افکار سوم

افکار سوم

استیون واینبرگ

ترجمه‌ی

جمیل آریایی

انتشارات مازیار

فهرست مطالب

آغاز سخن ۷

بخش اول: تاریخ علم

۱. سودمندی‌های اخترشناسی ۱۱
۲. هنر کشف ۲۱
۳. از رادرفورد تا برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون ۲۷
۴. مدرسین و تحصیل‌کرده‌های خفته در زیر خاک تگزاس ۳۹
۵. پیدایش مدل‌های استاندارد ۴۳
۶. زمان‌های طولانی و زمان‌های کوتاه ۵۵
۷. نیم‌نگاهی به حال ــ تاریخ علم ویگ ۵۹
۸. تاریخ علم ویگ: یک مجادله ۶۹

بخش دوم: فیزیک و کیهان‌شناسی

۹. ذره‌ی بنیادی چیست؟ ۷۵
۱۰. جهانی که هنوز نمی‌شناسیم ۸۳
۱۱. تنوع تقارن‌ها ۹۵
۱۲. هیگز و ورای آن ۱۰۹
۱۳. چرا هیگز؟ ۱۱۵

۱۴. مشکل مکانیک کوانتومی ۱۱۹

بخش سوم: مطالب کلی

۱۵. اوباما و بودجه‌ی برنامه‌های فضایی ۱۳۷
۱۶. بحران‌های علم بزرگ ۱۴۱
۱۷. ناامیدی لیبرال‌ها ۱۵۵
۱۸. گریزگاه‌های مالیاتی را نبندیم ۱۵۹
۱۹. علیه پروازهای فضایی سرنشین‌دار ۱۶۳
۲۰ شک‌اندیشان و دانشمندان ۱۶۹

بخش چهارم: مطالب شخصی

۲۱. تغییر مسیر ۱۷۵
۲۲. نوشتن در باب علم ۱۷۷
۲۳. در باب خطا رفتن ۱۸۳
۲۴ پیشه‌ی علم و پیشه‌ی هنر ۱۸۵
۲۵. نیویورک به آستین، و برگشت ۲۰۱
نمایه ۲۰۵

آغاز سخن

این کتاب سومین کتاب از مجموعه‌ی جستارهای من برای خوانندگان عادی است که انتشارات دانشگاه هاروارد آن‌ها را چاپ کرده است. تعدادی از این جستارها مباحثاتی هستند در باب موضوعاتی چون آسیب نابرابری، احمقانه بودن برنامه‌های پرواز سرنشین‌دار فضایی، بی‌منطقی برخی از شیوه‌های تاریخ‌نگاری، خطر گرمایش جهانی، و اهمیت حمایت از آنچه عموم به آن نیاز دارند، از جمله علوم پایه. به روال گذشته، این جستارها بیان‌گر دیدگاهی خردگرایانه، واقعیت‌گرایانه، فروکاه، و از هر حیث این‌جهانی است.

جستارهای دیگر، جنبه‌هایی از فیزیک مدرن و کیهان‌شناسی و گذشته‌ی آن‌ها را به زبان عامه‌فهم توضیح می‌دهند. در تعدادی از آن‌ها پاورقی‌هایی افزوده‌ام تا آنچه را در چاپ پیشین این جستارها مبهم می‌نمود، روشن کنم. ترس‌ام از این است خواننده با بعضی از مباحث علمی روبرو شود که در یکی دو جستار تکرار شده‌اند، از جمله شکست تقارن، نیروهای هسته‌ای ضعیف و قوی، جهان آغازین، و بسگیتی. در این باره کاری نمی‌شد کرد، این روزها این‌گونه مباحث ذهن فیزیکدان‌های بسیاری را به خود مشغول داشته است.

مثل دو جلد پیشین این مجموعه که یکی رو به سوی آسمان و دیگری چشم‌اندازهای دریاچه است، بیشتر جستارهای این جلد نیز پیش از این در نیویورک ریویو آو بوکس، در روزنامه‌ها، و در دیگر نشریه‌های ادواری چاپ شده‌اند. جستارهای ۲۰، ۲۳، و ۲۵ سابق بر این جایی چاپ نشده‌اند. جستار ۲۴ نیز تاکنون به زینت چاپ درنیامده است، چون هر کس که آن را خوانده خوش‌اش نیامده، اما من خیلی از آن خوش‌ام می‌آید و آن را در اینجا می‌آورم.

در این کتاب کاری را که در دو مجموعه‌ی جستارهای پیشین کرده بودم، انجام نداده‌ام و آن این که جستارها را به ترتیب زمانی مرتب کرده‌ام. جستارها را به چهار بخش کلی تقسیم کرده‌ام و در هر بخش آن‌ها را به ترتیب زمانی آورده‌ام. با وجود این، نباید این بخش‌بندی را جدی گرفت. در شرح مطالب تاریخی در بخش یک می‌بایست جنبه‌هایی از فیزیک و کیهان‌شناسی را توضیح می‌دادم، چون بدون شرح وقایع تاریخی نمی‌توانستم در بخش دو به فیزیک و کیهان‌شناسی بپردازم.

