

Michio Kaku  
**PHYSICS OF THE IMPOSSIBLE**

---

# فیزیک ناممکن‌ها

---

بررسی علمی دنیای فیزیک | میدان‌های نیرو | دورفرستی | سفر در زمان

---

میچیو کاکو | ترجمه‌ی رامین رامبد  
به کanal تلگرامی ما پیوندید  
@rastakhizmordegan



زنگنه

## فیزیک ناممکن‌ها

با ارائه‌ی بیشتر هیجان‌انگیز از آن‌چه واقعاً در آینده می‌توانیم امید به داشتن آن داشته باشیم، فیزیک ناممکن‌ها ما را به سفری در مرزهای علم و ورای آن می‌برد. همه روزه شاهد آئیم که چیزهایی که روزی از سوی دانشمندان («امکان ناپذیر») قلمداد می‌شدند، پا به عرصه‌ی زندگی روزمره‌ی ما می‌گذاشتند: دستگاه‌های فکس، آسمان‌خراش‌های شیشه‌ای، خودروهای گازسوز، شبکه‌ی ارتباطی جهانی و قطارهای شناور تندرو. در اینجا نویسنده‌ی بنام در سطح جهان، می‌چیزو کاکو با اطمینان مرزهای امروزین علم را در می‌نوردد و برای نخستین بار از دید یک کارشناس خبره به بررسی علم واقعی فردا می‌پردازد؛ زمینه‌ای که معمولاً قلمرو نویسنده‌گان علمی تخیلی است. او از امکان‌پذیری علمی حرکت دایمی، میدان‌های نیرو، نامریی شدن، توپخانه‌ی پرتوبی، پادگرانش و پادماده، دورفرستی، تله‌پاتی، روان‌جنباتی، روبات‌ها و سایبورگ‌ها، تندتر رفتن از نور، سفر در زمان، انرژی نقطه‌ی صفر، حیات فرازمینی، حتا نهادبینی پرده برمی‌دارد. وی به ما نشان می‌دهد که چگونه چندتایی از این ایده‌ها عملآقوانی فیزیک را نقض می‌کنند. هیچ‌گاه تفاوت بین امکان‌پذیر، نامتحمل، و در شرف وقوع به این روشنی بیان نشده است.

قلمرو علمی تخیلی در کجا پایان می‌پذیرد؟ واقعاً به چه چیزهایی می‌توانیم دست پیدا کنیم؟ کاکو در این کتاب قابل فهم، خواندنی و روشن‌گر می‌گوید («هر چیزی که امکان ناپذیر نباشد، حتمی است!!»)

فیزیکدان بنام، دکتر میچیزو کاکو، صاحب کرسی هنری سیمت در فیزیک نظری در دانشگاه سیتی نیویورک است. او نویسنده‌ی کتاب‌های پرپوش — فوق فضای جهان‌های موازی از جمله نوشه‌های او هستند — و نویسنده‌ی برجسته‌ی دانشگاهی نیز هست، که در مجتمع مختلف مورد تقدیر قرار گرفته است. دکتر کاکو در رادیو و تلویزیون هم به اجرای برنامه‌های علمی می‌پردازد.

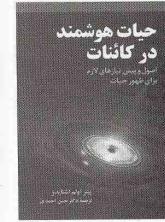
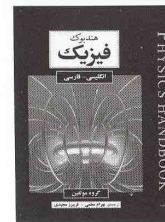
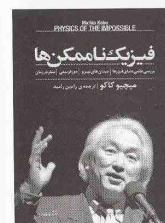
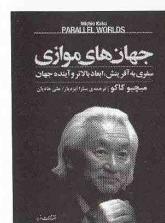
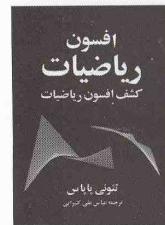
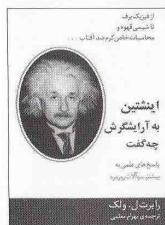
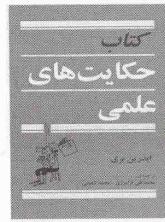
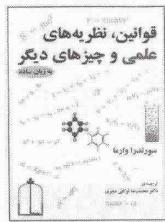
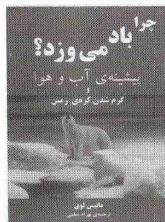
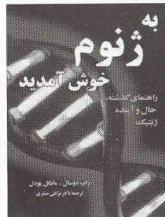
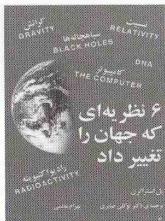
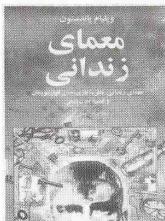
قیمت: ۱۳۵۰۰ تومان

ISBN ۹۶۴-۵۶۷۶-۹۲-۴



امتیالات ماریار

از مجموعه قلمرو علم منتشر شده است:



# فیزیک ناممکن‌ها

بررسی علمی دنیای فیزرها، میدان‌های نیرو،  
دورفرستی و سفر در زمان

میچیو کاکو

ترجمه‌ی  
رامین رامبد

زمشلات مازیار

سیرشناسه	: کاکو، میچیو Kaku, Michio
عنوان و نام پدید آور	فیزیک ناممکن‌ها: بررسی علمی دنیای فیزرهای میدان‌های نیرو، دورفرستی و سفر در زمان / میچیو کاکو؛ ترجمه رامین رامبد
مشخصات نشر	: تهران: مازیار، ۱۳۸۸
مشخصات ظاهری	: ۴۰۰ ص. ۲۱/۵ × ۱۴/۵ س. م
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۶۷۶-۹۲-۴
و ضعیت فهرست‌نوسی	: فیبا
پادداشت	: عنوان اصلی: physics of the impossible: a scientific exploration into the world of phasers, force fields, teleportation, and time travel, 2008
پادداشت	: کتاباتمه
موضوع	: فیزیک - مسائل متفرقه
موضوع	: علوم = مسائل متفرقه
موضوع	: فیزیک ریاضی - مسائل متفرقه
موضوع	: فیزیک در ادبیات
موضوع	: انسان و ماشین
شناسه افزوده	: رامبد، رامین، -۱۳۴۵-، مترجم
ردیهندی کنگره	: الف ۱۳۸۸ ف ۹۲ ۵۷ ۰۰۷۵/۰۰۷۵
ردیهندی دیوبی	: ۵۳۰:
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۹۹۵۴۵۲:

www.mazyarpub.com

## زمیارات مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان طوفانی طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

فیزیک ناممکن‌ها

میچیو کاکو

ترجمه‌ی رامین رامبد

چاپ سوم ۱۳۹۱

شمارگان ۱۲۰۰

طرح جلد کانون تبلیغاتی تردید

چاپ واژه

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۵۶۷۶-۹۲-۴

# فهرست مطالب

۷	پیش‌گفتار مترجم
۹	پیش‌گفتار
بخش ۱ : امکان‌پذیری‌های رده‌ی ۱	
۲۳	فصل ۱ : میدان‌های نیرو
۳۸	فصل ۲ : نامربی‌شدن
۵۹	فصل ۳ : فیزراها و ستارگان مرگ
۸۱	فصل ۴ : دورفرستی
۱۰۰	فصل ۵ : تله‌پاتی
۱۲۱	فصل ۶ : روان‌جنبانی
۱۳۸	فصل ۷ : رویات‌ها
۱۶۰	فصل ۸ : فرازمینیان و یوفورها
۱۹۸	فصل ۹ : فضاناوها
۲۲۸	فصل ۱۰ : پادماده و پادگینی‌ها
بخش ۲ : امکان‌پذیری‌های رده‌ی ۲	
۲۴۹	فصل ۱۱ : تندتر از نور
۲۷۱	فصل ۱۲ : سفر در زمان
۲۸۶	فصل ۱۳ : گیتی‌های موازی
بخش ۳ : امکان‌پذیری‌های رده‌ی ۳	
۳۱۷	فصل ۱۴ : ماشین‌های حرکت دائمی
۳۳۵	فصل ۱۵ : پیش‌آگاهی
۳۵۰	پی‌گفتار - آینده‌ی امکان‌نای‌پذیری یادداشت‌ها
۳۷۳	کتاب‌شناسی
۳۸۹	نمایه
۳۹۱	

## پیش‌گفتار مترجم

در کتاب چگونه درباره‌ی چیزهای عجیب بیندیشیم (از همین مترجم و ناشر) «امکان‌نایابی‌های فیزیکی و فنی» از جمله نکات مورد بحث درباره‌ی بررسی پدیده‌های عجیب و غریب‌اند. ایده‌های مربوط به یوفوها، تله‌پاتی، روان‌جنبانی، و گیتی‌های موazی از این قبیل مواردند. چیزهایی که بیشتر در قلمرو علمی تخیلی جا می‌گیرند. خواننده آن کتاب ممکن است از خود نیرسد که بالاخره چه چیزهایی در رده‌ی این امکان‌نایابی‌ها قرار می‌گیرند؟ این کتاب را در واقع می‌توان پاسخی به این پرسش دانست. نویسنده که خود فیزیکدانی نامدار و صاحب سبک است و متخصص بیان علم همگانی، با بیانی شیوا به این داستان می‌پردازد. کتاب در ۲۰۰۸ به بازار عرضه شد و یکی از پرفروشترین کتاب‌های علم همگانی در سرتاسر جهان بوده است.

از نظر ترجمه نکاتی هست که باید یادآور شوم.

هر جا چیزی در { } آمده، از جانب من است، و تمام یکاهای متن اصلی به متریک تبدیل شده‌اند.

در مورد واژه‌ی «بیگ‌بنگ» باوجود اینکه می‌دانم معادل «مهبانگ» را برای آن ساخته‌اند، ترجیح دادم که آن را به همان صورت حفظ کنم تا در مقابل «بیگ کرانچ»، «بیگ فریز» و «بیگ اسپلت» یکنواختی حفظ شود. البته شاید کسی خرد بگیرد که اینها هم قابل ترجمه بود. هرچند سخن درستی است، ولی به دلایلی از این کار پرهیز کرم.

مطلوب دیگر به Universe و World می‌گردد که آنها را به ترتیب «گیتی» و «جهان» گفته‌ام. ذکر این نکته از این جهت لازم است که

نویسنده در اینجا مبحث «گیتی‌های موازی» را پیش می‌کشد و در کتاب دیگر خود، جهان‌های موازی (که از سوی همین ناشر با ترجمه‌ی دیگری به زودی منتشر خواهد شد) عملاً همین مطلب را تحت عنوان «جهان‌های موازی» مطرح کرده است. ناشر محترم بر یکسان‌سازی تاکید داشتند و من بر وفاداری به آنچه نویسنده نوشته، البته در صورت یکسان‌سازی با واژگانی مانند Multiverse و Many Worlds که آنها را به ترتیب بسگیتی و جهان‌های متعدد گفته‌ام، به مشکل می‌خوردیم. خوشبختانه حرف من به کرسی نشست!

نکته‌ی آخر اینکه در برابر Silicon از «سیلیسیم» استفاده کردام. به تازگی در بسیاری از ترجمه‌های مطالب مربوط به کامپیوتر از «سیلیکون» استفاده می‌کنند که کاملاً اشتباه است. بد نیست بدانید که «سیلیکون» تلفظ Silicone است (بلیمر سیلیسیم). برای Silicon باید به انگلیسی بگوییم «سیلیکن». گرچه «سیلیسیم» واژه‌ی فرانسوی است، در نوشتارهای شیمی به فارسی جا افتاده است و من هم همان را به کار بردم.

در پایان، از انتشارات مازیار سپاس‌گزارم که با ایجاد مجموعه‌ی «قلمرو علم» می‌کوشد مفهوم «علم همگانی» را برای خوانندگان فارسی‌زبان هر چه بیشتر دسترس پذیر کند.  
اینک، این شما و این سرزمین پرهیجان و شگفت‌انگیز امکان(نا)پذیری‌ها....

رامین رامبد

تهران، اسفند ۸۸

## پیش گفتار

اگر ایده‌ای ابتدا مضمون به نظر نیاید، نمی‌شود به آن امید بست.

—آلبرت اینشتین

آیا می‌شود روزی از درون دیوارها گذشت؟ فضایماهابی ساخت که بتوانند تندتر از سرعت نور حرکت کنند؟ افکار دیگران را خواند؟ نامری شد؟ اشیاء را با قدرت ذهن حرکت داد؟ بدن‌هایمان را فوراً به فضای خارج از جو فرستاد؟

از هنگام کودکی، من همواره شیفتگی این پرسش‌ها بوده‌ام. هنگامی که بزرگ شدم، همانند بسیاری از فیزیکدان‌ها، مسحور امکان‌پذیری سفر در زمان، تفکگ‌های پرتویی، میدان‌های نیرو، جهان‌های موازی، و مانند این‌ها شدم. جادو، خیالپردازی، داستان‌های علمی تخیلی، همگی مکانی برای خیالپردازی من بوده‌اند. آن‌ها عشق‌بازی همیشگی من با ناممکن را فراهم ساختند.

تماشاکردن سریال قدیمی فلش گوردون در تلویزیون را به یاد می‌آورم. هر شنبه، میخکوب در پای تلویزیون، مجدوب ماجراهای فلش، دکتر زارکوف، و دیل آدریان، و انواع و اقسام فناوری‌های خیره‌کننده‌ی آینده‌گرایانه آنان می‌گشتم: سفینه‌های موشکی، سپرهای نامری ساز،

تفنگ‌های برتوبی، و شهرهایی در دل آسمان. من حتاً یک هفته را از دست ندادم. آن برنامه دنیای تازه‌ای را بر روی من گشود. من شیفته‌ی این اندیشه شدم که روزی با موشک به سیاره‌ای بیگانه مسافرت کنیم و به کاویدن اطراف و اکناف آن پردازیم. با گیر افتادن در مدار این ابداعات رویایی، دریافتم که سرنوشتم به طریقی با دستاوردهای علمی نشان داده شده در آن برنامه گره خورده است.

بعدها فهمیدم که تنها من چنین نبودم. بسیاری از دانشمندان بسیار برجسته در آغاز از طریق مواجه با داستان‌های علمی تخیلی به علم علاقه‌مند شده‌اند. ستاره‌شناس بزرگ ادوین هابل شیفته‌ی کارهای ژول ورن بود. در اثر خواندن کتاب‌های ورن، هابل شغلی نان و آبدار در حقوق را رها کرد، و با پشت پا زدن به خواست پدرش، به علم پرداخت. سرانجام وی برجسته‌ترین ستاره‌شناس سده‌ی بیستم شد. خیال‌پردازی‌های کارل ساگان، ستاره‌شناس و نویسنده‌ی شهیر، با خواندن رمان جان کارتر میریخی نوشته‌ی ادگار رایس بار و شعله‌ور شد. همانند جان کارتر، وی به تصور کردن کاوش سنگ‌های بهرام {مریخ} پرداخت.

روزی که آلبرت اینشتین درگذشت، کودکی بیش نبودم، ولی به خاطر دارم که مردم درباره‌ی زندگی و مرگ وی نجوا می‌کردند. فردایش عکسی از میز کار وی را در روزنامه، با دست‌نوشته‌ای از بزرگ‌ترین کار - ناتمام - او دیدم. از خودم پرسیدم، چه چیزی می‌تواند این چنین مهم باشد که بزرگ‌ترین دانشمند دوران ما نتوانست آن را به پایان برساند؟ مقاله‌ی مذکور بر این ادعا بود که اینشتین رویایی ناممکن در سر داشت، مسئله‌ای آن‌چنان دشوار که وجودی فانی قادر به اتمام آن نبود. سال‌ها طول کشید تا دریافتم آن دست‌نوشته در چه موردی بود: «نظریه‌ی همگانی» جامع و یگانه‌بخش. رویای او - که سه دهه‌ی آخر عمرش را بدان اختصاص داد - به من کمک کرد تا بر روی تصورات خودم تمرکز یابم. می‌خواستم، به طریقی ناچیز، جزئی از کوشش برای تکمیل کار اینشتین باشم، گنجاندن قوانین فیزیک در یک قانون.

با بالاتر رفتن سنم، کم کم پی‌بردم که گرچه فلش گوردون قهرمان بود و

همواره دل دختره را می‌برد، این دانشمنده بود که واقعاً سریال تلویزیونی را می‌ساخت. بدون دکتر زارکوف خبری از موشک، سفر به مونگو، و نجات زمین نبود. قهرمانان بازی‌ها به جای خود، ولی بدون علم چیزی به نام داستان علمی تخیلی وجود ندارد.

به این نتیجه رسیدم که این قصه‌ها بر اساس علم موجود ناممکن و تنها رویاپردازی محض بودند. بزرگ شدن یعنی دست‌شستن از چنین خیال‌هایی. به من گوشزد شد که در زندگی واقعی باید این ناممکن‌ها را رها کرد و سراغ شدنی‌ها رفت.

با این حال نتیجه گرفتم که اگر بخواهم به خیال‌پردازی‌هایم با ناممکن ادامه دهم، کلید آن در قلمرو فیزیک است. بدون بهره‌مندی از زمینه‌ای مستحکم در فیزیک پیشرفته، تا ابد درباره‌ی فناوری‌های آینده‌نگرانه، بدون دانستن این که آیا آن‌ها امکان‌پذیرند یا خیر، به حدس و گمان می‌پرداختم. دریافتم که باید توش و توان خود را صرف ریاضیات پیشرفته کنم و به فرآگیری فیزیک نظری بپردازم. این همان کاری است که بدان پرداختم.

در دیبرستان برای پروژه‌ی نمایشگاه علمی، در گاراز منزلمان یک اتم‌شکن سرهم کردم. به شرکت وستینگهاوس رفتم و ۱۶۰ کیلوگرم فولاد قراضه‌ی ترانسفورمر دست و پا کردم. طی کریسمس ۳۵ کیلومتر سیم مسی را زمین فوتbal مدرسه پیچیدم. سرانجام یک شتاب‌دهنده‌ی بتاترونی ۳۲ میلیون الکترون ولتی ساختم، که ۶ کیلووات توان مصرف (معادل تمام خروجی خانه‌ام) و میدانی مغناطیسی ۲۰،۰۰۰ برابر میدان مغناطیسی زمین ایجاد می‌کرد. هدف تولید باریکه‌ای از پرتوهای گاما بود که برای ساخت پادمانه توان کافی داشته باشند.

پروژه‌ی نمایشگاه علمی، من را به نمایشگاه ملی علم فرستاد و سرانجام به رویایم جامه‌ی واقعیت پوشاند، بردن بورس دانشگاه هاروارد که در آنجا نهایتاً توانستم به هدف یعنی تبدیل شدن به فیزیکدان نظری و گام گذاردن در جای پای قهرمان، آلبرت اینشتین، نایل شوم. امروز ایمیل‌هایی از نویسنده‌گان علمی تخیلی و فیلم‌نامه‌نویسان دریافت

می‌کنم که از من می‌خواهند با بررسی محدودیت‌های قوانین فیزیک به شسته‌رفته کردن قصه‌های آنان کمک کنم.

### «ناممکن» نسبی است

به عنوان فیزیکدان آموخته‌ام که «ناممکن» در اغلب موارد عبارتی نسبی است. به خاطر دارم که روزی آموزگارم به سواحل آفریقا و آمریکای جنوبی بر روی نقشه‌ی زمین اشاره کرد و گفت که آیا این عجیب نیست که این خطوط ساحلی کمایش همانند قطعات پازل، با یکدیگر جور در می‌آیند؟ به گفته‌ی وی برعی دانشمندان تصور می‌کردند که شاید این‌ها روزی بخشی از یک قاره‌ی عظیم بوده‌اند. نتیجه‌گیری او چنین بود که هیچ نیرویی نمی‌توانست این دو قاره‌ی بزرگ را از هم جدا کند. چنین اندیشه‌ای ناممکن است.

در اواخر آن سال تحصیلی ما به مطالعه‌ی دایناسورها پرداختیم. آموزگارمان گفت که آیا عجیب نیست که دایناسورها میلیون‌ها سال بر روی زمین حکم‌فرمایی می‌کردند و یک روز همه‌ی آن‌ها از میان رفتد؟ هیچ کس نمی‌داند که چرا آن‌ها نابود شدند. برعی دیرین‌شناسان بر این باورند که شاید شهاب‌سنگی آمده از آسمان آن‌ها را از میان برداشته باشد، ولی این ناممکن است؛ این اندیشه بیشتر به داستان‌های علمی تخیلی می‌ماند.

امروزه می‌دانیم که قاره‌ها از طریق تکتونیک صفحه‌ای حرکت می‌کنند، و ۶۵ میلیون سال پیش شهاب‌سنگی غول‌آسا به طول ده کیلومتر احتمالاً دایناسورها و بیشتر حیات بر روی زمین را نابود کرد. من در طول زندگی کوتاه‌میان بارها و بارها شاهد بوده‌ام که به ظاهر ناممکن به فاکت علمی جا افتاده‌ای تبدیل شده است. خب آیا ناممکن است تصور کنیم که روزی بتوانیم خودمان را از یک مکان به مکانی دیگر دورفرستی (تله‌پورت) کنیم، یا فضایی‌مایی بسازیم که روزی بتواند ما را به ستارگانی در فاصله‌ی چندین سال نوری دورتر ببرد؟ از نظر فیزیکدان‌های امروزی معمولاً چنین شاهکارهایی ناممکن در

نظر گرفته می‌شوند. آیا می‌شود که آن‌ها در چند سده‌ی آینده ممکن شوند؟ یا در چند هزار سال، هنگامی که فناوری ما پیشرفته‌تر شد؟ یا در یک میلیون سال؟ به بیان دیگر، اگر به طریقی با تمدنی یک میلیون سال پیشرفته‌تر از خودمان روبه‌رو شویم، آیا فناوری روزمره‌ی آن‌ها در نظر ما «جادو» به نظر خواهد آمد؟ این یکی از پرسش‌های اساسی است که در سرتاسر این کتاب بدان پرداخته می‌شود؛ آیا چون چیزی امروز «ناممکن» است، آیا در سده‌ها یا میلیون‌ها سال آینده هم ناممکن باقی خواهد ماند؟

با در نظر گرفتن پیشرفت‌های چشمگیر علم در سده‌ی گذشته، به ویژه خلق نظریه‌ی کوانتم و نسبیت عام، اکنون می‌توان براوردهایی تقریبی از زمان، اگر بشود، به تحقق پیوستن این فناوری‌های رویایی داشت. با دستیابی به نظریه‌های پیشرفته‌تر، مانند نظریه‌ی ریسمان، اکنون حتاً مفاهیمی که در مرزهای علمی تخیلی قرار می‌گیرند، مانند سفر در زمان و گیتی‌های موازی، دارند از سوی فیزیکدان‌ها مورد ارزیابی دوباره قرار می‌گیرند. به پیشرفت‌های فناوری توجه کنید که ۱۵۰ سال پیش از سوی دانشمندان «ناممکن» نامیده شدند و اکنون بخشی از زندگی هر روزه‌ی ما هستند. در ۱۸۶۳ ژول ورن رمان پاریس در سده‌ی بیستم را نوشت که پیش از یک قرن گم شده بود تا آن‌که از سوی نتیجه‌ی وی پیدا شد و سرانجام در ۱۹۹۴ به چاپ رسید. داستان او آکنده از فناوری ناممکن اعلام شده در سده‌ی نوزدهم است، از جمله ماشین فکس، شبکه‌ی ارتباطات جهانی، آسمان‌خراش‌های شیشه‌ای، خودروهای بنزینی، و قطارهای شناور پرسرعت.

شگفت‌آور نیست که ورن توانسته چنین پیشگویی‌های دقیق خیره‌کننده‌ای داشته باشد چراکه وی غرق در جهان علم بود، و از اندیشه‌های دانشمندان پیرامونش نکته بر می‌داشت. بهره‌مندی ژرف از اصول دانش به وی اجازه می‌داد که چنین پیش‌بینی‌های اعجاب‌آوری داشته باشد.

بدبختانه برخی از بزرگ‌ترین دانشمندان سده‌ی نوزدهم موضوعی مخالف اتخاذ کردند و تعدادی از فناوری‌ها را کاملاً ناممکن اعلام نمودند.

لرد کلوین، شاید برجسته‌ترین فیزیکدان عصر ویکتوریا (وی در کنار ایزاک نیوتون در وست‌مینستر آبی مدفون است)، اظهار داشت که وسایل «سنگین‌تر از هوا» مانند هوایپما ناممکن هستند. وی پرتوی ایکس را نیز نگ می‌دانست و برای رادیو آینده‌ای متصور نبود. لرد راترفورد، کاشف هسته‌ی اتم، امکان ساخت بمب اتمی را رد کرد و آن را «چرند» خواند. شیمیدانان سده‌ی نوزدهم جستجو برای کیمیا، ماده‌ی افسانه‌ای تبدیل‌کننده‌ی سرب به زر را از نظر علمی پایان‌یافته اعلام کردند. شیمی سده‌ی نوزدهم بر مبنای مصنوبیت بنیادی عناصر، همچون سرب، بود. اکنون اصولاً با اتم‌شکن‌های امروزی می‌توانیم اتم‌های سرب را به طلا تبدیل کنیم. تصور کنید که تلویزیون‌ها، کامپیوترها، و اینترنت امروزی در سده‌ی نوزدهم تا چه اندازه رویایی به نظر می‌رسیدند. زمانی سیاه‌چال‌ها به صورت علمی تخیلی در نظر گرفته می‌شدند. اینشتین در ۱۹۳۹ مقاله‌ای نوشت که «اثبات می‌کرد» سیاه‌چال‌ها هرگز نمی‌توانند تشکیل شوند. با این همه امروزه تلسکوپ فضایی هابل و تلسکوپ پرتوی ایکس چاندرا پرده از هزاران سیاه‌چاله در فضا برداشته‌اند.

دلیل این که این فناوری‌ها «ناممکن» در نظر گرفته می‌شدند این است که قوانین پایه‌ای فیزیک و علم در سده‌ی نوزدهم و بخش ابتدایی سده‌ی بیستم هنوز ناشناخته مانده بود. با توجه به عدم درک عظیم علم، به‌ویژه در سطح اتمی، در آن دوران شگفت نیست که این پیشرفت‌ها ناممکن تصور می‌شدند.

### مطالعه‌ی ناممکن

از کار روزگار، مطالعه‌ی جدی ناممکن غالباً در را بروی حوزه‌هایی غنی و کاملاً نامتنظره از علم گشوده است. مثلاً کوشش بی‌ثمر و نامیدکننده برای «ماشین حرکت دائمی» طی قرن‌ها منجر به این نتیجه شد که فیزیکدان‌ها چنین ماشینی را ناممکن در نظر بگیرند، و به اجبار پایستگی انرژی و سه قانون ترمودینامیک را فرض کنند. بدین ترتیب جستجوی

بی‌ثمر برای ساخت ماشین حرکت دائمی منجر به سر برآوردن حوزه‌ی کاملاً جدید ترمودینامیک شد، که تا حدی بنای ماشین بخار، عصر ماشین، و جامعه‌ی مدرن صنعتی را بی‌ریزی کرد.

در پایان قرن نوزدهم دانشمندان تصمیم گرفتند که «ناممکن» است کره‌ی زمین میلیارد‌ها سال عمر داشته باشد. لرد کلوین ساده‌انگارانه اظهار داشت که زمین مذاب در عرض ۲۰ تا ۳۰ میلیون سال خنک می‌شود، که در تعارض با نظرات زمین‌شناسان و زیست‌شناسان داروینی مبنی بر این‌که عمر زمین ممکن است میلیارد‌ها سال باشد قرار داشت. با کشف نیروی هسته‌ای توسط مادام کوری و سایرین، و نشان دادن این‌که چگونه مرکز زمین که با واپاشی رادیواکتیو داغ می‌شود می‌تواند به واقع برای میلیارد‌ها سال مذاب باقی بماند، سرانجام اثبات شد که ناممکن ممکن است.

نادیده‌گرفتن ناممکن می‌تواند مخاطره‌آمیز باشد. در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ رابرт گودارد، بینان‌گذار موشک‌سازی مدرن، از سوی کسانی که می‌اندیشیدند موشک‌ها هرگز نمی‌توانند در فضا حرکت کنند، مورد انتقادات شدید قرار گرفت. آنان به تمسخر هدف وی را حماقت گودارد نامیدند. در ۱۹۲۱ دیبران نیویورک تایمز نامصنفانه بر وی تاختند: «پروفسور گودارد از رابطه‌ی بین کنش و واکنش، و نیاز به چیزی بهتر از خلاً برای واکنش نسبت به آن آگاه نیست. گویی او از دانش پایه‌ای که هر روز در دیبرستان‌ها تدریس می‌شود بی‌بهره است». آنان خشمگینانه ابراز داشتند که موشک‌ها ناممکن هستند چون در فضا هوایی برای فشار آوردن به آن وجود ندارد. بدختانه یک حکمران به پیامدهای موشک‌های «ناممکن» گودارد پی‌برد - آدولف هیتلر. طی جنگ جهانی دوم پرتاپ موشک‌های ظاهرا ناممکن پیشرفته‌ی ۷-۲ آلمان بارانی از مرگ و نابودی را بر سر لندن فرو ریخت، و تقریباً آن را به زانو درآورد.

پرداختن به ناممکن نیز چه بسا مسیر تاریخ دنیا را دگرگون ساخته است. در دهه‌ی ۱۹۳۰ خیلی‌ها، حتاً اینشتین، باور داشتند که بمب اتمی «ناممکن» است. فیزیکدان‌ها بنا به معادله‌ی اینشتین  $E=mc^2$  می‌دانستند که در دل هسته اتم‌ها انرژی عظیمی نهفته است، ولی انرژی آزادشده توسط

یک هسته آنقدر ناچیز بود که در نظر گرفته نمی‌شد. ولی فیزیکدان اتمی لیو زیلارد به یاد داستان رهایی دنیا نوشته‌ی اچ. جی. ولز در ۱۹۱۴ افتاد که در آن ولز ساخت بمب اتمی را پیش‌بینی کرده بود. او در آن کتاب بیان کرده بود که اسرار بمب اتم توسط فیزیکدانی در ۱۹۳۳ آشکار خواهد شد. زیلارد اتفاقی در ۱۹۳۲ به این کتاب برخورد. در ۱۹۳۳ دقیقاً همان طور که دو دهه پیش ولز پیش‌بینی کرده بود، وی با برخورداری از ترغیب آن داستان به ایده‌ی بزرگ‌کردن نیروی تک اتم از طریق واکنش زنجیره‌ای دست یافت، بدین ترتیب انرژی شکافتن تک هسته‌ی اورانیم را می‌شود چندین تریلیون برابر کرد. سپس زیلارد به یک سری آزمایش و انجام مذاکراتی مخفیانه با اینشتین و پرزیدنت فرانکلین روزولت دست زد که سرانجام منجر به پروژه‌ی منهن و در نهایت ساخت بمب اتم شد.

بازم شاهدیم که مطالعه‌ی ناممکن چشم‌اندازهای کاملاً جدیدی را فرا روی ما می‌گشایند، و با پس راندن مرزهای فیزیک و شیمی، دانشمندان را مجبور به تعریف‌کردن مجدد از آن‌چه «ناممکن» می‌دانند می‌کنند. به قول سر ویلیام آسلر «فلسفه‌های یک دوران، به یاوه‌های دوران بعد تبدیل شدن، و حماقت‌های دیروز، به خردمندی فردا».

فیزیکدان‌های بسیاری دلبسته‌ی این حکم مشهور تی. اچ. وايت هستند که در پادشاه گذشته و آینده نوشت «هر آن‌چه که ممنوع نباشد، حتمی است!» ما در فیزیک همواره به شاهد این گفته برمی‌خوریم. مادامی که قانونی فیزیکی به صراحة از پدیده‌ای جدید جلوگیری نکند، سرانجام به وجود آن پی خواهیم برد. (در جستجو برای ذرات اتمی جدید، این نکته چندین مرتبه رخ داده است. با درنوردیدن مرزهای آن‌چه که ممنوع است، فیزیکدان‌ها اغلب به شیوه‌ای نامتنظره قوانین تازه‌ی فیزیک را کشف کرده‌اند). نتیجه‌ی بدیهی گزاره‌ی وايت را شاید بتوان چنین اظهار داشت «هر آن‌چه که امکان‌ناپذیر نباشد، حتمی است!»

مثلاً استیون هوکینگ کیهان‌شناس کوشید با یافتن قانون فیزیکی تازه‌ای که سفر در زمان را قدرگun می‌ساخت، و وی آن را «حدس حفاظت از گاهشناختی» می‌نامید، اثبات کند که سفر در زمان ناممکن است. بدختانه

پس از سال‌ها کار دشوار، وی قادر به اثبات این اصل نشد. راستش بر خلاف آن، اکنون فیزیکدان‌ها نشان داده‌اند که قانونی که از سفر در زمان جلوگیری کند و رای ریاضیات امروزی ما قرار دارد. امروزه از آنجا که هیچ قانون فیزیکی برای جلوگیری از وجود ماشین‌های زمان وجود ندارد، فیزیکدان‌ها امکان‌پذیری آن‌ها را خیلی جدی گرفته‌اند.

هدف این کتاب پرداختن به آن فناوری‌هایی است که امروز «ناممکن» تصور می‌شوند ولی شاید ده‌ها یا صدها سال دیگر پیش‌پا افتاده باشند.

فعلاً که اثبات شده یک فناوری «ناممکن» ممکن است: مفهوم دورفرستی (دست کم در سطح اتم‌ها). تا همین چند سال پیش فیزیکدان‌ها می‌گفتند که فرستادن یا پرتوفرستی یک شیء از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر ناقض قوانین فیزیک کوانتومی است. راستش نویسنده‌گان سریال اصلی پیشتازان فضای آن‌چنان از دست انتقادهای فیزیکدان‌ها به ستوه‌امند که «جران‌گرهای هایزنبرگی» را وارد صحنه کردند تا شر این نقیصه را از سر دورفرست‌هایشان کم کنند. امروز به دلیل پیشرفت‌های اخیر فیزیکدان‌ها می‌توانند اتم‌ها را در طول یک اتاق یا فوتون‌ها را از زیر رود دانوب دورفرستی کنند.

### پیش‌بینی آینده

همواره پیش‌بینی کردن اندکی خطرناک است، به ویژه آنهایی که مربوط به صدها یا هزاران سال آینده می‌شوند. «پیش‌بینی کردن بسیار دشوار است. خصوصاً درباره‌ی آینده» زمانی تکیه کلام نیلز بور فیزیکدان بود. ولی مابین زمان ژول ورن و امروز تفاوتی بنیادی وجود دارد. امروز قوانین بنیادی فیزیک اصولاً شناخته شده هستند. امروزه فیزیکدان‌ها از قوانین اساسی آگاه‌اند که در چهل و سه مرتبه‌ی بزرگی گسترده شده‌اند، از درون پروتون گرفته تا گیتی انساط‌یابنده. در نتیجه فیزیکدان‌ها می‌توانند با اطمینانی معقول اظهار کنند که چشم‌انداز کلی فناوری آینده به چه شکل خواهد بود، و بین فناوری‌های که فقط نامحتمل‌اند و آنهایی که واقعاً ناممکن‌اند تمایز بهتری قابل شوند.

بدین ترتیب در این کتاب من چیزهای «ناممکن» را به سه دسته تقسیم می‌کنم.

نخست آنایی که آن‌ها را امکان‌ناپذیری‌هایی رده‌ی ۱ می‌نامم. این‌ها عبارت‌اند از فناوری‌هایی که امروز ناممکن‌اند ولی قوانین شناخته‌شده‌ی فیزیک را زیرپا نمی‌گذارند. بنابراین شاید آن‌ها در این سده یا حتا بعدی، به شکلی اصلاح شده امکان‌پذیر شوند. دورفرستی، موتورهای پادماده، شکل‌های معینی از تله‌پاتی، روان‌جنばنی، و نامریی شدن در این رده جا می‌گیرند.

دسته‌ی دوم را امکان‌ناپذیرهای رده‌ی ۲ می‌نامم. این‌ها فناوری‌های هستند که درست در مرز فهم ما از جهان فیزیکی جا می‌گیرند. اگر آن‌ها به هر ترتیب امکان‌پذیر شوند، شاید بشود در مقیاس هزاران تا میلیون‌ها سال آینده به آن‌ها تحقق بخشد. این‌ها عبارت‌اند از ماشین‌های زمان، امکان‌پذیری سفر فوق فضایی، و سفر از طریق کرم‌چاله‌ها.

