراً در فصل مدل استاندارد ظاهر می‌شود ولی نقشش در تکامل آغازین جهان به روشنی بیان نمی‌شود. به این دلیل، نه ترکیب هسته‌ای، نه تشکیل ستاره‌ای راهی در راه به سوی حقیقت ندارد. بحث مختصری از تکامل اختری وجود دارد که فقط آفرینش حفره‌های سیاه را توصیف می‌کند. روی هم رفته، این فصل متمرکز بر ترمودینامیک چیستان‌های کیهان‌شناسی بیگ بنگ است که پنروز از دهه ۱۹۷۰ آن‌ها را مطرح و مطالعه کرده است. گرچه خوب است متخصصی داریم که اسرار جهان را که به مدت سه دهه ذهنش را به خود مشغول کرده است، بیان می‌کند، ضرر کم بها دادن به مباحث دیگر این است که اگر خوانندگان بخواهند این حقیقت را درک کنند که جهانی که هم‌اکنون در آن زندگی می‌کنیم از یک پلاسمای ذرات بنیادی به وجود آمده، باید به مراجع دیگر رجوع کنند.

چنان که گفته شد، راه به سوی حقیقت از ادغام سه کتاب در یک مجلد حاصل شده است. بخش سوم که تقریباً به اندازه دو بخش اول طولانی است معطوف به مسیر پیش رو (فیزیک آینده) است. در اینجا است که پنروز کاملاً مطابق شهرت خود به عنوان بدعت‌گزار در بین فیزیکدانان رفتار می‌کند. مطابق ایده‌ای از کیهان‌شناسی که اکنون عموماً پذیرفته شده است، لحظه‌ای از زمان کمتر از  $10^{-12}$  ثانیه «پس از بنگ» جهان شاهد یک دوره «تورمی» با رشد نمایی بوده است که در آن اندازه‌اش با ضریب حداقل  $10^{30}$  بزرگ می‌شد. این نظریه در سال ۱۹۷۹ توسط آ. گوث به عنوان جوابی به مسأله مغناطیس یک قطبی که عدم سازگاری بین کیهان‌شناسی بیگ بنگ و نظریه‌های مشهور وحدت را مطرح می‌کرد، بیان شد. ابتدا، کیهان‌شناسی تورمی یک نظریه جسورانه دیگر

1) freezing out

به نظر می‌رسد. با وجود این، تورم مشکلات مهم چندی را از نظریه سنتی بیگ بنگ برطرف کرد و ظرف مدت کوتاهی توجهی جدی به خود جلب نمود. تورم همچنین برشکاکانی که آن را یک نظریه آزمایش‌ناپذیر که تسلیم مشاهده نمی‌شود می‌دانستند، غالب آمد. به علاوه، تورم با فرض صحت، به وجود میدان فرضی هیگز در زمان آغازین جهان که مدت‌هاست مورد جستجو می‌باشد، اشاره دارد. همچنان که ل. لیدرمن، یکی از پیشگامان جستجوگر ذرات اعلام کرده است، «اختر فیزیکدان‌ها یک شیء هیگز کشف کرده‌اند!». علیرغم این نتایج رضایت‌بخش (از نظریه تورم)، وقتی پرنوز تردید می‌کند و می‌گوید «دلایل قوی برای تشکیل بنیادی در کیهان‌شناسی تورمی وجود دارد»، یک مزاحم به نظر می‌رسد.

