

چگونه در فضا می‌میریم؟

چگونه در فضای میریم؟

ماجرای جویی در پدیده‌های
خطرناک اخترشناختی

پل ام. ساتر

ترجمه‌ی واروژان هارطون

زئمشلات ماریار

| | |
|-------------------------|---|
| سرشناسه | : سوتر، پل ام، ۱۹۸۲-م. Sutter, Paul M. |
| عنوان و نام پدیدآور | : چرا در فضا می‌میریم؟ ماجراجویی در پدیده‌های خطرناک اخترشناختی / پل ام سوتر؛ ترجمه‌ی واروژان هارطون. |
| مشخصات نشر | : تهران: مازیار، ۱۴۰۰. |
| مشخصات ظاهری | : ۴۰۰ ص.: مصور (رنگی).؛ ۱۴/۵×۲۱/۵ س.م. |
| فروست | : قلمرو علم |
| شابک | : ۹۷۸-۶۲۲-۷۰۶۱-۱۷-۸ |
| وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا | |
| یادداشت | : عنوان اصلی: How to die in space : a journey through dangerous astrophysical phenomena, c2020 |
| یادداشت | : نماییه |
| عنوان دیگر | : ماجراجویی در پدیده‌های خطرناک اخترشناختی. |
| موضوع | : فیزیک نجومی |
| موضوع | : Astrophysics |
| موضوع | : Cosmic physics |
| موضوع | : فیزیک کیهانی |
| شناسه افزوده | : هارطون پوری‌آذر، واروژان، ۱۳۶۲-، مترجم |
| شناسه افزوده | : Hartun Poori Azar, Varujan |
| رده‌بندی کنگره | : QB۴۶۱ |
| رده‌بندی دیویی | : ۵۲۳/۰۱ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۷۶۶۳۷۴۸ |

www.mazyarpub.ir
mazyarpub@yahoo.com

زیتل‌های مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ۱۲۹۶ (ظروفیچی) طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

چگونه در فضا می‌میریم؟

ماجراجویی در پدیده‌های خطرناک اخترشناختی

پل ام سوتر

ترجمه‌ی واروژان هارطون

صفحه‌آرایی مرواک.

ویراستار م.ک

چاپ اول ۱۴۰۰

شمارگان ۱۲۰۰

چاپ و صحافی طیف‌نگار

شابک ۹۷۸-۶۲۲-۷۰۶۱-۱۷-۸

فهرست مطالب

پیشگفتار: رفع مسئولیت..... ۷

بخش اول: خطرات میان سیاره‌ای

۱. خلاء..... ۱۳
۲. سیارک‌ها و دنباله‌دارها..... ۳۷
۳. شاره‌های خورشیدی و خروج جرم از تاج خورشید..... ۶۳
۴. پرتوهای کیهانی..... ۸۷

بخش دوم: تهدیدهای میان ستاره‌ای

۵. شیرخوارگاه‌های ستاره‌ای..... ۱۱۵
۶. سیاهچاله‌ها با جرم ستاره‌ای..... ۱۳۹
۷. سحابی‌های سیاره‌نما..... ۱۶۱
۸. کوتوله‌های سفید و نواخترها..... ۱۸۳

بخش سوم: تهدیدهای میان کهکشانی

۹. ابرنواخترها..... ۲۰۵
۱۰. ستاره‌های نوترونی و مگنتارها..... ۲۲۹
۱۱. سیاهچاله‌های ابرپرجرم..... ۲۴۳
۱۲. اخترنماها و بلیزرها..... ۲۶۷

بخش چهارم: خطرهای نظری

۱۳. ریسمان‌های کیهانی و دیگر عیوب در فضا زمان..... ۲۹۱
۱۴. ماده تاریک..... ۳۱۳
۱۵. بیگانگان متخاصم..... ۳۳۷
۱۶. کرم چاله‌ها..... ۳۶۵
- سخن آخر: هشدار آخر..... ۳۸۹
- نمایه..... ۳۹۲
- ضمیمه..... ۳۹۴

برای دانلود و مشاهده منابع [اعداد داخل کروشه] و مطالعات بیشتر – به دلیل صرفه‌جویی در مصرف کاغذ و کاهش هزینه‌ها – به روش زیر عمل کنید:

۱. به سایت رسمی انتشارات مازیار مراجعه کنید.