دسته‌ی آخر، امکان‌ناپذیرهای رده‌ی ۳ هستند. این‌ها فناوری‌های نقض کننده‌ی قوانین شناخته‌شده‌ی فیزیکی‌اند. شگفتانه که فناوری‌های انگشت‌شماری در این رده جا می‌گیرند. اگر معلوم شود که این‌ها امکان‌پذیرند، تغییر بنیادی را در فهم ما از فیزیک سبب خواهند شد.

احساسم بر این است که این رده‌بندی معنا دارد، زیرا بسیاری از فناوری‌های علمی تخیلی که از سوی دانشمندان به عنوان کاملاً ناممکن کنار گذاشته می‌شوند، در واقع برای تمدنی ابتدایی همچون ما ناممکن هستند. مثلاً دیدار با فضایان معمولاً از آن رو ناممکن در نظر گرفته می‌شود که فواصل بین ستارگان بسیار گستردۀ است. در حالی که مسافت‌بین‌ستاره‌ای آشکارا برای تمدن ما ناممکن است، چه بسا برای تمدنی صدها تا هزاران یا میلیون‌ها سال پیشرفت‌تر از ما ممکن باشد. پس رده‌بندی چنین «امکان‌ناپذیری‌هایی» با اهمیت است. فناوری‌هایی که برای تمدن کنونی ما ناممکن هستند الزاماً برای دیگر انواع تمدن‌ها ناممکن نیستند. به هنگام صحبت درباره‌ی این‌که چه چیزی ممکن و چه چیزی

ناممکن است باید فناوری‌هایی را که هزاران یا میلیون‌ها سال از ما پیشرفت‌های ترند نیز در نظر بگیریم.

کارل ساگان زمانی نوشت: «معنی این که تمدنی یک میلیون سال از ما جلوتر است چیست؟ ما تنها در چند دهه به رادیو تلسکوپ و فضایپماها دست یافته‌ایم؛ تمدن صنعتی ما فقط چند صد سال عمر دارد... تمدنی پیشرفت‌های با میلیون‌ها سال عمر همان اندازه از ما جلوتر است که ما از کودکی بادیه‌نشینی یا میمونی جلوتریم.»

من در پژوهش‌هایم به طور حرفه‌ای بر روی کامل‌کردن رویای اینشتین برای «نظریه‌ی همه‌چیز» تمرکز دارم. شخصاً کارکردن بر روی «نظریه‌ای پایانی» را که بتواند سرانجام پاسخگوی برخی از دشوارترین پرسش‌های «ناممکن» در علم امروز باشد، پرسش‌هایی همانند این که آیا سفر در زمان امکان‌پذیر است یا خیر، در مرکز یک سیاه‌چاله چه چیزی هست، یا پیش از بیگ‌بنگ چه رخ داده است، کاملاً هیجان‌آمیز یافته‌ام. من هنوز هم رویای عشقی را سر دارم که در تمام عمر به ناممکن داشتم، و می‌خواهم ببینم کی می‌شود که این ناممکن‌ها وارد زندگی هر روزه‌ی ما شوند.



بخش

۱

## امکان‌ناپذیری‌های رده‌ی ۱



# میدان‌های نیرو

## فصل

۱. وقتی دانشمندی برجسته ولی مسن می‌گوید که چیزی ممکن است، قریب به یقین راست می‌گوید. وقتی وی بگوید که چیزی ناممکن است، به احتمال زیاد اشتباه می‌کند.
۲. تنها راه کشف کردن حدود امکان پذیری آن است که دل به دریا پر نیم و آن‌ها را وارد امکان ناپذیری کنیم.
۳. بین هر فناوری به حد کافی پیشرفتی با جادو نمی‌شود تمايز گذاشت.

— سه قانون آرتور سی. کلاری

«سپرها بسته!»

در بسیاری از اپیزودهای سریال تلویزیونی پیشتازان فضای این اولین دستور کاپیتان کِرک به خدمه است، تا با برقرار کردن سپرها نیرو از سفینه‌ی ایترپرایز در برابر آتش دشمن محافظت شود. در پیشتازان فضای سپرها نیرو آنقدر مهم‌اند که اوچ نبرد را می‌شود با این سنجید که سپرها نیرو تا چه حد مقاومت می‌کنند. هرگاه که توان به میدان‌های نیرو کم برسد، آسیب‌دیدگی ایترپرایز بیشتر و بیشتر می‌شود تا جایی که چاره‌ای جز تسليم‌شدن باقی نمی‌ماند. این میدان نیرو چیست؟ در داستان‌های علمی تخیلی به طرزی گمراه‌کننده چیز ساده‌ای است: سدی نازک، نامری و لی نفوذناپذیر که

می‌تواند هم لیزرها و هم موشک‌ها را منحرف کند. در نگاه نخست میدان نیرو آنقدر ساده به نظر می‌رسد که ساختن آن نباید دشوارتر از سپرهای معمولی باشد. می‌توان موقع داشت که روزی یک مختروع، کشف میدان نیروی تدافعی را اعلام کند. اما واقعیت پیچیده‌تر از این حرف‌هاست.

همان گونه که لامپ حبابی ادیسون تمدن مدرن را زیرورو کرد، میدان نیرو هم می‌تواند تاثیری ژرف بر هر جنبه از زندگی ما بگذارد. ارتش می‌تواند از میدان‌های نیرو برای آسیب‌ناپذیرشدن استفاده کند و سپرهایی نفوذناپذیر در برابر موشک‌ها و گلوله‌های دشمن بسازد. از لحاظ نظری می‌توان پل‌ها، ابربزرگراه‌ها و جاده‌ها را تنها با فشار یک دکمه برپا ساخت. شهرهایی کامل می‌توانند فوراً از دل بیابان سر برآورند، با آسمان‌خراس‌هایی که کاملاً از میدان‌های نیرو ساخته شده‌اند. میدان‌های نیرویی که بر روی شهرها ساخته شده باشند می‌توانند ساکنان آن‌ها را قادر سازد تا به دلخواه اثرات آب و هوایی – بادهای شدید، بوران‌ها، گردبادها – را اصلاح کنند. با گنجیدی مطمئن از میدان نیرو می‌توان شهرها را در کف اقیانوس برپا ساخت. شبشه، فولاد، و ملات را می‌توان کاملاً کنار گذاشت. با همه‌ی این‌ها، ساختن میدان نیرو یکی از دشوارترین کارها در آزمایشگاه است. راستش برعی فیزیکدان‌ها بر این باورند که شاید ساخت آن، بدون دست‌بردن در خواص آن، عملایشی نباشد.

### مایکل فارادی

مفهوم میدان‌های نیرو ریشه در کارهای دانشمند انگلیسی بزرگ سده‌ی نوزدهم مایکل فارادی دارد.

فارادی در خانواده‌ای کارگری زاده شد (پدرش آهنگر بود) و در اوایل دهه‌ی ۱۸۰۰ زندگی بخور نمیری به عنوان شاگرد صحاف داشت. فارادی جوان شیفته‌ی دستاوردهای عظیم پرده‌برداشتن از رازهای خواص دو نیروی تازه شد: الکتریسیته و مغناطیس. فارادی با تمام توانش هر آن‌چه را که در ارتباط با این مباحث بود می‌خواند و در کلاس‌های پروفسور همفري دیوی در انتیتیو سلطنتی در لندن حاضر می‌شد.

روزی چشمان پرفسور دیوی در اثر یک حادثه‌ی شیمیایی به شدت آسیب دید و فارادی را به عنوان منشی خود استخدام کرد. فارادی اندک اطمینان داشتندان در انتستیوی سلطنتی را به خود جلب کرد و مجاز شد که خودش آزمایش‌هایی مهم را انجام دهد، هرچند اغلب بی‌آهمیت تلقی می‌شد. در طی سال‌ها پرفسور دیوی به طرزی فزاینده نسبت به شکوفایی دستیار جوانش، که ستاره‌ای رو به طلوع در حوزه‌ی تجربی بود و سرانجام هم شهرت دیوی را به پس پرده راند، رشک می‌برد. پس از مرگ دیوی در ۱۸۲۹ فارادی توانست با فراغ بال به دستاوردهای شگرف دست یابد که منجر به ساخت ژنراتورهایی شد که توانستند انرژی را برای شهرها تأمین کنند و مسیر تمدن جهانی را تغییر دهنند.

«میدان‌های نیروی» فارادی کلید بزرگ‌ترین کشفیات او بودند. اگر کسی براده‌ی آهن را روی آهن‌با بریزد درمی‌یابد که براده‌ی آهن الگویی تار عنکبوتی می‌سازد که سرتاسر فضا را پر می‌کند. این‌ها خطوط میدان فارادی اند که به طور ترسیمی نشان می‌دهند میدان‌های نیروی الکتریسیته و مغناطیس چگونه در فضا رخنه می‌کنند. اگر کسی مثلاً میدان مغناطیسی زمین را ترسیم کند پی می‌برد که این خطوط از ناحیه‌ی قطب شمال سربرمی‌آورند و سپس در ناحیه‌ی قطب جنوب دوباره به دل زمین بازمی‌گردند. به همین نحو اگر کسی خطوط میدان الکتریکی میله‌ای بر قرگیز را در توفانی تندی ترسیم کند، درمی‌یابد که خطوط میدان در نوک میله‌ی بر قرگیز متمرکز شده‌اند. از نظر فارادی فضای تهی اصلاً تهی نبود بلکه آکنده از خطوط میدانی بود که می‌توانستند اشیای دور دست را حرکت دهند. (به دلیل فقر دوران جوانی، فارادی از ریاضیات بی‌بهره بود، و در نتیجه دفترچه‌هایی از معادلات که پر از نمودارهای دست‌کشیده‌ی این خطوط میدان بودند. از قضاقدان آموزش ریاضی منجر به ایجاد نمودارهای زیبایی از خطوط نیرو شد که امروز می‌شود آن‌ها را در هر کتاب درسی فیزیک پیدا کرد. در علم، تصویر فیزیکی غالباً مهم‌تر از ریاضیاتی است که برای توصیف آن به کار می‌بریم).

تاریخ‌نویسان درباره‌ی این‌که چگونه فارادی توانست به کشف

میدان‌های نیرو، یکی از مهم‌ترین مفاهیم در تمام علوم، نایل شود گمان‌هایی زده‌اند. راستش را بخواهید، چکیده‌ی تمام فیزیک مدرن به زیان میدان‌های فارادی نوشته می‌شود. در ۱۸۳۱ وی به دستاوردی در میدان‌های نیرو نایل شد که برای همیشه تمدن را دگرگون ساخت. روزی وی آهنربایی کوچک را بر روی سیم پیچی حرکت می‌داد و متوجه شد که می‌تواند جریانی الکتریکی را در سیم، بدون این‌که آن را لمس کند، ایجاد نماید. این بدان مفهوم بود که میدان نامری آهنربا توانسته از طریق فضای تهی الکترون‌ها در سیم هل دهد، و جریانی بسازد.

«میدان‌های نیروی» فارادی که تا پیش از این فرض می‌شد بی‌صرف‌اند، تبدیل به نیروهای مادی واقعی شدند که می‌توانستند اشیاء را پیش براند و توان تولید کنند. امروزه نوری که شما از آن برای خواندن این صفحه استفاده می‌کنید، احتمالاً از کشف فارادی دریارهی الکترومغناطیس، انرژی گرفته است.

آهنربایی چرخان میدان نیرویی می‌سازد که الکترون‌ها را در سیم هل می‌دهد، و سبب می‌شود که آن‌ها در جریانی الکتریکی حرکت کنند. این الکتریسیته در سیم را سپس می‌توان برای روش‌کردن لامپ به کار گرفت. از همین اصل برای ایجاد الکتریسیته به منظور فرستادن برق به شهرهای جهان استفاده می‌شود. مثلاً آبی که از یک سد جریان پیدا می‌کند باعث چرخیدن آهنربایی عظیم در توربین می‌شود که سپس الکترون‌ها را در سیم هل می‌دهد و جریانی الکتریکی می‌سازد که از طریق سیم ولتاژ بالا به خانه‌های ما ارسال می‌شود.

به بیان دیگر میدان‌های نیروی مایکل فارادی، نیروهایی‌اند که تمدن مدرن را از بولدوزورهای برقی گرفته تا کامپیوترها، اینترنت و آی‌پادهای امروزی به پیش می‌رانند.

میدان‌های نیروی فارادی برای یک سده و نیم الهام‌بخش فیزیکدان‌ها بودند. اینشتین آن‌چنان فریفته‌ی آن شد که نظریه‌ی گرانش خود را بر حسب آن‌ها نوشت. من نیز فریفته‌ی کار فارادی شدم. سال‌ها پیش من نظریه‌ی رسیمان‌ها را با موفقیت بر حسب میدان‌های نیروی فارادی

نوشتم، و در نتیجه نظریه‌ی میدان ریسمان را بنا نهادم. در فیزیک هنگامی که کسی می‌گوید «او مثل خط میدان فکر می‌کند». می‌خواهد احترام زیادی به طرف بگذارد.

#### چهار نیرو

در طی دو هزار سال گذشته، جداسازی و شناسایی چهار نیرویی که بر گیتی حکم می‌رانند، یکی از دستاوردهای برجسته‌ی فیزیک بوده است. همگی آن‌ها را می‌توان به زیان میدان‌های معرفی شده توسط فارادی توصیف کرد. با این حال بدینختانه هیچ کدام آن خواصی از میدان‌های نیرو را که در بیش‌تر داستان‌های علمی تخیلی مطرح می‌شوند ندارند. این میدان‌ها عبارت‌اند از:

۱. گرانش، نیروی بی سرو صدایی که پاهای ما را بر روی زمین نگه می‌دارد، مانع از متلاشی شدن زمین و ستارگان می‌شود، و منظومه‌ی خورشیدی و کهکشان را کنار هم نگه می‌دارد. بدون گرانش ما با سرعت ۱۶۰۰ کیلومتر بر ساعت توسط چرخش سیاره‌مان به فضا پرتاب می‌شدیم. مشکل در آن است که گرانش دارای خواصی کاملاً متضاد با میدان‌های نیروی علمی تخیلی است. گرانش ریاضی است، نه دافعه‌ای؛ بسیار ضعیف است، به طور نسبی؛ و در فواصل عظیم و نجومی عمل می‌کند. به بیان دیگر، تقریباً متضاد با آن سد تخت، نازک، و نفوذناپذیری است که در داستانی علمی تخیلی می‌خوانیم یا در فیلمی علمی تخیلی می‌بینیم. مثلاً تمام کره‌ی زمین دست‌اندرکار ریاضی یک پر است، ولی ما می‌توانیم با بلندکردن همان پر با یک انگشت علیه گرانش زمین عمل کنیم. عمل انگشت ما می‌تواند گرانش کل یک سیاره را که بیش از شش تریلیون تریلیون کیلوگرم وزن دارد خشنا نماید.

۲. الکترومغناطیس (EM)، نیرویی که شهرهای ما را روشن می‌کند. لیزرهای، رادیو، تلویزیون، لوازم الکترونیکی مدرن، کامپیوترها، اینترنت، الکتریسیته، مغناطیس - همگی پیامد نیروی الکترومغناطیس‌اند. به احتمال این پرصرف‌ترین نیروی در خدمت بشر است. بر خلاف گرانش، این یکی می‌تواند هم ریاضی و هم دافعه‌ای باشد. با این حال، بنا به دلایلی چند به

عنوان میدان نیرو مناسب نیست. نخست، به سادگی می‌شود آن را خთا کرد. مثلاً پلاستیک و دیگر عایق‌ها به سادگی می‌تواند وارد میدان قوی الکتریکی یا مغناطیسی شوند. تکه پلاستیکی پرت شده در میدان مغناطیسی از دل آن می‌گذرد. دوم الکترو-مغناطیس در فواصل طولانی عمل می‌کند و نمی‌شود به سادگی آن را روی یک صفحه متمرکز کرد. قوانین نیروی EM توسط معادلات جیمز کلرک مکسول بیان می‌شود و به نظر نمی‌رسد که میدان‌های نیرو جواب این معادلات باشند.

۳ و ۴. نیروهای هسته‌ای ضعیف و قوی. نیروی ضعیف نیروی واپاشی رادیواکتیو است. این همان نیرویی است که به مرکز زمین گرما می‌بخشد، که رادیواکتیو است. این همان نیرویی نهفته در پشت آتش‌فشنان‌ها، زمین‌لرزه‌ها، و جابه‌جایی قاره‌ای است. نیروی قوی، هسته‌های اتم را کنار هم نگه می‌دارد. انرژی خورشید و ستارگان از نیروی هسته‌ای نشأت می‌گیرد که مسئول روشن کردن گیتی است. مشکل آن است که نیروی هسته‌ای نیرویی کوتاه‌برد است، و عمدتاً در طول هسته عمل می‌کند. از آنجا که این نیرو چنین به خواص هسته‌ها وابسته است، دست کاری آن فوق العاده دشوار است. اکنون تنها راه دست کاری این نیرو متنالشی کردن ذرات زیراتومی در اتم‌شکن‌ها یا منفجر کردن بمبهای اتمی است.

گرچه میدان‌های نیروی به کاررفته در علمی تخیلی چه بسا با قوانین شناخته‌شده‌ی فیزیک همخوانی نداشته باشند، کماکان گریزگاه‌های وجود دارد که شاید بتوانند ساخت یک میدان نیرو را امکان‌پذیر سازند. نخست، چه بسا نیروی پنجم هنوز نادیده‌ای در آزمایشگاه وجود داشته باشد. مثلاً شاید چنین نیرویی به جای مسافت‌های نجومی، در طول چند سانتی‌متر تا چند متر عمل کند. (با این حال کوشش‌های ابتدایی برای اندازه‌گیری وجود چنین نیروی پنجمی به نتایج منفی انجامیده است.)

دوم، چه بسا بتوان از پلاسما برای بازآفرینی برخی از خواص میدان نیرو استفاده کرد. پلاسما «حالت چهارم ماده» است. جامدات، مایعات، و گازها سه حالت آشنای ماده را می‌سازند، ولی متدائل‌ترین شکل ماده در گیتی پلاسماست، گازی از اتم‌های یونیده. چون دل و روده‌ی اتم‌های پلاسما از هم جدا شده‌اند، الکترون‌ها از اتم کنده شده‌اند، اتم‌ها از لحاظ

الکتریکی باردارند و می‌توان به سادگی آن‌ها را با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی دست‌کاری کرد.

پلاسمای فراوان‌ترین ماده‌ی مریب در گیتی است، که سازنده‌ی خورشید، ستارگان، و گاز بین‌ستاره‌ای به شمار می‌رود. پلاسماهای برای ما ناآشنایند چون به ندرت بر روی زمین یافت می‌شوند، ولی ما می‌توانیم آن‌ها را به شکل آذرخش، خورشید، و درون تلویزیون پلاسمای مشاهده کنیم.

### پنجره‌های پلاسمایی

همان گونه که دیدیم اگر گازی به حد کافی داغ شود پلاسما شکل می‌گیرد و می‌توان آن را با میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی قالب‌گیری کرد و شکل داد. مثلاً می‌توان آن را به شکل صفحه یا پنجره درآورد. از این «پنجره‌ی پلاسمایی» می‌توان برای جداسازی خلا از هوای عادی استفاده کرد. در اصل شاید بتوان از نشت هوای درون فضاییما به فضای بیرون جلوگیری کرد و در نتیجه واسطی راحت و شفاف بین فضای خارجی و فضاییما ایجاد نمود.

در مجموعه‌ی تلویزیونی پیشتر از نشیف از چنین میدان نیرویی برای جداسازی عرضه‌ی شاتل، که شامل سفینه‌های کوچک‌تری است، از خلا فضای بیرونی استفاده می‌شود. این نه تنها شیوه‌ای زیرکانه برای صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت بلکه وسیله‌ای هم هست که ساخت آن امکان‌پذیر است.

پنجره‌ی پلاسمایی در ۱۹۹۵ توسط آدی هرشکو و فیزیکدان در آزمایشگاه ملی بروک‌هیون در لانگ آیلند اختراع شد. ولی آن را برای حل مشکل جوشکاری فلزات با استفاده از باریکه‌های الکترونی ساخت. در مشعل جوشکاری استیلن از گاز داغ برای ذوب کردن و سپس جوش دادن دو تکه فلز استفاده می‌شود. ولی با باریکه‌ای از الکترون‌ها می‌توان فلزات را تندتر، تمیزتر، و ارزان‌تر از روش‌های متداول جوش داد. با این حال مشکل جوشکاری با باریکه‌ی الکترونی، نیاز به کار در خلا دارد. این

نیازمندی در دسرساز است، چون به معنی ساخت جعبه‌ی خلثی است که چه بسا به بزرگی یک اتاق باشد.

دکتر هرش کوویچ برای حل این مشکل دست به اختصار پنجره‌ی پلاسمایی زد. فقط با ۹۰ سانتی‌متر درازا و کمتر از ۳۰ سانتی‌متر قطر، پنجره‌ی پلاسمایی گاز را تا  $660^{\circ}\text{C}$  داغ می‌کند و پلاسمایی محصور شده با میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی می‌سازد. مانند هر گازی این ذرات فشاری اعمال می‌کنند که مانع از ورود هوا به درون محفظه‌ی خلاً می‌شود و لذا هوا را از خلاً جدا می‌کند. وقتی از گاز آرگون استفاده شود، پلاسما درخششی آبی رنگ پیدا می‌کند، مانند میدان نیرو در پیش‌تازان‌فضا.

پنجره‌ی پلاسمایی در سفر فضایی و صنعت کاربردهایی گستردگی دارد. در بسیاری اوقات فرایندهای تولیدی نیازمند خلاً برای انجام ساخت‌های میکروبی و حکاری خشک در مقاصد صنعتی‌اند، ولی کارکردن در خلاً می‌تواند گران از آب درآید. اما با پنجره‌ی پلاسمایی می‌توان با فشردن یک دکمه خلاً را به ارزانی برقرار کرد.

ولی آیا پنجره‌ی پلاسمایی می‌تواند به عنوان سپری نفوذناپذیر هم به کار گرفته شود؟ آیا می‌تواند در برابر گلوله‌ی توب از پا نیفتد؟ می‌توان پنجره‌ی پلاسمایی با توان و دمای به حد کافی بیشتری را در آینده تصور کرد که می‌تواند گلوله‌های پرتاب شده را ناکار یا تبخیر کند. ولی برای ساخت میدان نیرویی واقع‌گرایانه‌تر، مانند آنهایی که در علمی تخیلی یافت می‌شوند، نیازمند ترکیبی از چندین فناوری هستیم که ساختاری لایه‌ای داشته باشند. شاید هر لایه به تهایی قادر قدرت کافی برای متوقف نمودن گلوله توب باشد ولی ترکیب آن‌ها ممکن است که از پس کار برآید.

لایه‌ی بیرونی می‌تواند پنجره‌ی پلاسمایی ابربارداری با دماهای به حد کافی بالا برای تبخیر فلزات باشد. لایه‌ی دوم می‌تواند پرده‌های از باریکه‌های لیزر پر انرژی باشد. این پرده متشکل از هزاران باریکه‌ی متقطع لیزر، شبکه‌ای می‌سازد که می‌تواند اشیایی عبوری از آن را چنان داغ کند که تبخیر شوند. در فصل بعدی به لیزرها خواهم پرداخت.  
و در پس این پرده‌ی لیزری می‌توان شبکه‌ای از جنس «نانولوله‌های

کربنی» تصور کرد، لوله‌هایی نازک از اتم‌های منفرد کربن به ضخامت یک اتم که به مراتب از فولاد محکم‌ترند. گرچه رکورد فعلی جهانی برای درازای نانولوله‌ی کربنی تنها در حدود ۱۵ میلی‌متر است، می‌توان روزی را تصور کرد که شاید قادر باشیم نانولوله‌های کربنی را با درازای دلخواه تولید کنیم. با این فرض که بشود نانولوله‌های کربنی را به صورت یک شبکه به هم بافت، می‌توان از آن‌ها صفحه‌ای بسیار قدرتمند تهیه کرد که بیش‌تر اشیاء را دفع کنند. این صفحه نامربی خواهد بود، چون هر نانولوله‌ی کربنی در ابعاد اتمی است، ولی شبکه‌ی نانولوله‌ی کربنی قوی‌تر از هر ماده‌ی متداول خواهد بود.

پس با ترکیب کردن پنجره‌ی پلاسمایی، پرده‌ی لیزری، و صفحه‌ی نانولوله‌ی کربنی شاید بتوان ساخت دیواری نامربی را تصور کرد که نمی‌شود به آن تقریباً با هر شیوه‌ای رخته کرد.

ولی این سپر چندلایه نیز هنوز کاملاً خواص میدان نیروی علمی تخیلی را برآورده نمی‌سازد - زیرا شفاف است و لذا نمی‌تواند باریکه‌ی لیزر را متوقف کند. در نبردی با توپخانه‌ی لیزری، سپر چندلایه به درد نمی‌خورد. برای متوقف کردن باریکه‌ی لیزری، لازم است که سپر از نوعی «فوتوكروماتیک» پیشرفته برخوردار باشد. این همان فرایندی است که در عینک‌های آفتابی که خود به خود در معرض تابش UV تیره می‌شوند به کار می‌رود. فوتوكروماتیک بر اساس مولکول‌هایی است که می‌توانند دست‌کم در دو حالت وجود داشته باشند. در یک حالت مولکول شفاف است. ولی هنگامی که در معرض تابش UV (فرابنفش) قرار بگیرد فوراً به حالت دوم که کدر است می‌رود.

شاید روزی بتوانیم از نانوفناوری برای ساخت ماده‌ای به سختی نانولوله‌های کربنی که خواص اپتیکی خود را در معرض نور لیزر تغییر دهد، استفاده کنیم. بدین ترتیب شاید چنین سپری قادر به متوقف کردن پرتابه‌های لیزری و نیز باریکه‌ی ذرات یا آتش توپخانه باشد. با این حال اکنون فوتوكروماتیکی که بتواند باریکه‌های لیزر را متوقف کند در دسترس نیست.

### شناوری مغناطیسی

در داستان‌های علمی تخیلی، میدان‌های نیرو سوای منحرف کردن پرتابه‌های تفنگ پرتویی وظیفه‌ی دیگری هم دارند: سکویی برای غلبه بر گرانش. در فیلم بازگشت به آینده مایکل جی. فاکس روی «تخته هوای» سوار می‌شود، که شبیه اسکیت بورد است ولی با این فرق که بر روی خیابان شناور می‌ماند. با در نظر گرفتن قوانین فیزیکی که امروزه از آن‌ها آگاهیم (که در فصل ۱۰ خواهیم دید) چنین وسیله‌ی پادگرانشی امکان‌ناپذیر است. ولی شاید در آینده تخته هوای‌ها و ماشین‌های هوا به واقعیت بپیوندد و به ما امکان دهند که اشیای بزرگ را به دلخواه شناور سازیم. اگر در آینده «ابرسانه‌های دمای اتاق» واقعیت پیدا کنند، شاید بتوان اشیاء را با استفاده از قدرت میدان‌های نیروی مغناطیسی شناور ساخت.

چنان‌چه دو میله‌ی آهنربا را از سمت قطب‌های شمال در کنار هم بگذارید یکدیگر را دفع می‌کنند. (اگر میله را بچرخانیم طوری که قطب شمال یکی نزدیک قطب جنوب دیگری قرار گیرد، آن‌گاه دو آهنربا هم دیگر را می‌ربایند). از همین اصل، که قطب‌های شمال هم دیگر را می‌رانند، می‌توان برای بلندکردن بارهای سنگین از روی زمین استفاده کرد. تاکنون چندین کشور قطارهای پیشرفته‌ی شناوری مغناطیسی (قطارهای maglev) را ساخته‌اند که با استفاده از آهنرباهای عادی درست در بالای ریل به هوا بر می‌خیزند. به دلیل برخورداری از اصطکاک صفر، آن‌ها می‌توانند به سرعت‌هایی رکورددشکن بر روی بالشتکی از هوا دست یابند.

در ۱۹۸۴ نخستین سیستم مگلو خودکار تجاری در بریتانیا عملیاتی شد که بین فرودگاه بین‌المللی بیرمنگهام و ایستگاه قطار بین‌المللی بیرمنگهام رفت و آمد می‌کرد. قطارهای مگلو در آلمان، ژاپن، و کره نیز ساخته شده‌اند، هر چند همگی آن‌ها برای سرعت‌های بالا طراحی نشده بودند. خط نمایشی «تکه‌ی عملیاتی مقدماتی» (IOS) در شانگهای نخستین قطار مگلو تجاری پرسرعت است که با بیشینه سرعت ۴۲۹ کیلومتر بر ساعت

حرکت می‌کند. قطار مگلو ژاپن در یاماناشی به سرعت ۵۷۸ کیلومتر بر ساعت می‌رسد که حتا از قطارهای چرخدار معمولی نیز تندتر است. ولی این وسایل مگلو فوق العاده گران‌اند. یک راه برای افزایش کارایی استفاده از ابررساناهاست که وقتی تا نزدیک صفر مطلق خنک شوند تمام مقاومت الکتریکی خود را از دست می‌دهند. ابررسانایی در ۱۹۱۱ توسط هایکه اونز کشف شد. اگر موادی خاصی تا K ۲۰ بالای صفر مطلق خنک شوند تمام مقاومت الکتریکی را از دست می‌دهند. معمولاً وقتی دمای فلزی را کم می‌کنیم، مقاومت آن اندک کاهش می‌یابد. (دلیلش آن است که ارتعاشات تصادفی اتم باعث دشوارشدن جریان یافتن الکترون‌ها در سیم می‌شود. با کاهش دما این حرکت‌های تصادفی کاهش می‌یابند، لذا الکتریسیته با مقاومت کمتری جریان می‌یابد). ولی اونز با کمال شگفتی دریافت که در دمایی بحرانی مقاومت موادی خاص ناگهان به صفر می‌رسد.

فیزیکدان‌ها فوراً به اهمیت این نتیجه پی‌بردند. خطوط نیرو با انتقال الکتریسیته در مسافت‌های زیاد مقدار چشمگیری انرژی تلف می‌کنند. ولی چنان‌چه بشود تمام مقاومت را از میان برداشت، توان الکتریکی را می‌توان تقریباً به رایگان انتقال داد. راستش اگر الکتریسیته در چنین سیم‌ییچی به جریان در بیاید، بدون هیچ کاهشی در انرژی، برای میلیون‌ها سال به جریان یافتن ادامه می‌دهد. گذشته از آن با اندکی کوشش از جانب این چریان‌های الکتریکی عظیم می‌شود آهنرباهایی با توان باورنکردنی ساخت. با این آهنرباهای می‌توان به سادگی بارهای بسیار سنگین را بلند کرد.

با وجود این توان اعجاب‌انگیز، مشکل ابررسانایی در آن است که طوطه‌وری آهنرباهای بزرگ در حوضچه‌های مایع فراسردد بسیار هزینه‌بردار است. برای ابرسرد نگه داشتن مایعات نیاز به تاسیسات عظیم گونک‌سازی هست، که به دلیل گرانی مانع از بهره‌گیری از آهنرباهای ابررسانا می‌شود.

اما چه بسا روزی فیزیکدان‌ها بتوانند «ابررساناهای دما اتاق»، کیمیای فیزیکدان‌های حالت جامد، را بسازند. اختراع ابررساناهای دمای اتاق در

آزمایشگاه جرقه‌ی دومین انقلاب صنعتی را خواهد زد. میدان‌های مغناطیسی قوی که بتوانند خودروها و قطارها را بلند کنند چنان ارزان می‌شوند که شاید ساخت خودروهای شناور با صرفه شود. با داشتن ابررساناهای دمای اتاق، خودروهای پروازی مشاهده شده در بازگشت به آینده، گزارش اقليت، و جنگ ستارگان شاید پا به واقعیت بگذارند.

اصولاً می‌شود کمربندی از جنس آهنرباهای ابررسانا درست کرد که بتوانند شخص را بدون کمترین تلاش از زمین بلند کنند. با چنین کمربندی هر کسی می‌تواند همچون سوپرمن به پرواز درآید. ابررساناهای دمای اتاق آن چنان چشمگیرند که در بسیاری از داستان‌های علمی تخیلی (مانند مجموعه‌ی دنیای حلقه‌ای نوشته‌ی لری نیون در ۱۹۷۰) حضور دارند.

برای دهه‌ها فیزیکدان‌ها بدون موفقیت به دنبال ابررساناهای دمای اتاق بوده‌اند. با آزمودن یک ماده پس از دیگری، این فرایندی خسته‌کننده و بیگر نگیر بوده است. ولی در ۱۹۸۶ رده‌ی جدیدی از مواد موسوم به «ابررساناهای دمای بالا» یافت شدند که در حوالی ۹۰ درجه بالای صفر مطلق، یا  $K$  ۹۰، تبدیل به ابررسانا می‌شدند. گویی قفل کار برداشته شد. هر ماه فیزیکدان‌ها به شکستن رکورد جهانی دیگری برای ابررسانایی دست می‌زنند. برای مدتی کوتاه چنین به نظر رسید که امکان پذیری ابررساناهای دمای اتاق پا را از علمی تخیلی به زندگی روزمره بیرون خواهند گذاشت. ولی پس از چند سال حرکت با سرعت رکورددشکن، پژوهش در ابررساناهای دمای اتاق از تب و تاب افتاد.

اکنون رکورد جهانی برای ابررساناهای دمای بالا مربوط به ماده‌ای به نام جیوه تالیم باریم کلسیم مس اکسید است که در  $K$  ۱۳۸ ( $-135^{\circ}C$ ) ابررسانا می‌شود. این دمای به نسبت زیاد هنوز هم با دمای اتاق فاصله‌ی درازی دارد. ولی این رکورد  $K$  ۱۳۸ کماکان با اهمیت است. نیتروژن در  $77K$  مایع می‌شود و نیتروژن مایع قیمتی در حدود شیر دارد. بنابراین نسبتاً با هزینه‌ی کم می‌توان از نیتروژن مایع معمولی برای خنک‌کردن

ابرساناهای دمای بالا استفاده کرد. (البته ابرساناهای دمای اتاق اصلاً نیازی به خنک‌کردن ندارند).

در حال حاضر به طرزی شرم‌آور هیچ نظریه‌ای برای تشریح خواص ابرساناهای دمای بالا وجود ندارد. راستش یک جایزه‌ی نوبل فیزیک متظر آن فیزیکدانی است که بتواند چگونگی کارکرد ابرساناهای دمای بالا را توضیح دهد. (ابرساناهای دمای بالا از اتم‌های قرارگرفته در لایه‌های مشخص تشکیل می‌شوند. بسیار از فیزیکدان‌ها این نظریه را مطرح کرده‌اند که این لایه‌بندی ماده‌ی سرامیکی است که سبب می‌شود الکترون‌ها آزادانه بین هر لایه جریان پیدا کنند و ابرسانایی را بسازند. ولی کارکرد دقیق هنوز هم یک راز است).

بدبختانه به دلیل این ناگاهی، فیزیکدان‌ها برای پژوهش ابرساناهای دمای بالای جدید کورمال به پیش می‌روند. این بدان معناست که ابرساناهای افسانه‌ای دمای اتاق شاید فردا یا سال آینده کشف شوند یا هیچ‌گاه نشوند. هیچ‌کس نمی‌داند که چه هنگام امکان دارد چنین ماده‌ای یافت شود.

ولی در صورت کشف ابرساناهای دمای اتاق موجی از کاربردهای تجاری به راه خواهد افتاد. میدان‌های مغناطیسی یک میلیون بار قوی‌تر از میدان مغناطیسی زمین (که ۵۰ گاوس است) می‌توانند فراگیر شوند. چنان‌چه یک ویژگی مشترک ابرسانایی، اثر مایسنز نامیده می‌شود. آهنربایی بر روی ابرسانا قرار داده شود، آهنربا شناور می‌شود، گویی نیرویی نامریی آن را در بالا نگه می‌دارد. (دلیل اثر مایسنز آن است که آهنربا می‌تواند یک آهنربای «تصویر آینه‌ای» در ابرسانا ایجاد کند، به گونه‌ای که آهنربای اصلی و آهنربای تصویر آینه‌ای یکدیگر را دفع می‌کنند. شیوه‌ی دیگر توصیف این پدیده آن است که میدان‌های مغناطیسی نمی‌توانند به درون ابرسانا نفوذ کنند. در عوض میدان‌های مغناطیسی از آن رانده می‌شوند. پس اگر آهنربایی در بالای ابرسانا نگه‌داشته شود، خطوط نیروی آن توسط ابرسانا دفع می‌شوند، و لذا خطوط نیرو آهنربا را به بالا رانده و سبب شناوری آن می‌شوند).

