

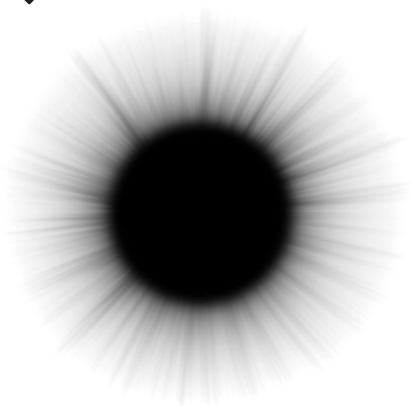


جنگ سیاہچالہ

ترجمه این کتاب تقدیم می‌شود به پروفسور کامران وفا، «یکی از
خلاق‌ترین و حیرت‌انگیزترین فیزیکدانان نظری جهان».

- رامین جعفری آزان

جنگ سیاهچاله



نبرد من با استیون هاکنگ بر سر
امن کردن جهان برای مکانیک کوانتومی

لئونارد ساسکیند

ترجمه‌ی رامین جعفری آزان

زئلمات ماریار

فهرست مطالب

| | |
|-----|---|
| ۷ | مقدمه |
| | بخش اول: توفان دورهمی |
| ۱۹ | ۱. پرده اول |
| ۲۷ | ۲. ستاره‌ی تاریک |
| ۴۹ | ۳. با هندسه‌ی پدر بزرگت نمی‌شه |
| ۷۳ | ۴. «واسه خدا تعیین تکلیف نکن اینشتین!» |
| ۱۰۵ | ۵. پلانک معیار بهتری می‌سازه |
| ۱۱۱ | ۶. تو یکی از بارای برادوی |
| ۱۱۹ | ۷. انرژی و آنتروپی |
| ۱۳۵ | ۸. پسران ویلر |
| ۱۴۹ | ۹. نور سیاه |
| | بخش دوم: حمله غافلگیرکننده |
| | ۱۰. چطوری استیون بیت‌هاش رو گم کرد و نمی‌دونست کجا پیداشون کنه |
| ۱۶۹ | ۱۱. مقاومت هلندی |
| ۱۸۳ | ۱۲. کی اهمیت می‌ده؟ |
| ۱۸۹ | ۱۳. بن‌بست |
| ۱۹۹ | ۱۴. کشمکش در اسپن |
| ۲۱۱ | بخش سوم: ضدحمله |
| ۲۱۹ | ۱۵. نبرد سانتا باربارا |
| ۲۴۹ | ۱۶. صبر کنین! سیم‌کشی رو برعکس عوض کنین |
| ۲۵۵ | ۱۷. شاه آحاب در کمبریج |
| ۲۷۳ | ۱۸. جهان به عنوان یه هولوگرام |

بخش چهارم: بستن حلقه

- ۲۸۹ ۱۹. سلاح کاهش جرم
- ۳۳۱ ۲۰. هواپیمای آلیس، یا آخرین ملخ مرئی
- ۳۴۱ ۲۱. شمردن سیاهچاله‌ها
- ۳۶۹ ۲۲. آمریکای جنوبی پیروز جنگ می‌شه
- ۳۹۱ ۲۳. فیزیک هسته‌ای؟ شوخی می‌کنی!
- ۴۰۱ ۲۴. فروتنی
- ۴۰۹ حرف آخر
- ۴۱۵ فرهنگ اصطلاحات
- ۴۲۲ نمایه
- ۴۲۴ در تحسین کتاب

مقدمه

چیزای زیادی برای درون یافتن وجود داشت، ولی چیزای کمی بودن که اون درون یافت رو فراهم کنن.

- رابرت ای. هاینلین
بیگانه‌ای در سرزمینی بیگانه


جایی توی دشتای بی درخت شرق آفریقا، یه ماده شیر سالخورده نشسته در کمین شام موردنظرش. اون قربانیای پیرتر و آهسته‌ترو ترجیح می‌ده، ولی بز کوهی جوون و چابک تنها انتخابیه که داره. چشمای محتاط شکار، دو طرف سرش هستن، کاملاً مناسب برای برانداز کردن چشم‌انداز به دنبال درنده‌های خطرناک. چشمای شکارچی مستقیم جلو رو نگاه میکنن، که برای قفل شدن روی طعمه و تخمین فاصله عالییه.

این بار شکارچی از دید اسکنرای بز کوهی با اون دید وسیع شون جا می‌افته و طعمه به داخل محدوده‌ی مؤثر خطر منحرف می‌شه. پاهای عقبی قوی شیر اونو به طرف قربانی وحشت‌زده پرتاب می‌کنن. مسابقه‌ی بی‌انتها از نو شروع می‌شه. گربه‌ی بزرگ، گرچه وزنش با سنش بالا رفته، ولی قهرمان دو سرعتیه. اولش فاصله رو کم می‌کنه ولی چرخش سریع و قدرت عضلانی شیر یواش یواش باعث می‌شه اکسیژن کم بیاره. سرسختی طبیعی بز کوهی خیلی زود برنده می‌شه. توی همون نقطه جهت سرعت نسبی گربه و طعمه‌ش عوض می‌شه و فاصله‌ی نزدیکشون به مرور باز. این لحظه‌ایه که علیاحضرت با بخت‌برگشتگی می‌فهمه که شکست خورده و دزدکی برمی‌گرده زیر بوته‌ها.