در جای‌جای بخش‌های سه و چهار که به مطالب کلی و شخصی اختصاص دارند، هم از علم و هم از تاریخ سخن گفته‌ام.

به ویراستارانی مدیون هستم که کمک کرده‌اند تا این جستارها در اختیار همگان قرار بگیرد. به ویژه از مایکل فیشر سپاسگزارم که به انتشارات دانشگاه هاروارد پیشنهاد کرد تا جستارهای مرا در شکل مجموعه‌ای چاپ کند. از جف دین به خاطر توصیه‌های خوب‌اش و پی‌گیری مراحل چاپ این جلد از مجموعه ممنون‌ام. یاد و خاطره‌ی مرحوم رابرت سیلورز را گرامی می‌دارم که با صبر و مهارتی مثال‌زدنی مقالات مرا اصلاح و برای چاپ در نیویورک ریویو آو بوکس آماده کرد. در این فرصت به ویژه می‌خواهم از لوئیس واینبرگ تشکر کرده باشم که دست از نوشته‌های خود درباره‌ی حقوق کشید و پیش‌نویس‌های بسیاری از این مقالات را خواند و برای بسیاری از آن‌ها و نیز کتاب‌های رو به سوی آسمان و تاریخ علم عنوان انتخاب کرد و برای جلد کتاب حاضر نقاشی گریمشاو را پیشنهاد و توصیه‌های باارزشی برای بازآرایی مطالب داد. بسیاری از ابهامات و ندانم‌کاری‌ها به همت وی از میان رفت.

از تجربه پیشینی که دارم، به نظر می‌رسد با آهنگ نوشتن من، برای تولید جستارهایی که بشود آن‌ها را در مجموعه‌ای آورد، کم و بیش ده سال زمان لازم است. با این حال، امیدوارم این واپسین مجموعه‌ی من نباشد. اما با نظر به واقعیت، چه بسا لحظه‌ی آن باشد که از خوانندگانی تشکر کنم که نوشته‌ها و توضیحات مرا خوانده‌اند و برای من فرصتی فراهم کرده‌اند تا با دنیای ورای فیزیک ارتباط باارزشی برقرار سازم.

بخش ۱

تاریخ علم

فصل ۱

سودمندی‌های اخترشناسی

این جستار هنگامی آغاز شد که من در عرشه‌ی کشتی سی کلاود، آنگاه که داشت دریای اژه را درمی‌نوردید، سخنرانی کردم. بیشتر مسافران دوستانی از آستین بودند که از اماکن دنیای باستان دیدن می‌کردند. ماهیت این سفر ایجاب می‌کرد داوطلب شوم تا عصرانه‌ای درباره‌ی موضوعی صحبت کنم که آن روزها ذهن مرا افسون کرده بود و آن اخترشناسی یونان بود.

چند سال پیش، همین سخنرانی را در مرکز هری رانسوم در آستین نیز ایراد کردم. این مرکز مجموعه‌ی زیبایی از آثار ادبی و هنری داشت، اما در آن چندان خبری از آثار علمی نبود. با این حال، این مرکز در ماه سپتامبر سال ۲۰۰۹ نمایشگاه بزرگی با عنوان «دنیاهای دیگر: آثار اخترشناختی کمیاب» ترتیب داد و در آن ویرایش‌های اصیلی از آثار کپرنیک و گالیله را به نمایش گذاشت. من آماتوری مشتاق به تاریخ علم بودم و خوشحال که از من می‌خواستند برای مراسم افتتاحیه‌ی نمایشگاه سخنرانی عصرانه‌ای ایراد کنم. شادمان بودم از این که می‌توانستم از برنامه‌ی بی‌فایده‌ی پروازهای سرنشین‌دار فضایی ناسا سخن بگویم.

پس از این سخنرانی، نسخه‌ای از آن را برای رابرت سیلورز فرستادم تا در نیویورک ریویو آو بوکس چاپ کند. این سخنرانی یک ماه بعد در روز ۲۲ اکتبر سال ۲۰۰۹ به چاپ رسید و در صفحه‌ی کناری آن یکی از پوسترهای نمایشگاه، گفتگوهایی در باب دو نظام عمده‌ی جهانی اثری از گالیله و عکس‌هایی از ارسطو، بطلمیوس، و کپرنیک به نمایش گذاشته شده بود. آنچه در زیر می‌آید، کم و بیش همان سخنرانی من است، جز این که اصلاحات کوچکی در آن انجام داده‌ام. همین سخنرانی من بود که بعدها مبنایی برای فصل ۶ کتاب تاریخ علم، تبیین جهان هستی شد.