با بهره‌گیری از اثر مایسنسن می‌توان تصور کرد که در آینده بزرگراه‌ها از این سرامیک‌های ویژه ساخته می‌شوند. بنابراین آهنرباهای کارگذاشته شده در کمربندها یا تایرها می‌توانند ما را قادر سازند که بدون اصطکاک یا افت انرژی، تا مقصد به طور مغناطیسی پرواز کنیم.

اثر مایسنسن تنها بر روی مواد مغناطیسی مانند فلزات تاثیر می‌گذارد. ولی می‌شود از آهنرباهای ابرمغناطیسی برای شناورسازی مواد نامغناطیسی، موسوم به پارامغناطیس‌ها و دیامغناطیس‌ها نیز استفاده کرد. این ترکیبات به خودی خود قادر خواص مغناطیسی‌اند؛ آن‌ها خواص مغناطیسی را تنها در حضور میدان مغناطیسی خارجی به دست می‌آورند. پارامغناطیس‌ها توسط آهنرباهای خارجی جذب می‌شوند، حال آن‌که دیامغناطیس‌ها از آن رانده خواهند شد.

مثلاً آب دیامغناطیس است. از آنجا که تمام موجودات زنده از آب ساخته شده‌اند، آن‌ها می‌توانند در حضور میدان مغناطیسی نیرومند شناور شوند. دانشمندان توانسته‌اند در میدان مغناطیسی ۱۵ تسللا ( $0,000,000$  برابر میدان زمین) جانوران کوچک، مانند قورباغه، را شناور کنند. ولی اگر ابررساناهای دمای اتاق به واقعیت پیونددند، امکان دارد که اشیای نامغناطیسی بزرگ‌تر را نیز از طریق خاصیت دیامغناطیسی آن‌ها شناور ساخت.

خلاصه آن‌که میدان‌های نیرویی که به طور معمول در علمی تخیلی مطرح می‌شوند، در توصیف چهار نیروی موجود در گیتی نمی‌گنجند. با این حال چه بسا بشود بسیاری از خواص میدان‌های نیرو را با استفاده از سپری چندلایه، متشکل از پنجره‌های پلاسمای پرده‌های لیزر، و فوتوكروماتیک شبیه‌سازی کرد. ولی ساختن چنین سپری شاید چندین دهه یا یک سده طول بکشد. و اگر بتوان به ابررساناهای دمای اتاق دست یافت، شاید بشود همانند فیلم‌های علمی تخیلی از میدان‌های مغناطیسی قوی برای شناورسازی خودروها و قطارها، و به پرواز درآوردن آن‌ها در هوا استفاده کرد.

با توجه به تمام این موارد، من میدان‌های نیرو را در امکان‌ناپذیری

رده‌ی ۱ جا می‌دهم - یعنی چیزی که با فناوری امروز ناممکن است، ولی در حدود یک سده و اندی به شکلی اصلاح شده امکان‌پذیر خواهد بود.

## نامری شدن

۲

### فصل

وقتی خیال‌بافی شما تیره و تار است نمی‌توانید به چشمانتان تکیه کنید.

— مارک تواین

در پیش‌تازان فضای: سفر به منزل، خدمه‌ی اینترپرایز موفق به رسودن یک سفینه‌ی جنگی کلینگتون می‌شوند. برخلاف فضایپیمایاهای ناوگان ستاره‌ای فدراسیون، سفینه‌های امپراتوری کلینگتون به «وسیله‌ی پوشاننده‌ی» مخفی‌ای مجهزند که آنان را در برابر نور یا رادار نامری می‌کند، به طوری که فضایپیمایاهای کلینگتون می‌توانند مخفیانه به پشت سر سفینه‌های فدراسیون بروند و با خیال آسوده به آن‌ها شیوخون بزنند. این وسیله‌ی پوشاننده مزیتی استراتژیک را نصیب امپراتوری کلینگتون در برابر فدراسیون سیاره‌ها می‌کند.

آیا به راستی چنین وسیله‌ای امکان‌پذیر است؟ مدت‌های مديدة است که از صفحات مرد نامری گرفته تا شنل نامری‌ساز جادویی کتاب‌های هری پاتر، یا حلقه‌ی اریاب حلقه‌ها، نامری شدن به یکی از شگفتی‌های علمی تخیلی و خیال‌پردازی تبدیل شده است. با این حال دست‌کم یک سده است که فیزیکدان‌ها امکان‌پذیری شنل‌های نامری‌ساز را مردود می‌شمارند، و قاطعانه می‌گویند که آن‌ها ناممکن‌اند: آن‌ها قوانین اپتیک را

نقض می‌کنند و با هیچ کدام از خواص ساخته شده‌ی ماده همخوانی ندارند.

ولی امروزه بعید نیست که ناممکن تبدیل به ممکن شود. پیشرفت‌های تازه در مورد «متامواد» منجر به بازنگری‌هایی عمدۀ در کتاب‌های درسی اپتیک شده است. پیش‌نمونه‌های عملیاتی چنین موادی واقعاً در آزمایشگاه ساخته شده‌اند، و علاقه‌ای شدید را در رسانه‌ها، صنعت، و ارتش برای نامربی ساختن مربی به راه اندخته‌اند.

### نامربی شدن در طول تاریخ

شاید نامربی شدن یکی از قدیمی‌ترین مفاهیم در اسطوره‌های باستان باشد. از آغاز تاریخ مدون، آدمهایی که شبی و همناک را به تنها یابند سر می‌کردند در اندیشه‌ی ارواح نامربی مردگانی که در تاریکی پرسه می‌زدند، از ترس به خود لرزیده‌اند. قهرمان یونانی پرسیوس توانست به یاری کلاه‌خود نامربی ساز شر مدوسای دیوصفت را کم کند. فرماندهان نظامی در رویای وسیله‌ی پوشانده‌ی نامربی سازی به سر می‌برند. سربازان نامربی شده می‌توانند به سادگی از خطوط دشمن بگذرند و آنان را غافلگیر کنند. جنایتکاران می‌توانند با نامربی شدن دست به سرفت‌های خیره‌کننده بزنند.

نامربی شدن نقشی اساسی در نظریه‌ی پرهیزکاری و اخلاق افلاطون دارد. افلاطون در شاهکار فلسفه‌ی خود، جمهور، به نقل اسطوره‌ی انگشت‌گایگس می‌پردازد. گایگس که چوپانی فقیر ولی ساده دل اهل لیدیاست وارد غاری مخفی می‌شود و گوری را با جسدی انگشت‌زیرین به دست، پیدا می‌کند. گایگس در می‌یابد که انگشت‌زیرین از قدرت جادویی نامربی ساختن وی برخوردار است. بهزودی این چوپان بی‌چیز از قدرتی که انگشت‌زیرین او می‌دهد سرمست می‌شود. پس از ورود مخفیانه به قصر پادشاه، گایگس با بهره‌گیری قدرت خود ملکه را می‌فریبد، به یاری او پادشاه را می‌کشد و بر تخت فرمانروایی لیدا تکیه می‌زند.

نتیجه‌ی اخلاقی مد نظر افلاطون آن است که هیچ انسانی نمی‌تواند در

برابر و سوشهی برخورداری از توانایی ناپدیدشدن و کشتن به اراده مقاومت به خرج دهد. تمامی انسان‌ها فسادپذیرند. اخلاق عبارت است از ساختی جامعوی که از بیرون تحمیل می‌شود. شاید انسان در اجتماع برای حفظ شرافت و صداقت خود به ظاهر پرهیزگار به نظر آید، ولی به محض کسب قدرت نامری شدن، بهره‌گیری از چنین توانایی مقاومت‌ناپذیر خواهد بود. (برخی بر این باورند که این پرهیزگاری الهام‌بخش جی. آر. آر. تولکین در نوشتن سه‌گانه‌ی ارباب حلقه‌ها بوده است، که در آن حلقه‌ای هست که فرد به دست کننده را نامری می‌سازد و منع شر نیز به شمار می‌رود).

نامری شدن مفهومی متداول در علمی تخیلی نیز هست. در مجموعه‌ی فلش گوردون در دهه‌ی ۱۹۳۰، فلش برای فرار از دست جوخه‌ی اعدام مینگ سنگدل نامری می‌شود. در قصه‌ها و فیلم‌های هری پاتر، هری شنلی مخصوصاً می‌پوشد که به وی امکان می‌دهد بدون دیده شدن از دژ هاگوارتز بیرون بزند.

اچ. جی. ولز بیشتر این اسطوره را در رمان کلاسیک مرد نامری در قالبی ملموس قرار داده است؛ در این داستان یک دانشجوی پزشکی اتفاقی به قدرت بعد چهارم دست می‌یابد و نامری می‌شود. بدینخته وی از این قدرت رویایی برای سود شخصی استفاده می‌کند و دست به خلافکاری‌های بی‌اهمیت می‌زند، و سرانجام نامیدانه به هنگام گریز از دست پلیس جان می‌سپارد.

### معادلات مکسول و راز نور

تا هنگام کار فیزیکدان اسکاتلندي جیمز کلرک مکسول، یکی از غول‌های فیزیک سده‌ی نوزدهم، فیزیکدان‌ها درک درستی از قوانین اپتیک نداشتند. مکسول به نوعی در نقطه مقابل مایکل فارادی قرار داشت. در حالی که فارادی بدون هیچ آموزش رسمی، از غریزه‌ی تجربی محشری برخوردار بود، مکسول، هم دوره‌ی فارادی، در ریاضیات پیشرفته استاد بود. وی به

عنوان دانشجوی ریاضی فیزیک در کمپریج دانش آموخت، جایی که ایزاك نیوتون دو سده پیش کار خود را انجام داده بود.

نیوتون دست به ابداع حسابگان زد که بر حسب زیان «معادلات دیفرانسیل» بیان می‌شود و شرح می‌دهد که چگونه اشیاء به آرامی دستخوش تغییرات ناچیز در فضا و زمان می‌شوند. حرکت موج‌های دریا، سیالات، گازها، گلوله‌ی توب را می‌توان به زبان معادلات دیفرانسیل توصیف کرد. مکسول با هدفی روشن کار را آغاز کرد؛ تشریح یافته‌های انقلابی فارادی و میدان‌های نیروی او از طریق معادلات دیفرانسیل دقیق.

مکسول با این کشف فارادی شروع کرد که میدان‌های الکتریکی را می‌شود به میدان‌های مغناطیسی تبدیل کرد و بر عکس. وی ترسیمات فارادی از میدان‌های نیرو را گرفت و آن‌ها را به زبان دقیق معادلات دیفرانسیل بازنویسی کرد، و یکی از مهمترین مجموعه معادلات در علم مدرن را ایجاد نمود. این‌ها مجموعه‌ای از هشت معادله‌ی دیفرانسیل با هیبتی ترسناک‌اند. هر فیزیکدان و مهندسی در دنیا وقتی می‌خواهد درس الکترومغناطیس را بگذارند باید سر آن‌ها کلی عرق بزید.

سپس مکسول از خودش سؤالی سرنوشت‌ساز پرسید: اگر میدان‌های مغناطیسی بتوانند به میدان‌های الکتریکی و بر عکس تبدیل شوند، چنان‌چه گویی در الگویی پایان‌نایذیر به هم تبدیل می‌شوند، چه پیش می‌آید؟ مکسول دریافت که این میدان‌های الکتریکی – مغناطیسی موجی ایجاد خواهند کرد، خیلی شبیه به موج دریا. او سرعت این موج‌ها را محاسبه کرد و با شگفتی دریافت که مقدار آن همان سرعت نور است! در ۱۸۶۴ با کشف این فاکت، وی پیشگویانه نوشت: «این سرعت چنان به مقدار نور نزدیک است که انگار قاطعانه می‌توانیم نتیجه بگیریم که خود نور... یک آشفتگی الکترومغناطیسی است.»

شاید این یکی از بزرگترین کشف‌ها در تاریخ بشر باشد. سرانجام برای نخستین بار راز نور افشا شد. مکسول ناگهان دریافت که هر چیزی از درخشش طلوع، زبانه‌های غروب، رنگهای خیره‌کننده‌ی رنگین‌کمان گرفته تا گنبد مینای ستارگان آسمان را می‌توان بر حسب موج‌هایی که وی بر

صفحه‌ی کاغذ نوشته بود، توصیف کرد. امروز می‌دانیم که تمام طیف الکترومغناطیسی – از رادار گرفته تا تلویزیون، نور فروسرخ، نور مریسی، نور فرابنفش، پرتوهای ایکس، میکروموج‌ها، و پرتوهای گاما – چیزی جز موج‌های مکسول نیستند، که به نوبه‌ی خود میدان‌های نیروی مرتضع ش فارادی‌اند.

اینشتین درباره‌ی اهمیت معادلات مکسول نوشت که آن‌ها «ژرف‌ترین و ثمربخش‌ترین چیزی‌اند که فیزیک از هنگام نیوتون تجربه کرده است.» (از بخت بد، مکسول یکی از برجسته‌ترین فیزیکدان‌های سده‌ی نوزدهم، در سن پایین چهل و هشت سالگی از سلطان معده درگذشت، شاید همان بیماری که مادرش را در همان سن کشته بود. چه بسا اگر وی بیش‌تر زنده می‌ماند، می‌توانست کشف کند که معادلاتش آشتفتگی فضا‌زمان را نیز مجاز می‌دارند که مستقیماً به نظریه‌ی نسبیت خاص اینشتین می‌انجامد. درک این نکته تکان‌دهنده است که اگر مکسول زنده می‌ماند بعید نبود که نسبیت در زمان جنگ داخلی آمریکا کشف شود.)

نظریه‌ی نور مکسول و نظریه‌ی اتمی توصیفاتی ساده برای اپتیک و نامری‌شدن فراهم می‌کنند. در جامد اتم‌ها به هم فشرده شده‌اند، در حالی که در مایع یا گاز مولکول‌ها فاصله‌ی بسیار بیش‌تری دارند. بیش‌تر جامدات به این دلیل کدرند که پرتوهای نور نمی‌توانند از درون ماتریکس چگال اتم‌های جامد، که مانند دیوار آجری هستند، بگذرند. در مقابل بسیاری از مایعات و گازها به این دلیل شفاف‌اند که نور می‌تواند با راحتی بیش‌تری از بین فضاهای بزرگ بین اتم‌های آن‌ها بگذرد، فضایی که بزرگ‌تر از طول موج نور مریبی است. مثلاً آب، الکل، آمونیاک، استون، هیدروژن پروکسید، بنزین، و مانند این‌ها، همگی شفاف‌اند، درست مثل گازهایی همانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، کربن دیوکسید، متان، و غیره. چندین استثنای مهم بر این قاعده وجود دارد. بسیاری از بلورها هم جامدند و هم شفاف. ولی اتم‌های بلور در ساختار شبکه‌ای دقیق آرایش یافته‌اند و در ردیف‌هایی منظم قرار گرفته‌اند و فاصله‌بندی‌های منظم بین

آنها وجود دارد. بدین ترتیب مسیرهایی زیادی در شبکه‌ی بلورین وجود دارد که باریکه‌ی نور می‌تواند از درون آنها بگذرد. بنابراین گرچه بلور هم اندازه‌ی هر جامد دیگری سفت و سخت است، نور کماکان می‌تواند راه خود را از درون بلور پیدا کند.

در شرایط خاص چنان‌چه اتم‌ها آرایشی تصادفی پیدا کنند، جامد ممکن است که شفاف شود. این کار را می‌توان با گرم کردن موادی خاص تا دمای زیاد و سپس خنک کردن سریع آنها انجام داد. مثلاً شیشه به دلیل آرایش تصادفی اتم‌هایش، جامدی است با بسیاری از خواص مایع. با بهره‌گیری از این شیوه می‌توان برخی از آبنبات‌ها را شفاف کرد.

آشکار است که نامری شدن خاصیتی است که، از طریق معادلات مکسول، در سطح اتمی رخ می‌دهد، و لذا بازسازی آن اگر ناممکن نباشد بیش از حد دشوار است. برای نامری ساختن هری پاتر، باید وی را به مایع تبدیل کرد، تا بخارشدن او را داغ نمود، متبلورش ساخت، دویاره او را داغ کرد، و سپس سرداش کرد، که انجام تمام این کارها حتاً برای یک جادوگر هم واقعاً دشوار است.

ارتش، ناکام در نامری ساختن هواپیماهای دست به بهترین جایگزین زد: ایجاد فناوری رادارگریزی که هواپیماها را از دید رادار مخفی می‌کند. فناوری رادارگریزی برای انجام مجموعه‌ای از ترفندهای به معادلات مکسول متمکی است. جت جنگنده‌ی رادارگریز کاملاً برای چشم انسان مریب است، ولی تصویر آن روی صفحه‌ی رادار دشمن تنها به اندازه‌ی یک پرنده‌ی بزرگ است. (فناوری رادارگریزی عملًا سلم سوریایی از ترفندهاست. با تغییردادن مواد در جت جنگنده، کاهش دادن مقدار فولاد و استفاده از پلاستیک و رزین به جای آن، تغییردادن زوایای بدنه، بازآرایی لوله‌های اگزووز، و غیره، می‌توان باریکه‌های فرودی رادار دشمن بر روی هواپیما را در تمام جهت‌ها پراکنده ساخت، به طوری که آنها هرگز به صفحه رادار دشمن بازنگردن. حتاً با فناوری رادارگریزی، جت جنگنده کاملاً نامری نمی‌شود؛ در عوض تا جایی که از نظر فنی امکان داشته باشد، رادار را منحرف و پراکنده می‌کند).

## متامواد و نامریی شدن

ولی شاید نوبت‌بخش ترین پیشرفت اخیر در مورد نامریی شدن، ماده‌ی جدید هیجان‌انگیزی موسوم به «متاماده» باشد که ممکن است روزی اشیاء را واقعاً نامریی کند. مضمون است که زمانی ساخت متامواد امکان‌ناپذیر تلقی می‌شود زیرا آن‌ها قوانین اپتیک را نقض می‌کنند. اما در ۲۰۰۶ پژوهشگران در دانشگاه دوک در دوره‌ام کارولینای شمالی، و امپریال کالج در لندن، با موقفيت خرد سنتی را مغلوب کردند و متامواد را برای نامریی کردن شیئی در برابر تابش میکروموج به کار گرفتند. هرچند هنوز موضع زیادی بر سر راه وجود دارد، برای نخستین بار در تاریخ، اکنون طرحی برای نامریی ساختن اشیای عادی در پیش رو داریم. (این پژوهش با سرمایه‌گذاری سازمان پژوهه‌های پژوهشی پیشرفته‌ی دفاعی پتاگون [DARPA] انجام شد.)

ناتان مایرولد، مدیر ارشد فناوری پیشین مایکروسافت می‌گوید که قابلیت انقلابی متامواد «کاملاً دیدگاه ما از اپتیک و تقریباً هر جنبه از الکترونیک را دگرگون خواهد ساخت ... برخی از این متامواد می‌توانند کارهایی انجام دهند که چند دهه پیش خواب و خیالی بیش نبودند».

بالاخره این متامواد چه هستند؟ آن‌ها ترکیباتی اند با خواصی اپتیکی که در طبیعت مشابه ندارد. متامواد با کارگذاری درون‌کاشته‌ای در ماده ساخته می‌شوند که موج‌های الکترومغناطیسی را مجبور به خمیده‌شدن به شیوه‌هایی نامعمول می‌کنند. دانشمندان در دانشگاه دوک مدارهای کوچک الکتریکی را در نوارهای مسی با آرایش دایره‌های هم‌مرکز تخت (شیوه به المنت‌های اجاق برقی) جایگذاری کردند. نتیجه آمیخته‌ای پیچیده از سرامیک، تفلون، فیبرهای کامپوزیتی، و اجزای فلزی بود. این درون‌کاشته‌های کوچک در مس، خم‌کردن و مسیردهی به تابش میکروموج به شیوه‌ای ویژه را ممکن می‌سازند. مسیری را که رودخانه در اطراف یک تخته سنگ بزرگ می‌پیماید تصور کنید. چون آب به سرعت در اطراف تخته سنگ می‌پیچد، حضور تخته سنگ در پایین دست از بین

می‌رود. به همین نحو متامواد می‌توانند پیوسته مسیر میکروموج‌ها را تغییر دهند و خم کنند به طوری که مثلاً اگر در اطراف یک استوانه قرارداده شوند، اصولاً هر چیزی درون استوانه را نسبت به میکروموج نامریی می‌کنند. اگر متامواد بتوانند همه‌ی بازتاب‌ها و سایه‌ها را از میان بردارند، آن‌گاه می‌توان شیء را نسبت به آن شکل از تابش نامریی ساخت.

دانشمندان با ساخت وسیله‌ای مشکل از ده حلقه‌ی فایبرگلاس پوشیده از عناصر مسی با موفقیت این اصل را به نمایش در آورده‌اند. حلقه‌ی مسی درون این وسیله تقریباً به طور کامل نسبت به تابش میکروموج نامریی است و تنها سایه‌ای اندک ایجاد می‌کند.

توانایی متامواد در دست‌کاری چیزی نهفته است که آن را «ضریب شکست» می‌نامیم. شکست عبارت است از خمیده‌شدن نور به هنگام عبور آن از درون مواد شفاف. اگر دست خودتان را درون آب ببرید، یا به عدسمی عینکتان بنگرید، می‌بینید که آب و شیشه باعث به هم ریختن و خم‌شدن مسیر نور عادی می‌شوند.

دلیل خم‌شدن نور در آب و شیشه آن است که به هنگام ورود به محیط‌های شفاف چگال، سرعت نور کم می‌شود. سرعت نور در خلا مخصوص همواره ثابت است ولی نور گذرنده از شیشه یا آب باید از درون تریلیون‌ها اتم بگذرد و بنابراین سرعتش کم می‌شود. (سرعت نور بخش بر سرعت کاهش یافته درون آن محیط را ضریب شکست می‌نامیم. با توجه به افت سرعت نور در شیشه ضریب شکست آن باید همواره بزرگتر از  $1/10$  باشد.) مثلاً ضریب شکست خلا برابر  $1/100$ ، برای هوا  $1/1000000$ ، برای شیشه  $1/5$  و برای الماس  $2/4$  است. معمولاً هرچه محیطی چگال‌تر باشد، میزان خمیدگی و در نتیجه ضریب شکست بیشتر می‌شود.

سراب نمونه‌ی آشنایی از ضریب شکست است. اگر در روزی گرم مشغول رانندگی باشید و مستقیم به افق بنگرید، جاده انگار با درخشنندگی موج می‌زند و توهمند دریاچه‌ای برآق را ایجاد می‌کند. در بیابان می‌توان دورنمای شهرها و کوهستان را در افق دید. دلیل آن است که هوای داغ برخاسته از جاده یا بیابان چگالی کمتری از هوای عادی دارد و بنابراین

ضریب شکست آن از هوای خنک‌تر پیرامون پایین‌تر است و در نتیجه نور آمده از اشیای دور دست می‌تواند از سطح جاده به سمت چشمان شما شکست پیدا کند و باعث توهمندی اشیای دور دست شود.

معمولًا ضریب شکست ثابت است. باریکه‌ای نازک از نور به هنگام ورود به شیشه خم می‌شود و سپس به مسیر مستقیم به پیش می‌رود. اما فعلاً تصور کنید که می‌توانید ضریب شکست را به اختیار درآورید به طوری که بشود در هر نقطه از شیشه پیوسته آن را تغییر داد. با گذر نور از درون این ماده‌ی جدید نور می‌تواند در جهت‌های تازه پیچ و تاب بخورد و مانند مار در درون آن جسم مسیری ایجاد کند.

اگر کسی بتواند ضریب شکست را درون متمامده کنترل کند تا نور از اطراف شیء بگذرد، آن‌گاه آن شیء نامریی می‌شود. برای این کار، متمامده‌ی مذکور باید دارای ضریب شکست منفی باشد که هر کتاب درسی اپتیک آن را ناممکن می‌داند. (متمامواد نخستین بار توسط فیزیکدان شوروی ویکتور وسله‌لاگو در ۱۹۷۷ به طور نظری مطرح شدند و بیان شد که از خواص عجیب اپتیکی همانند ضریب شکست منفی و اثر داپلر وارون برخوردارند. متمامواد آن‌چنان عجیب و غریب‌اند که زمانی تصور می‌شد که امکان ساخت نداشته باشند. ولی در چند سال گذشته متمامواد به راستی در آزمایشگاه ساخته شده‌اند و فیزیکدان‌های بی‌علاقه را واداشته‌اند که کتاب‌های درسی اپتیک را بازنویسی کنند).

پژوهشگران متمامواد یک لحظه هم از دست روزنامه‌نگارانی که می‌خواهند بدانند شنل‌های نامریی ساز کی به بازار می‌آید راحت نیستند. پاسخ آن است که: به این زودی‌ها خبری نیست.

دیوید اسمیت از دانشگاه دوک می‌گوید: «خبرنگارها زنگ می‌زنند و از شما می‌خواهند خلاصه یک زمانی را بگویید. ماه یا سال. آنان دست‌بردار نیستند و آخر سر شما می‌گویید خب، شاید پانزده سال. بعدش هم تیتر می‌زنند پانزده سال تا ساخت شنل هری پاتر». به همین دلیل است که اکنون وی از ارائه هر زمانی طفره می‌رود. دوستداران هری پاتر یا پیشتازان فضای باید صبر کنند. با آن که ساخت شنل نامریی ساز واقعی در

چارچوب قوانین فیزیک امکان‌پذیر است، همان طور که اکثر فیزیکدان‌ها بر این نظرند، دشواری‌های فنی جدی بر سر راه این فناوری هست تا از تابش میکروموج به محدوده‌ی مریب برسیم.

به طور کلی ساختارهای درونی جایگذاری شده درون متماده باید کوچک‌تر از طول موج تابش باشند. مثلاً میکروموج‌ها می‌توانند طول موجی در حدود ۳ سانتی‌متر داشته باشند، پس برای متماده‌ای که بخواهد مسیر میکروموج‌ها را خم کند، درون کاشت‌های جایگذاری شده آن باید کوچک‌تر از ۳ سانتی‌متر باشند. اما برای نامری کردن شیء نسبت به نور سبز، با طول موج ۵۰۰ نانومتر (nm)، متماده باید ساختارهای جایگذاری شده‌ی درونی تنها با درازای ۵۰۰ نانومتر داشته باشد – و ناگفته نماند که نانومتر مقیاس طول اتمی لازم برای نانوفناوری است. (یک نانومتر برابر با طولی به اندازه‌ی یک میلیاردیم متر است. تقریباً در یک نانومتر ۵ اتم را می‌توان جا داد.) شاید این کلید حل مسئله‌ای باشد که در کوشش برای ساخت شتل نامری ساز واقعی با آن مواجهیم. برای خم کردن باریکه‌ی نور همچون مار، تک اتم‌های درون متماده را باید دست‌کاری کنیم.

### متامواد برای نور مریبی

این مسابقه پایانی ندارد.

از هنگام اعلام ساخته شدن متامواد در آزمایشگاه، با ارائه‌ی دیدگاه‌های جدید و دستاوردهای شگفت‌آوری که هر ماه صورت می‌گیرند، فعالیت زیادی در این حوزه در دست انجام است. هدف مشخص است: استفاده از نانوفناوری برای ساخت متاموادی که بتوانند نه فقط میکروموج بلکه نور مریبی را خم کنند. چندین رهیافت پیشنهاد شده‌اند که همگی نویدبخش هستند.

یک پیشنهاد استفاده از فناوری در دسترس است، یعنی قرض گرفتن فنون شناخته شده از صنعت نیم‌رسانا برای ساخت متامواد جدید. شیوه‌ی موسوم به «فوتولیتوگرافی» در قلب کوچک‌سازی کامپیوتر قرار دارد و لذا

انقلاب کامپیوتر را به پیش می‌راند. مهندسین با این فناوری می‌توانند صدها میلیون ترانزیستور ریز را در ویفری سیلیسیمی نه چندان بزرگتر از شست شما جا دهند.

دلیل این که توان کامپیوتر هر هجده ماه دوبرابر می‌شود (معروف به قانون مور) آن است که دانشمندان از تابش فرابینفس برای «حک کردن» اجزای ریزتر و ریزتر در تراشه‌ی سیلیسیمی استفاده می‌کنند. این شیوه بسیار شبیه به کاری است که شابلون‌ها در ایجاد تی شرت‌های رنگی انجام می‌دهند. (مهندسين کامپیوتر با یک ویفر نازک کار را شروع می‌کنند و سپس اندودهایی بسیار نازک از مواد مختلف را روی آن می‌نشانند. بعد ماسکی پلاستیکی روی ویفر گذاشته می‌شود که در نقش الگو عمل می‌کند و در برگیرنده‌ی طرح‌هایی پیچیده از سیم‌ها، ترانزیستورها، و اجزای کامپیوتری است که اسکلت پایه‌ی مداربندی را می‌سازند. سپس بر روی ویفر تابش الگو را بر روی ویفر حساس به نور چاپ می‌کند. با عمل آوری ویفر با گازها و اسیدهای ویژه مداربندی پیچیده‌ی ماسک بر روی جایی از ویفر که نور فرابینفس دیده حک می‌شود. این فرایند ویفری ایجاد می‌کند که دارای صدها میلیون شیار ریز است که طرح‌های ترانزیستورها را می‌سازند). فعلاً کوچکترین قطعاتی که می‌توان با این فرایند حکاری ایجاد کرد در حدود ۳۰ نانومتر (یا حدود ۱۵۰ اتم) طول دارد.

وقتی گروهی از دانشمندان نخستین متاماده‌ای را ساختند که در گستره‌ی مری نور عمل می‌کرد، پیشرفته‌ی عمدۀ در جستجو برای نامری کردن رخ داد. دانشمندان در آلمان و وزارت انرژی آمریکا در اوایل ۲۰۰۷ اعلام کردند که برای نخستین بار در تاریخ آنان متاماده‌ای ساخته‌اند که در نور سرخ کار می‌کند. در مدت زمان بسیار کوتاهی «ناممکن» به دست آمده بود.

کاستاس سوکولیس فیزیکدان از آزمایشگاه ایمز در آیوا به همراه استفان لیندن، مارتین و گه‌نر و گونتر دولینگ از دانشگاه کارلسروهه آلمان،

توانستند متاماده‌ای بسازند که ضریب  $0.6 \text{--} 0.780 \text{ nm}$  داشت. (رکورد پیشین جهانی برای تابش خمیده‌شده توسط یک متاماده  $1,400 \text{ nm}$  بود که نه در گسترده‌ی نور مریسی بلکه در گسترده‌ی فروسرخ قرار می‌گیرد.

این دانشمندان نخست با صفحه‌ای شیشه‌ای کار را آغاز کردند و سپس اندود نازکی از نقره، منزیم فلورورید، و بعد لایه‌ی دیگری از نقره روی آن نشاندند، که «ساندویچی» از فلورورید با ضخامت فقط  $100 \text{ nm}$  تشکیل می‌دهد. سپس با استفاده از فنون استاندارد حکاری آنان آرایه‌ای بزرگ از سوراخ‌های چارگوش میکروسکوپی در ساندویچ ایجاد کردند که الگوی شبکه‌ای شبیه به تور ماهیگیری دارد. (پنهانی سوراخ‌ها تنها  $100 \text{ nm}$  است که از طول موج نور سرخ بسیار کوچکتر است). سپس آنان بازیکدی نور سرخ را از درون ماده گذراندند و ضریب آن را اندازه گرفتند که  $0.6 \text{--} 0.7$  بود. این فیزیکدان‌ها کاربردهای متعددی را برای این فناوری پیش‌بینی می‌کنند. به گفته‌ی دکتر سوکولیس متاماده «شاید روزی به توسعه‌ی نوعی ابرعدسی تخت منجر شود که در طیف مریسی کار بکند. چنین عدسی‌ای تفکیک به مراتب بالاتری از فناوری متدالو دارد، و جزئیات بسیار کوچک‌تری از یک طول موج نور را به دست می‌آورد.» کاربردهای فوری چنین «ابرعدسی‌هایی» عبارت خواهد بود از عکسبرداری از اشیای میکروسکوپی، مانند درون سلول‌های انسانی زنده، یا تشخیص بیماری‌ها در نوزاد درون زهدان، با شفافیتی غیر قابل تصور. شاید بتوانیم عکس‌هایی از اجزای مولکول DNA بدون استفاده از بلورنگاری پیچیده‌ی پرتوی ایکس به دست آوریم.

تاکنون این دانشمندان تنها برای نور سرخ ضریب شکست منفی را عرضه کرده‌اند. گام بعدی در استفاده از این فناوری عبارت خواهد بود از خم‌کردن نور سرخ به طور کامل در اطراف یک شیء که باعث نامری شدن آن می‌شود.

پیشرفت‌های آتی در این زمینه شاید در حوزه‌ی «بلورهای فوتونیکی» رخ دهد. هدف فناوری بلورهای فوتونیکی ایجاد تراشه‌ای است که به

جای الکتریسیته از نور برای پردازش اطلاعات استفاده کند. این کار شامل بهره‌گیری از نانوفناوری برای حک کردن اجزای ریز بر روی ویفر است، به گونه‌ای که ضریب شکست با هر جزء تغییر پیدا کند. ترانزیستورهایی که از نور استفاده می‌کنند نسبت به آنهایی که الکتریسیته را به کار می‌برند مزیت‌هایی متعددی دارند. مثلاً افت گرمایی بسیاری کمتری در بلورهای گرمایی رخ می‌دهد. (در تراشه‌های سیلیسیمی پیش‌رفته، گرمایی ایجاد شده برای پختن تخم مرغ کفايت می‌کند. بدین ترتیب آن‌ها باید پیوسته خنک شوند در غیر این صورت از کار می‌افتد، و خنک نگه‌داشتن آن‌ها بسیار هزینه‌بردار است.) شگفت‌آور نیست که علم بلورهای فوتونیکی کاملاً برای متمام‌واد مناسب است، زیرا هر دوی این فناوری‌ها شامل دست‌کاری ضریب شکست نور در نانومقیاس می‌شود.

### نامریی کردن با پلاسمون‌ها

برای عقب نماندن از قافله، گروهی دیگر در اوست ۲۰۰۷ اعلام کردند که متمام‌واده‌ای ساخته‌اند که با استفاده از فناوری کاملاً متفاوتی به نام «پلاسمونیک» نور مریبی را خم می‌کند. فیزیکدان‌ها هنری لزک، چنیفر دیون، و هری اتواتر در انتیتیوی فناوری کالیفرنیا {کلتک} اعلام کردند که متمام‌واده‌ای دارای ضریب منفی برای ناحیه‌ی دشوارتر آبی - سبز طیف مریبی نور ساخته‌اند.

هدف از پلاسمونیک «فسردن» نور است به طوری که بتوان اشیاء را در نانومقیاس، به ویژه در سطح فلزات دست‌کاری کرد. دلیل این‌که فلزات الکتریسیته را هدایت می‌کنند آن است که الکترون‌ها اتصالی شل با اتم‌های فلز دارند و لذا می‌توانند آزادانه در روی سطح فلز حرکت کنند. الکتریسیته‌ای که در سیم‌های منزل شما به جریان در می‌آید نمودی از حرکت هموار این الکترون‌های شل پیوند روی سطح فلز است. ولی در شرایط خاص و قتی باریکه‌ی نور با فلز برخورد کند، این الکترون‌ها می‌توانند هماهنگ با باریکه‌ی نور اصلی به ارتعاش درآیند، و حرکت‌هایی موج‌مانند از الکترون‌ها روی سطح فلز ایجاد کنند (موسوم به پلاسمون)،

که این حرکت‌های موج‌مانند در هماهنگی با باریکه‌ی نور اصلی می‌پند. مهمتر از آن می‌توان این پلاسمون‌ها را «فشرده» کرد تا فرکانسی یکسان با باریکه‌ی اصلی داشته باشند (و لذا اطلاعات یکسانی را حمل کنند) ولی با طول موج بسیار کم‌تر. در اصل سپس می‌توان این موج‌های فشرده را درون نانوسیم‌ها چپاند. مانند بلورهای فوتونیکی هدف نهایی پلاسمونیک ایجاد تراشه‌های کامپیوتری است که به جای الکترونیکی با نور محاسبه کنند.