پنجاه هزار سال پیش یه شکارچی خسته، دهنه‌ی غاری رو که با یه تخته‌سنگ بسته شده، نشون می‌کنه: اگه بشه اون مانع رو تکون داد جای خوبیه واسه استراحت. شکارچی برخلاف اجداد نخستین سانس صاف می‌ایسته. با اون حالت مستقیم و رو به بالا ایستاده‌ش با قدرت تخته‌سنگ رو هل می‌ده، ولی هیچ اتفاقی نمی‌افته. این بار پاهاشو از سنگ فاصله می‌ده تا زاویه‌ی بهتری پیدا کنه. وقتی بدنش تقریباً افقی شد، اون قسمتی از نیروش که مستقیم به جلو وارد می‌شه خیلی زیادتر می‌شه. تخته‌سنگ تکون می‌خوره.

فاصله؟ سرعت؟ تغییر جهت؟ زاویه؟ نیرو؟ مولفه‌ی نیرو؟ چه چیزی محاسبات داخل ذهن آموزش‌نیده‌ی شکارچی رو به این شکل باورنکردنی پیچیده می‌کنه؟ اون گربه‌سانه چطور؟ این‌ها مفاهیم تکنیکی که هرکی بیاد تو دانشکده‌ی فیزیک، همون اول تو کتاب‌ها باهاش آشنا می‌شه. گربه‌سانه از کجا یاد گرفته که نه فقط سرعت طعمه‌ش رو، بلکه مهم‌تر از اون، سرعت نسبی [خودش و طعمه] رو تخمین بزنه؟ شکارچی واسه یاد گرفتن مفهوم نیرو به دوره‌ی فیزیک گذرونده؟ یا واسه حساب کردن سینوس و کسینوس برای محاسبه‌ی جهت‌هاش مثلثات خونده؟ البته که، واقعیت اینه که تمام شکلا‌ی پیچیده‌ی حیات، مفاهیم فیزیکی رو به شکل غریزی و درون‌ساخته با خودشون دارن که فرگشت اونو توی سیستم عصبی‌شون نصب کرده.^۱ بدون این نرم‌افزار برنامه‌ریزی شده‌ی فیزیک، زنده موندن ممکن نیست. جهش و انتخاب طبیعی همه‌ی ما رو فیزیکدان کرده، حتی حیوونا رو. در مورد انسان‌ها اندازه‌ی بزرگ مغز به این غریزه‌ها اجازه می‌ده رشد کنن و به مفاهیمی تبدیل بشن که ما اونارو در سطح هوشیاری نگه می‌داریم.

سیم‌کشی خودمون رو عوض کنیم

در واقع، ما همه‌مون فیزیکدان‌های کلاسیکیم.^۲ ما نیرو و سرعت و شتاب رو در اعماق دل و روده‌مون حس می‌کنیم. توی رمان علمی تخیلی بیگانه‌ای در سرزمینی بیگانه (۱۹۶۱) رابرت هاینلین کلمه‌ای رو برای توضیح این نوع از فهم، که هم عمیقاً شهودیه و هم کاملاً درونی اختراع کرده: درون‌یافت.^۳ من نیرو و سرعت و شتاب رو درون‌یافت می‌کنم. من فضای سه بعدی رو درون‌یافت می‌کنم. من زمان و عدد ۵  رو درون‌یافت می‌کنم. مسیر یه سنگ یا یه نیزه قابل درون‌یافته. ولی وقتی بخوام اون دستگاه درون‌یافت استاندارد، که درون من ساخته شده، رو فضازمان ده بعدی یا عدد ۱۰ به توان ۱۰۰۰ استفاده کنم، از کار می‌افته. یا حتی بدتر از اون روی دنیای الکترون‌ها و اصل عدم قطعیت هایزنبرگ.

۱. هیچ‌کس واقعاً نمی‌دونه چقدرش از اول نصب شده و چقدرش توی اوایل زندگی یاد گرفته می‌شه، ولی تفاوتش اینجا مهم نیست. نکته اینه که سیستم‌های عصبی ما با گذشت زمان بالغ می‌شن و تجربه می‌کنن، چه از نوع شخصی و چه فرگشتی، و این به ما کلی دانش غریزی از رفتار فیزیکی جهان اطرافمون می‌ده. در هر صورت چه رومون نصب شده باشه چه توی سن پایین یاد گرفته باشیم، یاد نگرفتن دانش خیلی کار سختیه!

۲. منظور از کلاسیک، فیزیکیه که نیاز به ملاحظات مکانیک کوانتومی نداره.

۳. ترجمه‌ای برای grok به معنی فهمیدن به طور کامل و با شهود و درک مستقیم.