از جدال درباره تورم می‌توان پرهیز نمود، ولی این بحث با مطالب بخش پایانی کتاب پرنوز سازگار است. تزاو این است که پدیده‌های به اندازه کافی توضیح داده نشده به قدری زیادند که نزدیک آخر راه به سوی حقیقت نیستیم. بیشترین هشدار به خاطر ماهیت موقت مدل استاندارد است. زیرا این نظریه ثابت‌هایی بنیادی از طبیعت را به عنوان پارامترهای درون داد نیاز دارد، این نظریه، حقیقت جهانی دیگر را درست مانند جهان ما توصیف می‌کند. این که اکنون به نظر می‌رسد مقدار ثابت‌های بنیادی دلخواه است و از پیش تعیین شده نیست یک نقص دانش فعلی ماست. مسأله قابل توجه بیشتر عبارت است از تصادم بین نظریه کوانتم و نسبیت عام در حوزه‌هایی که هر دو باید به کار روند. تا زمانی که یک نظریه تحقیق‌پذیر (قابل تصدیق و تکذیب) از جاذبه کوانتمی ظاهر شود، باید قبول کنیم که از انتهای راه بسیار دور است. در واقع، اکنون انشعابی در این راه وجود دارد که باعث مجادله درباره ادامه صحیح آن شده است. به هر یک از سه راه ممکن به جاذبه کوانتمی فصلی اختصاص می‌دهد: نظریه ریسمان، متغیرهای طوقه‌ای (LQG)، و نظریه خودش یعنی نظریه توئیستور<sup>۱</sup>. (این رویکردها در یک سطح مقدماتی‌تر توسط لی اسْمُلین یک طرفدار LQG، نیز در مرجع سه راه به سوی جاذبه کوانتمی [۸] مورد بحث قرار گرفته است. با توجه به این که کتاب اخیر متخصص نظریه ریسمان برابان گرین [۱] بخشی با عنوان راه‌ها به سوی حقیقت دارد، نتیجه می‌گیریم که حداقل توافقی درباره استعاره‌ای که باید به کار رود وجود دارد.)

پرنوز ممکن است در فصل کیهان‌شناسی تورمی از ادامه بحث منصرف شده باشد، ولی در فصل نظریه ریسمان با سلاح خود را تسلیم نظریه رایج می‌کند. در اولین پاراگراف این فصل، پرنوز می‌نویسد، «فیزیکدانان خیلی کمی پیش بینی می‌کنند که تغییرات بنیادی در چارچوب مکانیک کوانتمی به وجود آید. بلکه، آن‌ها درباره ایده‌های ظاهراً عجیب مانند نیاز به بعدهای اضافی در فضا - زمان بحث می‌کنند، یا درباره ذرات نقطه‌ای که با موجودات توسعه یافته مشهور به «ریسمان» باید جایگزین شوند. پنج بخش بعد، حمله بیانی افزایش می‌یابد: «از نظر بدگویان به شدت افراطی‌اش، [نظریه ریسمان] تاکنون از نظر فیزیکی، مطلقاً موفقیتی نداشته است، و شانس کمی وجود دارد که در فیزیک آینده نقش مهمی ایفا کند.» گرچه ممکن است خواننده ظنبن باشد که

1) twostor

پنروز این کلمات را از زبان بدگویان می‌گوید، حداقل چنین استنباط می‌کند که او «به جنبه‌های زیادی از برنامه‌های جاری نظریهٔ ریسمان نگاه مثبتی ندارد.» برخلاف اعتراض‌های نظری به نظریهٔ ریسمان که پنروز آن‌ها را مطرح می‌کند، بسیاری از فیزیکدانان از نظر اصولی معترفند: روش آن‌ها این است که نظریه‌هایی را که با تجربه آزمایش نمی‌شوند به عنوان مطلب فلسفی، مذهبی یا ریاضی کنار بگذارند. ام. ولثمن، برندهٔ جایزهٔ نوبل در کتاب اخیرش دربارهٔ فیزیک ذرات [۱۰، ص ۳۰۸] با بیانی صریح مانند پنروز قضاوتش را برای حذف نظریهٔ ریسمان و ابرتقارن اظهار می‌دارد: «حقیقت این است که این کتاب دربارهٔ فیزیک است و این امر متضمن این است که ایده‌های نظری که مورد بحث قرار می‌گیرند باید با حقایق تجربی پشتیبانی شوند. نه ابرتقارن، نه نظریهٔ ریسمان این شرط را ارضا نمی‌کنند. آن‌ها آفریدهٔ تفکر نظری‌اند. به قول پائولی: آن‌ها حتی غلط نیستند.»