گروه کلتک متاماده‌ی خود را از دو لایه نقره با عایق سیلیسیم - نیتروژن در بین آن‌ها (با ضخامت تنها ۵۰ nm) ساخته‌اند، که در نقش «موجبری» عمل می‌کند که می‌تواند مسیر موج‌های پلاسمونی را راهنمایی کند. نور لیزر از طریق دو شکاف کنده‌شده در متاماده وارد و خارج می‌شوند. با تحلیل زاویه‌هایی که نور لیزر با گذر از درون متاماده خمیده می‌شود، می‌توان تایید کرد که نور با ضریب منفی خم شده است.

### آینده‌ی متاماد

در آینده پیشرفت در مورد متاماده به این دلیل ساده شتاب خواهد گرفت که اکنون علاقه‌ی زیادی به ساخت ترانزیستورهایی وجود دارد که بتوانند به جای الکترونیکی با باریکه‌ی نور به کار کنند. پژوهش در مورد نامری شدن بدین ترتیب می‌تواند «قلمدوش» پژوهش جاری پیرامون بلورهای فوتونیکی و پلاسمونیک برای ساخت جایگزین‌های تراشه‌های سیلیسیمی شود. تاکنون صدها میلیون دلار برای ساخت جایگزین‌های فناوری سیلیسیمی سرمایه‌گذاری شده است و پژوهش در مورد متاماده از این فعالیت‌های پژوهشی سود خواهد برد.

با دستاوردهایی که هر از چند ماه در این حوزه پدید می‌آیند، شگفت‌آور نیست که برخی فیزیکدان‌ها فرض کنند که شاید در طی چند دهه نوعی سپر نامری ساز از آزمایشگاه بیرون بیاید. مثلاً دانشمندان اطمینان دارند که در چند سال آینده آنان قادر به ساخت متاماده خواهند بود که می‌توانند یک شیء را کاملاً نسبت به فرکانسی از نور مریبی، دست

کم در دو بعد، نامریی کند. انجام این کار نیازمند جایگذاری درون کاشت‌های نانوی ریز نه به شکل آرایه‌های منظم بلکه در الگوهای پیچیده است تا نور بتواند به نرمی در اطراف شیء خم شود.

سپس دانشمندان باید دست به ساخت متماموادی بزنند که بتواند نور را نه تنها در سطوح تخت دو بعدی بلکه در سه بعد خم کند. فوتولیتوگرافی برای ایجاد ویفرهای تخت سیلیسیمی بسیار مناسب بوده است، ولی ساخت متمامواد سه بعدی نیازمند روی هم گذاری ویفرها به شیوه‌ای پیچیده است.

پس از آن دانشمندان باید مشکل ساخت متماموادی را از سر راه بردارند که نه فقط یک فرکانس بلکه چند تا از آن‌ها را خم کند. بی‌گمان این دشوارترین بخش کار است، چرا که درون کاشت‌های ریزی که تاکنون ابداع شده‌اند تنها نوری با یک فرکانس دقیق را خم می‌کنند. چه بسا که دانشمندان مجبور شوند متماموادی را به صورت لایه‌ای بسازند تا هر لایه فرکانسی ویژه را خم کند. راه حل این مشکل آشکار نیست.

با وجود این، زمانی که سرانجام سپر نامریی‌ساز ساخته شود شاید با وسیله‌ای زمخت روبه‌رو شویم. شنل هری پاتر از پارچه‌ای نرم و نازک ساخته شده است و هر کسی که آن را به سر بکشد نامریی می‌شود. ولی برای امکان‌پذیرشدن چنین چیزی ضریب شکست درون پارچه باید با پیچ و تاب خوردن آن به شیوه‌ای پیچیده تغییر کند، که ناشدنی است. به احتمال بسیار «شنل» نامریی‌ساز واقعی باید، دست کم در آغاز، از جنس استوانه‌ای جامد از متمامواد باشد. بدین طریق می‌توان ضریب شکست را درون استوانه ثابت نگه داشت. (گونه‌های پیشرفته‌تر می‌توانند سرانجام شامل متماموادی انعطاف‌پذیر باشند که قادر به پیچ و تاب خوردن‌اند و کماکان می‌توانند نور را درون متمامواد در مسیر درست به جریان درآورند. بدین طریق کسی که در زیر شنل است می‌تواند تا حدی آزادی حرکت داشته باشد).

برخی افراد نقصی را در سپر نامریی‌ساز خاطر نشان ساخته‌اند: کسی که

در زیر آن است بدون مریی شدن قادر به دیدن بیرون نیست. فرض کنید همه جای هری پاتر به غیر از چشم‌هایش نامریی باشد، که به صورت شناور در وسط هوا به چشم می‌آیند. هر روزنه‌ی چشم در شلن نامریی ساز از بیرون کاملاً دیده می‌شود. اگر هری پاتر کاملاً نامریی بماند آن‌گاه از زیر شلن نامریی ساز خود اصلاً نمی‌تواند چیزی بینند. (یک راه حل ممکن شاید گذاشتن دو صفحه‌ای شیشه‌ای ریز در نزدیکی مکان روزنه‌ی چشم‌ها باشد. این صفحه‌های شیشه‌ای در نقش «باریکه‌شکاف» عمل خواهند کرد و با شکافتن بخش کوچکی از نور فروید به صفحه، نور را به چشم‌ها می‌فرستند. بنابراین بیش تر نوری که به شلن می‌خورد در اطراف آن جریان می‌یابد، فرد را نامریی می‌کند ولی بخش کوچکی از نور به سمت چشم‌ها منحرف می‌شود).

با وجود همه‌ی این دشواری‌ها دانشمندان و مهندسین نسبت به ساخت نوعی سپر نامریی ساز در دهه‌های آینده خوشبین‌اند.

### نامریی سازی و نانوفناوری

پیش از این گوشزد کردم که چه بسا کلید نامریی سازی در نانوفناوری، یعنی توانایی دست‌کاری ساختارهایی در ابعاد اتمی به طول یک میلیاردیم متر، نهفته باشد.

تولد نانوفناوری به سخنرانی مشهور ۱۹۵۹ برنده‌ی نوبل ریچارد فاینمن در انجمن فیزیک آمریکا با عنوان *مضحک «در آن پایین اتاق‌های زیادی هست» باز می‌گردد. وی در آن سخنرانی به حدس و گمان درباره‌ی این که کوچکترین ماشین‌ها در سازگاری با قوانین شناخته‌شده‌ی فیزیک چه شکلی خواهند بود پرداخت. او فهمید که می‌شود ماشین‌ها را کوچک و کوچک‌تر کرد تا به ابعاد اتمی رسید، و سپس می‌شود از اتم‌ها برای ساخت ماشین‌های دیگر استفاده کرد. وی فرض کرد که ماشین‌های اتمی، مانند قرقره‌ها، اهرم‌ها، و چرخ‌ها، همگی کاملاً در چارچوب قوانین فیزیک‌اند، هر چند که ساخت آن‌ها فوق العاده دشوار خواهد بود.*

نانوفناوری برای سال‌ها به فراموشی سپرده شد، زیرا دست‌کاری تک

اتم‌ها در فراسوی فناوری روز بود. اما در ۱۹۸۱ فیزیکدان‌ها با اختراع میکروسکوپ تونل زنی پویشی به دستاوری رسیدند که جایزهٔ نوبل فیزیک را برای دانشمندان گرد بینیک و هایزپیش رور که در آزمایشگاه زوریخ IBM کار می‌کردند به ارمغان آورد.

فیزیکدان‌ها ناگهان توانستند «تصاویری» خیره‌کننده از اتم‌های منفرد مانند آن‌چه در کتاب‌های شیمی ترسیم شده به دست آورند، چیزی که متقدان نظریه‌ی اتمی زمانی ناممکن می‌دانستند. تهیهٔ عکس‌هایی بی‌نظیر از اتم‌های صفحه‌کشیده در بلور یا فلز اکنون ممکن شده بودند. دیگر می‌شد با چشم غیر مسلح فرمول‌های شیمیایی مورد استفاده توسط دانشمندان، با آرایشی پیچیده از اتم‌های در هم تنیده در یک مولکول را مشاهده کرد. گذشته از آن میکروسکوپ تونل زنی پویشی امکان دست‌کاری اتم‌های منفرد را فراهم ساخت. عمل حروف IBM با استفاده از اتم‌های منفرد نوشته شد و ولوله‌ای را در دنیای علم بر پا ساخت. دیگر دانشمندان در هنگام دست‌کاری اتم‌های منفرد چشم بسته نبودند، در عوض می‌توانستند آن‌ها را ببینند و با ایشان بازی کنند.

میکروسکوپ تونل زنی پویشی به طرزی گمراه‌کننده ساده است. مانند سوزن گرامافون که دیسک را می‌پوید، کاونده‌ای نوک‌تیز به آهستگی بر روی مادهٔ مورد بررسی عبور می‌کند. (نوک آن‌چنان تیز است که تنها از یک اتم ساخته شده است). بار الکترونیکی اندکی به کاونده اعمال می‌شود، و جریانی از کاونده از طریق ماده به سطح زیرین راه می‌یابد. وقتی کاونده از روی یک اتم می‌گذرد مقدار جریان مذکور از درون کاونده تغییر می‌یابد و این تغییرات ثبت می‌شوند. با عبور کاونده از روی اتم، این جریان کم و زیاد می‌شود و در نتیجه مسیر خود را با جزئیات دقیق ثبت می‌کند. پس از گذرهای بسیار با ترسیم افت و خیزهای جریان، می‌توان تصاویری زیبا از اتم‌های منفرد سازنده‌ی یک شبکه به دست آورد.

(میکروسکوپ تونل زنی پویشی با استفاده از قوانین عجیب مکانیک کوانتومی امکان‌پذیر شده است. معمولاً الکترون‌ها فاقد انرژی کافی برای گذر از کاونده به ماده و نهایتاً سطح زیرین‌اند. ولی به دلیل اصل عدم

قطعیت احتمال اندکی برای «تونل زدن» یا نفوذ به درون سد توسط الکترون‌های جریان وجود دارد، هرچند که این کار از سوی نظریه‌ی نیوتونی ممنوع شمرده می‌شود. بدین ترتیب جریان به راه افتاده از طریق کاونده، نسبت به اثرات کوانتمومی در ماده حساس است. بعده به تفصیل به اثرات نظریه‌ی کوانتموم خواهم پرداخت.

کاونده هم‌چنین برای جابه‌جاکردن اتم‌های منفرد و ساختن «ماشین‌های» ساده از اتم‌های منفرد به حد کافی حساس است. این فناوری اکنون آن‌چنان پیشرفته است که خوش‌های از اتم‌ها را می‌توان روی صفحه سویر کامپیوتر نشان داد و سپس تنها با حرکت دادن مکان‌نماهای کامپیوتر می‌توان اتم‌ها را به محل دلخواه منتقل کرد. مانند بازی با تکه‌های لگو می‌شود با تعدادی از اتم‌های منفرد، می‌شود اسباب‌بازی‌های اتمی نیز درست کرد، استفاده از اتم‌های منفرد، می‌شود اسباب‌بازی‌های اتمی نیز درست کرد، مثلاً چرتکه‌ی ساخته‌شده از اتم‌های منفرد. آرایه‌ای از اتم‌ها روی سطحی با شکاف‌های عمودی قرار می‌گیرند، درون این شکاف‌های عمودی می‌توان باکی‌بال‌های کربنی (شبیه به توپ فوتbal ولی از جنس اتم‌های منفرد کربن) جا داد. سپس می‌توان این توپ‌های کربنی را در هر شکاف بالا و پایین برد، و لذا چرتکه‌ای اتمی ساخت.

هم‌چنین در آوردن وسایل اتمی با استفاده از باریکه‌های اتمی امکان‌پذیر است. مثلاً دانشمندان در دانشگاه کورنل کوچک‌ترین گیتار دنیا، بیست برابر نارک‌تر از مولی آدمیزاد، را از بلور سیلیسیم بیرون کشیده‌اند. این گیتار دارای شش زه، هریک به ضخامت یک‌صد اتم است و می‌توان با میکروسکوپ نیروی اتمی به این زه‌ها زخمه زد. (این گیتار واقعاً موسیقی می‌نوازد ولی فرکانس‌های تولیدی کاملاً در بالای گستره‌ی شنوایی انسان قرار می‌گیرند).

فعلاً بیش تر این «ماشین‌های» نانوفن چیزی بیش از اسباب‌بازی نیستند. ماشین‌های پیچیده‌تر شامل چرخ‌دنده و بلبرینگ‌ها هنوز در راهند. اما پسیاری از دانشمندان مطمئن‌اند که زمان ساخت ماشین‌های اتمی واقعی فرا می‌رسد. (ماشین‌های اتمی عملاً در طبیعت وجود دارند. یاخته‌ها چون

قادر به جنباندن مژکهایی ریزند، می‌توانند آزادانه در آب شنا کنند. ولی وقتی مفصل مژک و یاخته را بررسی کنیم می‌بینیم که واقعاً با ماشینی اتمی مواجه‌ایم که حرکت مژک را در تمامی جهت‌ها ممکن می‌سازد. پس یک راه حل توسعه‌دادن نانوفناوری، رونوشت‌برداری از طبیعت است که طی میلیاردها سال در هنر ماشین‌های اتمی به مرتبه‌ی استادی دست یافته است).

### هولوگرام‌ها و نامرئی شدن

راه دیگری برای تا حدی نامرئی کردن یک شخص عکس گرفتن از نمای پشت سر او و سپس انداختن تصویر زمینه مستقیماً بر روی لباس شخص یا بر روی صفحه تصویری در جلوی وی است. از دید رویه‌رو چنین به نظر می‌رسد که گویی فرد شفاف شده است و نور به طریقی از درون بدن شخص می‌گذرد.

نانوکی کاواکامی از آزمایشگاه تاچی در دانشگاه توکیو خیلی بر روی این فرایند که موسوم به «استتاور نوری» است کار کرده است. وی می‌گوید «این شیوه به خلبانان برای دیدن پر از زیرپایشان از درون کابین، یا به رانندگان برای دیدن از درون گلگیرها برای پارک کردن خودرو کمک می‌کند». «شنل» کاواکامی پوشیده از مهره‌های ریز بازتابنده‌ی نور است که شبیه به یک صفحه تصویر عمل می‌کنند. یک دوربین ویدیویی از آن‌چه که در پشت شنل است تصویربرداری می‌کند. سپس این تصویر به ویدیوپروژکتوری ارسال می‌شود که جلوی شنل را روشن می‌کند، بدین ترتیب گویی نور از درون فرد گذشته است.

پیش‌نمونه‌های شنل استتاور نوری عملاً در آزمایشگاه ساخته شده‌اند. اگر شما به کسی که این شنل صفحه‌مانند را پوشیده بنگرید چنین می‌نماید که انگار شخص ناپدید شده است زیرا آن‌چه که شما می‌بینید تصویر پشت سر اوست. اما اگر اندکی چشمانتان را جایه‌جا کنید تصویر روی شنل تغییر نمی‌کند و شما متوجه تردستی می‌شوید. استتاور نوری واقعی تر

نیازمند ساخت تصویری سه بعدی است. و به همین دلیل به هولوگرام نیاز دارد.

هولوگرام تصویر سه بعدی ساخته شده با لیزر است (مانند تصویر سه بعدی شازده خانم لیا در جنگ ستارگان). اگر صحنه‌ی پشت سر یک فرد با دوربین ویژه‌ی هولوگرافی تصویربرداری شود و سپس تصویر هولوگرافی با استفاده از یک صفحه تصویر ویژه‌ی هولوگرافی بر روی آن شخص انداخته شود، وی را می‌توان نامری ساخت. مشاهده‌گر ایستاده در جلوی آن فرد صفحه تصویر هولوگرافی را که شامل تصویر سه بعدی صحنه‌ی زمینه است، بدون فرد مذکور، می‌بیند. بدین ترتیب گویی فرد ناپدید می‌شود. در اینجا مکان فرد، تصویر سه بعدی دقیقی از صحنه‌ی زمینه است. حتا اگر شما چشمانتان را بچرخانید نمی‌توانید بگویید که آنچه که دیده‌اید نیرنگ بوده است.

به دلیل «همدوسی» نور لیزر است که این تصاویر سه بعدی امکان‌پذیر می‌شوند. همدوسی یعنی این که تمام موج‌ها با هماهنگی عالی ارتعاش می‌کنند. ساختن هولوگرام‌ها با باریکه‌ی لیزر همدوسی که دو بخش می‌شود صورت می‌گیرد. نیمی از باریکه فیلم عکاسی را روشن می‌کند و نیم دیگر بر روی شیء می‌تابد، بازتاب پیدا می‌کند و سپس بر روی همان فیلم عکاسی می‌افتد. وقتی این دو باریکه بر روی فیلم تداخل کنند، الگویی تداخلی شکل می‌گیرد که تمام اطلاعات موج سه بعدی اصلی را در خود جا می‌دهد. فیلم پس از ظاهرشدن به جز الگوی تار عنکبوتی طریفی از طوفه‌ها و خطوط، چیزی زیادی را نشان نمی‌دهد. ولی هنگامی که باریکه‌ی لیزر بر روی آن تابانده شود، ناگهان رونوشت سه بعدی دقیقی از شیء اصلی پدیدار می‌شود.

البته دشواری‌های فنی پیش روی نامری سازی هولوگرافیکی بسیار است. یک چالش، ساخت دوربین هولوگرافی با قابلیت گرفتن دست کم ۳۰ فریم در ثانیه است. مشکل دیگر ذخیره‌سازی و پردازش آن اطلاعات است. سرانجام لازم است که این تصویر بر روی صفحه‌ای به نمایش درآید که به تصویر جنبه‌ی واقعی بینشد.

### نامری شدن از طریق بعد چهارم

باید بگوییم که در داستان مرد نامری اج. جی. ولز شیوه‌ای پیچیده‌تر برای نامری شدن بیان شده است که شامل استفاده از قدرت بعد چهارم است. (بعدا در این کتاب به تفصیل بیش تر درباره امکان وجود بعدهای بالاتر بحث خواهم کرد). آیا ما می‌توانیم این گیتی سه بعدی خودمان را ترک کنیم و از مکانی عالی‌تر در بعد چهارم بر روی آن شناور بمانیم؟ مانند پروانه‌ای سه بعدی که بر روی صفحه کاغذی دو بعدی بال می‌زند، ما هم از دید هر کس که در گیتی زیرپایی ما به سر می‌برد ناپدید خواهیم شد. یک مشکل این ایده در آن است که وجود بعدهای بالاتر هنوز به اثبات نرسیده است. گذشته از آن سفری فرضی به بعدی بالاتر نیازمند انرژی‌هایی فراسوی آن چیزی است که با فناوری فعلی ما می‌توان بدان دست یافت. به عنوان راهی ممکن برای دستیابی به نامری شدن، این شیوه ورای دانش و توانایی امروزی ما قرار دارد.

با در نظر گرفتن تلاش‌های بی‌شمار تاکنون صورت گرفته، نامری شدن آشکارا شایسته‌ی امکان ناپذیری رده‌ی ۱ است. چه بسا که در چند دهه‌ی آینده، یا دست کم در همین سده، نوعی نامری شدن به صورت متداول در اختیار قرار گیرد.

## ۳

## فصل

## فیزرها و ستارگان مرگ

رادیو هیچ آینده‌ای ندارد، ماشین‌های پرنده‌ی سرگین‌تر از هوا ناممکن‌اند، اثبات خواهد شد که پرتوی ایکس نیرنگسی بیش نیست.

— لرد کلوبن فیزیکدان، ۱۸۹۹

بمب اتمی اصلاً منفجر نخواهد شد. من این را به عنوان یک مخصوص مواد منفجره می‌گویم.

— آدمiral ویلیام لی

! آتش ۴-۳-۲-۱، آتش!

ستاره‌ی مرگ سلاحی غول‌آساست، به اندازه‌ی یک ماه کامل. شلیک سوزانده‌ی ستاره‌ی مرگ به سیاره‌ی بی دفاع (الدران)، سرزمین شازده خانم لیا، باعث تراکندن مهیب آن سیاره و پراکندن تکه پاره‌هایی به اطراف منظومه‌ی خورشیدی شد. فریاد زجرآلود میلیارد‌ها انسان، اختلالی را در «نیروی» احساس شده در سرتاسر کهکشان سبب شد.

اما آیا به راستی اسلحه‌ی ستاره‌ی مرگ بیان شده در داستان جنگ ستارگان امکان‌پذیر است؟ آیا چنین سلاحی متشکل از آتشبارهای توپخانه‌ی لیزری می‌تواند سیاره‌ای کامل را بخار کند؟ دریاره‌ی شمشیرهای نوری در دستان لوک اسکای واکر و دارت ویدر که با نور

می‌توانند فولاد را ببرند چه بگوییم؟ آیا تفنگ‌های پرتویی، مانند فیزرها در پیش‌تازان فضا، سلاح‌هایی ممکن برای نسل‌های آینده‌ی نیروهای انتظامی و پلیس خواهند بود؟

در جنگ ستارگان میلیون‌ها سینما رو مجذوب این جلوه‌های ویژه‌ی چشمگیر شدند، ولی برخی متقدان تحت تاثیر قرار نگرفتند و با گفتن این که این‌ها همگی سرگرم‌کننده بود ولی یقیناً امکان ندارد، شدیداً به آن تاختند. توپخانه‌ای سیاره‌سوز به اندازه‌ی ماه و نیز شمشیرهای ساخته‌شده از باریکه‌های نور جامد، حتا برای کهکشانی بسیار بسیار دور دست هم، موضوعاتی عجیب و غریب‌اند. جرج لوکاس، استاد جلوه‌های ویژه، حتماً این دفعه حسابی از کوره در رفته بود.

گرچه باور آن دشوار می‌نماید ولی واقعیت در آن است که برای مقدار انرژی‌ای که می‌توان در یک باریکه‌ی نور چیزی هیچ محدودیت فیزیکی وجود ندارد. هیچ قانون فیزیک بر سر راه ساخت ستاره‌ی مرگ یا شمشیرهای نوری قرار نمی‌گیرد. راستش در طبیعت باریکه‌های سیاره‌سوز تابش گاما وجود دارند. زبانه‌های عظیم تابش آمده از فوران‌گر پرتوی گاما در فضای دور دست، انفجاری تنها کوچک‌تر از خود ییگ‌بنگ را برپا می‌سازد. هر سیاره‌ی بینوایی که در تیررس فوران‌های یک فوران‌گر پرتوی گاما قرار گیرد واقعاً جزغاله‌ی خرد و خاکشیر خواهد شد.

### تسليحات باریکه‌ای در طول تاریخ

رویای بهره‌گیری از باریکه‌های انرژی نه ایده‌ای تازه که ریشه در اسطوره و قصه‌های باستانی دارد. زئوس خدای یونانی برای فرستادن آذرخش بر سر آدمیزاد مشهور بود. خدای نزروزی، تور، پتکی جادویی به نام میوں نیز داشت که می‌توانست آذرخش پرتاب کند، و ایندر، خدای هندو برای شلیک باریکه‌های انرژی از نیزه‌ای جادویی شهره بود. مفهوم استفاده از پرتوها به عنوان اسلحه‌ای عملی، احتمالاً به کار ریاضیدان بزرگ یونانی ارشمیدس باز می‌گردد. وی که شاید بزرگترین دانشمند تمام عصر باستان است دو هزار سال پیش، قبل از نیوتون و

لایپنیتز، نوعی حسابان ابتدایی را کشف کرد. در نبردی افسانه‌ای علیه قوای ژنرال رومی مارسلوس در طی جنگ دوم پونی در ۲۱۴ پم، ارشمیدس به دفاع از پادشاهی سیراکوز شتافت و باور بر این است که آتشبارهای بزرگی از بازتابندهای خورشیدی ساخت که آفتاب را روی بادبان نواهای دشمن متمرکز می‌ساخت و آنها را به آتش می‌کشید. (حتا امروزه هم در بین دانشمندان بر سر این که آیا این یک اسلحه‌ی پرتوبی عملی بوده است یا خیر، بحث و جدل هست؛ گروههای گوناگونی از دانشمندان سعی بر بازسازی این شاهکار کرده‌اند که نتایجی متفاوت را به دست آورده‌اند).

پای تفنگ‌های پرتوبی از ۱۸۸۹ به وسیله‌ی اچ. جی. ولز در داستان کلاسیک نبرد دنیاها، که در آن فضایان آمده از بهرام با انرژی گرمایی شلیک‌شده از سلاح‌هایی که بر روی سه پایه قرار داشتند شهرها را کاملاً نابود می‌کردند، به صحنه‌ی علمی تخیلی باز شد. در طی جنگ جهانی دوم نازی‌ها که همواره مشتاق بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای فنی برای تسخیر جهان بودند با انواع و اقسام تفنگ‌های پرتوبی، از جمله وسیله‌ای صوتی، بر اساس آینه‌های شلجمی که قادر به متمرکردن بازیکه‌های پوشیدت صدا بود، دست به آزمایش زدند.

با نمایش فیلم جیمز باند انگشت طلا، که نخستین فیلم هالیوود برای نمایش لیزر بود، سلاح‌های ساخته شده از بازیکه‌های متمرکز نور به عرصه‌ی خیال‌پردازی مردم وارد شدند. (در این فیلم، جاسوس افسانه‌ای بریتانیایی بر روی میزی فلزی بسته شد بود و هم‌زمان بازیکه‌ی لیزر توانمندی به آرامی پیش می‌آمد و میز بین پاهای او را ذوب می‌کرد و بیم آن می‌رفت که او را دو شقه کند).

دانشمندان در آغاز ایده‌ی تفنگ‌های پرتوبی مطرح شده در رمان ولز را به ریختند گرفتند، چون آنها قوانین اپتیک را نقض می‌کردند. بنابر معادلات مکسول، نور که ما در پیرامونمان می‌بینیم به سرعت ناپدید می‌شود و ناهمدوس است (یعنی معجونی از موج‌هایی با فرکانس‌ها و فازهای متفاوت). زمانی تصور می‌شد که ساختن بازیکه‌های همدوس،

متمرکز و یکنواخت نور، آن گونه ما در باریکه‌های لیزر می‌بینیم، امکان‌ناپذیر است.

### انقلاب کوانتومی

با آمدن نظریه‌ی کوانتوم تمام این‌ها تغییر کرد. در آغاز سده بیستم آشکار شده بود که گرچه قوانین نیوتون و معادلات مکسول در توصیف حرکت سیاره‌ها و رفتار نور به گونه‌ای خیره‌کننده موفق بودند، ولی نمی‌توانستند سر تا پای پدیده‌ها را توضیح دهند. آن‌ها در توضیح این‌که چرا مواد رسانای الکتریسته‌اند، چرا فلزات در دماهایی معین ذوب می‌شوند، چرا گازها با داغ‌شدن نور می‌تابانند، چرا موادی مشخص در دماهای پایین ابررسانا می‌شوند، ناتوان بودند – تمام این موارد نیازمند درک دینامیک درونی اتم‌هاست. دیگر وقت انقلاب فرارسیده بود. دویست و پنجاه سال فیزیک نیوتونی رو به سرنگونی بود و از دشواری زایش فیزیکی تازه خبر می‌داد.

در ۱۹۰۰ ماکس پلانک در آلمان پیشنهاد کرد که انرژی بر خلاف تصور نیوتون پیوسته نیست بلکه در بسته‌هایی کوچک و گسترش به نام «کوانتوم» قرار دارد. سپس در ۱۹۰۵ اینشتین فرض کرد که نور هم از این بسته‌های گسترشی ریز (یا کوانتوم) ساخته شده است که بعداً آن‌ها را «فوتون» نامید. اینشتین با این ایده‌ی قدرتمند ولی ساده توانست اثر فوتولکترویک را توضیح دهد، این‌که چرا وقتی نور به فلزات تابانده می‌شود آن‌ها از خود الکترون گسیل می‌کنند. امروزه اثر فوتولکترویک و فوتون اساس تلویزیون، لیزرهای خورشیدی، و بسیاری از ابزارهای الکترونیکی جدید را می‌سازند. (نظریه‌ی فوتون اینشتین آنچنان انقلابی بود که حتاً ماکس پلانک که معمولاً پشتیبان عمدی اینشتین بود نتوانست نخست آن را باور کند. پلانک در مورد اینشتین گفت «این که او گاهی نتوانسته به هدف بزند ... مثلاً در مورد فرضیه‌ی کوانتوم‌های نور، نباید منجر به کنارگذاشتن وی شود.»)

سپس در ۱۹۱۳ فیزیکدان دانمارکی نیلس بور تصویری کاملاً تازه از

اتم را در اختیار ما گذارد که مانند یک منظومه‌ی خورشیدی مینیاتوری بود. اما بر خلاف منظومه‌ی خورشیدی در فضا، الکترون‌ها تنها می‌توانستند در مدارها یا لایه‌هایی گستته در اطراف هسته حرکت کنند. وقتی الکترون از یک لایه به لایه‌ای کوچکتر با انرژی کم‌تر «می‌پرید»، یک فوتون انرژی گسیل می‌کرد؛ و با جذب فوتونی دارای انرژی گستته، به لایه‌ای بالاتر با انرژی بیش‌تر «می‌پرید».

با آمدن مکانیک کوانتمی و کارهای انقلابی اروین شرودینگر و ورنر هایزنبرگ و بسیاری دیگر، نظریه‌ی تقریباً کاملی از اتم در ۱۹۲۵ سر برآورد. بنا به نظریه‌ی کوانتم، الکترون یک ذره بود ولی موجی به آن وابسته بود که هر دو خاصیت ذره و موج مانند را به آن می‌بخشد. این موج از معادله‌ای به نام معادله‌ی موج شرودینگر پیروی می‌کرد که با آن می‌شد خواص اتم‌ها از جمله تمام «پرس‌های» مورد فرض بور را محاسبه کرد.

بیش از ۱۹۲۵ کماکان اتم‌ها را به صورت اشیایی اسرارآمیز در نظر می‌گرفتند و افراد زیادی مانند ارنست ماخ فیلسف، بر این باور بودند که شاید اصلاً وجود نداشته باشند. پس از ۱۹۲۵ دیگر می‌شد به دقت به درون دینامیک اتم‌ها نگریست و عملای خواص آن‌ها را پیش‌بینی کرد. شگفتانه اگر شما کامپیوتری به حد کافی بزرگ در اختیار داشته باشید می‌توانید خواص عناصر شیمیایی را از روی قوانین نظریه‌ی کوانتم به دست آورید. به همان گونه که اگر فیزیکدان‌های نیوتونی ماشین حسابی به حد کافی بزرگ در دست داشتند می‌توانستند حرکت تمام اجسام آسمانی در گیتی را مورد محاسبه قرار دهند، فیزیکدان‌های کوانتمی هم می‌توانند در اصل به محاسبه‌ی تمام خواص عناصر شیمیایی در گیتی پیردازند. اگر کسی کامپیوتری به حد کافی بزرگ در دست داشته باشد او نیز می‌تواند تابع موج تمام انسان را بنویسد.

### فیزیک و لیزرها

در ۱۹۳۵ پروفسور چالرز تاونز از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی و همکارانش

نخستین تابش همدوس به شکل میکروموج را درست کردند. به آن میزد گفته شد (برگرفته از تقویت میکروموج با گسیل القایی تابش). وی و فیزیکدان‌های روس نیکلای باسوف و الکساندر پروخورووف، سرانجام در ۱۹۶۴ جایزه‌ی نوبل را برداشتند. طولی نکشید که نتایج آنان به نور مریب هم گسترش داده شد و به پیدایش لیزر انجامید. (البته فیزر چیزی بیش از یک وسیله‌ی تخیلی که در پیش‌تازان فضا مطرح شد نیست).

در لیزر ابتدا با محیطی ویژه مانند گاز، بلور، یا دیود، که باریکه‌ی لیزر را گذرنمی‌دهد شروع به کار می‌کنیم. سپس از پیرون انرژی را به شکل الکتریستیه، رادیویی، نور، یا واکنش شیمیایی به درون این محیط می‌دمیم. ورود ناگهانی این انرژی اتم‌های محیط را برانگیخته می‌کند و در نتیجه الکترون‌ها با جذب این انرژی، سپس به لایه‌های الکترونی بالاتر می‌پرند. محیط در این حالت برانگیخته و پرانرژی ناپایدار است. حال اگر کسی باریکه‌ای نور به درون محیط بفرستد، فوتون‌ها به هر اتم می‌خورند و سبب می‌شوند که ناگهان به ترازی پایین‌تر فرو بیفتند و فوتون‌های بیشتری را در این فرایند آزاد کنند. این به نوبه‌ی خود به رهاسدن فوتون‌های بیشتری از سوی الکترون‌ها منجر می‌شود که سرانجام به آبشاری از اتم‌های فروریزندۀ همراه با تریلیون‌ها تریلیون فوتون که ناگهانی به درون باریکه رها می‌شوند خواهد انجامید. نکته در این است که برای برخی مواد معین وقتی که این بهمن فوتون‌ها فرمومی‌ریزد تمام فوتون‌ها هماهنگ با هم شروع به ارتعاش می‌کنند، یعنی که همدوس هستند.

(ردیفی از دومینوها را در نظر بگیرید. دومینوها در پاییترین حالت انرژی خود روی میز ولو شده‌اند. دومینوها در حالتی برانگیخته و پرانرژی، به طور عمودی قرار گرفته‌اند، شبیه به اتم‌های برانگیخته در محیط. اگر یک دومینو را هل دهید می‌توانید موجب فروریزی ناگهانی تمام این انرژی در یک لحظه شوید، درست مانند باریکه‌ی لیزر.)

تنها مواد خاصی «لیز» می‌کنند، یعنی تنها در مواد خاصی است که وقتی فوتونی به اتمی برانگیخته می‌خورد فوتونی گسیل خواهد شد که با فوتون

اولیه همدوس است. در نتیجه‌ی این همدوسی، همه‌ی فوتون‌های موجود در این سیل فوتون‌ها هماهنگ با هم ارتعاش می‌کنند و باریکه‌ی لیزری به پهنانی مداد می‌سازند. (بر خلاف گفته‌ی رایج، پهنانی باریکه‌ی لیزر تا ابد به همان باریکی مداد باقی نمی‌ماند. مثلاً باریکه‌ی لیزر شلیک شده به ماه اندک اندک گسترش می‌یابد تا این‌که سرانجام به قطر چند کیلومتر می‌رسد).

یک لیزر گازی ساده شامل لوله‌ای پر از گاز هلیم و نئون است. وقتی الکتریسیته به درون این لوله فرستاده می‌شود، اتم‌ها انرژی می‌گیرند. سپس اگر به ناگاه انرژی کاملاً آزاد شود باریکه‌ای از نور همدوس شکل می‌گیرد. این باریکه با استفاده از دو آینه که در دو سر لوله قرار دارند تا باریکه در بین آن‌ها پس و پیش رود، تقویت می‌شوند. یک آینه کاملاً کدر است، ولی دیگری خروج مقدار اندکی از نور را در هر گذر امکان‌پذیر می‌کند و منجر به باریکه‌ای می‌شود که از یک سر بیرون می‌زند.

امروزه لیزرها تقریباً در همه جا پیدا می‌شوند، از پیشخوان فروشگاه‌ها گرفته تا کابل‌های فیبرنوری حامل اینترنت، تا چاپگرهای لیزری و CD خوان‌ها، تا کامپیوترهای مدرن. آن‌ها در جراحی چشم، برداشتن خالکوبی‌ها، و حتا آرایشگاه‌ها هم به کار گرفته می‌شوند. در ۲۰۰۴ بیش از ۴/۵ میلیارد دلار لیزر در سرتاسر جهان به فروش رفته است.

### الواع لیزرها و همچوشی

با پیداشدن مواد جدیدی که می‌توانند لیز کنند و به دست آوردن شیوه‌هایی جدید برای دمیدن انرژی به درون محیط، کمایش هر روزه لیزری تازه کشف می‌شود.