۲. کتاب را جستجو کنید.

۳. در بخش توضیحات بیشتر کتاب، منابع به طور رایگان قابل دانلود می‌باشد.

www.mazyarpub.ir

پیشگفتار:

رفع مسئولیت

اما کدام بدتر است
مردن در گم گشتگی و تنهایی،
یا در احاطه‌ی مردمی
که تلاش می‌کردید ترک کنید آن‌ها را؟
- شعر فضاورد باستانی

گفتم نه. توی فضا دوام نمیاری.
بین، فقط این‌که فرزندِ مادرِ طبیعت هستی دلیل همیشه که اون هم تورو
دوست داره.

اون میتونه تورو به زیر افق رویداد یک سیاهچاله بکشه و اونجا بری که عرب
نی انداخت. یا می‌تونه تورو زیر کوهی که ده هزار کیلومتر بر ساعت سرعت داره
له کنه و پودر بشی. یا تورو تا سر حد مرگ کلافه کنه و مجبورت کنه قرن‌ها در
میان منظومه‌های ستاره‌ای آواره بشی. اون حتی میتونه با مایکروویو تورو بپزه!
میتونه چنان تورو در معرض تابش قرار بده که اگه خیلی خوش شانس باشی فقط
یک سرطان ناجور بگیری. اون میتونه... خودت می‌دونی.
فضا یک صورت کریه هم داره.

فضای آن بیرون بسیار خشن است، و من تعجب خواهم کرد اگر کسی، از
جمله شما، بخواهد در آن کاوش کند. بله، به یقین فضا مملو از شگفتی‌هاست:
شبکه‌هایی از رشته‌های گاز که چندین سال نوری امتداد دارند، انفجار ستاره‌ها
که از آن سوی گیتی دیده می‌شوند، ستاره‌های مرده و فروپاشیده که پر از مواد
در غریب‌ترین حالات خود هستند، و این فهرست ادامه دارد. کیهان آکنده از
رنگ‌ها، تحرک و سرزندگیست و همین آن‌را زیبا و شگفت‌انگیز می‌سازد. کیهان
بسیار بزرگ است و جا برای همه هست. آن قدر اسرار و شگفتی دربر دارد که

می‌تواند قرن‌ها کنجکاوای آدمیان را ارضاء کند.

علاقه‌مندان جوان فریفته این شگفتی‌ها، بدون آمادگی و با تجهیزات نه‌چندان مناسب به کاوش گیتی می‌روند. آن‌ها به‌قصد شکار چیزهای عجیب و بی‌نظیر، این کار را آغاز می‌کنند تا در میان سحابی‌ها برقصند و بر امواج گرانش سوار شوند. تا به ژرف‌ترین اسرار طبیعت پی ببرند. تا بروند و بروند و هیچ‌گاه به عقب ننگرند. صدها میلیارد ستاره در هر کهکشان، و صدها میلیارد کهکشان در گیتی قابل مشاهده وجود دارد.

آن‌ها می‌روند تا ستاره‌ها را ببینند. ستاره‌هایی که کارخانه‌های همجوشی، فواره‌های آفرینش و نگهبانان گوش‌بزننگ ژرفای گیتی هستند. آن‌ها می‌روند تا سحابی‌ها را ببینند. سحابی‌هایی که مقبره ستاره‌ها، زایش‌گاه نور و سازندگان عناصر هستند.

آن‌ها می‌روند تا نادیدنی‌ها را ببینند. نجوای برخورد‌های دوردست، رازهای نوشته شده بر ماده‌ی عجیب و پهنه‌ی وسیع خلاء. آن‌ها می‌روند تا ببینند. تا کاوش کنند. تا مطالعه و مشاهده کنند و شاهد پدیده‌ها باشند.