توی شروع قرن بیستم، درک شهودی یکجا همه‌ش فرو ریخت: فیزیک یهو گیج و آشفته از یه پدیده‌ی عجیب و غریب به خودش اومد. پدر بزرگ پدری من تازه ده سالش بود که آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی کشف کردن که حرکت مداری زمین داخل ماده‌ی فرضیِ اثیر قابل تشخیص نیست.^۱ تا وقتی که اون بیست و خورده‌ای سالش شده بود، الکترون هنوز ناشناخته بود؛ اون سالی که آلبرت اینشتین نظریه‌ی نسبیت خاص رو منتشر کرد سی سالش بود، و وقتی هایزنبرگ اصل عدم قطعیت رو کشف کرد تقریباً توی میانسالی بود. هیچ راهی نبود که اون فشار بی سابقه و انقلابی بتونه یه درک و دریافت شهودی و غریزی از این دنیاها از بیخ متفاوت بسازه. ولی یه چیزی توی شبکه‌ی عصبی ما، یا حداقل بعضی از ما، برای یه تغییر سیم‌کشی فوق‌العاده تحریک شد که به ما اجازه می‌ده نه فقط در مورد این پدیده‌ی مبهم سؤال کنیم بلکه برای این مفاهیم عمیقاً غیر غریزی، برداشتهایی ریاضیاتی بسازیم تا بتونیم اونارو کنترل کنیم و توضیح شون بدیم.

اولین جایی که نیاز به تعویض سیم‌کشی خودشو نشون داد، بحث سرعت بود — سرعت خیلی زیاد، اونقدر که با سرعت حرکت یه پرتو نور در حال محو شدن رقابت کنه. هیچ حیوونی تا قبل از قرن بیستم با سرعت بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت ندیده بود. نور اونقدر تند می‌ره که حتی امروز به نظر همه، به جز اونایی که تو کار علمن، اصلاً جایی نمی‌ره: وقتی کلیدو می‌زنی یهو درجا ظاهر می‌شه. آدمای اولیه هیچ نیازی به مداری توی سیم‌کشی شون نداشتن که اونارو با سرعت‌های فوق‌العاده زیاد مثل سرعت نور وفق بده.

تغییر سیم‌کشی برای سرعت، یهویی اتفاق افتاد. اینشتین جهش یافته نبود؛ اون یه دهه تو گمنامی تقلا کرد تا سیم‌کشی قدیمی نیوتونی خودش رو عوض کنه. ولی لابد فیزیکدان‌های اون موقع به نظرشون رسیده که یه آدم از یه نوع جدیدش یهو وسطشون ظهور کرده — کسی که می‌تونه دنیا رو به جای فضای سه بعدی از منشأ فضا زمان چهاربعدی ببینه.

اینشتین باز یه دهه‌ی دیگه — این بار جلو چشم فیزیکدان‌ها — تلاش کرد تا اون چیزی رو که بهش می‌گفت نسبیت خاص با نظریه‌ی گرانش نیوتون متحد کنه. اون چیزی که ظاهر شد — نظریه‌ی نسبیت عام — تمام ایده‌ها و نظرای سنتی

۱. آزمایش مشهور مایکلسون و مورلی اولین جایی بود که نشون داد سرعت نور بستگی به حرکت زمین نداره و باعث تناقضایی شد که دست‌آخر اینشتین اونارو با نظریه نسبیت خاصش حل کرد.

درباره‌ی هندسه رو از ریشه عوض کرد. فضا زمان قابلیت انعطاف و خم شدن یا پیچ خوردن و تاب برداشتن پیدا کرد. جایی که ماده بود، مثل یه ورقه‌ی لاستیکی تحت فشار واکنش نشون داد. قبلش فضا زمان منفعل بود، مشخصات هندسی‌ش ثابت بودن. توی نظریه‌ی عام، فضا زمان یه بازیگر فعال شد: می‌تونست با چیزی‌ها سنگین مثل سیاره‌ها و ستاره‌ها شکلش عوض بشه، ولی به هر حال بدون اضافه کردن کلی ریاضیات قابل تصور نبود.

در سال ۱۹۰۰ پنج سال قبل از اومدن اینشتین روی صحنه، با کشف این که نور ترکیبی از ذراتیه که بهشون فوتون یا بعضی وقتا کوانتای نور می‌گن، یه تغییر الگوی عجیب و مرموز دیگه سر و کله‌ش پیدا شد. نظریه فوتونی^۱ نور فقط یه اشاره کوچیک بود به انقلابی که داشت از راه می‌رسید. قرار بود ژیمناستیک ذهنی خیلی خیلی انتزاعی‌تر از هر چیزی بشه که تا حالا دیده شده. مکانیک کوانتومی فراتر از یه قانون جدید طبیعت بود. حتی داشت منطق کلاسیک رو هم عوض می‌کرد، قوانین فکری‌ای که هر آدم عاقلی می‌تونست اونارو نتیجه‌گیری کنه. یه جورایی دیوونگی بود. ولی دیوونگی بود یا نبود، فیزیکدان‌ها تونستن سیم‌کشی خودشون رو با یه منطق جدید به اسم منطق کوانتومی عوض کنن. توی فصل ۴ هر چیزی رو که لازمه درباره مکانیک کوانتومی بدونین توضیح می‌دم. آماده باشین که همگی قراره میخکوب شین.