پرسش آن است که آیا یکی از این فناوری‌ها برای ساخت تنگ پهنتویی یا شمشیر نوری به کار می‌آید؟ آیا می‌شود لیزری به حد کافی توانمند برای انرژی دادن به ستاره‌ی مرگ ساخت؟ امروزه بر حسب نوع ماده‌ای که لیز می‌کند و انرژی تزریق شده درون محیط (مثلاً الکتریسیته،

باریکه‌های پرشدت نور، حتاً انفجارهای شیمیایی) انواع و اقسام سردرگم‌کننده‌ای از لیزرها وجود دارند. از جمله:

- لیزرهای گازی. لیزرهای هلیم - نتون که خیلی متداول‌اند و باریکه‌های قرمزی می‌سازند، از جمله‌ی این لیزرهایند. این‌ها با موج‌های رادیویی یا الکتریسیته انرژی دار می‌شوند. لیزرهای هلیم - نتون کاملاً ضعیف‌اند. ولی لیزرهای گازی کربن دیوکسید را که قادر به ایجاد باریکه‌های کاملاً نامرتب بسیار پرتوان‌اند، می‌توان برای برشکاری و جوشکاری در صنایع سنگین به کار گرفت.
- لیزرهای شیمیایی. این لیزرهای توانمند با واکنشی شیمیایی، مانند جت سوزانی از اتیلن و نیتروژن تری فلوئورید  $\text{NF}_3$  انرژی دار می‌شوند. چنین لیزرهایی برای کاربردهای نظامی به حد کافی توان دارند. لیزرهای شیمیایی در لیزرهای نظامی هوابرد و زمینی آمریکا به کار گرفته می‌شوند و با قابلیت تولید چندین میلیون وات توان برای سرنگون کردن موشک‌های کوتاه‌برد در هوا طراحی شده‌اند.
- لیزرهای اکسیمیر. این لیزرها نیز با واکنش‌های شیمیایی که اغلب شامل گازی خستنا (مثلاً آرگون، کربپتون، یا زنون) و فلوئور یا کلر است، انرژی دار می‌شوند. این‌ها نور فرابنفش می‌سازند و می‌توانند در حکاری ترانزیستورهای ریز درون تراشه‌ها در صنعت الکترونیک، یا برای جراحی طریف لیزیک چشم به کار گرفته شوند.
- لیزرهایی حالت جامد. نخستین لیزر عملیاتی ساخته شده متشکل از بلور یاقوت کروم - ستفایر بود. انواع زیادی از بلورها همراه با اینتریم، هولمیم، تو لمیم، و دیگر مواد شیمیایی، باریکه‌ای لیزر را فراهم می‌کنند. این‌ها قادر به ایجاد تپ‌های فوق کوتاه پر انرژی نور لیزرند.
- لیزرهای نیمرسانا. دیودها که به طور معمول در صنعت الکترونیک به کار گرفته می‌شوند می‌توانند باریکه‌های پرشدتی تولید کنند که در برشکاری و جوشکاری صنعتی کاربرد دارند. این‌ها اغلب در پیشخوان فروشگاه‌ها برای خواندن بارکدهای روی کالاهای خریداری شده به کار گرفته می‌شوند.
- لیزرهای رنگینهای. این لیزرها از رنگینه‌های آلی به عنوان محیط خود سود می‌جوینند. این‌ها به ویژه برای ایجاد تپ‌های فوق کوتاه نور که غالباً تنها چند تریلیونینم ثانیه عمر دارد به کار برد می‌شوند.

### لیزرها و تقنیک‌های پرتویی؟

با داشتن انواع گوناگون لیزرهای تجاری و توان لیزرهای نظامی چرا هنوز به تفنگ‌های پرتویی قابل استفاده در نبرد و میدان رزم دست نیافته‌ایم؟ انگار در فیلم‌های علمی تخیلی تفنگ‌های پرتویی مختلف به سلاح استاندارد تبدیل شده‌اند. پس چرا به ساخت آن‌ها دست نمی‌زنیم؟

پاسخ سرراست عبارت است از نبود منبع توان پرتاپل و قابل حمل. ما به منبع توان مینیاتوری به اندازه‌ی کف دست با قابلیت تامین توان نیروگاهی عظیم نیاز داریم. فعلاً تنها راه بهره‌گیری از توان یک نیروگاه تجاری بزرگ، ساختن خود آن است. در حال حاضر کوچک‌ترین وسیله نظامی پرتاپل که می‌تواند شامل مقدار زیادی انرژی باشد، یک بمب هیدروژنی مینیاتوری است که شاید علاوه بر هدف، خودتان را هم به آن دنیا بفرستد.

دشواری دیگر عبارت است از پایداری ماده‌ی لیزکننده. از لحاظ نظری هیچ محدودیتی بر سر راه انرژی‌ای که می‌توان در لیزر چپاند وجود ندارد. مسئله آن است که ماده‌ی لیزکننده در تفنگ لیزری پایدار نخواهد ماند. مثلاً لیزرهای بلوری در صورت تزریق مقدار زیاد انرژی، خیلی داغ می‌شوند و ترک می‌خورند. بنابراین برای ساخت لیزری بسیار توانمند که بتواند شیئی را بخار کند یا دشمنی را سر جایش بشاند، شاید نیاز به توان پک انفجار داشته باشیم. در این صورت دیگر پایداری ماده‌ی لیزکننده محدودیتی به شمار نمی‌رود چون چنین لیزری یکبار مصرف خواهد بود.

به دلیل دشواری‌های ایجاد منبع توان پرتاپل و پایداری ماده‌ی لیزکننده ساخت تفنگ پرتویی با فناوری امروزین امکان ندارد. تفنگ‌های پرتویی ممکن‌اند ولی تنها در صورتی که با کابل به منبع توان متصل شوند. یا شاید بتوان با نانوفناوری باتری‌هایی مینیاتوری ساخت که قادر به ذخیره یا ایجاد انرژی کافی برای تامین فوران‌های شدید انرژی مورد نیاز وسیله‌ای کفستی باشد. فعلاً همان‌گونه که دیدیم نانوفناوری در مراحل آغازین خود است. در سطح اتمی دانشمندان توanstه‌اند وسایلی اتمی بسازند که بسیار

بدیع ولی به دردناخورند، مثل چرتکه اتمی یا گیتار اتمی. ولی عاقلانه است که تصور کنیم چه بسا در اوآخر این سده یا سدهی بعد، نانوفناوری بتواند باتری‌های مینیاتوری در اختیار ما بگذارد که قادر به ذخیره‌سازی چنین مقادیر عظیمی از انرژی باشند.

شمیشیرهای نوری نیز از همین مشکل رنج می‌برند. هنگامی که در دهه‌ی ۱۹۷۰ فیلم جنگ ستارگان بر روی پرده آمد و شمشیرهای نوری به پرفوشترین اسباب‌بازی بچه‌ها تبدیل شدند، بسیاری از متقدان گوشزد کردند که چنین وسیله‌ای هرگز ساخته نخواهد شد. نخست این‌که جامد ساختن نور ناممکن است. نور همواره با سرعت نور حرکت می‌کند؛ نمی‌شود آن را جامد کرد. دوم، بر خلاف شمشیرهای نوری در جنگ ستارگان، باریکه‌های نور در میانه‌ی راه پایان نمی‌یابند. باریکه‌های نور تا ابد به راه خود ادامه می‌دهند؛ نوک شمشیر نوری واقعی به دل آسمان فرو می‌رود.

با استفاده از پلاسمما، گاز یونیده‌ی بسیار داغ، عملاً راهی برای ساخت چنین شمشیر نوری وجود دارد. پلاسمما را می‌توان به حد کافی داغ ساخت تا در تاریکی بدرخشند و فولاد را هم بیرد. شمشیر نوری پلاسمایی شامل میله‌ای باریک و توخالی است که مانند تلسکوپ از دسته بیرون کشیده می‌شود. درون این لوله پلاسمای داغ رها خواهد شد که سپس از درون سوراخ‌های کوچکی که در فواصل منظم روی لوله تعییه شده‌اند بیرون می‌زند. با بیرون آمدن پلاسمما از درون دسته، سپس در طول لوله، و سرانجام از داخل سوراخ‌ها، لوله‌ای دراز و درخششده از گاز ابرداغ ایجاد می‌شود که برای ذوب‌کردن فولاد کفایت می‌کند. گاهی به این وسیله مشعل پلاسمایی گفته می‌شود.

بنابراین ساخت وسیله‌ای پرانرژی که شیوه شمشیر نوری باشد امکان‌پذیر است. اما همانند تفنگ‌های پرتویی در اینجا هم باید منبع توان پرانرژی پرتابلی را تهیه کرد. یا باید از طریق کابل‌های دراز، شمشیر نوری را به منبع توان متصل کنید یا این‌که با استفاده از نانوفناوری منبع توانی کوچک بسازید که بتواند مقادیر عظیمی انرژی فراهم کند.

بدین ترتیب با وجود امکان‌پذیری ساخت تقنگ‌های پرتویی و شمشیرهای نوری به شیوه‌ای در حال حاضر، سلاحهای دستی موجود در فیلم‌های علمی تخیلی و رای فناوری امروزین هستند. اما در اواخر این سده یا سده‌ی بعدی با پیشرفت در علم مواد و نیز نانوفناوری شاید گونه‌ای تفنگ‌نوری ساخته شود، که آنرا در امکان‌پذیری رده‌ی ۱ جا می‌دهد.

### انرژی برابر ستاره‌ی مرگ

برای ساخت توب لیزری ستاره‌ی مرگ، که آن گونه که در جنگ ستارگان توصیف شده، قادر به نابودکردن تمام یک سیاره و به وحشت‌انداختن یک کهکشان باشد، لازم است که توانمندترین لیزر قابل تصور ساخته شود. فعلاً برخی از توانمندترین لیزرهای روی زمین برای تهیه‌ی دماهایی که تنها در مرکز ستارگان یافت می‌شود به کار برده می‌شوند. شاید روزی آن‌ها در شکل راکتورهای همجوشی، توان ستارگان را بر روی زمین قابل دسترس کنند.

ماشین‌های همجوشی سعی بر بازسازی آن چیزی دارند که وقتی نخستین بار ستاره‌ای در فضا تشکیل می‌شود، رخ می‌دهد. ستاره به صورت گویی عظیم از گاز هیدروژن به شکل آغاز می‌شود تا این‌که سرانجام گرانش گاز را فشرده و در نتیجه آن را داغ می‌کند؛ دماهایی که نهایتاً سر به فلک می‌کشند. مثلاً در اعماق مرکز یک ستاره دما می‌تواند سر به ۵۰ میلیون و ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد بزند، که آنقدر داغ هست تا سبب کوییده‌شدن هسته‌های هیدروژن به یکدیگر، ساخت هسته‌ی هلیم و فورانی از انرژی بشود. همچو شی هیدروژن به هلیم که در آن مقدار اندکی جرم از طریق معادله‌ی مشهور اینشتین،  $E=mc^2$ ، به انرژی انفجاری ستاره تبدیل می‌شود، منبع انرژی ستارگان به شمار می‌رود. فعلاً دانشمندان از دو طریق می‌کوشند که مهار همجوشی را بر روی زمین به دست بگیرند. معلوم شده است که توسعه‌ی هر کدام بیش از حد انتظار دشوار است.

## محصورسازی لخت برای همچوشه

روش نخست «محصورسازی لخت» نام دارد. در اینجا از قوی ترین لیزرهای موجود بر روی زمین برای ایجاد تکه‌ای از خورشید در آزمایشگاه استفاده می‌شود. لیزر حالت جامد شیشه‌ی نشودیمیمی برای ایجاد دماهای وحشتناکی که تنها در قلب ستارگان یافت می‌شود به کار می‌رود. این سیستم‌های لیزری در ابعاد یک کارخانه هستند و حاوی مجموعه‌ای از لیزرهای باریکه‌ای لیزری موازی را به درون تونلی دراز شلیک می‌کنند. سپس این باریکه‌های لیزری پرتوان به ردیفی آینه‌های کوچک که در اطراف یک کره جا گرفته‌اند برمی‌خورند؛ این آینه‌ها باریکه‌های لیزر را با دقت و یکنواختی بر روی قرصی ریز و غنی از هیدروژن (از جنس ترکیباتی مانند لیتیم دوتربید، سازنده‌ی فعال بمب هیدروژنی) متمرکز می‌کنند. معمولاً این قرص به اندازه‌ی سرسوزن است و تنها ۱۰ میلی‌گرم وزن دارد.

برخورد نور لیزر سطح قرص را می‌سوزاند و باعث تبخیر سطح و فشردگی قرص می‌شود. با رُمبیدن قرص موجی شوکی ایجاد می‌شود که به قلب قرص می‌رسد و دما را به میلیون‌ها درجه می‌رساند که برای چسباندن هسته‌های هیدروژن و تبدیل به هلیم کفایت می‌کند. دما و فشار آن‌چنان مقادیر نجومی دارند که «معیار لاسن» برقرار می‌شود، همان معیاری که در بمب هیدروژنی و قلب ستارگان برقرار می‌شود. (معیار لاسن می‌گوید برای انجام فرایند همچوشه در بمب هیدروژنی، در ستارگان، یا در ماشین‌های همچوشه، باید گستره‌ای ویژه از دماها، چگالی، و زمان محصورسازی تأمین شود.)

در فرایند محصورسازی لخت مقادیر عظیمی انرژی از جمله نوترون‌ها آزاد می‌شوند. (لیتیم دوتربید می‌تواند به دماهای تا ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد و چگالی‌هایی بیست برابر سرب برسد). سپس زبانه‌ای از نوترون‌ها از قرص فوران می‌کند و نوترون‌ها به روکشی کروی از موادی که در اطراف محفظه جا دارند برمی‌خورد و روکش را داغ می‌کند. در

مرحله‌ی بعد روکش داغ آب را به جوش می‌آورد و از بخار حاصل می‌توان برای چرخاندن توربین و تولید برق استفاده کرد. با این حال مشکل در قابلیت متمنکردن چنین توان عظیمی تنها بر روی قرص کروی ریزی نهفته است. نخستین کوشش جدی در ساخت همجوشی لیزری عبارت بود از لیزر شیوا، سیستم لیزری بیست باریکه‌ای که در آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور (LLNL) در کالیفرنیا ساخته و در ۱۹۷۸ عملیاتی شد. (شیوا خدای هندو با چندین بازو است و این سیستم لیزری نیز چنین طرحی دارد.) کارکرد سیستم لیزر شیوا دلسربکنده از آب در آمد، ولی برای اثبات این‌که همجوشی لیزری از نظر فنی می‌تواند نتیجه‌بخش باشد به درد خورد. سیستم لیزر شیوا بعداً با لیزر نوآ جایگزین شد، که انرژی‌ای ده برابر شیوا داشت. ولی لیزر نوا هم نتوانست به سوزاندن مناسب قرص‌ها دست پیدا کند. با وجود این راه را برای پژوهش فعلی در تاسیسات ملی سوزانش (NIF)، که ساخت آن در ۱۹۹۷ در LLNL شروع شد، هموار کرد.

NIF که انتظار می‌رود در ۲۰۰۹ عملیاتی شود<sup>۱</sup>، ماشینی است غول‌آسا مشکل از ۱۹۲ باریکه‌ی لیزر با توان خروجی وحشتناک ۷۰۰ تریلیون وات (خروچی تقریباً ۷۰۰،۰۰۰ نیروگاه هسته‌ای چیانده شده در یک فوران انرژی). این سیستم لیزری مدرن برای دستیابی به سوزاندن کامل قرص‌های غنی از هیدروژن طراحی شده است. (متقدان نیز بر کاربرد نظامی آشکار آن انگشت گذارداند. چون می‌تواند انفجار بمب هیدروژنی را شبیه‌سازی کند، یا حتا شاید ساخت سلاح هسته‌ای تازه‌ای را میسر سازد؛ بمب هیدروژنی خالص که برای راه‌انداختن فرایند همجوشی نیازی به بمب اورانیومی یا پلوتونیومی ندارد).

ولی حتا ماشین لیزری NIF که دربرگیرنده‌ی قویترین لیزرها بر روی زمین است نیز نمی‌تواند به گرد توان ویرانگر ستاره‌ی مرگ جنگ

<sup>۱</sup> در نوامبر ۲۰۰۹ گزارش شد NIF به مرحله‌ی راه‌اندازی آزمایشی رسیده و تا ۲۰۱۲ به توان کامل هست می‌یابد. بیکرید به - p. 33 - *Laser Focus World*, Nov. 2009.

ستارگان برسد. برای ساخت چنین وسیله‌ای باید سراغ دیگر منابع نیرو برویم.

### محصورسازی مغناطیسی برای همجوشی

روش دومی که دانشمندان می‌توانند به طور بالقوه برای انرژی دادن به ستاره‌ی مرگ به کار بگیرند «محصورسازی مغناطیسی» نام دارد، فرایندی که در آن پلاسمایی داغ از گاز هیدروژن درون میدانی مغناطیسی نگه داشته می‌شود. در واقع این روش می‌تواند عملای پیش‌نمونه‌ی نخستین راکتورهای همجوشی تجاری را فراهم سازد. اکنون راکتور آزمایشی گرمراهه‌ای بین‌المللی (ITER) پیشرفته‌ترین پروژه‌ی همجوشی از این دست است. در ۲۰۰۶ چندین کشور (شامل اتحادیه اروپا، ایالات متحده، چین، راپن، کره، روسیه، و هندوستان) تصمیم به ساخت ITER در کادارشده در جنوب فرانسه گرفتند. این راکتور برای داغ‌کردن گاز هیدروژن تا ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد طراحی شده است و می‌تواند به نخستین راکتور هسته‌ای در تاریخ تبدیل شود که انرژی بیشتری از آن‌چه مصرف می‌کند تولید کند. طراحی آن برای تولید توان ۵۰۰ مگاوات به مدت ۵۰۰ ثانیه است (رکورد فعلی ۱۶ مگاوات توان به مدت ۱ ثانیه است). ITER در ۲۰۱۶ نخستین پلاسما را ایجاد می‌کند و در ۲۰۲۲ کاملاً عملیاتی خواهد شد. با هزینه‌ای ۱۲ میلیارد دلاری این سومین پروژه‌ی علمی گران در تاریخ به شمار می‌رود (پس از پروژه‌ی منهتن و ایستگاه فضایی بین‌المللی).

ITER شبیه یک دونات بزرگ است، با گاز هیدروژن که درونش می‌چرخد و سیم‌پیچ‌هایی عظیم در دور تادور سطح آن. سیم‌پیچ‌ها تا ابررسانشدن خنک می‌شوند و سپس مقدار زیادی انرژی الکتریکی وارد آن‌ها می‌شود تا میدانی مغناطیسی برای محصور کردن پلاسما درون دونات فراهم شود. وقتی جریانی الکتریکی به درون دونات خورانده می‌شود، گاز تا دمای ستارگان داغ خواهد شد.

دلیل هیجان زیاد دانشمندان نسبت به ITER در چشم‌انداز دستیابی به

یک منبع انرژی ارزان است. آب دریا که غنی از هیدروژن است منبع سوخت برای راکتورهای همجوشی به شمار می‌رود. دست‌کم در روی کاغذ همچوشعی می‌تواند برای ما منعی از انرژی ارزان و پایان‌ناپذیر فراهم کند.

ولی چرا الان راکتورهای همچوشعی را در اختیار نداریم؟ چرا با این که فرایند همچوشعی در دهه‌ی ۱۹۵۰ تبیین شد پیشرفت در آن چندین دهه طول کشیده است؟ مشکل کار عبارت است از دشواری زیاد فشرده کردن سوخت هیدروژن به شیوه‌ای یکنواخت. در ستارگان، گرانش گاز هیدروژن را به شکل یک کره بی‌نقص فشرده می‌کند، به طوری که گاز یکنواخت و تمیز داغ می‌شود.

در لیزر همچوشعی NIF باریکه‌های متمرک نور لیزر که سطح قرص را می‌سوزانند باید کاملاً یکنواخت باشند و دستیابی به این یکنواختی بسیار دشوار است. در ماشین‌های محصورسازی مغناطیسی، میدان‌های مغناطیسی دارای هر دو قطب شمال و جنوب‌اند؛ در نتیجه فشرده کردن گاز به یکنواختی به شکل یک کره بیش از حد دشوار است. بهترین کاری که می‌شود کرد ایجاد میدان مغناطیسی به شکل دونات است. اما فشرده کردن گاز شبیه فشردن بادکنک است. هر بار که یک سر بادکنک را بفشاریم، هوا از جایی دیگر سر در می‌آورد. فشردن بادکنک به یکنواختی و همزمان از همه جهت کار چالش‌آور است. گاز داغ معمولاً از میدان مغناطیسی نشست می‌کند و سرانجام به دیوارهای راکتور می‌رسد و فرایند همچوشعی را از کار می‌اندازد. به همین دلیل است که فشرده کردن گاز هیدروژن برای بیش از یک ثانیه، این همه دشوار بوده است.

برخلاف نسل فعلی نیروگاه‌های شکافت هسته‌ای، راکتور همچوشعی مقادیر زیادی پسماند هسته‌ای ایجاد نمی‌کند. (هر واحد متدائل شکافت هسته‌ای ۳۰ تن پسماند بسیار رادیواکتیو در سال تولید می‌کند. در مقابل پسماند هسته‌ای ایجاد شده توسط ماشین همچوشعی عمدتاً فولاد را دیواراکتیوی است که پس از اوراق کردن راکتور باقی می‌ماند.)

همچوشعی در آینده‌ی نزدیک بحران انرژی زمین را حل نخواهد کرد؛

پی‌یر ژیل ڈُن برندی فرانسوی نوبل فیزیک گفته است «می‌گوییم که خورشید را درون جعبه‌ای می‌گذاریم. چه ایده‌ی زیبایی. اما مشکل در این است که نمی‌دانیم آن جعبه را چگونه بسازیم.» اما اگر همه‌چیز بر وفق مراد باشد پژوهشگران امیدوارند که طی چهل سال ITER بتوانند راه را برای تجاری‌سازی انرژی همجوشی باز کنند، انرژی‌ای که بتوانند برق خانه‌هایمان را تامین کنند. چه بسا روزی راکتورهای همجوشی مشکل انرژی را از پیش پای ما بردارند و انرژی خورشید را با اینمی در روی زمین رها سازند.

اما حتاً راکتورهای همجوشی مخصوص‌سازی مغناطیسی هم یارای تامین انرژی کافی برای نیرودادن به سلاح ستاره‌ی مرگ نیستند. برای این کار به طرحی کاملاً تازه نیاز داریم.

### لیزرهای پرتوی ایکس با شلیک هسته‌ای

با فناوری امروزین امکان دیگری برای شبیه‌سازی توبخانه‌ی لیزری ستاره‌ی مرگ وجود دارد و آن استفاده از بمب هیدروژنی است. ردیفی از لیزرهای پرتوی ایکس که نیروی سلاح‌های هسته‌ای را به کار می‌گیرند و متمرکز می‌کنند، از لحاظ نظری می‌توانند انرژی کافی را برای راهاندازی وسیله‌ای فراهم کنند که بتواند کل یک سیاره را سوزاند.

نیروی هسته‌ای، از نظر وزنی تقریباً ۱۰۰ میلیون برابر انرژی بیشتری از یک واکنش شیمیایی فراهم می‌کند. تکه‌ای اورانیم غنی‌شده که بزرگتر از توپ بیسبال نیست برای سوزاندن کامل یک شهر به شکل گلوله‌ای آتشین کفایت می‌کند – با این که تنها ۱ درصد جرم آن به انرژی تبدیل می‌شود. همان طور که دیدیم راههای متفاوتی برای تزریق انرژی به درون باریکه‌ی لیزر وجود دارد. توانمندترین آن‌ها استفاده از نیروی رهاسده از یک بمب هسته‌ای است.

لیزرهای پرتوی ایکس از ارزش علمی و نیز نظامی زیادی برخوردارند. به دلیل طول موج بسیار کوتاه، آن‌ها را می‌توان برای وارسی فواصل اتمی و رمزگشایی از ساختار اتمی مولکول‌های پیچیده به کار گرفت، شاهکاری

که با استفاده از شیوه‌های متداول فوق العاده دشوار است. وقتی بتوانیم بگوییم که خود اتم‌ها را در حال حرکت و در آرایش‌های متناسب آن‌ها درون یک مولکول «می‌بینیم»، پنجره‌ای تازه بر روی واکنش‌های شیمیایی گشوده خواهد شد.

چون بمب هیدروژنی مقدار عظیمی انرژی را در گستره‌ی پرتوی ایکس آزاد می‌کند، لیزرهای پرتوی ایکس را نیز می‌توان با سلاح‌های هسته‌ای انرژی دار کرد. نزدیکترین فرد به لیزر پرتوی ایکس عبارت است از ادوارد تلر فیزیکدان، پدر بمب هیدروژنی.

البته تلر فیزیکدانی بود که از نکنگره در دهه‌ی ۱۹۵۰ رای اعتماد گرفت، چون رابرت اوپنهایمر که سرپرست پروژه منهتن بود به دلیل گرایش‌های سیاسی اش نتوانست برای ادامه دادن کار بر روی بمب هیدروژنی مورد اعتماد قرار گیرد. شهادت تلر منجر به بی‌آبرویی اوپنهایمر و کنارگذاردن صلاحیت امنیتی وی شد؛ بسیاری از فیزیکدان‌های برجسته هیچ‌گاه تلر را به خاطر کاری که کرد نبخشیدند.

(آشنازی من با تلر به زمانی برمی‌گردد که من در دیبرستان بودم. من تعدادی آزمایش بر روی ماهیت پادماده ترتیب دادم و جایزه بزرگ در نمایشگاه علم سانفرانسیسکو و سفری به نمایشگاه ملی علم در البوکرکی در نیومکزیکو را برنده شدم. من با تلر، که به فیزیکدان‌های جوان خوش‌فکر علاقه داشت، در تلویزیون محلی ظاهر شدیم. سرانجام به من بورس مهندسی هرتز تلر اعطا شد که هزینه‌ی تحصیل من در هاروارد را تامین کرد. من به خاطر چندین بازدیدی که هرسال از خانه‌ی تلر در برکلی داشتم کمایش با خانواده‌ی وی آشنا بودم.)

اساساً لیزر پرتوی ایکس تلر یک بمب هسته‌ای کوچک است که با میله‌های مسی احاطه شده است. ترکاندن این سلاح هسته‌ای، موج شوکی پرشدتی از پرتوهای ایکس رها می‌کند. این پرتوهای پرانرژی سپس از درون میله‌های مسی می‌گذرند، که در نقش ماده‌ی لیزکننده، توان پرتوهای ایکس را درون باریکه‌های پرشدت متراکم می‌کنند. سپس این باریکه‌های پرتوی ایکس را می‌شود به سمت کلاهک‌های جنگی دشمن نشانه‌گیری

کرد. البته چنین وسیله‌ای یکبار مصرف است، چون انفجار هسته‌ای باعث می‌شود که لیزر پرتوی ایکس خودتخریبی باشد.

آزمایش ابتدایی لیزر پرتوی ایکس با شلیک هسته‌ای آزمایش کاپرا نام داشت که در ۱۹۸۳ در تونلی زیرزمینی صورت گرفت. بمی‌هیدروژنی ترکانده شد و سپس سیل پرتوهای ایکس ناهمدوس آن به صورت باریکه‌ی همدوسی از لیزر پرتوی ایکس متمرک شد. در آغاز تصویر شد که این آزمایش موفقیت‌آمیز بوده است و در واقع در ۱۹۸۳ سبب شد که پرزیدنت رانلد ریگان با الهام از آن در نطقی تاریخی قصد خود را برای سپر دفاعی «جنگ ستارگان» ابراز کند. بدین ترتیب کوششی چندین میلیارد دلاری برای ساخت آرایه‌ای از وسایلی شبیه به لیزر پرتوی ایکس با شلیک هسته‌ای به منظور سرنگون کردن موشک‌های بالستیک میان‌قاره‌ای (ICBM) دشمن آغاز شد که تا امروز هم ادامه داشته است. (وارسی بعدی نشان داد که آشکارساز به کار رفته برای انجام اندازه‌گیری‌ها در طی آزمایش کاپرا خراب بوده است؛ بنابراین مقادیر حاصل از آن نمی‌تواند مورد استناد قرار گیرد).

آیا به راستی امروز می‌توان از چنین وسیله‌ی بحث‌برانگیزی برای سرنگون کردن کلاهک‌های جنگی ICBM‌ها استفاده کرد؟ شاید. اما دشمن می‌تواند از شیوه‌های ساده و ارزان گوناگونی برای عقیم کردن چنین سلاح‌هایی استفاده کند (مثلاً دشمن می‌تواند برای سردرگم کردن رادار میلیون‌ها کاه فلزی ارزان پخش کند، یا برای پراکندن پرتوهای ایکس کلاهک‌های جنگی اش را به دوران درآورد، یا اندودی شیمیایی را برای حفاظت در برابر باریکه‌ی پرتوی ایکس به کار گیرد). یا این که دشمن به سادگی برای نفوذ به درون سپر دفاعی جنگ ستارگان دست به تولید انبوه کلاهک‌های جنگی بزند.

پس امروز استفاده از لیزر پرتوی ایکس با شلیک هسته‌ای به عنوان سیستم دفاع موشکی غیر عملی است. اما آیا ساخت ستاره‌ی مرگ برای کاربرد علیه سیارک سرگردانی که به زمین نزدیک می‌شود یا نابود کردن یک سیاره‌ی کامل شدنی هست یا نه؟

### فیزیک ستاره‌ی مرگ

آیا می‌شود تسلیحاتی ساخت که مانند آنچه در جنگ ستارگان می‌بینیم یک سیاره را کاملاً نابود کند؟ از لحاظ نظری پاسخ مثبت است. چندین شیوه برای ساخت آن‌ها وجود دارد.

نخست هیچ محدودیت فیزیکی برای انرژی‌ای که می‌تواند توسط بمب هیدروژنی آزاد شود وجود ندارد. نحوی کار بدین صورت است. (کارکرد دقیق بمب هیدروژنی حتاً امروزه هم جزو اسرار فوق محترمانه‌ی دولت آمریکاست، ولی طرح کلی کاملاً شناخته شده است). بمب هیدروژنی عملاً در چندین مرحله ساخته می‌شود. با توالی دقیق این مراحل می‌توان بهمی هسته‌ای با قدرتی تقریباً نامحدود ساخت.

مرحله‌ی یکم یک بمب شکافی استاندارد است، که از توان اورانیم ۲۳۵ در رهایش فورانی از پرتوهای ایکس استفاده می‌کند، مانند آنچه که در بمب اتمی هیروشیما رخ داد. در کسری از ثانیه، پیش از این‌که انفجار بمب اتمی هر چیزی را نابود کند، کره‌ی منسطشوونده‌ی پرتوهای ایکس از انفجار جلو می‌زند (چون با سرعت نور حرکت می‌کند) و سپس بر روی محفظه‌ای از لیتیم دوتروید، ماده‌ی فعال بمب هیدروژنی، بازمتمرکر می‌شود. (چگونگی دقیق این کار هنوز هم سری است). پرتوهای ایکس پرخورنده به لیتیم دوتروید باعث رُمیش آن و گرمایش آن تا میلیون‌ها درجه و نهایتاً انفجار دومی می‌شوند که بسیار بزرگتر از اولی است. فوران پرتوهای ایکس حاصل از این بمب هیدروژنی را سپس می‌توان بر روی دومین تکه‌ی لیتیم دوتروید بازمتمرکر کرد و انفجار سومی را سبب شد. بدین طریق می‌توان تکه‌هایی از لیتیم دوتروید را کنار هم گذارد و بهمی هیدروژنی با قدرتی غیر قابل تصور ساخت. راستش بزرگترین بمب هیدروژنی ساخته شده تاکنون بهمی دو مرحله‌ای بوده است که توسط اتحاد شوروی در ۱۹۶۱ ترکاند و انفجاری معادل با ۵۰ میلیون تن TNT را سبب شد، هر چند در تئوری قادر به ایجاد انفجاری بیش از ۱۰۰ میلیون تن TNT بود (یا پنج هزار برابر قدرت بمب هیروشیما).

با این حال سوزاندن کامل یک سیاره نیازمند قدرتی بسیار متفاوت است. برای این کار ستاره‌ی مرگ باید هزاران لیزر پرتوی ایکس را در فضا شلیک کند، و لازم است که این شلیک هم‌زمان باشد. (برای مقایسه به یاد بیاورید که در اوج جنگ سرد، آمریکا و شوروی در حدود سی هزار بمب هسته‌ای در انبار داشتند). انرژی جمعی حاصل از چنین تعداد زیادی لیزر پرتوی ایکس باید برای سوزاندن سطح یک سیاره کفایت کند. پس قطعاً برای یک امپراتوری کهکشانی که در هزاران سال آینده وجود خواهد داشت ساخت چنین سلاحی ممکن خواهد بود.

برای تمدنی بسیار پیشرفته، گزینه‌ی دومی هم در دست است: ساخت ستاره‌ی مرگ با استفاده از انرژی فوران‌گر پرتوی گاما. چنین ستاره‌ی مرگی فورانی از تابش را ایجاد خواهد کرد که تنها بیگنگ از آن برتر است. فوران‌گرهای پرتوی گاما به طور طبیعی در فضای دوردست یافت می‌شوند، ولی تصور کردنی است که تمدنی پیشرفته بتواند از توان بی حد آن‌ها بهره‌گیری کند. با کنترل کردن چرخش ستاره درست پیش از این که دچار رمبش شود و فوق نوادرتی (هایپرنوا) بسازد، شاید بتوان فوران‌گر پرتوی گاما را به سمت هر نقطه‌ای از فضا هدف‌گیری کرد.

### فوران‌گرهای پرتوی گاما

فوران‌گرهای پرتوی گاما عملابرای نخستین بار در دهه‌ی ۱۹۷۰ دیده شدند، هنگامی که ارتشن آمریکا ماهواره‌ی ولا را برای آشکارسازی «درخشش‌های هسته‌ای» (مدرکی بر انفجار مخفیانه بمب هسته‌ای) به هوا فرستاد. ولی به جای تشخیص درخشش‌های هسته‌ای، ولا فورانهای عظیمی از تابش آمده از فضا را آشکارسازی کرد. در آغاز این کشف باعث نگرانی پتاگون شد: شوروی‌ها داشتند در کجای فضا سلاح هسته‌ای جدیدی را آزمایش می‌کردند؟ بعده مشخص شد که این فوران‌ها دارند به طور منظم از سمت آسمان می‌آینند، یعنی این که آن‌ها داشتند عملابراز بیرون کهکشان راه شیری می‌آمدند. ولی اگر آن‌ها بیرون کهکشانی بودند باید واقعاً توانی

را در مقادیر نجومی رها می‌کردند تا برای روشن کردن تمام گیتی قابل دید کنایت کند.

وقتی در ۱۹۹۰ اتحاد شوروی از هم پاشید، ناگهان بخش عظیمی از داده‌های اخترشناسی توسط پتاگون غیر محروم شد و اخترشناسان را به وجود آورد. ناگهان اخترشناسان به پدیده‌ای تازه و رازآلود پس بردند که داشت به آن‌ها می‌گریست، چیزی که بازنویسی کتاب‌های علمی را الزامی می‌کرد.

چون فوران‌گرهای پرتوى گاما تنها چند ثانية تا چند دقیقه پیش از ناپدیدشدن عمر می‌کنند، سیستمی پیچیده از حسگرها برای شناسایی و تحلیل آن‌ها مورد نیاز است. نخست ماهواره‌ها فوران آغازی را آشکار می‌کنند و مختصات دقیق فواره را به زمین می‌فرستند. سپس این مختصات به تلسکوپ‌های نوری یا رادیویی ارسال می‌شود تا به سمت مکان دقیق فوران‌گر پرتوى گاما جهت‌گیری کنند.

هرچند که کماکان باید جزئیات زیادی روشن شود، یک نظریه درباره‌ی خاستگاه فوران‌گرهای پرتوى گاما این است که آن‌ها «فوق نواخترانی» با قدرت عظیم‌اند که از خود سیاه‌چاله‌هایی حجمی برجای می‌گذارند. انگار که فوران‌گرهای پرتوى گاما سیاه‌چاله‌هایی غول‌آسای در حال تشکیل هستند.

ولی سیاه‌چاله‌ها از خود دو «جهت» تابش گسیل می‌کنند، یکی از قطب شمال و یکی از قطب جنوب، مانند یک فرفه. تابشی که از فوران‌گر پرتوى گاما دوردست دیده می‌شود انگار یکی از جهت‌های است که به سمت زمین قرار دارد. اگر جت یک فوران‌گر پرتوى گاما به سمت زمین بود و فوران‌گر پرتوى گاما در همسایگی کهکشانی ما قرار داشت. (چند صد سال نوری از زمین) توان آن برای نابودکردن همهی حیات بر روی سیاره‌ی ما کافی بود.

