مروری بر مسائل فلسفه‌ی علم مدرن

سوزن در انبار کاه

Telegram @eat_book

عرفان کسرایی

با پیش‌گفتاری از دکتر علی نیری

درباره نویسنده:

عرفان کسرایی دانش‌آموخته مهندسی مکانیک و فلسفه‌ی علم است و سال‌هاست که به عنوان نویسنده و روزنامه‌نگار علم و فناوری با نشریات و رسانه‌های فارسی زبان همکاری می‌کند. او عضو انجمن فلسفه‌ی علم آلمان «GWP» است و در حال حاضر به تحصیل در مقطع دکترای فلسفه‌ی علم با موضوع پژوهشی استدلال ریاضی در کیهان‌شناسی مشغول است.

Erfan Kasraie ist ein aus dem Iran stammender Wissenschaftsjournalist, der im Exil in Deutschland lebt. Kasraie ist Mitgleid der Gesellschaft für Wissenschaftsphilosophie (GWP) und hat Maschinenbau und Wissenschaftsphilosophie studiert und promoviert über die Philosophie der Kosmologie.

فهرست

پیش از پیش‌گفتار (دکتر علی نیری) ۵
سخنی با خوانندگان ۷

فصل یک: نظریه‌ها و روش‌ها

۱.۱ فلسفه علم چیست؟ ۱۵
۱.۲ تبیین علمی..... ۲۰
۱.۳ فرضیه ریایی..... ۲۵
۱.۴ استنتاج به قصد بهترین تبیین..... ۲۷
۱.۵ همپل و قانون فراگیر..... ۴۰
۱.۶ تبیین و پیش‌بینی..... ۴۴
۱.۷نقایص مدل همپل..... ۴۸
۱.۸ فراموشی تقارن..... ۵۱
۱.۹ معضلی به نام بی‌ربطی..... ۵۳
۱.۱۰جدل فکری بر سر مفهوم علیت..... ۵۶
۱.۱۱شبه‌ربط، از خرافات تا علم مدرن..... ۶۱

فصل دو: علم از کجا آغاز می‌شود؟

۲.۱ فرضیه و مشاهده..... ۶۴
۲.۲ علم با مساله آغاز می‌شود..... ۶۷

۲.۳ مشاهده، واقعیت‌های مشکوک.....۷۴
۲.۴ جنجال مشاهده از درون میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌ها.....۷۹
۲.۵ نظریه‌ها و فکت‌ها.....۸۹
۲.۶ اصل سادگی، نظریه‌های علمی زیر تیغ اوکام.....۹۸
۲.۷ ابطال، به مثابه سنگ محک.....۱۰۵

فصل سه: ساختار اکتشاف‌های علمی

۳.۱ کشف و اختراع.....۱۱۵
۳.۲ کشف قلمروهای نو.....۱۲۶
۳.۳ اختراع، ابزارها و ماشین‌ها.....۱۳۱

فصل چهار: در جستجوی سوزن در انبار کاه

۴.۱مسائل آینده فلسفه علم.....۱۳۴
۴.۲ مغز، خاستگاه آگاهی.....۱۳۹
۴.۳ نظریه داروین.....۱۴۵
۴.۴ از عصر آتش تا عصر اتم.....۱۵۲
۴.۵ هوش مصنوعی و انقلاب صنعتی چهارم.....۱۶۲
۴.۶ کیهان‌شناسی آینده.....۱۶۷
۴.۷ نظریه همه چیز.....۱۷۶
۴.۷.۱ ابعاد اضافی در فضای چند بعدی.....۱۷۹
۴.۷.۲ آیا فیزیک روزی به ایستگاه آخر خواهد رسید؟.....۱۸۲

Telegram @eat_book

به یاد کودکان پرواز شماره ۷۵۲ که طلوع آفتاب ۱۸ دی ۹۸ را ندیدند.

https://t.me/joinchat/Aqa3DCtlWmpiNjc8

پیش از پیش‌گفتار

به باورم این کتاب در نوع خود از نخستین کتاب‌هایی است در زمینه‌ی فلسفه‌ی علم، که تا کنون برای فارسی زبانان نگاشته شده است. کتاب‌های علمی زیادی به زبان ساده به فارسی ترجمه و یا حتا نوشته شده‌اند، اما در مورد موضوع مهم فلسفه‌ی علم، دست‌کم به زبان فارسی، آن هم از سوی یک نویسنده‌ی ایرانی کار جدی‌ای صورت نگرفته است. من بر این باورم که در دنیای امروز ضرورت آموزش و یادگیری فلسفه‌ی علم بیش از پیش برجسته شده است. اما وقتی، خیل مدرک‌داران دانشگاهی بی‌سواد را می‌بینیم، تازه متوجه می‌شویم، که ایراد آموزش عالی ما در ایران کجاست و چگونه است کسی که خود پزشک است، به دعا برای معالجه‌ی بیمارانش ایمان دارد و یا آن‌که فیزیک‌دان است، باور دارد با پا گذاشتن بر روی لیموی سبزی که بر زمین افتاده بدبختی بر سرش آوار می‌شود! آدم متحیر می‌شود که چرا این اشخاص در تمام سال‌های تحصیلی‌شان تفکر نقادانه یا سنجش‌گرانه را نیاموخته‌اند؟ چگونه می‌توان مهندس بود و روش علمی بلد نبود؟ چگونه فرد دانشگاه رفته هنوز نمی‌داند که بحث درباره‌ی نظریه‌های علمی همچون نظر دادن درباره مسائل روزمره مختلف در مهمانی‌های خانوادگی نیست و یا فکر می‌کند که نظریه‌ی علمی یعنی دیدگاهی که هنوز به تایید نرسیده و ثابت نشده است!

چگونه است که دانشگاه رفته ما هم‌چنان فکر می‌کند نظریه‌های داروین و مهبانگ (Big Bang) در «حد نظرند»؟ چگونه است کسی که دارای فلان مدرک دانشگاهی است، هنوز فکر می‌کند طبق نظریه‌ی داروین، انسان تکامل یافته‌ی میمون است و اعتقاد دارد عالم را نظمی بس دقیق است و بی‌نظمی مانع به وجود آمدن زندگی و حیات است! زمانی می‌اندیشیدم چه باید کرد تا آموزش فلسفه‌ی علم برای همه‌ی دانشجویان رشته‌های دانشگاهی اجباری شود. علم، بدون درک وجودی‌اش و فلسفه‌اش از درون تهی می‌شود و حاصل‌ش مدرک‌داران معتقد به اجنه و «انرژی درمانی» می‌شود !

عرفان کسرایی نویسنده‌ی کتاب «سوزن در انبار کاه»، دست به کار بزرگی زده و این باب مهم را برای فارسی‌زبان گشوده است. کتاب از همان جایی شروع می‌شود که باید بشود یعنی از روش علمی و نظریه‌های علمی و در انتها با بحث بسیار مهم نظریه‌ی فراگیر در فیزیک نظری پایان می‌گیرد. کتاب برای خوانندگان دنیای مدرن که می‌خواهند از علم مدرن بهره بگیرند نوشته شده است. خواننده می‌تواند از این کتاب به عنوان نقشه‌ی راهی برای مسیر پر سنگلاخ «علم مدرن» استفاده کند و از آن بهره‌ها برد .

به جسارت عرفان کسرایی برای گشودن این مبحث بسیار مهم آفرین می‌گویم. اطمینان دارم نسخه‌های بعدی کتاب، پربارتر و پربارتر خواهد شد.

علی نیّری

اورنج کانتی، آمریکا

یکشنبه ۵ جولای ۲۰۲۰

سخنی با خوانندگان:

در تمام قرن اخیر، فیلسوفان و دانشمندان درباره موضوعاتی صحبت کرده‌اند که امروزه به عنوان مسائل فلسفه‌ی علم شاخته می‌شوند. فلسفه‌ی فیزیک، فلسفه‌ی ریاضی، فلسفه‌ی زیست‌شناسی و فلسفه‌ی کیهان‌شناسی و طیف بزرگی از مسائلی که امروزه زیرمجموعه مباحث فلسفه‌ی علم قرار می‌گیرند، همگی قطعات پازلی به شمار می‌روند که دست‌کم در یک نقطه با هم اشتراک دارند: همه این سرفصل‌ها به پیامدها و تبعات فلسفی علوم گوناگون می‌پردازند. این که عبارت پیامدهای فلسفی دقیقا به چه معناست، خود موضوع و سرفصل دیگری است که درباره آن بسیار گفته‌اند و نوشته‌اند و خواننده علاقمند بی‌تردید منابع مطالعاتی بسیاری برای فهم آن خواهد یافت. پایه‌ی اصلی «فلسفه‌ی علم»، مسائلی است که با علم آغاز شده‌اند و بدیهی است که بدون علم، «فلسفه‌ی علم» نیز وجود نمی‌داشت. در قرن اخیر هر کسی به فراخور دیدگاه و رویکرد خود، بخشی از این مسائل را صورت‌بندی کرده و آنچه که امروز در اختیار داریم، نه یک مجموعه یکپارچه، بلکه ترکیب ناهمگونی از آراء و نقطه‌نظرات پراکنده است که بسیاری از آنها سر سازگاری با یکدیگر ندارند. نقل قولی منسوب به ریچارد فاینمن فیزیک‌دان مشهور امریکایی برنده نوبل ۱۹۶۵ وجود دارد که می‌گوید فلسفه‌ی علم همان‌قدر برای دانشمندان مفید است که پرنده‌شناسی برای پرندگان.[۱] در عین حال برخی چون هرمان باندی ریاضی‌دان و کیهان‌شناس انگلیسی نظر کاملا متفاوتی داشتند و بالعکس، برای مسائل فلسفه‌ی علم، اعتبار قائل بودند.[۲] از

---

۱) اگرچه منبعی برای این نقل قول از فاینمن وجود ندارد و به نظر می‌رسد این سخن از روی نقل قولی از بارنت نیومن Barnett Newman برداشته شده که می‌گوید: زیبایی شناسی برای هنرمندان مانند پرنده‌شناسی است برای پرندگان: " Aesthetics is to artists what ornithology is to birds.".

۲) هرمان باندی Hermann Bondi درباره مسائل فلسفه علم می‌گوید: در علم چیزی مهم‌تر از روش و در روش نیز چیزی بیشتر از آنچه که پوپر طرح کرده وجود ندارد.

اینها گذشته یک اصل اساسی را نمی‌توان نادیده گرفت. فلسفه علم چه بخواهیم چه نخواهیم از مسائل تاریخ علم قابل تفکیک نیست. چه علم را انباشتی[۱] بدانیم و چه محصول تحول انگاره[۲]، برای درک مسائل فلسفه علم، لاجرم باید تاریخ علم خواند و سیر تحول نظریه‌های علمی را زیر ذره‌بین گرفت. درباره محتوا و سطح مباحث، کشمکش ذهنی فراوانی با خود داشتم. برداشت خودم این است که کتاب پیش رو، نه تا آن حد پیچیده نوشته شده که خواننده ناآشنا با مباحث فلسفه علم از مطالعه آن دلزده شود و نه آن قدر ساده که مخاطب دانشگاهی را خسته کند. در بخش‌هایی از کتاب، بنا را بر این گذاشته‌ام که خواننده با مفاهیم بنیادین علمی به خصوص در فیزیک و کیهان‌شناسی، ریاضیات و زیست‌شناسی آشنایی نسبی دارد. در بخش‌هایی نیز به توضیح مفاهیمی پرداخته‌ام که شاید برای مخاطب حرفه ای بسیار ابتدایی به نظر برسد. از این بابت چاره دیگری نداشتم. بر حسب تجربه، مخاطبان کارهایم در سال‌های اخیر، هم طیفی از مخاطبان حرفه‌ای و متخصص بوده‌اند و هم مخاطبانی که به دنبال منابع مطالعه اولیه درباره مسائل مختلف فلسفه علم هستند. به هر روی آنچه در تالیف کتاب پیش رو برایم اهمیت داشته این بوده که چندان به دام تکرار مباحث کلاسیک و مثال‌های تاریخی فلسفه علم نیفتم و از مثال‌های همیشگی و معمول تاریخ و فلسفه علم تنها در حد نیاز استفاده کنم و به شکل گذرا و چه بسا در حاشیه متن به آنها بپردازم. هدف از انتشار این کتاب، ارائه یک نسخه به روزرسانی شده از مسائل عمده فلسفه علم معاصر است و نه تکرار مثال‌های کلاسیک تاریخ علمی که سایرین به قدر کافی درباره آن گفته‌اند و نوشته‌اند. من با خودم این طور اندیشیدم که بحث چندین و چندباره درباره مبانی فلسفی «دوگانگی موج - ذره»[۳] و یا «اصل عدم قطعیت»[۴] احتمالا

---

۱) Cumulative

۲) Paradigm Shift تعبیر توماس کوون Thomas Kuhn در کتاب ساختار انقلاب‌های علمی

۳) Wave-Particle Duality

۴) Uncertainty principle

نکات تازه و درخور توجهی برای خواننده علاقمند به فلسفه علم که پیش‌تر کتاب‌هایی در این زمینه خوانده نخواهد داشت. بدیهی است که من در مسائل فلسفه علم و مناقشات تاریخی آن، ناظر و راوی بی‌طرف نیستم و انکار نمی‌کنم که در شرح مسائل فلسفه علم که در این کتاب طرح شده سوگیری دارم. خواننده‌ای ممکن است با برخی دیدگاه‌های طرح شده در این کتاب مخالف بوده و رویکرد فلسفی متفاوتی داشته باشد. این مساله به خودی خود چندان هم بد نیست. چرا که در اینجا بحث بر سر صدق و کذب -درستی و غلطی- آراء فیلسوفان علم نیست. کسی نمی‌تواند بگوید دیدگاه توماس کوون یا کارل پوپر[۱]، هیلاری پاتنم[۲] یا هانس رایشنباخ[۳] و همپل[۴] و اوپنهایم[۵] و یان هکینگ[۶] درباره فلسفه علم اشتباه است. راه برای نقد نقطه نظرات این فیلسوفان علم همواره باز بوده ولو اینکه نقدهای بسیاری بر هر کدام از این فیلسوفان طرح شده و مورد اقبال و انکار بسیاری دیگر قرار گرفته است. اما برای روشن شدن ذهن خواننده شاید بیان این نکته ضروری باشد که در مطالعه فلسفه علم بیش از هرکسی تحت تاثیر آراء کارل پوپر و رودولف کارناپ[۷] بوده ام. نویسنده دیگری ممکن است به پذیرش آراء پاول فایرابند[۸] و لاکاتوش[۹] تمایل داشته باشد و نوشته‌ها و افکار خود را به شکلی تنظیم کند که با دیدگاه‌ها و

---

۱) Karl Popper

۲) Hilary Putnam

۳) Hans Reichenbach

۴) Carl Gustav Hempel

۵) Paul Oppenheim

۶) Ian Hacking

۷) Rudolf Carnap

۸) Paul Feyerabend

۹) Imre Lakatos

نظرات آنها سازگار باشد. نکته دیگر اینکه من پیش از هر چیز یک روزنامه‌نگار علم و فناوری‌ام و بیش از هر چیز از پیشرفت‌های حیرت‌برانگیز علم و تکنولوژی دنیای مدرن می‌نویسم. علم در دنیای مدرن، بنای باشکوهی است که نه تنها جهان هستی را به شکل دقیقی تبیین و توصیف کرده بلکه تکنولوژی های خیره کننده‌ای نیز در اختیار انسان قرار داده است. آنچه برای انسان قرن پیش، حتی قابل تصور نبوده اینک به بخش مهمی از زمینه پژوهش و مطالعه دانشمندان تبدیل شده است. در دورانی زندگی می‌کنیم که دستگاه طیف‌سنجی انرژی تاریک[1] یا داده‌های تلسکوپ فضایی هابل برای شناسایی سرشت ماده تاریک، دیدگاه‌مان درباره ماهیت جهان هستی را به شکل بنیادینی زیر و رو خواهد کرد. ما در آستانه انقلاب‌های بزرگ علمی هستیم. انقلاب‌های بزرگی که چه بسا باعث شود در تمام محتوای دانش و معرفت خود در قبال ساختار جهان هستی تجدیدنظر کنیم. پیشرفت‌های علم و فناوری به قدری شتاب گرفته که ممکن است در آینده‌ای نزدیک، دانش ما درباره ماهیت حیات، آگاهی، ماده و قوانین فیزیک به کلی دگرگون شود. زمانی انسان برای رصد ماه نیز با دشواری روبرو بود اما اینک دانشمندان قادرند کاوشگری چون افق‌های نو[2] را به فضا بفرستند تا از پنج میلیارد کیلومتر دورتر از زمین، تصاویری واضح به ما ارسال کند. زمانی بشر از وجود سیاهچاله‌ها در اعماق کیهان به کلی بی اطلاع بود اما تکنولوژی و دانش امروز به دانشمندان

---

۱) DESI پروژه ای عظیم که با استفاده از یک ابرتلسکوپ در ایالت آریزونا آمریکا، سی و پنج میلیون کهکشان را از یازده میلیارد سال پیش تا کنون رصد کرده و اطلاعات جدید از ماهیت انرژی تاریک و تاثیر آن بر انبساط کیهان به دست خواهد داد.

۲) فضاپیمای افق‌های نو New Horizons که در ۱۹ ژانویه سال ۲۰۰۶ از پایگاه فضایی کیپ کاناورال و با موشک اتلس ۵ به فضا پرتاب شده بود در یک سفر ۹ ساله به پلوتو رسید. روی این کاوشگر، سنجشگری برای اندازه‌گیری میزان گردوغبار منظومه شمسی نصب شده که گروهی از دانشجویان دانشگاه کارولینای آمریکا آن را ساخته‌اند. این دستگاه، غلظت، میزان و تراکم غبار را اندازه می گیرد و نقشه‌ای از پراکندگی غبار را در منظومه شمسی ترسیم و مشخص می کند که غبارها در کمربند کوپر با چه سرعتی به وجود می‌آیند. پژوهشگران با استفاده از یافته‌هایی که کاوشگر افق‌های نو به زمین مخابره کرده خواهند توانست به شباهت‌های پلوتو با دیگر سیارات کوتوله پی ببرند. داده‌های به دست آمده از این مأموریت، همچنین به فهم بهتری از شکل‌گیری منظومه شمسی نیز کمک خواهد کرد.

این امکان را داده که از یک سیاهچاله با قطر ۴۰ میلیارد کیلومتر و در فاصله ۵۰۰ میلیون تریلیون کیلومتر از زمین[۱] تصویر تهیه کنند. امروز دانشمندان از برنامه حفاظت زمین در برابر برخورد سیارک‌ها و طرح‌هایی چون سیستم دفاع سیاره‌ای[۲] صحبت می‌کنند. موضوعات علمی دوران حیات ما به قدری پیچیده و حیرت برانگیز شده که گاهی به سختی می‌توان آن‌ها را از موضوعات علمی‌تخیلی تفکیک کرد. اینک دانشمندان واقعا به طرح‌هایی همچون طرح موتور ستاره‌ای[۳] فکر می‌کنند که با گداخت هسته‌ای بتواند خورشید را با سرعت حدود پنجاه سال نوری در هر یک میلیون سال به جای امن‌تری در کهکشان راه شیری انتقال دهد. در دوره‌ای از تاریخ بشر زندگی می‌کنیم که تلسکوپ فضایی جیمز وب[۴] ، شکل‌گیری و تکامل نخستین کهکشان‌ها را بررسی و از بزرگترین رازهای کیهان رمزگشایی خواهد کرد. ضمن اینکه نباید از یاد برد که این ماجرا فقط به کیهان‌شناسی یا فیزیک ذرات محدود نمی‌شود. اگر زمینه‌هایی چون هوش مصنوعی، پزشکی، ژنتیک، نانوتکنولوژی یا سلول‌های بنیادی را نیز اضافه کنیم، در می‌یابیم که مسائل فلسفه علم مدرن، به مراتب پیچیده‌تر از مفاهیمی است که

---

۱) عکس سیاهچاله ای در کهکشان M۸۷ با جرم حدود شش میلیارد برابر خورشید در فاصله حدود ۵۳ میلیون سال نوری از زمین که با استفاده از داده‌های هشت تلسکوپ در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۹ ثبت و منتشر شد.

۲) Planetary Defense Coordination Office: PDCO . برنامه ناسا برای تشخیص و ردیابی اشیاء نزدیک زمین (NEOs) و حفاظت از زمین در برابر خطرات بالقوه ای است که زمین را تهدید می‌کند. این پروژه برای مقابله با خطراتی چون سیارک‌هایی راه‌اندازی شده که با ابعاد سی تا پنجاه متری به فاصله پنج میلیون مایلی مدار زمین نزدیک می‌شوند و حیات روی زمین را با مخاطره مواجه می‌کنند.

۳) Stellar Engine طرحی است که متیو کاپلان Matthew E.Caplan در مقاله‌ای با عنوان Stellar engines: Design considerations for maximizing acceleration در سال ۲۰۱۹ در Elsevier منتشر کرده است.

۴) JWST جیمز وب بزرگترین رصدخانه فضایی جهان، پروژه مشترک ده میلیارد دلاری بین سازمان‌های فضایی آمریکا، اروپایی و کاناداست که به عنوان جایگزین تلسکوپ فضایی هابل در فاصله یک و نیم میلیون کیلومتری از زمین مستقر خواهد شد. این تلسکوپ با قطر آینه‌ی تلسکوپ ۶.۵ متری قرار است در سال ۲۰۲۱ به فضا پرتاب شده و شکل‌گیری و تکامل اولین کهکشان‌ها را بررسی کند.

فیلسوفان علم در قرن بیستم با آن سر و کار داشتند. اینک فیلسوفان علم با مسائلی سر و کار دارند که پرسش‌هایی بنیادین درباره ماهیت وجود و آگاهی‌مان را انعکاس می‌دهند. پرسش‌هایی که پاسخ آنها چه بسا می‌تواند به یک بلاتکلیفی دست‌کم هفتاد هزار ساله -از زمان انقلاب شناختی[۱] به این سو- پایان دهد.

اما چند نکته درباره خود کتاب. من به این مساله به خوبی واقفم که در متن هر کتابی، ایرادات و اشکالاتی یافته خواهد شد که در غالب اوقات به خصوص در چاپ‌های اولیه اجتناب‌ناپذیر است. از این رو تردیدی ندارم که خواننده تیزبین و نکته‌سنج، به من در بهبود این کتاب و رفع ایرادات احتمالی یاری خواهد رساند.

درباره عنوان این کتاب، که شاید شبیه به عنوان کتاب‌های کیهان‌شناسی و نجوم برای عموم به نظر برسد، بیان نکته‌ای دیگر ضروری است تا خواننده گمان نکند با انتخاب این عنوان قصد داشته‌ام کتاب را یک کتاب کیهان‌شناسی عمومی جلوه بدهم.

واقعیت این است که در سال‌های اخیر، تشویق‌ها و توصیه‌های دکتر علی نیری فیزیک‌دان و کیهان‌شناس برجسته، اشتیاق عجیبی را در من برای پرداختن به فلسفه کیهان‌شناسی ایجاد کرد و باعث شد زمینه پژوهشی‌ام در فلسفه علم را به حیطه روش‌شناسی و کار روی ماهیت استدلال ریاضی در کیهان‌شناسی تغییر دهم. نوشتن کتابی در زمینه فلسفه علم، از چند سال پیش از این‌ها در ذهنم وجود داشت. حتی در همان دوران آوارگی پس از مهاجرت، زمانی که برای تامین مخارج تحصیل مجبور به کاری سخت و طاقت‌فرسا در زیرزمین‌ها و انبارها و سردخانه‌های صنعتی بودم. در پاییز، برگ حیاط کارخانه‌ها را جارو می‌کردم و در سوز سرما و یخبندان نیمه‌شب‌های زمستان، روزنامه به داخل خانه‌های مردم می‌انداختم، گاهی چراغ‌قوه را خاموش می‌کردم و در آن تاریکی و سکوت خلوت نیمه‌شب به مسائلی فکر می‌کردم که

---

۱) Cognitive revolution

بسیاری از آن‌ها را اینک با گذشت سال‌ها در این کتاب نوشته‌ام.

اما نام این کتاب، چندان هم بی‌مناسبت نیست. همین حالا که در حال مطالعه این کتاب هستید کهکشان آندرومدا و کهکشان ما یعنی راه شیری با حدود سرعت ۴۰۲,۰۰۰ کیلومتر بر ساعت در حال نزدیک شدن به یکدیگرند و در حدود ۳ تا ۴ میلیارد سال دیگر به هم خواهند رسید. در حالی که خواننده ممکن است روی مبل یا تختخواب خود یا کنار شومینه دراز کشیده باشد و توجهی به این موضوع نکند که در زمان خواندن این کلمات، روی زمینی زندگی می‌کند که در میان صدها بلکه هزاران میلیارد کهکشان و ابرخوشه‌های کیهانی، مانند سوزنی در انبار کاه، در کیهان بی‌کران معلق است. عجیب‌تر از همه این‌ها شاید این باشد که تمام معرفت و دانش و اندیشه‌هایی که ما درباره جهان هستی داریم، روی همین غبار کوچک در یک کیهان بی‌کران شکل گرفته است. میلیاردها سال طول کشیده تا از دل آشوب در کیهان پهناور، از گرد و غبار و خاکستر پراکنده ستارگان مرده، چنین حیات باشکوهی روی زمین پدیدار شود. ذرات

تشکیل دهنده عاج فیل‌ها، شاخک حلزون‌ها، منقار پرندگان، اتم‌های پوست نوک بینی‌مان یا حتی اتم‌های کاغذ همین کتاب، دسته فلزی عینک، نان تست داخل کابینت، اتم‌های دماغه یک هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ و یا مغز ما، همه و همه محصول کوره داغ کیهان و میراث چندین میلیارد سال واکنش شیمیایی هستند. حیرت برانگیزترین راز کیهان شاید این باشد که سیزده میلیارد و هشتصد میلیون سال پس از پیدایش جهان، مغزی تکامل پیدا کرده که با حدود ۸۶ میلیارد نورون و یک شبکه پیچیده از هزاران اتصال با نورون‌های دیگر، کیهان پهناور را به قضاوت نشسته است و جسورانه می‌خواهد از وجود جهان رمزگشایی کند و در یک انبار بزرگ کاه، به دنبال سوزنی گمشده بگردد.

شاید ذکر این نکته برای کسانی که در آینده این کتاب را می‌خوانند ضروری باشد که من بخش‌هایی از این کتاب را از یادداشت‌های پیشین خودم در رسانه‌ها و برنامه‌های مختلف استخراج کرده‌ام، لیکن بخش عمده متن این کتاب را در روزهای قرنطینه شیوع بیماری

مهلک COVID-19 نوشته‌ام. در شرایط هراس‌آوری که صدها هزار نفر در سراسر جهان، جان خود را از دست داده، شهرها خالی از جمعیت، قطارها از حرکت ایستاده، خیابان‌ها خلوت و دانشگاه‌ها و کتابخانه‌ها و مدارس برای مقابله با همه‌گیری جهانی و انتشار یک ویروس با قطر حدود صد نانومتر به نام ویروس SARS-CoV-2 تعطیل هستند. در زمان نوشتن این کتاب، مردم جهان با نگرانی در انتظار اعلام خبر کشف واکسن این بیماری ترسناک و ناشناخته به سر می‌برند.

اینک و در زمان نگارش این کتاب، زمان مشخصی برای پایان این روزهای رعب‌آور متصور نیست و من نیز مانند بسیاری از مردم جهان، روزها و شب‌های طولانی را بین چهار دیوار خانه سر می‌کنم. بیش از یک قرن از شیوع آنفولانزای اسپانیایی گذشته اما با وجود پیشرفت‌های چشمگیر پزشکی و بیوتکنولوژی و ژنتیک، بشر همچنان در برابر عفونت‌های ویروسی از این دست، بسیار مستاصل و آسیب‌پذیر است. شیوع این بیماری عجیب و ناشناخته، برای بسیاری یادآور این واقعیت بود که نادانسته‌های انسان از ماهیت و کارکرد آنچه در جهان تجربه می‌کنیم، به شکل تناقض‌آلودی هنوز بسیار ناچیز است. هم کم است و هم بسیار. قرنطینه و خاموشی شهرهای دنیای مدرن به ما نشان داد که حجم معرفت و دانش ما، نه فقط نسبت به کیهان دوردست، بلکه درباره بدن انسان، میکروارگانیسم‌ها و اساسا درباره حیات روی زمین هنوز بسیار اندک است و برای فهم اسرار جهان و یافتن راهی برای حل مسائل زندگی در زمین، راه درازی در پیش است.

عرفان کسرایی

آوریل ۲۰۲۰ - برلین

فصل اول

نظریه‌ها و روش‌ها

۱.۱ فلسفه علم چیست؟

مسائل فلسفه علم با علم آغاز شده‌اند. اما اینکه خود علم چیست و از کجای تاریخ آغاز شده پرسشی است که پاسخ به آن به هیچ وجه ساده نیست. هوموساپینس‌هایی که حدود هفتاد هزار سال پیش از آفریقا خارج شدند یا نئاندرتال‌هایی که در سایر نقاط زمین پراکنده بودند احتمالا چیز زیادی از کارکرد جهان نمی‌دانستند. اگر علم را یک «پدیدار» انسانی بدانیم باز هم باید منظورمان را از به کار بردن کلمه انسان واضح‌تر بیان کنیم و بگوییم که مثلا از نئاندرتال‌ها صحبت می‌کنیم یا هوموهابیلیس[۱] یا هومو ارکتوس[۲]. اجداد انسانی ما اگرچه اساسا چیز زیادی از جهان نمی‌دانستند، اما با به کار گرفتن قوه استدلال و آزمون و خطا، ابزار می‌ساخته‌اند یا با استفاده از قدرت تخیل روی دیواره غارها نقاشی می‌کرده‌اند و احتمالا در شب‌های تاریک به ستاره‌های آسمان خیره می‌شده‌اند و خیال‌بافی می‌کرده‌اند. اگر بخواهیم خیلی به عقب‌تر از این‌ها برگردیم و درباره دوران‌های باستانی چندین میلیون ساله صحبت کنیم، با بررسی نتایج کاوش‌های باستانی احتمالا چیز زیادی عایدمان نخواهد شد. مشکل بزرگ اینجاست که ما به محتویات ذهنی و افکار و ایده‌های اجداد انسانی چند میلیون ساله‌مان دسترسی نداریم. ما هنوز به طور دقیق نمی‌دانیم که چرا یک بازه زمانی

---

۱) Homo habilis انسان ماهر که در حدود ۱.۵ تا ۲.۱ میلیون سال پیش در شرق آفریقا می‌زیسته است.

۲) Homo erectus انسان‌های راست قامت از حدود ۲ میلیون سال پیش در افریقا و ۱/۸ میلیون سال پیش در اوراسیا پراکنده شدند.

دو میلیون ساله لازم بوده تا انسان‌های اولیه از ساخت سنگ‌های تیز به ساخت تبر سنگی برسند در حالی که می‌دانیم طی تنها چهل هزار سال پس از مهاجرت هوموساپینس از قاره آفریقا، انسان هم قایق می‌ساخت، هم تیر و کمان هم چراغ نفتی و هم سوزنی داشت که به کمک آن برای خودش لباس گرم بدوزد. اینکه از ساخت سنگ تیز تا تبر، دو میلیون سال فاصله بوده چندان هم عجیب نیست. کافیست در نظر بگیریم که تا همین سه قرن پیش که عصر بخار شروع شد سرعت جابجایی بشر روی زمین تقریبا پیشرفت چندانی نکرده بود. به بیان دیگر، انسان‌های ابتدایی با همان سرعتی می‌توانستند روی زمین جابجا شوند و مهاجرت کنند که مثلا ارتش ناپلئون جابجا می‌شد. اجداد انسانی ما که ده‌ها هزار سال پیش روی زمین بودند برای پخت و پز، برای شکستن تنه درخت یا دوختن لباس از پوست جانوران، از نیزه و آتش و الیاف و سنگ تیز استفاده می‌کردند و کم و بیش اطلاعاتی از نحوه کارکرد طبیعت داشتند و مثلا می‌دانستند که از برخی گیاهان می‌توان برای تسکین دردها استفاده کرد و خوردن برخی قارچ ها باعث مرگ یا مسمومیت انسان می‌شود.

آنچه آنها می‌دانستند را می‌توان با کمی اغماض، علم نامید. از آنجایی که چنین دانسته‌هایی مبنای تجربی داشت و روی آزمون و خطا بنا شده بود، علم نامیدن آن چندان هم بیراهه نیست. آغاز علم در تاریخ بشر اما هیچ روز و سال مشخصی ندارد و ما دقیقا نمی‌دانیم که انسان از چه دورانی تلاش کرده رخدادهای جهان هستی و رفتارهای رازآلود طبیعت را توضیح دهد. لیکن از قرائن به جا مانده حدس می‌زنیم که انسان برای غلبه بر موانع طبیعی و برای ایجاد آمادگی در برابر حوادث و بحران‌ها، به دنبال کشف نظم‌های ساده بوده است. انسان می‌دیده که طبیعت دو چهره کاملا متفاوت از خود نشان می‌دهد. هم حاصل‌خیزی و باران دارد و هم طوفان و طغیان رودخانه‌ها یا صاعقه و خشک‌سالی و فوران مواد مذاب و خاکستر آتشفشان‌ها. انقلاب شناختی که در حدود هفتاد هزارسال پیش رخ داد، انسان را به یک موجود خیال‌پرداز و ایده‌پرداز تبدیل کرد. انسان برای پاسخ به این پرسش که چرا گاهی صاعقه و رعد و برق، طبیعت را ناامن و وحشتناک

کرده و چرا گاهی هوای ملایم و تابش آفتاب، زندگی روی زمین را دلچسب و دلنشین و آرام می‌کند، نیازمند به کارگیری قوه تخیل بود. اجداد انسانی ما احتمالا با به کارگیری قدرت انتزاع و تخیل خود، جهان را عرصه مناقشات ارواح و خدایان یا واجد یک روح انسانی می‌دیدند که گاهی مهربان و شفیق و گاهی خشمگین و عصبانی می‌شد. این تصورات خیال‌انگیز به آنها کمک می‌کرد توضیحی برای رفتارهای متناقض طبیعت بیابند و تلاش کنند راهی برای مقابله با ناملایمات آن پیدا کنند. پی بردن به نظم موجود در برخی پدیده‌های تکرارشونده، احتمالا برای آنها چندان دشوار نبوده است. برای مثال، تکرار منظم چهار فصل سال را می‌شد با کمی دقت در تغییرات آب و هوا درک کرد. با تجربه می‌شد دریافت که بعضی چیزها در طبیعت مشتعل می‌شوند و بعضی چیزها نه. با آزمون و خطا می‌شد دریافت که چوب و درخت را می‌شود سوزاند اما مثلا یک تکه سنگ، آتش نمی‌گیرد. در عین حال چنین تجربیاتی را می‌شد به خاطر سپرد و به دیگران آموخت. هرچند که هنوز نمی‌دانیم انتقال چنین تجربیاتی نیاز به وجود یک زبان ارتباطی ولو ابتدایی داشته یا نه و اگر داشته، مثلا انسان غارنشین ۳۲۰۰۰ سال قبل[۱] برای انتقال مفهوم انتزاعی غارنگاره های غار شووه[۲] در فرانسه از چنین زبانی بهره‌مند بوده یا نه. از تجربه و آزمون و خطا و قوه تخیل که بگذریم، اجداد انسانی ما طبیعتا در مواجهه با طبیعت، واکنش‌های غیرارادی و زیستی نیز داشته‌اند. واکنش‌هایی که از دل چندین میلیون سال فرگشت درآمده‌اند. همان چیزی که باعث می شود با دیدن تصویر غذاهای ترش، بزاق ترشح کنیم، گربه‌ها در هنگام نوازش خُرخُر کنند یا سگ‌ها هنگام شادی و هیجان دم خود را تکان دهند. اجداد انسانی

---

۱) تعیین قدمت آثار و بقایای به جا مانده از اشیاء باستانی با روش اندازه‌گیری فعالیت یا تعیین عمر کربن۱۴ صورت می گیرد. روشی که ویلارد فرانک لیبی Willard Frank Libby برنده جایزه نوبل شیمی ۱۹۶۰ کشف کرد، به دانشمندان این امکان را داد راهی برای تخمین عمر اشیاء باستانی پیدا کنند. به زبان ساده با در نظر گرفتن این واقعیت که نیمی از اتم‌های کربن۱۴ در هر ۵۷۳۰ سال به نیتروژن تبدیل می‌شوند می‌توان قدمت هر چیزی را که کمتر از ۵۰ هزار سال عمر داشته باشد تعیین کرد.

۲) Chauvet Cave

ما هم در لحظات بحرانی تحت تاثیر آدرنالین، وقایع هولناک یا خاطره خطرات را در حافظه خود ثبت می کرده‌اند. بالارفتن میزان آدرنالین در خون در زمان مواجهه با حیوانات درنده در جنگل باعث می‌شد که این تجربه، در ذهن انسان وحشت‌زده حک شود و فرد بیاموزد که مثلا از آن پس باید از ورود به قلمروی حیوانات وحشی، پرهیز کند.

این که علم دقیقا از کجای تاریخ آغاز شده واقعا پرسش دشواری است. ویل دورانت[۱] در کتاب تاریخ فلسفه[۲] می‌گوید از روی خطوط درهم و پیچیده هیروگلیف و میخی تمدن‌های پیش از تمدن یونان می‌توان دریافت که آن تمدن‌ها به قلمرو عمل پا نهاده بودند اما علم آنها با الهیات درآمیخته بود و هر امر طبیعی که برای آنها مبهم بود با ماوراءالطبیعه توضیح داده می‌شد. او در این کتاب می‌نویسد ظاهرا مردم ایونی[۳] اولین کسانی بودند که به خود جرات دادند رخدادهای اسرارآمیز و پیچیده جهان را با استفاده از علل و اسباب مادی و طبیعی توضیح دهند.

آنچه می‌دانیم این است که علم روی تجربه بنا شده و منظور از تجربه نیز مواجهه تکرارپذیر انسان با طبیعت است. اگر سدیم، رنگ شعله را زرد می‌کند یا مثلا آب خالص در دمای صفر درجه سانتیگراد یخ می‌زند، صحبت از یک بار و دوبار نیست. چنین تجربه‌ای باید قابلیت آن را داشته باشد که همه افراد با در نظر گرفتن شرایط مشابه آن را تکرار کنند و به نتایج مشابه برسند. علم به بیان ساده، کوششی فکری است برای توضیح مسائل جهان و تلاشی است برای صورت‌بندی یک سری پاسخ به پرسش‌هایی درباره ماهیت و کارکرد جهان هستی. ما در تبیین علمی در حقیقت می‌خواهیم به یک‌سری از "چرا"ها جواب بدهیم. مثلا می‌خواهیم بگوییم چرا زمین به دور خورشید می‌چرخد؟ چرا رنگین‌کمان تشکیل می‌شود؟ چرا کهکشان راه شیری، مارپیچی‌شکل

---

۱) Will Durant

۲) The Story of Philosophy

۳) سرزمین ایونی یعنی قسمت یونانی آسیای صغیر و جزایر مجاور آن

است؟ چرا آب در صد درجه سانتی‌گراد می جوشد؟ این پاسخ به چراها نه تنها می‌تواند ساختار جهان و عملکرد طبیعت را توضیح دهد بلکه می‌تواند به ساخت ابزارها و روش‌هایی برای کنترل و مهار طبیعت نیز منجر شود. دانشمندان از همین روش‌ها برای ساخت داروها و وسایل نقلیه، برای تخمین عمر ستارگان یا برای پیدا کردن راهکاری در برابر گرمایش زمین و مقابله با سوراخ شدن لایه اوزون استفاده می‌کنند. علم واقعا درست کار می‌کند و معادلات مکانیک شاره‌ها و قوانین حرکت که هواپیماها بر مبنای آن ساخته شده‌اند واقعا کارآمدی خود را به صورت عینی نشان داده‌اند. هواپیما واقعا پرواز می‌کند چون قوانین حرکت و گرانش و معادلات ترمودینامیک و سوخت و احتراق، واقعیت جهان را بازنمایی می‌کنند و نشان می‌دهند ما قواعد طبیعت درباره سیالات یا اصطکاک و انتقال حرارت را درست فهمیده‌ایم. علم درباره طبیعت نظر دارد و به کنجکاوی انسان در مواجهه با جهان هستی، پاسخ می‌دهد.