آن‌ها به‌زودی به پایان راه می‌رسند. در کشش گرانشی یک سیاهچاله به‌دام می‌افتند. با دنباله‌دار سرگردانی برخورد می‌کنند. با تابش انفجار بر سطح ستاره‌ای روبرو می‌شوند. همه‌ی اینها تراژدی‌های تمام عیار هستند. احمقانه و غیرضروری. پس من اینجا هستم. اولویت نخست من آن است که شما را از ماجراجویی برحذر دارم. یک سیاره سنگی پیدا کنید و آن‌را خانه بنامید. یک مزرعه راه بیندازید و چند تا بچه بیاورید. به‌یقین نمی‌توانید از تمامی خطرات زندگی در امان باشید، ولی مسلماً می‌توانید از آشکارترین آن‌ها اجتناب کنید. مقداری خاک در زیر پا و مقداری هوا در بالای سر خود قرار دهید. یک ستاره خوب و پایدار که می‌تواند میلیارد‌ها سال، نور و گرما به شما ارزانی دارد، و یک سیاره متعادل که کلی آب دارد، بیابید. یک سرگرمی برای خود دست و پا کنید و سفر در فضا را از یاد ببرید.

یک تلسکوپ بخرید و از دور، از فضا لذت ببرید.

اما قرار نیست که به حرف‌های من گوش بدهید. واقعاً می‌خواهید به‌فضا

بروید این طور نیست؟ شما شبیه به بقیه نیستید. شما احق و نادان یا تنبل نیستید. شما تیزهوش و حواس جمع هستید و با کوله‌باری از داستان‌ها و شگفتی‌ها به خانه باز خواهید گشت.

شاید احساس می‌کنید یک سر و گردن از مادر طبیعت بالاتر هستید. ولی بیاد داشته باشید که او چند میلیارد سال تجربه را با خود یدک می‌کشد.

اما اولویت دوم من. اگر قرار نیست سر جای خود بنشینید، من شما را از برخی از خطراتی که پیش‌روی خواهید داشت آگاه می‌کنم. فرض می‌کنم مسائل ساده‌ای مثل بیرون زدن از زمین و حمل مقدار کافی از آب و هوا و غذا و پیمایش در فضا را بلد هستید. اینها مسائل مهندسی هستند و به من مربوط نمی‌شوند.

تخصص من در فیزیک — و اختر فیزیک — است. یعنی نحوه‌ی کارکرد چیزها در فضا را می‌دانم و قرار است یک عالمه اختر فیزیک بر روی رویاهای تر و تمیز و شسته و رفته‌ی شما بریزم. گاهی چیزها را به اختصار توضیح خواهم داد و گاهی اوقات نیز نیاز است آهسته پیش بروم و مسائل را کاملاً باز کنم. این کتاب فقط فهرستی از مخاطرات فضایی نیست، بلکه توضیح می‌دهد که اصلاً چرا این چیزها خطرناک هستند.

قصد دارم هم زنده و هم باهوش به پایان سفر برسید. چیزی که می‌نویسم نمایان‌گر حداقل دانش کسب شده توسط دانشمندان در طول دهه‌ها و بعضاً قرن‌ها کاوش از زمین است. این یعنی بخش قابل ملاحظه‌ای از این دانش درست است، اما ممکن است مقداری از آن نیز نادرست باشد. علم همین‌طور است. به شما اجازه خواهم داد بدانید که چه چیزهایی را به یقین می‌دانیم و به چه چیزهایی اندکی مشکوک هستیم — یا چه چیزهایی تفکر محض هستند. ولی باز هم خودتان چیزها را سبک و سنگین کنید. پیشنهاد می‌دهم محض ایمنی و سلامت هم که شده چیزهایی را که می‌گویم حقیقت انکارناپذیر در نظر بگیرید.

همیشه باید در فضا کاملاً جانب احتیاط را رعایت کنید.

فهرست خطرات پایان ندارد، اما مجبور هستم خط پایانی برای آن در نظر بگیرم زیرا نمی‌توانم منتظر هر کشف جدید برای افزودن آن به این فهرست بمانم. در این کتاب به آشکارترین خطرات و همچنین به خطرات کمتر شناخته

شده پرداخته‌ام. البته خطرات بسیار بیشتری آن بیرون وجود دارند و البته با توجه به هوشی هم که دارم، بر آن‌ها واقف هستم. بله رفیق، گیتی این‌طور می‌چرخد. از همه مهم‌تر، و بیش از این نیز نمی‌توانم تأکید کنم: من مسئول هیچ‌گونه عدم دقت، اشتباه، یا دانش ناقص در این کتاب نیستم. البته تلاشم را می‌کنم که این چیزها به حداقل خود برسند، اما هیچ‌کس کامل نیست. حتی من.