در آغاز تپ پرتوى ایکس فوران‌گر پرتوى گاما تپی الکترومغناطیسی می‌سازد که تمام تجهیزات الکترونیکی بر روی زمین را از کار می‌اندازد. باریکه‌ی پرشدت پرتوهای ایکس و پرتوهای گامای آن برای آسیب

رساندن به اتمسفر زمین و نابود کردن لایه محافظه اوزون کفایت می‌کند. جت فوران‌گر پرتوی گاما سپس دمای سطح زمین را بالا می‌برد تا این‌که سرانجام توفان‌های آتشین عظیمی که سرتاسر سیاره را دربر می‌گیرد تشکیل شود. برخلاف جنگ ستارگان، فوران‌گر پرتوی گاما شاید عملای تمام سیاره را منفجر نکند ولی می‌تواند ریشه‌ی تمام حیات را بخشکند و سیاره‌ای تغییله و برهوت بر جا بگذارد.

تصویرکردنی است که تهدی صدها هزار تا یک میلیون سال پیش فته‌تر از ما بتواند چنین سیاه‌چاله‌ای را به سمت هدف قرار دهد. این کار با منحرف کردن مسیر سیاره‌ها و ستارگان نوبرونی در زاویه‌ای دقیق به سمت ستاره‌ای رو به مرگ، درست پیش از رمبش آن، شدنی است. این انحراف برای تغییردادن محور چرخش ستاره به طوری که در جهت خاصی قرار گیرد کفایت می‌کند. ستاره‌ی رو به مرگ بزرگ‌ترین تفنگ پرتویی قابل تصور را در اختیار می‌گذارد.

خلاصه آن که استفاده از لیزرهای توانمند برای ساخت تفنگ‌های پرتویی پرتابل یا دستی و شمشیرهای نوری را می‌توان در امکان‌نایذیری رده ۱ جا داد - چیزی که در آینده‌ی نزدیک یا شاید در طی یک سده امکان‌پذیر باشد. اما چالش غایی، هدفگیری ستاره‌ای چرخان پیش از فوران آن به سیاه‌چاله و تبدیل کردن به ستاره‌ی مرگ را باید امکان‌نایذیری رده‌ی ۲ در نظر گرفت - چیزی که آشکارا قوانین فیزیک را زیر پا نمی‌گذارد (فوران‌گرهای پرتوی گاما وجود دارند) ولی شاید تنها در صدها هزار تا میلیون‌ها سال آینده ممکن شود.

## دورفرستی

۱۶

### فصل

روبه رویی با پارادوکس چه عالی است. اکنون امیدی به پیشرفت داریم.

— نیلس بور

راستشو بخوای کاپیتان، من نمی تونم قانونای فیزیکو عوض کنم!

— اسکاتی، سرمهندس در پشتازان فضا

دورفرستی (Teleportation) یا توانایی انتقال آنی یک فرد یا شیء به مکانی دیگر، فناوری ای است که می تواند مسیر تمدن را تغییر دهد و سرنوشت ملت ها را زیر و رو کند؛ می تواند به گونه ای توقف ناپذیر قواعد تسلیحاتی را زیر و رو کند: ارتش ها می توانند نیروهای خود را پشت خطوط دشمن دورفرستی کنند یا رهبران دشمن را به سادگی دورفرستی و آنها را دستگیر نمایند. سیستم های ترابری امروزین - از خودروها و کشتی ها گرفته تا هواپیماها و قطارها، و تمام صنایعی که به این سیستم ها خدمات ارائه می کنند به درد نخور خواهند شد؛ ما می توانیم به سادگی خودمان را به محل کار و کالاهایمان را به بازار دورفرستی کنیم. تعطیلات دم دستی خواهد شد چون ما می توانیم خودمان را به مقصد دورفرستی نماییم.

دورفرستی هرچیزی را دگرگون خواهد کرد.

نخستین اشاره‌ها به دورفرستی را می‌توان در متون مذهبی مانند انجیل پیدا کرد، جایی که ارواح، انسان‌ها را به جایی دیگر می‌برند. قطعه‌ی زیر از اعمال رسولان در عهد جدید گویی به دورفرستی فیلیپ از غزه به اشدواد اشاره دارد: «وقتی از آب بیرون آمدند، روح خداوند فیلیپ را برداشت و برد و خزانه‌دار حبسی دیگر او را ندید، ولی راه خود را با خوشحالی پیش گرفت و رفت. اما فیلیپ خود را در شهر اشدواد یافت. پس هم در آنجا و هم در شهرهای سر راه خود، پیغام خدا را به مردم رساند تا به شهر قیصریه رسید» (اعمال رسولان ۴۰:۳۶-۴۰).

دورفرستی هم‌چنین در چته‌ی هر شبده‌بازی یافت می‌شود: درآوردن خرگوش از کلاه، کارت از درون آستین، و سکه از پشت گوش یک نفر. در یکی از حقه‌های جدید هیجان‌انگیز شبده‌بازی، یک فیل درسته در پیش چشم حیرت‌زده‌ی تماشاگران ناپدید می‌شود. در این نمایش فیلی به وزن چند تن درون قفسی گذاشته می‌شود. سپس با چرخش چوب‌دستی شبده‌باز در مقابل حیرت تماشاگران فیل نیست می‌شود. (بدیهی است که فیل به راستی ناپدید نمی‌شود. این کلک با آینه صورت می‌گیرد. در پشت هر میله‌ی قفس، آینه‌ی نواری بلند و باریکی کار گذاشته شده است. هر کدام از این نوارهای آینه‌ی عمودی را می‌توان مثل در روی پاشنه چرخاند. در شروع شبده وقتی تمام آینه‌های نواری عمودی در پشت میله قرار دارند، نمی‌توان آینه‌ها را دید و فیل معلوم است. ولی وقتی آینه ۴۵ درجه به سمت تماشاچیان چرخانده شود، فیل غیب می‌شود و آنچه که تماشاچیان می‌بینند تصویر بازتابیده‌ی دیگر سمت قفس است.)

### دورفرستی و علمی تخیلی

نخستین اشاره به دورفرستی در علمی تخیلی، به داستان مرد بسی پیکر نوشته‌ی ادوارد پیج میچل در ۱۸۷۷ بازمی‌گردد. در این داستان دانشمندی قادر بود که اتم‌های گربه‌ای از هم جدا کند و از طریق سیم تلگراف آن‌ها

را منتقل نماید. بدختانه هنگامی که دانشمند تلاش می‌کرد خودش را دورفرستی کند باتری تمام شد. تنها سر او با موفقیت دورفرستی شد. سر آرتور کُنان دویل، که به خاطر داستان‌های شرلوک هلمز خود مشهور است، فریفته‌ی ایده‌ی دورفرستی شد. پس از سال‌ها نوشتن رمان‌های جنایی و داستان‌های کوتاه سرانجام از دست مجموعه‌ی شرلوک هلمز خسته شد و سرانجام کارآگاه خود را کشت، یعنی او و پرسور موریتاری را از آبشاری به پایین پرتاب کرد. ولی اعتراض مردم آنچنان زیاد بود که دویل را واداشت کارآگاه محبوب را از گور بیرون بکشد. چون او نتوانست از دست شرلوک هلمز خلاص شود، دویل در عوض تصمیم به خلق مجموعه‌ای کاملاً جدید با هنرنمایی پرسور چلنجر گرفت، کسی که هم‌تراز شرلوک هلمز بود. هر دوی آنان برای حل رازها از ذهنی هشیار و شامه‌ای تیز برخوردار بودند. ولی با آنکه هلمز برای گشودن قفل موارد تودرتو از منطق خشک استنتاجی بهره می‌گرفت، پرسور چلنجر در دنیا وهم‌آلود روح‌باوری و پدیده‌های پارانرمال، شامل دورفرستی، به سر می‌برد. در رمان ماشین تجزیه‌کردن، چاپ ۱۹۲۷، پرسور با نجیب‌زاده‌ای رویه‌رو می‌شود که ماشینی برای تجزیه‌کردن آدم و سرهم‌کردن وی در جایی دیگر ساخته است. ولی وقتی مختروع با خودستایی می‌گوید که اعتراض وی می‌تواند، در دستانی نباب، شهرهایی کامل را به همراه میلیون‌ها شهروند آن‌ها با فشار یک دکمه نابود کند، پرسور چلنجر به وحشت می‌افتد. در آخر پرسور چلنجر با استفاده از آن ماشین مختروع مذکور را تجزیه می‌کند و بدون سرهم‌کردن وی آزمایشگاه را ترک می‌گوید.

بعداً هالیوود دورفرستی را کشف کرد. فیلم مگس ساخت ۱۹۵۸ به تفصیل نشان می‌دهد که وقتی دورفرستی به بیراهه رود چه مصیبتی پیش می‌آید. وقتی دانشمندی با موفقیت خودش را در عرض یک اتاق دورفرستی می‌کند، اتم‌های او با مگسی که تصادفاً وارد محفظه‌ی دورفرستی شده در هم آمیخته می‌شود، در نتیجه دانشمند به هیولای بجهش‌یافته‌ی هولناکی تبدیل می‌شود که نیمانسان و نیم‌مگس است. (در ۱۹۸۶ بازآفرینی این فیلم با بازی جف گولدمن بر پرده آمد.)

دورفرستی نخستین بار با مجموعه‌ی پیشتازان فضا به فرهنگ عame پا گذاشت. به دلیل این که بودجه‌ی استودیوی پارامونت امکان ساخت جلوه‌های ویژه‌ی لازم برای شبیه‌سازی نشست و برخاست موشک‌ها در سیاره‌های دوردست را فراهم نمی‌ساخت، جین رادنبری خالق پیشتازان فضا دورفرستی را در این مجموعه گنجاند. فرستادن خدمه‌ی سفینه‌ی اینترپرایز به مقصد با نور، کم هزینه‌تر از آب در می‌آمد.

در طول سال‌ها انواع و اقسام اختراض‌ها از سوی دانشمندان نسبت به امکان‌پذیری دورفرستی ابراز شد. برای دورفرستی یک شخص لازم است که مکان دقیق هر اتم را در بدنه زنده بدانیم، که احتمالاً اصل عدم قطعیت هایزنبرگ را نقض می‌کند (که می‌گوید شما نمی‌توانید هم مکان دقیق و هم سرعت هر الکترون را بدانید). تهیه‌کنندگان مجموعه‌ی پیشتازان فضا، با نرم‌شدن در برابر معتقدان، «جبران‌گرهای هایزنبرگی» را در اتاقک انتقال جا دادند، تا با افزودن وسیله‌ای به انتقالگر بتوان قوانین فیزیک کوانتومی را جبران کرد. ولی احتمالاً نیاز به ساخت این جبران‌گرهای هایزنبرگی بی‌خود بود. چه بسا که معتقدان اولیه و دانشمندان در اشتباه بوده باشند.

### دورفرستی و نظریه‌ی کوانتوم

بنا به نظریه‌ی نیوتونی دورفرستی آشکارا ناممکن است. قوانین نیوتون بر اساس این دیدگاه‌اند که ماده از توب‌های بیلیارد ریز و سفتی ساخته شده است. اشیاء تازمانی که هل داده نشوند حرکت نمی‌کنند؛ اشیاء ناگهان ناپدید و در جای دیگر پدیدار نمی‌شوند.

اما در نظریه‌ی کوانتوم این همان کاری است که ذرات می‌توانند انجام دهند. هنگامی که ورنر هایزنبرگ، اروین شرویدنگر، و همکارانشان در ۱۹۲۵ نظریه‌ی کوانتوم را بیان کردند، قوانین نیوتون که به مدت ۲۵۰ سال خواص عجیب اتم‌ها کشف کردند که الکترون‌ها می‌توانند مانند موج عمل کنند و در حرکت‌های به ظاهر آشفته‌ی خود در درون اتم‌ها پرش‌های کوانتومی انجام دهند.

در ۱۹۰۵ اینشتین نشان داد که موج‌های نور می‌توانند خواصی ذره‌های مانند داشته باشند؛ یعنی آن‌ها را می‌توان به صورت بسته‌های انرژی موسوم به فوتون توصیف کرد. ولی در دهه‌ی ۱۹۲۰ کم کم داشت برای شروودینگر مشخص می‌شد که بر عکس این هم درست است: این که ذراتی مانند الکترون بتوانند رفتار شبیه به موج از خود بروز دهنند. این ایده نخستین بار توسط فیزیکدان فرانسوی لویی دوبروی مطرح شد، که جایزه‌ی نوبل فیزیک را برای او به ارمغان آورد. (ما در دانشگاه خودمان این را به دانشجویان کارشناسی نشان می‌دهیم. ما الکترون‌ها را درون لوله‌ی پرتو کاتدی، که در تلویزیون‌ها هم وجود دارد، شلیک می‌کنیم. الکترون‌ها از درون سوراخی ریز می‌گذرند، پس قاعده‌تا انتظار داریم که در جایی که الکترون‌ها به صفحه‌ی تلویزیون می‌خورند لکه‌ای ریز بینیم. در عوض با حلقه‌های هم مرکز موج‌واری مواجه می‌شویم که تنها چنان‌چه موجی از درون سوراخ بگذرد انتظار آن‌ها می‌رود، نه زمانی که ذره‌ای نقطه‌ای عبور می‌کند).

یک روز شروودینگر در باره‌ی این پدیده‌ی عجیب سخنرانی می‌کرد. او با پرسش فیزیکدان دیگری به نام پیتر دبای به چالش کشیده شد: اگر الکترون‌ها را با موج توصیف کنیم پس معادله‌ی موج آن‌ها چیست؟

از زمانی که نیوتون حسابان را ایجاد کرده بود فیزیکدان‌ها توانسته بودند موج‌ها را بر حسب معادلات دیفرانسیل تشریح کنند، پس شروودینگر هم پرسش دبای را به عنوان چالشی برای نوشتمن معادله‌ی دیفرانسیل موج‌های الکترون جدی گرفت. همان ماه شروودینگر به مرخصی رفت و در بازگشت، آن معادله را با خود به ارمغان آورد. پس به همان ترتیبی که مکسول پیش از آن میدان‌های نیروی فارادی را گرفت و معادلات مکسول را برای نور از دل آن‌ها بیرون کشید، شروودینگر هم ماده - موج دوبروی را گرفت و از دل آن معادلات شروودینگر برای الکترون‌ها را استخراج کرد. (تاریخ نویسان علم کوشیده‌اند تا به مسیر دقیقی پی ببرند که شروودینگر برای کشف معادله‌ی مشهورش پیمود که چشم‌انداز فیزیک و شیمی مدرن

را برای همیشه دگرگون ساخت. انگار شروودینگر اغلب تعطیلات خود را با مشوقه‌هایش می‌گذراند و حتا روزنگارهایی دقیق از ملاقات با کشته مرده‌های بی‌شمارش را با رمزهایی پیچیده از هر دیدار یادداشت کرده است. تاریخ نویسان اکنون بر این باورند که در آخر هفته‌ای که شروودینگر معادلاتش را کشف کرد در ویلای هرویک در آلپ با یکی از دوست دخترهایش به سر می‌برد.

هنگامی که شروودینگر شروع به حل معادله‌ی خود برای اتم هیدروژن کرد، با شکفتی کامل به ترازهای انرژی دقیق هیدروژن که پیش‌تر به خوبی توسط فیزیکدان‌ها مدون شده بود دست یافت. او سپس پی‌برد که تصویر قدیمی ارائه‌شده از اتم توسط نیلس بور که در آن الکترون‌ها به دور هسته می‌چرخیدند (که حتا امروزه هم در کتاب‌های درسی و در تبلیغات به عنوان نماد علم جدید به کار برده می‌شود) کاملاً اشتباه است. آن مدارها را باید با موج‌هایی که در اطراف هسته‌اند جایگزین کرد.

کار شروودینگر در جامعه‌ی فیزیک غوغایی برپا کرد. ناگهان فیزیکدان‌ها توانستند به درون خود اتم سرک بکشند، به تفصیل موج‌هایی را که لایه‌های الکترونی آن را می‌سازند بیازمایند، و از ترازهای انرژی آن پیش‌بینی‌هایی دقیق بکنند که به خوبی با داده‌ها جور در می‌آید.

ولی پرسشی ناخوشایند که حتا امروز هم گریبان‌گیر فیزیک است کماکان وجود داشت. اگر الکترون را با موج توصیف کنیم، آن‌گاه خود آن موج چه هست؟ پاسخ توسط مکس بورن فیزیکدان داده شد، که گفت این موج‌ها عملای احتمال‌اند. این موج‌ها تها شانس یافتن الکترونی خاص را در هر مکان و هر زمانی بیان می‌کنند. به عبارت دیگر، الکترون ذره است، ولی احتمال یافتن آن ذره با موج شروودینگر داده می‌شود. هرچه موج بزرگتر باشد، شانس یافتن آن ذره در آن نقطه بیش‌تر می‌شود.

با این پیشرفت‌ها ناگهان شانس و احتمال درست در قلب فیزیک وارد شد، که تا پیش از آن پیش‌بینی‌هایی دقیق داشت و مسیر ذرات را، از سیاره‌ها گرفته تا دنباله‌دارها تا گلوله‌های توب، بی‌ردنخور تعیین می‌کرد.

این عدم قطعیت سرانجام هنگامی فرمولبندی شد که هایزنبرگ اصل عدم قطعیت را مطرح کرد، یعنی این مفهوم که نمی‌شود هم سرعت دقیق و هم مکان دقیق الکترون را هم‌زمان دانست. هم‌چنین نمی‌توان انرژی دقیق آن را که در مدتی مشخص اندازه‌گیری شده به دست آورد. در سطح کوانتومی تمام قوانین اساسی عقل سالم نقض می‌شود: الکترون‌ها می‌توانند ناپدید شوند و از جایی دیگر سر در آورند، و نیز می‌توانند هم‌زمان مکان‌های زیادی داشته باشند.

(از بازی روزگار اینشتین، پدرخواندهٔ نظریهٔ کوانتوم که در ۱۹۰۵ به آغاز انقلاب کمک کرد، و شروdinگر، کسی که معادلهٔ موج را به ما ارزانی داشت، از واردشدن شانس به فیزیک بنیادی به هراس افتادند. اینشتین نوشت «مکانیک کوانتومی شایستهٔ احترام زیادی است. اما ندایی درونی به من گوشزد می‌کند که این یعقوب واقعی نیست. این نظریه چیزهای زیادی عرضه می‌کند، ولی نمی‌تواند ما را به اسرار سرورمان نزدیک کند. من به سهم خود معتقدم که او تاس نمی‌ریزد».)

نظریهٔ هایزنبرگ انقلابی و جنبالی بود - ولی هم‌چنین چاره‌ساز. فیزیکدان‌ها به یکباره توanstند تعداد زیادی پدیده‌های سردرگم کننده، از جمله قوانین شیمی را توضیح دهنند. برای تحت تاثیر قراردادن دانشجویان دکترا ایم از لحظ این که نظریهٔ کوانتوم تا چه حد عجیب است، گاهی از آنان می‌خواهم که این احتمال را محاسبه کنند که اتم‌های آن‌ها ناگهان ناپدید و در سوی دیگر دیوار بازپدیدار شوند. چنین رویداد دوره‌فرستی در فیزیک نیوتونی ناممکن است ولی در مکانیک کوانتومی عملای مجاز به شمار می‌رود. با این حال پاسخ آن است که برای وقوع این رخداد باید بیش از عمر گیتی متظر بمانیم. (اگر شما از کامپیوتر برای رسم معادلهٔ شروdinگر بدنتان استفاده کنید، پی‌می‌برید که بسیار شبیه به اعضای بدنتان است، به غیر از این که نمودار کمی مبهم است و برخی از موج‌های شما در تمام جهت‌ها بیرون زده‌اند. برخی از موج‌های شما حتاً ستارگان دور دست هم کشیده می‌شود. پس احتمال بسیار اندکی هست که روزی بتوانید در سیاره‌ای دور دست از خواب بیدار شوید.)

این نکته که گویی الکترون‌ها می‌توانند همزمان در مکان‌های بسیاری وجود داشته باشند مبنای شیمی را می‌سازد. می‌دانیم که الکترون‌ها در اتم به دور هسته می‌چرخند، شبیه به منظومه خورشیدی مینیاتوری. ولی اتم‌ها و منظومه‌ی خورشیدی بسیار متفاوت‌اند؛ اگر دو منظومه‌ی خورشیدی در فضای به هم برخورد کنند، هردو متلاشی می‌شوند و سیاره‌ها به فضای دل ژرف می‌روند. برخلاف آن، وقتی اتم‌ها با هم برخورد می‌کنند اغلب مولکول‌هایی می‌سازند که کاملاً پایدارند و الکترون‌ها در بین آن‌ها به اشتراک گذاشته می‌شوند. در کلاس شیمی دبیرستان غالباً آموزگار این را با «الکترون‌های گستردۀ» نشان می‌دهد، شبیه توب فوتبال آمریکایی، که دو اتم را به هم متصل می‌کند.

اما آن‌چه که آموزگاران شیمی به ندرت به دانش آموزان خود می‌گویند آن است که الکترون بین دو اتم اصلاً «گستردۀ» نمی‌شود. این «توب فوتبال آمریکایی» عملاً نمود این احتمال است که الکترون، در درون این توب فوتبال، در مکان‌های بسیاری در یک زمان حضور دارد. به زبان دیگر تمام شیمی که مولکول‌های درون بدن ما را تشریح می‌کند، بر اساس این ایده است که الکترون‌ها می‌توانند همزمان مکان‌های بسیاری داشته باشند، و این اشتراک الکترون‌ها بین دو اتم است که مولکول‌ها را درون بدن ما کنار هم دیگر نگه می‌دارد. بدون نظریه‌ی کوانتموم، مولکول‌ها و اتم‌های بدن ما فوراً ناپدید می‌شوند.

این خصلت غریب ولی ژرف نظریه‌ی کوانتموم (که احتمالی متناهی برای وقوع حتاً عجیب‌ترین رویدادها وجود دارد) توسط داگلاس آدامز در رمان طنز راهنمای مفت‌سواری در کهکشان به کار گرفته شده است. او نیاز به راهی برای این ور و آن ور رفتن در کهکشان داشت، پس او محرك نااحتمال نامتناهی را اختراع کرد، «روش تازه‌ی محشری برای درنوردیدن فواصل نجومی در یک چشم بر هم زدن، بدون آن همه دست و پازدن در فوق فضا». ماشین وی می‌تواند بخت هر رویداد کوانتمومی را به دلخواه تغییر دهد، به طوری که حتاً نامحتمل‌ترین رویدادها هم پیش پا افتاده می‌شوند. پس اگر شما بخواهید که به نزدیکترین منظومه‌ی ستاره‌ای

بروید، تنها کافی است احتمال بازآفرینی در آن ستاره را تغییر بدهید و بعد، آنجایید! شما در یک چشم به هم زدن به آنجا دورفرستی می‌شوید. در واقعیت «جهش‌های» کوانسومی بسیار معمول در درون اتم را نمی‌توان به راحتی به اشیای بزرگی مانند آدم‌ها که شامل تریلیون‌ها تریلیون اتم‌اند، تعمیم داد. حتاً اگر الکترون‌ها در بدن ما در سفر رویایی‌شان به دور هسته بالا و پایین بپرند، تعداد آن‌ها آنقدر زیاد است که میانگینی از حرکت‌های آن‌ها حاصل می‌شود. به بیان ساده به همین دلیل است که در سطح ما مواد منسجم و دائمی به نظر می‌آیند.

پس با آن‌که دورفرستی در سطح اتمی مجاز است، برای این‌که عمل شاهد این اثرات عجیب در مقیاس ماکروسکوپی باشیم باید بیش از عمر گیتی به انتظار بنشینیم. ولی آیا می‌شود مانند داستان‌های علمی تخیلی، از این قوانین نظریه‌ی کوانتم برای ساخت ماشینی به منظور دورفرستی چیزی به دلخواه استفاده کرد؟ شگفتنا که پاسخ تا حدی آری است.

### آزمایش EPR

کلید دورفرستی کوانسومی در مقاله‌ی مشهور ۱۹۳۵ آلبرت اینشتین و همکارانش بوریس پودولسکی و ناتان روزن نهفته است، که به قصد تعریض، آزمایش EPR (برگرفته از نام سه نویسنده) را برای کنارگذاردن همیشگی گنجاندن احتمال در فیزیک مطرح کردند. (اینشتین ماتم گرفته از موفقیت‌های تجربی انکارناپذیر نظریه‌ی کوانتم نوشت «هرچه نظریه‌ی کوانتم موفق‌تر می‌شود، مسخره‌تر به نظر می‌رسد.»)

اگر دو الکترون در آغاز با همانگی ارتعاش کنند (حالت موسوم به همدوسی) می‌توانند در همگامی موج‌وار باقی بمانند، حتاً اگر آن‌ها بسیار از هم دور شوند. با آن‌که این دو الکترون چه بسا لاله‌های نوری از هم دور باشند، کماکان موج شروдинگر نامیری آن دو را به هم متصل می‌کند، درست مانند بند ناف. اگر بلایی سر یک الکترون بیاید، آن‌گاه مقداری از آن اطلاعات فوراً به دیگری منتقل می‌شود. به این «درهم‌تنیدگی

کوانتومی» می‌گوییم، این مفهوم که ذراتی که با همدوسی در حال ارتعاش اند دارای نوعی خط ارتباطی ژرف بین خود هستند.

دو الکترون همدوس را که در هماهنگی نوسان می‌کنند در نظر می‌گیریم. سپس می‌گذاریم آن‌ها در جهت‌های مختلف از هم دور شوند. اسپین هر الکترون می‌تواند به سمت بالا یا پایین باشد. فرض می‌کنیم که اسپین کل سیستم برابر صفر است، به طوری که اگر اسپین یک الکترون بالا باشد آن‌گاه خودبه‌خود می‌دانیم که اسپین الکترون دیگر پایین است. بنا به نظریه‌ی کوانتوم پیش از انجام اندازه‌گیری الکترون نه در بالا و نه در پایین اسپین می‌کند، بلکه در حالتی بینایین است که در آن هم‌زمان در بالا و پایین اسپین می‌کند. (به محض انجام مشاهده، تابع موج «می‌رمد» و ذره را در حالتی مشخص قرار می‌دهد).

بعد اسپین یک الکترون را اندازه‌می‌گیریم. مثلاً اسپین بالاست. بدین ترتیب فوراً می‌دانیم که اسپین الکترون دوم پایین است. حتاً اگر الکترون‌ها سال‌های نوری از هم دور باشند به محض اندازه‌گیری اسپین الکترون اول فوراً از اسپین الکترون دوم خبردار می‌شویم. در واقع شما تندری از سرعت نور از این آگاه می‌شوید! چون این دو الکترون «در هم‌تینیده‌اند»، یعنی توابع موج آن‌ها در هماهنگی می‌تپند، توابع موج آن‌ها با «ریسمان» یا بند نافی نامربی به هم متصل‌اند. هر آنچه که بر سر یکی باید خودبه‌خود بر دیگری هم تاثیر می‌گذارد. (یعنی به مفهومی، آن‌چه که بر سر ما باید خودبه‌خود بر چیزهایی در فواصل دور دست گیتی هم‌زمان تاثیر می‌گذارد، چون توابع موج ما احتمالاً در آغاز زمان در هم‌تینیده بوده‌اند. تو گویی شبکه‌ای از در هم‌تینیدگی هست که گوشش‌های دور دست گیتی، شامل ما را به هم متصل می‌کند). اینشتین با تماسخر این را «جن‌زدگی از دور» نامید و به خیال خودش با این پدیده توانست «اثبات» کند که نظریه‌ی کوانتوم اشتباه است، چرا که چیزی نمی‌تواند تندری از سرعت نور حرکت کند.

اصولاً اینشتین آزمایش EPR را به عنوان منادی مرگ نظریه‌ی کوانتوم طرح ریزی کرد. ولی در دهه‌ی ۱۹۸۰ آلن آسپه و همکارانش در فرانسه این آزمایش را با دو آشکارساز به فاصله‌ی ۱۳ متر انجام دادند و

اسپین‌های فوتون‌های گسیل شده از اتم‌های کلسیم را اندازه گرفتند، و نتایج دقیقاً با نظریه‌ی کوانتوم همخوانی داشت. انگار خداوند با گیتی ناس‌بازی می‌کند.

آیا به راستی اطلاعات تندتر از نور حرکت می‌کنند؟ آیا اینشتین در این مورد که سرعت نور حد سرعت در گیتی است اشتباه می‌کرد؟ راستش خیر. اطلاعات تندتر از سرعت نور حرکت می‌کنند، ولی این اطلاعات تصادفی‌اند و در نتیجه به درد نخور. حتاً اگر اطلاعات تندتر از نور هم حرکت کنند، شما نمی‌توانید پیامی واقعی یا رمز مورس را از طریق آزمایش EPR ارسال کنید.

دانستن این که الکترونی در گوشه‌ای از گیتی اسپین پایین دارد اطلاعاتی بی‌فائده است. شما نمی‌توانید با این روش نرخ سهام را ارسال کنید. مثلاً گیریم که دوست شما همیشه به طور تصادفی یک لنگه جوراب قرمز و یک لنگه سبز می‌پوشد. حالا شما یک پا را بررسی می‌کنید و می‌بینید که جوراب آن قرمز است. حالا شما تندتر از سرعت نور می‌فهمید که لنگه‌ی دیگر سبز است. اطلاعات عملاً تندتر از نور انتقال یافته ولی این اطلاعات به درد نخور است. هیچ سیگنالی حاوی اطلاعات ناتصادفی را نمی‌شود با این روش ارسال کرد.

برای سال‌ها آزمایش EPR به عنوان مثالی از پیروزی قاطع نظریه‌ی کوانتوم علیه متقدانش به کار گرفته می‌شد، ولی این یک پیروزی توخالی، بدون هیچ پیامد عملی بود. البته تا الان.

### دورفرستی کوانتومی

در ۱۹۹۳ وقتی دانشمندان IBM به سرپرستی چارلز بنت نشان دادند که با آزمایش EPR به طور فیزیکی می‌شود اشیاء را دورفرستی کرد، دست‌کم در مقیاس اتمی، همه‌چیز تغییر کرد. (به بیان دقیق‌تر آن‌ها نشان دادند که می‌شود تمام اطلاعات گنجانده شده در یک ذره را دورفرستی کرد.) از آن هنگام فیزیکدان‌ها توانسته‌اند فوتون‌ها و حتاً یک اتم کامل سزیم را

دورفرستی کنند. چه بسا که دانشمندان در طی چند دهه بتوانند نخستین مولکول DNA و ویروس را دورفرستی کنند.

دورفرستی کوانتومی از برخی ویژگی‌های عجیب‌تر آزمایش EPR بهره می‌گیرد. در این آزمایش‌های دورفرستی فیزیکدان‌ها با دو اتم، A و C، کار را آغاز می‌کنند. گیریم که می‌خواهیم اطلاعات را از اتم A به اتم C دورفرستی کنیم. سپس اتم سومی، B، را وارد می‌کنیم که از آغاز با C درهم‌تнیده است، پس B و C همدوس‌اند. اکنون اتم A در تماس با اتم B قرار داده می‌شود. A به پویش B می‌پردازد، به طوری که اطلاعات موجود در اتم A به اتم B منتقل می‌شود. در این فرایند A و B درهم‌تнیده می‌شوند. اما از آنجا که B و C از آغاز درهم‌تнیده بودند، اطلاعات درون A اکنون به اتم C منتقل شده است. در نتیجه اتم A اکنون به درون اتم C دورفرستی شده است، یعنی، اکنون محتوای اطلاعات A با C یکسان است. توجه کنید که اطلاعات موجود در اتم A از بین رفته (بنابراین دو رونوشت پس از دورفرستی نداریم). یعنی هر کسی که فرضاً دورفرستی شود در این فرایند می‌میرد. ولی اطلاعات موجود در بدن وی در جایی دیگر پدیدار خواهد شد. هم‌چنین توجه داشته باشید که اتم A به مکان اتم C نرفته است. بلکه این اطلاعات درون A است (مثلاً اسپین و قطبش آن) که به C منتقل شده است. (این بدان معنا نیست که اتم A ناپدید شده و از جایی دیگر سر درآورده است. مفهوم آن این است که اطلاعات موجود در اتم A به اتمی دیگر C منتقل شده است).

از هنگام خبر این دستاورده، در اثر رقابت شدید بین گروه‌های مختلف برای پیش‌گرفتن از یکدیگر، پیشرفت کار بسیار سریع شده است. نخستین نمایش تاریخی دورفرستی کوانتومی که در آن فوتون‌های نور فرابنفش دورفرستی شدند در ۱۹۹۷ در دانشگاه اینسبروک انجام شد. در سال بعد پژوهشگران در کلتک با آزمایشی دقیق‌تر شامل دورفرستی فوتون‌ها این روند را پی‌گرفتند.

در ۲۰۰۴ فیزیکدان‌ها در دانشگاه وین توانستند ذرات نور را در فاصله‌ای ۶۰۰ متری در زیر رودخانه‌ی دانوب با استفاده از کابل فیبر نوری

دورفرستی کنند و رکوردهای برقی سازند. (طول خود کابل ۸۰۰ متر بود و در زیر سیستم فاضلاب شهری در زیر دانوب کشیده شده بود. فرستنده در یک سوی رود بود و گیرنده در سوی دیگر).

انتقاد صورت گرفته به این آزمایش‌ها آن است که آن‌ها با فوتون‌های نور انجام شده‌اند. این‌ها چیزی نیستند که در علمی تخیلی با آن‌ها مواجه می‌شویم. بنابراین هنگامی که در ۲۰۰۴ دورفرستی کوانتمی نه با فوتون‌ها که با اتم‌های واقعی انجام شد و ما را گامی به سیله‌ی دورفرستی واقع‌گرایانه‌تری نزدیک کرد، اتفاق مهمی رخ داد. فیزیکدان‌ها در انتیتوی ملی استانداردها و فناوری در واشنینگتن با موقفيت سه اتم بریلیم را در هم تبادل و خواص یک اتم را به دیگری منتقل کردند. این دستاوردهای آنچنان مهم بود که روی جلد مجله‌ی نیجر را به خود اختصاص داد. گروهی دیگر هم توانست اتم کلسیم را دورفرستی کند.

در ۲۰۰۶ نیز پیشرفت چشمگیر دیگری صورت گرفت، چرا که برای نخستین بار شیشه‌ی ماکروسکوپی در کار دخیل بود. فیزیکدان‌ها در انتیتو نیلس بور در کپنهاگ و انتیتو ماکس پلانک در آلمان توانستند باریکه‌ی نور را با گازی از اتم‌های سزیم در هم تبادل کنند، شاهکاری شامل تریلیون‌ها تریلیون اتم. سپس آنان اطلاعات موجود در اتم‌های سزیم را در طول فاصله‌ای تقریباً نیم متری ارسال کردند. یوجین پلزیک یکی از پژوهشگران می‌گوید «برای نخستین مرتبه دورفرستی بین نور - حامل اطلاعات - و اتم‌ها انجام شد».

### دورفرستی بدون درهم‌تبدیل‌گی

پیشرفت در دورفرستی به سرعت شتاب می‌گیرد. در ۲۰۰۷ دستاوردهای دیگر حاصل شد. فیزیکدان‌ها روشی برای دورفرستی بدون نیاز به در هم تبادل گی پیشنهاد کردند. به یاد داشته باشیم که در هم تبادل گی به تنها یک دشوارترین ویژگی دورفرستی است. حل این مسئله می‌تواند چشم‌اندازهایی تازه پیش روی دورفرستی بگشاید.

استون بردلی از شورای پژوهشی مرکز پیشرفت در اپتیک اتمی

کوانتومی استرالیا در بریزبن که پیشناز روش تازه‌ی دورفرستی است می‌گوید «ما داریم درباره‌ی باریکه‌ای متشکل از  $5,000$  ذره می‌گوییم که در یک مکان ناپدید و در مکانی دیگر پدیدار می‌شوند.»