نسبیت و مکانیک کوانتومی از همون اول همراهای ناسازگاری بودن. به محض این که جفتشون با شاتگان به جشن عروسی دعوت شدن، خشونت جاری شد – تازه اونم با حضور ریاضی و بی‌نهایت جوابای خشن و افسارگسیخته‌ش به هر سوآلی که فیزیکدان‌ها می‌تونستن بپرسن. نیم قرن طول کشید تا تونستن مکانیک کوانتومی و نسبیت خاص رو با هم آشتی بدن. ولی دست آخر ناسازگاریای ریاضی حذف شدن. اوایل دهه ۱۹۵۰ ریچارد فاینمن و جولین شوینگر با شین‌ایچیرو توماناگا و فریمن دایسون^۲ زمینه‌ای رو واسه ترکیب نسبیت خاص و مکانیک کوانتومی طراحی کردن به اسم نظریه‌ی میدان کوانتومی. اما مکانیک کوانتومی و نظریه‌ی نسبیت عام (یعنی همون ترکیب نسبیت خاص و نظریه گرانشی نیوتون به دست اینشتین) آشتی‌ناپذیر موندن. نه این که کسی تلاشی نکرد، فاینمن و استیون

۱. عبارت فوتون تا سال ۱۹۲۶ استفاده نشد، تا این که گیلبرت لویس شیمیدان اونو ابداع کرد.

۲. سال ۱۹۶۵ فاینمن و شوینگر و توماناگا برای کارشون جایزه نوبل گرفتن، ولی طرز فکر مدرن درباره نظریه میدان کوانتومی به همون اندازه به دایسون هم مدیونه.

واینبرگ و برایش دوویت و جان ویلر کلی زحمت کشیدن که معادلات گرانشی اینشتین رو «کوانتیزه» کنن، ولی چیزی که تهش درمی اومد آت و آشغالای ریاضیاتی بود. شاید خیلی هم دور از انتظار نبود. مکانیک کوانتومی دنیای چیزای خیلی سبک رو قانون بندی می کرد. گرانش، برعکس اون انگار براش فقط توده های خیلی سنگین ماده مهم بودن. به نظر می رسید این فرض اوضاع رو آروم تر کنه که هیچی اونقدر سبک نیست که واسه کوانتوم مهم باشه، و همین طور اونقدم سنگین نیست که واسه گرانش مهم باشه. نتیجه این شد که خیلی از فیزیکدان ها توی نیمه ی دوم قرن بیستم دیدن که اگه بخوان دنبال چنین نظریه ی وحدت بخشی بگردن بی فایده ست و ولش کردن واسه دل و دیوونه ها و فیلسوفا.

ولی بقیه این طرز فکر و کوتاه نظری می دونستن. واسه اون ها فکر کردن به دوتا نظریه ی طبیعی که با هم ناسازگار - و حتی متناقض - بودن قابل تحمل نبود. اون ها معتقد بودن گرانش حتما باید یه نقشی هم توی تعیین ویژگی های کوچیک ترین واحدهای ساختاری ماده داشته باشه. مسئله این بود که فیزیکدان ها عمیق و کافی کنکاش نکرده بودن. در اصل اون ها درست می گفتن: اون پایین، تو طبقه ی همکف دنیا، که فاصله ها خیلی کمتر از این بود که بشه دید، ریزترین اشیاء طبیعت نیروهای قوی گرانشی به همدیگه وارد می کنن.

امروز دیگه این فکر فراگیر شده که گرانش و مکانیک کوانتومی نقش شون توی تعیین قوانین ذرات بنیادی به یه اندازه مهمه. ولی واحدهای پایه ی سازنده ی طبیعت اندازه شون به طور باور نکردنی کوچیکه، جوری که اگه بگیم یه تغییر سیم کشی اساسی برای فهمیدن شون لازمه هیشکی حق نداره تعجب کنه. سیم کشی جدید، هرچی که هست، صداس می کنیم گرانش کوانتومی، ولی حتی بدون دونستن فرمش با جزئیات، می تونیم بدون خطر کردن بگیم که الگوی تازه شامل مفهومی خیلی ناآشنایی از زمان و مکان می شه. واقعیت عینی نقطه های فضا و لحظه های زمان راهشون رو می کشن و از مغز می رن بیرون، همون راهی که می رسه به همزمانی^۱ و جبرگرایی^۲ و اینجور فکرای فسیل شده. گرانش کوانتومی واقعیتی رو شرح می ده که حتی خیلی ذهنی تر از تصورات ماست، همون طور که تو فصل

۱. یکی از اولین چیزایی که با انقلاب نسبیتی سال ۱۹۰۵ اومد، این ایده بود که دوتا رویداد میتونن به صورت عینی همزمان باشن.

۲. جبرگرایی اصلیه که می گه آینده رو می شه با نگاه به گذشته به طور کامل تعیین کرد. اما طبق مکانیک کوانتومی، قوانین فیزیک آماری هستن و هیچی رو نمی شه با قطعیت پیش بینی کرد.

۱۸ خواهیم دید. به واقعیتی که از خیلی لحاظا شبیه به توهم سه بعدی شبح‌طوره که با یه هولوگرام قالب‌گیری شده.

فیزیکدان‌های نظری دارن تلاش می‌کنن که یه جابای محکم تو یه سرزمین عجیب پیدا کنن. مثل گذشته، آزمایش‌های فکری تناقضا و کشمکشای بین اصول بنیادی رو روشن می‌کنن. این کتاب درباره یه نبرد فکری سر یه آزمایش فکری خاصه. سال ۱۹۷۶ استیون هاکنینگ تصور کرد که یه ذره از اطلاعات – مثلاً یه کتاب، یه کامپیوتر یا حتی یه ذره‌ی بنیادی – رو بندازه توی یه سیاهچاله. اون معتقد بود سیاهچاله‌ها تله‌های نهایی‌ان و اون یه ذره اطلاعات از دست می‌ره و کلاً از جهان بیرون می‌ره جوری که دیگه قابل برگشت نیست. این دیدگاه ظاهراً بی‌ضرر اون جوری که به نظر می‌رسید بی‌ضرر نبود؛ اون داشت عمارت فیزیک مدرن رو تهدید می‌کرد به سرنگونی و خرابی از پای‌بست. یه چیزی داشت محکم ضربه می‌خورد؛ اساسی‌ترین قانون طبیعت – پایستگی اطلاعات – خیلی جدی تو خطر بود. برای اونایی که اهمیت می‌دادن، یا هاکنینگ اشتباه می‌کرد یا سنگ بنای سیصد ساله‌ی فیزیک کنده می‌شد.