به مسئولیت خودتان سفر کنید. اگر بگویم یک ستاره در مرحله‌ای خاص از تحولات خود بایستی به مدت چند میلیون سال دیگر پایدار باشد، اما به ناگاه منفجر شود، تقصیر با من نیست، بلکه تقصیر فیزیک است. گیتی جای پیچیده‌ای است، و فیزیکی که قصد توصیف آن را دارم همیشه ساده نیست.

نمی‌دانم در ماجراجویی‌تان تا کجا پیش خواهید رفت یا نهایتاً با چه چیزی مواجه خواهید شد. گیتی ما همیشه در جریان است و وجودی عظیم و آشفته دارد. به شما هشدار می‌دهم که کیهان شما را غافل‌گیر خواهد کرد.

پس بیایید شروع کنیم.

بخش اول

خطرات میان سیاره‌ای



خلاء

تقلا برای نفس کشیدن
 اما نفس نمی آید.
 چشمانت خسته‌اند، پوستت سرد
 قلب می تپد با بی وفایی.

- شعر فزانورد باستانی

مسئله اصلی — و نخستین مسئله‌ای که باید پس از ترک حباب جوی ارزشمندتان با آن کنار بیایید — تهی بودن فضاست. در داستان ما «تهی بودن» نعمتی خدادادی است، زیرا در طول سفر با چیزهایی غیرتهی برخورد خواهیم کرد که می‌خواهند شما را نصف کنند، تحت تابش قرار دهند، یا له‌تان کنند. ولی حیرت‌زده می‌شوید اگر بدانید که همین تهی بودن، خود یکی از پرمخاطره‌ترین چیزهایی است که در این ماجراجویی با آن روبرو هستیم.

یکی از شگفتی‌های کاوش گیتی همین است. درست زمانی که فکر می‌کنید کیهان چیزی برای صدمه زدن به شما ندارد، چیزی از آستین خود بیرون می‌کشد که حتی چیزی هم نیست. خلاً است. تهی. هیچ چیز.

فرانسوی‌ها به آن *sous vide* می‌گویند، که یک مترجم اینترنتی آن را دقیقاً «زیر تهی» معنا کرد، یعنی تهی در حد ممکن — مثل خالی کردن آخرین قطره شیر از بطری به طوری که هیچ مایعی در آن باقی نماند و تهی‌تر شود. گمان می‌برم این عبارت در روزهای نخستین ایجاد خلاً ابداع شده باشد، زیرا در آن زمان هوا تا حد امکان از درون محفظه خالی می‌شد و این کار ادامه می‌یافت زیرا هنوز بازهم چند مولکول هوا در محفظه باقی می‌ماند:

«آیا محفظه کاملاً خالی شده است؟»

«آه! نه موسیو! هنوز کافی نیست. بازهم ادامه دهید.»

شاید این مکالمه هیچ‌گاه رخ نداده باشد، ولی به هر حال برای من جالب است و به من کمک می‌کند تا ماهیت حقیقی خلأ را متصور شوم. از آن گذشته، افراد دیگر به جز فرانسوی‌ها نیز به تولید خلأ علاقه داشتند، از جمله مردمان باستان مثل رومی‌ها از پمپ‌ها و ابزارهای مکش برای اهداف مختلف استفاده می‌کردند، اما از اساس کار خبر نداشتند. جالب‌ترین بحث داغ میان فیلسوفان باستان آن بود که آیا با خارج کردن آب از یک لوله، چیزی که باقی می‌ماند خلأ است یا چیزی غیرقابل مشاهده (که بحث حتی داغ‌تری درباره ماهیت این دومی در میان فیلسوفان درمی‌گرفت).

می‌توانم علت نگرانی آن‌ها را درک کنم. به هر کجا بنگرید چیزی می‌بینید. برخی از چیزها سخت و سنگین هستند، و برخی سبک و رقیق مثل هوا. ولی هر چه باشند، چیزی هستند. به نظر می‌رسد منطقی باشد اگر بگوییم مهم نیست چه چیزی، ولی همیشه چیزی وجود دارد. نمی‌توان چیزی نداشت. پنجره را باز می‌کنید و ورود هوا را احساس می‌کنید — تا چشم طبیعت به یک فضای خالی بیفتد، به سرعت هر چه تمام‌تر آن‌را پر می‌کند. به عبارت دیگر، طبیعت از خلأ متنفر است.