او ادعا می‌کند «ما حس می‌کنیم که طرح ما اصولاً به مفهوم تخیلی نزدیک‌تر است.» در رهیافت آنان، وی و همکارانش باریکه‌ای از اتم‌های رویدیدم را گرفته، تمام اطلاعات آن‌ها را به باریکه‌ی نور تبدیل کرده، این باریکه را به کابل فیبر نوری فرستاده، و سپس باریکه‌ی اصلی اتم‌ها را در مکانی دورتر بازسازی می‌کنند. اگر ادعای وی درست باشد، این روش نخستین سنگ را از سر راه دورفرستی بر می‌دارد و شیوه‌هایی کاملاً جدید را برای دورفرستی اشیایی هرچه بزرگ‌تر در اختیار می‌گذارد.

برای تمایز این روش جدید با دورفرستی کوانتومی، دکتر بردلی روش خود را «دورفرستی کلاسیک» می‌نامند. (این نام تا حدی گمراه‌کننده است چرا که روش او نیز شدیداً به نظریه‌ی کوانتوم، ولی نه درهم‌تنیدگی، وابسته است).

کلید این نوع دورفرستی بدیع حالت جدیدی از ماده موسوم به «چگالیده‌ی بوز – اینشتین» (BEC) است، که یکی از سردرین موادی است که در تمام گیتی وجود دارد. در طبیعت سردرین دما در فضای بیرونی یافت می‌شود؛  $3K$  بالای صفر مطلق. (این ناشی از گرمای بازمانده از بیگ‌بنگ است، که هنوز هم گیتی را پر کرده است). ولی BEC یک میلیونیوم تا یک میلیاردیم درجه بالای صفر مطلق است، دمایی که تنها می‌شود در آزمایشگاه با آن روبه‌رو شد.

وقتی شکل‌های مشخصی از ماده تا نزدیک صفر مطلق سرد شوند، اتم‌های آن‌ها سریعاً به پاییترین حالت انرژی فرو می‌افتدند، به طوری که تمام اتم‌های آن‌ها در هماهنگی ارتعاش می‌کنند و همدوس می‌شوند. توابع موجی تمام اتم‌ها همپوشانی می‌کند، به طوری که BEC به گونه‌ای، شبیه به یک «ابراتم» گنده می‌شود، که در آن تمام اتم‌ها در هماهنگی ارتعاش می‌کنند. این حالت عجیب از ماده توسط اینشتین و ساتین درانات

بوز در ۱۹۲۵ پیش‌بینی شد اما تا زمانی که سرانجام BEC در ۱۹۹۵ در آزمایشگاه MIT و دانشگاه کلرادو ساخته شد، هفتاد سال گذشت. کارکرد وسیله‌ی دورفرستی بردلی و همکارانش بدین صورت است. نخست آنان با مجموعه‌ای از اتم‌های رویدیدم ابرسرد در حالت BEC آغاز می‌کنند. سپس آنان باریکه‌ای از ماده را درون BEC می‌فرستند (که آن نیز از اتم‌های رویدیدم ساخته شده). اتم‌های درون باریکه نیز سریعاً به پاییترین حالت انرژی خود می‌روند، به طوری که اضافه انرژی را به صورت تپی از نور رها می‌کنند. سپس باریکه نور حاصل به درون کابل فیبر نوری می‌رود. این باریکه نور دربرگیرنده‌ی تمام اطلاعات کوانتمی لازم برای تشریح باریکه اولیه ماده است (مانند مکان و سرعت تمام اتم‌های آن). بعد این باریکه نور به BEC دیگری برخورد می‌کند که درنتیجه باریکه نور را به باریکه ماده اصلی تبدیل می‌کند.

این شیوه‌ی تازه‌ی دورفرستی بسیار نویدبخش است، چرا که شامل درهم‌تنیدگی اتم‌ها نیست. ولی این روش هم دشواری‌های خود را دارد. نخست این که بسیار به خواص BEC‌ها وابسته است که ساخت آن‌ها در آزمایشگاه سخت است. گذشته از آن خواص BEC‌ها کاملاً عجیب غریب است، زیرا آن‌ها طوری رفتار می‌کنند که گویی یک اتم گنده هستند. در اصل اثرات کوانتمی عجیبی را که تنها در سطح اتمی شاهدیم می‌توانیم با چشم غیر مسلح با BEC مشاهده کنیم. زمانی این امکان ناپذیر تصور می‌شد.

کاربرد عملی فوری BEC‌ها ساخت «لیزرهای اتمی» است. البته لیزرها بر پایه‌ی باریکه‌های همدوس فوتون‌هایی‌اند که در هماهنگی ارتعاش می‌کنند. ولی BEC مجموعه‌ای از اتم‌هایی است که در هماهنگی ارتعاش می‌کنند، پس می‌شود باریکه‌هایی از اتم‌های BEC ساخت که همگی همدوس باشند. به زبان دیگر BEC می‌تواند همتای لیزر را ایجاد کند، لیزر اتمی یا لیزر ماده، که از اتم‌های BEC ساخته شده است. کاربردهای تجاری لیزرها بی‌شمارند، و کاربردهای تجاری لیزرهای اتمی نیز می‌توانند به همان اندازه ژرف باشد. ولی چون BEC‌ها تنها در دماهایی درست

بالای صفر مطلق وجود دارند، پیشرفت در این زمینه هرچند آهسته ولی پیوسته خواهد بود.

با دانستن پیشرفت‌های به دست آمده بالاخره کی می‌توان انتظار داشت که بتوانیم خودمان را دورفرستی کنیم؟ فیزیکدان‌ها امید دارند که در سال‌های آتی مولکول‌های پیچیده را دورفرستی کنند. پس از آن شاید DNA یا حتا چه بسا ویروسی، طی دهه‌های آینده دورفرستی مولکول شود. در اصل چیزی وجود ندارد که از دورفرستی انسان جلوگیری کند، درست مثل فیلم‌های علمی تخلیلی، ولی مشکلات فنی پیش روی چنین شاهکاری بی‌تردید بسیارند. تنها برقراری همدوسی بین فوتون‌های ریز نور و اتم‌های منفرد، برخی از برترین آزمایشگاه‌های فیزیک در دنیا را به خود مشغول کرده است. برقراری همدوسی کوانتمومی اشیای واقعاً ماکروسکوپی، مثل یک آدم، بی‌تردید مدت‌های مديدة به طول می‌کشد. راستش احتمالاً قرن‌های متمادی یا حتا بیش‌تر طول می‌کشد تا بتوان اشیای عادی را دورفرستی کرد – تازه اگر بشود.

### کامپیوترهای کوانتمومی

در نهایت سرنوشت دورفرستی کوانتمومی ارتباطی تنگاتنگ با سرنوشت ساختن کامپیوترهای کوانتمومی دارد. هر دوی این‌ها از فیزیک کوانتمومی یکسان و فناوری مشابه‌ای بهره می‌گیرند، پس رشد یکی از این دو زمینه بر دیگری تاثیر می‌گذارد. شاید روزی کامپیوترهای کوانتمومی جایگزین کامپیوترهای دیجیتالی آشنایی شوند که بر روی میزهای ما قرار دارند. راستش آینده‌ی اقتصاد جهانی چه بسا روزی به چنین کامپیوترهایی بستگی پیدا کند، پس علاقه‌ی تجاری زیادی به این فناوری‌ها وجود دارد. با آمدن فناوری‌های جدید برجاسته از کامپیوترهای کوانتمومی شاید روزی سیلیکن ولی از رونق بیفتد و تبدیل به راستبلت<sup>۱</sup> شود.

<sup>۱</sup> Rust Belt ناحیه‌ای در شمال آمریکا که بسیاری از صنایع بزرگ مانند فولاد و خودروسازی در آن به دلیل عدم بهره‌وری به تعطیلی کشیده شدند – م.

کامپیوترهای عادی در سیستم دودویی  $0$  و  $1$ ، موسوم به بیت، محاسبه می‌کنند. ولی کامپیوترهای کوانتمی به مراتب توانمندترند. آن‌ها می‌توانند بر حسب کیوبیت محاسبه کنند که می‌تواند مقادیری بین  $0$  و  $1$  بگیرد. اتمی را در نظر بگیرید که در میدانی مغناطیسی قرار دارد و مانند فرفره‌ای به دور خود می‌چرخد، پس محور اسپین آن می‌تواند یا بالا یا پایین باشد. عقل سلیم می‌گوید که اسپین این اتم یا بالاست یا پایین، ولی هم زمان هر دو نیست. ولی در جهان عجیب کوانتم این اتم به صورت مجموع دو حالت توصیف می‌شود، مجموع اتمی با اسپین بالا و اتمی با اسپین پایین. در جهان شگفت‌انگیز کوانتم هر شئ با مجموع تمام حالت‌های ممکن توصیف می‌شود (اگر بخواهیم اشیاء بزرگ مانند گربه را در زیان کوانتم توصیف کنیم باید توابع موج گربه زنده و مرده را با هم جمع کنیم، پس گربه نه مرده و نه زنده است، این را به تفصیل در فصل ۱۳ شرح خواهم داد).

اکنون رشته‌ای از اتم‌های قرارگرفته در میدان مغناطیسی را با اسپین هم راستا در یک جهت تصور کنید. اگر باریکه‌ای لیزر به این رشته اتم‌ها تابانده شود، باریکه‌ی لیزر از روی این مجموعه اتم‌ها بازمی‌تابد و محور اسپین برخی از اتم‌ها را وارون می‌کند. با اندازه‌گیری تفاوت بین باریکه‌ی لیزر ورودی و خروجی دست به «محاسبه‌ی» کوانتمی پیچیده‌ای شامل وارونی اسپین‌های بسیاری زده‌ایم.

کامپیوترهای کوانتمی هنوز در دوران نوزادی‌اند. رکورد جهانی برای محاسبه‌ی کوانتمی  $15 = 5 \times 3$  است، محاسبه‌ای که در مقابل ابرکامپیوترهای امروزی خنده‌دار است. هم دورفرستی کوانتمی و هم کامپیوترهای کوانتمی از ضعف مرگبار یکسانی برخوردارند: همدوسر نگهداشتن مجموعه‌ی بزرگی از اتم‌ها. اگر از پس این مشکل برآییم، دستاوری بزرگ در هر دو زمینه حاصل خواهد شد.

CIA و دیگر سازمانهای مخفی به شدت به کامپیوترهای کوانتمی علاقه‌مندند. بسیاری از رمزهای سری جهان به «کلیدی» که یک عدد صحیح بسیار بزرگ است، و توانایی در فاکتورگیری آن به اعداد اول،

بستگی دارد. اگر این کلید حاصلضرب دو عدد، هر کدام با یک صد رقم، باشد، آن‌گاه شاید یافتن این دو فاکتور از ابتدا برای کامپیوتر دیجیتالی بیش از یک صد سال زمان ببرد. چنین رمزی اصولاً امروز نشکستنی است. ولی در ۱۹۹۴ پیتر شور از آزمایشگاه‌های بل نشان داد که فاکتورگیری اعداد بزرگ برای کامپیوتر کوانتمی بازیچه‌ای بیش نیست. این کشف فوراً علاقه‌ای جامعه‌ی اطلاعاتی را برانگیخت. در اصل کامپیوتر کوانتمی می‌تواند تمام رمزهای جهان را بشکند و سیستم‌های کامپیوتری سری امروزین را کاملاً به زانو در آورد. نخستین کشوری که بتواند چنین سیستمی بسازد قادر خواهد بود که از محروم‌ترین اسرار دیگر ملت‌ها و سازمان‌ها رمزگشایی کند.

برخی دانشمندان گمان می‌زنند که در آینده اقتصاد جهان به کامپیوترهای کوانتمی وابسته خواهد بود. انتظار می‌رود که کامپیوترهای دیجیتالی سیلیسیمی در حدود ۲۰۲۰ به حد فیزیکی توان محاسباتی خود برسند. چنان‌چه قرار بر پیشرفت فناوری باشد به نسل تازه و توانمندتری از کامپیوترها نیاز پیدا می‌کنیم. برخی افراد به بررسی امکان‌پذیری بازآفرینی توان مغز آدمی با کامپیوترهای کوانتمی مشغول‌اند.

بنابراین کاری مخاطره‌آمیز در پیش است. چنان‌چه بتوان مشکل همدوسی را حل کرد، نه تنها شاید چالش دورفرستی را از پیش رو برداریم؛ بلکه شاید توانایی پیش‌بردن همه نوع فناوری به شیوه‌های نامتصور را با کامپیوترهای کوانتمی به دست آوریم. این دستاورد آن‌چنان مهم است که در فصل‌های بعد دوباره به آن خواهم پرداخت.

همانگونه که قبل خاطر نشان کردم، برقراری همدوسی در آزمایشگاه بسیار دشوار است. ظرفیت‌رین ارتعاش می‌تواند همدوسی دو اتم را بر هم بزند و محاسبه را از کار بیندازد. امروزه نگداشتن همدوسی بین فقط یک مشت اتم بسیار سخت است. اتم‌هایی که در ابتدا هم فازند در عرض چند نانوثانیه یا در بهترین حالت یک ثانیه شروع به ناهمدوسی می‌کنند. دورفرستی باید بسیار سریع انجام شود، پیش از آن‌که اتم‌ها شروع به

ناهمدوسی کنند. بدین ترتیب مانع دیگری بر سر راه محاسبه و دورفرستی کوانتمی قرار می‌گیرد.

با وجود تمام این چالش‌ها، دیوید دویچ از دانشگاه آکسفورد بر این باور است که می‌توان بر این دشواری‌ها چیره شد: «با خوش‌آقبالی و به یاری پیشرفت‌های نظری اخیر [ساخت کامپیوتر کوانتمی] حداقل ۵۰ سال دیگر طول می‌کشد.... این شیوه‌ای کاملاً تازه برای بهره‌گیری از طبیعت است.»

برای ساخت کامپیوتر کوانتمی به دردخور لازم است که صدها میلیون اتم داشته باشیم که در همانگی ارتعاش کنند، کاری که فراتر از توانایی‌های امروزین است. دشواری‌های دورفرستی کاپیتان کِرک که دیگر سر به فلک می‌زند. برای چنین کاری لازم است با دوقلوی کاپیتان کِرک یک درهم‌تنیدگی کوانتمی ایجاد کنیم. حتا با نانوفتاوری و کامپیوترهای پیشرفته هم بررسی چگونگی انجام این کار دشوار است.

پس دورفرستی در سطح اتمی وجود دارد، و چه بسا که سرانجام مولکول‌های پیچیده و حتا آلی را طی چند دهه دورفرستی کنیم. ولی برای دورفرستی اشیای ماکروسکوپی مجبوریم که چندین دهه تا قرن‌ها، یا حتا بیش‌تر، صبر کنیم تا شاید روزی به راستی امکان‌پذیر شود. بنابراین دورفرستی مولکول‌های پیچیده، شاید حتا ویروس یا یاخته‌ی زنده، شایسته‌ی عنوان امکان‌نایابی رده‌ی ۱ است، چیزی که شاید در این سده ممکن شود. ولی دورفرستی انسان، هرچند با قوانین فیزیک مجاز است، شاید چندین سده بعد از آن طول بکشد، با این گمان که اگر اصولاً امکان‌پذیر باشد. بدین ترتیب این نوع دورفرستی را در امکان‌نایابی رده‌ی ۲ می‌گذارم.

## تله پاتی

### ۵ فصل

اگر در طول روز به چیزی عجیب بر نخوردید روز خوبی نداشته‌اید.

— جان ویلر

تنهای کسانی که به یاوره می‌پردازند به ناممکن دست خواهند یافت.

— ام سی. اثیر

رمان / سکن نوشته‌ی ای. ای. ون فُگت به توانایی عظیم و ژرفترین هراس ما درباره‌ی قدرت تله‌پاتی می‌پردازد. جیمی کراس، قهرمان داستان یک «اسلن» است، نژادی رویه نابودی از تله‌پات‌های ابرهوشمند.

والدین وی از سوی دارودسته‌های خشمگین آدم‌ها، که از همه‌ی تله‌پات‌ها وحشت و نفرت دارند، وحشیانه کشته شده‌اند، زیرا قدرت بی‌حد آنان می‌تواند در خصوصی‌ترین و پنهان‌ترین اندیشه‌های مردم نفوذ کند. آدم‌های بی‌ترحم، اسلن‌ها را همانند جانوران شکار می‌کنند. شناسایی آنان از روی دسته‌موبی مجدد که از سرشان بیرون زده بسیار آسان است. در طول کتاب، جیمی می‌کوشد با دیگر اسلن‌هایی تماس برقرار کند که

ممکن است برای فرار از دست انسان‌های مصمم به نابودی آنان، به فضا گریخته باشند.

از نظر تاریخی خواندن ذهن آنچنان با اهمیت تلقی شده است که غالباً به خدایان نسبت داده شده است. یکی از بنیادی‌ترین توانایی‌های هر خدایی قابلیت خواندن ذهن ما و بنابراین پاسخ‌دادن به درونی‌ترین دعاهای ما بوده است. تله‌پات واقعی که بتواند به دلخواه ذهن‌ها را بخواند می‌تواند به آسودگی به مرغه‌ترین و توانمندترین آدم روی زمین تبدیل شود؛ او قادر است وارد ذهن بانکداران وال استریت شود یا از رقبیان خود اخاذی کند و آنان را به کارهای ناخواسته وادارد. وی خطری برای امنیت دولت‌ها خواهد بود. او می‌تواند بی‌هیچ تلاشی حساس‌ترین اسرار هر ملتی را به چنگ آورد. مانند اسلن‌ها، وی می‌تواند هراسناک باشد و از میان برداشته شود.

توان بی‌اندازه‌ی تله‌پات واقعی در مجموعه‌ی تاثیرگذار بنیاد نوشته‌ی ایزاک آسیموف، که اغلب از آن به عنوان یکی از برجسته‌ترین کارهای علمی تخیلی تمام دوران یاد می‌شود، به تصویر کشیده شد. امپراتوری کهکشانی با حکومتی هزاران ساله در آستانه‌ی سرنگونی و فروپاشی است. انجمانی زیرزمینی از دانشمندان، موسوم به بنیاد دوم، از معادلاتی پیچیده برای پیش‌بینی این‌که سرانجام امپراتوری فرومی‌پاشد و تمدن را به قهرمانی سی هزار ساله فرو می‌برد استفاده می‌کند. این دانشمندان برای کاهش فروپاشی تمدن به تنها چند هزار سال، بر اساس معادلات‌شان نقشه‌ای زیرکانه بی‌می‌ریزنند. ولی بعداً فاجعه از راه می‌رسد. معادلات هوشمندانه‌ی آنان از پیش‌بینی یک رویداد بازمی‌ماند، به دنیا آمدن باشنده‌ای جهش‌یافته به نام میول، کسی که قادر به کنترل اذهان در فواصلی طولانی است و بنابراین می‌تواند کنترل امپراتوری کهکشانی را در دست بگیرد. کهکشان محکوم به فروگلاییدن در آشوب و هرج و مرجی سی هزار ساله است مگر آن‌که بتوان این تله‌پات را از پا در آورد.

گرچه علمی تخیلی پر است از داستان‌هایی خیال‌پردازانه درباره‌ی تله‌پات‌ها، واقعیت از این حرف‌ها به دور است. چون اندیشه خصوصی و

نامری است، قرن‌هاست که شیادها و کلاهبرداران از وجود آدمهای ساده‌لوح و زودباور سود برده‌اند. استفاده از یک دستیار - کسی که در میان جمعیت نشسته است و ذهن وی توسط ذهن‌باور «خوانده» می‌شود - یک کلک صحنه‌ای معمولی شعبده‌بازان و ذهن‌باوران است.

در واقع شغل شعبده‌بازان و ذهن‌باوران متعددی بر اساس «حقه‌ی کلاه» مشهور بوده است. در اینجا افراد پیام‌هایی خصوصی را بر روی تکه‌های کاغذی می‌نویسنند و بعد آن‌ها را درون کلاهی می‌گذارند. سپس شعبده‌باز به شنوندگان می‌گوید که در هر تکه کاغذ چه نوشته شده است و افراد را متعجب می‌کند. برای این کلک زیرکانه، توصیفی ساده وجود دارد (به یادداشت‌ها بنگرید).

یکی از مشهورترین موارد تله‌پاتی، نه شامل دستیار انسانی بلکه یک جانور بود؛ هانس زیله، اسبی شگفت‌انگیز که مخاطبین اروپایی را در ۱۸۹۰ به وجود می‌آورد. هانس زیله، در برابر شگفتی تماشاچیان، می‌توانست دست به محاسبات پیچیده‌ی ریاضی بزند. اگر مثلاً از هانس زیله می‌پرسیدید که ۴۸ را بر ۶ تقسیم کند، اسب سم خود را ۸ مرتبه بر زمین می‌زد. در واقع هانس زیله می‌توانست ضرب، تقسیم، جمع کسری، هجی‌کردن، و حتاً شناسایی نت‌های موسیقی را انجام دهد. دوست‌داران هانس زیله اظهار داشتند که یا او از بسیاری از انسان‌ها هوشمندتر است یا این‌که می‌تواند با تله‌پاتی ذهن آدمها را بخواند.

ولی هانس زیله نتیجه‌ی نوعی کلک زیرکانه نبود. توانایی بسیارهای هانس زیله در انجام عملیات حساب، حتاً مربی‌اش را هم گمراه کرد. در ۱۹۰۴ روان‌شناس بر جسته پرسور سی. اشترومپف برای بررسی و تحلیل این اسب فراخوانده شد و نتوانست هیچ مدرک آشکاری مبنی بر نیرنگ یا اشاره‌ی مخفیانه به آن اسب بیابد، و در آخر هم به خیل مشتاقان هانس زیله پیوست. با این حال سه سال بعد دانشجوی اشترومپف، روان‌شناس اسکار پفونگست، دست به آزمون‌هایی سختگیرانه‌تر زد و سرانجام به راز هانس زیله پی‌برد. تمام آن چیزی که وی مشاهده کرد عبارت بود از تغییرات ظریف چهره‌ی مربی اسب. تا زمانی که حالت چهره‌ی مربی

اندکی تغییر می‌کرد اسب به کوییدن سم ادامه می‌داد و سپس از این کار دست می‌کشید. هانس زیله نمی‌توانست ذهن آدم‌ها را بخواند یا محاسبات ریاضی انجام دهد؛ او تنها مشاهده‌گری تیزبین از چهره‌ی آدم‌ها بود.

در تاریخ مدون سخن از دیگر جانوران «تلهپاتیک» نیز میان آمده است. در ۱۵۹۱ می‌باشد به نام موراکو در انگلستان شهره خاص و عام شد و با انتخاب افراد از میان تماشاچیان، اشاره به حرف الفباء، و جمع‌زدن دو تام، برای صاحبیش حسابی پول در آورد. آن‌چنان غوغایی در انگلستان برپا شد که شکسپیر در نمایشنامه‌ی Love's Labour's Lost آن را با عنوان «اسپ رقصان» جاودانه ساخت.

به گونه‌ای محدود قماربازان هم می‌توانند ذهن آدم‌ها را بخوانند. معمولاً وقتی شخصی چیزی خوشایند ببیند مردمک چشم او گشاد می‌شود. ولی وقتی چیزی ناخوشایند ببینند (یا محاسبه‌ای ریاضی انجام دهد) مردمک تنگ می‌شود. قماربازان می‌توانند با دیدن گشاد و تنگ شدن چشم بازیگر روبه‌رو، احساسات را از روی چهره‌ی خونسرد آنان بخوانند. به همین دلیل است که اغلب قماربازان عینک آفتابی به چشم می‌زنند تا مردمکشان را مخفی نگه دارند. هم‌چنین می‌شود باریکه‌ی لیزر برگشتی از مردمک چشم آدم را برای مکانی که بازتابیده تحلیل کرد و در نتیجه دقیقا تعیین کرد که فرد به کجا می‌نگرد. با تحلیل حرکت نقطه‌ی بازتابیده نور لیزر می‌توان تعیین کرد که یک فرد چگونه تصویری را می‌پوید. سپس با ترکیب کردن این دو فناوری می‌توان وقتی کسی تصویری را می‌پوید، مخفیانه، به واکنش احساسی آن شخص پی برد.

### پژوهش‌های وراحسی

نخستین مطالعات علمی تلهپاتی و دیگر پدیده‌های پارانormal توسط انجمن پژوهش‌های وراحسی صورت گرفت که در ۱۸۸۲ در لندن بنانهاده شد. (جمله‌ی «تلهپاتی ذهنی» در آن سال توسط اف. دبلیو. مایرز، عضو این انجمن باب شد.) برخی از برجسته‌ترین چهره‌های سده‌ی نوزدهم از روسای پیشین این انجمن بودند. این انجمن که امروز هم وجود دارد،

توانست ادعاهای متقابلانه‌ی زیادی را بر ملا کند، ولی اغلب بین روح باوران، که کاملاً معتقد به پارانرمال بودند، و دانشمندان، که مطالعه‌ی علمی جدی را طلب می‌کردند، تقسیم می‌شد.

یکی از پژوهشگران مرتبط با این انجمن، دکتر جوزف بنکس راین بود که نخستین مطالعه‌ی اسلوبمند و موشکافانه‌ی پدیده‌های وراحسی را در ۱۹۲۷ در آمریکا آغاز کرد و بنیاد انتسیتو راین (امروز با نام مرکز پژوهشی راین) را در دانشگاه دوک در کارولینای شمالی بنا نهاد. برای ده‌ها سال وی و همسرش، لوییزا، برخی از نخستین آزمایشات کنترل شده‌ی علمی را در آمریکا بر روی انواع گستره‌های از پدیده‌های پیراروانشناختی انجام دادند و آن‌ها را در مجله‌های بازبینی همتا منتشر کردند. این راین بود که عنوان «دریافت فراحسی» (ESP) را برای نخستین بار در کتاب‌هایش باب کرد.

در واقع آزمایشگاه راین واضح استاندارد برای پژوهش‌های وراحسی بود. یکی از همکاران وی، دکتر کارل زیر، مجموعه کارتی پنج نمادی، معروف به کارت‌های زیر را برای تحلیل قدرت‌های تله‌پاتی ابداع کرد. بخش اعظم نتایج، مطلقاً هیچ مدرکی از تله‌پاتی ارائه نکرد. ولی بخش اندکی از آزمایشات گویی نشانگر همبستگی کوچک و لی چشمگیری در داده‌ها بود که نمی‌شد آن‌ها را با شانس محض توضیح داد. مشکل در این بود که نتایج این آزمایشات غالباً توسط دیگر پژوهشگران به دست نمی‌آمد.

گرچه راین کوشید تا به لحاظ قاطعیت شهرتی دست و پا کند، شهرت وی تا حدی در مواجهه با اسیبی به نام لیدی واندر خدشه‌دار شد. این اسیب می‌توانست کارهای بسیار جالب تله‌پاتی را انجام دهد، از جمله کوبیدن بر روی بلوك‌های اسباب‌بازی الفبا و در نتیجه هجی‌کردن واژه‌هایی که تماشاچیان به آن می‌اندیشیدند. انگار راین چیزی راجع به اثر هانس زبله نمی‌دانست. راین در ۱۹۲۷ لیدی واندر را تا حدی به طور مفصل بررسی کرد و نتیجه گرفت «بنابراین تنها چیزی که باقی می‌ماند توصیفی تله‌پاتیک است، انتقال تاثیرگذاری ذهنی با فرایندی ناشناخته. چیزی برای نقض این

گفته یافت نشد و بر حسب نتایج، دیگر فرضیه‌ها معقول به نظر نمی‌رسند». بعدها میلبورن کریستوفر پرده از منبع واقعی قدرت تله‌پاتی لیدی واندر برداشت: حرکات ظریف تازیانه که در دستان صاحب لیدی واندر بود. حرکات ظریف تازیانه سرنخی برای لیدی واندر بود تا دست از کوییدن سم بردارد. (اما حتاً پس از برملashدن منبع واقعی قدرت لیدی واندر، راین از این اعتقاد دست برداشت که آن اسب به راستی تله‌پاتیک بود، ولی تاحدی قدرت تله‌پاتیک خود را از دست داده و صاحبش را مجبور به دست‌زنن به حیله کرده بود).

با این حال هنگامی که وی در آستانه‌ی بازنشستگی بود، شهرت راین آخرین ضربه‌ی مهلك را دریافت کرد. او به دنبال جانشینی با شهرت خدشه‌نیافته برای ادامه‌ی کار انسٹیتوی خود بود. دکتر والتر لوی که او در ۱۹۷۳ استخدام کرده بود نامزدی مناسب به نظر می‌رسید. دکتر لوی، ستاره‌ای نوظهور در این زمینه بود، و نتایج مطالعه‌ای شورانگیز را گزارش کرده بود که نشان می‌داد موش‌ها می‌توانند با تله‌پاتی، مولد اعداد تصادفی کامپیوتر را تغییر دهند. با این حال کارکنان بدین آزمایشگاه کشف کردند که دکتر لوی شب‌ها برای دستبردن در نتایج گرفته شد. آزمون‌های بیشتر نشان داد که موش‌ها اصلاً هیچ قدرت تله‌پاتیکی ندارند، و دکتر لوی با خفت و خواری مجبور شد به استفاده از انسٹیتو تن دهد.

### تله‌پاتی و درگاه ستارگان

در اوج جنگ ستارگان علاقه به پارائزمال به طرزی جنون‌آور افزایش یافت، در آن دوران تعداد آزمایشات مخفیانه بر روی تله‌پاتی، کترل ذهن، و دورنگری بی‌شمار بود. (دورنگری عبارت است از «نگریستن» به مکانی دور دست تنها با ذهن، با خواندن ذهن دیگران). درگاه ستارگان نام رمز تعدادی از مطالعات با پشتیبانی CIA بود (مثلاً پرتو خورشید، آتش جام، و راه اصلی). کارها در حدود ۱۹۷۰ آغاز شد زمانی که CIA نتیجه گرفت که شوروی سالیانه ۶۰ میلیون روبل بر روی پژوهش‌های «سايكوترونیک»

هزینه می‌کند. نگرانی از این بود که شوروی‌ها از ESP برای مکانیابی زیردریایی‌ها و تاسیسات نظامی آمریکا، شناسایی جاسوسان، و خواندن اسناد محرمانه استفاده کنند.

تامین مالی پروژه‌های CIA در ۱۹۷۲ شروع شد، و راسل ترگ و هرولد پوتهوف از انتیتوی پژوهشی استنفورد (SRI) در منلو پارک سرپرستان آن بودند. در آغاز آنان به دنبال آموزش دادن گروه منتخبی از وراحسگران بودند تا بتوانند در «زرادخانه‌ی وراحسی» گنجانده شوند. در بیش از دو دهه، ایالات متحده ۲۰ میلیون دلار بر روی درگاه ستارگان هزینه کرد، با بیش از چهل کارمند، بیست و سه دورنگر، و سه وراحسگر در فهرست حقوق بگیرها.

تا ۱۹۹۵ با بودجه‌ی ۵۰۰,۰۰۰ دلار در سال، CIA صدھا پروژه‌ی گردآوری اطلاعات شامل هزاران جلسه‌ی دورنگری را انجام داده بود. بهویژه از دورنگرها خواسته شد تا

- مکان سرهنگ قذافی را پیش از بمیاران ۱۹۸۶ لبی تعیین کنند
- ذخیره‌ی پلوتونیم کره‌ی شمالی را در ۱۹۹۴ بیابند
- مکان گروگان ریوده شده توسط بربگاد سرخ در ایتالیا را در ۱۹۸۱ تعیین کنند
- مکان بمباونکن TU-۹۵ شوروی را که در آفریقا سقوط کرده بود تعیین کنند

در ۱۹۹۵ CIA از انتیتو پژوهشی آمریکا (AIR) خواست تا به ارزیابی این برنامه‌ها بپردازد. AIR توصیه کرد به این برنامه پایان داده شود. دیوید گالسلین از AIR نوشت «هیچ مدرک مستندی که دارای ارزشی برای جامعه‌ی اطلاعاتی باشد وجود ندارد.»

هواداران درگاه ستارگان لاف زدند که در طول سال‌ها آن‌ها به نتایج «هشت مارتینی» دست یافته‌اند (نتیجه‌گیری‌هایی آنچنان بی‌برو برگرد که برای سرحال آمدن باید هشت مارتینی بالا انداخت). با این حال متقدان پافشاری کردند که بخش اعظم دورنگری به غیر از مشتبی اطلاعات بی‌ارزش و نامربوط، و هدردادن پول مالیات‌دهندگان حاصلی نداشته است

و آن چند «نتیجه‌ی» حاصل شده هم مبهم و آنچنان کلی اند که نمی‌تواند در هیچ وضعیتی به کار گرفته شود. گزارش AIR تاکید می‌کرد که تاثیرگذارترین «موفقیت‌های» درگاه ستارگان شامل دورنگرهایی بوده که از پیش نسبت به عملیاتی که انجام می‌دادند چیزهایی می‌دانستند، و بنابراین شاید دست به حدس‌هایی قریب به یقین زده‌اند که معقول به نظر می‌رسد. در انتهای CIA نتیجه گرفت که درگاه ستارگان حتاً یک نمونه از اطلاعاتی را که به انجام عملیات اطلاعاتی سازمان یاری رسانده باشد را ائمه نکرده است و لذا به این پروژه پایان داد. (شایعاتی وجود دارد که CIA از دورنگرها برای تعیین مکان صدام حسین در جنگ خلیج فارس استفاده کرده است، هرچند که تمام این کارها پوچ بود.)

### اسکن‌های مغز

در همان زمان دانشمندان داشتند اندک اندک مقداری از فیزیک نهفته در پشت کارکرد مغز را می‌فهمیدند. در سده‌ی نوزدهم دانشمندان تصور کردند که سیگنال‌های الکتریکی در درون مغز انتقال می‌یابد. در ۱۸۷۵ ریچارد کاتن کشف کرد که با گذاردن الکترودهایی بر روی پوست سر می‌شود سیگنال‌های ظریف گسیل شده توسط مغز را آشکارسازی کرد. سرانجام این منجر به اختراع الکتروانسفالوگرام (EEG) شد.

در اصل مغز فرستنده‌ای است که در آن اندیشه‌های ما به صورت سیگنال‌های ظریف الکتریکی و موج‌های الکترومغناطیسی انتشار می‌یابد. ولی استفاده از این سیگنال‌ها برای خواندن اندیشه‌های یک نفر با دشواری‌هایی روبروست. نخست این سیگنال‌ها بسیار ضعیف‌اند، در گستره‌ی میلی‌وات. دوم این سیگنال‌ها در هم برهمن‌اند، و عمدتاً تمایزن‌ناپذیر از نویز تصادفی. تنها اطلاعاتی خام درباره اندیشه‌های ما را می‌توان از این شلوغی بیرون کشید. سوم مغز ما قادر به گرفتن سیگنال‌های مشابه آمده از دیگر مغزها توسط این سیگنال‌ها نیست؛ یعنی ما قادر آتن هستیم. سرانجام حتاً اگر بتوانیم این سیگنال‌های ضعیف را بگیریم نمی‌توانیم

آن‌ها را رمزگشایی کنیم. با استفاده از فیزیک عادی نیوتونی و مکسولی، تله‌پاتی از طریق رادیو ناشدنی به نظر می‌رسد.

برخی بر این باورند که شاید تله‌پاتی توسط نیروی پنجمی، موسوم به نیروی «سای»، انجام‌شدنی باشد. ولی حتاً هوداران پیراروان‌شناسی هم اذعان می‌کنند که آنان هیچ مدرک عینی و تکرارپذیری از این نیروی سای در دست ندارند.

ولی این پرسش را کماکان باقی نگه می‌دارد: درباره‌ی تله‌پاتی با نظریه‌ی کوانتم چه می‌شود گفت؟

در دهه‌ی گذشته دستگاه‌های کوانتمی تازه‌ای عرضه شده‌اند که برای نخستین بار در تاریخ، به ما امکان داده‌اند که به مغز در حال اندیشیدن بینگریم، اسکن‌های مغز PET (توموگرافی با گسیل پوزیترون) و MRI (تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی) پیشگامان این انقلاب کوانتمی‌اند. اسکن PET با تزریق قند رادیواکتیو در خون انجام می‌شود. این قند تا حدی در مغزی که با فرایند اندیشیدن فعال می‌شود و نیاز به انرژی دارد، تمرکز می‌یابد. قند رادیواکتیو پوزیترون‌هایی (پادالکترون) گسیل می‌کند که به سادگی با دستگاه آشکارسازی می‌شوند. بدین ترتیب با ردگیری الگوی ساخته‌شده توسط پادماده در مغز زنده، می‌توان الگوهای اندیشه را ردگیری کرد و دقیقاً گفت که چه بخش‌هایی از مغز به چه فعالیتی مشغول‌اند.