تفسیر آفرینش جهان و فرجام نهایی آن ناخواسته فکر نویسنده را به فلسفه، الهیات یا دیگر روزنه‌های فکری متوجه می‌کند. پنروز نه به این می‌اندیشد که چرا در مقابل نیستی چیزی وجود دارد، نه در آن چه روزنامه نگار علمی تیموتی فریس آن را متاع — خداوندی می‌نامد، درگیر می‌شود. در عوض، راه به سوی حقیقت با فصلی خاتمه می‌یابد که در آن پنروز مجذوب و شیفتهٔ زیبایی و معجزه‌ها می‌شود. این‌ها عبارتند از فیزیک ریاضی گونه هدایت شده، نقش ابطال پذیری در نظریهٔ علمی، و نقش سلیقهٔ غالب در نظریهٔ فیزیکی. در خصوص آخرین موضوع، پنروز فراری را مطرح می‌کند که در طول مسیر نظریهٔ ریسمان به جاذبهٔ کوانتمی در حال وقوع است. او نگران است که جریان فعلی تحقیقات در حال منحرف کردن تعداد فزاینده از نظریه‌دان‌ها (ی فیزیک) به مسیری است که به ظن او بن‌بست است. پنروز همچنین نگران پراگماتیسم است که می‌خواهند دورنما (ی فیزیک) را ترسیم کنند. اگر شما قبلاً نظریهٔ ریسمان را مطالعه کرده باشید احتمالاً با این تکیه کلام آشنا باشید. «نظریهٔ ریسمان تنها بازی در شهر است.» پنروز نقل می‌کند که یک کتاب درسی مشهور نظریهٔ ریسمان با بیانی مبارزه طلبانه اعلام می‌کند، «هیچ گزینهٔ دیگری وجود ندارد... همهٔ ایده‌های خوب بخشی از نظریهٔ ریسمان است» مشابهاً، نویسنده یک کتاب جدید دربارهٔ نظریهٔ ریسمان می‌گوید [۹، ص ۳۵۷]، «هر چند مایلم با توضیح جنبه‌های مخالف بین ایده‌ها، تعادل ایجاد کنم، به سادگی نمی‌توانم آن جنبه‌ها را ببابم» به خاطر فراوانی طرفداران، پنروز نمی‌تواند کاری انجام دهد جز یادآوری این که «(در برخورد) با ایده‌هایی که مانند ایده‌هایی در جاذبهٔ کوانتمی از تأیید یا رد تجربی دورند، باید محتاط باشیم تا شهرت یک رویکرد را به عنوان نشانهٔ صحت آن به حساب نیاوریم.» به علت ارائهٔ نظریه‌های متضاد توسط پنروز، ریاضیدانی که کتاب را مطالعه می‌کند نمی‌تواند تصمیم بگیرد کدام یک از این نظریه‌ها درست است، بنابراین به این موضع افراطی تمایل می‌یابد که این مطالب، به جدالی فلسفی مربوط‌اند.

تقریباً قطعی است که یک کتاب خیلی قطور باعث ناخوشایندی شود. ولی به ویژه به نظر من، متخصصی که فهرست اصطلاحات و اعلام کتاب پنروز را تهیه کرده است به دلایل زیر به خوبی از عهدهٔ این کار برنیامده است. الکترون با جرم سکون نوترینو  $m(\nu_e)$  یک نمونهٔ خوب است. تعیین مقدار این پارامتر، و به ویژه، مشخص کردن این که این پارامتر ناصفر است در حال حاضر مورد علاقه