همان‌طور که در مباحث این‌چنینی معمول است، این موضوع را می‌توان از نقطه نظر دینی، فلسفی، و افسانه‌ای بررسی کرد.^[۱] زمانی که به حقیقت خلأ می‌رسیم — یعنی تهی‌ترین تهی — این فقط طبیعت نیست که از آن متنفر است، بلکه ممکن است با مفاهیم دینی نیز ناسازگاری داشته باشد. به هر حال، فضایی که چیزی در آن وجود ندارد و در حقیقت تهی است، با مفهوم خالقی که همه چیز را می‌داند، همه چیز را می‌بیند و در همه جا حاضر است تناقض دارد. از طرف دیگر زمانی که لوله را کاملاً از آب خالی می‌کنید و چیزی در آن باقی نمی‌ماند، لوله به نوعی ... تهی به نظر می‌رسد.

پس ریشه‌ی شکل‌گیری این مناظرات داغ در همین جاست. در دهه‌ی ۱۶۰۰، زمانی که اوتو فون گریکه، که شهردار شهر آلمانی ماگدبورگ بود ولی زمان خود را به بازی با پمپ‌های خلأ و مکنده‌ها می‌گذراند زیرا ظاهراً بازی با این چیزها لذت بیشتری نسبت به شهردار بودن داشت! بحث بالا گرفت. او طرح‌های قبلی را بهبود بخشید و ابزاری به نام پمپ خلأ ساخت

که می‌توانست هوا را از درون یک مخزن آب‌بندی شده بیرون بکشد. این ابزار کاملاً استادانه طراحی شده بود. یک سر شلنگ را به مخزن، و سر دیگر آن‌را به یک پیستون وصل کنید. با بالا کشیدن پیستون، هوا را از مخزن خارج کنید. شیر روی شلنگ را ببندید و با پایین آوردن پیستون هوا را به خارج از پیستون هدایت کنید. شیر روی شلنگ را باز کنید و به دفعات دلخواه این فرایند را تکرار کنید.

چه چیزی در مخزن باقی خواهد ماند؟ آیا هوا دوباره به داخل مخزن هجوم می‌آورد؟ آیا چیز اسرارآمیز و نادیدنی داخل مخزن وجود دارد که نمی‌توان آن‌را بیرون آورد؟ آیا واقعاً خلاً وجود دارد؟

زمان زیادی از دوران استفاده از اسب در پاسخ به یک پرسش آزاردهنده‌ی علمی گذشته است، اما فون گریکه از چند اسب استفاده کرد.^[۴]

با خارج کردن هوای درون مخزن با استفاده از آن پمپ کذایی، دو بخش بالایی و پایینی آن به یکدیگر فشرده می‌شدند و اسب‌ها نمی‌توانستند این دو بخش را از یکدیگر جدا کنند.

این دو بخش مخزن را نمی‌شد از یکدیگر جدا کرد زیرا چیزی درون آن‌ها نبود، ولی چیز زیادی (هوا) در خارج از آن وجود داشت. هوا، مخزن را به داخل فشار می‌داد ولی چیزی آن‌را به بیرون فشار نمی‌داد. برای باز کردن مخزن باید با این فشار هوا مقابله می‌شد ولی پمپ فون گریکه چنان خوب عمل می‌کرد که کُلی «هیچ چیز» درون مخزن به وجود می‌آمد و نمی‌شد مخزن را باز کرد. در سال ۱۶۵۴، خلاً پیروز شد و ما هیچ شانسی نداشتیم.



پس شاید خلاً، حداقل از برخی جنبه‌های ظریف فنی، واقعاً وجودی حقیقی دارد. سپس زمان نیوتون رسید و او قانون گرانش خود را تدوین کرد. متشکریم رفیق. قرن‌ها مردمان تصور می‌کردند که گیتی در ورای زمین مملو از چیزهای مختلف، عمدتاً کُرَات بلورین است. بله، کُرَات بلورین. یک کره بلورین به ازای هر جرم سماوی (یکی برای ماه، یکی برای خورشید، یکی برای هر یک از سیارات، و یکی برای ستارگان). این کُرَات وظیفه‌ی حمل اجرام فضایی در مسیرهای باقاعده‌ای را

در آسمان برعهده داشتند در حالی که زمین در مرکز، و در مکان آرام و خسته‌کننده‌ی خود قرار داشت (فکر کنم به ما هیچ کره بلورینی نمی‌رسید).