ماشین MRI به طریق مشابه ولی دقیق‌تر عمل می‌کند. سر بیمار درون میدان آهنربایی دونات‌شکلی گذاشته می‌شود. میدان مغناطیسی هسته‌ی اتم‌ها در مغز را به موزات خطوط میدان هم‌راستا می‌کند. تپی رادیویی به بیمار فرستاده می‌شود و هسته‌ها را به جنبش وامی دارد. وقتی هسته‌ها جهتگیری را وارون کنند، «پژواک» رادیویی ظرفی گسیل می‌کنند که قابل آشکارسازی است، در نتیجه از حضور ماده‌ای خاص خبر می‌دهند. مثلاً فعالیت مغز به مصرف اکسیژن مرتبط است، پس ماشین MRI می‌تواند فرایند اندیشیدن را با تمرکز بر مصرف خون اکسیژن‌دار مشخص کند. غلظت بیش‌تر خون اکسیژن‌دار یعنی فعالیت ذهنی بیش‌تر در آن بخش از

مغز. (امروزه «ماشین‌های MRI تابعگانی» [fMRI] می‌توانند در کسری از ثانیه بر نواحی کوچکی از مغز در اندازه‌ی میلی‌متری متصرکز شوند، این ماشین‌ها برای ردگیری الگوهای اندیشه در مغز زنده ایده‌آل‌اند.)

### MRI دروغ‌سنج‌های

با ماشین‌های MRI این امکان وجود دارد که روزی دانشمندان بتوانند از طرح کلی اندیشه در مغز زنده رمزگشایی کنند. تعیین این‌که آیا کسی دروغ می‌گوید، ساده‌ترین آزمون «ذهن‌خوانی» خواهد بود. بنا به افسانه نخستین دروغ‌سنج قرن‌ها پیش توسط کاهنی هندی ساخته شد. او متهم و «الاغ جادوی» را درون اتاقی دریسته جا می‌داد و به متهم می‌گفت که دم الاغ جادوی را بکشد. اگر الاغ عرعر می‌کرد متهم دروغ‌گو بود. اگر الاغ ساكت می‌ماند، آن‌گاه متهم راست می‌گفت. (البته کاهن بخفیانه به دم الاغ کمی دوده می‌مالید).

پس از این‌که متهم از اتاق بیرون آورده می‌شد، معمولاً بر بی‌گناهی خود پافشاری می‌کرد چون با کشیدن دم الاغ صدایی در نیامده بود. ولی کاهن دستان متهم را هم نگاه می‌کرد. اگر دستان تمیز بودند، معلوم می‌شد که وی دروغ‌گو است. (گاهی تهدید به استفاده از دروغ‌سنج موثرتر از خود دروغ‌سنج است).

نخستین «الاغ جادوی» در دوران جدید در ۱۹۱۳ ساخته شد، وقتی که ویلیام مارستن روان‌شناس مقاله‌ای درباره‌ی بررسی افزایش فشار خون با دروغ‌گفتن نوشت. (این مشاهده‌ی افزایش فشار خون عملاً به دوران باستان باز می‌گردد، که در آن هنگام بازجو دستان متهم را هنگام بازپرسی می‌گرفت). این ایده به سرعت مقبولیت پیدا کرد و حتا وزارت دفاع خیلی زود انستیتو دروغ‌سنجی خود را بربای ساخت.

ولی در طی سال‌ها مشخص شد که جامعه‌ستیزان که از کرده‌ی خود پشیمان نیستند، می‌توانند دروغ‌سنجی‌ها را گمراه کنند. مشهورترین قضیه مربوط به آلدريچ ایمز جاسوس دوچانبه‌ی CIA بود که با فرستادن تعداد زیادی از جاسوسان آمریکایی به کام مرگ و لو دادن اسرار نیروی دریایی

آمریکا، پول خوبی از شوروی سابق به جیب زد. برای ده‌ها سال ایمز انواع آزمون‌های دروغ‌سنجی CIA را از سر گذراند. همچنین قاتل سریالی گری ریچ وی معروف به قاتل بدنام گرین ریور که بیش از پنجاه زن را کشت نیز در اینجا قرار می‌گیرد.

در ۲۰۰۳ فرهنگستان ملی علوم آمریکا گزارشی بسیار انتقادی دربارهٔ اعتقادپذیری دروغ‌سنج‌ها منتشر ساخت و در آن شیوه‌های گمراه‌کردن دروغ‌سنج‌ها و بی‌گناهانی را که دروغ‌گو نامیده شده بودند، فهرست کرد. دروغ‌سنج‌ها تنها سطوح اضطراب را اندازه می‌گیرند، اما چه می‌شود اگر خود مغز را اندازه‌گیری کنیم؟ ایده‌ی بررسی فعالیت مغز برای بیرون‌کشیدن دروغ‌ها به بیست سال پیش و کارهای پیتر رُزنفلد از دانشگاه نورث‌وسترن باز می‌گردد که از روی اسکن‌های EEG نشان داد که موج‌های P300 افراد در حال دروغ‌گویی، الگویی متفاوت از افرادی دارد که راست می‌گویند. (غلب به هنگام رویه‌روشندن مغز با چیزی تازه یا غیرعادی، موج‌های P300 برانگیخته می‌شوند).

ایده‌ی استفاده از اسکن‌های MRI در دروغ‌سنج‌ها توسط دنیل لنگلبن از دانشگاه پسیلوانیا مطرح شد. در ۱۹۹۹ او اتفاقی به مقاله‌ای برخورد که می‌گفت کودکان مبتلا به نابسامانی کم توجهی در دروغ‌گویی مشکل دارند، ولی او بنا به تجربه می‌دانست که این اشتباه است؛ چنین کودکانی مشکلی با دروغ‌گفتن نداشتند. مشکل واقعی آنان این بود که نمی‌توانستند جلوی راست‌گویی را بگیرند. لنگلبن به خاطر آورده «آنان همه‌چیز را بیرون می‌ریزند». او حدس زد که مغز در دروغ‌گفتن، نخست باید جلوی خود را از راست‌گفتن بگیرد و سپس فریب را بسازد. وی می‌گوید «وقتی آگاهانه دروغ می‌گویید، باید در ذهن خود جلوی حقیقت را بگیرید. پس می‌توان نتیجه گرفت که این به معنی افزایش فعالیت مغز است.» به زبان دیگر دروغ‌گویی کاری دشوار است.

با انجام آزمایش بر روی دانشجویان کالج و تقاضای دروغ‌گویی از آنان، لنگلبن به زودی دریافت که دروغ‌گفتن منجر به افزایش فعالیت چندین

ناحیه‌ی مغز از جمله لب پیشین (مکان تمرکز اندیشه‌ی سطح بالاتر)، لب گیجگاهی، و سیستم لیمیک (مکان پردازش عواطف) می‌شود. وی به ویژه متوجه فعالیتی غیرعادی در چین‌های کمریندی پیشین شد (که با اراده‌ی کشاکش و بازدارش پاسخ همراه است).

او ادعا کرد که با تحلیل سوزه‌هایش در آزمایشاتی کنترل شده برای تعیین این که آیا آنان دروغ می‌گفتند یا نه (مثلاً او از دانشجویان می‌خواست درباره نوع کارت‌های بازی دروغ بگویند) توانست به میزان موفقیت سازگار ۹۹ درصد دست یابد.

علاقه به این فناوری آنچنان زیاد شد که دو شرکت اقدام به عرضه این خدمات کردند. در ۲۰۰۷ یک شرکت، No Lie MRI، نخستین مشتری را پیدا کرد، شخصی که از شرکت بیمه‌ی خود درخواست غرامت کرده بود نیز آنان ادعا می‌کردند که او مغایره خود را به عمد آتش زده است. (اسکن fMRI نشان داد که او آتش‌افروز نیست).

هواداران تکنیک لنگلین مدعی‌اند که این شیوه نسبت به دروغ‌سنجهای قدیمی بسیار اعتمادپذیرتر است، زیرا دست‌بردن در الگوهای مغز خارج از کنترل آدمی است. در حالی که می‌توان افراد را آموزش داد که تا حدی ضربان قلب و عرق کردن خود را کنترل کنند، کنترل کردن الگوهای مغز امکان‌نایپذیر است. در واقع هواداران خاطر نشان می‌کنند که در دورانی که خطر ترسیم زیاد است، این فناوری می‌تواند با شناسایی یک حمله‌ی تروریستی به خاک آمریکا جان‌های زیادی را نجات دهد.

منتقدان با وجود اذعان به میزان موفقیت ظاهری این فناوری در آشکارسازی دروغ‌ها، گوشزد می‌کنند که fMRI عملانه به آشکارسازی دروغ، بلکه به فعالیت افزایش‌یافته‌ی مغز در هنگامی که کسی دروغ می‌گویند می‌پردازد. اگر مثلاً کسی در حالتی پراضطراب راست هم بگوید این ماشین نتایج اشتباه را ارائه خواهد داد. fMRI تنها اضطراب سوزه را آشکار می‌کند و به نادرستی بر دروغ‌گویی وی مهر تایید می‌زند. استیون هایمن عصب‌شناس از دانشگاه هاروارد هشدار می‌دهد «اشتهاایی

باورنکردنی برای انجام آزمون‌های جداگانه‌ای درستی از فریبکاری وجود دارد، عجب علمی.»

برخی از متقدان نیز ادعا کرده‌اند که دروغ‌سنج واقعی، مثل تله‌پات واقعی، می‌تواند ارتباطات اجتماعی عادی را کاملاً ناخوشایند کند، چون مقدار مشخصی دروغ مانند «گرس اجتماع» است که می‌گذارد چرخ‌های اجتماع راحت‌تر بچرخند. مثلاً اگر معلوم شود همه‌ی احترامی که به رئیس، فرمانده، همسر، معشوق، و همکارانمان می‌گذاریم دروغ است، شاید چهره‌ی ما مخدوش شود. در واقع دروغ‌سنج واقعی می‌تواند تمام اسرار خانوادگی، عواطف پنهانی، آرزوهای سرکوفته، و نقشه‌های مخفیانه‌ی ما را برملا کند. همان‌طور که ستون‌نویس علمی دیوید جونز گفته است، دروغ‌سنج واقعی «مانند بمب اتمی است، که بهتر است به عنوان سلاح نهایی نگهداری شود. اگر در بیرون از دادگاه بیش از حد مورد استفاده قرار گیرد، زندگی اجتماعی را ناممکن خواهد ساخت.»

### متترجم همگانی

برخی به درستی بر این نکته انگشت گذارده‌اند که اسکن‌های مغز با وجود عکس‌هایی خیره‌کننده از مغز در حال اندیشیدن، چیزی جز مشتی اطلاعات بسیار خام ارائه نمی‌کند و نمی‌شود اندیشه‌های مجزا را با آن سنجید. وقتی ما به ساده‌ترین کار ذهنی می‌پردازیم احتمالاً میلیون‌ها نورون همزمان شروع به کار می‌کنند، و fMRI این فعالیت را تنها به صورت تصویری مبهم نشان می‌دهد. یک روان‌شناس اسکن‌های مغز را به حضور در ورزشگاهی مملو از تماشچی و تلاش برای گوش‌دادن به حرف‌های آدم بغل دستی تشییه کرده است. صدای آن فرد در میان داد و فریادهای جمعیت گم خواهد شد. مثلاً کوچک‌ترین بخشی از مغز را که می‌توان با fMRI با اعتمادپذیری تجزیه و تحلیل کرد، «وکسل» می‌نامیم. ولی هر وکسل با چندین میلیون نورون متناظر است، پس حساسیت ماشین fMRI آن قدرها هم خوب نیست تا اندیشه‌های مجزا را از یکدیگر جدا کند.

در علمی تخیلی گاهی از «متترجم همگانی» استفاده می‌شود، وسیله‌ای

که می‌تواند اندیشه‌های آدم را بخواند و سپس آن‌ها را مستقیماً به مغز فردی دیگر بفرستد. در برخی رمانهای علمی تخیلی تله‌پات‌های فضایی اندیشه‌ها را در مغز ما می‌گذارند، ولو این که با زیان ما آشناشی نداشته باشند. در فیلم علمی تخیلی دنیای آینده ساخت ۱۹۷۶، رویای زنی در زمان واقعی بر روی صفحه‌ی تلویزیون نقش می‌بندد. در فیلم ۲۰۰۴ جیم کری، درخشناس جاوداً‌هی ذهن بی‌نقص، دکترها به شناسایی و پاک‌سازی خاطرات در دنک دست می‌زنند.

جان هینس عصب‌شناس از انتیتو ماکس پلاتک در لایپزیک آلمان می‌گوید «این رویایی است که هر کس در این زمینه در سر می‌پروراند. ولی اگر بخواهید چنین دستگاهی بسازید، مطمئنم که لازم است از یک عدد نورون ثبت اطلاعات کنید».

چون آشکارسازی سیگنال‌های آمده از یک نورون فعلاً دست‌نیافتنی است، برخی روان‌شناسان کوشید بهترین کار بعدی را انجام دهنده: کاستن از نویز و جداسازی الگوی fMRI ساخته شده توسط اشیاء منفرد. مثلاً شاید شناسایی الگوی fMRI ساخته شده توسط واژه‌های منفرد، و سپس ایجاد «واژه‌نامه‌ی اندیشه» امکان‌پذیر باشد.

مثلاً مارسل ژوست از دانشگاه کارنگی ملون توانسته است الگوی fMRI ایجاد شده توسط گروهی کوچک و برگزیره از اشیاء (مثلاً ابزار نجاری) را شناسایی کند. او مدعی است «ما ۱۲ دسته داریم و می‌توانیم با صحت ۸۰ تا ۹۰٪ تعیین کنیم که کدام یک از ۱۲ سوژه دارد به کدام دسته می‌اندیشد».

همکار وی تام میچل، دانشمند کامپیوتر، از فناوری کامپیوتری، مثلاً شبکه‌ی عصبی، برای شناسایی الگوهای مغزی پیچیده‌ی آشکارسازی شده با اسکن‌های fMRI همراه با انجام آزمایش‌هایی معین استفاده می‌کند. او می‌گوید «یک آزمایش که انجام آن را دوست دارم عبارت است از یافتن واژه‌هایی که بیشترین فعالیت مغزی تمایزپذیر را ایجاد می‌کند».

ولی حتاً اگر بتوانیم واژه‌نامه‌ای از اندیشه را هم بسازیم فرسنگ‌ها با ساخت «متترجم همگانی» فاصله داریم. برخلاف متترجم همگانی، که

اندیشه را مستقیماً از یک ذهن به ذهن دیگری می‌فرستد، مترجم ذهنی fMRI شامل چندین مرحله‌ی خسته‌کننده است: نخست بازشناسخت الگوهای معین fMRI، تبدیل آن‌ها به واژه‌های انگلیسی، و سپس بیان این واژه‌ها از زبان سوژه. از این لحاظ چنین وسیله‌ای اصلاً هیچ شباهتی به «درهم‌آمیز ذهن» موجود در پیشتازان فضای ندارد (ولی خب، بازهم به درد بیماران سکته‌ای می‌خورد).

### اسکنرهای دستی MRI

ابعاد بسیار بزرگ ماشین‌های fMRI نیز سنگ دیگری بر سر راه تله‌پاتی عملی است. این دستگاه غول‌آسا که چندین میلیون دلار می‌ارزد، یک اتاق را کاملاً اشغال می‌کند و چند تن وزن دارد. قلب ماشین MRI آهنربای دونات شکل بزرگی است به قطر چند متر، که میدان مغناطیسی عظیمی به شدت چند تسلای سازد (این میدان مغناطیسی آن‌چنان شدید است که وقتی به هنگام نصب یکی از آن‌ها برق به طور انفاقی وصل شد، چندین کارگر با چکش و دیگر ابزار به هوا برخاسته مجرح شدند). به تازگی فیزیکدان‌ها ایگور ساووکوف و مایکل رومالیس از دانشگاه پرینستون فناوری جدیدی را عرضه کردند که شاید سرانجام ماشین‌های MRI دستی را به واقعیت درآورد و در نتیجه قیمت ماشین fMRI ضریب یک‌صدم کاهش دهد. آنان مدعی اند که آهنربایی بزرگ MRI را می‌توان با مغناطیس سنجی‌های اتمی ابررسانا که قادر به شناسایی میدان‌های مغناطیسی طریف‌اند، جایگزین کرد.

نخست ساووکوف و رومالیس حسگری مغناطیسی از بخار داغ پتانسیم معلق در گاز هلیم درست کردند. سپس آنان باریکه‌ی لیزر را برای هم راستاسازی اسپین الکترون‌های پتانسیم به کار برdenد. بعد آنان میدان مغناطیسی ضعیفی را به نمونه‌ای از آب (برای شبیه‌سازی بدن انسان) إعمال کردند. سپس تپی رادیویی را درون نمونه‌ی آب فرستادند، که مولکول‌های آب را به جنبش واداشت. «پژواک» حاصل از مولکول‌های جنبنده‌ی آب، الکترون‌های پتانسیم را نیز به جنبش واداشت، که این جنبش

با لیزر دوم آشکارسازی شد. آنان به نتیجه‌ای کلیدی دست یافتند: حتا میدان مغناطیسی ضعیفی هم «پژواکی» می‌سازد که با حسگرهای آنان قابل دریافت است. آنان نه تنها توانستند میدان مغناطیسی عظیم ماشین استاندارد fMRI را با میدانی ضعیف جایگزین کنند، بلکه هم چنین توانستند فوراً به تصاویر نیز دست یابند (در حالی که ماشین‌های MRI برای ایجاد هر تصویر بیست دقیقه معطل می‌کنند).

سرانجام آنان این نظریه را مطرح کردند که گرفتن عکس MRI می‌تواند به سادگی عکس گرفتن با دوربین دیجیتال باشد. (با این حال سنگ‌هایی بر سر راه هست. یک مشکل آن است که هم سوزه و هم ماشین باید در برابر میدان‌های مغناطیسی بیرونی محافظت شوند.).

اگر ماشین‌های دستی MRI به واقعیت بپیوندد، شاید بتوان آن‌ها را با کامپیوتری کوچک جفت کرد که به نوبه‌ی خود می‌شود آن را با نرم‌افزاری قادر به رمزگشایی از عبارت‌ها، واژه‌ها، یا جملات کلیدی تجهیز نمود. چنین وسیله‌ای به هیچ وجه به پیچیدگی و سایل تله‌پاتی موجود در علمی تخلیل نیست، ولی خب به آن نزدیک خواهد بود.

### مغز به عنوان شبکه‌ی عصبی

اما آیا امکان دارد روزی در آینده، ماشین‌های MRI مانند یک تله‌پات واقعی، قادر به خواندن دقیق اندیشه، واژه به واژه، و تصویر به تصویر، MRI باشند؟ چنان معلوم نیست. برخی استدلال کرده‌اند که ماشین‌های تنها خواهند توانست خطوط مبهمی از اندیشه‌ی ما را رمزگشایی کنند، زیرا مغز به هیچ وجه یک کامپیوتر نیست. در یک کامپیوتر دیجیتال، محاسبه مستقر است و از مجموعه قواعد بسیار خشکی پیروی می‌کند. کامپیوتر دیجیتال پیرو قوانین «ماشین تورینگ» است، ماشینی شامل واحد پردازنده‌ی مرکزی (CPU)، ورودی‌ها، و خروجی‌ها. پردازنده‌ی مرکزی (مثلث تراشه‌ی پنتیوم) مجموعه‌ی معینی از دست‌کاری‌ها را روی ورودی انجام می‌دهد و خروجی را می‌سازد، و بنابراین «اندیشیدن» در CPU مستقر است.

با این حال مغز ما کامپیوتر دیجیتال نیست. مغز ما هیچ تراشه‌ی پتیومی، CPU، سیستم عامل ویندوزی، و زیرروالی ندارد. اگر شما یک ترانزیستور را از درون CPU کامپیوتر بردارید، به احتمال آن را از کار می‌اندازید. ولی موارد ثبت شده‌ای وجود دارد که نیمی از مغز انسان از دست رفته است و نیمه‌ی باقی‌مانده مغز وظیفه را بر عهده گرفته است.

مغز انسان عملاً شبیه ماشین یادگیری است، یک «شبکه‌ی عصبی»، که دائمًا پس از آموختن وظیفه‌ای تازه، خود را بازنویسی می‌کند. مطالعات MRI تایید کرده‌اند که اندیشه‌ها در مغز، برخلاف ماشین تورینگ، در یک نقطه مستقر نیستند، بلکه در بیش‌تر مغز گستره‌اند، که این ویژگی نوعی شبکه‌ی عصبی است. اسکن‌های MRI نشان داده‌اند که اندیشیدن عملاً شبیه به بازی پینگ پونگ است، با روش‌شدن بخش‌های گوناگون مغز به توالي، با فعالیت الکتریکی چرخنده در گوشه کنار مغز.

چون اندیشه‌ها در سرتاسر مغز بسیار پراکنده و پخش‌اند، شاید بهترین کاری که دانشمندان بتوانند انجام دهند، گردآوری واژه‌نامه‌ی اندیشه‌ها باشد، یعنی برقراری تناظری یک به یک بین اندیشه‌هایی مشخص و الگوهای معین اسکن‌های EEG یا MRI. مثلاً گرت پفورت‌شلر مهندس پزشکی اتریشی، به کامپیوتری آموزش داد که با تمرکز بر موج‌های EEG الگوهای مغزی و اندیشه‌های خاصی را تشخیص یافتد. انگار موج‌های EEG با قصد بر انجام حرکت‌های عضلاتی معینی مرتبط دهد. انگار موج‌های EEG را با قصد بر انجام حرکت‌های بلند کنند، بخندند، یا اخم کنند، و سپس کامپیوتر مشخص می‌کرد که کدام موج EEG مفعال می‌شود. هر بار که بیماران فعالیتی ذهنی انجام می‌دادند، کامپیوتر به دقت الگوی EEG را ثبت می‌کرد. این فرایندی دشوار و خسته‌کننده است، زیرا باید به دقت موج‌های ساختگی را بیرون گذاشت، ولی سرانجام پفورت‌شلر توانست تناظری بی‌برویگرد بین حرکات ساده و الگوهای مغزی معین را به دست آورد.

شاید در طول زمان این کوشش همراه با نتایج MRI بتواند به ایجاد «واژه‌نامه‌ای» جامع از اندیشه‌ها بینجامد. با تحلیل الگوهای معینی در EEG

یا اسکن‌های MRI، ممکن است کامپیوتر قادر به شناسایی چنین الگوهایی باشد و دست‌کم به طور کلی بگوید که بیمار دارد به چه می‌اندیشد. یک چنین «ذهن‌خوانی» بین موج‌های ملخص و اسکن‌های MRI، و اندیشه‌های خاص تناظری یک به یک برقرار می‌کند. اما در این‌که این واژه‌نامه قادر خواهد بود واژه‌هایی خاص را از اندیشه‌های شما بیرون بکشد تردید وجود دارد.

### فراافکنی اندیشه‌ها

اگر روزی بتوانیم خطوط کلی اندیشه‌های شخص دیگر را بخوانیم، آن‌گاه آیا امکان دارد که بر عکس آن را هم انجام دهیم، یعنی اندیشه‌هایمان را به سر یک نفر دیگر انتقال دهیم؟ انگار پاسخ تا حدی مثبت است. موج‌های رادیویی را می‌توان مستقیماً به مغز انسان فرستاد تا نواحی‌ای از مغز را تحریک کنند که برای کنترل اعمال مشخصی شناخته شده‌اند.

این مسیر پژوهشی در دهه‌ی ۱۹۵۰ آغاز شد، هنگامی که وايلدر پن‌فیلد جراح اعصاب کانادایی در مغز بیماران صرعی جراحی می‌کرد. او دریافت که وقتی او نواحی معینی از لب گیجگاهی مغز را با الکترود تحریک کند، افراد صدای‌هایی می‌شنوند و تصاویری شبح‌وار می‌بینند. روان‌شناسان می‌دانستند که آسیب‌های صرعی مغز می‌تواند به این منجر شود که بیماران تصور کنند نیروهایی فرطیابی وجود دارد. (برخی از روان‌شناسان حتاً این نظریه را مطرح کردند که برانگیختن این نواحی شاید منجر به تجربیاتی شبیه‌عرفانی شود که در بسیاری از ادیان وجود دارد. حتاً برخی گمان بردن که شاید ژاندارک، که دست‌تنهای قوای فرانسه را در نبرد علیه انگلیسی‌ها به پیروزی رساند، از چنین آسیبی ناشی از ضربه‌ای به سرش رنج می‌برده است).

بر اساس این حدس و گمان‌ها، مایکل پرزینگر عصب‌شناس از سادبری اونتاریو در کانادا، کلاه‌خودی با مداربندی خاصی ساخت که موج‌های رادیویی را به مغز می‌رساند تا اندیشه‌ها و عواطفی خاص، مانند احساسات مذهبی، را برانگیزد. عصب‌شناسان می‌دانند که جراحت معینی

در لب گیجگاهی چپ می‌تواند سبب شود که سمت چپ مغز سردرگم شود، و مغز شاید فعالیت در نیم‌کره‌ی راست را به عنوان فعالیت «خویشتن» دیگری تفسیر کند. این جراحت می‌تواند منجر به این تصور شود که شبیحی در اثاق حضور دارد، زیرا مغز آگاه نیست که این حضور در واقع بخش دیگری از خودش است. بر حسب باورهای فرد، بیمار شاید این «خویشتن دیگر» را به عنوان دیو، فرشته، فرازمینی، یا حتا خدا تعییر کند.

در آینده شاید ممکن باشد که سیگنال‌های الکترومغناطیسی را به بخش‌های دقیقی از مغز فرستاد که برای کنترل اعمال خاصی شناخته شده‌اند. با ارسال چنین سیگنال‌هایی در آمیگدالا، شاید بتوان عواطف خاصی را سبب شد. با برانگیختن دیگر نواحی مغز، شاید بتوان تصاویر بصری و اندیشه را ایجاد کرد. البته پژوهش در این راستا تنها در مراحل ابتدایی خود است.

### نقشه‌برداری از مغز

برخی دانشمندان از «پروژه‌ی نقشه‌ی نورونی»، شبیه به پروژه‌ی ژنوم انسان که در آن از تمام ژن‌ها در ژنوم انسان نقشه‌ای تهیه شد، هواردی کرده‌اند. پروژه‌ی نقشه‌ی نورونی مکان هر عدد نورون در مغز انسان را مشخص و نقشه‌ای سه بعدی از تمام ارتباطات آن‌ها ارائه خواهد کرد. این پروژه به راستی حیرت‌انگیز خواهد بود، زیرا بیش از ۱۰۰ میلیارد نورون در مغز هست، و هر نورون به هزاران نورون دیگر متصل است. با فرض این که چنین پروژه‌ای به پایان برسد، احتمالاً می‌توان به نقشه‌ای دست یافت که نشان دهد اندیشه‌های معین چگونه مسیرهای نورونی خاصی را تحریک می‌کنند. به همراه واژه‌نامه‌ی اندیشه‌های به دست آمده با اسکن‌های MRI و موج‌های EEG، شاید به احتمال زیاد بتوان از ساختار نورونی اندیشه‌هایی خاص رمزگشایی کرد، به طریقی که شاید بتوان تعیین کرد کدام واژه‌ها یا تصاویر ذهنی خاص با کدام نورون مشخص در حال فعال‌شدن متناظر است. بدین ترتیب به تمازنی یک به یک بین

اندیشه‌هایی خاص، تصویر MRI آن، و نورون‌های خاصی که در ایجاد آن اندیشه در مغز فعال می‌شوند، دست خواهیم یافت.

گامی کوچک در این راستا، گزارش ۲۰۰۶ استیتو علوم مغزی آلن بود (ایجادشده توسط پل آلن، بنیان‌گذار مشترک مایکروسافت) مبنی بر این که آنان توانسته‌اند به نقشه‌ای سه بعدی از نمایانی ژنی درون مغز موش دست یابند، که نمایانی ۲۱,۰۰۰ ژن را در سطح یاخته‌ای به تفصیل مشخص می‌کرد. آنان امیدوارند که این کار را با اطلس مشابه‌ای برای مغز انسان به پیش ببرند. مارک تسیه-لاوین مدیر استیتو می‌گوید «به پایان رساندن اطلس مغزی آلن بیانگر برداشتن گامی بزرگ در یکی از مرزهای بزرگ علم پژوهشکی - مغز - خواهد بود.» این اطلس برای هر کسی که در آرزوی تحلیل ارتباطات نورونی درون مغز انسان است، غیر قابل چشم‌پوشی خواهد بود، هرچند اطلس مغز با پروژه‌ی نقشه‌ی واقعی نورونی فاصله‌ی بسیار دارد.

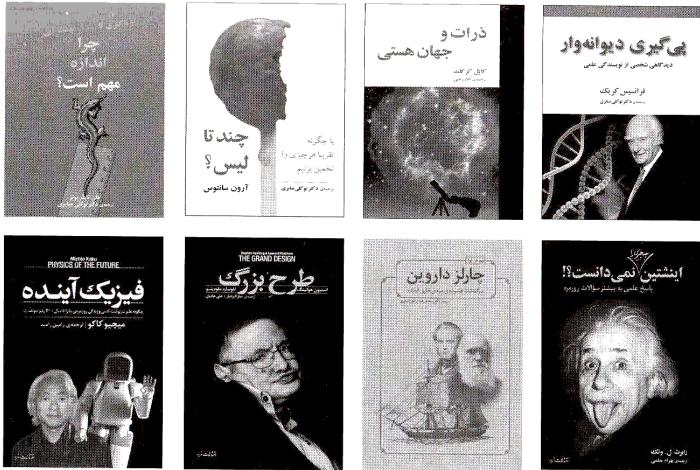
خلاصه آن‌که، تله‌پاتی طبیعی، به آن صورتی که اغلب در علمی تخیلی و خیال‌پردازی مطرح می‌شود، امروز ناممکن است، اسکن‌های MRI و موج‌های EEG را می‌توان تنها برای خواندن ساده‌ترین اندیشه‌ها به کار گرفت، زیرا اندیشه‌ها به شیوه‌هایی پیچیده در سرتاسر مغز گسترده می‌شوند. اما این فناوری طی دهه‌ها تا سده‌های پیش رو چگونه پیشرفت خواهد کرد؟ توانایی علم در بررسی فرایند اندیشیدن رو به گسترشی فزاینده است. با افزایش حساسیت MRI و دیگر وسایل اسکن، علم قادر خواهد بود که با دقت بیش‌تری شیوه‌ای را که مغز با آن به‌توالی اندیشه‌ها و عواطف را پرداش می‌کند، مشخص نماید. با توان کامپیوترا بیش‌تر، باید بتوان حجم داده‌ها را با صحت بالاتری تحلیل کرد. چه بسا واژه‌نامه‌ای از اندیشه بتواند تعداد زیادی از الگوهای اندیشه را ردhibندی کند، که در آن الگوهای گوناگون اندیشه در صفحه‌ی MRI با اندیشه‌ها و احساسات گوناگون متناظر است. گرچه شاید هیچ گاه تناظر یک به یک همه جانبه‌ای بین الگوهای MRI و اندیشه‌ها به دست نیاید، واژه‌نامه‌ی اندیشه می‌تواند به درستی اندیشه‌های کلی درباره‌ی موضوعات مشخص

را مورد شناسایی قرار دهد. الگوهای اندیشه‌ی MRI را به نوبه‌ی خود می‌توان در نقشه‌ای نورونی نگاشت که به دقت نشان می‌دهد کدام نورون برای ایجاد اندیشه‌ای خاص در مغز فعال می‌شود

ولی از آنجا که مغز نه یک کامپیوتر بلکه شبکه‌ای عصبی است، که در آن اندیشه‌ها در سرتاسر مغز گسترش‌اند، سرانجام به سنگی در سر راه مان بر می‌خوریم: خود مغز. پس گرچه علم بیشتر و بیشتر در ژرفای مغز در حال اندیشیدن نفوذ خواهد کرد و از برخی از فرایندهای اندیشیدن ما پرده بر می‌دارد، «خواندن اندیشه‌های شما» با دقت زیادی که در علمی تخیلی وجود دارد ممکن نخواهد بود. با دانستن این نکته، من توانایی خواندن کلی احساسات و الگوهای اندیشه را در امکان‌ناپذیری رده‌ی ۱ جا می‌دهم. توانایی خواندن دقیق‌تر کارکرد درونی ذهن را باید به عنوان امکان‌ناپذیری رده‌ی ۲ دسته‌بندی کرد.

ولی شاید راه مستقیم‌تری برای دستیابی به توان زیاد مغز وجود داشته باشد. به جای استفاده از رادیو، که ضعیف است و به راحتی پراکنده می‌شود، آیا نمی‌شود مستقیماً از نورونهای مغز سود جست؟ اگر بله، شاید بتوانیم قدرتی حتاً بیشتر را به چنگ آوریم: روان‌جنبانی.





## از مجموعه قلمرو علم منتشر خواهد شد:

- ۱- چه کسی، چه وقت، چه چیزی را کشف کرد؟
- ۲- قانون دوم ترمودینامیک
- ۳- اینشتین عاشق
- ۴- فرضیه شگفت‌انگیز
- ۵- ۱۰۰ دانشمند دوران‌ساز
- ۶- استیون هوکینگ [ ذهنی رها ]
- ۷- جهان از هیچ
- ۸- چه کسی، چه وقت، چه چیزی را اختراع کرد؟
- ۹- ناخبردی‌های پیش‌بینی‌پذیر
- ۱۰- منشأ عالم
- ۱۱- شگفتی‌های جهان

## فیزیک‌ناممکن‌ها

با ارائه‌ی بیشی هیجان‌انگیز از آن‌چه واقعاً در آینده می‌توانیم امید به داشتن آن داشته باشیم، فیزیک ناممکن‌ها مرا به سفری در مرزهای علم و ورای آن می‌برد. همه روزه شاهد آنیم که چیزهایی که روزی از سوی دانشمندان («امکان ناپذیر») قلمداد می‌شدند، پا به عرصه‌ی زندگی روزمره‌ی ما می‌گذارند: دستگاه‌های فکس، آسمان‌خراس‌های شیشه‌ای، خودروهای گازسوز، شبکه‌ی ارتباطی جهانی و قطارهای شناور تندرو. در اینجا نویسنده‌ی بنام در سطح جهان، می‌جیو کاکو با اطمینان مرزهای امروزین علم را در می‌نورد و برای نخستین بار از دید یک کارشناس خبره به بررسی علم واقعی فردا می‌پردازد؛ زمینه‌ای که معمولاً قلمرو نویسنده‌گان علمی تخیلی است. او از امکان‌پذیری علمی حرکت دائمی، میدان‌های نیرو، نامربی شدن، تپیخانه‌ی پرتویی، پادگرانش و پادماده، دورfstتی، تله‌پاتی، روان‌جنبانی، رویات‌ها و سایر گوگها، تندتر رفتن از نور، سفر در زمان، انرژی نقطه‌ی صفر، حیات فرازمینی، حتا نهان‌بینی پرده بر می‌دارد. وی به ما نشان می‌دهد که چگونه چندتایی از این ایده‌ها عملأً قوانین فیزیک را نقض می‌کنند. هیچ‌گاه تفاوت بین امکان‌پذیر، نامتحمل، و در شرف وقوع به این روشی بیان نشده است.

قلمرو علمی تخیلی در کجا پایان می‌پذیرد؟ واقعاً به چه چیزهایی می‌توانیم دست پیدا کنیم؟ کاکو در این کتاب قابل فهم، خواندنی و روشن‌گر می‌گوید «هر چیزی که امکان‌ناپذیر نباشد، حتمی است!»)

فیزیکدان بنام، دکتر می‌جیو کاکو، صاحب کرسی هنری سیمت در فیزیک نظری در دانشگاه سیتی نیویورک است. او نویسنده‌ی کتاب‌های پر فروش — فوق فضا و جهان‌های موازی از جمله نوشتنهای او هستند — و نویسنده‌ی برجسته‌ی دانشگاهی نیز هست، که در مجامع مختلف مورد تقدیر قرار گرفته است. دکتر کاکو در رادیو و تلویزیون هم به اجرای برنامه‌های علمی می‌پردازد.