به بیان دیگر علم درباره حرکت ابرها، پیچیدن صدای سوت قطار داخل تونل، تشکیل رنگین‌کمان، سوختن یک شمع، سوسو زدن نور ستاره در آسمان، سرد شدن خودبخودی فنجان چای داغ روی میز و خیلی پدیده‌های دیگر توضیحاتی می‌دهد که قانع کننده به نظر می‌رسند. اما کار علم فقط توضیح دادن نیست. علم قادر به پیش‌بینی هم هست. مثلا به ما می‌گوید که ملاقات بعدی دنباله‌دار هالی با اهالی زمین در سال ۲۰۶۱ اتفاق خواهد افتاد.[۱] اینکه علم کوششی است برای توضیح پدیده‌های طبیعت و پیش‌بینی آینده البته چندان تعریف خوبی نیست. چرا که دین یا آموزه های عصر جادوگری هم تلاش‌هایی بوده‌اند برای توضیح پدیده‌های جهان. مذاهب هم درباره پیدایش کیهان، پیدایش حیات انسان روی زمین، حرف های بسیاری زده‌اند ولی هیچکسی توضیحات دین درباره کارکرد جهان را علم نمی‌داند. تعریف علم به عنوان تلاشی برای پیش‌بینی طبیعت نیز تعریف خوبی

---

۱) دنباله‌داری که هر ۷۶ سال یک بار در آسمان ظاهر می شود و آخرین ظهور آن در سال ۱۹۸۶ اتفاق افتاده است.

نیست. فال‌گیرها و رمال‌ها و طالع‌بین‌ها و پیشگوها هم به سبک خودشان تلاش می‌کنند وقایع آینده را پیش‌بینی کنند و بگویند مثلا سیل ویرانگر یا زلزله خواهد آمد. شاید گفته شود علم تلاشی است برای تاثیر روی طبیعت. این تعریف هم چندان جامع و مانع نیست. جادوگری و کیمیاگری هم تلاش‌هایی (هرچند خیالی و وهم آلود) برای تاثیر روی طبیعت هستند اما کسی جادوگری و کیمیاگری و نظایر آن را علم به حساب نمی‌آورد. آنچه علم را از این‌ها متمایز می‌کند به ساده‌ترین بیان ممکن چیزی است که "روش" خوانده می‌شود. در زبان و ادبیات علمی، طبیعت را می‌توان با زبانی کمّی و کیفی توصیف کرد اما اینکه چگونه باید طبیعت را مشاهده کرد، اینکه اساسا چه چیزی را باید مشاهده کرد، اینکه چگونه می‌توان فرضیه و نظریه ساخت و مهم‌تر از آن، اینکه چگونه می‌توان اعتبار این نظریه‌ها را آزمود، همان چیزی است که پایه اصلی مسائل فلسفه علم محسوب می‌شود.

۱.۲ تبیین علمی

تبیین علمی[۱] به ساده‌ترین بیان ممکن، یافتن یک سری پاسخ برای یک سری پرسش است. پرسش‌هایی که با "چرا" آغاز شده‌اند و انتظار داریم توضیحی برای آن‌ها پیدا شود. اگر به واقعی بودن جهانی که در آن زندگی می کنیم باور داشته باشیم خواهیم پذیرفت که در طبیعت، واقعا پدیده‌هایی مثل رنگین‌کمان، طوفان و گردباد و رعد و برق وجود دارند و این پدیده‌ها زاییده توهم و ساخته ذهن ما نیستند. اگر بنا را بر این بگذاریم که این پدیده‌ها، واقعا جایی بیرون از ذهن ما وجود دارند مساله بعدی پیش می‌آید و می‌توان پرسید چرا این پدیده‌ها اتفاق می‌افتند؟ فیلسوفان علم بسیاری درباره ماهیت تبیین علمی صحبت کرده‌اند. درباره اینکه چه چیزی را می‌توان تبیین علمی به شمار آورد و

---

۱) Scientific Explanation

چه چیزی را نه. یکی از مهمترین نظریه‌های تبیین علمی در فلسفه علم، نظریه کارل همپل، فیلسوف علم در دهه ۵۰ میلادی است که معتقد بود تبیین‌های علمی، پاسخ به چراها هستند و تبیین علمی در واقع، آن روی سکه استدلال است. به بیان دیگر قرار است در یک تبیین علمی، از یک سری مقدمات به یک سری نتیجه برسیم. در تجربیات زندگی روزمره دیده‌ایم که "رنگین کمان تشکیل می شود" یا "رعد پس از برق می آید". تبیین علمی، صورتبندی یک سری پاسخ به این پرسش است که "چرا رنگین کمان تشکیل می‌شود؟" یا "چرا رعد پس از برق می‌آید؟". به بیان ساده ما تلاش می‌کنیم توضیحات و مقدمات استدلالی را صورت‌بندی کنیم که نتیجه آن چنین باشد: "بنابراین رنگین‌کمان تشکیل می‌شود" یا "بنابراین رعد پس از برق می‌آید"

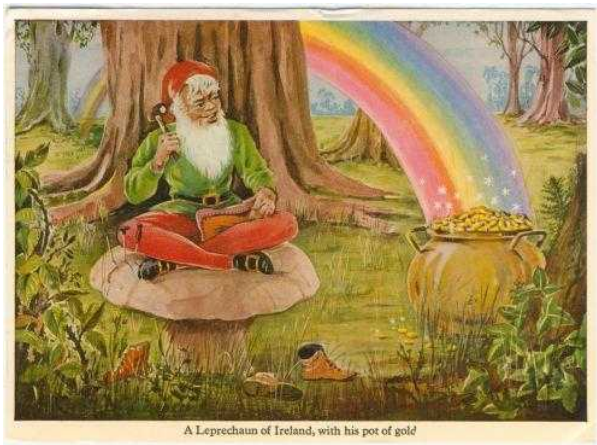
(بنابراین) رعد پس از برق می‌آید ← .....xxxxxxx.....

تبیین علمی اما با توضیح معمولی و روزمره تفاوت دارد. هر توضیح و تبیینی در علم قابل قبول نیست. مثلا اینکه رنگین‌کمان در اثر باز شدن در کوزه طلای لپرکان‌ها ایجاد می‌شود[1] یک توضیح است اما این توضیح، مبتنی بر افسانه‌ها و قصه‌هاست و هیچ گواه مستقلی برای سنجش صدق و کذب آن وجود ندارد. بدیهی است که چنین توضیحاتی را تبیین علمی به شمار نمی‌آوریم. باز شدن در کوزه طلای لپرکان‌ها تبیین مناسبی برای توضیح رنگین‌کمان نیست چرا که هیچ راهی برای بررسی درستی و غلطی آن وجود ندارد. هیچ آشکارساز یا راه و روشی برای یافتن لپرکان‌ها وجود ندارد و چنین تبیینی تا ابد معلق خواهد ماند، زیرا هیچ‌گاه خود را در معرض آزمون قرار نمی‌دهد و در عین حال هیچ راهی هم برای بررسی درستی یا غلطی خود در اختیار ما

---

۱) Leprechaun بر اساس یک افسانه قدیمی ایرلندی در انتهای قوس یک رنگین‌کمان یک موجود کوتوله با لباس سبز، کوزه ای از طلا پنهان کرده است و رنگین کمان پلی است بین دنیای انسان‌ها و لپرکان‌ها.

نمی‌گذارد. اگر بپرسیم چرا رنگین‌کمان ایجاد شده پاسخ خواهیم شنید چون در کوزه طلای لپرکان‌ها در انتهای رنگین‌کمان باز شده است. اگر بپرسیم که از کجا معلوم که در کوزه طلای لپرکان‌ها باز شده است؟ پاسخ احتمالا این خواهد بود که چون رنگین‌کمان تشکیل شده است. بنابراین هیچ راهی برای سنجش مستقل درستی یا نادرستی این ادعا وجود ندارد. اما در مقابل، گزاره‌هایی مانند این را که "انسان به ماه سفر کرده است"، می‌توان مورد بررسی قرار داد و صدق و کذب آن را تعیین کرد. فضانوردانی که در آینده به ماه سفر کنند باید پر شاهینی که دیوید اسکات[1] در ماموریت Apollo 15 در ماه گذاشته بود پیدا کنند. فضانوردان آینده همچنین باید اسکناس دو دلاری که دیوید اسکات و جیمز اروین[2] در ماه جا گذاشتند، یا عکس خانوادگی که چارلز دوک[3]



یک کارت پستال قدیمی از افسانه لپرکان‌ها، رنگین‌کمان و کوزه طلا

---

۱) David Randolph Scott هفتمین انسانی است که قدم بر ماه گذاشت. اسکات همان فضانوردی است که در مقابل دوربین روی سطح ماه، یک پر شاهین و یک چکش را همزمان رها کرد و درستی آزمایش گالیله را در ماه نمایش داد.

۲) James Irwin

۳) Charles Moss Duke

در ماموریت Apollo 16 در ماه رها کرد و یا دو توپ گلف را که آلن شپارد[1] در ماموریت Apollo 14 در آنجا گذاشته است روزی بیابند.[2] این مساله که هر ادعایی باید شواهدی مستقل برای تایید داشته باشد تنها محدود به علم نیست. هر ادعایی از تاریخ گرفته تا یک پرونده حقوقی و جنایی باید بر پایه شواهدی مستقل و مستنداتی باشد که بتوان صحت و سقم آن‌ها را بررسی کرد. مثلا این ادعا که آدولف هیتلر در سال ۱۹۴۵ بر اثر خوردن سیانور و شلیک به سر مرده است، ادعایی است که باید قابلیت بررسی داشته باشد و بتوان درستی و نادرستی آن را تحقیق کرد. ولو اینکه چنین سنجشی واقعا هم انجام شد و پس از حدود هفتاد سال، در سال ۲۰۱۸ دانشمندان فرانسوی با بررسی دندان هیتلر که از زمان جنگ جهانی دوم در مسکو نگهداری می‌شده، تایید کردند[3] که او همان‌گونه که پیش‌تر گفته شده بود، در سال ۱۹۴۵ بر اثر خوردن سیانور و شلیک به سر کشته شده است. البته ماجرا همیشه به این شکل نیست. در تحقیق برای یافتن شواهد، گاهی با دشواری‌های بسیاری روبرو هستیم. در تاریخ ممکن است فاتحان، بناها یا نشانه‌های تاریخی را تعمدا به سود خودشان دستکاری کرده باشند. درست مثل قاتلی که صحنه یک قتل را به نحوی تغییر داده که با گذاشتن اسلحه در دست مقتول، قتل را خودکشی جلوه دهد. یا حتی ممکن است مقتول را به نوشتن وصیت نامه‌ای وادار کرده باشد

---

۱) Alan Shepard

۲) این‌ها تنها شواهد موجود برای بررسی صحت و سقم سفر انسان به ماه نیستند. آزمایش فاصله‌سنجی لیزری ماه (Lunar Laser Ranging) با کمک صفحات بازتاب‌دهنده‌ای که در جریان ماموریت‌های آپولو ۱۱، ۱۴و ۱۵ در ماه نصب شده‌اند محکم‌ترین شاهد در تایید واقعی بودن ماموریت ماه است. گواه دیگر تصاویری است که در سال ۲۰۱۱ به کمک مدارگرد اکتشافی ماه LRO منتشر شدند. تصاویری واضح از ماموریت‌های آپولو ۱۲, ۱۴, ۱۷ که رد پای فضانوردان، ابزارهای اکتشافی و بقایای ماه‌نشین‌ها و حتی رد موازی چرخ‌های خودروی ماه‌نورد در آن دیده می‌شود. نمونه دیگر تصاویری است که مدارگرد اکتشافی SELENE ژاپن از سایت فرود ماموریت آپولو در اختیار دانشمندان قرار داده است.

۳) اشاره به مقاله‌ای با عنوان A biomedical analysis and definitive identification که Philippe Charlier و همکارانش در سال ۲۰۱۸ در ژورنال اروپایی پزشکی داخلی منتشر کردند.

که در آن به خودکشی اشاره کند. در چنین مواردی اساسا شاید هیچ‌گاه قادر نباشیم، صحت و سقم داده‌هایی که در دست داریم تایید کنیم. در سال ۲۰۱۶ متنی درباره حکومت فاشیستی موسولینی زیر یک اوبلیسک در رم پیدا شد که تصویری را بازنمایی می‌کرد که موسولینی دوست داشت از خود به آیندگان منتقل کند[۱]. یادداشتی به زبان لاتین، زیر اوبلیسک ۳۰۰ تنی موسولینی (که نماد قدرت فاشیسم بود) با محتوای مدح ظهور فاشیسم و خدمات برجسته موسولینی. سناریویی را تصور کنید که در آن شواهد تاریخی دوران جنگ جهانی دوم از بین برود و این تنها سند تاریخی این دوران باشد که به دست مورخان هزاره‌های آینده می‌رسد. مفقود شدن هواپیمای بوئینگ ۷۷۷ متعلق به شرکت هواپیمایی مالزی (پرواز MH370) در سال ۲۰۱۴ مثالی از نوع دیگر است برای رخدادهایی که توضیحی برای آنها یافت نمی‌شود. صرف هزینه ۱۵۰ میلیون دلاری برای جستجوی بقایای این هواپیما با شرکت بیش از ۲۶ کشور، که برخی به آن بزرگترین عملیات جستجو در تاریخ نام دادند هیچ نتیجه در خور توجهی در بر نداشت و دلیل مفقود شدن این هواپیما در گزارش کلی همچنان ذیل عنوان نامشخص[۲] ثبت شده است. با این وجود صرف نظر از این‌که در یافتن شواهد برای توضیح یک رخداد یا پدیده موفق شویم یا نه، مساله بر سر این است که راهی برای بررسی و سنجش آنچه ادعا می‌کنیم وجود دارد یا نه. اگر کسی ادعا کند که موجودات فضایی هیتلر را ربوده اند یا صاعقه در اثر خشم خدایان ایجاد می‌شود، کار خود را دشوار کرده است. چنین ادعاهایی، هیچ راهی برای تحقیق درباره صحت و سقم خود باقی نمی‌گذارند. این‌که چه چیزی را تبیین علمی به شمار بیاوریم و چه چیزی را نه، پیش‌شرط های فراوان دارد. اما مهم‌ترین آن شاید این باشد که یک تبیین علمی، الزاما باید تست‌پذیر باشد و حتما باید راهی وجود داشته باشد تا بتوان درستی یا نادرستی آن را آزمود.

---

۱) این متن ۱۲۰۰ کلمه ای ظاهرا در سال ۱۹۳۲ زیر این بنای عظیم در مجموعه ورزشی فورو ایتالیکو مدفون شده بود.

۲) Cause unknown

۱.۳ فرضیه‌ربایی[۱]

پرسش‌های بسیاری در شاخه‌های مختلف علم وجود دارد که باید برای آنها تبیین پیدا کرد. دیرینه‌شناسان می‌خواهند بدانند که علت انقراض دایناسورها چه بوده است. کیهان‌شناسان می‌خواهند بدانند دلیل اینکه کهکشان آندرومدا و کهکشان راه شیری به یکدیگر نزدیک می‌شوند چیست یا این‌که چرا کهکشان راه شیری یک کهکشان مارپیچی است. فهمیدن دلیل خودکشی نهنگ‌ها، دلیل حادثه چرنوبیل، علت انفجار شاتل چلنجر، علت بروز سونامی و زلزله و بسیاری چیزهای دیگر، نه تنها به سادگی ممکن نیست بلکه مستلزم آشنایی با یک سری قاعده و اسلوب مشخص در روش اندیشیدن و استدلال است. کار دانشمند از جهاتی شبیه به کار کارآگاهان جنایی است. کارآگاهانی که شواهد و قرائن و مشاهدات و مستندات را کنار هم می‌گذارند تا بتوانند بر اساس آن استدلال کنند و عامل یا عوامل بروز یک پدیده را توضیح دهند. اوایل سال ۲۰۱۹ حدود ۲۰ هزار مرغ دریایی در شمال هلند تلف شدند. در آن زمان برای توضیح این اتفاق، فرضیه‌های بسیاری وجود داشت. مثلا یک فرضیه این بود که این پرنده‌ها بر اثر تغییرات اقلیمی غذای کافی به دست نیاورده و ماهیچه‌هایشان به تدریج به دلیل گرسنگی از کار افتاده و باعث شده پرواز نکنند و بمیرند. اما یک مظنون دیگر هم وجود داشت. تقریبا در همان زمان محموله‌های یک کشتی باری به نام "MSC Zoe" با ۳۴۵ کانتینر به دریا ریخته بود. این فرضیه از قضا چندان هم بی ربط به نظر نمی‌رسید. در جزیره ترشلینگ[۲]، که بیشتر محموله کشتی در آن جا نشت کرده بود نشانه‌هایی از پارافین هم دیده شده بود. از این رو، این فرض یا سناریو که این پرندگان دریایی به دلیل نشت پارافین یا روغن پالم تلف شده‌اند، یک گزینه روی میز تلقی می‌شد. مظنون دیگر ماجرا، پودر پراکساید بود.

---

۱) Abduction

۲) Terschelling

پژوهشگران در زمان مشابه در همین سواحل یک کیسه از این ماده پاک‌کننده نیز پیدا کرده بودند. این دقیقا همان نقطه تعیین‌کننده است که دانشمند باید دست به انتخاب بزند و برای یکی از این توضیحات، وزن بیشتری قائل شود. اما مساله بر سر این است که چگونه و بر چه مبنایی می‌توان یک تبیین را بر سایر تبیین‌ها ترجیح داد؟ بسیاری از ما ممکن است با دو فرم مشهور استدلال یعنی استقراء و قیاس آشنا باشیم و تصور کنیم هر استدلالی، در نهایت یا استقرایی است یا قیاسی. اما در مسائل جدید فلسفه علم، یک نوع استدلال دیگر نیز طرف توجه است که بر اساس آن دانشمندان از یک مجموعه مشاهدات، دست به انتخاب بهترین فرضیه می‌زنند. چه بسا بسیاری از ما این استدلال را حتی در زندگی روزمره به کار گرفته باشیم اما متوجه نباشیم که از چه مدل استدلالی استفاده می‌کنیم. استقراء، استدلالی است که به ساده‌ترین بیان ممکن از جزء به کل می رسد اما در عین حال درستی نتیجه استدلال در آن به هیچ عنوان تضمین شده نیست. اگر تمام مهره‌هایی که تا این لحظه از کیسه خارج کرده‌ایم سفید بوده‌اند هیچ تضمینی بر آن نیست که مهره بعدی هم حتما سفید باشد. در الگوی قیاسی اما درستی نتیجه تضمین شده است. اگر بدانیم که تمام مهره‌های درون کیسه سفید هستند می‌توانیم با قطع و یقین نتیجه بگیریم که مهره بعدی که از کیسه بیرون می‌کشیم سفید خواهد بود. فرضیه‌ربایی، نوع دیگری از استدلال که در این بخش درباره آن صحبت می‌کنیم، از این جهت که نتیجه‌ای تضمین شده در اختیار ما نمی‌گذارد به استقراء شبیه است. اما اگر دقیق‌تر نگاه کنیم می‌بینیم که این نوع

استقراء	قیاس	فرضیه‌ربایی
این مهره‌ها از این کیسه هستند.	همه مهره‌های این کیسه سفید هستند.	این مهره‌ها سفید هستند.
این مهره‌ها سفید هستند.	این مهره‌ها از این کیسه هستند.	همه مهره‌های این کیسه سفید هستند.
همه مهره‌های این کیسه سفید هستند.	این مهره‌ها سفید هستند.	این مهره‌ها از این کیسه هستند.

صورت‌بندی استدلال، تفاوت ساختاری بنیادینی با استقراء و قیاس دارد. همان‌گونه که از این مثال پیداست، فرضیه‌ربایی مبتنی بر یک حدس هوشمندانه است. با این وجود نتیجه این نوع استدلال، بر خلاف قیاس، الزام‌آور و ضرورتا درست نیست. در عین حال این مدل استدلالی در بسیاری از موارد، کارآمد و البته پرکاربرد است. فرضیه‌ربایی ممکن است در تشخیص افتراقی[1] در پزشکی، در تحقیقات جنایی، در فرایندهای قضایی، در بازرسی‌های فنی برای جستجوی علت نقص فنی، در روانشناسی و بسیاری مسائل دیگر به کار گرفته شود.

۱.۴ استنتاج به قصد بهترین تبیین[2]

بررسی فرضیه‌ربایی و تحلیل روش و ماهیت آن به لحاظ منطقی، در عمل به مراتب پیچیده‌تر از اینهاست. استنتاج به قصد بهترین تبیین، یک مدل مبتنی بر فرضیه‌ربایی است و از قضا بهره‌گیری از آن در بین دانشمندان رشته‌های مختلف علمی بسیار هم رایج است. تصور کنید که می‌خواهیم پدیده‌ای مانند انقراض دایناسورها را تبیین کنیم. به عبارت دیگر می‌خواهیم به این پرسش پاسخ دهیم که چرا دایناسورها منقرض شده‌اند؟ نکته مهم اینجاست که هیچ‌کدام از ما تا کنون یک دایناسور زنده را مشاهده نکرده‌ایم. تمامی آن‌چه که ما امروز از دایناسورها در دست داریم صرفاً شواهدی است مانند فسیل‌ها و استخوان‌هایی بزرگ مربوط به یک سری حیوان عظیم‌الجثه که در دورانی بسیار دور در دوره ای به نام ژوراسیک می‌زیسته اند و بر اثر یک سری علل، از یک دوره به بعد منقرض شده‌اند. طبیعتا برای تبیین چنین پدیده‌ای، استدلال مبتنی بر استقراء ناکارآمد است. هیچ انسانی

---

۱) Differential diagnosis که با DDx, ddx, DD یا ΔΔ نیز نمایش داده می‌شود.

۲) Inference to the Best Explanation I.B.E

تا به حال هیچ موردی از دایناسور را به معنی واقعی کلمه تجربه نکرده است. از سوی دیگر، قیاس هم در مورد چنین تبیین‌هایی بی‌فایده است. برای توضیح و تبیین پدیده انقراض دایناسورها مثلا می‌توان چند فرضیه مطرح کرد. مثلا برخورد یک سیارک[1] عظیم با زمین می‌تواند یک فرضیه بالقوه باشد. یا وقوع عصر یخبندان و تغییرات آب و هوایی یا حتی این فرضیه که شاید مثلا نیش یک نوع خاص حشره دلیل انقراض دایناسورها بوده است.[2] این فرضیه‌ها به نوعی بهترین فرضیه‌هایی به شمار می‌روند که در سراسر تاریخ علم به ذهن دانشمندان رسیده است. الگوی استنتاج دیرینه‌شناسان در تبیین چنین پدیده‌ای نه استقراست و نه قیاس. ما فرضیاتی را طرح کرده‌ایم و در نهایت، آن‌ها را به عنوان تبیین پذیرفته‌ایم. از دید دانشمندان، برخی از این فرضیه‌ها منطقی و عقلانی به نظر می‌رسند و به عبارت دیگر بهترین حدس یا فرض ممکن برای تبیین یک پدیده‌اند. هرچند نقش استنتاج به قصد بهترین تبیین در تاریخ علم بسیار پررنگ است اما باید پذیرفت که ذهن ما به روش استدلالی استقراء به مثابه تنها روش

---

۱) یکی از اشتباهات رایج در بین عموم مردم، یکی دانستن سیارک Asteroid و شهاب‌سنگ Meteorite است. برخی حتی شهاب‌واره Meteoroid، شهاب Meteor و دنباله‌دار Comet را نیز به اشتباه به جای یکدیگر به کار می‌برند.

۲) تقریبا از اواسط قرن بیستم، جامعه علمی به تدریج برخورد سیارک‌ها و نقش آن در ایجاد حفره‌های روی زمین را پذیرفت. با این وجود زمان زیادی طول کشید تا اینکه جامعه علمی، زمین‌شناسان و دیرینه‌شناسان این نظریه را که برخورد سیارک به زمین منجر به بروز یک انقراض جمعی شده است بپذیرند و این دیدگاه پذیرفته شود که دایناسورها در حدود ۶۶ میلیون سال پیش در اثر برخورد سیارک به زمین منقرض شده‌اند. دلیل انقراض دایناسورها به لحاظ نظری، خیلی چیزها می‌توانست باشد. مثلا می‌توانست تغییرات تدریجی آب و هوایی باشد، که شاید دایناسورها با آن سازگاری نداشته و در جریان تکامل زیستی حذف شده‌اند. این موضوع اما همچنان مبهم بود تا اینکه لوئیس والتر آلوارز Luis Walter Alvarez زمین‌شناس امریکایی و پسرش دیدگاه غالب دیرینه‌شناسی را تغییر دادند. ایده انقراض دسته‌جمعی پایان دوره‌ی کرتاسه (Cretaceous–Paleogene extinction event) از نظر تاریخی به سال ۱۹۸۰ باز می‌گردد. طبق ایده رویداد انقراض کرتاسه-پالئوژن، برخورد یک سیارک به زمین در حدود ۶۶میلیون سال پیش، منجر به حذف دایناسورها از روی زمین شده است. این فرضیه با مخالفت‌های بسیاری از سوی جامعه علمی روبرو بود و تقریبا یک دهه طول کشید تا مورد پذیرش قرار بگیرد. دلیل پایان مخالفت‌ها با پذیرش آن نیز کشف دهانه و یا اصطلاحا حفره حاصل از برخورد بود که در اوایل دهه ۹۰ میلادی پیدا شد.

و الگوی تبیین عادت کرده است و چه بسا در برخی موارد حتی نتوانیم تفاوت استقراء و استنتاج به قصد بهترین تبیین را از هم تشخیص دهیم. به ساده‌ترین شکل ممکن شاید بتوان الگوی استقراء را این‌گونه صورت‌بندی کرد:

- تمام موارد A که تا کنون بررسی شده‌اند B بوده‌اند.

- بنابراین A بعدی نیز B خواهد بود.

این ساده‌ترین فرم برای درک ساختار استدلال استقرایی است. استدلالی که هم در زندگی روزمره انسان و هم در علم به طور گسترده‌ای کاربرد دارد. استنتاج به قصد بهترین تبیین اما نوع دیگری از استنتاج غیرقیاسی است که با این الگو تطابقی ندارد و بلکه چیزی شبیه به مدل استدلال زیر است:

- درخت داخل حیاط شکسته و روی زمین افتاده است.

- دیشب صدای باد و طوفان شدید می‌آمد.

- بنابراین طوفان درخت را شکسته است.

واضح است که این مدل استدلال به هیچ عنوان شباهتی به استقراء ندارد. از دیگر سو چنین استدلالی قیاسی هم نیست. در این استدلال، مقدمات، مستلزم نتیجه نیستند و درستی نتیجه را ضمانت نمی‌کنند. دلیل شکسته شدن درخت خیلی چیزهای دیگر می‌تواند باشد. ممکن است همسایه آن را شکسته باشد. ممکن است موریانه‌ها درخت را خورده باشند و باعث شکستن آن شده باشند و خیلی فرضیات دیگر. اما به نظر می‌رسد این تبیین که طوفان دلیل شکسته شدن درخت بوده، عقلانی است و در مقایسه با سایر تبیین‌ها، مساله را بهتر تبیین

می‌کند. فرضیات دیگر غیرممکن نیستند اما فرضیه طوفان، با قرائن و شواهد هم‌خوانی بیشتری دارد. برخی از فیلسوفان علم هستند که استنتاج به قصد بهترین تبیین را یک سنخ استنتاج استقرایی به شمار می‌آورند. در واقع این دسته از فیلسوفان، هر استنتاجی را که قیاسی نباشد استنتاج استقرایی محسوب می‌کنند. این درست است که استنتاج به قصد بهترین تبیین و استنتاج استقرایی هر دو غیرقیاسی هستند و در هر دوی اینها، مقدمات استدلال، تضمینی بر درستی نتیجه نیست. اما همان‌طور که در بخش پیشین دیدیم، صورت‌بندی استنتاج به قصد بهترین تبیین، تفاوتی پایه‌ای با استقراء دارد. این فرم استدلال نه تنها در علم بلکه در تبیین رخدادها و حوادث بسیار متداول است. آتش‌سوزی های وسیع استرالیا که اواخر سال ۲۰۱۹ صدها هزار هکتار از زمین‌های این کشور را نابود کرد می‌توانست علت‌های مختلفی داشته باشد. علت آن مثلا می‌توانست این باشد که شرایط موجود در اقیانوس هند و اقیانوس آرام منجر به شروع دوره ای گرم و خشک در استرالیا شده و در عین حال به دلیل دمای بالا، میزان رطوبت پایین، بارش کم باران و بادهای شدید، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر شده است.[۱] استنتاج به قصد بهترین تبیین محدود به این‌ها نیست و اگر دنبال آن بگردیم می بینیم که این مدل استدلال در همه علوم کاربرد دارد. از جمله در نجوم و کیهان شناسی. اوایل سال ۲۰۲۰ مقاله‌ای بحث‌برانگیز منتشر شد[۲] که از کشف یک سیگنال رادیویی مرموز در کیهان خبر می‌داد. این مقاله، نشان می‌داد که تلسکوپ رادیویی CHIME/FRB سیگنال رادیویی به نام"FRB 180916.J0158+65" پیدا کرده که از یک منبع به فاصله ۵۰۰ میلیون سال نوری به زمین می‌رسد و به شکل حیرت‌برانگیزی هر ۱۶ روز تکرار می‌شود. تعجبی

---

۱) یک مطالعه دانشگاه East Anglia با عنوان Climate change increases the risk of wildfires confirms new review که اوایل سال ۲۰۲۰ منتشر شد با بررسی ۵۷ پژوهش از سال ۲۰۱۳ به این سو، ارتباط بین تغییرات آب و هوایی و اثر آن بر امکان وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها در سراسر جهان را مشخص می‌کرد. در نتیجه این مطالعه، ارتباط معناداری بین تغییرات آب و هوایی و افزایش تعداد و شدت آتش سوزی‌ها در جهان وجود دارد.

۲) Periodic activity from a fast radio burst source که در ژانویه ۲۰۲۰ ثبت شده است.

ندارد که دانشمندان برای توضیح این پدیده عجیب به دنبال تبیین مناسب بگردند. دلیل این سیگنال‌های تکرارشونده خیلی چیزها می‌توانست باشد. حتی پیامی از سوی بیگانگان فضایی، آن‌طور که نشریات عمومی در جهان انتشار دادند خواه ناخواه می‌توانست یکی از فرضیه‌های روی میز باشد. ولی برای ادعاهای بزرگ، شواهد بزرگ لازم است و این تبیین که تمدن‌های فضایی، این سیگنال‌های تکرارشونده را می‌فرستند تبیینی نیست که با قرائن و شواهد هم‌خوانی داشته باشد و حتی اگر هیجان‌برانگیز باشد، تبیین رضایت‌بخشی نیست. در چنین شرایطی باید دست به دامان استنتاج به قصد بهترین تبیین شویم و مثلا در نظر بگیریم که این نخستین بار نیست که سیگنال‌های رادیویی مرموز از اعماق کیهان دریافت می‌کنیم. یک سال پیش از انتشار خبر این سیگنال تکرارشونده، مقاله‌ای در نیچر منتشر شده بود[1] که از ۱۳ انفجار رادیویی سریع (FRB) و وجود یک سیگنال تکرارشونده در فاصله حدود ۱.۵ میلیارد سال نوری خبر می‌داد. کیهان‌شناسان تا امروز سیگنال‌های تکرارشونده دیگری را نیز ردیابی کرده‌اند و اگر دقیق‌تر بگردیم صدها انفجار رادیویی سریع دیگر نیز ممکن است آشکارسازی شوند. از دید کیهان‌شناسان، منشاء این سیگنال‌ها می‌تواند ستاره نوترونی با میدان مغناطیسی فوق‌العاده قدرتمند و با گردش محوری وضعی بسیار سریع باشد. تبیین رقیب دیگری نیز وجود دارد که این سیگنال‌های تکرارشونده را به ادغام دو ستاره نوترونی نسبت می‌دهد. مساله بر سر این است که کدام تبیین، برای توضیح یک پدیده، عقلانی‌تر و محتمل‌تر است. مثال مشهور دیگر، سیگنال فضایی مرموز !Wow است که منبع آن برای چهار دهه نامعلوم بود. بعدها مشخص شد که این سیگنال، به احتمال زیاد سیگنال ایجاد شده دنباله‌دار ۲۶۶P/Christensen بوده است و نه پیام یک حیات هوشمند فرازمینی[2]. تفاوتی نمی‌کند کیهان‌شناسی باشد

---

۱) مقاله‌ای با عنوان A second source of repeating fast radio bursts در سال ۲۰۱۹

۲) در مقاله‌ای با عنوان Hydrogen Line Observations of Cometary Spectra at 1420 Mhz منتشر شده در سال ۲۰۱۷

یا زمین‌شناسی و دیرینه‌شناسی یا زیست‌شناسی. استنتاج به قصد بهترین تبیین، راهی است برای انتخاب فرضیه‌های بهتر و عقلانی‌تر. مثال دیگر، تبیین مساله گرمایش زمین است. یکی از مناقشه برانگیزترین بحث‌های علمی که تاثیرات آن حتی فراتر از بحث‌های علمی، به حوزه‌های اقتصاد و سیاست نیز کشیده شده است. برخی از مخالفان آنتروپوژنیک[1] بودن گرمایش جهانی، این پرسش را طرح می‌کنند که چرا باید فرضیه تاثیر دی اکسید کربن بر افزایش میانگین درجه حرارت زمین را بپذیریم و سایر فرضیه‌های رقیب (مثلا بخار آب یا گرم شدن زمین بر اثر طوفان‌های خورشیدی) را کنار بگذاریم.

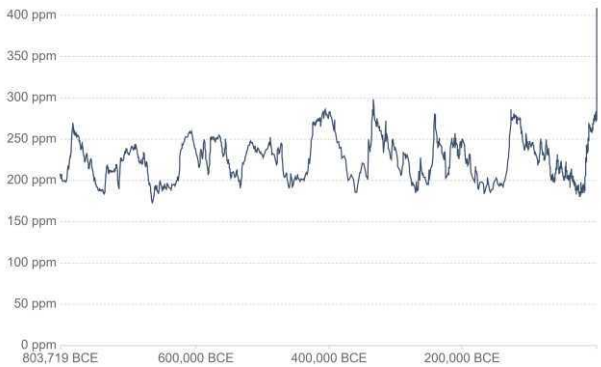
اگر از دید استنتاج به قصد بهترین تبیین به مساله نگاه کنیم، احتمالا پاسخ این پرسش را خواهیم یافت. گزارش‌های کمیته بین‌المللی بررسی تغییرات آب وهوایی IPCC نشان می‌دهد که زمین از سال ۱۸۸۰ تاکنون به شکلی غیرطبیعی در حدود ۰,۸۵ درجه سلسیوس گرم‌تر شده است. اینکه گرم شدن زمین با شروع فعالیت‌های صنعتی بشر مقارن شده است طبیعتا انقلاب صنعتی و وقایع پس از آن را به یک مظنون بالقوه تبدیل می‌کند. همان‌گونه که اشاره کردیم کار دانشمند از جهاتی شبیه به کار کارآگاه است. کارآگاهی که باید سرنخ ها را پیدا کند و قطعات پازل را کنار هم بچیند تا متهم یا متهمان اصلی را بیابد. برای پیدا کردن سرنخ‌ها باید شواهد و قرائن کافی پیدا کرد. درباره تاثیر دی اکسید کربن، ما این شواهد کافی و سرنخ های لازم را در اختیار داریم. در سال ۲۰۰۴ پژوهشگران مرکز تحقیقاتی قطب جنوب[2] به یک هسته یخی به ضخامت ۳.۲ کیلومتر برخورد کردند که به نوعی حافظه تاریخی تحولات اقلیمی زمین محسوب می‌شد و تغییرات آب و هوایی زمین در طول ۸۰۰ هزار سال گذشته را در خود ثبت کرده بود. مطالعه پژوهشگران روی حباب‌های به تله افتاده هوا در این هسته یخی در اعماق سفره یخی قطب جنوب دلیل محکمی بر این بود که گرمایش

---

۱) تغییراتی که انسان در بروز آنها دخیل بوده و با مشارکت انسان صورت پذیرفته است.

۲) British Antarctic Survey

زمین با فعالیت انسان مرتبط است. حفاری این هسته‌های یخی، ضرباهنگ طبیعی آب وهوای زمین را در این بازه زمانی چندصد هزار ساله آشکار می‌کرد و نشان می‌داد که دی‌اکسیدکربن طی ۲۰۰ سال گذشته فراتر از حد طبیعی، افزایش پیدا کرده است. اینکه آغاز فعالیت صنعتی بشر از یک سو و افزایش میزان دی اکسید کربن از سوی دیگر تصادفاً هم‌زمان شده باشند بسیار بسیار عجیب و نامحتمل است. از این رو این‌که انسان با آغاز فعالیت‌های صنعتی خود عامل افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن زمین بوده، تبیین بهتر، عقلانی‌تر و محتمل‌تری است و شواهد و قرائن بیشتری نیز در تایید آن وجود دارد.



نمودار منتشر شده در Atmospheric Carbon Dioxide|NOAA: غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر از ۸۰۳ هزار سال گذشته تا کنون نشان می‌دهد که در تمام این مدت، مقدار دی‌اکسید کربن همیشه کمتر از ۳۰۰ ذره در میلیون بوده اما به شکل معناداری در دوران اخیر و از قضا دقیقا هم‌زمان با رشد و توسعه فعالیت‌های صنعتی انسان با شیب تندی از مقدار ۴۰۰ ذره در میلیون نیز فراتر رفته است.

یک مثال دیگر اما این بار در تاریخ تکامل انسان و انقراض گونه‌ها می‌تواند نشان دهد که استنتاج به قصد بهترین تبیین چگونه در طیف بزرگی از مسائل علمی نقش بازی می‌کند. یووال نوح هراری[۱] در

---

۱) Yuval Noah Harari

کتاب انسان خردمند[1] می‌نویسد حدود هفتادهزار سال پیش، انسان‌های خردمند برای بار دوم از آفریقا خارج شدند به اروپا و شرق آسیا آمدند و در حدود ۴۵ هزار سال پیش، با عبور از دریا به استرالیا رسیدند. دانشمندی را تصور کنید که قصد دارد تبیینی برای این پرسش ارائه دهد که چرا دیپروتودون‌ها[2] و حیوانات عظیم‌الجثه استرالیا در حدود ۴۵هزارسال پیش منقرض شده‌اند. چند فرضیه رقیب برای تبیین این انقراض می‌تواند وجود داشته باشد. مثلا تغییرات اقلیمی و شرایط آب و هوایی قطعا یک گزینه مشکوک است. اما برای انتخاب بهترین تبیین، شواهد و مدارک بسیاری را باید کنار هم بگذاریم. این‌که تغییرات آب و هوایی عامل انقراض بوده از چند جهت حدس بد و ضعیفی است. در یک میلیون سال گذشته، زمین به طور میانگین در هر صد هزار سال یک دوره یخبندان را تجربه کرده است. آخرین عصر یخبندان زمین چیزی حدود ۷۵ هزار سال پیش تا ۱۵ هزار سال پیش رخ داده و دو نقطه اوج آن نیز یکی در ۷۰ هزار سال قبل اتفاق افتاده و دیگری در ۲۰ هزار سال قبل. اینکه دیپروتودون‌ها ۴۵ هزار سال پیش بر اثر تغییرات آب و هوایی منقرض شده باشند برای حیوانی که حداقل یک و نیم میلیون سال قبل ظاهر شده و دست کم ده عصر یخبندان را تجربه کرده چندان قابل پذیرش نیست. نکته جالب دیگری که هراری به آن اشاره می‌کند این است که شواهد مبنی بر نقش انسان در انقراض جانوران یکی دو تا نیست. اینکه بیش از ۹۰ درصد از حیوانات عظیم‌الجثه استرالیا به همراه دیپروتودون‌ها منقرض شدند، آن هم درست همزمان با ورود انسان به استرالیا، انسان را در انقراض دیپروتودون‌ها به یک مظنون اصلی تبدیل می‌کند. ضمن اینکه اگر فقط تغییرات آب و هوایی مقصر و مظنون این انقراض بود، بایستی قاعدتا شامل انقراض حیوانات دریایی نیز می‌شد اما هیچ مدرکی در دست نیست که در حدود ۴۵هزار سال پیش چنین چیزی برای حیوانات دریایی رخ داده باشد. نکته بعدی که دخالت انسان را به عنوان مظنون

---

۱) Sapiens: A Brief History of Humankind

۲) Diprotodon

اصلی این واقعه پررنگ می‌کند، سابقه بد تاریخی انسان در موارد مشابه است. ماموت‌ها که طی میلیون‌ها سال در اغلب مناطق نیمکره شمالی زندگی می‌کردند دقیقا هر جا که انسان وارد شد منقرض شدند. ماموت‌های جزیره ورانگل در اقیانوس منجمد شمالی همین چهار هزار سال پیش، یعنی مقارن با ورود انسان به این جزیره منقرض شدند. همه این‌ها در کنار هم، شک و تردید را به نقش انسان در انقراض حیوانات عظیم‌الجثه بالا می‌برد. اگرچه تبیین نقش انسان به عنوان عامل انقراض، در عمل پیچیده تر از این‌هاست. طبق شواهدی که از فسیل‌های گیاهی به جا مانده، درخت اوکالیپتوس در زمان ورود انسان به استرالیا کمیاب بوده است. ورود انسان خردمندی که کشاورزی با آتش را آموخته بود، احتمالا ماشه یک زنجیره از اتفاقات را کشیده و این زنجیره از رخدادها در نهایت به انقراض دیپروتودون‌ها انجامیده است. یک تبیین این است که اوکالیپتوس در برابر آتش مقاوم بوده و زمانی که انسان، بیشه‌های انبوه و جنگل‌ها را به آتش می‌کشیده تا مرتع ایجاد کند، بر خلاف سایر درختان و بوته‌های دیگر، به این سادگی‌ها از بین نمی‌رفته است. این مساله، زنجیره غذایی در اکوسیستم را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده زیرا غذای کمتری در دسترس حیوانات گیاه‌خوار قرار گرفته و حیوانات گوشت‌خواری که از حیوانات گیاه‌خوار تغذیه می‌کرده‌اند نیز آسیب‌پذیر شده‌اند. یک تبیین دیگر این است که همه توضیحات بالا را در تبیین انقراض دیپروتودون‌ها بپذیریم اما تاکید کنیم که تغییرات آب و هوایی را نباید به کل از معادلات کنار گذاشت. اکوسیستم در این دوران به خودی خود در شرایط نامساعدی بوده و طبیعتا نقش زیادی در انقراض این حیوانات عظیم‌الجثه ایفا کرده اما انسان این روند را تسریع کرده و یا اصطلاحا، شرایط را به سمت انقراض هل داده است. نکته اینجاست که در آن زمان نه دوربین کشاورزی ایستگاه فضایی بین‌المللی[1] وجود داشته و نه

---

۱) دوربین کشاورزی ایستگاه فضایی بین‌المللی ISSAC تکنولوژی ماهواره‌ای است که برای مدیریت منابع زمین و همچنین کمک به موسسات کشاورزی درباره زهکشی و آبیاری و کود و آفت‌کش طراحی شده است. دانشمندان با بررسی تصاویر ماهواره ای ISSAC به بررسی روند نابودی منابع طبیعی و جنگل‌ها می‌پردازند.