چند سال پیش، تصمیم گرفتم مطالب بیشتری درباره‌ی تاریخ علم بیاموزم و از این‌رو طبیعی بود داوطلب شوم که تاریخ علم را تدریس کنم. داشتم مطالب

درسی‌ام را آماده می‌کردم که به واقعیت تکان‌دهنده‌ای برخوردم که می‌دیدم اخترشناسی دنیای باستان در مقایسه با دیگر علوم طبیعی، به درجه‌ی بالایی از دقت و پیچیدگی رسیده بود. یکی از دلایل آشکار آن، این است که پدیده‌های اخترشناختی قابل رؤیت را به مراتب ساده‌تر و راحت‌تر می‌توان مطالعه کرد تا پدیده‌هایی که روی زمین شاهد آن‌ها هستیم. باستانیان نمی‌دانستند که زمین و کره‌ی ماه و همه‌ی سیارات جملگی با آهنگ کم و بیش ثابتی گِرد محورشان می‌چرخند و تحت تأثیر تک نیروی غالبی به نام گرانش روی مدارهای‌شان حرکت می‌کنند. در نتیجه، تغییراتی که در آسمان دیده می‌شود ساده و دوره‌ای هستند: ماه به طور منظم طلوع و افول می‌کند، خورشید و ماه و ستارگان روزانه یک دور به گِرد قطب سماوی می‌چرخند، و خورشید هر سال مسیری را می‌پیماید که از میان صورفلکی یکسانی از ستارگان، یعنی ستارگان منطقه‌البروج، می‌گذرد.[۱] در مقایسه با پدیده‌هایی که در روی زمین آن‌ها را می‌بینیم مثل پرواز پرندگان و جریان آب در رودخانه‌ها، این تغییرات دوره‌ای را حتی با ابزار ابتدایی نیز می‌توان با دقت ریاضی به مراتب بیشتری مطالعه کرد و پیشینیان ما همین کار را کرده‌اند.

دلیل دیگری هم هست که چرا اخترشناسی در دنیای باستان و قرون وسطا محبوبیت داشته است. اخترشناسی آن اندازه سودمند بود که فیزیک و زیست‌شناسی آن روزگاران نبودند. قبل از آغاز تاریخ نیز انسان‌ها می‌بایست از حرکت ظاهری خورشید، دست‌کم به عنوان ساعت تقریبی، تقویم، و قطب‌نما استفاده کرده باشند. این اعمال با کشف گنومن دقیق‌تر شدند که شاید از نخستین ابزار علمی باشد و یونانیان کشف آن را گاهی به آناکسیماندر و گاهی به بابلیان نسبت داده‌اند.

گنومن میله‌ی راستی است که آن را در قطعه زمینی روباز و تخت به طور قائم برپا می‌کنند تا پرتوهای خورشید بتوانند بر آن بتابند. هر زمان که در عرض روز، طول سایه‌ی گنومن کوتاه‌ترین باشد، آن زمان هنگام ظهر است. در هنگام ظهر، سایه‌ی گنومن همه جای عرض جغرافیایی یونان و مزوپوتامیا به سوی شمال است و از این‌رو می‌توان همه‌ی نقاط قطب‌نمای روی زمین اطراف گنومن را به دقت و به طور دائمی علامت‌گذاری کرد. با تماشای روز به روز زمان ظهر، می‌توان پی برد که چه روزهایی سایه‌ی ظهر کوتاه‌ترین یا بلندترین است. این روزها، انقلابین

---

۱. البته ستارگان در طول روز دیده نمی‌شوند، اما تعدادی از آن‌ها را درست پس از غروب خورشید، یعنی زمانی که مکان خورشید در آسمان هنوز پیداست می‌توان دید.

تابستانی یا زمستانی هستند. از طول سایه‌ی ظهر در انقلاب تابستانی می‌توان عرض جغرافیایی را حساب کرد. در بهار و تابستان، سایه‌ی غروب خورشید اندکی متمایل به جنوب شرق و در پائیز و زمستان متمایل به شمال شرق است. آنگاه که سایه‌ی غروب به سوی شرق نشانه رفته باشد، نقطه‌ی اعتدال بهاری یا پائیزی است.[۱]

در حدود سال ۴۳۰ قبل از میلاد ائوکتمون اخترشناس آتنی که از گنومن به عنوان تقویم استفاده می‌کرد، به کشفی دست یافت که تا دو هزار سال سبب سردرگمی اخترشناسان شد و آن این بود که طول چهار فصل که آغاز و پایان‌شان را دقیقاً انقلابین و اعتدالین تعیین می‌کنند اندک اختلافی با هم دارند. با این کشف فرضیه‌ی حرکت خورشید به گرد زمین (یا زمین به گرد خورشید) با سرعت ثابت روی دایره‌ای به مرکز زمین باطل اعلام شد، چون اگر چنین می‌بود انقلابین و اعتدالین طول دقیقاً برابری می‌داشتند. این یکی از دلایلی بود که هیپارخوس از اهالی نیکا، بزرگترین اخترشناس رصدی دنیای باستان، در حدود سال ۱۵۰ قبل از میلاد لازم دید تا ایده‌ی دوایر مسیر را مطرح کند و در این ایده خورشید و سیارات روی دوایری قرار دارند که مراکزشان روی دوایری به گرد زمین می‌چرخند. سه قرن بعد کلاودیوس بطلمیوس همین ایده را مفید یافت و از آن استقبال کرد.