اولش تعداد کمی توجه نشون دادن. تقریباً دو دهه طول کشید تا این بحث اومد توی دید. من و فیزیکدان بزرگ هلندی خراراد توفت^۱، شدیم یه ارتش دو نفره که یه طرف دعوای فکری وایساده. هاکنینگ با تعداد کمی از نسبیت‌گراها هم سمت مقابل لشگرکشی کردن. تازه اوایل دهه ۱۹۹۰ بود که بیشتر فیزیکدان‌های نظری – مخصوصاً نظریه‌پردازهای ریسمان – وسط دعوایی که هاکنینگ راه انداخته بود بیدار شدن، و اکثرشون اونو اشتباه دونستن، حداقل واسه یه مدت.

جنگ سیاهچاله یه جدل اصیل علمی بود – نه مثل مطالعات شبه رمز درباره طراحی هوشمند یا وجود گرمایش جهانی. اون بحث‌های ساختگی رو یه عده حقه‌باز با دستکاریای سیاسی سرهم کرده بودن تا ملت ساده‌لوح رو باهانش گیج کنن و گول بزنن، که هیچ بازتابی هم از تفاوت‌های علمی واقعی تو نظراتشون وجود نداشت. برعکس، شکافی که سر سیاهچاله درست شد خیلی واقعی بود. فیزیکدان‌های برجسته نمی‌تونستن سر این که به کدوم اصول فیزیک پایبند باشن و کدوما رو بی‌خیال بشن، به توافق برسن. باید دنبال هاکنینگ می‌رفتن با اون نگاه محافظه‌کارانه‌ش به فضا‌زمان، یا دنبال من و توفت می‌اومدن با نگاه محافظه‌کارانه‌مون به مکانیک کوانتومی؟ انگار همه‌ی نقطه نظرا تهشون به تناقض

۱. به هلندی: خراراد توفت (Gerard 't Hooft) تلفظ می‌شود.

و تضاد می‌رسید. یا فضازمان – صحنه‌ای که هرکدام از قوانین طبیعت نقششون رو روش بازی می‌کردن – نمی‌تونست اون چیزی باشه که ما فکر می‌کردیم هست، یا این که اصول محترم آنتروپی و اطلاعات اشتباه بودن. میلیون‌ها سال فرگشت شناختی و چندصد سال تجربه فیزیکی، یه بار دیگه ما رو گول زده بودن، و ما متوجه شدیم که به یه سیم‌کشی ذهنی تازه نیاز داریم.

جنگ سیاهچاله جشن بزرگداشت ذهن انسان و توانایی قابل توجهش توی کشف قوانین طبیعته. تفسیری از دنیاست که از درک ما نسبت به مکانیک کوانتومی و نسبت خیلی خیلی دورتره. گرانش کوانتومی با چیزایی سروکار داره که از یه پروتون صد میلیارد میلیارد بار کوچیک‌ترن. ما هیچ وقت چیزایی به این کوچیکی رو تجربه نکردیم، و احتمالاً نخواهیم کرد، ولی نبوغ انسانی ما بهمون اجازه داده به این نتیجه برسیم که وجود دارن. و عجیب این که ورودی دنیای اون‌ها چیزایی‌ان که جرم و اندازه‌ی کلانی دارن: سیاهچاله‌ها.

جنگ سیاهچاله یه تاریخچه‌ی اکتشاف هم هست. اصل هولوگرافیک یکی از غیرحسی‌ترین مفهومی انتزاعی تو کل فیزیکه، اون اوج قله‌ی نزاع فکری سر سرنوشت اطلاعاتی بود که توی سیاهچاله می‌افته، نزاعی که بیش از دو دهه طول کشید. این جنگ بین دشمنای عصبانی نبود؛ در واقع شرکت‌کننده‌های اصلی همه با هم رفیقن، ولی یه درگیری شدید فکری بود بین ایده‌های آدمایی که عمیقاً به هم احترام می‌ذارن ولی اساساً با هم مخالفن.

عقیده‌های گسترده و زیادی هستن که باید باطل بشن. عامه مردم فیزیکدان‌ها رو، مخصوصاً فیزیکدان‌های نظری رو آدمای خرخون و غیراجتماعی و محدودی تصور می‌کنن که فقط به بیگانه‌ها و فضاییا و غیرانسانا و چیزای خسته‌کننده علاقه دارن. این یه ذره هم درست نیست. فیزیکدان‌های بزرگی که من می‌شناسم، و کم هم نیستن، آدمایی به شدت باشخصیت و کاریزماتیک با اشتیاق و احساس قدرتمند و ذهنای شگفت‌انگیزن. من علاقه بی‌پایانی به تنوع شخصیتا و طرز فکر دارم. به نظرم نوشتن درباره فیزیک برای مخاطب عام بدون در نظر گرفتن عنصر انسانی کنار گذاشتن یه چیز جذابه. توی نوشتن این کتاب، تلاش کردم که قسمت حسی داستان رو هم به خوبی بخش علمیش نگه دارم.