دانشمندی که داده‌های اکوسیستم را ثبت کند و بر اساس پژوهش علمی مشخص، نقش و سهم عوامل در رویداد انقراض را مشخص کند. برای تبیین چنین رخدادی، تنها روش کارآمد استدلال، استنتاج به قصد بهترین تبیین است. دانشمندان به کمک این مدل استدلال، تبیین‌های عجیب و جالبی درباره گونه‌های منقرض شده زیستی که امکان آزمایش و مشاهده آنها وجود ندارد ارائه می‌دهند. در سال ۲۰۱۷ گروهی از دانشمندان با بررسی استخوان‌ها، دندان‌ها و همچنین داده‌های ژنتیکی ۹۸ فسیل ماموت یافته شده در سیبری مشاهده کردند که فسیل ماموت‌های نر در نهایت تعجب در حدود دو سوم بیش از فسیل به جا مانده از ماموت‌های ماده است. تبیینی که دانشمندان برای توجیه این مساله ارائه می‌دهند این است که ماموت‌های نر در عصر یخبندان، بیش از ماموت‌های ماده به تنهایی به گشت و گذار می‌پرداختند و از این رو بیشتر در معرض گرفتاری در میان یخ‌ها یا سقوط در رودخانه و تله‌های طبیعی و شکاف‌های دره قرار می‌گرفتند و به همین دلیل، تعداد فسیل‌های ماموت‌های نر به مراتب از فسیل‌های ماموت ماده بیشتر پیدا شده است.[۱]

اگر از مثال‌های تاریخ طبیعی و زیست‌شناسی جانوری بگذریم مثال‌های فراوانی از همین روش استدلالی را می‌توان در کیهان‌شناسی و بسیاری از شاخه‌های دیگر علمی نیز پیدا کرد. حدودا اواسط دهه ۱۹۶۰نخستین آشکارسازهای پرتو ایکس، یک منبع گسیل ایکس را در صورت فلکی ماکیان شناسایی کردند و با بررسی طول موج‌های رادیویی متوجه وجود یک ستاره در نزدیکی این منبع شدند. اما مشکل بزرگ بر سر راه این بود که با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی این ستاره، گسیل پرتوهای ایکس چندان معقول به نظر نمی‌رسید. دانشمندان به این باور رسیدند که شاید پای عامل دیگری در میان است و نتیجه گرفتند در نزدیکی این ستاره، احتمالا سیاهچاله‌ای وجود دارد که با ربودن گازهای این ستاره، آن‌ها را به سمت خود کشیده است و باعث

---

۱) این مطالعه با عنوان Genome-Based Sexing Provides Clues about Behavior and Social Structure in the Woolly Mammoth در ژورنال Current Biology منتشر شده است.

شده دمای گازهایی که سیاهچاله می‌بلعد تا میلیون‌ها کلوین افزایش یابد و با ایجاد چنین دمای بالایی، پرتو ایکس ساطع شود. این در واقع بهترین تبیینی بود که می‌توانست منبع پرتو ایکس در این ناحیه از کیهان را توجیه کند. سیاهچاله بودن دجاجه ایکس-۱[۱]، نمونه‌ای جالب از شباهت کار کارآگاهان و دانشمندان است و البته مثال خوبی برای استنتاج به قصد بهترین تبیین. این همان مساله‌ای است که استیون هاوکینگ و کیپ تورن[۲] در سال ۱۹۷۵ بر سر آن شرط‌بندی کرده بودند و هاوکینگ آن‌گونه که در کتاب تاریخچه زمان می‌نویسد، با وجود آن‌که احتمالا می‌دانست وجود یک سیاهچاله، بهترین تبیین برای توضیح منبع پرتو ایکس به شمار می‌رود اما در پذیرش آن احتیاط کرد. البته بعدها با رصدهای بیشتر و بررسی دقیق‌تر داده‌ها، هاوکینگ شرط را واگذار کرد و جامعه علمی به تدریج متقاعد شد که بهترین تبیین برای انرژی عظیمی که از حجم کوچکی از مرکز یک کهکشان گسیل می شود، وجود سیاهچاله‌هاست. شواهد و قرائن دیگر در کیهان، همه و همه وجود سیاهچاله‌هایی با میلیون‌ها برابر جرم خورشید را به مظنون‌های بالقوه و بلکه به متهمان اصلی تبدیل می‌کردند. کشف هسته‌های فعال کهکشان‌های دور در کیهان، اطمینان کیهان‌شناسان از وجود سیاهچاله‌ها را بیشتر و بیشتر می‌کرد و شواهد و نشانه‌های بیشتری مبنی بر وجود سیاهچاله‌ها در اختیار آنها قرار می‌داد. در سال ۲۰۱۰ موسسه ماکس پلانک اعلام کرد که با مشاهده ستاره Sagittarius A* (Sgr A*) در صورت فلکی کمان (Sagittarius : قوس) شواهدی یافته است که هرگونه تردید در مورد وجود سیاهچاله‌ای غول پیکر در مرکز کهکشان راه شیری را برطرف

---

۱) Cygnus X-1: ماکیان ایکس-۱

۲) Kip Thorne برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۷ بابت آشکارسازی امواج گرانشی. امواج گرانشی همان امواجی هستند که برای نخستین بار در سال ۲۰۱۶ در حدود یک‌صد سال پس از پیش‌بینی نسبیت اینشتین در رصدخانه موج گرانشی با تداخل سنج لیزری LIGO آشکارسازی شدند. امواجی که به گفته دانشمندان، ناشی از برخورد دو سیاهچاله و ادغام آنها در ۱.۳ میلیاردسال قبل بوده و آشکارسازی آن نوبل فیزیک سال ۲۰۱۷ را برای تورن و همکارانش راینر وایس Rainer Weiss ، بری سی. بریش Barry C. Barish به همراه داشت.

می‌کند. در واقع دانشمندان از مدت‌ها پیش از آن به وجود سیاهچاله‌ای عظیم در فاصله ۲۶ هزار سال نوری مظنون بودند و از پیدا کردن شواهد تازه چندان شوکه نشدند. رینر شودل[۱] از موسسه ماکس پلانک و نویسنده مقاله‌ای در تایید وجود سیاهچاله غول‌پیکر در مرکز کهکشان راه شیری[۲] در آن زمان اظهار داشت که تنها توضیح قانع کننده این است که سیاهچاله غول پیکری در مرکز کهکشان پنهان شده باشد. راینهارد گنتسل[۳] کیهان‌شناس آلمانی در سال ۲۰۱۰ و پس از انتشار مقاله‌ای درباره وجود سیاهچاله‌ای عظیم در مرکز کهکشان راه شیری[۴] دقیقا از بیانی استفاده کرد که به لحاظ استدلالی، استنتاج به قصد بهترین تبیین به شمار می‌رود. او گفت ما توانستیم ثابت کنیم که تنها توضیح واقع‌گرایانه و ممکن در این رابطه، چیزی غیر از پذیرش وجود سیاهچاله نمی‌تواند باشد. در آن سال‌ها هیچ مشاهده مستقیمی از سیاهچاله‌ها در دست نبود و تازه در سال ۲۰۱۹ بود که دانشمندان پروژه تلسکوپ افق رویداد (EHT) در بروکسل از عکس ابرسیاهچاله مرکزی کهکشان M87 رونمایی کردند. چیزی شبیه به همین ماجرا در آشکارسازی امواج گرانشی نیز تکرار شده بود. سال‌ها پیش از آن‌که امواج گرانشی در رصدخانه موج گرانشی با تداخل سنج لیزری LIGO آشکارسازی شوند، تلاش‌های بسیاری برای دریافت امواج گرانشی صورت گرفته بود.[۵] یکی از مهم‌ترین نمونه‌های تاریخی در تلاش برای

---

۱) Rainer Schödel

۲) این مقاله A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way که در سال ۲۰۰۲ در نیچر منتشر شده بود.

۳) Reinhard Genzel: در این بین و در زمان بازبینی برای چاپ دوم این کتاب راینهارد گنتسل که از او نام برده شده برنده جایزه نوبل فیزیک ۲۰۲۰ شد.

۴) مقاله ای با عنوان The Galactic Center Massive Black Hole and Nuclear Star Cluster که در سال ۲۰۱۰ منتشر شد.

۵) مانند تلاش ژوزف وبر Joseph Weber در دانشگاه مریلند در سال ۱۹۶۸ که امواج گرانشی را هزار مرتبه بزرگ‌تر از پیش‌بینی نظری دریافت کرده بود و با تکرار آزمایش‌ها مشخص شد که در محاسبات خود دچار اشتباه شده است.

آشکارسازی امواج گرانشی حتی باز می‌گردد به چند دهه پیش از این‌ها در سال ۱۹۷۴ که هولز[۱] و تیلور[۲] با بهره‌گیری از رصدخانه رادیویی آرسیبو[۳]، تغییراتی در پریود سیستم دوتایی تپ اختر PSR 1913+16 مشاهده کردند و به این نتیجه رسیدند بهترین تبیین برای این تغییرات، می‌تواند تابش امواج گرانشی باشد. الگوی استدلالی این دو فیزیک‌دان که بعدها در سال ۱۹۹۳ برنده جایزه نوبل فیزیک شدند، نمونه خوبی از کاربرد استنتاج به قصد بهترین تبیین در علم است.

واقعیت این است که در فقدان شواهد و قرائن کافی، تنها راهی که در تبیین یک رخداد یا پدیده برای دانشمندان باقی می‌ماند، کنار هم چیدن مستندات موجود است. این‌که دانشمندان از بین چند تبیین محتمل، کدام تبیین را انتخاب می‌کنند بر اساس سلیقه شخصی و رویا و آرزو نیست. آنها درست مانند یک کارآگاه جنایی، نه تنها حدس‌های هوشمندانه می‌زنند، بلکه به دنبال اثر انگشت و نمونه DNA صحنه جرم نیز می‌گردند تا بتوانند سرنخ اصلی ماجرا را پیدا کنند. این تعریف به خلاصه‌ترین شکل ممکن، بیان کننده روشی است که به آن استنتاج به قصد بهترین تبیین می‌گوییم. هرچند ماهیت استدلالی استنتاج به قصد بهترین تبیین در عمل به مراتب پیچیده‌تر از این‌هاست اما با کمی اغماض می‌توان گفت که استنتاج به قصد بهترین تبیین، حدسی معقولانه و پذیرفتنی است و تعجبی ندارد که برخی از فیلسوفان علم آن را استنتاج حدسی[۴] می‌نامند. تفاوتی نمی‌کند پزشکی باشد که با تشخیص سرخک، علایم بالینی یک بیمار را تبیین می‌کند یا کیهان‌شناسی باشد که انتقال به سرخ[۵] نور ستارگان را با قانون هابل توضیح می‌دهد. استنتاج به قصد بهترین تبیین، یکی از روش‌های رایج

---

۱) Russell Alan Hulse

۲) Joseph Taylor

۳) Arecibo Observatory

۴) inference abductive

۵) Red shift

استدلال در علم است. با این وجود هیچ تضمینی برای صادق بودن نتیجه این نوع استدلال وجود ندارد. مشاهده رد چکمه بر روی برف را می‌توان با این تبیین که یک انسان چکمه‌پوش از این مسیر عبور کرده، تبیین کرد. اما مساله بر سر این است که غالبا در چنین پدیده‌هایی عملا بیشتر از یک تبیین می‌توان ارائه داد. مثلا می‌توان فرض کرد که رد چکمه، ناشی از راه رفتن یک میمون کنجکاو بوده که از قضا پوتین انسان‌ها را پوشیده یا حتی فراتر از آن می‌توان گفت رد چکمه از یک ربات با کف پای مانند چکمه ایجاد شده که از آن مسیر عبور کرده است. اینکه چرا ما تبیین اول، یعنی این تبیین که -انسانی چکمه‌پوش از مسیر عبور کرده- را به سایر تبیین‌ها ترجیح می‌دهیم و آن را بهترین تبیین می‌دانیم، خود سرفصل دیگری است که بسیاری از فیلسوفان علم با آن درگیر بوده و هستند.[۱]

۱.۵ همپل و قانون فراگیر

در بخش ۱.۲ از ماهیت تبیین‌های علمی صحبت کردیم و گفتیم که تبیین‌های علمی از دیدگاه همپل، فیلسوف علم دهه ۵۰ میلادی، در نهایت به نوعی پاسخ به یک سری «چرا» هستند.[۲] از دید همپل، تبیین علمی هر چه باشد در دو قالب کلی جا می‌گیرد: الگوی قیاسی- قانونی[۳] و الگوی استقرایی- آماری[۴] و این دو الگو در کنار هم نظریه‌ای را تشکیل

---

۱) برای مطالعه بیشتر در این زمینه رجوع کنید به کتاب استنتاج به قصد بهترین تبیین Inference to the Best Explanation اثر پیتر لیپتون Peter Lipton استاد فقید تاریخ و فلسفه علم. لیپتون فیلسوف علم ارزشمند و برجسته، رئیس دپارتمان تاریخ و فلسفه علم دانشگاه کمبریج بود که در سال ۲۰۰۷ در سن ۵۳ سالگی بر اثر حمله قلبی درگذشت.

۲) از نظر تاریخی مقاله مشهور همپل و اپنهایم Oppenheim در سال ۱۹۴۸ با عنوان «مطالعاتی در منطق تبیین» Studies in the Logic of Explanation به نوعی نخستین فعالیت جدی برای مطرح کردن الگویی منطقی در مورد تبیین در علم بوده است.

۳) Deductive –Nomological Model (D-N)

۴) Inductive-statistical (I-S)

می‌دهند که می‌توان آن را مدل قانون فراگیر[1] نامید. دانشمندی را در نظر بگیرید که می‌خواهد توضیح دهد چرا کمبود اکسیژن باعث آسیب به مغز می‌شود. این چرا، یک -چرای جویای تبیین- است و لازم است برای آن توضیحی پیدا کنیم. به بیان ساده، ما در هر تبیین از یک سو با یک تبیین‌خواه Explanandum روبروییم و از دیگرسو با یک تبیین‌گر Explanans و در نهایت باید استدلال یا استدلال‌هایی ترتیب دهیم که نتیجه آن چنین باشد:

"بنابراین کمبود اکسیژن باعث آسیب به مغز می‌شود."

البته تبیین خوب، پیش‌شرط‌هایی هم دارد و بدیهی است که هر تبیینی، تبیین خوب و موجهی نیست. در نظریه همپل، تبیین‌ها دست‌کم باید پیش‌شرط های زیر را برآورده کنند. در یک تبیین:

۱.مقدمه استدلال باید مستلزم نتیجه باشد. (ویژگی استدلال قیاسی)

۲.مقدمات باید صادق باشند.

۳. در مقدمه‌ها باید حداقل یک قانون کلی طبیعت وجود داشته باشد که برای تبیین به آن نیاز است. (مثلا مثل این قانون که همه فلزات رسانای الکتریکی هستند)

۴. تبیین‌گرها باید به طور تجربی قابل آزمایش باشند.

تبیین مانند هر استدلال دیگری، صغری و کبری و نیز نتیجه‌ای دارد که از این صغری و کبری در می‌آید. صغری‌ها در الگوی همپل، یک سری

---

۱) Covering Law Model

عبارت هستند که از واقعیت‌های جزئی گزارش می‌دهند. مثلا این‌که «فنجان قهوه روی میز من سرد شده است» یا «به مغز این مرد برای پنج دقیقه اکسیژن نرسیده است.» (صغری با C نمایش داده می‌شود و البته ممکن است بیش از یکی باشد). بخش دیگر استدلال، کبرای استدلال است که در مدل همپل با L نشان داده می‌شود و وجودش ضروری است. Lها نیز به بیان ساده همان قوانین طبیعت هستند، مثلا این‌که حرارت همیشه از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود یا اینکه ضریب انبساط جیوه بیشتر از شیشه است. در عین حال الگوی همپل یک جزء دیگر هم دارد و آن هم نتیجه تبیین است که با E نشان داده می‌شود. نتیجه در الگوی همپل، همان تبیین‌خواه Explanandum است، یعنی همان چیزی که قرار است برای آن توضیح و تبیینی ارائه کنیم. قالب کلی مدل همپل را به ساده‌ترین شکل ممکن می‌شود به صورت زیر نمایش داد:

$C_1 , . . . , C_n$ صغری

$L_1 , . . . , L_n$ کبری

_____

E نتیجه

هر دو حالت قانون فراگیر، یعنی هم مدل قیاسی- قانونی (D-N) و هم مدل استقرایی-آماری (I-S) ساختاری شبیه به این دارند. هر دوی آنها مقدمه یا مقدماتی دارند (صغری $C_1,C_2,C_3,...C_n$)، به علاوه قوانین طبیعت (کبری $L_1,L_2,L_3,... L_n$) و همچنین نتیجه E که قرار است تبیین شود. تنها تفاوت بین مدل قیاسی- قانونی (D-N) از یکسو و مدل استقرایی- آماری (I-S) از سوی دیگر این است که L در اولی یک قانون کلی طبیعت است ولی در دومی یعنی در مدل استقرایی-آماری، صرفا پای یک تعمیم آماری در میان است. به عبارت دیگر برای برخی تبیین ها الگوی (D-N) کارآمد است و برای برخی دیگر الگوی (I-S). مثلا برای این تبیین که چرا سیارات در مدارهای بیضی شکل به دور خورشید در گردش‌اند الگوی قیاسی-قانونی کاملا موجه است. با در کنار هم

گذاشتن مقدمات استدلال (یعنی C) و همچنین قانون گرانش جهانی (یعنی L) می‌توان تبیین کرد که مدار گردش سیارات به دور خورشید، به شکل بیضی است (یعنی E). یا برای این تبیین که چرا فلز سدیمی که در آب انداختم آتش گرفت (C) می‌توانیم از قوانین شیمی استفاده کنیم و بگوییم واکنش سدیم با آب به شدت گرماده است و در این واکنش، فلز سدیم داغ شده با شعله‌ای نارنجی می‌سوزد و سدیم هیدروکسید و گاز هیدروژن به جا می‌گذارد (L). مساله بر سر این است که گاهی این قوانین کلی، در واقع قوانینی کلی نیستند بلکه ماهیت احتمالاتی و آماری دارند. به عبارت دیگر در مدل استقرایی- آماری، نتیجه فقط با احتمال مشخصی رخ می‌دهد و نه بر اساس یک قانون طبیعی. در اینجا به جای قوانین کلی، امکان وقوع نتیجه E بسیار محتمل است ولی خبری از قانون کلی نیست. مثالی که همپل می‌آورد، یعنی مبتلا شدن کودکی به سرخک دو هفته پس از برادرش، نمونه‌ای است از تبیین‌هایی که صرفا با احتمال بالا رخ می‌دهند و طبیعتا در آن‌ها پای قانون کلی طبیعت در میان نیست. مثال‌ها بر اساس الگوی استقرایی-آماری در علم فراوانند. برای نمونه اعداد و ارقامی که دانشمندان در بیان نرخ مرگ و میر حاصل از بیماری‌ها[1] می‌گویند بیانگر قوانین طبیعت نیست. چنین بیان‌هایی فقط مبتنی بر گزاره آماری‌اند و نه قانون کلی. برای درک بهتر مدل تبیین با الگوی استقرایی- آماری (I-S)، تبیین زیر را در نظر می‌گیریم[2]:

صغری (C) :به مغز این فرد به مدت پنج دقیقه اکسیژن نرسیده است.

کبری (L) : تقریباً مغز هر فردی که به مدت پنج دقیقه بدون اکسیژن بماند دچار آسیب می شود.

نتیجه (E) بنابراین مغز این مرد آسیب دیده است.

---

۱) Case fatality rate:(CFR)

۲) برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به کار رندولف میس G. Randolph Mayes در متنی با عنوان نظریه‌های تبیین Theories of explanation که در سال ۲۰۰۱ در Internet Encyclopedia of Philosophy نوشته است و این مثال از او نقل شده است.

همان‌گونه که پیداست L در این‌جا یک قانون طبیعت نیست و ماهیتی آماری دارد. شاید به همین دلیل است که از نظر همپل، تبیین‌های مدل قیاسی- قانونی (D-N) بر تبیین‌های مدل استقرایی- آماری (I-S) اولویت دارند. مساله بر سر این است که در این الگو ممکن است رابطه بین مقدمات و نتیجه با افزودن اطلاعات تکمیلی به هم بریزد. برای مثال ممکن است فردی که مغزش ۷ دقیقه بدون اکسیژن مانده، در مقایسه با فرد دیگری که او هم ۷ دقیقه مغزش بدون اکسیژن مانده ولی هم‌زمان دچار ضربه مغزی هم شده است، آسیب مغزی کمتری ببیند. از این رو حتی به فرض درست بودن مقدمات استدلال در تبیین‌های مدل استقرایی- آماری (I-S)، همیشه این امکان وجود دارد که استدلال‌مان درست کار نکند.

۱.۶ تبیین و پیش‌بینی

همپل در جریان طرح مدل تبیینی خود به این نتیجه رسید که تبیین و پیش‌بینی در واقع دو روی یک سکه هستند. به این معنا که هر زمان که ما در حال تبیین یک پدیده هستیم، به طور بالقوه در حال پیش‌بینی نیز هستیم. بنابراین تبیین همان پیش‌بینی است و تنها تفاوت این دو، در جهت زمان است. تبیین، معطوف به پدیده ای است که در گذشته رخ داده ولی نکته اینجاست که ما با استفاده از همان قانون کلی (L) که در تبیین استفاده می‌کردیم قادر خواهیم بود وقوع پدیده مشابه را در آینده پیش‌بینی کنیم. دلیل آن تقریبا واضح است. قانون کلی طبیعت یعنی L بیانگر یک نظم پایدار در طبیعت است و تعجبی ندارد که اگر در گذشته توانسته‌ایم وقوع کسوف را توضیح دهیم، بتوانیم وقوع کسوف در آینده را نیز با استفاده از همان قانون یا قوانین کلی L پیش‌بینی کنیم. اگر توانسته‌ایم واکنش سدیم و آب را تبیین کنیم قادر خواهیم بود رفتار سدیم در آب را در آزمایش‌های بعدی نیز پیش‌بینی کنیم. یک مثال خوب درباره رابطه جالب بین تبیین و پیش‌بینی، دنباله‌دار هالی است. ادموند هالی بر این باور بود که دنباله‌دارها اجسامی نیستند که یک بار در آسمان ظاهر شوند و سپس برای

همیشه از بین بروند. از دید او الگوی منظمی در ظاهر شدن دنباله‌دارها وجود داشت. حدس هالی این بود که نظم ظاهر شدن دنباله‌دارها ناشی از برگشت آن‌ها در جریان گردش به دور خورشید است. هالی با بررسی بیش‌تر متوجه شد که تمام دنباله‌دارهایی که در سال‌های ۲۴۰ قبل از میلاد و پس از آن در سال‌های ۸۳۷، ۱۰۶۶، ۱۳۰۱، ۱۴۵۶ و ۱۶۸۲ میلادی در آسمان ظاهر شده‌اند در واقع همگی یک دنباله‌دار بوده اند. این همان نقطه‌ای است که دانشمند از قوانین کلی جهان به عنوان کبرای مساله (یعنی L) بهره می‌گیرد. هالی نیز با به‌کارگیری مکانیک نیوتنی دریافت که این جسم سماوی یک دنباله‌دار است که در یک مدار بیضوی بسیار کشیده حرکت می‌کند و دوره گردش آن نیز ۷۶ سال است. او نه تنها ظهور دنباله‌دار هالی در سال ۱۶۸۲ را تبیین کرد بلکه با استفاده از همان قوانین کلی، پیش‌بینی کرد که این دنباله‌دار باید در سال ۱۷۵۸ مجددا در آسمان ظاهر شود.[۱] نظریه گرانش نیوتن، مسیر گردش سیارات به دور خورشید را تبیین می‌کرد و در عین حال قادر به پیش‌بینی هم بود. یک مثال تاریخی جالب در این زمینه مدار اورانوس است که از دید دانشمندان به شکل استثنائی با نظریه نیوتن همخوانی نداشت. این رخداد جالب تاریخ علم که به اواسط قرن نوزدهم باز می‌گردد نمونه خوبی از ماهیت مشابه تبیین و پیش‌بینی است. آدامز[۲] و لو وریه[۳] دو دانشمندی بودند که بر اساس قوانین نیوتن در مورد گرانش و حرکت (به عبارت دیگر یعنی L بر اساس الگوی همپل) حدس زدند که پای یک سیاره دیگر در میان است. از دید آنها این ناسازگاری قاعدتا از یک سیاره ناشناخته ناشی

---

۱) از این منظر تلاش هالی نخستین تلاش در به کار گرفتن قوانین حرکت برای پیش‌بینی در ستاره‌شناسی بود. هالی در سال ۱۷۴۲ در سن ۸۶ سالگی درگذشت و نکته جالب تاریخ علمی درباره او این است که پیش‌بینی او مبنی بر ظاهر شدن دنباله دار هالی ۱۶ سال پس از مرگ‌اش به اثبات رسید. هالی تایید پیش‌بینی خود مبنی بر بازگشت این دنباله‌دار را هرگز ندید همان‌طور که ممکن است ما نتوانیم بازگشت دوباره هالی در سال ۲۰۶۱ به آسمان را ببینیم.

۲) John Couch Adams

۳) Urbain Le Verrier

می‌شد که بر اورانوس نیروی گرانشی وارد می‌کرد. محاسبات آن دو، جرم و محل این سیاره را نیز مشخص کرد و ظرف مدت کوتاهی سیاره نپتون کشف شد. لازم به گفتن نیست که محل و ویژگی‌های سیاره نپتون نیز همان چیزی بود که آدامز و لو وریه پیش‌بینی کرده بودند.

مثال تاریخی هیجان‌انگیز دیگری در کیهان‌شناسی شاید اختروش دوگانه[۱] Q0957+561 باشد که در در سال ۱۹۷۹ کشف شد. دو اختروشی که هم در نور مرئی و هم در امواج رادیویی قابل مشاهده بودند و به صورت عجیبی، هم در طیف‌نگاری و هم در انتقال به سرخ کاملا به هم شباهت داشتند. دنیس والش[۲] و همکارانش حدس زدند که چه بسا شاید اساسا این دو اختروش، یک اختروش باشند که نور آنها در سر راه خود تا زمین از کنار یک جرم بسیار بزرگ عبور و بر اساس نسبیت عام اینشتین، انحراف گرانشی پیدا کرده است. از قضا تبیین و پیش‌بینی آن‌ها کاملا درست بود و مشخص شد که این کهکشان YGKOW G1 بوده که مانند یک عدسی گرانشی عمل کرده و باعث شده که اشتباها تصور کنیم دو اختروش متفاوت را مشاهده کرده‌ایم.[۳]

در سراسر تاریخ علم، مثال‌های فراوانی درباره سرشت یکسان و ماهیت مشابه تبیین و پیش‌بینی می‌توان یافت. هر چند مفهوم پیش‌بینی، نیازمند شرح و بسطی به مراتب بیش از این‌هاست، اما نکته مهم در دیدگاه همپل این است که تبیین و پیش‌بینی، دو روی یک سکه هستند. مقصود از پیش‌بینی در اینجا، پیش‌بینی وجود یا ظهور پدیده‌ای در زمان آینده است که با کمک داده‌های علمی موجود انجام شده باشد. پیش‌بینی‌هایی نظیر پیش‌بینی اینشتین مبنی بر وجود امواج گرانشی یا

---

۱) Twin Quasars

۲) Dennis Walsh

۳) کشف این اختروش دوگانه، نخستین مشاهده مستقیم از اثر عدسی گرانشی به شمار می‌رود. وجود عدسی‌های گرانشی در نظریه نسبیت عام آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۶ پیش‌بینی شده بود هرچند اینشتین در مقاله خود با عنوان Lens-Like Action of a Star by the Deviation of Light in the Gravitational Field در سال ۱۹۳۶ نوشته بود که "البته امیدی به مشاهده مستقیم چنین پدیده‌ای وجود ندارد."

پیش‌بینی پیتر هیگز در سال ۱۹۶۴ مبنی بر وجود بوزون هیگز[۱] و یا پیش‌بینی ولفگانگ پاوولی[۲] مبنی بر وجود نوترینوها و تایید پیش‌بینی او با گذشت ۲۶ سال[۳]، از جمله مثال‌های مشهور تاریخ علم معاصر به شمار می‌روند. در همه این مثال‌ها، وجود چیزی پیش‌بینی می‌شد که در زمان خود، برای کمک به تبیین لازم بوده است. این شبیه به همان نکته‌ای است که همپل بر آن تاکید بسیاری داشت. از دید همپل، یک تبیین زمانی کامل خواهد بود که قادر باشد به عنوان پیش‌بینی نیز به کار گرفته شود.

---

۱) استیون هاوکینگ اوایل سپتامبر ۲۰۰۸ گفته بود حاضر است صد دلار شرط ببندد که بوزون هیگز در برخورددهنده بزرگ هادرونی LHC سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (سرن) یافته نخواهد شد. چند روز بعد از این مصاحبه، شتاب‌دهنده عظیم ۵.۵ میلیارد دلاری سرن با یک مشکل عظیم فنی روبرو شد. خرابی و نقص فنی که باعث شد LHC چهارده ماه وارد فاز تعمیرات شود و در حدود بیست و پنج میلیون دلار نیز هزینه بتراشد. LHC بعد از یک دوره طولانی فاز تعمیر و به‌روزرسانی در روز بیستم نوامبر ۲۰۰۹ مجددا راه‌اندازی شد. در حدود دو سال بعد از آن نشانه‌هایی مبنی بر تایید وجود بوزون هیگز به دست آمد و در نهایت در سال ۲۰۱۲ پژوهشگران سرن اعلام کردند که وجود بوزون هیگز را مطابق با پیش‌بینی پنجاه سال قبل پیتر هیگز اثبات کرده‌اند. خبر این کشف مهم و تاریخی در یک کنفرانس خبری در ۴ جولای ۲۰۱۲ (یک سال پیش از اعطای نوبل به هیگز) اعلام شد و خود پیتر هیگز هم در آن حضور داشت و از این‌رو پیش‌بینی استیون هاوکینگ مبنی بر عدم توانایی LHC در آشکارسازی بوزون هیگز اشتباه از آب در آمد. عده ای بوزون هیگز را با نام ذره خدا نیز می‌شناسند. این نام ظاهرا از سوی لئون لدرمن فیزیک‌دان برنده نوبل ۱۹۸۸ به بوزون هیگز اطلاق شده است. در واقع لدرمن در کتاب خود عنوان دیگری یعنی Goddamn Particle را انتخاب کرده بوده که گویا توسط ناشر کتاب در سال ۱۹۹۳ به "God Particle" تغییر داده شده و از آن پس در بسیاری مجامع از ذره هیگز به عنوان ذره خدا نام برده می‌شود.

۲) Wolfgang Pauli

۳) نوترینو ذره‌ای است که ولفگانگ پاوولی وجود آن را در ۴ دسامبر سال ۱۹۳۰ پیش‌بینی کرده و نام آن را نیز نویترون گذاشته بود. بعدها انریکو فرمی نام این ذره را برای پرهیز از اشتباه گرفته شدن آن با نوترون، به نوترینو تغییر داد. کلاید کووان Clyde Cowan و فردریک رینز Frederick Reines، دانشمندانی که روی اکتشاف این ذره کار می‌کردند، ۲۶ سال پس از پیش‌بینی وجود نوترینو، در چهاردهم ماه ژوئن سال ۱۹۵۶ پیام تلگرامی برای پاوولی در زوریخ فرستادند و خبر کشف نوترینو را به وی اعلام کردند. این دو دانشمند در تلگرام خود به پاوولی نوشتند: "خوشحالیم که به اطلاع‌تان برسانیم که ما نوترینو را به طور قطعی شناسایی کرده‌ایم."

۱.۷ نقایص مدل همپل

اگرچه مدل تبیین همپل، با ساختار اغلب تبیین‌های علمی که تا کنون دیده‌ایم سازگار است اما واقعیت این است که نقدها و بحث‌های بسیاری درباره کارآمدی و اعتبار الگوی تبیینی همپل وجود دارد. تبیین‌های علمی محکم و مستدل و کارآمد و معقولی وجود دارند که مدل همپل آنها را تبیین به شمار نمی‌آورد[۱] و در عین حال تبیین‌های غلطی وجود دارند که مدل همپل سهل‌انگارانه آن‌ها را به عنوان تبیین می‌پذیرد. این به آن معناست که مدل تبیینی همپل، اصطلاحا جامع و مانع نیست. بر خلاف دیدگاه همپل مبنی بر اینکه مدل تبیینی او، هم در علوم طبیعی و هم در علوم انسانی کار می‌کند عده‌ای بر این باورند که مدل فراگیر، تفاوت اساسی تبیین در علوم طبیعی و علوم انسانی و به عبارت دیگر کاربردشناسی تبیین را در نظر نمی‌گیرد. گاهی بسته به موقعیت ممکن است یک تبیین، تبیین کاملا رضایت‌بخشی به نظر برسد ولی اصرار به بهره‌گیری از مدل تبیینی همپل، تبیین را به تبیینی بی‌ربط و ناهماهنگ با موقعیت تبدیل کند.

برای مثال یک تبیین رضایت‌بخش و کافی برای اینکه "چرا فنجان قهوه روی میز به زمین افتاده، شکسته و قهوه روی زمین ریخته است" ممکن است این باشد که گربه به روی میز پریده و فنجان را به زمین انداخته است. در چنین موقعیتی، طبیعتا بهره گیری از قوانین کلی مانند نظریه

---

۱) درمکانیک کوانتومی همه ذراتی که اسپین آن ها عدد صحیح ۱ و ۲ .... است بوزون و همچنین ذراتی که اسپین آنها نصف یک عدد فرد (یعنی ۱/۲ . ۳/۲ و ...) باشد نیز فرمیون هستند. این قاعده که مساله اسپین و آمار نامیده می‌شود یک اصل سردستی است و به عبارت دیگر، تبیینی ندارد. ولفگانگ پاوولی که اصل طرد را کشف کرد به این نتیجه رسید که اگر دو نظریه کوانتومی و نظریه نسبیت خاص با هم تلفیق شوند این اصل، یکی از تبعات ضروری این تلفیق خواهد بود. هرچند که ماهیت چنین تبیین‌هایی در عمل شرح و بسط بسیار می‌طلبد و به مراتب پیچیده‌تر از این‌هاست اما به بیان ساده می‌توان گفت که چنین تبیین‌هایی با مدل تبیینی همپل هماهنگ نیستند. (برای مطالعه بیشتر در این زمینه رجوع کنید به کتاب نظریه کوانتومی Quantum Theory: A Very Short Introduction اثر جان پاکینگهورن John Polkinghorne)

Telegram: @cat_book

گرانش نیوتن برای توصیف سقوط فنجان به زمین و استفاده از قوانین حرکت برای بیان نیرو و یا زاویه حرکت دست گربه و نظایر آن چندان مطلوب نیست و کسی که می‌پرسد چرا فنجان قهوه روی میز به زمین افتاده، احتمالا چنین تبیینی -بر اساس مدل همپل- را در نظر ندارد.[1] هر چند همپل تلاش بسیاری داشته که استدلال‌های غیرتبیینی، در مدل او به اشتباه در زمره تبیین قرار نگیرند اما در بخش های ۱.۸ و ۱.۹ خواهیم دید که ظاهرا پیش‌شرط‌های او برای تبیین شمرده شدن یک استدلال (مانند آن‌چه که در بخش ۱.۵ گفتیم) کافی نبودند. فراتر از این‌ها قاعده و دستورالعملی باید وجود داشته باشد تا مانع از آن شود که استدلالی غیرتبیینی مانند استدلال زیر را، اشتباها به جای تبیین بپذیریم.

اکنون باران می‌بارد. (C)

همه اجسام با شتاب ثابت g سقوط آزاد می‌کنند. (L)

بنابراین: اکنون باران می‌بارد. (E)

چنین استدلالی قطعا تبیین نیست و بدیهی است که قانون کلی طبیعت (L) در این‌جا هیچ ارتباطی به تبیین مورد نظر ما ندارد و هیچ کمکی به این استدلال نمی‌کند. این استدلال بی‌اعتبار است چون مانند این است که از گزاره "اکنون باران می‌بارد" نتیجه بگیریم "اکنون باران می‌بارد". بدیهی است که هیچ چیزی نمی‌تواند خودش را تبیین کند از این رو این

---

۱) این مساله که تبیین ماهیتی سوبژکتیو (و وابسته به ذهن ناظر) دارد در بین فیلسوفان علم یک بحث مناقشه‌برانگیز است. اینکه تبیین ماهیتی کارکردی functional دارد و یا بستگی به این دارد که چه کسی و به چه منظوری می‌خواهد یک مساله را استنباط کند، موافقان و مخالفان بسیار دارد. از نگاهی برخی، تبیین سوبژکتیو نیست و بهتر است بگوییم معرفتی epistemic است.

تبیین غلط است. فیلسوفان علم درباره اینکه چرا تبیین علمی باید حتما یک یا چند قانون طبیعت را در خود داشته باشد هم‌رای نیستند. پرسش اصلی این‌جاست که چه چیزی در قوانین طبیعت وجود دارد که به آن‌ها قدرت تبیینی می‌دهد[1] مثلا در تبیین اینکه چرا آسمان به رنگ آبی دیده می‌شود می‌توان از قوانین و معادلات فیزیک بهره گرفت و گفت که جو زمین غالبا از نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده و مولکول‌های گاز نیز نوری را که به آنها برخورد می کند بر اساس پراکندگی رایلی[2] متناسب با ضریب پراکندگی (یعنی یک بر روی طول موج λ به توان چهار) پراکنده می‌سازند و از آنجایی که طول موج آبی حدودا بین ۴۵۰–۴۸۲ نانومتر است (کمتر از سبز و زرد و قرمز) ضریب پراکندگی برای نور آبی بیش‌تر از سایر نورهاست از این رو مولکول‌های جو زمین، نور آبی را بیش‌تر از بقیه رنگ‌ها به زمین پراکنده می‌کنند و بنابراین، رنگ آسمان آبی به نظر می‌رسد. هر چند که این توضیحی ساده بود و این بحث در عمل، جزییاتی به مراتب بیش‌تر و دقیق‌تر از این‌ها لازم دارد ولی تا جایی که به مبحث تبیین مربوط می‌شود، می‌توان پرسید که آیا این توضیحات اساسا تبیین بودند؟ یکی از پاسخ‌ها به این پرسش این است که تبیین علمی در واقع چیزی نیست جز تبیین علّی و هدف دانشمندان از تبیین این است که روشن کنند علت وقوع یک پدیده چه بوده است. این دو (یعنی قانون فراگیر همپل و علّیت) گاهی به سختی از هم قابل تفکیک‌اند. یک دیدگاه موجود این است که وقتی وقوع یک پدیده را با قوانین کلی تبیین می‌کنیم در واقع در حال معرفی علت آن پدیده هستیم. مساله بر سر این است که الگوی همپل چندان روی خوشی به توصیف علّی نشان نمی‌دهد و همین امر، از دید بسیاری از فیلسوفان علم، پاشنه آشیل مدل اوست.