از آنجا که کپرنیک به مدارهای دایره‌ای پای‌بندی داشت، او نیز ایده‌ی دوایر مسیر را حفظ کرد. تا این که در نخستین سال‌های قرن هفدهم، یوهانس کپلر سرانجام توضیح داد هیپارخوس و بطلمیوس چه چیزی را به دوایر مسیر نسبت می‌دادند. مدار زمین به گرد خورشید، دایره نیست بلکه بیضی است؛ خورشید نه در مرکز بلکه در یکی از کانون‌های این بیضی جای دارد؛ سرعت دَوران زمین ثابت نیست و آنگاه که به خورشید نزدیک می‌شود سریع و آنگاه که از خورشید دور می‌شود کُند حرکت می‌کند.

از بابت سودمندی‌هایی که شرح داده‌ام، خورشید محدودیت‌های خود را دارد. البته از خورشید تنها در طول روز است که می‌توان استفاده کرد و زمان و جهت را گفت و پیش از کشف گنومن، حرکت سالانه‌ی خورشید تنها تقریبی

---

۱. گنومن با ساعت آفتابی فرق دارد، چون میله‌ای که در ساعت آفتابی سایه می‌اندازد قائم نیست بلکه تحت زاویه‌ای برافراشته شده است که سایه‌ی میله در طول هر روز از سال مسیر کم و بیش یکسانی را بپیماید. از این‌رو ساعت آفتابی به عنوان ساعت سودمند است و نه به عنوان تقویم.

از وقت سال را به دست می‌داد. از مدارکی که از دُوران باستان داریم، برای برطرف ساختن این نارسایی‌های خورشید، از ستارگان استفاده می‌شد. هومر از کاربرد ستارگان در شب، به عنوان قطب‌نما، آگاه بود. در کتاب اودیسه، کالیسپو به اودیوس راهنمایی می‌کند که چگونه از جزیره‌ی او به سوی شرق پارو بزند تا به ایتاک برسد: از او می‌خواهد در طول مسیر چنان پارو بزند که صورت فلکی خرس همواره در سمت چپ‌اش باشد. البته منظور از خرس همان دُب‌اکبر است و آن صورت فلکی‌ای است در نزدیکی قطب شمال آسمان که در عرض جغرافیایی مدیترانه‌ای هرگز غروب نمی‌کند (یا، به قول هومر، هرگز در اقیانوس حمام نمی‌کند). اودیوس که شمال در سمت راست‌اش واقع بود به سوی خانه‌اش در شرق پارو می‌زند.[۱]

از ستارگان به منظور تقویم نیز استفاده می‌شد. مصریان باستان طغیان رود نیل را از بالا آمدن ستاره‌ی سیروس می‌دانستند. در حدود ۷۰۰ سال قبل از میلاد، شاعری به نام هسیود در کتاب کارها و روزها به کشاورزان توصیه می‌کند تا زمین را هنگام غروب کیهانی خوشه‌ی پروین شخم بزنند، یعنی روزی از سال که در آن خوشه‌ی ستاره‌ای پروین برای نخستین بار قبل از طلوع آفتاب، غروب می‌کند.

بسیاری از تمدن‌های باستانی که به این دلایل ستارگان را رصد می‌کردند، پی برده بودند پنج «ستاره» که یونانیان آن‌ها را سیاره می‌نامیدند، در طول سال در پس‌زمینه‌ی همه‌ی ستارگان حرکت می‌کنند و همراه با خورشید مسیر یکسانی را در منطقه‌البروج می‌پیمایند، اما گاهی چنین می‌نماید که مسیرشان را وارونه می‌کنند. مسئله‌ی درک این حرکت‌ها که هزاران سال اخترشناسان را سردرگم کرده بود دست‌آخر با پژوهش‌های آیزاک نیوتون به پیدایش فیزیک مدرن انجامید.

سودمندی اخترشناسی نه از این بابت بود که به خورشید و ستارگان و سیارات می‌پردازد و از این‌رو به کشفیات علمی می‌انجامد. این سودمندی به توسعه‌ی علم نیز کمک می‌کرد، چون آنگاه که برای تبیین پدیده‌ها، به جای گمانه‌زنی، از

---

۱. شاید بپرسیم که چرا کالیپسو به اودیوس نگفت که باید قطب شمال در سمت چپ او باشد. دلیل آن این است که در روزگار هومر ستاره‌ی قطبی که امروزه قطب شمال است، در قطب شمال آسمان نبود. این نه به خاطر حرکت خود ستاره‌ی قطبی، بلکه به خاطر پدیده‌ای است که حرکت رقاصکی اعتدالین نام دارد و هیپارخوس آن را کشف کرده بود. به زبان امروزی، محور دَوران زمین جهت ثابتی در آسمان ندارد، بلکه مثل محور هر فرفره‌ی چرخانی حرکت رقاصکی انجام می‌دهد و هر ۲۵,۷۲۷ سال یک بار خود را تکرار می‌کند. این رقم معیاری است از دقت اخترشناسی یونان، چون هیپارخوس آن را ۲۸,۰۰۰ سال حساب کرده بود.