زیادی است. پرنور جرم نوترینو را در صفحه‌های ۶۳۶ و ۶۳۷ معرفی می‌کند، سپس کران بالایی برای  $m(\nu_e)$  در صفحه ۸۷۲ ارائه می‌دهد. با وجود این، این بحث دوم هیچ مدخل مشخص ندارد و بحث اول زیر عنوان به اشتباه هجی شده neutrino مشخص شده است. نکته منفی دیگر عبارت است از معرفی اتفاقی فیزیک‌دانان نظریه پرداز. بسیاری از نام‌های آنان به حروف اولشان تقلیل یافته است، و بسیاری موارد حتی به این صورت هم ثبت نشده است: جیمز کرونین، وال فیچ، جان کلیو وارد و جرج زویگ به ندرت در مدخل، یا با حرف اول، یا با نام اول یافت می‌شوند. فیزیکدانان دیگری کاملاً فراموش شده‌اند. بنابراین، از دستگاه اشترن - گرولاچ مطلعیم، ولی با نام دو پیشگام مهم نظریه کوانتم والتر گرولاچ و اتو اشترن مواجه نمی‌شویم. در واقع، غالباً تصادفی است که نام یک فیزیکدان برجسته ذکر می‌شود. مثلاً ای. ویگنر دو مدخل دارد، ولی نه در فصلی که شامل ایده‌های فراوانی است که زمانی به ویگنریسم مشهور بود.

اگرچه موارد اعتراضی مذکور بجاست، اما در برابر تلاش شگفت‌انگیز پرنور اندک به نظر می‌رسند. خطاهای نسبتاً کم ذکر شده گواه بی‌دقتی کلی نیست. راه به سوی حقیقت با توجه به حجم کتاب، وسعت نظر در ریاضی و فیزیک هر دو و هشت سال دوران تألیفش، فوق‌العاده دقیق و سازگار به نظر می‌رسد. من فکر می‌کنم هر اعتراضی بجا (درباره مطالب کتاب) باید با توجه به عدم تعادل بین توصیف ریاضی قوانین فیزیکی و ارائه پشتیبانی‌های تجربی از آن‌ها صورت گیرد. اندیشه‌های نظری بخشی از ریاضی است ولی هنگامی که نوبت به تمایز بین نظریه‌های جسورانه بیانگر حقایق فیزیکی و نظریه‌های صرفاً جسورانه می‌رسد، برای حکم کردن باید به حقایق تجربی تکیه کنیم. حتی دیراک، کسی که معادله پادالکترون را معرفی نمود، برای بیان حدس پادماده تردید داشت. (چون او بعداً اعلام کرد، «معادله از من زیرک‌تر بود.») شاید بتوان تمرکز پرنور بر نظریه را این‌گونه آشکار نمود که وی عنوان شتاب دهنده بزرگ سرن را که قرار بود در ۲۰۰۷ عملیاتی آغاز شود، از فصلی با عنوان راه حقیقت در کجا قرار دارد؟ حذف کرده است. برای کسب دیدگاه‌های تجربی فیزیک، خوانندگان می‌توانند به عنوان مکمل (کتاب) راه به سوی حقیقت کتاب‌های عالی لی. لدرمن و دن لینکلن هر دو از آزمایشگاه فرمی ([۴] و [۵]) را مطالعه کنند. به ویژه مرجع [۲] کتاب ارزشمندی است که حاوی مقالاتی از فیزیک‌دانان تجربی و نظری است که در شکل‌گیری مدل استاندارد سهیم بوده‌اند.

(کتاب) راه به سوی حقیقت در بریتانیا چاپ شده و قبل از انتشار چاپ آمریکایی آن، توسط منتقدان مورد بحث قرار گرفته است. قبل از این که کتاب به دستم برسد، نقدهای متعددی از آن را خوانده بودم که با توصیف ضعیف خود آن را بد جلوه داده بودند. نمونه‌ای از چنین ارزیابی‌هایی ارزیابی زیراز فرنک ویلچک، برنده جایزه نوبل است [۱۱]. او می‌گوید: «مطالب قابل تحسین و مفید زیادی در این کتاب وجود دارد، ولی با رعایت بالاترین استانداردها، راه به سوی حقیقت عمیقاً معیوب است.» با اطلاع از چنین انتقادی، من مقدم را با نگرانی شروع کردم. ولی با پیشرفت در خلال چند صد صفحه اول دریافتیم که راه به سوی حقیقت با طرح خوبی نوشته شده است و همه