یه یادداشت درباره‌ی اعداد بزرگ و اعداد کوچیک

تو مسیر مطالعه این کتاب به کلی عدد و رقم خیلی بزرگ و خیلی کوچیک

برمی‌خورید. ذهن آدم واسه تصور عددای خیلی بزرگتر از 10^{10} یا خیلی کوچیک‌تر از $\frac{1}{10}$ ساخته نشده ولی ما می‌تونیم خودمون رو واسه عملکرد بهتر تمرین بدیم. مثلاً من با استفاده زیاد واسه کنار اومدن با اعداد، می‌تونم یه میلیون رو تصور کنم، اما فرق بین تریلیون و کوادریلیون دیگه فراتر از قدرت تصورمه. خیلی از اعداد توی این کتاب، خیلی دورتر و فراتر از تریلیون و کوادریلیون قرار می‌گیرن. چطوری می‌تونیم دنبال کردنشون رو ادامه بدیم؟ جوابش شامل یکی از بزرگترین شاهکارای تغییر سیم‌کشی تو کل تاریخه: اختراع نماها و نشانه‌گذاری علمی.

بیاین با یه عددی شروع کنیم که انصافاً بزرگه. جمعیت کره زمین حدود 7 میلیارد. یک میلیارد برابره با 10^9 که نه بار در خودش ضرب بشه. میشه اونو به صورت یه دونه 1 با نه تا 0 نوشت.

$$1000000000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = \text{یک میلیارد}$$

یه نمادگذاری کوتاه‌شده واسه 10^9 که نه بار در خودش ضرب بشه به این صورته: 10^9 ، یا ده به توان نه. پس جمعیت زمین به صورت تقریبی با این معادله بیان می‌شه:

$$6 \times 10^9 = \text{۶ میلیارد}$$

توی این مورد به عدد 9 توان یا نما می‌گوییم.

حالا یه عدد خیلی بزرگتر: تعداد کل پروتون‌ها و نوترون‌های زمین.

$$\text{تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های کره زمین (تقریباً)} = 5 \times 10^{51}$$

مشخصه که این از تعداد آدمای روی زمین خیلی بیشتره. چقدر بیشتر؟ ده به توان پنجاه و یک، 51 ضرب ده داره، ولی 1 میلیارد فقط 9 تا داره. پس 10^{51} تعداد ضربش 42 تا بیشتره از 10^9 . این یعنی تعداد ذرات اتمی زمین 10^{42} برابر تعداد آدماشه. (توجه کنید که من عددای 5 و 6 رو که توی معادلات قبلی ضرب شده بودن نادیده گرفتم. 5 و 6 خیلی با هم فرقی ندارن، پس اگه شما فقط یه «تخمین مرتبه‌ی بزرگی» حدسی می‌خواین، می‌تونین بی‌خیالشون بشین.)

حالا بیاین دوتا عدد واقعاً بزرگ در نظر بگیریم. تعداد کل الکترون‌ها توی قسمتی از جهان که ما می‌تونیم با تلسکوپای قدرتمند بینیم حدوداً برابره با 10^{80} . تعداد کل فوتون‌ها هم 10^{90} هستش، حالا، 10^{90} ممکنه خیلی بزرگتر از 10^{80} به نظر نیاد، ولی مواظب باشین گول نخورین! 10^{90} به اندازه‌ی 10^{10} بار بزرگتره،

مقدمه ۱۵

یعنی $10,000,000,000$ برابر، که عدد خیلی بزرگیه. در واقع 10^8 و 10^{11} به نظر تقریباً شبیه همن، اما دومی 10 برابر اولیه. بنابراین به تغییر ناچیز توی نما می‌تونه به معنی یه تغییر گنده توی عددی باشه که ارائه می‌ده.

حالا بیاین اعداد خیلی کوچیک رو به نگاهی بندازیم. اندازه‌ی یه اتم حدود یک ده‌میلیاردم از یه متره. با نمادگذاری اعشاری،

$$\text{اندازه اتم} = 0.000000001 \text{ متر}$$

توجه کنین که 1 توی دهمین جایگاه اعشاری ظاهر می‌شه. نمادگذاری علمی برای ده‌میلیاردم شامل یه نمای منفی می‌شه، به اسم -10 ،

$$10^{-10} = 0.000000001.$$

اعدادی که نمای منفی دارن کوچیکن و اعدادی که نمای مثبت دارن بزرگن. بیاین یه عدد کوچیک دیگه رو امتحان کنیم. ذرات بنیادی، مثل الکترون از چیزای معمولی خیلی سبکترن. یه کیلوگرم جرم یه لیتر (تقریباً یه پیمانه یه لیتری) از آبه. جرم الکترون خیلی خیلی کمتره. در واقع، جرم یه دونه الکترون حدود 9×10^{-31} کیلوگرمه.