نظریه‌های علمی استفاده می‌کنیم همه چیز درست از آب درمی‌آید. هرگاه کالیپسو به اودیوس توصیه می‌کرد که همواره ماه را سمت چپ خود نگه دارد، وی تا ابد روی دایره‌ای می‌چرخید و هرگز به خانه نمی‌رسید. برعکس، نظریه‌ی حرکت ارسطو توانست تا قرون وسطا دوام آورد، چون هرگز در عمل از آن استفاده نشد تا نادرستی‌اش برملا شود. اخترشناسان تلاش کردند از نظریه‌ی منظومه‌ی سیاره‌ای ارسطو (این نظریه در اصل از ائودوکسوس شاگرد بطلمیوس و شاگرد او کالیپوس بود) استفاده کنند که در آن سیارات روی کرات جفت‌شده‌ای که مرکزشان روی زمین بود حمل می‌شدند و این نظریه (بر خلاف نظریه‌ی دوایر مسیر) با فیزیک ارسطویی وفق می‌داد.

آنان دریافتند که نظریه‌ی ارسطو درست کار نمی‌کند، برای مثال، این نظریه نمی‌توانست توضیح دهد که چرا با گذشت زمان درخشندگی سیارات تغییر می‌کند، که آن را بطلمیوس به درستی ناشی از این واقعیت دانست که هر سیاره همیشه فاصله‌ی یکسانی از زمین ندارد. اعتبار فلسفه‌ی ارسطویی، عده‌ای از فلاسفه و پزشکان (و تعداد اندکی از اخترشناسان فعال) را بر آن داشت تا در عصر دنیای باستان و قرون وسطا به نظریه‌ی منظومه‌ی شمسی ارسطو پای‌بند باشند، اما دُوران گالیله که رسید این پای‌بندی رنگ باخته بود. آنگاه که گالیله رساله‌ی **گفتگو در باب دو نظام عمده‌ی جهانی** را نوشت، این دو نظام گالیله نظام‌های بطلمیوس و کپرنیک بودند، نه نظام ارسطو.

دلیل دیگری نیز هست که سودمندی اخترشناسی در پیشرفت پژوهش‌های علمی اهمیت داشت و آن این بود که سبب شد دولت از پژوهش‌های علمی حمایت کند. نخستین مثال مهم آن موزه‌ی اسکندریه بود که پادشاهان یونانی مصر در دُوران هلنی آغازین، در حدود سال ۳۰۰ قبل از میلاد، تأسیس کردند. این موزه، به معنای امروزی واژه‌ی موزه نبود که محل نگهداری فسیل‌ها و نقاشی‌ها باشد و مردم برای تماشای آن‌ها بروند، بلکه مؤسسه‌ی پژوهشی بود و به میوزها (الهه‌های ادبیات، هنر، و علم در یونان باستان) اختصاص داشت، از جمله اورانیا که میوز اخترشناسی بود. پادشاهان مصر نه تنها از مطالعاتی که در اسکندریه، به احتمال زیاد در موزه، می‌گذشت و در ارتباط با ساخت سنگ‌اندازها و آتش‌بارهای دیگر و پرواز پرتابه‌ها بود، حمایت می‌کردند، بلکه موزه به آریستارخوس که فواصل و ابعاد خورشید و کره‌ی ماه را اندازه گرفت و به اراتوستنس که پیرامون زمین را اندازه‌گیری کرد، حقوق می‌داد. این موزه

در نوع خود نخستین مرکز از سلسله مراکز پژوهش دولتی بود. این مراکز عبارت بودند از اتاق فکری که در حدود سال ۸۳۰ بعداز میلاد مأمون خلیفه‌ی عباسی در بغداد ساخت و رصدخانه‌ی اورانیبورگ براهه که پادشاه دانمارک، فردریک دوم، در سال ۱۵۷۶ به براهه هدیه کرد. سنت مراکز پژوهشی دولتی تا به امروز ادامه داشته است که از آن جمله می‌توان از آزمایشگاه‌های فیزیک ذرات چون سِرن و فرمی‌لب و رصدخانه‌های بدون سرنشینی چون هابل و کاوشگر ناهمسانگرد مایکروویو ویلکینسون (WMAP) و پلانک نام برد که ناسا و آژانس فضایی اروپا به فضا فرستاده‌اند.