---

۱) برای مطالعه بیشتر در این زمینه ر.ک به کتاب فلسفه علم الکساندر برد Alexander Bird (سال انتشار ۱۹۹۸) و همچنین کتاب فلسفه علم معاصر Philosophy of Science: A Contemporary Introduction الکس روزنبرگ Alex Rosenberg (سال انتشار ۲۰۰۰)

۲) Rayleigh scattering و مقاله ای که لرد رایلی (برنده نوبل فیزیک ۱۹۰۴) در سال ۱۸۷۱ منتشر کرد.

۱.۸ فراموشی تقارن

از میان نقدهایی که به قانون فراگیر همپل وارد شده دو مساله بیش از هرچیز توجه فیلسوفان علم را به خود جلب کرده است. نخستین نقد که سیلواین برومبرگر[۱] طرح می‌کند این است که قانون فراگیر همپل، نامتقارن بودن تبیین را فراموش کرده است. در مدل تبیینی همپل اگر A بتواند B را تبیین کند، B هم بدون اینکه به مشکلی بر بخورد A را تبیین می‌کند و طبیعتا این مساله با عقل سلیم جور در نمی‌آید. واقعیت این است که تبیین به وضوح یک‌طرفه کار می‌کند و برای مثال اگر اتصال برق، دلیل آتش‌سوزی باشد نمی‌شود پذیرفت که دلیل اتصال برق، آتش‌سوزی است. مثال‌های جالبی درباره این نقص قانون فراگیر وجود دارد که برومبرگر به برخی از آنها اشاره کرده است. مثلا اینکه بر اساس مدل همپل می‌توان حرکت دوره‌ای یک آونگ (یعنی T) را با در اختیار داشتن طول آونگ (در اینجا یعنی L) و با استفاده از یک قانون کلی[۲] تبیین کرد. تبیین حرکت دوره‌ای آونگ (T) بر اساس طول آونگ (L) منطقی به نظر می‌رسد اما مشکل قانون فراگیر اینجاست که اجازه می‌دهد عکس این قضیه یعنی طول آونگ هم بر اساس حرکت دوره‌ای آونگ تبیین شود. درک شهودی ما می‌گوید اولی را می‌توان تبیین به شمار آورد ولی تبیین به شمار آوردن دومی بی‌معناست. مثال دیگر، طول سایه یک میله پرچم روی زمین است که با دانستن ارتفاع میله و به کار بستن قوانین کلی مانند مثلثات و همچنین این اصل که نور در مسیر مستقیم منتشر می‌شود قابل تبیین است. فرض کنید می‌خواهیم بدانیم چرا در این لحظه، طول سایه‌ای که از میله پرچم ایجاد شده ۴ متر است. برای این تبیین لازم است که بر اساس قانون فراگیر همپل، از یک سری مقدمه شروع کنیم و با استفاده از قوانین کلی طبیعت،

---

۱) Sylvain Bromberger

۲) با بهره‌گیری از فرمول آونگ ساده: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

تبیین کنیم که چرا طول سایه میله ۴ متر است. پاسخ به این چرای جویای تبیین این‌گونه خواهد بود که چون ارتفاع میله پرچم ۳ متر است و با در نظر گرفتن این واقعیت جزئی که خورشید در زاویه ۳۷ درجه در حال تابش است بنابراین بر اساس قواعد اپتیک و مثلثات، می‌توان گفت که چرا طول سایه ۴ متر است. این تبیین -که با الگوی همپل سازگار است- معقول و قانع‌کننده و البته بی‌نقص به نظر می‌رسد.

C_1: ارتفاع میله پرچم ۳ متر است

C_2: خورشید دارد با زاویه ۳۷ درجه می‌تابد

L_1: قانون مثلثات $\tan 37^\circ = 0.75$

L_2: قاعده اپتیکی که نور به خط راست سیر می‌کند

E: پس بنابراین طول سایه میله ۴ متر است

اما مشکل از جایی شروع می‌شود که جای تبیین خواه Explanandum و تبیین‌گر Explanans با هم عوض شود. قانون فراگیر همپل مانع از این نمی‌شود که روند معکوس این استدلال طی شود. مدل همپل اجازه می‌دهد تا کاملا برعکس، از اینکه طول سایه ۴ متر است نتیجه بگیریم که ارتفاع میله پرچم ۳ متر است. در حالی‌که این تبیین به وضوح غلط است و از اینکه طول سایه ۴ متر است نمی‌شود ارتفاع میله پرچم را نتیجه گرفت.

تبیین درست این است که یک نفر آگاهانه و از روی عمد به هر دلیلی میله را به ارتفاع ۳ متر ساخته است. این مثال‌ها نشان می‌دهند که ما در مساله تبیین با یک بی‌تقارنی روبرو هستیم. مساله‌ای که قانون

فراگیر همپل آن را در نظر نمی‌گیرد و تبیین را به اشتباه، یک رابطه متقارن نشان می‌دهد. یک مثال دیگر، این عدم تقارن را که مدل همپل فراموش کرده کمی ساده‌تر از مثال قبلی نشان می‌دهد:

C_1: درجه دماسنج کاهش پیدا کرده است

L_1: هر زمان درجه دماسنج کاهش پیدا کند، یخ‌بندان می‌شود

E بنابراین یخ‌بندان می‌شود

اینکه کاهش درجه دماسنج، وقوع یخ‌بندان را تبیین کند آشکارا با درک شهودی ما از تبیین در تضاد است. کاملا برعکس، این نزدیک بودن یخ‌بندان است که پایین آمدن درجه دماسنج را توضیح می‌دهد و تبیین می‌کند. اشکال دیگر قانون فراگیر همپل که با این مثال‌ها نمایان می‌شود این است که ارتباط بین تبیین و پیش بینی، دیگر آن‌گونه که مدل همپل می‌گوید دو روی یک سکه نیست. در همین مثال، ما با در اختیار داشتن طول سایه و دانستن زاویه تابش خورشید و به کار بستن قوانین مثلثات و اپتیک قادر خواهیم بود ارتفاع میله را به درستی پیش‌بینی کنیم. اما همان‌طور که دیدیم، تبیین ارتفاع میله با قانون فراگیر، غلط و بی‌معنا خواهد بود. این مثال بیان‌گر این واقعیت است که حتی رابطه بین تبیین و پیش‌بینی نیز همیشه آن‌گونه نیست که همپل انتظار داشت.

۱.۹ معضلی به نام بی ربطی

این که قانون فراگیر همپل، وجود تقارن در تبیین را لحاظ نمی‌کند تنها ایراد مدل همپل نیست. مدل همپل ایراد دیگری هم دارد و باز هم به شکلی دیگر، استدلال‌هایی نامربوط را اشتباها تبیین به شمار می‌آورد.

وسلی سالمون[۱] «فیلسوف علم» آمریکایی مثال‌های جالبی از این مشکل که اصطلاحا مساله مرتبط بودن[۲] یا بی‌ربطی[۳] نامیده می‌شود طرح کرده بود که با نگاهی به آنها می‌توان دریافت چرا قانون فراگیر کامل نیست. مثال‌های سالمون، گزاره‌هایی را نشان می‌دهد که تمام شرایط مطرح شده در مدل همپل را دارند اما در عین حال تبیین مناسبی به شمار نمی‌روند. مثال‌های او با اینکه با مدل قیاسی- قانونی (D-N) سازگارند و مقدمات درستی هم دارند اما برخلاف انتظار، به هیچ عنوان تبیین محسوب نمی‌شوند.

این مرد داروهای ضدبارداری مصرف می کند :C_1

افرادی که داروی ضدبارداری مصرف می کنند باردار نمی شوند :L_1

_____

از این رو این مرد باردار نشده است E

بر اساس مدل همپل چنین استدلالی واجد شرایط تبیین است، اما هیچ عقل سلیمی این استدلال را یک تبیین قانع کننده به شمار نمی‌آورد. واضح است که علت باردار نشدن مرد، این نیست که او داروهای ضدبارداری مصرف می‌کند. حتی اگر این مرد واقعا هم داروهای ضدبارداری مصرف کند باز هم طبیعتا باردار نخواهد شد. بنابراین چنین استدلالی را نمی‌شود تبیین به شمار آورد چون در آن از یک واقعیت بی‌ربط استفاده شده است. این مثال نشان می‌دهد که تبیین

---

۱) Wesley C. Salmon

۲) problem of relevance

۳) Irrelevance

باید دربرگیرنده اطلاعاتی از وقوع یک پدیده باشد در غیر این صورت با یک استدلال بی‌ربط مواجهیم که صرفا ظاهری شبیه به تبیین دارد. این مرد حتی اگر داروهای ضدبارداری مصرف نمی‌کرد باز هم باردار نمی‌شد. چرا که علت باردار شدن یا باردار نشدن، در فیزیولوژی بدن زن و مرد نهفته و نه در اینکه آن مرد داروهای ضدبارداری استفاده می‌کند یا نمی‌کند. به عبارت دیگر این مثال نشان می‌دهد که مدل همپل یک جنبه مهم از تبیین را در نظر نگرفته است. برخی بر این باورند که این ایراد قانون فراگیر، ناشی از نادیده گرفتن علیّت است. چون تبیین، روشن کردن علّت وقوع یک پدیده است و وقتی می‌خواهیم به این پرسش پاسخ دهیم که چرا دایناسورها منقرض شدند، در واقع به دنبال یافتن علّت انقراض دایناسورها هستیم. جایگزین کردن رابطه علّی به جای تبیین، بسیاری از ایرادات مدل همپل مانند (بی‌تقارنی و بی‌ربطی) را برطرف می‌کند. در تمام مثال‌های بالا، تبیین ما نامطلوب و غیرعقلانی بود چون رابطه علّی بین تبیین‌گر و تبیین‌خواه را نادیده می‌گرفت و اجازه می‌داد این رابطه به شکل معکوس هم عمل کند. در حالی که علیت یک رابطه یک‌طرفه و بی‌تقارن است و اگر مثلا علت سایه چهار متری روی زمین، میله پرچم سه متری باشد، دیگر نمی‌توان گفت که علت میله پرچم سه متری، سایه چهارمتری روی زمین است.
اما مساله بر سر این است که خود مفهوم علیّت نیاز به تبیین و شرح و بسط بسیار دارد و گفتن اینکه علیت باید در تبیین لحاظ شود، به این سادگی‌ها مشکل فلسفی پیش آمده را حل نمی‌کند. فرض کنید پزشکی علت مرگ بیماری را ایست قلبی تنفسی ثبت می‌کند. ثبت این علت، اشتباه نیست و طبیعی است که آخرین مرحله پیش از مرگ، ایست قلبی تنفسی باشد. اما باید پرسید پیش از آن چه بوده که به ایست قلبی تنفسی منجر شده و اگر برای مثال عفونت شدید ریوی بوده، علت عفونت ریه چه بوده و این زنجیره تا کجا می‌تواند ادامه پیدا کند؟ سمیر اوکاشا[۱] در کتاب مشهور مقدمه‌ای کوتاه بر فلسفه علم[۲]

---

۱) Samir Okasha

۲) Philosophy of Science: A Very Short Introduction

به نکته جالبی اشاره می‌کند و می‌نویسد در علم تبیین‌هایی داریم که ظاهرا علّی نیستند. او برای توضیح الگوی این تبیین‌ها که اصطلاحا "معادل انگاری نظری" [۱] نامیده می‌شوند از مثال آب و H_2O استفاده می‌کند. به این معنا که گاهی دانشمندان برای تبیین، یک مفهوم را با مفهوم دیگر معادل قرار می‌دهند. شیمی‌دانان با بیان اینکه آب عبارت است از H_2O این مساله را تبیین می‌کنند که آب چیست. اما چنین تبیینی به وضوح علّی نیست و H_2O بودن، دلیلِ آب بودن نیست بلکه خودِ آب بودن است. چنین تبیین‌هایی در علوم مختلف بسیار بحث‌برانگیزند و نشان می‌دهند همه تبیین‌ها هم ماهیت علّی ندارند. اینکه زردپوست بودن مردم شرق آسیا را با نسخه ای از ژن OCA2 به نام His615Arg تبیین کنیم [۲] بر پیچیدگی مساله می‌افزاید و این پرسش را پیش می‌آورد که آیا این ژن، علّت رنگ پوست مردم شرق آسیاست یا اینکه همچون رابطه بین H_2O و آب، خودِ زردپوست بودن است؟

۱.۱۰ جدل فکری بر سر مفهوم علیت

علیت مفهومی نیست که تنها در فلسفه و منطق موضوع بحث باشد. به رغم تمام مناقشات فکری که بر سر مفهوم و ماهیت دقیق علیت وجود دارد این‌طور به نظر می‌رسد که وجود چنین قاعده‌ای در جهان هستی انکارناپذیر است. هر توضیح و تبیین علمی که در هر مساله فیزیک یا زیست‌شناسی یا فیزیولوژی طرح می‌کنیم، هر چکشی که به میخ روی دیوار می‌زنیم و یا هر برنامه‌ریزی که برای وارد شدن یک فضاپیما به مدار یک سیاره صورت می‌گیرد مبتنی بر علیت است. وقتی

---

۱) Theoretical Identifications

۲) مقاله‌ای با عنوان Association of the OCA2 polymorphism His615Arg with melanin content in east Asian populations که در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است.

در یک مساله فیزیکی، دلیل حرکت یک قطعه آهن‌ربا یا فشردگی فنر را توضیح می‌دهیم، یا مدت زمان لازم برای آب شدن یک قطعه یخ ۱۰۰ گرمی در یک ظرف آب جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد را پیش‌بینی می‌کنیم در واقع از پیش پذیرفته‌ایم که در جهان قاعده‌ای وجود دارد که بر اساس آن، یک سری از وقایع، به علت برخی دیگر اتفاق می‌افتند. علیت از دوران یونان باستان موضوع مناقشه و بحث فیلسوفان بوده است. ارسطو علیت را در ۴ سطح یعنی علت مادی، علت صوری، علت فاعلی و علت غایی تعریف می‌کرد. دیدگاه او برای قرن‌ها دیدگاه غالب در توضیح ماهیت علیت بود. از آن زمان تا کنون، فیلسوفان بسیاری درباره این پرسش که علیت چیست بحث کرده‌اند و از جنبه‌های گوناگون به آن پرداخته‌اند. یکی از تاثیرگذارترین نظریه‌ها درباره مفهوم و ماهیت علیت برمی‌گردد به دیوید هیوم[۱] فیلسوف اسکاتلندی که به طور کلی علیت را فاقد ضرورت منطقی می‌دانست و بر این باور بود که توقع یا انتظار آمدن یک چیز در پی چیزی دیگر، در واقع در خود آن چیزها نیست بلکه پس‌زمینه ذهنی دارد و مفهومی است که ما در سراسر زندگی خود صرفا به آن عادت کرده‌ایم. از دید هیوم آن چیزی که وجود دارد صرفا تعاقب دو پدیده به دنبال یکدیگر است. مثلا ممکن است هر روز راس ساعت ۶ صبح ببینیم که با عبور قطار از مقابل مدرسه، زنگ آن مدرسه نیز به صدا در می‌آید. این دو رخداد هم‌زمان ممکن است وجود یک رابطه علّی را به ذهن متبادر کند در حالی که ممکن است هیچ بستگی و ربط علّی بین این دو پدیده وجود نداشته و این هم‌زمانی کاملا تصادفی باشد و مشخص شود که هیچ‌کدام علت یا معلول دیگری نیست. به عبارت دیگر هیوم از تعاقب همیشگی[۲] پدیده‌ها صحبت می‌کند و مثلا می‌گوید وقتی به دنبال هر رعد و برق، باران می‌بارد به این معنی نیست که رعد و برق، علت بارش باران است. اینکه علیت، پس زمینه ذهنی دارد و در عادت و انتظار ما نهفته، به خودی خود چندان حیرت‌برانگیز و گیج‌کننده

---

۱) David Hume

۲) Constant conjunction

نیست. اگر از منظر تکامل زیستی به مساله نگاه کنیم، می‌بینیم که موجودات زنده برای بقای خود، روابط همیشگی و پایدار و تکرارشونده رخدادها را کشف می‌کنند و اصطلاحا شرطی می‌شوند. کافی است تصور کنیم در دنیایی زندگی می‌کنیم که برق در آن، گاهی منجر به مرگ انسان می‌شود و گاهی نه. خورشید گاهی طلوع می‌کند و گاهی نه و هیچ تضمینی نیست که مثلا اگر از هواپیما به پایین می‌پریم و چتر را باز می‌کنیم سالم به زمین برسیم. یک بار مقاومت هوا و قوانین مکانیک شاره‌ها عمل می‌کنند و یک بار دیگر نه. چنین دنیایی قابل پیش‌بینی نیست و ما در دنیایی که وقایع آن قابل پیش‌بینی نباشد مضطرب خواهیم بود. چرا که هیچ تضمینی برای بقا نخواهیم داشت و نمی‌توانیم خود را در برابر حوادث احتمالی آماده کنیم و جان به در ببریم. ما عادتا دوست داریم در دنیایی زندگی کنیم که در آن، رخدادها با یک نظم قابل پیش‌بینی و بر اساس یک نوع علیت قابل اتکا کار کنند. علت‌یابی البته گاهی بی‌نهایت دشوار و بلکه کاری است پر از احتمال خطا. بر خلاف علوم طبیعی که می‌توان در آزمایشگاه دریافت که مثلا A علت احتمالی B است یا نه، در علوم انسانی گاهی چنین چیزی تقریبا محال است. مثلا مورخی که در پی یافتن علل و ریشه‌های انقلاب فرانسه است ممکن است بگوید دلیل وقوع انقلاب فرانسه این بود که از سال ۱۷۸۸ مشکلات اقتصادی و کمبود مواد غذایی در فرانسه آغاز شده و قیمت گندم ۵۰ درصد افزایش یافته بود. دیگری ممکن است بگوید دلیل بروز انقلاب فرانسه پخش شایعه تیراندازی سربازان آلمانی به سوی فرانسوی‌ها بود که باعث شد مردم برای دفاع از خود به یک اسلحه‌خانه حمله کرده و تفنگ‌های بدون باروت به دست آورند، در ادامه این زنجیره رخدادها جمعیت به سوی قلعه باستیل حرکت کرده و باعث شده انقلاب فرانسه با فتح باستیل جرقه بخورد. رودولف کارناپ، فیلسوف علم در کتاب مشهور خود مبانی فلسفی فیزیک[۱] می‌نویسد: ما عموما در پی یافتن علتی واحد برای پدیده ها هستیم. در حالی‌که مثلا در جریان یک تصادف رانندگی ممکن است یک نفر

---

۱) Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaft

لغزنده بودن سطح جاده و دیگری تخطی از سرعت مجاز و دیگری خرابی لنت ترمز و حتی یک روانکاو، حواس‌پرتی و عصبانیت راننده را علت تصادف اعلام کند. اینکه کدام یکی از این‌ها در واقع "علت" بروز سانحه بوده به سادگی امکان‌پذیر نیست. به عبارت دیگر پیش از هر چیز باید دقیق بررسی کنیم و بدانیم ماشین‌ها چگونه در حرکت بوده‌اند و رانندگان چه‌کار می کرده‌اند. باید بدانیم که سطح جاده در چه وضعیتی بوده، خیس بوده یا خشک؟ آیا آفتاب به صورت رانندگان می‌تابیده؟ این نوع سوالات می‌توانند در تعیین علت سانحه بسیار مهم باشند. ممکن است کشف شود که چندین موقعیت متفاوت، سهم مهمی در نتیجه نهایی داشته‌اند. ما عموما در زندگی روزمره خواستار بیان و صورت‌بندی یک علت واحد برای یک واقعه هستیم. اما هنگامی که واقعیت را دقیق‌تر بررسی می کنیم در می‌یابیم که علت‌های مختلفی را می‌توان در توضیح دلیل وقوع یک رخداد طرح کرد. علت‌هایی که هر کدام به نوعی به دیدگاه و نقطه نظر افراد نیز بستگی دارد. مهندس راه ممکن است بگوید: می‌دانید، من قبلا بارها گفته‌ام که وضع سطح این بزرگراه خیلی خراب است و موقع باران خیلی لغزنده می‌شود. حالا یک تصادف دیگر اتفاق افتاده است و حرف مرا ثابت می‌کند. به نظر می‌رسد حق با کارناپ است. ممکن است یک مهندس بگوید که علت این حادثه لغزندگی جاده است. وی از دیدگاه خود به حادثه نگاه می کند و این عامل را تنها علت حادثه ارزیابی می‌کند. اگر نظرات مهندس راه‌سازی مورد توجه قرار می‌گرفت و آسفالت تازه‌ای در جاده می‌کشیدند، جاده موقع باران تا آن حد لغزنده نمی‌شد. به عبارت دیگر اگر کلیه شرایط دیگر ثابت می‌ماندند امکان داشت این حادثه اتفاق نیفتد. برخی دیگر ممکن است شرایط دیگری را علت حادثه بدانند. مثلا پلیسی که علل سوانح جاده را بررسی می‌کند ممکن است بخواهد بداند که آیا راننده از قواعد رانندگی تخطی کرده است یا نه. پلیسی که شغل‌اش نظارت برقوانین رانندگی است اگر کشف کند که از این قواعد تخطی شده، آن را علت تصادف می‌داند. یا حتی یک روان‌شناس ممکن است بگوید که راننده پشت فرمان حالت عصبی داشته است. هیجان و نگرانی‌های راننده به حدی زیاد بوده که با رسیدن به چهارراه، به نزدیک شدن ماشین دیگر توجه نکرده است. این روان‌شناس ممکن

است بگوید که ناراحتی خیال راننده را می‌توان علت سانحه دانست. از این رو هرکسی عاملی را بر می‌گزیند که در کل ماجرا بیش‌تر به آن علاقه‌مند است و به نظرش می‌رسد که این عامل، جالب‌تر و قطعی‌تر از سایر عوامل است. اتفاقا روان‌شناس هم درست می‌گوید. چه بسا اگر راننده عصبانی نمی‌بود، حادثه اتفاق نمی‌افتاد. هر یک از این افراد با نگاه کردن به کل تصویر از دیدگاه خود، شرایط خاصی را علت اصلی بروز سانحه می‌دانند و از قضا به درستی هم می‌گویند: اگر این شرط وجود نمی‌داشت، این حادثه اتفاق نمی‌افتاد. اما واقعیت ماجرا این است که هیچ‌کدام از این افراد به این سوال کلی‌تر ،که تنها علت حادثه چه بوده هیچ پاسخی نمی‌دهند و هر کدام صرفا با اشاره به شرایط خاصی که در بروز نتیجه نهایی سهم داشته جواب‌های ناقصی را ذکر کرده‌اند.

رابطه علّی و معلولی و به عبارتی مکانیسم اثر برخی از داروها به خصوص در پزشکی نیز ممکن است ناشناخته باقی بماند. برای مثال ممکن است روان‌پزشکان از وجود یک رابطه علّی بین مصرف لیتیوم و افسردگی متقاعد شده باشند و بدانند که اگر فرد مبتلا به افسردگی مانیک لیتیوم مصرف کند، از افسردگی یا شدت افسردگی او کاسته خواهد شد. اما در عین حال ممکن است علت اصلی تاثیر لیتیوم هنوز برای آنها ناشناخته باشد. به وضوح می‌توان دید که در تبیین افسردگی، پای یک علت واحد در میان نیست و مثلا شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهند حتی کمبود ویتامین D نیز با افسردگی ارتباط دارد. این به آن معنا نیست که کمبود ویتامین D علت افسردگی است و فرد با مصرف آن بهبودی پیدا می‌کند. مساله بر سر این است که بررسی دانشمندان نشان می‌دهد افرادی که زمان زیادی در معرض نور خورشید نیستند و یا غذاهای حاوی ویتامین D مصرف نمی‌کنند، احتمال بیشتری نیز برای ابتلا به افسردگی دارند. شاید مایه تعجب باشد ولی این واقعا یکی از دغدغه‌های فیلسوفان علم است که دریابند "بیماری روانی" به دلیل "عدم تعادل شیمیایی در مغز" (به بیان دقیق‌تر به دلیل نقص ناقل شمیایی سرتونین) رخ می‌دهد یا بر عکس، "عدم تعادل شیمیایی در مغز" به دلیل "بیماری روانی"؟

۱.۱۱ شبه ربط، از خرافات تا علم مدرن

علیت، به واسطه پیچیدگی ماهیت و مفهوم خود همواره ممکن است اشتباه فهمیده شود. به بیان ساده ممکن است انسان بین دو رخداد هم‌زمان که هیچ ارتباط مستقیم و غیرمستقیمی با یکدیگر ندارند یک رابطه علت و معلولی تصور کند و آن دو رخداد را با هم مرتبط بداند. کارناپ یک قبیله مکزیکی را مثال می‌زند که به هنگام خورشیدگرفتگی مراسم رقص سنتی برگزار می‌کنند. اعضای این قبیله معتقدند که فقط به این طریق می‌توانند خدایی را که مسبب خورشیدگرفتگی است با خود آشتی دهند و او را راضی کنند که نور خورشید را بازگرداند. کارناپ می‌گوید فرض کنید که گروهی از جامعه‌شناسان کوشش کنند این مردم را متقاعد سازند که رقص مذهبی‌شان هیچ ربطی به بازگشت خورشید ندارد. مثلا جامعه‌شناسانی را تصور کنید که پیشنهاد می‌کنند قبیله مذکور، برای یک بار هم که شده دست به آزمایشی بزند و استثنائا به هنگام کسوف نرقصد تا ببیند چه اتفاق می‌افتد. کارناپ می‌افزاید: افراد قبیله احتمالا پاسخ غیظ‌آلودی به این پیشنهاد خواهند داد. این کار برایشان این خطر را در بردارد که تا پایان زندگی‌شان را در تاریکی به سر ببرند. آنها به نظریه خود و به وجود رابطه علت و معلولی بین رقص آیینی و بازگشت خورشید آن‌چنان سرسختانه معتقدند که نمی‌خواهند آن را در معرض آزمون قرار دهند. نگاهی به لیست خرافه ها و باورهای کهن مذهبی نشان می‌دهد که ریشه این باورها در یک درک ناصحیح از رابطه علت و معلولی نهفته است. فردی که دعا می‌خواند و تصور می‌کند خواندن دعا باعث دفع سیل و زلزله و بیماری می‌شود، دچار یک برداشت اشتباه از رابطه علت و معلول شده است. نحس بودن عدد سیزده یا گربه سیاه، خوش‌یمنی شبدر چهاربرگ یا نعل اسب از جمله مشهورترین باورهای خرافی به شمار می‌روند که بر اساس ربط‌های غیرواقعی بین پدیده‌ها بنا شده‌اند. تیلر ویگن[۱] نویسنده کتاب

---

۱) Tyler Vigen

ربط‌های جعلی[1] نمودارهای جالبی را از پدیده‌های کاملا بی‌ارتباط با هم تهیه کرده و نشان می‌دهد که اگر این ارتباط‌ها به‌صورت رابطه علت و معلولی تفسیر شوند تا به چه حد بی معنا خواهد بود. برای مثال انطباق نمودار نرخ طلاق در ایالت مین آمریکا و سرانه مصرف مارگارین در این کشور، یا رابطه بین سرانه مصرف پنیر و میزان مرگ و میر افرادی که در اثر پیچیدن ملافه در رختخواب، جان خود را از دست می‌دهند و یا حتی ربط ظاهری بین مصرف سرانه پنیر موزارلا با تعداد مدرک دکترای مهندسی عمران با ضریب همبستگی[2] ۹۵.۸۶% نشان می‌دهد که اگر حوصله به خرج دهیم و دقیق بگردیم قادر خواهیم بود هزاران ربط جعلی بسازیم و بین پدیده‌های کاملا بی‌ارتباط با هم، رابطه شبیه به علت و معلول برقرار کنیم.

از این رو واضح است که ارتباط بین پدیده‌ها الزاما به معنی وجود یک رابطه علّی بین آنها نیست و بسیاری از ربط‌ها در مطالعات و تحقیقات علمی، معنادار نیستند. مثلا ممکن است تعداد لک‌لک ها در یک منطقه، با نرخ زاد و ولد در آن منطقه واقعا مرتبط باشد. اما در واقع هیچ‌کدام از این دو، علت دیگری نیست و مثلا با بررسی بیش‌تر می‌توان دریافت که پای یک عامل سوم در میان است. عاملی که هم روی تعداد لک‌لک ها و هم روی نرخ زاد و ولد تاثیر می‌گذارد. عامل سومی مانند گستردگی یک منطقه. عامل سوم گاهی می‌تواند کاملا پنهان بماند یا اساساً حتی وجود هم نداشته باشد. ارتباط بین دو رویداد می‌تواند

---

۱) Spurious Correlations

۲) Correlation coefficient : ضریب همبستگی معیاری است برای تعیین میزان همبستگی بین دو متغیر X و Y که بین صفر تا یک تغییر می‌کند. ضریب همبستگی که از رابطه زیر به دست می آید:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}}$$

در صورتی که دو متغیر به کلی از دیگر مستقل بوده و هیچ ارتباطی به یکدیگر نداشته باشند صفر و در صورتی که دو متغیر کاملا با یکدیگر همبسته باشند برابر با ۱ خواهد شد.

در یک بازه زمانی مشخص از قضا کاملاً تصادفی هم باشد. مشاهدات دانشمندی ممکن است نشان دهد که هر زمان دمای آسفالت خیابان‌ها داغ می‌شود، تعداد افرادی که در بیمارستان‌ها بستری می‌شوند به صورت معنادار افزایش می‌یابد و بر اساس این مشاهدات فرضیه‌ای طراحی کند و بگوید، این بخار یا مواد سمی که از آسفالت متصاعد می شوند عامل بستری شدن مردم است. در حالی‌که هم داغی سطح آسفالت و هم گرمازدگی عده ای از مردم، هر دو معلول یک عامل سوم یعنی تابش شدید خورشید است. پرسش مهم این است که چه تضمینی وجود دارد کار دانشمندان و فرضیه‌های آن‌ها، چیزی نظیر همین ربط‌های جعلی و علیت‌های کاذب نباشد؟ این مساله در علوم مختلف به خصوص در زمینه پزشکی یکی از بزرگترین دغدغه‌های دانشمندان است. شاید به این دلیل که وجود یا عدم وجود رابطه علّی بین دو چیز در پزشکی، مستقیما با حیات و سلامت انسان مرتبط است و کمترین اشتباهی در تشخیص آن، ممکن است به قیمت جان افراد تمام شود.[1]

---

۱) یک مثال تاریخی در همین زمینه مساله انکارگرایی ایدز HIV/AIDS denialism است و دیدگاه افرادی چون کری مولیس Kary Mullis برنده جایزه نوبل شیمی ۱۹۹۳ و پروفسور پیتر دوسبرگ Peter Duesberg استاد زیست‌شناسی سلولی مولکولی دانشگاه برکلی کالیفرنیا و دیوید رازنیک David William Rasnick بیوشیمیست. فصل مشترک ایده این افرد تردید در وجود رابطه علت و معلول بین ویروس HIV و بیماری ایدز بود. به باور این افراد، ویروس HIV ویروسی بی‌خطر بوده و ارتباطی به بروز ایدز ندارد. دوسبرگ بر این باور بود که علت سندروم ضعف سیستم ایمنی، سوء مصرف طولانی مواد مخدر و همچنین داروی زیدوودین AZT است. استدلالی که مطالعات و بررسی‌های بعدی دانشمندان آن را رد کرد و بر خلاف گفته دوسبرگ، نشان داد که ویروس HIV، عامل بروز ایدز است. مشکل کار دوسبرگ از دید دانشمندان دیگر، دستچین کردن داده ها cherry-picking و یکسوگرایی تایید بود. بیان ساده، او به صورت گزینشی، تنها داده هایی را انتخاب می‌کرد که فرضیه‌اش را تایید می‌کردند و از بقیه داده‌ها به کلی صرف‌نظر می‌کرده است.

فصل دوم

علم از کجا آغاز می‌شود؟

۲.۱ فرضیه و مشاهده

دانشمندان برای بیان یافته‌ها و دیدگاه‌ها و اکتشافات خود اغلب از مفاهیمی مانند فرضیه[۱]، نظریه[۲]، قانون[۳]، اصل[۴] استفاده می‌کنند. تشخیص تفاوت چنین مفاهیمی البته ممکن است برای بسیاری گیج‌کننده باشد. حتی بسیاری از دانشجویان و دانش‌آموختگان نیز ممکن است پس از سال‌ها تحصیل قادر نباشند مثلا تفاوت دقیق میان فرضیه و نظریه را به درستی توضیح دهند. فراتر از اینها پرسشی که در این فصل درباره آن بحث خواهیم کرد این است که علم از کجا و با چه چیزی و در چه مرحله‌ای آغاز می‌شود. اگر بدانیم که علم با مشاهده آغاز می‌شود یا مثلا با مساله یا با فرضیه، درک بهتری نیز از سیر تحول و شکل‌گیری نظریه‌های علمی پیدا می‌کنیم و دستورالعمل‌های بهتری نیز برای تدوین نظریه‌های علمی آینده در دست خواهیم داشت. فرضیه را می‌توان به ساده‌ترین شکل ممکن، به مثابه یک راه حلِ پیشنهادی برای پاسخگویی به یک مساله تعریف کرد. به بیان دیگر، فرضیه به دانشمند این امکان را می‌دهد که بتواند نظریه را به مشاهده و مشاهده را به نظریه ارتباط دهد. البته فرضیه، تبیین نیست و فقط یک قضیه آزمایشی پیشنهادی است که صرفا

---

۱) Hypothesis

۲) Theory

۳) Law

۴) Principle

انتظاراتی را که دانشمند از رابطه بین متغیرهای یک مساله دارد بیان می‌کند. اگرچه که صورت‌بندی فرضیه، بیشتر در آن سنخ از مسائل ضروری است که در پی تبیین علّی رویدادها هستند. تصور کنید آمارها نشان دهد که بیشترین میزان تصادفات رانندگی در یک جاده، در یک ناحیه خاص اتفاق می‌افتد. این مشاهده و مشاهدات پس از آن ممکن است ما را به تدوین این فرضیه هدایت کند که بر مبنای آن یک پیچ خطرناک در این جاده وجود دارد که در زمان بارندگی باعث لغزندگی جاده می‌شود. این مرحله همان مرحله‌ای است که باید منتظر ماند و دید که آیا مشاهدات بعدی این فرضیه را تقویت (یا تضعیف) می‌کنند یا نه. آنچه که در بیان یک فرضیه مهم است این است که فرضیه، اساسا ارزش آزمودن داشته باشد. این معیار در نگاه اول، مبهم و گنگ به نظر می‌رسد. چون اینکه یک فرضیه ارزش آزمودن دارد یا نه به نوعی نسبی است و این امکان وجود دارد که پای سلیقه شخصی را نیز به مساله باز کند. هر چند که بیان فرضیه یا همان حدس اولیه، به شدت به دانش و شناخت قبلی افراد از مساله وابسته است. مثلا موقعیتی را تصور کنید که فردی استارت خودرو را می‌زند اما خودرو روشن نمی‌شود. یک فرضیه می‌تواند این باشد که آب رادیاتور تمام شده و به همین دلیل ماشین روشن نمی‌شود. فرضیه دیگر ممکن است این باشد که مثلا مشکلی در باتری خودرو وجود دارد و دلیل استارت نخوردن ماشین این است. بنابراین اینکه کدام‌یک از این فرضیه‌ها ارزش آزمودن دارد تا حد زیادی به دانش و شناخت فرد از مساله وابسته است. بدیهی است که مثلا یک تعمیرکار خودرو که تجربه زیادی در مسائل مشابه دارد بهتر از دیگران تشخیص می‌دهد کدام فرضیه بیشتر ارزش آزمودن دارد. غیر از این پرسش که کدام فرضیه، ارزش آزمودن دارد و کدام نه، پرسش مهم دیگر این است که اساسا تدوین فرضیه چه موقع لازم می‌شود و چرا یک سری مشاهده ما را به این نتیجه می‌رسانند که اینک زمان تدوین یک فرضیه است. این دیدگاه که علم با مشاهده آغاز می‌شود از نظر تاریخی باز می‌گردد به فرانسیس بیکن[1] فیلسوف انگلیسی. بیکن پایه‌گذار یک سنت فکری

---

۱) Francis Bacon

بود که همچنان در مقدمه برخی از بهترین و معتبرترین کتاب‌های علوم فیزیک و زیست‌شناسی به عنوان شالوده روش علمی تکرار می‌شود. به عبارتی اینجا صحبت از یک سنت دیرینه فکری است که بیان می‌دارد علم با مشاهده آغاز می‌شود. این دیدگاه بیکنی که علم با مشاهده آغاز می‌شود البته مورد نقد عده‌ای از دانشمندان و فیلسوفان علم نیز بوده است. برخی مانند کارل پوپر تمام‌قد علیه آموزه های فرانسیس بیکن موضع گرفتند و بر این عقیده بودند که دیدگاه بیکن درباره اینکه مشاهده، نقطه آغاز علم است بی‌معناست. پوپر برای اینکه نشان دهد علم با مشاهده و اندازه‌گیری آغاز نمی‌شود پژوهشگری فرضی را مثال می‌آورد که پروژه‌ای تعریف کرده که پیش‌بینی می‌کند بین "طول و عرض و ضخامت کتاب‌های کتابخانه بریتانیا" از یک سو و "جرم کتاب‌ها" از سوی دیگر رابطه‌ای وجود دارد. این پژوهشگر فرضی ممکن است حتی برای انجام این پروژه درخواست بودجه کند تا ابعاد کتاب‌ها را اندازه‌گیری کند. پوپر می‌گوید هیچکسی چنین فعالیتی و چنین طرح پیشنهادی را جدی نخواهد گرفت. چون چنین فعالیتی به هیچ مساله مشخصی پاسخ نمی‌دهد. از دید او مشاهده یا اندازه‌گیری صرف، بدون وجود مساله در علم بی‌ارزش است. اینکه علم با مشاهده آغاز می‌شود بلافاصله این پرسش را به ذهن می‌آورد که دقیقا چه چیزی را باید مشاهده کرد. پوپر می‌گوید که مشاهده با ذهن خالی امکان‌پذیر نیست، چون مشاهده نیازمند وجود یک مساله است و ذهن خالی طبیعتا فاقد مساله است. از این زاویه، علم زمانی آغاز می‌شود که یک نظم رایج به چالش کشیده شده و به عبارت دیگر، برخی از انتظارات ما اشتباه از آب درآمده باشند. این یعنی علم با مساله عملی یا نظری آغاز می‌شود و نه با مشاهده. مثال کلاسیکی که پوپر در توضیح دیدگاه خود می‌آورد، زمانی است که در پایین رفتن از پله‌ها در می‌یابیم که منتظریم پله دیگری نیز هنوز سر راه‌مان باشد (پله‌ای که تمام شده و دیگر وجود ندارد) یا بالعکس پله‌ای که انتظارش را نداشته‌ایم سر راه‌مان می‌یابیم. یا وقتی در اتاقی نشسته‌ایم و صدای تیک‌تاک ساعت در آن شنیده می‌شود، اگر بشنویم که ساعت به ناگهان از کار ایستاده، گوش‌هایمان تیز و توجه‌مان به یک مساله جلب می‌شود. این موضوع به معنای آن است که ما انتظار داشته‌ایم ساعت هم‌چنان به کار خود ادامه دهد. از دید

پوپر این انتظار دقیقا همان چیزی است که سنگ‌بنای اصلی نظریه‌های علمی را پایه‌ریزی می‌کند. به بیان ساده‌تر ما کار خود را نه از مشاهدات، بلکه همواره از مساله آغاز می‌کنیم.

۲.۲ علم با مساله آغاز می‌شود

اینکه علم با مساله آغاز می‌شود و نه با مشاهده، با روند تدوین نظریه‌های علمی سازگار است و معمولا می‌شود سایه آن را بر سر نظریه‌های علمی دید. مثلا الگوی یکسان استخوان‌بندی دست و پای پستانداران[۱] شباهت بین استخوان دست انسان با باله نهنگ یا بال خفاش، یا شباهت جنین مارمولک و خرگوش و انسان و لاک‌پشت، یک مساله بود. مساله‌ای که زیست‌شناسان را به یافتن پاسخی برای آن ترغیب کرد. پوپر تردیدی در این نداشت که علم، بدون چون و چرا با مساله آغاز می‌شود و نه با مشاهده. البته نکته مهم آنجاست که آیا مشاهده فقط به بینایی اطلاق می‌شود و به عبور نور ازعدسی چشم و تشکیل تصویر روی شبکیه و الخ، یا اینکه حواس دیگر و قوای ادارکی دیگر انسان را نیز می‌توان در دایره مشاهده در نظر گرفت. اما فراتر از همه این‌ها در رویکرد پوپر و همفکران او، حتی مشاهدات نیز نظریه‌مند و به تعبیر او از نظریه باردارند.[۲] یک دیدگاه در بین فیلسوفان علم این است که نظریه‌ها فقط در اینکه چه چیزی را و کجا را باید مشاهده کرد نقش دارند و نه در محتوای مشاهده. با این تعبیر موافق باشیم یا مخالف، مبنای اصلی مخالفان بیکن این است که با مشاهده و اندازه‌گیری خالی، نظریه به‌دردبخوری عایدمان نخواهد شد. اینکه بیکن گفته بود مشاهدات را جمع کنید و اندازه‌گیری کنید تا از دل آنها نظریه بیرون کشیده شود از دید این گروه از فیلسوفان بی‌اعتبار است.