و بالاخره، ضرب و تقسیم با نمادگذاری علمی خیلی آسونتره. کافیه به نماها اضافه کنین یا از شون کم کنین. اینم چندتا مثال:

$$10^{51} = 10^{42} \times 10^9$$

$$10^{81} \div 10^{80} = 10$$

$$10^{-21} \times 10^9 = 10^{-12}$$

مردم فقط از نماها واسه توصیف اعداد بی‌نهایت بزرگ استفاده نمی‌کنن. بعضی از این اعداد واسه خودشون اسم دارن. مثلاً یک گوگل برابر با 10^{100} (یه دونه 1 با صدتا صفر)، و یک گوگپلکس برابر با گوگل 10^{10} (به توان گوگل یعنی یه دونه 1 با گوگل تا صفر!)، یه عدد فوق‌العاده بزرگتر.

با این اصول پایه خارج از بحث، بیاین بریم سمت یه چیزی توی دنیا که کمتر انتزاعی باشه — توی این مورد، سانفرانسیسکو سه سال مونده به آخر دوره اول ریاست جمهوری رونالد ریگان — تب داغ جنگ سرد، و یه جنگ تازه که داره شروع می‌شه.



بخش ۱

توفان دورهمی

تاریخ با من مهربون خواهد بود، چون قراره خودم بنویسمش.

- وینستون چرچیل^۱

۱. عنوان بخش اول و چهارم این کتاب از جلد اول و پنجم تاریخ جنگ جهانی دوم نوشته چرچیل برداشته شده.

پرده اول

سان فرانسسکو، ۱۹۸۱

ابرای تیره‌ی جنگ هشتاد سال بود دور هم جمع شده بودن، درست همون موقع‌ها اتاق زیرشیروونی خونه‌ی جک روزنبرگ توی سان‌فرانسیسکو درگیر کشمکشای داخلی بود. جک، که به اسم ورنر ارهارد هم می‌شناختنش، یه معلم مذهبی، یه ابرفروشنده و کمی هم حقه‌باز بود. قبلترش تو دهه ۷۰ اون خیلی صاف و ساده جک روزنبرگ دایره‌المعارف فروش بود. بعد یه روز وقتی داشت از پل گولدن گیت می‌گذشت، بهش الهام شد. الهامش این بود که دنیا رو نجات خواهد داد و همزمان با این کار ثروت هنگفتی هم به جیب میزنه. تنها چیزایی که لازم داشت یه اسم باکلاس‌تر و یه جایگاه تازه بود. اسم جدیدش می‌شه ورنر (مثل ورنر هایزنبرگ) و فامیلش ارهارد (مثل سیاستمدار آلمانی لودویگ ارهارد)؛ جایگاه تازه‌ش هم آموزش سمینار ارهارد یا مخفف انگلیسیش EST. و موفق شد، درسته نتونست دنیا رو نجات بده ولی حداقل پول خوبی به جیب زد. هزاران آدم ضعیف و خجالتی هر کدوم صدها دلار پول دادن تا سرشون با داد و هوار فریاد بززن و (طبق افسانه) بهشون بگن که تا آخر سمینارای انگیزشی شونزده ساعته‌ای که ورنر یا یکی از نوچه‌هاش اجرا می‌کنن، نمی‌تونن برن دسشویی. این خیلی ارزون‌تر و سریع‌تر از روان‌درمانی بود، و یه جورایی تاثیرگذار. شرکت‌کننده‌ها خجالتی و معذب می‌رفتن تو، و به نظر با اعتمادبه‌نفس و قوی و بشاش — مثل خود ورنر — می‌اومدن بیرون. مهم نبود که گاهی مثل دیوونه‌ها یا ربات‌ها دست تکون می‌دادن. حالشون بهتر بود. حتی یرت رینولدز از روی این «آموزش» یه فیلم بامزه به اسم نیمه سرسخت ساخت.

مُریدای EST دور ورنر رو گرفته بودن. اگه بهشون بگیم برده زیاده‌روی کردیم، بهتره اسموشونو بذاریم داوطلب. بین آموزش‌دیده‌های EST سرآشپزایی بودن که براش غذا می‌پختن، شوفرایی بودن که دور شهر می‌گردوندنش، و انواع خدمتکارایی که به خونه و زندگیش می‌رسیدن. ولی طنز قضیه اینجا بود که ورنر

خودش به مرید بود — مرید فیزیک.

من ورنر رو دوست داشتم، اون باهوش و جالب و بامزه بود، و همین‌طور شیفته‌ی فیزیک. دلش می‌خواست یه نقشی توش داشته باشه، واسه همین کپه کپه پول خرج کرد برای راه انداختن گروهایی از فیزیکدان‌های نظری نخبه توی عمارتش. گاهی فقط تعداد کمی از رفقای خاص فیزیکش — مثل سیدنی کولمن، دیوید فینکلشتاین، دیک فاینمن و من — واسه یه شام درست و حسابی، که سرآشپزای معروف می‌پختن تو خونه‌ش دور هم جمع می‌شدیم. ولی ورنر توی برنامه اصلیش بیشتر دوست داشت کنفرانس‌های کوچیک با حضور نخبه‌ها برگزار کنه. با یه اتاق سمینار مجهز توی زیرشیروونی، یه پرسنل داوطلب برای پذیرایی از ما با هر چی که هوس می‌کردیم، محل برگزاری هم که سان‌فرانسیسکو، خلاصه توی کنفرانس کوچولومون خیلی خوش می‌گذشت. بعضی از فیزیکدان‌ها به ورنر مشکوک بودن. فکر می‌کردن اون داره از فیزیک به عنوان یه راه انحرافی استفاده می‌کنه واسه بالا بردن خودش، ولی اون اصلاً این کارو نمی‌کرد. تا جایی که من می‌تونم بگم، اون فقط دوست داشت آخرین ایده‌های شخصیتایی رو که همیشه تو فکرشون بود، بشنوه.