در واقع، اخترشناسی باستان بیش از اندازه از سودمندی خود نفع برده است. میراثی که از بابلیان به دنیای هلنی رسیده نه تنها شامل توده‌ی عظیمی از داده‌های رصدهای اخترشناختی (و چه بسا گنومن) است، بلکه شامل شبه‌علم طالع‌بینی نیز می‌شود. بطلمیوس فزون بر رساله‌ی اخترشناختی بزرگ المجسطی، کتابی نیز درباره‌ی طالع‌بینی، به نام تترابیبلوس، نوشت. انگیزه‌ی حمایت پادشاهان از گردآوری جداول اخترشناختی در قرون وسطا و اوایل دُوران مدرن بیشتر این بوده که طالع‌بینان از این جداول استفاده کنند. آنچه در اینجا گفتم شاید با آنچه پیش از این درباره‌ی اهمیت کاربردهای اخترشناسی گفته بودم که بر درست بودن علم اخترشناسی دلالت دارند، متناقض به نظر آید، اما طالع‌بینان، دست‌کم در تحلیل حرکت‌های سیارات و ستارگان درست عمل می‌کردند و می‌توانستند ناتوانایی‌شان در توجیه امورات انسانی را در دل پیشگویی‌های نامعلوم‌شان پنهان سازند.

همگان به بخش سودمندی اخترشناسی علاقه‌مند نبوده‌اند. در رساله‌ی جمهور افلاطون گفتگویی هست که می‌گوید باید به پادشاهان فیلسوف آینده آموزش داده شود. سقراط پیشنهاد می‌کند که این آموزش باید شامل اخترشناسی نیز باشد و گلاوکن، نوچه‌ی او، در دَم آن را می‌پذیرد، چون «نه تنها کشاورزان و دیگران نیاز دارند درباره‌ی فصول، ماه‌ها، و روزهای سال بدانند، به همان اندازه مهم است که فرماندهان سپاه نیز از آن‌ها آگاهی داشته باشند.» بیچاره گلاوکن که سقراط او را ساده‌لوح می‌خواند توضیح می‌دهد دلیل واقعی مطالعه‌ی اخترشناسی این است که ذهن را متوجه آسمان‌ها می‌کند و سبب می‌شود انسان به چیزهایی ورای آنچه در دنیای روزمره می‌بیند فکر کند.

هر چند گاهی پژوهش‌های علمی به پدیده‌های نوظهور ناباورانه‌ای می‌انجامند،

اما رشته‌ی اصلی پژوهشی من، فیزیک ذرات بنیادی، هیچ کاربرد سرراستی[۱] در آینده‌ی نزدیک ندارد و از این‌رو از اهمیت سودمندی آن در تحول تاریخی علم لذت چندانی نمی‌برم. تا به حال علوم ناب، چون فیزیک ذرات، به چنان معیارهایی از راستی‌آزمایی دست یافته است که لازم نیست برای اثبات درستی نظریه‌ها به سراغ کاربردهای عملی نظریه‌ها رفت. با وجود این، پژوهش در علوم ناب هم‌چنان باید برای جلب حمایت‌های دولتی با علومی که سودمندی آنی دارند، چون شیمی و زیست‌شناسی، دست و پنجه نرم کند.

متأسفانه با کاربردهایی که تاکنون برای اخترشناسی برشمرده‌ام، این علم برای جلب حمایت‌های دولتی توانایی رقابت با سایر علوم کاربردی را ندارد. ما امروزه برای تعیین زمان از ساعت اتمی استفاده می‌کنیم که دقت فوق‌العاده زیادی دارد و می‌توانیم تغییرات بسیار ناچیز طول روز و سال را اندازه بگیریم. می‌توانیم تاریخ روز را از روی ساعت یا صفحه‌ی کامپیوترمان بخوانیم و امروزه ستارگان آن جایگاهی را که در دریانوردی داشتند، از دست داده‌اند.

در سال ۲۰۰۵ از روی عرشه‌ی کشتی سی کلاود دریای اژه را تماشا می‌کردم. عصر بود و سر صحبت را با کاپیتان کشتی درباره‌ی دریانوردی باز کردم. او به من نشان داد که چگونه می‌توان با استفاده از زاویه‌یاب و کورنومتر، مکان کشتی را در هر لحظه در دریا تعیین کرد. اگر در لحظه‌ی مفروضی از کورنومتر، زاویه‌ی میان افق و ستاره‌ی مفروضی را با زاویه‌یاب اندازه‌گیری کنیم، به ما می‌گوید که کشتی باید در نقطه‌ای روی منحنی خاصی در نقشه‌ی زمین واقع باشد. هرگاه همین اندازه‌گیری را با ستاره‌ی دیگری انجام دهیم، منحنی دیگری به دست می‌آوریم. محل تلاقی این دو منحنی، مکان کشتی را در دریا معلوم می‌کند. اگر این کار را با ستاره‌ی سومی نیز انجام دهیم و منحنی سوم از محل تلاقی دو منحنی پیشین ما بگذرد، آنگاه می‌توانیم مطمئن شویم که اشتباه نکرده‌ایم. پس از این حرف‌ها، دوست کاپیتان من از افسران جوانی که وارد صنعت دریانوردی می‌شوند گله می‌کرد که نمی‌دانند چگونه با استفاده از زاویه‌یاب و کورنومتر مکان کشتی‌ها را