همه چیز خوب بود تا این که یوهان کپلر دریافت که سیارات منظومه شمسی در مدارهای بیضوی حرکت می‌کنند و نه دایره‌ای.^[۲] هی و... خورشید در مرکز قرار داشت و نه زمین. به نوعی وجود بیضی‌گون‌های بلورین که بی‌هیچ زحمتی از ازل تا ابد در برابر یکدیگر حرکت می‌کردند، دشوار بود، از این رو این مدل از حرکات اجرام سماوی به‌مانند پسمانده گندیده غذا به فراموشی سپرده شد.

بله، نیوتون. تا زمانی که آیزاک نیوتون دریافت گرانش تنها به زمین محدود نمی‌شود، و تنها سیب‌ها را از درخت به پایین نمی‌کشد بلکه همه‌ی چیزهای گیتی را به یکدیگر مرتبط می‌کند، هیچ‌کس نمی‌دانست علت مدارهای بیضوی سیارات چه بود. هر چیزی در آن واحد هم گرانش تولید می‌کند و هم آن را احساس می‌کند. همان گرانشی که سیب را از درخت به پایین می‌کشد، همان نیروی نادیدنی است که سیارات را در مدارهای بیضوی خود به‌دور خورشید نگاه می‌دارد.

اما نکته اینجاست. اگر زمین با سرعت سرسام‌آوری به‌دور خورشید می‌گردد، پس درون چه چیزی حرکت می‌کند؟ طبیعت ذاتاً از خلأ تنفر دارد (به‌جز در موارد محدود مثل نمایش باشکوه اسب‌های فون گریکه). اما اگر گرانش سیارات را در مدارهای‌شان نگاه می‌دارد و زمین و دیگر سیارات درون چیزی (هر چیزی، اما به‌یقین نه هیچ‌چیز) حرکت می‌کنند، پس منطقی نیست که یک نیروی پَسار (drag) وجود داشته باشد؟ چیزی که حرکت را کند کند؟

با این حال، گرانش به‌طور کامل حرکات سیارات را توضیح می‌دهد و هیچ اثری از نیروی پَسار و کند شدن در کار نیست. هیچ‌چیز.

نیوتون خود نیز از این مسئله خسته شده بود^[۴] و کاملاً مشتاق به مطرح کردن «چیز میان ستاره‌ها» بود، با این حال هنوز مقاومت عقلانی زیادی در برابر خلأ بزرگ وجود داشت. با عقل و درک کنونی که از گیتی دارم، علت این بحث بزرگ چندان معلوم نیست. پس اگر گیتی عمدتاً از فضای خالی تشکیل شده باشد چه؟

فکر می‌کنم با این مفهوم — که امکان دارد اصلاً چیزی وجود نداشته باشد — چنان بیگانه هستیم که در تضاد با بینش اساسی انسانی ما قرار می‌گیرد. اما من و شما در جهان جاروبرقی‌ها (vacuum cleaner) و فضا بزرگ شده‌ایم، پس به این

چیزها عادت داریم. بیابید در اینجا به اجداد باهوش خود فرصتی دهیم، آن‌ها می‌بایست تمام این چیزهای دشوار را درک می‌کردند، پس جای تعجب ندارد که هضم این مفاهیم برای آن‌ها یک یا دو قرن طول کشید.

می‌بینید که داستان به نیوتون ختم نمی‌شود. مفهوم جوهر فضا بارها و بارها مانند هیولای چندسر دریاها به اشکال گوناگون ظاهر می‌شد و هر بار از آن برای حل معماهای مختلف علمی بهره گرفته می‌شد. به این مفهوم حتی نامی نیز داده شده بود: اتر.

در ابتدا و پس از سقوط نظام کرات بلورین، اتر چیزی انگاشته می‌شد که سیارات در مدارهای‌شان از میان آن عبور می‌کردند. اتر هیچ مقاومتی نداشت (در غیر این صورت کل منظومه شمسی از حرکت باز می‌ایستاد)، بر نور اثر نمی‌گذاشت، مزه نداشت، و اساساً کاری صرف نشستن در آنجا و فقط وجود داشتن، نداشت، زیرا همان‌طور که گفته شد، طبیعت از خلأ متنفر است. اما نیوتون به‌درستی اشاره کرد که تنها دلیلی که مردم می‌خواستند اتر وجود داشته باشد آن بود که می‌خواستند وجود داشته باشد. اگر این تمایل را رها می‌کردید، دیگر نیازی به آن نبود.