فکر می‌کنم سرجمع سه یا چهارتا کنفرانس EST برگزار شد، ولی فقط یکیش اثر موندگاری روی من و تحقیقات فیزیکم گذاشت. سال ۱۹۸۱ بود. کلی مهمون کاردرست اونجا بودن، از جمله موری گل‌مان، شلدون گلاشو، فرانک ویلچک، ساواس دیموبولوس و دیو فینکلشتاین. ولی برای این قصه، مهم‌ترین شرکت‌کننده‌ها سه‌تا مبارز اصلی جنگ سیاهچاله بودن: خراراد توفت، استیون هاکنینگ و خود من.

گرچه من خراراد رو قبل از ۱۹۸۱ چند باری بیشتر ملاقات نکرده بودم ولی تاثیر زیادی روم گذاشته بود. همه می‌دونستن که اون درخشانه، ولی من یه چیزی بیشتر از این‌ها حس می‌کردم. انگار یه هسته‌ی فولادی داشت، یه استحکام فکری که به ذهن هر کسی که من می‌شناختم نفوذ می‌کرد، احتمالاً غیر از دیک فاینمن. هر دو تا شون شومن بودن. دیک یه شومن آمریکایی بود — بی‌حیا و بی‌قیدوبند و پر از طغیان و تکروری. یه بار میون یه مشت فیزیکدان جوان توی کلتک یه جوکی رو تعریف کرد که دانشجوهای فارغ‌التحصیل روی خودش پیاده کرده بودن. یه سان‌دویچ فروشی توی پاسادنا بود که توش سان‌دویچای «سلبریتی» می‌دادن. مثلاً می‌تونستی سان‌دویچ همفری بوگارت یا مریلین مونرو سفارش بدی

و اینا. دانشجویها واسه ناهار برده بودنش اونجا - فکر کنم واسه تولدش - و یکی یکی پشت هم ساندویچ فاینمن سفارش داده بودن. قبلش با مدیر اونجا دس به یکی کرده بودن، یارویی هم که پشت دخل بوده یه چشمکم نزده.

وقتی قصه‌ش تموم شد، من گفتم «عجب دیک! دارم فکر می‌کنم فرق ساندویچ فاینمن و ساندویچ ساسکیند چی می‌تونه باشه.»
دراومد که «احتمالاً یه جور باشن، فقط ساندویچ ساسکیند شاید گوشتش بیشتره.»
جواب دادم «آره؛ ولی آشغال گوشتش خیلی کمتره.» فکر کنم فقط همون یه بار از پیشش براومدم.

خرارد یه مرد هلندیه. هلندیا قدبلندترین مردم اروپا، ولی خرارد کوتاه و محکمه با یه سیبیل، قیافه‌ش شبیه دزداست. توفت هم مثل فاینمن یه رگ رقابتی داره، ولی من مطمئنم بهتر از اون ندیدم. برعکس فاینمن اون محصول اروپای کهنه - آخرین فیزیکدان بزرگ اروپا، وارث ردای اینشتین و بور. گرچه اون شیش سال ازم کوچیک‌تره، من تو سال ۱۹۸۱ از هیئتس می‌ترسیدم و ترسم بیخودی هم نبود. سال ۱۹۹۹ به خاطر کارش که به مدل استاندارد ذرات بنیادی رسید، جایزه نوبل گرفت.

ولی کسی که بیشتر از همه از زیرشیررونی ورنر یادم موند، خرارد نبود، استیون هاکنینگ بود که بار اول بود می‌دیدمش. همون جا بود که استیون بمب رو انداخت و موتور جنگ سیاهچاله رو روشن کرد.

استیون هم یه شومنه. اون مردیه با یه بدن کوچیک - بعید می‌دونم وزنش صد پوند باشه - ولی اندام ریزش یه متفکر حیرت‌انگیز و یه ضمیر خیلی بزرگ رو توی خودش جا داده. اون زمان استیون روی یه ویلچر بگی‌نگی خودران اولیه بود و هنوز می‌تونست با صدای خودش حرف بزنه. هرچند فهمیدن حرفاش خیلی سخت بود، مگه این که زمان زیادی رو باهاش می‌گذروندی. اون با همراهش سفر می‌کرد، یه پرستار و یه همکار جوون که خیلی خوب حرفاش رو می‌شنید و واسه بقیه تکرار می‌کرد.

اون موقع یعنی سال ۸۱ مترجمش مارتین روچک بود، که الان یه فیزیکدان سرشناس و یکی از پیشگامای یه موضوع مهم به اسم ابرگرانشه. هرچند زمان برگزاری کنفرانس EST مارتین خیلی جوون بود و کسی نمی‌شناختش، با این حال من از ملاقاتای قبلی فهمیده بودم که فیزیکدان نظری قابلیه. یه جایی از بحثمون، استیون (از طریق مارتین) یه چیزی گفت که من فکر کردم اشتباهه. رو