داده‌های غلطم تسلیم تیزبینی‌های ارزشمند پنهان شد و این که او تکامل بنیادی فیزیک قرن بیستم را به خوبی بیان کرده است. ویلچک در نقدش می‌گوید «اشتباه‌های لپی جدی» توجه را به سه مطلب جلب می‌کند. این مسائل که فقط به خاطر پیچیدگی‌های فیزیک قابل درک است، از دید خوانندگان خاصی قابل طرح است.

اگر پنهان‌عامه خوانندگان را به درک مفاهیم مجادله‌آمیز نایل کرده باشد در مقایسه با اشتباه‌های تصادفی‌اش خدمت ماندگاری انجام داده است.

برای ریاضیدانان با علاقه عمومی به فیزیک، کتاب پنهان به عنوان کتاب خودخوان توصیه می‌شود. برای ریاضیدانان دیگر مطالعه اجمالی راه به سوی حقیقت با این هدف که ببینند ساختارهای ریاضی تا چه اندازه بر نظریه‌های فیزیکی اثر می‌گذارد، مفید است. کتاب‌های رقیب زیادی وجود دارد که در پی توضیح جایگاه هنر در فیزیک بنیادی هستند. اگر کتاب پنهان را با هر یک از کتاب‌های جدید (مثلاً با [۶]، [۷]، [۹]) مقایسه کنید، نظر این نقاد را مبنی بر این که راه به سوی حقیقت از بالاترین استانداردها برخوردار است، درک می‌کنید. زیرا واقعاً این کتاب منحصر به فرد است. و این درک، آخرین توصیه مرا آسان می‌کند. برای هر کس که می‌خواهد فیزیک را به روز و در سطح استاندارد و پیشرفته بدانند، راه به سوی حقیقت تنها کتاب موجود است.

تشکر مترجم: لازم است از نقاد کتاب، برایان بلنک که با پاسخ دادن به وسیله email به بعضی سؤال‌های اینجانب مرا در فهم بخش‌هایی از نقد و در نتیجه ترجمه درست آن‌ها کمک کرده است و همچنین از ویراستاران فرهنگ و اندیشه ریاضی، سپاسگزار می‌نمایم.

## مراجع

- [1] BRIAN GREENE, *The Fabric of the Cosmos*, Knopf, 2004.
- [2] LILLIAN HODDESON, LAURIE BROWN, MICHAEL RIORDAN, and MAX DRESDEN, *The Rise of the Standard Model: Particle Physics in the 1960s and 1970s*, Cambridge University Press, 1997.
- [3] GORDON KANE, *The Particle Garden*, Basic Books, 1995.
- [4] LEON LEDERMAN With DICK TERESI, *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?*, Houghton Mifflin, 1993.
- [5] DON LINCOLN, *Understanding the Universe from Quarks to the Cosmos*, World Scientific Publishing Company, 2004
- [6] ROBERT OERTER, *The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics*. Pi Press, 2006.

- 
- [7] LISA RANDALL, *Warped Passages: Unraveling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions*, Harper Collins Publishing, 2005.
- [8] LEE SMOLIN, *Three Roads to Quantum Gravity*, Basic Books, 2001.
- [9] LEONARD SUSSKIND, *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*, Little Brown, 2006.
- [10] MARTINUS VELTMAN, *Facts and Mysteries in Elementary Particle Physics*, World Scientific Publishing Company, 2003.
- [11] FRANK WILCZEK, Review of *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*, by Roger Penrose (Jonathan Cape, London, 2004), *Science* 307 (11 February 2005), no. 5711, pp. 852 - 853.

---

مترجم: سید محمدباقر کاشانی  
دانشگاه تربیت مدرس - دانشکده علوم پایه  
kashanim@modares.ac.ir