---

۱. در اینجا، از این بابت از کاربردهای «سرراست» حرف می‌زنم که پژوهش‌های آزمایشگاهی و نظری در فیزیک ذرات، تکنولوژی و ریاضیات را به مرزهای کنونی‌شان می‌کشانند و گاهی سبب می‌شوند تکنولوژی و ریاضیات جدیدی سر برآورد که از اهمیت کاربردی بالایی برخوردار است. یک مثال آن که دنیا از آن استقبال می‌کند، شبکه‌ی وب جهانی است. می‌توان از آن برای جلب حمایت دولت از این‌گونه پژوهش‌ها استفاده کرد، اما ما به این خاطر نیست که پژوهش می‌کنیم.

تعیین کنند. اختراع ماهواره‌های مکان‌یاب جهانی، دریانوردی را از وجود زاویه‌یاب و کورنومتر بی‌نیاز کرده‌اند.

هنوز یک سودمندی اخترشناسی هست که هم‌چنان پابرجا مانده است و آن نقش مهم اخترشناسی در کشف قوانین طبیعت است. آن‌گونه که پیش از این اشاره کردم، مسئله‌ی حرکت سیارات، نیوتون را به کشف قوانین حرکت و گرانش رهنمون ساخت. در اوایل قرن نوزدهم در رصدهای طیف نور خورشید بود که دانشمندان کشف کردند اتم‌ها تنها در طول‌موج‌های خاصی نور را جذب و گسیل می‌کنند و این واقعیت در قرن بیستم به توسعه‌ی مکانیک کوانتومی انجامید. بعدها در قرن نوزدهم این رصدهای خورشیدی از هستی عنصر جدیدی به نام هلیم پرده برداشتند که پیش‌تر روی زمین مشاهده نشده بود. در اوایل قرن بیستم، نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین را با اصول اخترشناختی آزمودند. نخست پیشگویی‌های نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین را با حرکت رصدشده‌ی سیاره‌ی عطارد و آنگاه پیشگویی دیگر نظریه‌ی او را با رصد انحراف نور ستاره بر اثر میدان گرانشی خورشید مقایسه کردند.

پس از تأیید درستی نسبیت عام، تا مدتی منبع داده‌هایی که انگیزه‌ی پیشرفت در فیزیک بنیادی بود از اخترشناسی رخت بربست و نخست به سوی فیزیک اتمی و آنگاه در دهه‌ی ۱۹۳۰ به سوی فیزیک هسته‌ای و فیزیک ذرات روی آورد. پس از این که در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ مدل استاندارد ذرات بنیادی فرمول‌بندی شد و همه‌ی داده‌هایی را که درباره‌ی ذرات انباشته شده بود توضیح داد، پیشرفت در فیزیک ذرات به کُندی گرایید. تنها چیزهایی که در سال‌های اخیر در حوزه‌ی ذرات بنیادی کشف شده‌اند و ورای مدل استاندارد هستند، جرم‌های ناچیز انواع مختلف نوترینوها هستند که آن‌ها نیز برای نخستین‌بار در نوعی از اخترشناسی، جستجوی نوترینوها در نور خورشید، رصد شده‌اند.

امروزه عادت کرده‌ایم که بگوییم ما در عصر طلایی کیهان‌شناسی هستیم. رصد اخترشناختی و نظریه‌ی کیهان‌شناختی تا جایی به یکدیگر جان بخشیده‌اند که می‌توانیم با افتخار بگوییم سن جهان هستی در این مرحله از انبساط، با ۰/۶۱ سال بالا یا پائین، ۱۳/۷۳ میلیارد سال است. این پژوهش نشان داده است که تنها در حدود ۴/۵ درصد از انرژی جهان هستی به شکل ماده‌ی معمولی، یعنی الکترون‌ها و هسته‌های اتمی است. در حدود ۲۳ درصد کل انرژی به شکل جرم ذرات «ماده‌ی تاریک» است و آن‌ها ذراتی هستند که با ماده‌ی معمولی یا تابش برهم‌کنش ندارند

و هستی‌شان تا به امروز تنها از راه رصد اثر نیروهای گرانشی آن‌ها بوده است که بر ماده‌ی معمولی و نور وارد می‌کنند. بزرگترین بخش موجودی انرژی جهان هستی، یعنی در حدود ۷۲ درصد، «انرژی تاریک» است که در جرم هیچ‌گونه ذره‌ای نهفته نیست، بلکه در خود فضا است، و انرژی تاریک است که به انبساط کنونی جهان شتاب می‌دهد. تبیین انرژی تاریک بزرگترین چالش فیزیک ذرات بنیادی است.