---

۱) هم‌ساخت‌شناسی یا هومولوژی (homology) موضوعی است در زیست‌شناسی تکاملی که برای مثال به این پرسش می‌پردازد که علت ساختار استخوانی مشترک بال خفاش، پنجه گربه و دست انسان چیست.

۲) theory-impregnanted

چون مشاهده و اندازه‌گیری و جمع‌آوری انبوهی از داده‌ها، بدون داشتن یک برنامه پژوهشی مشخص، در عمل فقط ما را در اقیانوسی از اعداد غرق می‌کند و استخراج یک نظریه از دل انبوهی عدد و رقم، بعید به نظر می‌رسد. از این رو باید یک نظریه موقتی در اختیار داشته باشیم که دست‌کم به ما بگوید کدام مشاهدات اهمیت دارند و کدام بی‌اهمیت‌اند. چه چیزی را مشاهده کنیم و چه چیزی ارزش مشاهده ندارد. برنامه‌ای که به ما بگوید کدام اندازه‌گیری‌ها و چه نوع داده‌ها و چه نوع مشاهداتی احتمالا سودمند خواهند بود و یا احیانا می‌توان از دل آن، نظریه بیرون کشید. این بدان معناست که علم با حدس‌های نظری یا همان فرضیه‌ها آغاز می‌شود و این حدس‌های نظری هستند که تعیین می‌کنند چه چیزی باید مشاهده شود. فیلسوف علمی چون پوپر بر این نکته تاکید داشت که علم با مساله آغاز می‌شود و به مساله ختم می‌شود. طبق این الگو، تمام تبیین‌های ما بین دو مساله می‌گنجند و هر تبیینی، خود در نهایت به مسائل جدید ختم می‌شود. دانشمند برای تفسیر یک رویداد (تبیین یک مساله:P1)، نظریه موقتی[۱] ارائه می‌کند و نظریه موقتی در بوته بحث نقادانه[۲] قرار گرفته و از دل بحث‌های نقادانه جامعه علمی، مسائل و چالش‌های جدیدی خلق می‌شوند که برای توضیح و تبیین آنها نیز طبیعتا باید نظریه‌های جدید صورت‌بندی شود.

P1→TT→CD→P2

مساله ۱ ← نظریه موقتی ← بحث نقادانه ← مساله ۲

این مدل پوپر، با روند تکامل بسیاری از نظریه‌های علمی هم‌خوانی دارد. مثلا تالس در تبیین این مساله که زمین کجا واقع شده است، این

---

۱) Temporary Theory

۲) Critical discussion

نظریه را طرح کرد که زمین مثل کشتی بر روی آب قرار گرفته است. این نظریه او در معرض بحث نقادانه انکسیمندر[1] قرار گرفت و این بحث نقادانه به مساله دیگری منتهی شد که اگر زمین مثل کشتی روی آب اقیانوس است، پس خود آن اقیانوس روی چه چیزی قرار دارد؟ اینجا دقیقا همان نقطه‌ای است که همه چیز آبستن ظهور و خلق نظریه‌های تازه است. اگر سیر تحول نظریات علمی کیهان‌شناسی را از زمان تالس تا نظریه اینشتین پی بگیریم می‌بینیم که مدل پوپر با روند تکامل نظریه‌های کیهان‌شناسی سازگاری دارد.[2] هر نظریه به مساله یا مسائلی ختم شده که نظریه‌ها و مدل‌ها یکی پس از دیگری برای پاسخ به آن سوالات سر بر آورده‌اند.

نظریه تالس ← نظریه انکسیمندر←آریستارخوس←کپرنیک ← مدل کپلری ← مدل نیوتن← مدل اینشتین

علم از این منظر، اساسا روشی است برای حل مساله. روشی که انسان برای تطابق خود با محیط به کار می‌گیرد و البته اگر از قاب بزرگتری به موضوع نگاه کنیم، نه تنها انسان بلکه همه موجودات زنده، حتی یک

---

۱) Anaximander

۲) در این بین، البته گاهی شکاف‌های عمیق تاریخی هم رخ می‌دهد. به تعبیر پوپر، کوپرنیک (۱۴۷۳ تا ۱۵۴۳ میلادی) کیهان‌شناسی آریستارخوس Aristarchus (مدل خورشیدمرکزی مربوط به ۳۱۰ سال پیش از میلاد) را دوباره کشف کرده است. در حالی که در تمام این سال‌ها، الگوی غالب به مدت ۱۸۰۰ سال، هیات بطلمیوسی (یعنی مدل زمین‌مرکزی) بوده است. از دیدگاه پوپر، در سایه نقد علمی هر نظریه است که نظریه جدیدی خلق می‌شود. نظریه جدیدی که منسجم‌تر و دقیق‌تر بوده و با واقعیت جهان سازگارتر است. مثلا قوانین کپلر، ساز و کار جهان را به مراتب بهتر از مدل‌های پیشین توضیح می دهند. در واقع نظریه بدیل و جایگزین، روایتی بهبود یافته از نظریه قبلی است که با تصحیح نقایص و حذف یک خطا یا اشتباه درون نظریه قبلی، یک گام معرفتی رو به جلو به شمار می‌رود. درست مثل دینامیک نیوتن که توانست فیزیک زمینی را که گالیله نماینده آن بود و فیزیک اجسام سماوی را که کپلر آن را بررسی می‌کرد یکپارچه کند.

آمیب هم برای تطابق با محیط خود، راه حل‌هایی صورت‌بندی می‌کند. راه حل‌هایی که البته طبیعتا از جنس نظریه‌های علمی نیستند و در کدهای ژنتیکی او وجود دارند. از دید پوپر، علم نیز در یک چارچوب کلی‌تر، تلاش برای حل مساله است و می‌توان اکتشاف علمی را به مثابه یک‌سری دستورالعمل یا آموزه در نظر گرفت. نظریه علمی چیزی است شبیه به همان دستورالعملی که فیتوپلانکتون‌ها برای بقا پیش می‌گیرند. دستورالعمل‌ها یا به عبارتی آموزه‌ها به تعبیر پوپر در سه سطح قابل بررسی هستند:

- سطح انطباق ژنتیکی

- یادگیری رفتاری و قابلیت انطباق با محیط

- اکتشاف علمی

قبل از هر چیز باید در نظر بگیریم که مکانیسم‌های انطباق‌پذیری در تمامی این سه سطح با هم اشتراکات بنیادینی دارند. مکانیسم‌های انطباق‌پذیری در تراز ژنتیکی از طریق تکثیر رمزهای ژنتیکی، در تراز رفتاری و اکتشاف علمی نیز از طریق سنت‌های اجتماعی و الگوبرداری منتقل می‌شوند. نکته مهم از دید پوپر این است که در هر سه سطح مورد بحث، دستورالعمل‌ها از درون ساختار پدید می‌آیند. این آموزه‌ها در معرض چالش‌های محیطی یا حتی مسائل نظری قرار می‌گیرند و درست همین‌جاست که از درون ساختارها، آموزه‌ها و به عبارتی دستورالعمل‌های جدید تولید می‌شوند. در اولین تراز، یعنی سطح انطباق ژنتیکی، این مساله در قالب جهش و موتاسیون (و به دنبال آن انطباق یا عدم انطباق با محیط) رخ می‌دهد، در دومین تراز (یعنی سطح رفتاری) در قالب ایجاد تغییرات در الگوهای رفتاری (و همچنین بررسی بازخورد این تغییر رفتار) و اما در سومین تراز (یعنی سطح اکتشاف علمی) ما با صورت‌بندی گزاره‌هایی مواجهیم که به آن‌ها نظریه‌های علمی می‌گوییم. در هر سه سطح، این آموزه‌ها که همگی درون‌ساختاری

هستند و در واقع از درون ارگانیسم -به بیرون- نشات می‌گیرند، الگوی مشابهی رخ می‌دهد. راه‌حل‌ها مورد غربال‌گری قرار می‌گیرند و آن دسته از آموزه‌ها و دستورالعمل‌ها که نتوانسته‌اند با محیط انطباق پیدا کنند حذف می‌شوند. به عبارت ساده‌تر، تنها آن گروه از آموزه‌ها باقی می‌مانند و به ارث برده می‌شوند که با محیط سازگار بوده‌اند و قابلیت انطباق داشته‌اند. این مرحله را می‌توان مرحله انطباق به روش آزمون و خطا و (حذف خطا) نامید یا به عبارت دیگر مرحله حذف دستورالعمل‌هایی که قابلیت انطباق نداشته‌اند. این چرخه آزمون و خطا در عمل فقط با یکی دوبار آزمون و خطا و به عبارتی با یکی دو بار حذف آموزه‌های غلط، به بهترین حالت سازگاری خود نمی‌رسد. (درست مثل اینکه علم امروز با وجود هزاران سال تصحیح و خطا و حذف نظریه‌های نادرست، هنوز کامل نیست). از نگاه پوپر، این مساله که آموزه‌های غلط حذف می‌شوند و دستورالعمل‌های تازه در سیستم ایجاد می‌شوند، خودبخود منجر به تغییر در شرایط محیطی هم می‌شود و به بیان دیگر مسایل و چالش‌های جدیدی هم به همراه خود می‌آورد. (درست بر اساس همین استدلال می‌توان گفت که علم با مساله آغاز و به مساله جدیدی ختم می‌شود و این چرخه مدام ادامه می‌یابد.) درست مانند پیشرفت علم که مثلا پیشرفت در هر کدام از نظریه‌های الکتریسیته و مغناطیس، مکانیک سیالات، گرانش، نسبیت، فیزیک کوانتومی و ... مسائل و چالش‌ها و همچنین پرسش‌های جدیدتری برای بشر ایجاد کردند که تا پیش از آن وجود نداشتند.[1]

درباره وجوه اشتراک این سه سطح گفتیم، اما این سه سطح، از دیدگاه

---

۱) مثال جدیدتری در تاریخ علم ، آشکارسازی بوزون هیگز با جرم 125 GeV/c2 در سال ۲۰۱۲ در شتاب‌دهنده LHC در سرن بود که به رغم اینکه به پرسش‌های بسیاری پاسخ داد، به پرسش‌های جدیدی هم دامن زد. مثلا اینکه چرا جرم این ذره در مقیاس الکتروضعیف است و نه آن‌گونه که انتظار می‌رود در مقیاس پلانک (یعنی در مرتبه 10^{19}) این موضوع که به مسئله سلسله مراتب Hierarchy problem مشهور است، سرفصل یکی از مهم‌ترین پژوهش‌های فلسفه فیزیک در سال‌های اخیر به شمار می‌رود و قرابت تنگاتنگی با دو مساله دیگر ، یعنی تنظیم ظریف fine-tuning و طبیعی بودن Naturalness دارد.

پوپر تفاوت‌هایی نیز با هم دارند. مثلا از آنجایی که آموزه‌ها در تراز ژنتیکی اصطلاحا در قالب رمزهای ژنتیکی قفل شده‌اند دیگر نمی‌شود آن‌ها را تغییر داد. اگر این آموزه‌ها اشتباه باشند به حذف آن ارگانیسم منجر می‌شوند. اگر موجود زنده یک خصیصه ژنتیکی ناسازگار با محیط داشته باشد، با توجه به قفل شدن آن خصیصه در قالب رمزهای ژنتیکی، طبیعتا دیگر قابل تغییر نیست. البته در تراز رفتاری هم می‌توان همین موضوع را تا حدودی مشاهده کرد. درست مثل آن دسته از رفتارهای جزمی انسان که با محیط سازگاری ندارند و ممکن است به سختی قابل تغییر باشند. اگر چه که رفتارهای ما الزاما با کدهای ژنتیکی قفل نشده‌اند و فرد می‌تواند با بازنگری و نشان دادن قدری انعطاف، رفتار خود را که با محیط سازگار نیست تصحیح کند و تغییر دهد اما این تغییر معمولا به دشواری رخ می‌دهد. پوپر می‌گوید در سطح اکتشاف علمی وضع به گونه کاملا معناداری متفاوت است. اول اینکه نظریه‌های علمی در فرم زبانی صورت‌بندی می‌شوند. یعنی نظریه‌های علمی ما به اشیایی خارج از بدن ارگانیسم زنده تبدیل می‌شوند. به این معنی که در قالب کتاب یا مقاله علمی یا هر چیزی شبیه به آن جایی ثبت می‌شوند. در این مرحله غربال‌گری می‌توان درباره کارآمد یا ناکارآمد بودن آنها، یعنی سازگار بودن یا ناسازگار بودن آنها تحقیق کرد و نقدشان نمود. در این صورت می‌توان نظریه‌ای که با نتایج تجربی (یعنی با محیط) نمی‌خواند را کنار گذاشت بدون آنکه به حذف خود ارگانیسم منجر شود. به بیان دیگر این نظریه‌های علمی هستند که به جای ما نقد می‌شوند و فدا می‌شوند. اگر اشتباه باشند، اشتباه بودن آنها منجر به حذف ما به عنوان ارگانیسم زنده نمی‌شود. بر خلاف تراز ژنتیکی (یا حتی تا حدی تراز رفتاری)، که ناسازگار بودن یک دستورالعمل با محیط، به حذف آن ارگانیسم می‌انجامد.

روش آزمون و خطا که پوپر از آن صحبت می‌کند از دید او روشی است که حتی یک موجود زنده آغازین، حتی یک آمیب تک‌سلولی نیز برای حل مساله خود به کار می‌بندد. تفاوت آمیب با اینشتین از دید پوپر در این است که اگر محیط، نظریه یا راه حل‌های به کار گرفته تک‌سلولی را (که بخشی از خود تک‌سلولی است) پس بزند، تک‌سلولی حذف

خواهد شد اما اینشتین به فرضیه‌ها و راه حل‌های خود عینیت می‌بخشد و راه حل‌های اینشتین، مستقل و بیرون از او وجود دارند. با این تفاصیل، تفاوت اینشتین با آمیب این است که راه حل‌های اینشتین حتی اگر اشتباه هم باشند، با حذف آنها (با رد نظریه) برای خود ارگانیسم (یعنی اینشتین) مشکلی پیش نمی‌آید. چرا که نظریه‌های او به اشیائی خارج از بدن او (در قالب مقاله و ...) تبدیل شده‌اند.

ایده پوپر مبنی بر اینکه علم با مساله آغاز می‌شود و نه با مشاهده، درخور توجه به نظر می‌رسد. مروری بر نظریه‌های علمی در تاریخ علم، معمولا نشان می‌دهد که این الگو کار می‌کند و در غالب موارد درست از آب در می‌آید. اما در عین حال مثال‌هایی هم هست که شاید به الگوی فرانسیس بیکن بیشتر شباهت داشته باشد تا الگوی پوپر. در برخی موارد، گاهی به نظر می‌رسد که فقط و فقط با مشاهده و اندازه‌گیری صرف، بدون وجود مساله‌ای خاص، می‌توان مساله‌ای بیرون کشید. مثلا پژوهشگری را در نظر بگیرید که جدولی تهیه کرده و به صورت روزانه قد و وزن نوزادان را اندازه‌گیری می‌کند. حال در نظر بگیرید که این پژوهشگر بدون هیچ برنامه پژوهشی مشخصی، فقط و فقط روی حساب کنجکاوی داده‌ها را گردآوری و ثبت کرده و نمودار متناظر با آن را رسم می‌کند اما حین بررسی داده‌ها، متوجه وجود یک ناهنجاری در داده‌ها می‌شود. مثلا درمی‌یابد که برخی روزها رشد قدی وجود نداشته اما در روزهای خاصی، قد نوزادان فقط به فاصله یک روز رشد می‌کند. بنابراین به نظر می‌رسد که نقطه آغاز کار در اینجا، مساله نیست و مساله، خود از دل مشاهده و اندازه‌گیری بیرون کشیده شده است. یا مثال دیگری را در نظر بگیرید که فردی در حاشیه ساحل شنی قدم می‌زند و در تمام مسیر چند کیلومتری، قطر صدف‌های مسیر را اندازه‌گیری و در جدول ثبت می‌کند. او پیش از مشاهده و اندازه‌گیری، به هیچ مساله خاصی برخورد نکرده و اندازه‌گیری قطر صدف‌ها صرفا بر پایه کنجکاوی شخصی بوده است. ممکن است گفته شود بعید است که کسی صرفا روی حساب کنجکاوی و بدون وجود مساله، چنین زحمتی به خود بدهد و این مثال‌ها مثال‌های عملی نیستند و در پژوهش‌های علمی، چنین مثال‌هایی وجود ندارند. این

انتقاد تا حد زیادی درست است و به نظر می‌رسد مشاهده دانشمند صرفا از روی وقت‌گذرانی یا کنجکاوی نیست و بهانه او برای مشاهده، احتمالا مساله‌ای است که از قبل با آن درگیر بوده است. رصدهای گالیله در اوایل قرن ۱۷، مثال تاریخی بحث‌برانگیزی در همین زمینه است. نتیجه این رصدها تعیین می‌کرد که بالاخره زمین به دور خورشید می‌چرخد یا آن‌گونه که باور رایج آن دوران بود، خورشید به دور زمین. مشاهدات گالیله این ایده را تایید می‌کرد که در حقیقت این زمین است که به دور خورشید می‌گردد و نه بالعکس. گالیله چهار قمر بزرگ مشتری را کشف کرد و اکتشاف او مهر تاییدی بر این دیدگاه می‌زد که زمین مرکز جهان نیست. زیرا قمرهای کشف شده نه به دور زمین بلکه به دور مشتری می‌چرخیدند. اگر این قمرها چنین بودند پس اینک نشان داده شده بود که چیزهایی هم در آسمان هستند که به دور زمین نمی‌چرخند. مشاهدات گالیله بنای یک انقلاب علمی را پایه‌ریزی کرد که به دیدگاه مدرن خورشیدمرکزی انجامید. اما آیا گالیله صرفا بر اساس کنجکاوی به مشاهده مشتری پرداخته بود و یا اینکه مشاهده او نیز نظریه‌مند و به تعبیر پوپری از نظریه خورشیدمرکزی «باردار» بود؟

۲.۳ مشاهده، واقعیت‌های مشکوک

رنه بلوندلو[۱]، فیزیک‌دان فرانسوی در دانشگاه نانسی در سال ۱۹۰۳ (حدود هشت سال پس از کشف پرتو X) خبر کشف پرتو دیگری را منتشر کرد که در آن زمان آن را به افتخار دانشگاه نانسی پرتو N نامید. بلوندلو در عین حال اظهار داشت که پرتوN با چشم قابل آشکارسازی و بنابراین یک پرتو قابل مشاهده است. در همین دوران پژوهش‌های دیگری هم انجام شد که کشف بلوندلو را تایید می‌کرد و در حدود صد

---

۱) René Blondlot : او از سال‌های ۱۸۴۹ تا ۱۹۳۰ عضو فرهنگستان علوم فرانسه بود. (برای مطالعه بیشتر درباره این ماجرا رجوع کنید به کتاب چگونه درباره چیزهای عجیب بیاندیشیم : How to Think about Weird Things: Critical Thinking for a New Age اثر تئودور شیک Theodore Schick و لوئیس ون Lewis Vaughn)

و بیست دانشمند دیگر، مشاهده پرتو N را تایید و از ویژگی‌ها و جزییات بیشتر آن صحبت می‌کردند. اما یک جای کار می‌لنگید و مشکل این بود که دانشمندان بیرون از فرانسه نمی‌توانستند چیزی را که بلوندلو کشف کرده مشاهده کنند. به تدریج دانشمندان در وجود آنچه بلوندلو گزارش کرده بود تردید کردند و سال بعد از آن یعنی در سال ۱۹۰۴ یک فیزیک‌دان آمریکایی به نام رابرت وود[1] در بازدید خود از آزمایشگاه بلوندلو بدون اطلاع او شروع به انجام آزمایش های مستقل درباره پرتو N کرد. بلوندلو معتقد بود که سرب، مانع از عبور پرتوهای N می شود. رابرت وود راه حل زیرکانه‌ای به کار بست و در این آزمایش، زمانی که ورقه سربی بر سر جایش بود عمدا به بلوندلو می‌گفت که ورقه سربی را برداشته است. بالعکس زمانی که ورقه سربی برداشته شده بود وانمود می‌کرد که ورقه سربی بر سر راه پرتو N قرار دارد. نتیجه ساده بود. بلوندلو بر اثر انتظارات قبلی خود، زمانی که تصور می‌کرد ورقه سربی در کار نیست (در حالی که واقعا بود) رنگ را درخشان‌تر توصیف می‌کرد و این را تاییدی بر وجود پرتو N می دانست. رابرت وود نتیجه کار خود را در همان سال ۱۹۰۴ در نیچر منتشر کرد و مشخص شد که بلوندلو و فیزیک‌دانان فرانسوی، در واقع چیزی را مشاهده می‌کردند که انتظار دارند، نه چیزی که واقعا وجود دارد. آنها ناخواسته ادراک و کیفیت شناختی خود را دستکاری می کرده‌اند تا آن چیزی را مشاهده کنند که انتظار دیدنش را دارند. این فقط یک نمونه از مشکلات بر سر راه مشاهده است و نشان می دهد "مشاهده" در عمل فرایندی بسیار بسیار پیچیده‌تر از آن است که تصور می‌شود.

فیزیکدانان درباره اتم، الکترون، کوارک، لپتون و دیگر ذرات، نظریه‌پردازی می‌کنند در حالی که هیچ یک از این ذرات را نمی‌توان در معنای عادی کلمه، مشاهده کرد. بنابراین پرسشی که طرح می‌شود این است، که وقتی یک فیزیک‌دان درباره چیزهایی مشاهده‌ناپذیر از این دست اظهارنظر می‌کند دقیقا از چه چیزی صحبت می‌کند؟ رودولف کارناپ در فصل ۲۴ کتاب مبانی فلسفی فیزیک (فصلی با عنوان دستورات ارتباطی)، مثال‌های زیادی در این باره می‌آورد. او می‌نویسد:

---

۱) Robert Williams Wood

آیا می‌توان گفت که یک الکترون درست مانند یک میله آهنی، وجود دارد؟ از نگاه کارناپ، واژه‌های نظری از قبیل الکترون به دلیل دور بودن‌شان از جهان اشیاء مشاهده‌شدنی، دارای واقعیتی مشکوک هستند. اگر از فیزیک‌دانان پرسیده شود که "آیا الکترون واقعا وجود دارد؟" هر کدام یک چیز خواهند گفت. بعضی از فیزیک‌دان ها راضی‌اند که الکترون را یک تعبیر ابزارگرایانه بدانند و بگویند، نظریه‌ها چیزی درباره "واقعیت" نمی‌گویند بلکه صرفا ابزارهای زبانی هستند که پدیده‌های مشاهداتی را توصیف می‌کنند.

طبق این الگو، واژه‌های نظری مثل الکترون، صرفا نمادهای مناسبی هستند که سودمندند اما صرفا یک ابزار برای توصیف‌اند. به عبارت دیگر بر اساس دیدگاه این گروه از دانشمندان، بی‌معناست که درباره الکترون واقعی و میدان الکترومغناطیس واقعی صحبت کنیم. گروه دیگری از دانشمندان و فیلسوفان علم اما ترجیح می‌دهند فکر کنند که الکترون، میدان مغناطیسی و امواج گرانشی چیزهای واقعی قابل مشاهده هستند. آنها معتقدند که مرز دقیقی بین یک مشاهده‌شدنی مانند یک سیب، و یک مشاهده‌نشدنی مانند یک نوترون وجود ندارد. آمیب با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیست اما از طریق یک میکروسکوپ می‌توان آن را واقعا مشاهده کرد. ساختار یک ویروس را که حتی با یک میکروسکوپ نوری قابل مشاهده نیست، ممکن است بتوان با بکارگیری یک میکروسکوپ الکترونی مشاهده کرد. به بیان دیگر اگر مجاز باشیم بگوییم که آمیب "واقعی" است، چرا نتوانیم بگوییم پروتون واقعی است؟

بر اساس دیدگاه رئالیست‌ها، چیزهای مشاهده‌نشدنی با پیشرفت ابزارهای جدید مشاهده، پا به قلمرو مشاهده شدنی‌ها می‌گذارند. زمانی ویروس یک واژه نظری بود. مولکول هم همینطور. روزگاری ارنست ماخ[1] به قدری با این دیدگاه که مولکول، یک شیء موجود واقعی است ابراز مخالفت کرد که آن را از پایه یک تصویر بی‌ارزش خواند. دیدگاه ماخ تا حد زیادی قابل درک است. چون حتی آشکارسازی ذرات باردار

---

۱) Ernst Mach: فیزیک‌دان و فیلسوف علم اتریشی که عدد ماخ در فیزیک به نام اوست.

آلفا و بتا در واقع مشاهده خود آن ذرات نیست. آنچه که در آزمایش اتاقک ابر[1] دیده می‌شود رد مسیر حرکت این ذرات باردار است. از سوی دیگر مثال‌هایی در تاریخ علم می‌توان یافت که در آن چیزهای مشاهده‌نشدنی به موازات پیشرفت ابزارهای جدید مشاهده، پا به قلمرو مشاهده‌شدنی‌ها گذاشته‌اند. از آن جمله می‌توان به سیاهچاله‌ها اشاره کرد. وجودهایی نسبتا مشکوک که برای مدت‌ها از بزرگترین رازهای کیهان به شمار می رفتند. تا پیش از سال ۲۰۱۹، زمانی که عکس سیاهچاله‌ای با قطر ۴۰ میلیارد کیلومتر در کهکشان M۸۷ و در فاصله ۵۰۰ میلیون تریلیون کیلومتر از زمین منتشر شد، هیچکسی هیچ سیاهچاله‌ای را به معنی متداول کلمه، مشاهده نکرده بود. نه تنها مفاهیمی چون اوربیتال، میدان، اسپین، بلکه مفاهیمی جدیدتر در فیزیک ذرات و کیهان شناسی دوران ما از جمله لپتون‌ها، کوارک‌ها، ماده تاریک، انرژی تاریک و کرم‌چاله نیز در زمره همین واقعیت‌های اصطلاحا مشکوک بوده و یا هنوز هم هستند. مشکوک نه به این معنا که چنین چیزهایی در عالم واقع، وجود ندارند. بلکه به معنای اموری که در اطلاق لفظ مشاهده درباره آنها باید احتیاط به خرج داد. به معنای مفاهیمی که ممکن است زمانی مشاهده‌ناپذیر تلقی شوند و زمانی با پیشرفت علم و ابزارهای مشاهده، به قلمرو امور مشاهده‌پذیر پا بگذارند.

تا پیش از ظهور گیرنده‌های رادیویی، تنها گیرنده طبیعی انسان برای مشاهده عالم، چشم او و تنها دسترسی ما به کیهان، طیف مرئی بود. در حالی که نور مرئی تنها بخش بسیار کوچکی از طیف الکترومغناطیسی است و این امواج شامل پرتوهای رادیویی، فروسرخ، فرابنفش، پرتوهای X و یا گاما نیز می‌شوند. با تکمیل تلسکوپ رادیویی، کیهان‌شناسان به بخش دیگری از طیف دست یافتند که شامل طول موج‌های رادیویی به خصوص طول موج‌های بین ۱۰ متر و ۰/۰۰۱ متر می‌شد. تا اینجای کار کیهان‌شناسان برای مشاهده عالم، دو طیف باریک از طیف امواج را در اختیار داشتند اما هنوز بخش‌های بزرگی از طیف الکترومغناطیسی وجود داشت که تن به مشاهده نداده بود. جو

---

۱) cloud chamber : آزمایشی که چارلز ویلسون در سال ۱۹۱۱ برای آشکارسازی مسیر ذرات باردار آلفا و بتا در بخار متراکم طراحی کرد.

زمین جز بخش کوچکی از قسمت فروسرخ طیف، اغلب طول موج‌های دیگر را جذب می‌کرد و تنها راهی که باقی می‌ماند این بود که با ارسال بالن به داخل جو یا فرستادن موشک به طبقات فوقانی جو بتوان چیزهایی را مشاهده کرد که چشم نمی‌بیند. با قرار گرفتن ماهواره‌هایی در مدار زمین این مشکل تا حد زیادی رفع شد و به کمک این تلسکوپ‌ها، حجم مشاهداتی ما از کیهان به شکلی باورنکردنی افزایش پیدا کرد. پیشرفت کیهان‌شناسی با اختراع رادیوتلسکوپ‌ها[1] انفجاری در روند کسب اطلاعات بشر از کیهان بود و با بکارگیری این روش‌های تازه در مشاهده، دریچه جدیدی به روی کیهان‌شناسان گشوده شد.

---

۱) از نظر تاریخی این اکتشاف که بعضی از اجسام موجود در فضا، انرژی رادیویی گسیل می‌کنند باز می‌گردد به سال ۱۹۳۱ . آن‌گونه که رابرت تی دیکسون در کتاب نجوم دینامیکی می‌نویسد، کارل جانسکی Karl Jansky از پژوهشگران آزمایشگاه‌های بل Bell Labs در پی یافتن منبعی بود که در مدارهای رادیو تلفنی دو سوی اقیانوس اطلس ایجاد تداخل صوتی شبیه به صدای هیس ایجاد می‌کردند. او ابتدا از این مساله به شدت گیج شده بود، به خصوص که دریافت این تداخل هر روز تقریبا ۴ دقیقه زودتر اتفاق می‌افتد. جانسکی با مراجعه به یک کتاب درسی مقدماتی در زمینه اخترشناسی پی برد که هر ستاره یا کهکشان معین، به علت گردش زمین به دور خورشید هر شب ظاهرا چهار دقیقه زودتر طلوع می‌کند. او با در نظر گرفتن این مساله این‌طور استنتاج کرد که منبع این پدیده، انرژی رادیویی خارج از زمین، جایی نزدیک به مرکز کهکشان راه شیری در صورت فلکی قوس است. اخترشناسان حرفه‌ای تا اینجای کار هنوز به اهمیت فوق‌العاده کیهان‌شناسی رادیویی پی‌نبرده بودند و این گروت ربر Grote Reber اخترشناس آماتور بود که برای نخستین بار، تلسکوپی ساخت که برای جمع‌آوری سیگنال‌های رادیویی که از فراسوی زمین می‌آیند طراحی شده بود. او نه تنها منبع سیگنال‌های رادیویی را که جانسکی یافته بود تایید کرد بلکه برای نخستین بار نقشه‌ای از سایر منابع قوی تابش رادیویی فراهم آورد. در جریان جنگ جهانی دوم پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه رادیو و رادار رخ داد و بعدها بسیاری از اجسام در کیهان کشف شدند که در آسمان، طیف رادیویی تابش می‌کردند. تلسکوپ رادیویی را روز و شب و در هوای ابری یا صاف می‌توان به کار برد و به نواحی وسیعی از کهکشان که قبلا در پشت ابر و غبار، از دید تلسکوپ‌های نوری پنهان می‌ماند، نفوذ کرد.

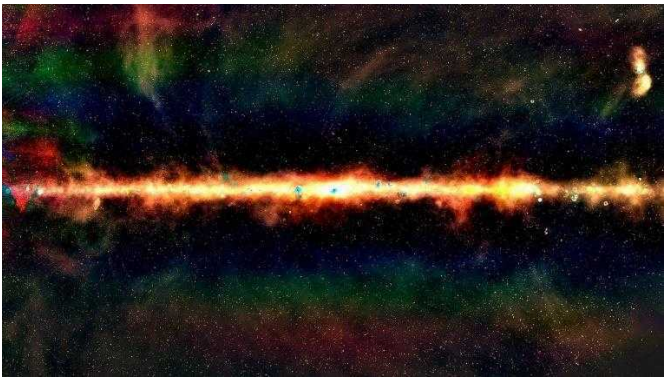
۲.۴ جنجال مشاهده از درون میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌ها

نظریه‌های علمی لبریز است از هویت‌های مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر. چیزهایی مثل ماه که با چشم مشاهده می‌کنیم و هویت‌هایی مثل قمرهای مشتری که با مشاهده از درون تلسکوپ، از واقعی بودن وجود آن‌ها مطمئن می‌شویم و یا حتی فوتون نور یا کوارک‌ها که اصولا قابل مشاهده نیستند. یکی از مناقشه‌های طولانی بین دو گروه از فیلسوفان علم، اختلاف بین رئالیست‌ها و ضدرئالیست‌ها بر سر این پرسش است که اولا مرز و خط تمایز دقیق بین امور مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر دقیقا کجاست؟ دوم این که آیا اساسا چنین مرزی بین مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر وجود دارد یا نه. برخی از فیلسوفان علم بر این باورند که برای مثال هویتی به نام الکترون که در نظریه اتمی به ما معرفی شده، عملا مشاهده‌ناپذیر است و ما با میکروسکوپ قادر به مشاهده چیزی به نام الکترون نیستیم. این مناقشه زمانی جدی‌تر می شود که در نظر بگیریم پیشرفت‌های فناوری در طول تاریخ علم، به انسان این امکان را داده که توانایی‌های ادراکی خود را گسترش دهد و چیزهایی را مشاهده کند که زمانی مشاهده‌ناپذیر بودند. از این رو تلسکوپ‌ها، میکروسکوپ‌ها و رادیوتلسکوپ‌ها ابزارهایی هستند برای دسترسی غیرمستقیم قوای ادراکی ما به چیزهایی که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند. از چهار قرن پیش تا کنون به عبارت دقیق تر از سال ۱۶۰۹ زمانی که گالیله، تلسکوپ را برای رصد آسمان به کار بست، مفهوم مشاهده دستخوش تحول بسیار شده است. تلسکوپ‌ها مدام دقیق‌تر و پیچیده‌تر شده‌اند، اینک بشر نه تنها روی زمین تلسکوپ‌های عظیم نصب کرده بلکه تلسکوپ‌های بزرگ مانند تلسکوپ فضایی هابل[1] را به اعماق کیهان فرستاده تا روز

---

۱) تلسکوپ فضایی هابل با آینه ۲.۴ متری و طول ۱۳ متر در آوریل ۱۹۹۰ با شاتل دیسکاوری به فضا ارسال شد. این تلسکوپ فضایی که هر ۹۶ دقیقه یک بار به دور زمین می‌گردد تا کنون تصاویر باشکوهی از کیهان را به زمین ارسال و اجرام آسمانی بسیاری را در نواحی دوردست منظومه شمسی کشف کرده است.

به روز بخش‌های مشاهده‌ناپذیر بیشتری را به بخش‌های مشاهده‌پذیر تبدیل کند. پروژه‌های عظیمی مانند EMU[1] و رادیوتلسکوپ‌های پروژه GLEAM[2] امواج رادیویی را که اساسا با چشم، حتی با تلسکوپ نیز قابل مشاهده نیستند، مشاهده‌پذیر می‌کنند.



تصویری از ۳۰۰۰۰۰ کهکشان و مشاهده بخش‌هایی از کیهان که مشاهده‌ناپذیرند. امواج رادیویی بین فرکانس‌های ۷۰ تا ۲۳۰ مگاهرتز در پروژه MWA (Murchinson Widefield Array) برای درک تصویری ما با رنگ‌های مختلف نمایش داده شده‌اند.

اگر قادر به مشاهده امواج رادیویی بودیم، احتمالا کیهان را شبیه به تصاویری می‌دیدیم که پروژه تلسکوپ رادیویی MWA به ما نشان می‌دهد. این همان نکته اصلی و پرسش مهم فیلسوفان علم درباره مفهوم مشاهده است. در پروژه GLEAM، امواج رادیویی به نوعی به فرکانس‌های قابل مشاهده برای چشم انسان، ترجمه شده‌اند. رنگ

---

۱) Evolutionary Map of the Universe

۲) GaLactic and Extragalactic All-sky MWA

قرمز برای نورهای با فرکانس پایین، رنگ سبز برای نورهای با فرکانس متوسط و رنگ آبی نیز برای نورهای فرکانس بالا. به بیان دیگر با کمک این رادیوتلسکوپ، فرکانس‌های بین ۷۰ تا ۲۳۰ مگاهرتز، به عبارتی بخش عظیمی از توده‌های کهکشان‌های درحال برخورد و انفجار ستاره‌های اولیه برای انسان قابل مشاهده می‌شود. امواج رادیویی تنها بخش امواج الکترومغناطیسی نیستند که دانشمندان آنها را از مشاهده‌ناپذیر به مشاهده‌پذیر تبدیل کرده‌اند. پرتو ایکس، پرتو گاما، امواج فروسرخ هرکدام بخش‌های عظیمی از کیهان را بازنمایی می‌کنند که وجود آن‌ها احتمالا حتی در تصور گالیله نیز نمی‌گنجید. تلسکوپ فضایی ایروزیتا[1] به دانشمندان این امکان را می‌دهد که کاتالوگی از میلیون‌ها جرم آسمانی که با تلسکوپ‌های اپتیکی قابل مشاهده نیستند، تهیه کنند. تصاویر تابش ایکس که این تلسکوپ در اختیار دانشمندان می‌گذارد تا پیش از این، متعلق به بخش‌های مشاهده‌ناپذیر کیهان بوده ولی اکنون انسان قادر است به کمک آن، سیاهچاله‌های غول‌پیکر مرکز کهکشان‌ها، بخش‌های عظیمی از ابر ماژلانی بزرگ، خوشه‌های کهکشانی در حال برخورد در فاصله ۸۰۰ سال نوری را - هر چند به معنایی متفاوت- "مشاهده" کند. مشاهده‌ای که نه تنها با چشم غیرمسلح، بلکه با چشم مسلح به تلسکوپ‌های اپتیکی نیز ممکن نیست. این مثال‌ها نشان می‌دهد کنجکاوی انسان برای مشاهده آسمان از اوایل قرن هفدهم به این سو، به محدوده طیف مرئی (طیف به صورت بالقوه مشاهده‌پذیر) منحصر نشده است. دانشمندان زمانی دریافتند که جو زمین نه تنها به ایجاد اغتشاش در نور ستارگان می‌انجامد بلکه مانع از عبور بخشی از طیف الکترومغناطیس می‌شود. از این رو تصویر ستارگان چشمک‌زن، تصویر چندان واضحی از رخدادهای آسمان شب به دست نمی‌داد. این بود که با آغاز عصر فضا، دانشمندان به فکر ارسال تلسکوپ‌ها به فضا افتادند تا تصاویر شفاف و واضحی از اعماق کیهان به دست بیاورند. دانشمندان تا پیش از ارسال تلسکوپ فضایی هابل در سال ۱۹۹۰ به هیچ عنوان امکانی برای مشاهده زایش و مرگ ستارگان در کهکشان‌های در فاصله ۵ تا

---

۱) eROSITA

۱۰ میلیارد سال نوری نداشتند و بنابراین، تلسکوپ‌های فضایی، بخش‌هایی از کیهان را مشاهده‌پذیر کردند که برای تلسکوپ‌های اپتیکی رایج، مشاهده‌ناپذیر به شمار می‌رفت. اگر تلسکوپ‌های فضایی نبودند، شاید بشر هرگز نمی‌توانست از وجود سیارات خارج از منظومه شمسی باخبر شود. چنین مثال‌هایی نشان می‌دهد که بحث و جدل‌های فیلسوفان علم درباره مفهوم مشاهده، صرفا بحث بر سر کلمات و تعاریف نیست.

در نظریه‌های علمی امروز، می‌توان انبوهی از این هویت‌های مشاهده‌ناپذیر یافت. این چیزهای مشاهده‌ناشدنی که اصطلاحا به آن‌ها هستومندهای نظری[۱] می‌گوییم، طیف بزرگی از مسائل علم جدید را تشکیل می‌دهد. مهم‌ترین پرسش فیلسوفان علم درباره هستومندهای نظری این است که چگونه می‌توان از خیالی یا واقعی بودن این هویت‌ها مطمئن شد؟ فیلسوفان رئالیست، بر این باورند که این هستومندها جایی بیرون از ذهن انسان به عنوان فاعل شناسا، واقعا وجود دارند. از دیگر سو فیلسوفان ضدرئالیست این هستومندها را صرفا یک سری ابزار خیالی مفید می‌دانند که تنها به منظور نظم دادن به مشاهدات می‌توان از آنها استفاده کرد. وجود این هستومندها، از ابعاد اضافی در نظریه ریسمان گرفته تا بوزون ها و ژن ها، تنها از طریق خود همان نظریه‌هایی که هستومندها در آنها طرح شده‌اند تایید می‌شوند و هیچ راه مستقلی همچون مشاهده برای تایید وجود آنها در دست نیست. نگاهی به تاریخ علم نشان می‌دهد که باور به وجود این هستومندهای نظری همواره هم مفید نبوده است. باور به وجود اتر[۲]

---

۱) Theoretical Entities

۲) تا مدت‌های مدیدی در بین دانشمندان گمان بر این بود که برای انتشار امواج الکترومغناطیس، وجود محیط اتری لازم است. حتی نیوتن نیز به وجود اتر aether باور داشت و دلیل ظاهر شدن گرانش را در واقع وجود اختلاف فشار در اتر aether می‌دانست. البته او این نظریه را به دلیل فقدان شواهد کافی یا نبود روشی برای آزمایش یا مشاهده اتر منتشر نکرد. نیوتن تنها کسی نبود که به وجود اتر اعتقاد داشت. ماکسول فیزیک‌دان بزرگ نیز معتقد بود که موج نور برای انتشار، نیازمند محیطی آکنده از اتر است و بدون آن، موج نور نمی‌تواند انتشار پیدا کند. ایده وجود اتر در بهار سال ۱۸۸۷ در آزمایش مایکلسون و مورلی رد شد.