«ولش کن مرد.» — نیوتون گفت.

اما سپس کارهای زیادی در مورد ماهیت نور انجام شد. انواع مختلفی از چیزهای نورانی در گیتی وجود دارند — خورشید، ستاره‌ها، آتش، چیزهای معمولی — که مقدار زیادی نور منتشر می‌کنند. اما نور چیست؟ چه شکلی است و چگونه عمل می‌کند؟ چگونه می‌توانیم به بهترین شکل آنرا توصیف کنیم؟

نیوتون و دوستان نزدیکش نور را متشکل از ذرات بسیار ریز به نام corpuscle (برگرفته از واژه یونانی به‌معنای ذرات ریز) در نظر می‌گرفتند. این ذرات کوچک از اجرام نورانی نشأت می‌گرفتند و مانند گلوله‌های تگرگ در گیتی حرکت می‌کردند و پس از بازتاب و شکست نهایتاً وارد چشم‌های مان می‌شدند و ما را از حضور خود آگاه می‌ساختند.

از آنجایی که از دیدگاه نیوتون نور از ذرات ساخته شده بود، نیازی به اتر نداشت و همانند سیارات در فضا حرکت می‌کرد.

سپس دو رویداد بسیار مهم اتفاق افتاد. یک، نیوتون درگذشت و دیگر

نمی‌توانست با هیچ‌کس بحث کند. و دو، توماس یانگ نشان داد که نور هرگاه بخواهد می‌تواند به شکل موج عمل کند.^[۵] او این کار را از طریق تاباندن نور به دو شکاف بسیار باریک و مشاهده‌ی الگوی تداخلی شکل‌گرفته بر پرده‌ی پشت شکاف‌ها انجام داد. در برخی مناطق، نور تداخل سازنده داشت و نورانیت آن بیشتر می‌شد و در برخی مناطق نور تداخل مخرب پیدا می‌کرد و نواری تاریک برجای می‌ماند.

این الگو، ۱۰۰ درصد ناشی از رفتار موجی است. نور موج است. این‌را داشته باش، آیزاک.

(چرا هیچ‌کس این را تا قبل از یانگ در سال ۱۷۹۹ امتحان نکرده بود؟) پس نور گاهی رفتار ذره‌ای دارد و گاهی رفتار موجی. پس مسئله‌ی مهم چیست؟ مسئله‌ی مهم اینجاست اگر نور موج باشد پس باید در چیزی موج بزند. مثلاً صوت یک موج در هوا است و امواج آب، امواجی در آب هستند. پس زمانی که نور از خورشید به زمین می‌رسد، در چه موج می‌زند؟ این مسئله چند دهه بعد با «ابداع» تصادفی نور توسط یک ابرنابغه، و نیز دارنده ریش واقعاً نامرتب به‌نام جیمز کلرک مکسول به اوج خود رسید.^[۶] هدف مکسول این نبود؛ او فقط با چند معادله و میرفت تا رفتار میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را توصیف کند. اما معادلات به‌خوبی نشان دادند که چگونه یک میدان الکتریکی متغیر می‌تواند یک میدان مغناطیسی ایجاد کند و برعکس. بنابراین امکان آن وجود دارد که میدان‌های متغیر الکتریکی و مغناطیسی یکدیگر را تولید کنند و در فضا موج بزنند و از یکدیگر پیشی بگیرند.

مکسول این معادلات را در ویژگی‌های شناخته شده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی قرار داد و دریافت که امواج الکتریکی-مغناطیسی با سرعت نور حرکت می‌کنند.

نور در واقع یک موج بود؛ یک موج الکتریکی و مغناطیسی. اما شبیه به دیگر امواج، گمان می‌رفت که برای انتشار باید درون چیزی حرکت کند. وجود خلأ حقیقی ممکن نبود — نیاز به یک (آماده این هستید؟) اتر درخشان بود — اتری که به نور موجودیت باشکوهش را می‌بخشید.