گیرم که این‌ها همه هیجان‌انگیز هستند، اما اخترشناسی و فیزیک ذرات هر دو باید برای جلب حمایت مالی دولت هم‌چنان بجنگند. در سال ۱۹۹۳ مجلس برنامه‌ی ساخت شتاب‌دهنده‌ای به نام اَبَر برخورددهنده‌ی اَبَررسانا را متوقف ساخت که می‌توانست محدوده‌ی جرم‌های ذرات جدیدی را که تولید می‌شدند، از جمله شاید ذرات ماده‌ی تاریک، گسترده‌تر کند. کنسرسیوم اروپایی سِرن این وظیفه را به عهده گرفته است، اما شتاب‌دهنده‌ی جدید آن، برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون، تنها قادر است یک سوم جرم‌هایی را که از اَبَر برخورددهنده انتظار می‌رفت، تولید کند و حمایت از شتاب‌دهنده‌ی بعداز برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون در هاله‌ای از تردید فرو رفته است. در اخترشناسی، ناسا از بودجه‌ی برنامه‌ی بیاند اینشتین (ورای اینشتین) و برنامه‌ی اکسپلورر (کاوشگر) کاسته است که برنامه‌های عمده‌ی پژوهش‌های اخترشناختی هستند که در سال‌های اخیر مایه‌ی پیشرفت زیادی در کیهان‌شناسی بوده‌اند.

البته، برنامه‌های باارزش زیادی متقاضی بودجه‌ی دولتی هستند. برنامه‌ای که به ویژه بسیاری از دانشمندان را آزرده کرده برنامه‌ی بیش از اندازه گران‌قیمت ناسا است که نقاب علم برخود کشیده است.[۱] منظورم برنامه‌ی پروازهای فضایی سرنشین‌دار است. در سال ۲۰۰۴ رئیس جمهور بوش «چشم‌انداز جدید» ناسا را اعلام کرد که بر اساس آن فضانوردان را بار دیگر به ماه و در پی آن به کره‌ی مریخ می‌فرستادند. چند روز بعد اداره‌ی علوم فضایی ناسا برنامه‌های بدون سرنشین بیاند اینشتین و اکسپلورر را متوقف ساخت و توضیح داد که از این چشم‌انداز جدید رئیس جمهور حمایت نمی‌کند.

فضانوردان در پژوهش‌های علمی مؤثر نیستند. با هزینه‌ای که صرف فرستادن

---

۱. در مقاله‌ی زیر به تفصیل به این برنامه پرداخته‌ام:

"Wrong Stuff," New York Review of Books, April 8, 2004.

این مقاله در کتاب زیر بازچاپ شده است:

Lake Views, S. Weinberg, (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 2009).

ایمن فضانوردان به کره‌ی ماه یا سیارات و برگرداندن آن‌ها به روی زمین می‌شود، می‌توان صدها روبات را فرستاد که به منظور اکتشاف، کارایی به مراتب بیشتری دارند. فضانوردان در رصدخانه‌های اخترشناختی که در مدار می‌گردند، ارتعاش و گرمای تابشی تولید می‌کنند که می‌تواند به ابزار حساس رصدخانه‌های اخترشناسی آسیب برساند. ماهواره‌هایی چون هابل یا کاوشگر زمینه‌ی کیهانی (COBE) یا کاوشگر ناهمسانگرد میکروویو ویلکینسون (WMAP) یا پلانک که سبب پیشرفت کیهان‌شناسی شده‌اند، بی‌سرنشین بوده‌اند. در ایستگاه فضایی بین‌المللی سرنشین‌دار هیچ علم مهمی انجام نشده است و مشکل بتوان تصور کرد که نشود پژوهش‌های مهم آینده را به ارزانی با تجهیزات بدون سرنشین انجام داد.

می‌گویند پروازهای فضایی سرنشین‌دار برای علم لازم است، چون بدون آن همگان از برنامه‌های فضایی، از جمله برنامه‌های هابل و کاوشگر ناهمسانگرد میکروویو ویلکینسون که علم واقعی انجام می‌دهند، حمایت نمی‌کنند. در این باره تردید دارم. به گمان من، جدا از ورزش تماشاگرپسند پروازهای فضایی، در اخترشناسی به طور کل و در کیهان‌شناسی به طور اخص، نوعی هیجان ذاتی نهفته است. برای اثبات آنچه هم‌اینک گفتم این سخنرانی را با شعری از کلاودیوس بطلمیوس خاتمه می‌دهم، «می‌دانم که موجودی فانی و زمینی هستم، اما دوایر چرخان تو در توی ستارگان را که جستجو می‌کنم گویی پاهایم روی زمین بند نیستند و در کنار زئوس دارم از قوت خدایان شکمی از عزا درمی‌آورم.»