برای انتشار امواج الکترومغناطیسی یا باور به وجود فلوژیستون[1] برای تبیین فرایند احتراق، هستومندهای اشتباه و خیالی بوده‌اند که هر کدام علم را برای مدتی به مسیر نادرستی هدایت کرده‌اند. شاید به همین دلیل است که فیلسوفان آنتی‌رئالیست، وجود واقعی این هستومندهای نظری را رد می‌کنند و آن‌ها را صرفا ابزارهایی می‌دانند که برای رفع مشکل و برطرف کردن نقص تبیین پدیده‌ها مناسب هستند. فیلسوفان آنتی‌رئالیست، نه تنها به واقعیت و هویت مستقل از ذهن این هستومندهای نظری باور ندارند بلکه راه‌های بسیاری را پیشنهاد داده‌اند که نظریه‌های علمی را از این هستومندها خالی کنند. اما در مقابل، فیلسوفانی چون یان هکینگ[2] از دیدگاهی پشتیبانی می‌کنند که به آن واقع‌گرایی ابزاری[3] یا واقع‌گرایی آزمایشی[4] گفته می‌شود. از نظر یان هکینگ، این مساله که آزمایش، مستلزم مداخله و ایجاد تغییر است، نکته‌ای کلیدی است که می‌تواند به ما کمک کند از هستومندهای خیالی و ساختگی دست بکشیم و در عین حال، هستومند های واقعی را به عنوان هویت‌های وجودی مستقل از ذهن به رسمیت بشناسیم. مداخله و ایجاد تغییر در هر آزمایش ممکن است با آزمایش دیگر متفاوت باشد. مثلا بالا و پایین رفتن بار پوزیترون‌ها با اسپری کردن الکترون در تفنگ الکترونی را می‌توان گواهی مبنی بر وجود الکترون دانست. به عبارت دیگر شاهدی مبنی بر وجود یک هویت

---

۱) نظریه فلوژیستون، نظریه‌ای بود برای توضیح فرایندهای سوخت و احتراق، که هستومندی به نام فلوژیستون در آن نقش مهمی بازی می‌کرد. در این نظریه، تمام مواد قابل احتراق از چیزی به نام فلوژیستون تشکیل شده بودند و طی فرایند احتراق، فلوژیستون از ماده سوختنی جدا می‌شد و از این فرایند به جا می‌ماند. حتی شیمی‌دانان بزرگی چون شیله و پریستلی نیز به نظریه فلوژیستون (که یواخیم بشر در سال ۱۶۶۷ طرح کرد و لاوازیه در سال ۱۷۷۵ آن را مردود کرد) برای توضیح پدیده احتراق معتقد بودند اما همان‌طور که بعدا مشخص شد، فلوژیستون یک هستومند خیالی بود.

۲) Ian Hacking مقاله مشهور سال ۱۹۸۱ او با عنوان "آیا ما از درون میکروسکوپ می‌بینیم؟ Do we See Through a Microscope" به موج جدیدی از بحث‌ها و مجادلات فلسفی درباره مفهوم مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر دامن زد.

۳) Instrumental realism

۴) experimental realism

مستقل از ذهن، هستومندی که اگرچه مشاهده‌ناپذیر، اما واقعی است. بحث بر سر حصول اطمینان از واقعی بودن این هستومندهاست و نگرانی از اینکه مبادا مورد تاریخی و تجربه شکست‌خورده فلوژیستون یا اتر دوباره تکرار شود. درباره الکترون، بسیاری از فیزیک‌دانان این مساله را در نظر می‌گرفتند که وجود این هستومند، طیف بزرگی از پرسش‌ها را توضیح می‌دهد.. از این‌رو بسیاری از دانشمندان کمترین تردیدی نیز در وجود واقعی -و مستقل از ذهن- این هستومند نظری نداشتند. اما مشکل اینجا بود که هستومندهای مردود شده در تاریخ علم نیز روزگاری جایگاهی واقعی داشتند و برخی از آن‌ها برای زمان‌های دراز به عنوان هویت‌های واقعی مستقل از ذهن تلقی می‌شدند. یان هکینگ راه‌حل‌هایی برای برطرف شدن این نگرانی‌ها و تردیدها پیشنهاد می‌کند که برای بسیاری از فیلسوفان علم راه‌گشاست. دستکاری و مداخله در این هستومندها و بهره‌گیری از صفات علّی، از جمله راه‌حل‌های هکینگ برای اطمینان از واقعی بودن هستومندها است. از دید او، آزمایش به خودی خود باعث نمی‌شود که ما از وجود واقعی یک هستومند و خیالی نبودن آن مطمئن شویم. رابرت میلیکان[1] حتی در زمان آزمایش مشهور خود برای اندازه‌گیری بار الکترون، هنوز در واقعی بودن وجود آن تردید داشت. هکینگ می‌گوید تنها راهی که می‌تواند ما را از بابت واقعی بودن وجود یک هستومند مطمئن‌تر کند، مداخله کردن در آن و بهره‌گیری از صفات علّی است (به این معنی که آن هستومند در جهان خارج اثر می‌گذارد یا نه). او بر این باور است که نفس مشاهده میکروسکوپی، اثباتی بر واقعی بودن وجود یک هستومند نیست. از نگاه هکینگ دو دلیل محکم در دست هست که اطمینان حاصل کنیم وقتی از درون میکروسکوپ مشغول مشاهده سلول هستیم، واقعا داریم آن را می‌بینیم. دلیل اول او این است که آزمایش‌گر می‌تواند در چیزی که دارد مشاهده می‌کند دستکاری و مداخله کند و نتیجه دستکاری‌اش را نیز طبق انتظار از درون میکروسکوپ ببیند. مثلا می‌تواند یک سیال به درون سلول تزریق کند و تغییر شکل سلول را از زیر میکروسکوپ ببیند.

---

۱) Robert Andrews Millikan: آزمایش قطره روغن Oil drop experiment او در اوایل قرن بیستم، اندازه‌گیری بار الکترون را ممکن کرد.

این یعنی به احتمال زیاد، آن زیر، زیر میکروسکوپ، یک هستومند واقعی وجود دارد. اگر زیر میکروسکوپ چیزی وجود نداشته باشد چگونه ممکن است که یک وجود غیرواقعی، بعد از دستکاری و اخلال، درست همان گونه تغییر کند که پیش بینی شده بود؟ این مساله ما را به این باور نزدیک می‌کند که در حال مشاهده یک هستومند واقعی هستیم.

دومین استدلال هکینگ این است که یک هستومند را می‌توان با چند ابزار مشاهداتی مختلف (که کارکرد هر کدام با نظریه فیزیکی مستقلی تفسیر می‌شود) بررسی کرد. مثلا هم با میکروسکوپ معمولی، هم با میکروسکوپ الکترونی و در ادامه با همه این مشاهدات به نتایج یکسان رسید. این که یک هستومند را مثلا هم بتوان با میکروسکوپ معمولی دید و هم با میکروسکوپ الکترونی، ما را به واقعی بودن هستومند نظری مطمئن‌تر می‌کند. به عبارت دیگر خیلی بعید است که هر دو ابزار مشاهده، بصورت تصادفی، یک شیء واحد را با مشخصات یکسان نمایش داده باشند. بنابراین منطقی است که باور کنیم هستومند مورد مشاهده، واقعی بوده است.

به نظر می‌رسد ایده هکینگ یا همان واقع‌گرایی آزمایشی، راهی پیش پای دانشمندان می‌گذارد تا دیگر بابت تکرار سناریوی هستومندهای خیالی مانند اتر و فلوژیستون نگرانی نداشته باشند. اما این دیدگاه هکینگ ایراداتی هم دارد و فیلسوفان دیگری به مرور، نقص‌ها و کاستی‌های آن را آشکار کردند و نشان دادند مساله مشاهده و هستومندهای نظری، دشوارتر از آن است که با راه حل هکینگ خاتمه پیدا کند. کافیست فرض کنیم که با جای سلول، ماده تاریک و یا به جای میکروسکوپ، رادیوتلسکوپ داشته باشیم. نکته اول هکینگ یعنی مداخله و دستکاری هستومندهایی مانند ماده تاریک یا انرژی تاریک در اعماق کیهان ناممکن است و ما هرگز نخواهیم توانست تغییراتی برای مثال در یک سیاهچاله ایجاد کرده و نتیجه آن را بررسی کنیم. مساله بعدی اینکه برخی از آزمایش‌ها فقط با یک ابزار آزمایشی انجام می‌شوند و همان‌طور که دیدیم بخش‌هایی از کیهان فقط و فقط با رادیوتلسکوپ‌ها قابل مشاهده هستند. بنابراین دومین استدلال هکینگ هم ظاهرا به مشکل برمی‌خورد و به نظر می‌رسد هنوز تضمینی

برای واقعی بودن هستومندهای نظری در دست نداریم، با اینکه کیهان‌شناسان و فیزیک‌دانان، اغلب برای هستومندهای نظری در نظریه‌های خود، هویت واقعی قائل هستند. با این وجود امروز بسیاری از دانشمندان، به ایرادات روش‌شناختی واقعیت‌های مشکوک آگاهند و درباره هستومندهای نظری تا زمانی که شواهدی در تایید آنها به دست نیامده احتیاط به خرج می‌دهند. فیزیک‌دانان در بسط مدل استاندارد فیزیک ذرات، زمانی که از ابرتقارن[۱] و یا ابعاد اضافی[۲] و یا جهان‌های موازی صحبت می‌کنند، غالبا این واقعیت را در نظر می‌گیرند که برای تبیین و توضیح هستومندهای نظری، چه راه درازی در پیش است.

واقع‌گرایی ابزاری یا آزمایشی تنها دیدگاه موجود درباره تمایز بین مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر نیست. از جمله دیدگاه‌های دیگر درباره ماهیت مشاهده، می‌توان به دیدگاه‌های ون فراسن[۳] اشاره کرد که معتقد است مشاهده، ادراک بدون استفاده از ابزار است. از دید او میز یا قمرهای مشتری و یا درخت صنوبر داخل حیاط، هویاتی مشاهده‌پذیرند چون مشاهده آنها، هرچه که باشند نهایتا با چشم غیرمسلح، ممکن است. اما الکترون یا میکروارگانیسم‌ها مشاهده‌ناپذیرند چرا که هیچ راهی برای مشاهده مستقیم و بدون ابزار آنها وجود ندارد. این فیلسوف ضدرئالیست در عین حال بر این باور است که ما با تلسکوپ می‌بینیم اما با میکروسکوپ نه. از دید او ما با میکروسکوپ، تصویری را مشاهده می‌کنیم و بنا را بر این می‌گذاریم که تصویر مشاهده شده، تصویر چیزی است که واقعا وجود دارد. اما برای این ادعا هیچ دلیل قطعی وجود ندارد و ما هرگز و تحت هیچ شرایطی نخواهیم توانست، واقعی بودن وجود آن را با چشم غیرمسلح تایید کنیم. بنابراین مشاهده از میکروسکوپ با مشاهده از تلسکوپ متفاوت خواهد بود. چرا که قمر مشتری را در صورتی که روزی سوار

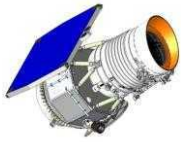
---

۱) Supersymmetry

۲) Extra dimensions

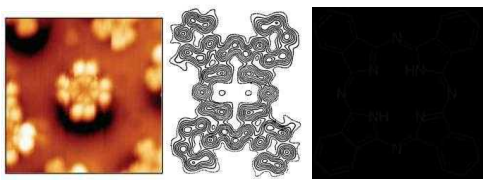
۳) Van Fraassen

بر سفینه شویم و به نزدیکی آن سفر کنیم، با چشم غیرمسلح و بدون ابزار نیز مشاهده خواهیم کرد اما نمی‌توانیم به دنیای میکروارگانیسم‌ها سفر کنیم و با چشم غیرمسلح از واقعی بودن وجود آن‌ها اطمینان حاصل کنیم. البته تمایز میان مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر، صرفا محدود به دو ابزار مشاهداتی تلسکوپ و میکروسکوپ نیست. نظیر همین بحث‌ها را می‌توان به دوربین‌های مداربسته، دوربین‌های چشمی شکاری، دوربین‌های دید در شب نیز تکرار کرد. نقدهای بسیاری نیز به دیدگاه ون فراسن مطرح شده و طبیعتا فیلسوفان علم بسیاری زیر بار این نگاه ضدواقع گرایانه او نرفتند. در نقد دیدگاه ون فراسن مثلا می‌توان یک سیاره فراخورشیدی را مثال زد که به قدری به ستاره خود نزدیک است که امکان نزدیک شدن به آن، نه امروز و نه در آینده هرگز وجود نخواهد داشت. یا سیاهچاله در حال بلعیدن یک ستاره را می‌توان مثال زد که اساسا نزدیک شدن به آن و مشاهده آن با چشم غیرمسلح، به لحاظ فیزیکی ممکن نیست. مشاهده اما گاهی معیاری برای ارزیابی یک فرضیه است. فرضیه‌ای که ظاهرا خوب کار می‌کند و وجود چیزی در عالم واقع را پیشنهاد می‌دهد. اگر دانشمندان فرضیه‌ای را جدی بگیرند ممکن است دهه‌ها زمان بگذارند و از ابزارهای مشاهداتی گوناگون برای آشکارسازی شیء موجود پیشنهادی استفاده کنند. یک مثال مشهور در تاریخ علم، فرضیه وجود نمسیس است. فرضیه‌ای که می‌گفت خورشید در مدار خود در کهکشان راه شیری تنها نیست و بلکه بخشی از یک سیستم دوتایی ستاره‌ای است. ستاره‌ای که البته با وجود پیشرفت‌های عظیم فناوری‌های رصدی آشکار نشد و حتی کاوشگر نقشه‌بردار فروسرخ میدان وسیع[1] WISE نیز نشانی از



۱) کاوشگر نقشه‌بردار فروسرخ میدان وسیع WISE Wide-field Infrared Survey Explorer و ماموریت تلسکوپ فضایی فروسرخ ناسا که در دسامبر ۲۰۰۹ شروع شد.

آن نیافت و در حد یک فرضیه شکست خورده باقی ماند[1] . اما همه چیزهای مشاهده‌نشده سرنوشتی مانند نمسیس ندارند. زمانی که شیمیدانان دهه ۱۹۳۰ ساختار مولکول فتالوسیانین [2] را بررسی می‌کردند با اندازه‌گیری‌های پراش پرتو X و با بررسی توزیع ماده در مولکول و همچنین خطوط هم‌چگالی تلاش می‌کردند درکی از ساختار واقعی این مولکول پیدا کنند. در آن زمان ابزار بهتری برای مشاهده وجود نداشت و بهترین تصوری که دانشمندان از ساختار مولکولی فتالوسیانین در ذهن می‌پروراندند تصویر میانی بود. اما اینک با گذشت حدود یک قرن می‌توان درک ملموس‌تری از ساختار مولکول‌ها پیدا کرد (تصویر سمت چپ).



تصویر سمت راست) ساختار مولکولی فتالوسیانین **تصویر میانی)** تصویری که شیمیدانان دهه سی میلادی با استفاده از پرتو ایکس از ساختار مولکولی فتالوسیانین داشتند **تصویر سمت چپ)** تصویری که دانشمندان در سال ۲۰۱۴ با استفاده از میکروسکوپ تونلی روبشی Scanning tunneling microscope (STM) از نحوه آرایش اتم‌ها و ساختار مولکولی فتالوسیانین به دست آورده اند.

---

۱) هر چند بسیاری از دانشمندان به خصوص از سال ۲۰۱۱ به این سو فرضیه وجود نمسیس را مردود می‌دانند اما یک مطالعه سال ۲۰۱۷ استیون استالر Steven Stahler ، اخترفیزیک‌دان دانشگاه کالیفرنیا نشان می‌دهد که احتمالا میلیاردها سال پیش، ستاره همزاد خورشید یعنی نمسیس وجود داشته اما خورشید را ترک کرده و راهی اعماق کهکشان راه شیری شده است. دیوید راوپ در کتاب "مساله نمسیس، داستان مرگ دایناسورها و راه‌های علم" (عنوان انگلیسی: The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science) با بررسی پیشینه زیست‌شناسی فرضیه نمسیس، به این موضوع می‌پردازد که چرا و چگونه به این نتیجه رسیده که تناوب انقراض روی زمین ۲۶ میلیون سال است. در همین زمینه ریچارد مولر نیز کتابی نوشته با عنوان "نمسیس، ستاره مرگ: داستان انقلاب علمی" (عنوان انگلیسی: Nemesis, the death star: the story of a scientific revolution) و در آن با جزییات بیشتری توضیح می‌دهد که او چگونه فرضیه نمسیس را بسط و توسعه داده است.

۲) Phthalocyanine با فرمول شیمیایی $(C_8H_4N_2)_4H_2$

امروزه میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) وجود چیزهایی را آشکار می‌کند که پیش از این با ابزارهای آشکارسازی ساده‌تر (مثلا بر اساس پرتو ایکس: مانند تصویر میانی در صفحه قبل) آشکارسازی یا مشاهده می‌شد. چه بسا در آینده با پیشرفت تکنولوژی‌هایی که امروز نمی‌توانیم تصور کنیم، میکروسکوپ تونلی روبشی که تصویر ساختار مولکولی فتالوسیانین را آشکار کرده[۱] نیز یک ابزار ساده و ابتدایی محسوب شود. مناقشات فکری بین فیلسوفان علم درباره مرز میان مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر به اینجا ختم نمی‌شود و استدلال‌های بسیاری به سود و یا علیه هر کدام از دیدگاه‌هایی که در این بخش به آن اشاره کردیم وجود دارد. هدف اصلی این فصل آن بود که بدانیم نه تنها بر سر این موضوع -که علم با مساله آغاز می‌شود یا با مشاهده- اختلاف‌نظر وجود دارد، بلکه فیلسوفان علم حتی بر سر اینکه مشاهده چیست نیز با هم توافق ندارند.

۲.۵ نظریه‌ها و فکت‌ها

یکی از بحث‌ها و مناقشات دامنه‌دار فیلسوفان علم از چند دهه پیش تا کنون این بوده که آیا گزاره‌ها و نظریه‌های علمی، فکت‌ها و واقعیت‌های تغییرناپذیر جهان را بازنمایی می‌کنند یا این که صرفا مجموعه‌ای از بیان‌های موقتی و قراردادی هستند. مثلا آیا مجازیم بگوییم که گزاره «پلوتو یک سیاره است» تا سال ۲۰۰۶ گزاره‌ای صحیح بوده و پس از آن که اتحادیه بین‌المللی اخترشناسی[۲] آن را از لیست سیارات منظومه شمسی خط زد و در رده سیارات کوتوله قرار

---

۱) این تصویر در مقاله‌ای با عنوان "Site-selective adsorption of phthalocyanine on h-BN/Rh (111) nanomesh." در سال ۲۰۱۴ در Physical Chemistry Chemical Physics منتشر شده است.

۲) IAU : International Astronomical Union

داد، گزاره‌ای غلط به شمار می‌آید؟[1]. آیا سیاره بودن یا نبودن پلوتو یک فکت مسلم است یا صرفا قرارداد و تعریفی است که دانشمندان برای طبقه‌بندی اجرام آسمانی طرح کرده‌اند؟

از این دست مثال‌ها در تاریخ علم کم نیستند اما پایه اصلی همه این مثال‌ها این پرسش است که اساسا رابطه بین فکت‌ها و رخدادهای دنیای واقعی و نظریه‌های علمی چیست. آیا نظریه‌های علمی، برساخت‌های اجتماعی هستند و وابسته به عقاید دوران و جامعه علمی؟ یا بازنمایی مستقل از واقعیت‌های غیرقابل تغییر؟ حتی مثلا می‌توان پرسید چرا جامعه علمی اروپا در کشورهای مختلف با سرعت‌های مختلف نسبت به درستی مکانیک نیوتنی متقاعد شد؟ آیا عوامل تاریخی، اجتماعی یا سیاسی در این تغییر نگرش نقش داشته است؟ چرا مکانیک نیوتنی در انگلستان به سرعت ولی در فرانسه به آهستگی پذیرفته شد؟ فراتر از همه اینها طیف دیگری از پرسش‌ها هم هست که از قضا در بین برخی محافل فکری کاملا هم جدی گرفته می‌شود. مثلا این پرسش که آیا سیب‌ها قبل از نیوتن هم از درخت می‌افتاده‌اند؟ این پرسش اگرچه برای عموم مردم بی‌معنا و حتی چه بسا مضحک است ولی برخی فیلسوفان علم نسبی‌گرا واقعا چنین پرسش‌هایی را طرح و درباره آن بحث می‌کنند. اینکه زمین به دور خورشید می‌گردد یا سیب از درخت می‌افتد، از دید بسیاری از ما مساله دیروز و امروز نیست. برای بسیاری از ما بدیهی است که زمین در دوران سقراط و افلاطون و ارسطو، در زمان ساخت اهرام مصر و یا در زمان قتل ژولیوس سزار نیز به دور خورشید می‌چرخیده است و سیب‌ها در زمان سنت اگوستین نیز مانند زمان نیوتن و پس از آن از درخت به زمین می‌افتاده‌اند. اما این گروه از فیلسوفان علم می‌پرسند چطور ممکن است مثلا آتش‌سوزی بزرگ لندن در ۱۶۶۶ واقعیت داشته باشد در حالی که برای آتش‌سوزی، وجود اکسیژن لازم است و اکسیژن را هم شیمیدان فرانسوی آنتوان لاوازیه، تازه بیش از یک قرن پس از آن

---

۱) پلوتو را ستاره‌شناس آمریکایی کلاید تامبا Clyde Tombaugh در ۱۸ فوریه ۱۹۳۰ کشف کرد و تا زمان خط خوردن از لیست یعنی تا ۲۴ آگوست ۲۰۰۶، همگان آن را به عنوان یکی از سیارات منظومه شمسی می‌شناختند.

کشف کرده است؟[1] به همین منوال می‌توان مثال‌های دیگری طرح کرد و مثلا گفت آیا زمین فقط از زمان کوپرنیک به بعد، به دور خورشید چرخیده و قبل از آن، این خورشید بوده که به دور زمین می‌چرخیده است؟ آیا این ذهنیت و باور افراد است که تعیین می‌کند، واقعیت بیرونی چه باشد؟ برونو لاتور[2] جامعه‌شناس و فیلسوف فرانسوی در مقاله‌ای[3] در سال ۱۹۹۸ به کشف سال ۱۹۷۶ دانشمندان فرانسوی اشاره می‌کند مبنی بر اینکه یافتن جسد مومیایی فرعون مصر، رامسس دوم نشان داده که مرگ رامسس دوم در حدود ۱۲۱۳ سال قبل از میلاد در اثر بیماری سل رخ داده است. برونو لاتور می‌پرسد: چگونه ممکن است او بر اثر باسیلی مرده باشد که رابرت کخ در سال ۱۸۸۲ کشف کرده است؟ لاتور ادامه می‌دهد اگر بگوییم رامسس دوم با رگبار مسلسل به قتل رسیده یا بر اثر فشار روانی حاصل از سقوط بازار بورس از دنیا رفته، خواهند گفت مرتکب اشتباه تاریخی شده ایم. پس چرا مرگ ناشی از سل رامسس دوم اشتباهی تاریخی

---

۱) این پرسش که اکسیژن را چه کسی کشف کرده، یکی از مثال‌های آموزنده تاریخ علم است و با دنبال کردن خط سیر تاریخی کشف اکسیژن، می‌توان دریافت که کشف، یک فرایند اساسا تدریجی است. به همین جهت، به معنی واقعی کلمه دشوار است بگوییم که اکسیژن را کارل شیله Carl Wilhelm Scheele کشف کرده یا جوزف پریستلی Joseph Priestley، لاووازیه Antoine Lavoisier یا حتی پیر باین Pierre Bayen. چرا که از نظر تاریخی شیله قبل از پریستلی و لاوازیه کار خود را تمام کرده بود از دیگر سو باین در ماه مارس ۱۷۷۴ متوجه شده بود که با گرم کردن رسوب قرمز جیوه، گازی به دست می آید (که او آن گاز را هوای غیرفلزار نامید). چند ماه پس از آن پریستلی ظاهرا بدون اطلاع از کار باین، این آزمایش را انجام داده و نتیجه گرفته بود گاز به دست‌آمده، به فرایند احتراق کمک می‌کند. اما مساله بر سر این است که پریستلی تصور می‌کرد گاز به دست آمده از گرم کردن رسوب قرمزجیوه، دی نیتروژن مونوکسید (N_2O) است. پریستلی با سفر به پاریس، لاوازیه را از واکنش شیمیایی جدید با خبر کرد. لاوازیه نیز در سال ۱۷۷۵ این آزمایش را شخصا و با روش بهتری نسبت به آنچه که پریستلی انجام داده بود تکرار کرد و دریافت که گاز حاصل از این واکنش نه آن‌طور که باین می‌گفت هوای غیرفلزار است و نه آن‌گونه که پریستلی نتیجه گرفته بود هوای نیتریته. به رغم همه این‌ها عموما در تاریخ علم، لاوازایه را کاشف اکسیژن می‌دانند.

۲) Bruno Latour

۳) این مقاله با عنوان Ramsès II est-il mort de la tuberculose? در La Recherche منتشر شده است.

نیست؟ لاتور در طرح چنین پرسش‌هایی تنها نیست[1] و چنین دیدگاه‌هایی، مبنی بر اینکه واقعیت، یک برساخت اجتماعی[2] است، سابقه‌ای به مراتب طولانی‌تر از اینها دارد. چنین دیدگاه‌هایی اگرچه طیف وسیعی از نقطه نظرات را در بر می‌گیرد -که ممکن است در پاره‌ای جزییات با هم تفاوت داشته باشند- اما مبنای اصلی آن این است که -این نظریه‌ها و ذهنیت عمومی است که واقعیت‌ها را می‌سازد و نه برعکس-. بر اساس این دیدگاه، وقتی که نظریه‌ها تغییر می‌کنند، امور واقع یا همان فکت‌ها نیز به موازات آن تغییر می‌کنند، چرا که امور واقع، چیزی جز برساخت‌های اجتماعی نیستند.

این دیدگاه البته به وضوح با حس شهودی ما در تضاد است. بعید است کیهان‌شناسان تصور کنند که هم‌جوشی هسته‌ای در خورشید،

---

۱) هرچند بسیار متفاوت با این نوع نگرش اما توماس کوون Thomas S. Kuhn فیلسوف و مورخ علم، مسائل فلسفه علم را غالبا از دیدگاه تاریخ علم و با رویکرد جامعه‌شناسی علم تحلیل کرده است. او اگرچه در رشته فیزیک تحصیل کرده بود اما شدیدا به مطالعه تاریخ علم علاقمند بوده و در سال‌های تحصیل خود به صورت جدی به مطالعه فلسفه‌ی علم پرداخته بود. اهمیت توماس کوون از این جهت است که او بر خلاف دو دیدگاه رایج در فلسفه علم، یعنی پوزیتیویسم حلقه وین و ابطال‌گرایی پوپر که هر دو رویکردی تکاملی و انباشتی به مقوله علم داشتند، علم را غیرانباشتی تلقی کرده و با تعریف مفهومی به نام پارادایم علمی می‌گوید برای فهم نظریه‌های علمی باید زمینه اجتماعی آن نظریه را نیز در نظر گرفت. به این ترتیب کوون، پای جامعه‌شناسی را هم به فلسفه‌ی علم باز می‌کند. تقریبا اغلب فیلسوفان علم توافق دارند که توماس کوون، آغازگر دوران جدیدی از نگرش ما به فلسفه علم است. کار وی به قدری میان‌رشته‌ای است که نمی‌توان به صورت دقیق او را مورخ علم یا فیلسوف علم دانست. مهمترین اثر توماس کوهن "ساختار انقلاب های علمی" است که در سال ۱۹۶۲ منتشر شد و طی بیش از ۵۰ سال گذشته یکی از پرنفوذترین آثار فلسفه‌ی علم به شمار می‌رفته است. روزنامه گاردین این کتاب را در فهرست ۱۰۰ کتاب پرنفوذ قرن بیستم جای داده است. ایده اصلی توماس کوون این است که بخش اصلی فعالیت علمی (به تعبیر او "علم متعارف" Normal Science) در قالب سرمشق‌ها Paradigm رخ می‌دهد. به بیان دیگر این سرمشق‌ها یا پارادایم‌ها هستند که معیارها و روال تجربی آزمایش‌ها و به طور کلی مسایل مورد مطالعه را مشخص می‌کنند. از این منظر، ظهور فیزیک جدید با گالیله و نیوتن، به نوعی گسست از تفکر ارسطویی محسوب می‌شود و نه تکمیل آن. یا در قرن بیستم باز به همین منوال نسبیت اینشتین یا مکانیک کوانتومی، سرمشق یا پارادایم نیوتنی را تکمیل نکرده، بلکه از اساس تغییر داده است. یا در زیست‌شناسی عبور از لامارک به ژنتیک مدرن و الخ.

۲) social construction

تازه از سال ۱۹۱۹ که ارنست رادرفورد[۱] آن را توضیح داد شروع شده است. به عکس، فیزیک‌دانان کاملا از این دیدگاه متقاعد شده‌اند که هم‌جوشی هسته‌ای در خورشید میلیاردها سال پیش از آنکه حتی انسانی روی زمین وجود داشته باشد و جامعه و زبان و برساخت‌های اجتماعی شکل گرفته باشند نیز اتفاق می‌افتاده و به نظر می‌رسد برساخت اجتماعی دانستن واقعیت‌های فیزیکی، با عقلانیت و درک رایج دانشمندان از علم، ناسازگار است.

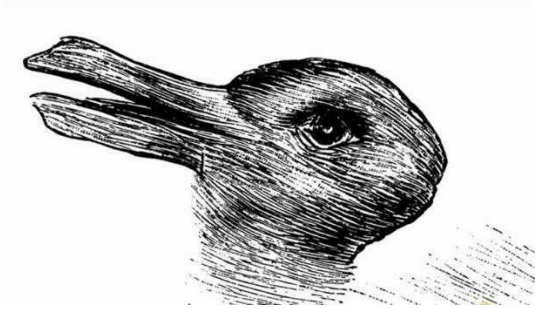
توماس کوون، بر این باور بود که شناخت بشر از جهان به مرور زمان اصطلاحا تکمیل نشده و هرگز اینطور نبوده که فهم بشر اولیه، قطعه به قطعه تکمیل شود و دانسته‌های ما از جهان، آهسته آهسته روی هم انباشته شوند. بلکه ما در تاریخ علم مدام با تغییر پارادایم‌ها و نگرش‌ها طرفیم. توضیحات کوون به خودی خود با وقایع تاریخ علم و درک عمومی ما از تحولات علمی تاریخ بشر ناسازگار نیست. طبیعتا ما امروز جهان هستی را به شکلی می‌بینیم که مثلا یک فیزیک‌دان ارسطویی یونان باستان نمی‌دید. صورت‌های فلکی، حرکات ستارگان دوردست یا گردش خورشید از دید ما بسیار با آنچه که یک طبیعت‌شناس هم‌عصر با تالس می‌دیده تفاوت دارد.

این ایده که انسان معیار فهم جهان است نیز قابل درک است. به درستی می‌توان پرسید چه کسی گفته که خورشید باید معیار و مرکز منظومه شمسی باشد و چرا حتما باید فرض کنیم که خورشید، ثابت و زمین به دور آن می‌گردد؟ چرا نباید برای مثال فرض کنیم که زمین ثابت است و این خورشید است که به دور زمین می‌چرخد؟ چرا ما بین هیات بطلمیوسی و نجوم کپرنیکی، دومی را انتخاب می‌کنیم؟ چنین پرسش‌هایی بخش بزرگی از مجادلات بین فیلسوفان علم دهه‌های اخیر را شکل داده و آن‌ها را به دو گروه عمده تقسیم کرده است. گروهی که معتقدند جهان واقعی، جایی بیرون از ذهن، جامعه و نظریه‌های علمی کار خود را می‌کند و حتی میلیاردها سال پیش از پیدایش فرهنگ و زبان و مغز انسان جریان داشته است. گروه دیگری که بر این باور است،

---

۱) Ernest Rutherford

واقعیت برای جامعه انسانی پیش از کپرنیک این بوده که -خورشید به دور زمین می‌چرخد- و برای جامعه انسانی پس از کپرنیک این بوده که -زمین به دور خورشید می‌چرخد.- توماس کوون برای توضیح مقصود خود به مساله مشهور توهم خرگوش-اردک [1] اشاره می‌کند که در زمان مشاهده آن، مغز انسان می‌تواند به صورت جداگانه دو درک مختلف از یک شکل واحد داشته باشد.



---

۱) تصویر توهم خرگوش-اردک Rabbit–duck illusion باز می‌گردد به کارهای روانکاو آمریکایی جوزف جاسترو Joseph Jastrow که بر این باور بود ادراک ما از تصویر، صرفا به آنچه می‌بینیم بستگی ندارد. در ابتدای کار احتمالا زمانی طول می‌کشد که بتوانیم هر دو حالت ممکن را درک کنیم. اما وقتی که از هر دو شکل، آگاهی پیدا کردیم می‌توانیم به سادگی، دیدگاه‌مان را تغییر دهیم. اگر دلمان بخواهد می‌توانیم شکل را به صورت خرگوش ببینیم و اگر هم دلمان بخواهد اردک. تصویری که جوزف جاسترو انتخاب کرده بود، طرحی بود که در سال ۱۸۹۲ در یک نشریه آلمانی طنز به نام Fliegende Blätter منتشر شده بود. در سال ۱۹۹۳ دو روانکاو به نام‌های پیتر براگر Peter Brugger و سوزان براگر Susanne Brugger در همین زمینه به نتیجه جالبی رسیدند. این دو پژوهشگر در مقاله خود با عنوان The Easter Bunny in October: Is it Disguised as a Duck? نتیجه یک بررسی را منتشر کردند که در آن این شکل را در موقعیت‌های زمانی مختلفی به کودکان نشان دادند و از آنها خواستند توضیح دهند که چه چیزی در تصویر می‌بینند. به صورت معناداری در روزهای عید پاک (نماد عید پاک خرگوش است)، غالبا تصویر خرگوش گزارش شد، در حالی که کودکان در ماه اکتبر گزارش کردند که در تصویر، یک اردک می‌بینند. این موضوع یعنی تاثیر انتظار انگیزشی motivational expectancy در ادراک، موضوع و سرفصل پژوهشی مهمی برای روان‌شناسان است.

انسان می‌تواند حین مشاهده، تصویر را هم به شکل سر یک خرگوش ببیند و هم به صورت سر اردک. توهم خرگوش-اردک تنها مثال از این دست نیست و این درک دوگانه حتی در ادراک شنیداری نیز وجود دارد. نمونه آن فایل صوتی ادای کلمه‌ای است که برخی آن را Yanny و برخی Laurel می‌شنوند.

توهم شنیداری Yanny/Laurel به قدری عجیب است که افرادی که Yanny می‌شنوند به سختی باور می‌کنند که عده ای هم در این دنیا وجود دارند که این کلمه را Laurel می‌شوند. چرا که این دو کلمه ظاهرا هیچ شباهت یا خاستگاه واجی مشترکی نیز ندارند. هرچند که این صدا در واقع تلفظ کلمه Laurel بوده اما برخی بررسی‌ها حاکی از آن بود که در حدود ۴۷ درصد افراد این کلمه را Yanny می‌شنوند. مثال دیگر، توهم دوگانه‌ای در تشخیص رنگ‌ها بود که در سال ۲۰۱۵ در شبکه‌های اجتماعی به بحث دامنه‌داری تبدیل شد. تصویر لباسی که برخی آن را آبی/مشکی و برخی دیگر سفید/طلایی درک می‌کردند.

صرف‌نظر از اینکه این درک دوگانه از کجا ناشی می‌شود پرسشی که می‌توان طرح کرد این است که کدام یک از این دو سوی مناقشه، واقعیت را می‌گویند؟ واقعیت خرگوش است یا اردک؟ Yanny است یا Laurel؟ آبی/مشکی است یا سفید/طلایی؟ از دید توماس کوون، نظریه‌های علمی در حقیقت با گذر زمان شبیه به گذار از تصور خرگوش به اردک تغییر می‌کنند. نگرش و فهم و درک ما نسبت به مفاهیم فیزیکی مانند گرانش، جرم، نیرو، ماده و ... با درک انسان‌های چند قرن پیش متفاوت است. ما با دانستن نسبیت عام اینشتین، مفهوم گرانش را به گونه ای درک می‌کنیم که با درک انسان عصر نیوتن متفاوت است. به عبارت دیگر ما و یک انسان قرن هفدهمی، دنیا را به دو شکل مختلف می‌بینیم. چیزی شبیه به همین توهم خرگوش و اردک. اما پرسش اصلی فیلسوفان علم اینجاست که با این اوصاف، حق با کیست، معیار کیست و چه کسی درست می‌گوید؟ اگر می‌توان یک شکل واحد را، هم به صورت خرگوش درک کرد و هم به صورت اردک، پس از کجا می‌توان تشخیص داد که کدامیک از نظریه‌های علمی از بقیه درست تر است؟ آیا اساسا می‌توان نظریه‌های علمی را با یکدیگر مقایسه کرد و نتیجه گرفت، از بین دو نظریه با قدرت تبیینی و

پیش‌بینی یکسان، کدام‌یک بهتر، درست‌تر و بیش از دیگری بازنمایی واقعیت است؟ توماس کوون در جریان مطالعات خود در زمینه تاریخ علم به نکته ظریفی توجه کرد که پیش از او از دید بسیاری از فیلسوفان علم مغفول مانده بود. او دریافت که ایده‌ها و نظریات بطلمیوس، در نظر انسان امروزی بسیار نامانوس و گنگ جلوه می‌کند و به همین جهت تلاش کرد دلیل این مساله را با نگاهی به جامعه‌شناسی علم صورت‌بندی کند. به نظر کوون، ریشه نامعقول به نظر رسیدن نظریه‌های علمی قدیمی، در بستر تاریخی متفاوتی نهفته که آن نظریه‌ها در متن آن‌ها شکل گرفته‌اند. به بیان ساده، پارادایم سرمشق و الگویی است که باور جامعه علمی هر زمان در بستر آن شکل گرفته است. مثل پارادایم‌های نیوتنی و نسبیتی که در هر کدام از آنها مفاهیمی مانند گرانش و جاذبه معنای خاص خود را دارند. از نگاه او علم در طول تاریخ تکمیل نشده است و دانش ما از جهان، انباشتی نیست و پارادایم‌های جدید هم از پاردایم‌های قبلی الزاما کامل‌تر و بهتر نیستند. مدل کوون در عین حال نقطه عطفی هم بود برای ورود فلسفه‌ی علم به حوزه‌های دیگر فکری. متفکران بسیاری در شاخه های مختلف علوم انسانی، از ادبیات گرفته تا شعر، علوم اجتماعی، تاریخ، روان‌شناسی و بسیاری از رشته‌های دیگر تحت تأثیر مدل او قرار گرفتند و سعی کردند پای تحولات فلسفه‌ی علم را به حوزه‌ی تخصصی خود باز کنند. به تدریج مفاهیمی مانند قیاس‌ناپذیری[۱] که در بستر تحولات فلسفه‌ی علم شکل گرفته بود به حوزه‌های خارج از آن نیز وارد شد و به تعبیر لری لودان[۲] در کتاب علم و نسبیت‌گرایی[۳]،

---

۱) Incommensurability : بر اساس این دیدگاه، نظریه‌ها اساسا با یکدیگر قیاس‌ناپذیرند چرا که مقیاس مشترکی برای مقایسه نظریه‌ها وجود ندارد. برای مثال مفهوم جرم در دیدگاه نیوتن با مفهوم جرم در دیدگاه اینشتین تفاوت می‌کند و از این رو نمی‌توان دو نظریه نیوتنی و نسبیت را با یکدیگر مقایسه کرد. گزاره "جرم شیء به سرعت آن بستگی دارد" بر اساس نظریه اینشتین درست و از دیدگاه نظریه نیوتن نادرست است. بنا به دیدگاه قیاس‌ناپذیری کوون، در حقیقت اختلافی واقعی میان نیوتن و اینشتین وجود ندارد، چرا که این گزاره برای هر یک از آنها در معنایی متفاوت به کار رفته است.

۲) Larry Laudan

۳) Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science

برخی افراد نتایجی را از فلسفه‌ی علم دزدیده و آن را برای بهره‌گیری به سود آرمان‌های سیاسی و اجتماعی خود به کار بردند. بسیاری از متفکران معاصر، مسحور این دیدگاه شدند و باز هم به تعبیر لودان، ایده مهم بودن امور واقع و شواهد تجربی، جای خود را به این ایده داد که همه‌چیز به علائق و چشم‌اندازهای سوبژکتیو یا ذهنی خلاصه می‌شود.[۱] این که گذار از فیزیک نیوتنی به فیزیک نسبیتی اینشتین، تکمیل علم نبوده و صرفا چیزی مانند تبدیل و تحول از درک خرگوش به اردک بوده، مساله‌ای است که گروهی از فیلسوفان علم، آن را رد می‌کنند و برخی آن را حتی خطری برای عقلانیت در معرفت‌شناسی می‌دانند. به عبارت دیگر، خطر نسبی‌گرایی معرفت‌شناختی[۲] که به زعم آنها بعدها با ظهور پل فایرابند[۳] جدی‌تر هم شد.[۴] در تمامی مناقشات فیلسوفان علم درباره واقعیت، به طور کلی بحث بر سر این است که آیا برای مثال در توهم شنیداری Yanny/Laurel، نظریه Laurel

---

۱) آلن سوکال و ژان بریکمون در کتاب مشهور خود به نام چرندیات پست مدرن، سوء استفاده روشنفکران پست مدرن از علم 'Fashionable Nonsense: Postmodern Intellectuals Abuse of Science به تفصیل به این موضوع پرداخته‌اند.

۲) epistemological relativism

۳) Paul Feyerabend: نفوذ گسترده اندیشه نسبی‌گرایی در بخش‌هایی از علوم انسانی و علوم اجتماعی دانشگاهی تنها تحت تأثیر ایده‌های توماس کوون نبوده است. کتاب "علیه روش" (Against Method) پل فایرابند که در سال ۱۹۷۵ منتشر شده نیز به گمان بسیاری نقش مهمی در این تحول فکری ایفا کرده است. به صورت کلی نسبی‌گرایی را می‌توان این‌گونه خلاصه کرد: هر نوع فلسفه‌ای که مدعی شود معیار صدق و کذب گزاره‌ها، افراد و گروه‌های اجتماعی هستند. فایرابند می‌گوید: همه روش‌شناسی‌ها محدودیت‌های خود را دارند و تنها قاعده‌ای که برجا می‌ماند این است که همه‌چیز مجاز است. البته اظهارنظر فایرابند، تحلیل‌ها و تفسیرهای فراوان در پی داشته و خود او نیز تلاش بسیاری کرده تا مقصود خود از این عبارات را واضح کند.

۴) دیوید استاو David Stove فیلسوف علم فقید استرالیایی در کتاب خود با عنوان "پوپر و پس از او" Popper and After می‌نویسد: "امروز بسیار بیش از پنجاه سال قبل می‌دانیم. پنجاه سال قبل هم بسیار بیش‌تر از سال ۱۵۸۰ می‌دانستیم. بنابراین، دانش در طول چهارصد سال گذشته به شدت انباشته شده یا رشد کرده است. همگان به خوبی از این واقعیت آگاهند. نویسنده‌ای که موضعش او را به انکار این واقعیت سوق داده، قطعا از دید فیلسوفانی که آثارش را خوانده‌اند به چیزی عقیده دارد که غیرقابل پذیرش است".

بازنمایی واقعیت است یا نظریه Yanny؟ آیا راهی وجود دارد که بشود دریافت، صدای واقعی که ضبط شده (صرف‌نظر از اینکه ما آن را چگونه می‌شنویم) کدام‌یک بوده است؟ آیا واقعیت، جایی بیرون از ذهن ما، مستقل از ذهن ما وجود دارد یا برساختی اجتماعی است؟ آیا این ماییم که تعیین می‌کنیم، زمین به دور خورشید بچرخد یا خورشید به دور زمین؟

۲.۶ اصل سادگی، نظریه‌های علمی زیر تیغ اوکام

در سراسر تاریخ علم، نظریه‌های بسیاری را می‌توان یافت که برای مدت‌ها رقیب یکدیگر بوده اند و دانشمندان بنا به ملاحظاتی یکی را به سود دیگری کنار گذاشته‌اند. شکی نیست که در این میان، برخی نظریه‌ها به صوت مبنایی غلط بوده‌اند و چیزی شبیه به ماجرای نظریه فلوژیستون در توضیح و تبیین فرایند احتراق، با کشف اکسیژن کنار زده شده‌اند. اما گاهی حذف برخی نظریه‌ها در جریان رقابت، به خاطر درستی یا نادرستی آن نظریه‌ها نبوده است و چه بسا نظریه‌های حذف شده، نه تنها غلط نبوده‌اند بلکه از پس توضیح بسیاری پدیده‌ها نیز بر می‌آمده‌اند. فلوژیستون وجود نداشت و حذف شد اما در رقابت بین دو نظریه زمین‌مرکزی و خورشیدمرکزی، اساسا بحث درستی و غلطی مطرح نیست. چرا که هر دو نظریه، قدرت پیش‌بینی مطلوبی داشتند و می‌توانستند به عنوان مثال وقوع خسوف یا کسوف را درست پیش‌بینی کنند.[۱] به عبارت دیگر بحث بر سر انتخاب نظریه درست و حذف نظریه غلط نیست. دانشمندان در صورت‌بندی نظریات علمی

Telegram @ali_book

---

۱) در هیات بطلمیوسی مبتنی بر فرض اولیه زمین‌مرکزی، حرکت سیارات با در نظر گرفتن افلاک تدویر Epicycle پیش‌بینی می‌شد. اما با شناخت بیشتر اجرام سماوی مشخص شد که برای توجیه حرکت سیارات به قدری فلک تدویر روی فلک تدویر، روی هم انباشته می‌شود که در پی آن نظریه زمین‌مرکزی بی‌نهایت بغرنج می‌شود. سخنی منسوب به آلفونس دهم (پادشاه کاستیل ۱۲۵۲ تا ۱۲۸۴) وجود دارد که می‌گوید: اگر آفریدگار به هنگام آفرینش از من مشورت می‌خواست، می‌توانستم مشاور مفیدی باشم.

خود و در انتخاب بین دو نظریه رقیب، دست به دامان روشی می‌شوند که به تیغ اوکام[1] یا اصل صرفه‌جویی[2] مشهور است. اصلی که به ما می‌گوید نظریه‌ای که پدیده‌ها را با متغیرها و علت‌های کمتری توضیح می‌دهد، بهتر از نظریه‌ای است که همان پدیده را با متغیرهای بیشتری تبیین می‌کند. هرچند که بهتر بودن، تعبیری کیفی است و بسیاری از فیلسوفان علم بر سر اینکه اساسا بهتر چیست و چرا یک نظریه را می‌توان بهتر از نظریه رقیب دانست توافق ندارند. اینکه چرا نظریات ساده‌تر را بر نظریات پیچیده‌تر ترجیح می‌دهیم می‌تواند دلایل بسیار داشته باشد. برخی مانند پوآنکاره[3] اصلی سادگی نظریات را صرفا یک اصل مرسوم و متداول تلقی می‌کردند و برخی دیگر مانند موریتس شلیک[4] آن را نیمه‌زیبایی‌شناختی- نیمه‌عمل‌گرایانه می‌دانستند. کارل پوپر اما مفهوم اصل سادگی را در منطق جستجو می‌کرد و علاقه‌ای به پذیرش ماهیت زیبایی‌شناختی یا عمل‌گرایانه این اصل نداشت.

قرن‌ها قبل از این بحث‌ها، نیوتن نیز در کتاب اصول ریاضی فلسفه طبیعی، قوانینی برای استدلال طرح کرده و در سایر آثار خود دلایلی برای ترجیح نظریات ساده‌تر بیان کرده بود. با این وجود دیدگاه نیوتن مبنی بر این که نظریه‌های ساده‌تر را باید به نظریات دشوارتر ترجیح داد غالبا مبنای الهیاتی و مذهبی داشت و استدلالی برای توجیه اصل سادگی در آن نمی‌توان یافت. نیوتن معتقد بود انسان باید تلاش کند تا معرفت و دانش خود را به بیش‌ترین سادگی برساند چرا که صدق را تنها می‌توان در سادگی یافت و نه در پراکندگی و آشفتگی. دلیل نیوتن برای توجیه اصل سادگی این بود که او این مساله را کمال کارهای خداوند می‌دانست و معتقد بود که خدای کتاب مقدس، کارها را در نهایت کمال

---

۱) Ockham's Razor

۲) Parsimony

۳) Henri Poincaré ریاضی‌دان و فیزیک‌دان فرانسوی

۴) Moritz Schlick فیزیک‌دان و فیلسوف آلمانی و پایه‌گذار حلقه وین

یعنی با بیش‌ترین سادگی منظم کرده است. در قرن اخیر اما فیلسوفان علم در پی یافتن توجیه منطقی و استدلالی برای اصل سادگی بوده‌اند و نه بر مبنای حس شهود و یقین مذهبی نظیر آنچه نیوتن به آن ایمان داشت.

برخی فیلسوفان بر این باورند دست‌کم چند پارادایم برای توجیه اصل سادگی و آنچه که به تیغ اوکام مشهور شده است وجود دارد. نخستین پارادایم بر این مبناست که اگر برای توضیح یک پدیده، فرض A متداول و رایج و فرض B نادر و کمیاب است، احتمال درست بودن فرض A بیشتر است. این همان چیزی است که به تعبیر الیوت سوبر[1] به دانشجویان پزشکی توصیه می‌شود که اگر بیماری فرد را بتوان با بیماری بسیار رایج و متداول A توضیح داد و یا با بیماری بسیار بسیار نادر B، باید بیماری A را در تشخیص خود ذکر کنند.

حالت دیگری نیز وجود دارد که نشان می‌دهد گاهی احتمال درست بودن نظریه‌های ساده‌تر، بیش‌تر از نظریه‌های پیچیده‌تر است. برای مثال اگر ما دلیلی در دست داریم که A دلیل بروز C است اما دلیلی در دست نداریم که B علت C است، A برای C تبیین بهتری خواهد بود در مقایسه با A&B. به عنوان مثال چیزی شبیه به این است که فرض کنیم فردی که به دلیل سقوط از پرتگاه جان خود را از دست داده (A)، سم هم خورده است (B). در چنین حالتی A&B (یعنی افتادن از پرتگاه و خوردن سم) ممکن است درست باشد ولی تا زمانی که دلیل و گواهی برای سم خوردن مقتول در دست نیست، باید توضیح A را بر A&B ترجیح دهیم.

مثال دیگری که نشان می‌دهد چرا باید تبیین ساده‌تر را بر تبیین پیچیده‌تر ترجیح داد این است که فرض کنیم همه لامپ‌ها و چراغ‌های اطراف خودمان و همسایه‌ها و تمام منطقه به یکباره خاموش می‌شود.

---

۱) Elliott Sober فیلسوف و نویسنده کتابی است با عنوان Ockham's Razors: A User's Manual . مقاله او با عنوان چرا ساده‌تر بهتر است Why is simpler better? به معرفی پارادایم‌های توجیهی برای اصل سادگی و تیغ اوکام می‌پردازد.

احتمالا در چنین شرایطی می‌توان دو فرضیه را در نظر گرفت:

A : دقیقا در همین لحظه خاموشی، اتفاق در مرکز توزیع برق منطقه افتاده و به همین دلیل تمام روشنایی‌ها خاموش شده‌اند.

B : برای هرکدام از لامپ‌ها و چراغ‌ها دقیقا در یک لحظه واحد، به شکل جداگانه مشکلی پیش آمده که باعث شده همگی هم‌زمان خاموش شوند.

این مثال از جهاتی به فرض داروین در توضیح حیات موجودات روی زمین شبیه است که وجود همه موجودات زنده را به یک یا چند نیای مشترک نسبت می‌دهد. از این رو نظریه داروین مانند فرضیه A است و در برابر فرض یا فرض‌های B که می‌گویند موجودات زنده روی زمین هرکدام به صورت جداگانه شکل گرفته‌اند، ساده‌تر و محتمل‌تر است.

پارادایم دیگری نیز که سوبر در کتاب خود از آن یاد می‌کند ربط بین اصل صرفه‌جویی و دقت پیش‌بینی یک مدل را بیان می‌کند. اصلی که در آمار به نام نظریه انتخاب مدل[1] شناخته شده و در کنار پارادایم‌های قبلی که توضیح دادیم، نشان می‌دهد ترجیح نظریه‌های ساده‌تر صرفا یک ترجیح ذوقی و سلیقه‌ای و بر مبنای زیبایی‌شناختی نیست. با این وجود، اصل سادگی و تیغ اوکام، هیچ اثبات مشخصی ندارد و نباید تصور کرد که سادگی یک معیار اصلی و مبنایی نظریه‌های علمی است. اصطلاح تیغ اوکام که در این بخش از آن صحبت کردیم در واقع یک فرض فلسفی است که به زبان ساده بیان می‌دارد از بین چند فرضیه رقیب که یک پدیده را توضیح می‌دهند، فرضیه‌ای انتخاب می‌شود که پیش‌فرض‌های کمتری دارد. بنابراین ترجیح می‌دهیم که نظریه‌هایی را

---

۱) model selection theory قضیه‌ای که هیروتوگو آکایک Hirotugu Akaike صورت‌بندی کرده و نشان می‌دهد چگونه سادگی یک نظریه، احتمال درستی آن را بالا می‌برد.

انتخاب کنیم که فرضیه‌های کمتری دارند و در عین حال از قدرت تبیین و پیش‌بینی یکسان برخوردارند.

کلمه تیغ در اصطلاح تیغ اوکام، تا حد زیادی مفهومی را که مد نظر است می‌رساند و در واقع به معنای در اختیار داشتن ابزاری برای تراشیدن پیش‌فرض‌های اضافی است. این مساله که نظریات ساده‌تر قابل قبول‌ترند در اغلب شاخه‌های علم جدید نیز به شکل‌های مختلف پذیرفته شده است. بسیاری از نظریه‌های علمی امروز حتی اگر محتوای پیچیده‌ای داشته باشند و برای عموم قابل فهم نباشند (مانند نظریه نسبیت)، عموما به لحاظ فرمول‌بندی و شکل بیان ریاضی ظاهر بسیار ساده‌ای دارند.

فراتر از اینها اصل تیغ اوکام به لحاظ ریاضی نیز برای دانشمندان موجه است. چرا که افزودن هر فرضیه اضافی به نظریه، طبیعتا احتمال خطای بیشتری را به نظریه اضافه می‌کند و در صورتی که یک فرضیه به افزایش دقت در نظریه کمکی نکند، تنها احتمال ارتکاب اشتباه در آن را بیشتر می‌کند. با این وجود نباید فراموش کرد که اصل تیغ اوکام ابدا به این معنی نیست که نظریات ساده‌تر، الزاما نظریات صحیحی هستند. در مقایسه بین دو نظریه، ممکن است نظریه‌ای بهتر و دقیق‌تر ولی در عین حال پیچیده‌تر باشد و گاهی ممکن است دانشمندان، نظریه دشوارتر و پیچیده‌تر را به نظریه ساده‌تر ترجیح دهند.

برخی فیلسوفان علم نگرانند که اصل تیغ اوکام دست‌خوش بدفهمی شود و روی حساب قاعده تیغ اوکام، اصل سادگی به غنای محتوایی یک نظریه ارجحیت پیدا کند. نباید فراموش کرد که تیغ اوکام به هیچ عنوان متضمن آن نیست که ساده بودن برابر با صحیح بودن است، بلکه می‌گوید همه چیز باید تا جایی که ممکن است ساده شود. مبنای اصلی تیغ اوکام این نیست که ساده صحیح است، اما لازم است در نظر بگیریم که هرگاه در توضیح علت بروز یک پدیده، دو نظریه مختلف در اختیار داشته باشیم، احتمال بروز اشتباه در نظریه پیچیده‌تر بیشتر خواهد بود. به زبان ساده‌تر، تیغ اوکام می‌گوید زمانی که توضیح یک پدیده با پیش‌فرض های کمتر ممکن است، طرح کردن پیش‌فرض‌های بیشتر، بیهوده است. پوپر در فصل هفتم از کتاب

منطق اکتشاف علمی[۱] می‌نویسد که پیروان ماخ[۲] و کیرشهف[۳] می‌کوشیدند مفهوم "ساده‌ترین توصیف هر پدیده" را به جای "تبیین علمی" بنشانند. استدلال آن‌ها این بوده که نظریه‌ها و تئوری‌ها، از گزاره‌های شخصی ساده‌ترند بنابراین برای توصیف جهان باید نظریه‌ها را ترجیح داد. پوپر در این کتاب به جنبه‌های زیبایی‌شناختی و عمل‌گرایانه نظریه‌ها می‌پردازد و می‌گوید لفظ سادگی چند معنا دارد مثلا نظریه شرودینگر از نظر روش‌شناسی بسیار ساده است ولی از جهات دیگر می‌توان به درستی گفت که پیچیده است. او با نقل قولی از مورتیس شلیک درباره اینکه اگر دانشمندی با استفاده از فرمولی ساده (تابع خطی، مربعی یا نمایی) بین چندین مشاهده، رابطه‌ای برقرار کند، به جنبه روش‌شناختی مفهوم سادگی و نظریه‌های مربوط به ساده‌ترین منحنی اشاره می‌کند. پوپر می‌گوید اگر نتایج مختلف چندین مشاهده را به شکل نقاط روی یک دستگاه مختصات ثبت کنیم، قانونی را که دانشمند از ارتباط دادن بین مشاهدات کشف کرده می‌توان با منحنی‌ای که از این نقاط می‌گذرد نشان داد. اما باید دقت کنیم که به لحاظ ریاضی ما فقط با یک منحنی واحد روبرو نیستیم. در واقع چندین منحنی مختلف می‌توانند وجود داشته باشند که این نقاط روی آنها قرار دارند. او با اشاره به گزینش ساده‌ترین منحنی، از ویتگنشتاین نقل می‌کند و می‌گوید: استقراء عبارت است از انتخاب ساده‌ترین قانون که با تجربیات ما سازگاری دارند. در این مرحله این پرسش پیش می‌آید که آیا توابع خطی، ساده تر از توابع مربعی هستند و دایره‌ها ساده‌تر از بیضی‌ها؟ و اگر آری چرا دانشمندان بر مبنای یک توافق نانوشته، قوانین ساده‌تر را بر قوانین پیچیده‌تر ترجیح می‌دهند؟ یکی از دیدگاه‌ها این است که منحنی‌ها هر چه میانگین انحنای کمتری داشته باشند، ساده‌ترند (به تعبیر دیگر هر چه تفاوت‌شان با یک خط راست کمتر از سایر منحنی‌ها باشد) پوپر این تفاسیر را رد می‌کند و می‌گوید برخلاف

---

۱) به آلمانی: Logik der Forschung، به انگلیسی: The Logic of Scientific Discovery

۲) Ernst Mach

۳) Gustav Kirchhof

انتظار که برای مثال تصور می‌شود منحنی هذلولی از منحنی دایره پیچیده‌تر است، از قضا شاخه‌های مجانب هذلولی از دایره ساده‌ترند و بنابراین با چنین تعاریفی، مساله‌ی سادگی حل نمی‌شود. مساله بر سر این است که اگر دو تئوری T^1 و T^2 در اختیار داشته باشیم که در آن هر دو نظریه یعنی $T^1 = x^2$ و $T^2 = ax^3 + bx^2 + c$ به رغم فرمالیسم‌های متفاوت ریاضی، از قدرت تبیینی یکسانی برخوردار باشند چرا باید نظریه T^1 را برگزینیم و آیا چنین انتخابی، یک اصل قطعی و تعیین‌کننده در انتخاب نظریه بهتر از بین نظریه‌های رقیب است؟

اگرچه بحث درباره جزییات اصل سادگی در عمل بسیار دشوارتر از آن است که برای گنجاندن در این فصل مناسب باشد اما کافیست در نظر بگیریم که دانشمندان غیر از مساله اصل سادگی، ملاحظات دیگری نیز دارند. ملاحظاتی حتی محاسباتی یا عمل‌گرایانه که باعث می‌شود مهندسان مکانیک سیالات برای محاسبات خود، گاهی از روش اویلری[۱] استفاده کنند و گاهی از روشی دشوارتر یعنی توصیف لاگرانژی[۲]. مثال دیگر، دو صورت‌بندی مکانیک ماتریسی ورنر هایزنبرگ و مکانیک موجی اروین شرودینگر از مکانیک کوانتومی است که فیزیک‌دانان در بکارگیری هر کدام از این دو، ملاحظاتی غیر از اصل سادگی را به کار می‌برند. پوپر در همین فصل یعنی فصل هفت از کتاب خود راهی را پیشنهاد می‌کند که به باور او با کمک آن، تمامی مسائل معرفت‌شناختی که از جدل بر سر مفهوم اصل سادگی ناشی شده‌اند حل می‌شود: ابطال پذیری!

---

۱) یکی از روش‌های مدل‌سازی رفتار سیالات، توصیف اویلری Eulerian Description است که در آن حجم مشخصی از سیال به عنوان حجم کنترل Control Volume مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲) توصیف لاگرانژی Lagrangian Description روشی است برای مطالعه رفتار سیال، از این طریق که با دنبال کردن هر ذره از سیستم، تمامی مجموعه مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد.

۲.۷ ابطال، به مثابه سنگ محک

تا مدت‌های طولانی این ایده که علم بر مبنای مشاهده و تعمیم استقرایی پیش می‌رود، از دید بسیاری از دانشمندان و فیلسوفان علم، موجه به نظر می‌رسید. الگوی روش علمی که فیلسوفان علم به دانشمندان پیشنهاد می‌کردند مبتنی بر یک الگوی استقرایی بود و تکیه محض بر اثبات‌پذیری. هرچند این تعمیم استقرایی پیش‌شرط‌ها و حد و مرزی هم داشت. از دید اثبات‌گرایان، اعتبار روش اثبات‌گرایی در صورتی موجه است که تعداد گزاره‌های مشاهداتی، زیاد و همچنین مشاهدات، تکرارپذیر باشند و در عین حال هیچ مشاهده‌ای هم با قانون کلی پیشنهادی در تعارض نباشد. از این رو روش اثبات‌گرایی پیشنهادی این گروه از فیلسوفان علم را به طور خلاصه می‌شد به این شکل خلاصه کرد:

اگر تعداد زیادی A در شرایط مختلف تکرارپذیر مشاهده شوند و بدون استثناء همه موارد مشاهده شده A دارای ویژگی B باشند آن‌گاه می‌توان نتیجه گرفت که تمام A ها دارای ویژگی B هستند.

به بیان دیگر همه چیز مانند آن است که از اینکه تمام قوهای مشاهده شده تا به حال سفید بوده‌اند نتیجه بگیریم تمام قوها سفیدند. اما این استدلال یک مشکل بزرگ دارد و آن هم این است که مشاهده تعداد زیادی قوی سفید، هیچ ضمانت منطقی به دست نمی‌دهد که قوهای بعدی نیز حتما سفید باشند[1]. از این رو چنین تعمیم استقرایی و کار فیلسوفان علمی که علم را استقرایی می‌دانند به لحاظ منطقی قابل توجیه نیست. پوپر جایی از دیوید هیوم، فیلسوف اسکاتلندی نقل

---

۱) اروپایی‌ها تا سال ۱۶۹۷ یعنی زمانی که ویلم دی ولامینگ Willem de Vlamingh دریانورد هلندی در سفر خود به غرب استرالیا از مشاهده قوی سیاه خبر داد، تصور می‌کردند همه قوها سفیدند. این مثال تاریخی بیانگر ضعف بنیادین استدلال استقرایی است و نشان می‌دهد هرگز نمی‌توان از موارد مشاهده شده، ولو با تعداد بسیار بسیار زیاد، قطعی بودن نتیجه را اثبات کرد.

می‌کند و می‌نویسد: "آیا به لحاظ عقلی حق داریم بر اساس موارد مکرری که تا کنون تجربه کرده ایم درباره مواردی که تجربه نکرده‌ایم استدلال کنیم؟ پاسخ سرسختانه هیوم این است: خیر! چنین حقی نداریم... به عقیده من پاسخ هیوم به این پرسش درست است." استقراء در این معنی عبارت است از استنتاج پدیده مشاهده نشده از روی پدیده‌های مشاهده شده. راه‌حلی که پوپر برای این مشکل ارائه می‌کند جایگزینی ابطال[۱] به جای اثبات[۲] است. چرا که اثبات صحت نظریه‌های ما هرگز ممکن نیست و با مشاهده هزاران هزار قوی سفید نمی‌توان درستی این گزاره که "همه قوها سفیدند" را اثبات کرد اما ابطال، برخلاف آن کاملا ممکن است و مشاهده‌ی تنها یک قوی غیرسفید این گزاره را ابطال می‌کند. مبنای اصلی ایده ابطال‌پذیری[۳] این است که اثبات درستی یک نظریه، ناممکن است اما می‌توان نشان داد که یک نظریه غلط است چرا که یافتن فقط و فقط یک مورد مشاهده که نظریه را نقض کند کافیست. پوپر با خود اندیشید که معیار اصلی که با آن می‌توان نظریه‌های علمی را از نظریه‌های غیرعلمی تشخیص داد در واقع درجه ابطال‌پذیری آنهاست و نه تاییدپذیری آنها. آن‌گونه که خود او در یک سخنرانی سال ۱۹۵۳ نقل می‌کند سه رخداد مهم تاریخی او را به صورت‌بندی دیدگاه ابطال‌پذیری کشاند. مورد اول مارکسیسم بود. به عقیده پوپر، یک فرد مارکسیست با باز کردن روزنامه و ورق زدن صفحات آن، هر خبر و هر تحولی را تاییدی بر تفسیر خود از تاریخ و جامعه می‌بیند.[۴] به عبارت دیگر چنین نظریه‌ای

---

۱) Falsification

۲) Verification

۳) Falsifiability

۴) انگلس در کتاب دیالکتیک طبیعت به توضیح دیدگاهی می‌پردازد که به تئوری شناخت ماتریالیسم تاریخی مشهور است. دیدگاهی که در نهایت، مارکسیسم را یک علم می‌داند. علمی که از وجود یک رابطه دیالکتیکی بین فرایندهای مادی طبیعت از یکسو و روند تحولات تاریخی جوامع انسانی از سوی دیگر منتتج شده است. خود کارل مارکس، سوسیالیست‌های پیش از خود را سوسیالیسم تخیّلی Utopian socialists می‌خواند و خود را پایه‌گذار سوسیالیسم علمی می‌دانست.

در نظر او مدام تایید می‌شود و از قضا همین مدام تایید شدن، پاشنه آشیل و نقطه ضعف آن به شمار می‌رود و نه نقطه قوت آن. مورد دومی که پوپر را به صورت‌بندی ایده ابطال‌پذیری کشاند نظریه عقده حقارت آدلر بود.[1] نظریه آدلر نیز از دید پوپر، به همان نقصی دچار بود که نظریه مارکسیسم. نظریه آدلر نیز همیشه و در همه حال اثبات می‌شد. هم می‌توانست رفتار فردی را توضیح دهد که کودکی را در آب غرق می‌کند و هم فردی را که جان خود را به خطر می‌اندازد تا کودک را از غرق شدن نجات دهد. به باور پوپر این تاییدپذیری از ضعف یک نظریه ناشی می‌شود و گواهی بر قدرت تبیینی و درستی یک نظریه نیست. مورد سوم که پوپر از آن یاد می‌کند نظریه نسبیت عام اینشتین بود که آرتور ادینگتون در محاسبه خمیدگی نور در خورشیدگرفتگی سال ۱۹۱۹ آزمونی تجربی برای سنجش آن انجام داد.[2] این آزمون برای نظریه نسبیت اینشتین اهمیت حیاتی داشت. نظریه نسبیت اینشتین

---

۱) عقده حقارت Inferiority complex نظریه روانشناس اتریشی آلفرد آدلر Alfred Adler است که ایده‌های اولیه آن را در سال ۱۹۰۷ طرح کرد.

۲) البته کار آرتور ادینگتون در محاسبه خمیدگی نور در خورشیدگرفتگی سال ۱۹۱۹ برای اثبات تجربی نسبیت عام آلبرت اینشتین نخستین تلاش برای محک تجربی نظریه نسبیت نبوده است. نسبیت عام آلبرت اینشتین در نوامبر سال ۱۹۱۵ معرفی و در ماه مارس ۱۹۱۶ منتشر شد. حدود سه سال بعد در بیست و نهم ماه می ۱۹۱۹ خورشیدگرفتگی کامل رخ داد و در آزمون آرتور ادینگتون در سواحل غربی آفریقا (در جزیره Príncipe) نشان داده شد که میزان انحنای نور ستارگان در گرانش خورشید به همان میزان است که نسبیت عام پیش‌بینی می‌کند. پنج سال پیش از این آزمون مشهور، اروین فروندلیش Erwin Finlay-Freundlich اخترفیزیک‌دان اهل ویسبادن آلمان (۱۹۶۴-۱۸۸۵) برای بررسی تجربی نظریه اینشتین در جریان خورشیدگرفتگی ۲۱ آگوست سال ۱۹۱۴ راهی روسیه شده بود. البته در این تاریخ هنوز نظریه نسبیت عام اینشتین طرح نشده بود و فروندلیش قرار بود مقاله سال ۱۹۱۱ اینشتین را بررسی تجربی کند و نه نظریه نسبیت عام را. مقاله‌ای که اینشتین چند سال قبل از انتشار نسبیت عام منتشر کرده بود و در آن خمیدگی نور در میدان گرانشی را پیش‌بینی می‌کرد. این مقاله اینشتین با عنوان آلمانی Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes : در باب تاثیر نیروی جاذبه بر انتشار نور زمانی نوشته شد که او در پراگ در دانشگاه Charles (به زبان اصلی Univerzita Karlova) استاد فیزیک نظری بود. مقاله او در برگیرنده موضوعاتی است که بعدها یعنی حدود چهار پنج سال بعد به صورت کامل و درست و دقیق‌تر در قالب نظریه نسبیت عام منتشر شد. برای بررسی تجربی پیش‌بینی انحنای نور در یک میدان گرانشی، Leo Wenzel Pollak همکار اینشتین به دنبال اخترشناسی می‌گشت که این ماموریت را بر عهده بگیرد. فروندلیش برای اینکه می‌خواست از وظایف روزمره خسته‌کننده رهایی پیدا کند این ماموریت را پذیرفت و همکاری‌اش را با آلبرت اینشتین آغاز کرد. اروین فروندلیش در ابتدا تلاش کرد ←

بر خلاف دو مورد قبلی که پوپر از آن یاد می‌کند، تن به ابطال می‌داد و هر آن ممکن بود که از بوته آزمایش سربلند بیرون نیاید. به بیان دیگر، غلط بودن احتمالی این نظریه را می‌شد در آزمون تجربی نشان داد و راهی وجود داشت که اگر این نظریه غلط باشد بتوان غلط بودن آن را آشکار کرد.

خود آلبرت اینشتین اشاره کرده بود که اگر جابجایی سرخ، که او برای طیف قمرهای شعرای یمانی[۱] و دیگر کوتوله‌های سفید[۲] پیش‌بینی کرده بوده غلط از آب در می‌آمد، نظریه او مردود می‌شد. این مساله که یک نظریه، خود را در معرض آزمون بگذارد از نگاه پوپر معیاری بود که می‌شد از آن به عنوان روشی برای غربال کردن علم از غیرعلم استفاده کرد. از دید او این معیار مانند یک الک یا غربال عمل می‌کرد و فقط نظریه‌های علم تجربی را از خود گذر می‌داد. نظریه‌های علمی نظریاتی بودند مانند نسبیت اینشتین که خود را در معرض ابطال قرار می‌دادند و نه نظریه‌های غیرعلمی مانند مارکسیسم و نظریه روانشناسی آدلر که همیشه و تحت هر شرایطی تایید می‌شدند. با روشن‌تر شدن نقایص اثبات گرایی، برخی از فیلسوفان علم که از دیدگاه استقرایی بودن علم پشتیبانی می‌کردند، به تدریج رویکرد خود درباره ماهیت علم مبتنی بر

← که خمیدگی نور در میدان گرانشی خورشید را بر اساس داده‌های خورشیدگرفتگی‌های قبلی بررسی کند اما این بررسی‌ها نتیجه‌ای در بر نداشت. چون رصدهای قبلی در خورشیدگرفتگی های قبلی با اهداف دیگری انجام شده بودند. فروندلیش قصد داشت این بار این آزمایش را در ۲۱ آگوست سال ۱۹۱۴ انجام دهد. او از ماه آوریل برای سفر به روسیه و بررسی خورشیدگرفتگی آماده شد و به روسیه رفت. لیکن بخت با او یار نبود و با شروع جنگ جهانی اول به اسارت درآمد. برای آگاهی از مسائل تاریخی درباره این قرائت اسطوره ای از تایید نسبیت عام و اینکه آزمایشی که درستی نسبیت را تایید کرد به لحاظ تکنولوژیک تنها چند دهه بعد قابل انجام بود و در عمل هم انجام شد و همچنین درباره نقش جامعه علمی در پذیرش این نظریه در سال ۱۹۱۹، نگاه کنید به فصل دوم کتابی با عنوان The Golem: What You Should Know About Science اثر Harry M. Collins, Trevor Pinch

۱) Sirius

۲) White dwarfs

استقراء را تعدیل کردند و آن‌گونه که چالمرز[۱] می‌نویسد شکل اصلاح شده استقراء چنین شد:

اگر تعداد زیادی A در شرایط مختلف تکرارپذیر مشاهده شوند و بدون استثناء همه موارد مشاهده شده A دارای ویژگی B باشند آن‌گاه می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا تمام A ها دارای ویژگی B هستند.

با این وجود نه تنها به اثبات‌پذیری، بلکه به ابطال‌پذیری نیز نقدها و ایرادات بسیار وارد شده است. یکی از قدیمی‌ترین ایرادها به ابطال‌پذیری این است که آیا خود ایده ابطال‌پذیری هم ابطال‌پذیر است؟ نباید فراموش کرد که معیار پیشنهادی پوپر، معیاری برای تفکیک نظریه‌های تجربی از نظریه‌های غیرتجربی است و ملاکی برای اینکه ببینیم یک نظریه به علم تجربی تعلق دارد یا نه. پوپر در یک پاورقی کتاب مشهورش "اسطوره چارچوب: در دفاع از علم و عقلانیت"[۲] با اشاره به توضیحاتی که پیش‌تر در کتاب حدس‌ها و ابطال‌ها[۳] به چنین پرسش‌هایی داده می‌نویسد بعضی‌ها از همان سال ۱۹۳۲ مدام با طعنه می‌گویند پس راجع به کتاب مقدس خودت چه می‌گویی؟ پوپر این ایراد را یک ایراد کلیشه‌ای می‌خواند و می‌گوید با اینکه پاسخ به این ایراد را قبلا در سال ۱۹۳۴ در کتاب‌هایی مثل منطق اکتشاف علمی و دیگر آثارش نوشته اما برخی نویسندگان حتی سال‌ها پس از آن مثلا در کتاب‌هایی که در سال ۱۹۷۳ چاپ شده‌اند نیز همین ایرادات را تکرار کرده‌اند. پوپر پاسخ این طعنه را با طعنه می‌دهد و می‌گوید کتاب مقدس من "علمی" نیست و متعلق به علم تجربی هم نیست. ابطال‌پذیری من یک پیشنهاد دستوری نرماتیو است که محض اطلاع، نه تنها خودش بلکه حتی پاسخی که الان به این ایراد می‌دهم هر دو قابل نقد شدن هستند. هرچند این نقد ممکن است نقد

---

۱) Alan Francis Chalmers

۲) The Myth of the Framework: In Defence of Science and Rationality

۳) Conjectures and Refutations

تجربی نباشد اما به هرحال ابطال‌پذیری من نقد شده است. اما ایرادهایی که به ابطال‌پذیری پوپر وارد شد همگی از این دست نبودند. لاکاتوش[1] معتقد بود که پوپر، سرسختی نظریه‌های علمی را نادیده گرفته و تصور کرده دانشمندان با دیدن ابطال پیش‌بینی‌های نظریه خود، دست از آن می‌کشند. نقد لاکاتوش به پوپر چندان غیرمنصفانه به نظر نمی‌رسد. لاکاتوش می‌گوید دانشمندان با آشکار شدن ناهنجاری در نظریه‌ها نه تنها از نظریه خود عقب‌نشینی نمی‌کنند بلکه فرضیه‌های نجات‌بخش[2] ابداع می‌کنند تا بتوانند ناهنجاری‌های پیش آمده در نظریه خود را لاپوشانی و توجیه کنند و حتی اگر نتوانند ناسازگاری‌های نظریه خود را توضیح دهند، توجه خود را به مسائل دیگری در آن نظریه معطوف می‌نمایند.

اگرچه خود پوپر هم تا حدودی به سوء برداشت‌ها و نقایص احتمالی مدل ابطال‌پذیری واقف بود و حتی در مواردی، ابطال‌پذیری را به نوعی با نقدپذیری معادل می‌گیرد. او در توضیح معیاری که به عنوان معیار مرزبندی[3] طرح می‌کند می‌گوید مثلا این نظریه که با کمک واکسیناسیون می‌شود بر آبله غلبه کرد، یک نظریه ابطال‌پذیر است. زیرا که اگر کسی واکسینه شود اما در عین حال باز هم به آبله مبتلا شود، آن‌گاه این نظریه ابطال خواهد شد. پوپر صراحتا می‌گوید که معیار ابطال‌پذیری مشکلات خود را دارد و کاربرد آن ابدا ساده نیست. اگر یک نفر از میلیون‌ها نفری که واکسن آبله زده‌اند به آبله مبتلا شوند، به سختی می‌توان نظریه را ابطال شده بدانیم بلکه به جای پذیرش ابطال، با خود می‌اندیشیم که حتما یک جای کار (مثلا نحوه واکسیناسیون یا ماده واکسن) ایراد داشته است. در چنین حالتی به تعبیر پوپر می‌کوشیم راهی برای برون رفت از این وضعیت بیابیم یا فرضیه‌ای کمکی پیدا کنیم تا نظریه را از ابطال نجات دهیم. پاسخ پوپر اما این است که این نظریه هم‌چنان یک نظریه ابطال‌پذیر باقی می‌ماند

---

۱) Imre Lakatos فیلسوف علم مجارستانی

۲) rescue hypothesis

۳) Demarcation

چرا که اگر مثلا تعداد افرادی که با وجود واکسینه شدن، آبله گرفته‌اند با تعداد افرادی که واکسینه نشده و آبله گرفته‌اند برابر باشد آنگاه طبیعی است که جامعه علمی نسبت به اثربخش بودن نظریه واکسیناسیون آبله، شک و تردید می‌کند و این نظریه را ابطال کرده و کنار می‌گذارد.

تفاوت نظریه‌های ابطال‌پذیر با نظریه‌های ابطال‌ناپذیر از دید پوپر در همین نکته نهفته است. او می‌گوید فیزیک و شیمی و زیست‌شناسی آزمایش‌پذیر و ابطال‌پذیرند اما برای مثال نظریه روان‌کاوی فروید محتوای تجربی صفر دارد و ابطال‌ناپذیر است.[1]

در حالی که همیشه راهی وجود دارد تا بشود نظریه‌های علمی مانند نظریه نیوتن و اینشتین را به پشت میز دادگاه کشاند و اگر نادرست باشد، نادرستی آنها را آشکار کرد. اگر روزی دیده شود که میز شروع به حرکت کرده یا فنجان چایی روی میز شروع به چرخش کرده و چایی درون فنجان هم بر اثر این دوران و گردش روی میز نریزد، می‌توان نظریه نیوتن را ابطال کرد اما در مقابل، هیچ رفتار انسانی را نمی‌توان یافت که به کمک آن بتوان نظریه فروید را به چالش کشید و ابطال کرد. با این وجود به نظر می‌رسد جایگزین کردن ابطال به جای اثبات، یعنی دستورالعملی که پوپر پیشنهاد می‌دهد در عمل به بحث و تفسیری به مراتب پیچیده‌تر از این‌ها نیاز دارد.

چرا که هم ناهنجاری‌های ایجاد شده در جریان آزمون‌های عملی یک نظریه و هم راه‌حل‌هایی که دانشمندان برای نجات یک نظریه از ابطال به کار می‌گیرند طیف متنوع‌تر و بزرگ‌تری را در بر می‌گیرد و مساله مقاومت نظریه‌ها در برابر سقوط در پرتگاه ابطال، دشوارتر از آن است که بتوان آن را فقط در یک دستورالعمل خلاصه کرد. برای نمونه

---

۱) هرچند پوپر می‌گوید محتوای منطقی نظریه فروید زیاد است اما اشکال او به محتوای تجربی این نظریه است. به بیان دیگر به اینکه نظریه فروید، وقوع هیچ پدیده و هیچ رفتاری را رد نمی‌کند و قادر است هر رفتاری را که از انسان سر بزند تفسیر کند و با هیچ رفتاری، نمی‌توان مردود بودن این نظریه را نشان داد.

زمانی که دانشمندان پروژه اپرا Opera [1] اعلام کردند که نوترینوها با سرعتی بیشتر از سرعت نور حرکت کرده اند[2] همه چیز از آن حکایت داشت که یک ناهنجاری بزرگ در نظریه نسبیت اینشتین ایجاد شده است. اما واکنش‌های جامعه علمی و تحقیقات آن‌ها که ماه‌ها به طول انجامید، نمونه‌ای از مقاومت دانشمندان در برابر ابطال بود. این مثال شاهدی بر آن است که دانشمندان از احتمال ابطال نظریه‌های رایج چندان هم با آغوش باز استقبال نمی‌کنند و بلکه به دنبال راهی می‌گردند که ابطال‌ها را توجیه کنند. از قضا این کوشش سرسختانه برای حفظ نظریه‌ها، عقلانی به نظر می‌رسد و اصولا طبیعی است که دانشمندان با دیدن ناهنجاری در نظریه، پیش از هرچیز به روش آزمایش و خطای آزمایشگاهی خود تردید کنند تا به صحت خود نظریه. به خصوص در نظریه‌ای که از پس تبیین و پیش‌بینی بسیاری پدیده‌ها سربلند بیرون آمده و کارآمدی خود را طی دهه‌ها آشکار کرده است. نمونه دیگر یک مورد ناهنجاری در نظریه مهبانگ است و تخمین عمر ستاره ای به نام Methuselah (با نام علمی HD 140283) که در سال ۲۰۰۰ حدود ۱۶ میلیارد سال برآورد شده بود. تخمینی که با عمر شناخته شده کیهان یعنی ۱۳ میلیارد و هفتصد میلیون سال، به وضوح ناسازگاری داشت و نشان می‌داد ستاره‌ای وجود دارد که عمر آن به مراتب بیشتر از عمر جهان هستی است. بررسی‌ها و تحقیقات بعدی دانشمندان عمر تخمینی این ستاره را ۱۴.۵ میلیارد سال برآورد کرد که البته باز هم بیش از عمر شناخته شده

---

۱) Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus

۲) در جریان آزمایش‌های پروژه اپرا در سپتامبر ۲۰۱۱، گزارش دانشمندان نشان می‌داد که نوترینوها فاصله ۷۳۰ کیلومتری بین مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه سرن CERN در ژنو و آزمایشگاه Gran Sasso در ایتالیا (در انیستیتو ملی فیزیک هسته ای (INFN) Istituto nazionale di fisica nucleare) را شصت نانوثانیه سریع‌تر از زمانی طی کردند که نور برای طی این مسافت لازم دارد. نوترینوها قاعدتا بایستی این مسافت را در۲/۰۰۴ ثانیه طی می‌کردند و پذیرش اینکه نوترینوها با سرعتی بیش از سرعت نور به مقصد رسیده اند، ابطال نظریه نسبیت خاص اینشتین به شمار می رفت. این گزارش از همان ابتدا مورد تردید بسیاری دانشمندان قرار گرفت و در نهایت نیز مشخص شد، زمان محاسبه شده ناشی از یک خطای آزمایشگاهی در استفاده از سامانه موقعیت یاب جهانی GPS و نقص در سیستم فیبر نوری حین انجام این آزمایش بوده است.

کیهان به شمار می‌رفت. برخی از دانشمندان این ایده را طرح کردند که یا محاسبات کنونی در تخمین سن کیهان اشتباه است یا همه چیز مربوط به بخشی از فیزیک است که هنوز برای ما نامشخص است.[۱] این مثال و مثال‌های مشابه نشان می‌دهد که دانشمندان در مواجهه با ناهنجاری‌های احتمالی یک نظریه مستقر، ترجیحا نسبت به درستی محاسبات خود تردید می‌کنند و نه به درستی خود نظریه. حد و مرز ابطال‌پذیری هرچه باشد نمی‌توان انکار کرد که این معیار، یک غربال کارآمد برای تفکیک نظریه‌های علمی از نظریه‌های غیرعلمی است. ابطال‌پذیری از دید پوپر، راه حلی برای اصل سادگی نیز به دست می‌دهد. او معنای سادگی نظریه‌ها را با درجه‌ی ابطال‌پذیری مرتبط می‌داند و معتقد است نظریه‌های با ابعاد کمتر را آسان‌تر از نظریه‌های با ابعاد بیشتر می‌توان ابطال کرد.[۲] به عبارت دیگر، ابطال یک قانون

---

۱) از جمله مطالعه ای که هاوارد باند Howard E. Bond از دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا در Solar and Stellar Astrophysics منتشر کرده بود و با بررسی داده‌های تلسکوپ فضایی هابل نشان می‌داد که لحاظ کردن ملاحظات دقیق تری در سنجش سن ستاره متوشالح باعث می‌شود که عدد به دست آمده فاقد قطعیت باشد. این سن می تواند ۸۰۰ میلیون سال بیشتر یا کمتر باشد و بررسی‌های بیشتر به احتمال بالا نشان خواهند داد که سن ستاره HD 140283 کمتر از اینهاست و تضادی با نظریه بیگ بنگ و عمر محاسبه شده برای کیهان ندارد. ستاره HD 140283 که بر اساس محاسبات تلسکوپ فضایی هابل حدود ۱۹۰ سال نوری از ما فاصله دارد از سال ۱۹۱۲ برای بشر شناخته شده است . برخی مطالعات (بر ای مطالعه بیشتر: مقاله ای در The Astrophysical Journal Letters در سال در ۲۰۱۳ با عنوان HD 140283: A Star (in the Solar Neighborhood that Formed Shortly After the Big Bang نشان می‌داد که در سنجش سن این ستاره در حدود ۸۰۰ میلیون سال خطا وجود دارد و با پذیرش این خطا در قطعیت محاسبات، می‌توان عمر این ستاره را ۱۳ میلیارد و هفتصد میلیون سال (کمتر از سن کیهان) تخمین زد. به بیان دیگر، برآورد دانشمندان این است که این ستاره کمی پس از بیگ‌بنگ شکل گرفته است. نبود قطعیت در تخمین‌ها و برآوردهای محاسباتی، به خصوص در کیهان‌شناسی و فیزیک ذرات بسیار رایج است و نباید فراموش کنیم که حتی سن محاسبه شده امروزی برای خود جهان هستی نیز حدود بیست تا سی میلیون سال عدم قطعیت دارد.

۲) او از کتاب احتمالات و استقراء Probability and Induction نوشته ویلیام نیل William Kneale (۱۹۴۹) نقل قول می‌آورد که در کتاب خود نوشته، فرضیه‌ای که از همه ساده‌تر باشد، همان است که در صورت غلط بودن، آسان‌تر می‌توان آن را حذف کرد. با این وجود نقدهای بسیاری به دیدگاه پوپر در باب ارتباط بین سادگی و ابطال‌پذیری وجود دارد و خواننده علاقه‌مند می‌تواند مقالات و کتاب‌های بسیاری در نقد دیدگاه پوپر بیابد و به ارزیابی بهتری درباره مفهوم اصل سادگی در نظریه‌های علمی برسد.

که با تابع درجه اول بیان شده آسانتر از قانونی است که با تابع درجه دوم بیان شده است. از این منظر، با زیاد شدن درجه ابطال‌پذیری یک نظریه، دقت و کلیت آن نیز افزایش پیدا خواهد کرد و درجه ابطال‌پذیری هر نظریه، به نوعی بیانگر گستره‌ای است که یک نظریه، رخدادهای طبیعت را به زیر پر و بال خود می‌گیرد. شاید یکی از بهترین مثال‌های مرتبط با این موضوع، مقایسه بین دو نظریه گرانش نیوتن و اینشتین باشد. محتوای تجربی و توان تبیین‌کنندگی نظریه اینشتین مشخصا از نظریه نیوتن بیشتر است و به تعبیر پوپر، نظریه اینشتین، دعاوی به مراتب بیشتری دارد. نظریه اینشتین نه تنها تمام حرکت‌های توصیف شده نظریه نیوتن از جمله مدار سیارات را شامل می‌شود بلکه تاثیر گرانش روی نور را نیز تبیین می‌کند. چیزی که نظریه نیوتن نه در بحث گرانش و نه در بحث اپتیک ابدا به آن اشاره‌ای نکرده است. این به آن معناست که نظریه اینشتین بیشتر در معرض ابطال است و اساسا این امکان وجود دارد که با یک سری مشاهدات نقض شود که هیچ ارتباطی به نظریه نیوتن ندارند. نظریه اینشتین به همان نسبت که محتوای تجربی غنی‌تری دارد و قدرت تبیینی آن از نظریه نیوتن بیشتر است، ابطال‌پذیرتر هم هست و به همان نسبت، بیشتر در خطر نقض و ابطال قرار دارد.

فصل سوم:

ساختار اکتشاف‌های علمی

۳.۱ کشف و اختراع

کار دانشمند، فراتر از صورت‌بندی نظریه و آزمایش و آشکارسازی و مشاهده، کشف و یا اختراع را نیز در بر می‌گیرد. این مفاهیم اگرچه هرکدام تعریف خاص خود را دارند اما به گونه اعجاب‌انگیزی در هم تنیده و با یکدیگر مرتبط‌اند. یک اختراع (مثلا اختراع تلسکوپ فضایی هابل) می‌تواند به کشف (مثلا کشف کهکشان کوتوله DDO 68 در فاصله ۳۹ میلیون سال نوری) منجر شود و یک کشف هم می‌تواند به صورت‌بندی یک نظریه جدید یا تکمیل و اصلاح نظریه‌های قدیمی (مثلا نظریه‌ای درباره نحوه شکل‌گیری کهکشان‌ها پس از بیگ‌بنگ[۱]) بیانجامد. نوالیس[۲] نویسنده و فیلسوف آلمانی قرن ۱۸ گفته بود نظریه‌ها تورند، فقط کسی که تور می‌اندازد صید نصیبش می‌شود. گفته او را می‌توان به مفاهیمی چون کشف و اختراع و مشاهده نیز تعمیم داد. برای مشاهده و کشف نیز باید تور پهن کرد و کسی که نمی‌داند

---

۱) بسیاری ممکن است تصور کنند هاوکینگ، مبدع نظریه بیگ بنگ بوده است. اما در واقع نظریه بیگ بنگ سال‌ها پیش از تولد هاوکینگ مطرح شده بود. این لومتر Lemaître بلژیکی بود که در سال ۱۹۲۷ به بعد تعبیری ابتدایی از بیگ بنگ را برای توصیف چگونگی پیدایش جهان به کار برد. از نظر تاریخی نام بیگ بنگ را که امروزه ما استفاده می‌کنیم نخستین بار سر فرد هویل Fred Hoyle کیهان‌شناس مشهور در برنامه رادیویی بی‌بی‌سی در سال ۱۹۴۹ و در رد نظریه لومتر استفاده کرده بود. هویل همان دانشمندی است که در سال ۱۹۴۸ به همراه هرمن بوندی Hermann Bondi و توماس گولد Thomas Gold، نظریه کیهان‌شناسی حالت پایدار Steady-State-Theory را به عنوان جایگزینی برای نظریه بیگ بنگ طرح کرد. نظریه‌ای که بر مبنای آن، جهان هیچ آغاز و پایانی ندارد.

۲) Novalis

چه چیزی را باید مشاهده کند و یا چه چیزی برای کشف وجود دارد، رازی از طبیعت را صید نخواهد کرد. ویل دورانت در نخستین جلد از مجموعه تاریخ تمدن[۱] بر این باور است که علم با تمدن آغاز شده است. جرج سارتن[۲] مورخ علم نیز در این که همه چیز با تمدن، یعنی با فعالیت‌هایی برای تامین غذا و ساخت سرپناه شروع می‌شود با ویل دورانت هم‌عقیده است. مطالعه تاریخ تمدن به ما نشان می‌دهد که انسان برای غلبه و مهار طبیعت، چاره‌ای جز ساخت ابزار نداشته است. ابزارهایی که از ترکیب سنگ و چوب و شاخ و الیاف و چرخ و اهرم شروع شد و در روزگار ما به اختراع ساختارهای پیچیده‌تری مانند گوشی های هوشمند تلفن همراه و لپ‌تاپ و پرینترهای سه‌بعدی و مایکروویو و هواپیما و تلسکوپ فضایی هابل رسیده است. با این وجود، روحیه جستجوگر انسان امروز برای کشف رازهای طبیعت، فقط به اموری که برای تامین غذا و سرپناه لازم است محدود نیست. پروژه‌های بزرگ و فناوری‌هایی که برای کشاورزی فضایی[۳] یا حتی استخراج معادن ماه[۴] و سایر سیارات طرح می شود بیانگر آن است که

---

۱) The Story of Civilization

۲) George Sarton

۳) Space farming

۴) پروژه استخراج معادن ماه در زمان نوشتن این کتاب، صرفا یک موضوع علمی تخیلی نیست. از قضا از مدتی پیش رسما آغاز شده و در فاز مطالعاتی قرار دارد. برخی پیش‌بینی می‌کنند که شاید تنها ۱۰ تا ۱۵ سال با شروع استخراج معادن ماه فاصله داشته باشیم. از جمله جاذبه‌های ماه برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در صنعت معدن، می‌توان به استخراج فلز اسکاندیوم Scandium (با نماد شیمیایی Sc و عدد اتمی ۲۱) اشاره کرد. فلزی نقره ای – سفید که در ماه بیش از زمین یافت می‌شود و افزودن آن به آلومینیوم می‌تواند آلیاژهای مستحکم‌تر و در عین حال سبک‌تر و منعطف‌تر تولید کند و با کاهش وزن قطعات هواپیماها و خودروها، مصرف سوخت را نیز پایین بیاورد. یک مزیت دیگر استقرار انسان در ماه برای استخراج معادن این است که در ماه منابعی چون اکسیژن و هیدروژن وجود دارد که می‌تواند به عنوان یک ایستگاه بین راهی و به عبارت دیگر مانند یک جایگاه سوخت بین کهکشانی، به دانشمندان آینده کمک کند تا در مسیر خود به سیارات دوردست در منظومه شمسی، توقفی در ماه داشته باشند و در مسیر خود دچار کمبود سوخت نشوند.

بخش بزرگی از دغدغه بشر امروز در اکتشاف فضاهای دور، احتمالا در نهایت شبیه به همان دغدغه‌ای است که اجداد انسانی ما را وادار می‌کرد تبر بسازند و یا در مراتع برای دام‌ها آغل و سرپناه طراحی کنند. از اینها گذشته مطالعه تاریخ علم نشان می‌دهد که انسان در کشف قلمروهای نو، سماجت بی‌نظیری هم به خرج داده است و اگر در به روی او بسته بوده از پنجره وارد شده و اگر پنجره بسته بوده از دیوار وارد شده تا به هر روشی که ممکن است دایره اکتشافات خود را گسترش دهد. از بیش از ۲۰۰ سال قبل، یعنی زمانی که ویلهلم هرشل در سال ۱۷۸۹ قمرهای زحل از جمله انسلادوس و میماس را کشف کرد تا امروز ده‌ها قمر دیگر این سیاره کشف شده است. پایونیر ۱۱ در سال ۱۹۷۹، وویجر۱ در ۱۹۸۰ و وویجر۲ در ۱۹۸۱ به بررسی سیاره زحل پرداختند و هر کدام به صورت حیرت‌برانگیزی به دانش ما از این سیاره اسرارآمیز افزودند. از تصاویر باشکوه تلسکوپ فضایی هابل گرفته تا فضاپیمای کاسینی[1] که در سال ۲۰۰۵، قمر دیگر زحل به نام دفنیس را کشف کرد و تصویری از آن به زمین فرستاد، همه اینها نشان می دهد که روحیه جستجوگرانه انسان، با یک نوع سماجت برای کشف بیشتر و بیشتر نیز همراه است. گاهی اکتشافات علمی و طرح

---

۱) در شناخت زحل، سهم این کاوشگر بیش از سایر فضاپیماها و دوربین‌ها و تلسکوپ‌های فضایی بوده است. ماموریت کاسینی-هویگنس Cassini–Huygens که از سال ۱۹۹۷ آغاز شد طی مدت دو دهه اطلاعات بسیاری از زحل و قمرهای آن به زمین مخابره کرد. از جمله تصویری که در سال ۲۰۱۰ از فاصله ۵۰ هزار کیلومتری از قمر میماس منتشر کرد و بسیاری جزییات دیگر. کافیست در نظر بگیریم زمانی که فضاپیمای کاسنی در سال ۱۹۹۷ به فضا پرتاب شد، تنها ۱۸ قمر سیاره زحل کشف شده بود. کاسینی تفاوت عمده‌ای نیز با کاوشگرهایی مانند وویجر ۱ و ۲ داشت و آن هم نحوه پایان ماموریتش بود. وویجر ۱ و ۲ پس از پایان ماموریت خود، راهی فضای بیرون از منظومه شمسی شدند و همچنان نیز به مسیر خود در این سفر بی پایان ادامه می‌دهند. در سال ۲۰۱۰ وویجر۱ در مرز منظومه شمسی قرار گرفته و در سال ۲۰۱۳ هم خروج وویجر۱ از منظومه شمسی رسما تایید شد. اینک و در زمان تالیف این کتاب، وویجر۱ و ۲ در حدود بیست میلیارد کیلومتر از زمین دور شده اند و دورترین ساخته‌های دست بشر به شمار می‌روند که از زمین به فضا پرتاب شده‌اند. اما کاسینی سرنوشت متفاوتی داشت. سیگنال‌های کاسینی در ۱۵ سپتامبر ۲۰۱۷ ساعت ۱۱:۵۵ به وقت گرینویچ قطع شد، درحالی که کاسینی ۸۳ دقیقه پیش از آن در جو زحل سوخته بود، اجزای تشکیل‌دهنده کاسینی در برخورد با جو زحل ذوب شدند و ماموریت آن با تجزیه در میان گازهای سیاره اسرارآمیز زحل با موفقیت به پایان رسید. یکی از دلایل دانشمندان برای اینکه کاسینی را در پایان ماموریت خود روی سیاره زحل منهدم کردند و نه مثلا روی قمر تایتان این بود که تایتان یکی از گزینه‌های مظنون به وجود عوامل اصلی حیات است و دانشمندان نمی‌خواستند این قمر را که ممکن بود میزبان حیات باکتری‌ها باشد آلوده کنند.

نظریه‌های نو در دوره‌هایی از تاریخ، شتاب بیشتری می‌گیرند و در عین حال گاهی در دوره‌های زمانی به خصوصی به نظر می‌رسد که متوقف شده یا به کندی پیش می‌روند. برخی زمین‌ها برای کشف، بسیار حاصل‌خیزند و محصول فراوان دارند برخی نیز کم‌محصول و محدودند. مثلا در کشف عناصر جدید جدول تناوبی یا کشف سیاره ای جدید در منظومه شمسی، موانعی بر سر راه است و اکتشاف جدید، به سادگی ممکن نیست. هنوز هیچکسی نمی داند که کشف عناصر جدید جدول تناوبی تا کجا ادامه خواهد یافت. زمانی که مندلیف در سال ۱۸۶۹ جدول تناوبی عناصر شیمیایی را صورت‌بندی کرد فقط ۶۳ عنصر برای بشر شناخته شده بود و حالا پس از اضافه شدن چهار عنصر در سال ۲۰۱۵ و با کامل شدن ردیف هفتم جدول به نظر می‌رسد که عنصر جدیدی برای کشف باقی نمانده است. با این وجود اگر عنصر جدیدی کشف شود، این عنصر جدید، پرونده ردیف هشتم را باز می‌کند و البته مشخص نیست که این روند تا چه زمانی می‌تواند ادامه پیدا کند.

برخی از دانشمندان محدودیتی برای امکان کشف عناصر جدید قائل نیستند و برخی دیگر بر این باورند که عناصر شیمیایی بعدی جدول به فرض وجود، ناپایدار خواهند بود. بنابراین در زمان انتشار این کتاب، عناصر ۱۱۳, ۱۱۵, ۱۱۷ و ۱۱۸ که در ۳۰ دسامبر سال ۲۰۱۵ از سوی آیوپاک اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی[۱] به جدول تناوبی اضافه شدند، جدول را تکمیل کرده‌اند. با این وجود نمی‌توان از این رخداد، نهایی شدن جدول تناوبی و به صدا در آمدن سوت پایان کشف عناصر جدید را نتیجه گرفت. نه تنها کشف عنصر شیمیایی جدید، بلکه کشف سیاره جدید در منظومه شمسی هم یک رخداد بسیار نادر است. از زمانی که ویلهلم هرشل در سال ۱۷۸۱ سیاره‌ای جدید یعنی اورانوس را کشف کرد تا امروز فقط نپتون و پلوتو کشف شده‌اند که البته بهتر است بگوییم فقط نپتون، چرا که اتحادیه بین‌المللی اخترشناسی، پلوتو را در سال ۲۰۰۶ از لیست سیارات منظومه شمسی خارج و در رده سیارات کوتوله طبقه‌بندی کرده است. هرشل با کشف

---

۱) International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

اورانوس نشان داد که غیر از سیاره‌های عطارد، ونوس، زمین، مشتری و زحل سیاره دیگری نیز به دور خورشید می چرخد. مشاهده اورانوس پرسش‌های تازه‌ای را در ذهن ستاره‌شناسان ایجاد کرد. چرا که حرکت اورانوس با آن چیزی که انتظار می‌رفت متفاوت بود، به بیان ساده‌تر حرکت این سیاره به نحوی بود که گویا مدارش توسط یک سیاره دیگر با اخلال مواجه می‌شود. به همین سبب ستاره‌شناسان سال‌ها در پی یافتن سیاره‌ای دیگر بودند تا اینکه در سال ۱۸۴۶ نپتون کشف شد. سال‌ها بعد در سال ۱۹۳۰ همین جستجو تا کشف پلوتو ادامه پیدا کرد. سیاره کوتوله‌ای که در آن زمان در رده سیارات طبقه‌بندی شده بود. کشف پلوتو پایان اکتشاف سیارات منظومه شمسی بود و از آن زمان به این سو هیچ سیاره دیگری کشف نشده است. از دیگرسو پلوتو نخستین سیارک شناخته شده کمربند کویپر بود. از دهه ۹۰ میلادی به بعد، با وجود مشاهدات فراوان ستاره‌شناسان هیچ اثری از چیزی که بتوان آن را سیاره نامید پیدا نشده است.[۱]

کشف در دنیای علم، ماهیت پیچیده ای دارد و وقتی از اکتشاف علمی صحبت می کنیم معمولا تصویر دانشمندانی با روپوش سفید در

---

۱) محاسبات دانشمندان نشان می‌دهد که سیاره‌ای در حد و اندازه زمین اگر وجود داشته باشد حداقل ۷۵۰ واحد نجومی AU دور از ماست. به عبارت دیگر یعنی ۷۵۰ برابر فاصله زمین تا خورشید. چرا که اگر سیاره‌ای در فاصله‌ای نزدیک‌تر از ۷۵۰ واحد نجومی قرار می‌داشت، لاجرم اثر گرانشی آن هم از مدت‌ها پیش در محاسبات‌مان ظاهر می‌شد. طبیعتا به هر میزان که سیاره احتمالی مورد نظر بزرگ‌تر باشد اثر گرانشی قوی‌تری از خود به روی سیارات دیگر به جای می‌گذارد و بنابراین بایستی در صورت وجود، در فاصله دورتری قرار گرفته باشد. اگر مثلا سیاره‌ای در ابعاد مشتری وجود داشته باشد که ما هنوز آن را کشف نکرده باشیم، این سیاره قاعدتا باید ۱۳۵۰۰ واحد نجومی از ما فاصله داشته باشد. البته اگر مداری داشته باشد و در مسیر حرکت خود به خورشید نزدیک شود، تا ابد غیرقابل کشف باقی نخواهد ماند. مساله بر سر این است که هنوز نمی‌توان با قطعیت ادعا کرد که هیچ سیاره دیگری برای کشف در منظومه شمسی وجود ندارد. منظومه شمسی در واقع بسیار بزرگ است. دورترین قسمت آن نیز شامل ابر اورت (Oort cloud) می شود یعنی ناحیه‌ای که در آن انبوهی از دنباله‌دارها و سیارک‌ها و خرده اجرام فضایی قرار دارند. خرده‌سنگ‌هایی که بسیاری از آن‌ها در هنگام شکل‌گیری منظومه شمسی، منظومه ما را ترک کردند و تعدادی نیز در ابر اورت باقی ماندند. بنابراین این مساله که سیاراتی هم در آن ناحیه شکل گرفته باشند اساسا غیرممکن نیست. ابر اورت در خارج کمربند کویپر واقع شده و عرض آن از فاصله حدود ۱۰۰ واحد نجومی از زمین شروع شده و تا ۱۰۰ هزار واحد نجومی ادامه پیدا می‌کند. حتی به باور ستاره‌شناسان ممکن است که در اثر برخورد اجرام ←

آزمایشگاه‌ها یا پشت میز کار یا پای تخته به ذهن می‌آید که با تفکر و استدلال دقیق و بررسی داده‌های خام به نتایج دقیق علمی می‌رسند. اما در تاریخ علم، مثال‌های فراوانی را می‌توان یافت که یک نظریه یا ایده‌ی برجسته، نه در مقاله‌های آکادمیک یا پای میز مطالعه و آزمایشگاه بلکه در جریان یک خواب، یک اشتباه یا حتی فراموش‌کاری سهوی مطرح شده‌اند. کشف اشعه ایکس توسط ویلهلم کنراد رونتگن[1] در شب ۸ نوامبر ۱۸۹۵ یک از این مثال‌های تاریخی است. رونتگن به صورت کاملا اتفاقی دریافت که وقتی مواد فلورسنت در مجاورت یک لوله پرتوی کاتدی CRT قرار می‌گیرند، نور ضعیفی از خودشان ساطع می‌کنند. کشفی که در سال ۱۹۰۱ برای او جایزه نوبل را به ارمغان آورد در نگاه بسیاری از مردم یک کشف اتفاقی بوده است اما مقوله کشف در عمل به این سادگی‌ها نیست و در واقع، این کشف چندان هم اتفاقی نبوده است. ذهن رونتگن به قدر کافی آماده دریافت نشانه‌های جدید و رویداد کشف بوده و واقعیت ماجرا این است که او سال‌ها روی پرتوهای کاتدی و آزمایش‌های مرتبط با آنها کار کرده بود. مثال دیگر الکساندر فلمینگ[2] کاشف پنی‌سیلین است. مشهور است که او در سال ۱۹۲۸ به صورت کاملا اتفاقی دریافت که یکی از

← آسمانی (مثلا در مورد شکل‌گیری ماه) بسیاری از سیارات به فضای بین ستاره‌ای پرتاب شده باشند و بعضی از آنها نیز به ابر اورت وارد شده باشند. چنین چیزی به لحاظ نظری کاملا ممکن است. در فاصله ۱۰۰ هزار واحد نجومی، احتمال وجود سیارات ناشناخته منتفی نیست. البته با در نظر گرفتن امکانات موجود، احتمال شناسایی آنها چندان زیاد نیست. چنین سیاراتی به فرض وجود، به قدری از خورشید دورند که نمی‌توان آنها را با تلسکوپ مشاهده کرد و از سوی دیگر این سیارات احتمالی به دلیل دور بودن از خورشید، سرد و تاریک هم هستند. این سیارات احتمالی آن قدر از ما دورند که ممکن است هیچ اثر گرانشی بر مدار سیارات شناخته شده از خود نشان ندهند. هنوز نمی‌توانیم قاطعانه ادعا کنیم که دیگر سیاره‌ای برای کشف در منظومه شمسی وجود دارد یا نه. این جنبه رازآلود اکتشاف علمی، از جهات بسیاری قابل توجه است. کشف یک سیاره در منظومه شمسی، رخدادی نادر است و همین مساله، چنین کشف احتمالی را به یک کشف ارزشمند و تاریخی تبدیل می‌کند. چه بسا شاید اگر هر روز سیاره‌ای کشف می‌شد، رخداد کشف چندان جذابیتی نداشت.

۱) Wilhelm Conrad Roentgen

۲) Alexander Fleming

ظروف حاوی کشت باکتری استافیلوکوک[1] در برابر هوا قرار گرفته و قسمت‌هایی از آن با کپک پوشیده شده است. فلمینگ به صورت زیرکانه‌ای متوجه شد باکتری‌ها درست در جاهایی که کپک نفوذ کرده از بین رفته‌اند و در نتیجه این کشف به ظاهر اتفاقی در نهایت موفق به دریافت جایزه نوبل پزشکی سال ۱۹۴۵ شد. کشفی که جان میلیون‌ها بیمار را نجات داد و دنیای پزشکی را متحول کرد. اتفاقی بودن کشف فلمینگ اما از آن واژه‌هایی است که باید روی به کارگیری آن وسواس به خرج داد. او یک پژوهشگر قابل و خبره بود و حتی سال‌ها پیش از کشف پنی‌سیلین توانسته بود آنزیم لیزوزیم[2] را کشف کند. بنابراین تصور اینکه کشف پنی‌سیلین توسط فلیمینگ[3] یک رویداد تصادفی بوده و هر کسی دیگر هم اگر جای فلیمینگ بود به همین نتیجه می‌رسید تصوری باطل است. ایده‌ها و نظریه‌ها و اکتشافات، همای سعادتی هستند که تنها بر شانه اذهان آماده و خلاق می‌نشینند.

برخی فیلسوفان علم، کشف را فرایندی روانشناختی می‌دانند که از قواعد و قوانین دقیقی پیروی نمی‌کند. مثال رایج آنها ککوله[4] شیمی‌دان آلمانی است که در سال ۱۸۶۵ ساختار شش‌ضلعی مولکول بنزن را پیشنهاد کرد. بر اساس روایت‌های تاریخی، گویا ککوله ماری را در خواب دیده بود که دم خود را به دهان گرفته و همین رویای ککوله باعث شد که فرضیه ساختار شش‌ضلعی بنزن به ذهنش خطور کند. این مثال از دید برخی فیلسوفان علم بیانگر آن است که گاهی حتی از

---

۱) Staphylococcus

۲) Lysozym

۳) اگرچه در حدود سی سال پیش از الکساندر فلمینگ، یعنی در سال ۱۸۹۷ یک پزشک ارتش فرانسه به نام ارنست دوشن Ernest Duchesne، خواص ضدمیکروبی کپک‌ها را کشف کرده بود اما ظاهرا تز دکترای او که در ۲۳ سالگی نوشته بود از سوی انیستیتو پاستور رد شد. دوشن در سال ۱۹۱۲ بر اثر بیماری سل درگذشت.

۴) Friedrich August Kekulé

دورترین روش‌ها و به غیرمحتمل‌ترین راه‌ها نیز می‌توان به فرضیات علمی رسید. از دید این گروه از فیلسوفان علم، هیچ مهم نیست که یک فرضیه در ابتدا از چه راهی صورت‌بندی می‌شود بلکه مهم این است که پس از بیان فرضیه چگونه و از چه طریقی می‌توان آن را به محک آزمون زد.

کشف تابش زمینه کیهانی[1] مثال دیگری است از اکتشافاتی که تصادفی

---

۱) CMB: cosmic microwave background پنزیاس و ویلسون در حال آزمایش ابزار ارتباط رادیویی آزمایشگاه‌های بل تلفن، در جریان اندازه‌گیری‌های خود دریافتند که تابشی معادل تابش سیاه در حدود ۳ کلوین در کیهان وجود دارد که از هر جهت آسمان دریافت می‌شود. کشف تابش زمینه کیهانی به نوعی تاییدی بود بر درستی نظریه بیگ بنگ. پنزیاس و ویلسون تابشی با فرکانس حدود ۱۶۰ گیگاهرتز شناسایی کردند که به گفته کیهان‌شناسان به ۱۳/۸ میلیارد سال پیش باز می‌گشت. اما داستان کشف تصادفی تابش زمینه کیهانی جزییات تاریخی هم دارد که ممکن است در بسیاری از منابع از آن صرف نظر شده باشد داستان کامل از این قرار است که آرنو پنزیاس و روبرت ویلسون به منظور مطالعه تشعشعاتی که از اتمسفر زمین می‌آیند از یک آنتن ریزموج شیپوری شکل استفاده می‌کردند. این آنتن عجیب و غریب به شکلی برنامه‌ریزی شده بود که منابع احتمالی تداخل‌هایی را که موجب بروز اختلال و نویز در سیستم‌های مخابراتی و ماهواره‌ای می‌شدند شناسایی کند. در جریان این پژوهش، پنزیاس و ویلسون به اختلالی پس‌زمینه‌ای ثابت برخوردند که همیشه وجود داشت و هرگز محو نمی‌شد. این مساله آنها را به شدت متعجب کرده بود. نوبزی که به صورت مداوم وجود داشت و حتی تغییر هم نمی‌کرد. آنها با بررسی‌های بیشتر و با جابجا کردن کبوترهایی که در نزدیک آنتن لانه ساخته بودند متوجه شدند که این نویز همچنان باقی است. در همین کشاکش، یک ملاقات کاملا تصادفی، سرنوشت نظریه‌های کیهان‌شناسی را به صورت جدی تغییر داد. پنزیاس و ویلسون یک روز به صورت اتفاقی به یک تیم اخترفیزیک‌دان برخوردند که دقیقا در پایین جاده ای در پرینستون نیوجرسی در حال طرح‌ریزی آزمایشی بودند که تابش تولید شده در بیگ بنگ را آشکارسازی کنند. این گروه اخترفیزیک‌دان که در بین آنها دایک Dicke و پیبلز Peebles حضور داشتند، سهم بزرگی در ماجرای کشف تابش زمینه کیهانی دارند. پنزیاس و ویلسون نتایج مشاهدات خود را که نشان می‌داد آنچه در آنتن آزمایشگاه خود ثبت کرده اند مربوط به اختلالات تابش زمینه کیهانی است به همراه مقاله ای از اخترفیزیک‌دانان تیم Dicke در سال ۱۹۶۵ در ژورنالی به اسم آستروفیزیکال astrophysical منتشر کردند. کشف بی نظیری که ۱۳ سال بعد برای آنها جایزه نوبل فیزیک را به ارمغان آورد استدلال جالب پنزیاس و ویلسون در کشف خود این بود که نویز و اختلالی که آشکار کرده‌اند ربطی به پدیده‌های جوی ندارد و حتی از منابع درون کهکشان هم مستقل است. از آن زمان تا کنون بشر توانسته دانش خود در زمینه تابش زمینه کیهانی و انفجار اولیه به صورت خیره‌کننده‌ای افزایش دهد. سال‌ها پس از کشف تابش زمینه کیهانی، در ماه نوامبر سال ۱۹۸۹ ماهواره COBE برای ثبت تابش زمینه کیهانی CMB به فضا پرتاب شد تا بتوان به کمک آن به شواهد دقیق‌تری برای تایید نظریه پیدایش جهان هستی از بیگ بنگ دست پیدا کرد.

خوانده می‌شوند. آرنو پنزیاس[۱] و رابرت ویلسون[۲] در واقع قصد داشتند منابع احتمالی تداخل‌هایی را که موجب بروز اختلال و نویز در سیستم‌های مخابراتی و ماهواره‌ای می‌شدند شناسایی کنند و به عبارت دیگر برنامه و قصدی برای اکتشاف در حیطه کیهان‌شناسی نداشتند اما ناخواسته زمینه‌ساز یک تحول بزرگ علمی در کیهان‌شناسی شدند. از اینها گذشته کشف علمی به خصوص در زمینه علومی که صورت‌بندی آنها مستلزم صرف هزینه‌های کلان است، به تنظیم برنامه‌های پژوهشی مشخص هم نیاز دارد. دلیل آن هم واضح است. دولت‌ها و موسسات بزرگ تحقیقاتی به ندرت حاضر خواهند شد در اکتشافاتی سرمایه‌گذاری کنند که خروجی آنها بر مبنای حدس و گمان و کشف‌های تصادفی باشد. پروژه های بسیار پرهزینه برای اکتشاف در فضا، با هدف یافتن سیارات فراخورشیدی با قابلیت حیات[۳] در کیهان، جستجویی شلخته، بی‌هدف و بر مبنای تکیه بر بخت و اقبال نیست.

---

۱) Arno Allan Penzias

۲) Robert Wilson

۳) با دانش و فناوری کنونی، به‌هیچ روی نمی‌توان تأیید کرد که در سیارات فراخورشیدی کشف شده، وضعیتی مشابه زمین حاکم است یا خیر. با امکانات کنونی بشر، تنها می‌توان ابعاد سیاره، جرم آن یا فاصله آن را از ستاره دانست. همین‌ها کافی است تا بتوان سیاراتی را که هم‌جرم یا هم‌اندازه زمین و البته در کمربند حیات ستاره خود (Circumstellar habitable zone: CHZ) هستند، کشف کرد. اما به هیچ عنوان نمی‌توان مشخص کرد دقیقا بر آن سیاره چه وضعیتی حاکم است. برای مثال سیاره زهره یا ونوس، همسایه ما و تقریبا هم‌اندازه و هم جرم زمین است و طبق تعریف در کمربند حیات خورشید نیز واقع شده است. با این وجود ونوس هرگز چیزی مثل زمین دوم نیست، بلکه با داشتن دمای سطحی تقریبا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد یک سیاره اساسا غیرقابل سکونت محسوب می‌شود. برای اطلاع یافتن از امکان وجود حیات در یک سیاره، باید داده‌های زیادی از وضعیت اتمسفر آن سیاره را تحلیل و بررسی کرد که چنین چیزی با وجود تجهیزات و فناوری‌های کنونی، عملا ناممکن است. در زمان نوشتن این کتاب، لیستی مشتمل بر چهارهزار سیاره فراخورشیدی شناخته شده وجود دارد و تلسکوپ فضایی کپلر (با حدود ۵۵۰ میلیون دلار بودجه) مدام سیارات فراخورشیدی بیشتری کشف می‌کند. تلسکوپ فضایی کپلر در سال ۲۰۰۹ میلادی، در زمانی به فضا پرتاب شد که دانشمندان و پژوهشگران از تعداد سیارات مشابه زمین در خارج از منظومه شمسی اطلاعی نداشتند. اینک در دانشنامه سیارات فراخورشیدی EPE دانشمندان در حدود دویست سیاره اصطلاحا مشابه زمین را لیست کرده‌اند.

هرچند در زمان حیات ما کشف سیارات فراخورشیدی و تهیه لیستی از سیارات قابل سکونت، اکتشاف زودبازده‌ای محسوب نمی‌شود اما این بانک اطلاعات سیارات فراخوشیدی احتمالا برای انسان‌های آینده منبعی ارزشمند خواهد بود. چنین پروژه‌هایی اغلب بر مبنای برنامه‌های پژوهشی مشخص انجام می‌شوند و نه به قصد آزمودن فرضیه‌های خام و سلیقه‌ای.

برای کشف بوزون هیگز در مجموع چیزی حدود سیزده میلیارد و ۲۵۰ میلیون دلار هزینه صرف شد چرا که سرمایه‌گذاران متقاعد شده بودند که خرج سالانه ۲۳.۵ میلیون دلاری LHC برای برق این آزمایشگاه و به طور کلی هزینه اجرایی سالانه یک میلیارد دلار در سرن، مبتنی بر یک طرح پژوهشی دقیق و مشخص است. این به آن معنا نیست که همه طرح‌های اکتشافی الزاما باید به کشف منجر شوند. بسیاری از تحقیقات آزمایشگاهی برای کشف واکسن و دارو به نتیجه نمی‌رسند با این وجود، سرمایه‌گذاران از پیش می‌دانند که بخشی از سرمایه پژوهشی را خواه ناخواه باید از دست رفته فرض کنند.

اما در عین حال، کمتر سرمایه‌گذاری حاضر می‌شود هزینه‌های اکتشافی برنامه‌هایی را که صرفا نظر شخصی هستند متقبل شود. در سال ۱۸۱۸ یک کاپتان پیاده نظام ایالات متحده آمریکا به نام جان کلوز سایمز[۱]، نظریه‌ای را مطرح کرد که بیان می‌داشت، زمین یک پوسته توخالی است و چهار کره هم‌مرکز دیگر نیز داخل آن قرار دارند و همه این کره‌های تودرتو بر اساس این نظریه، از راه دهانه قطبی به عرض هزاران مایل قابل دسترسی هستند. او در پی آن بود که به عنوان سرپرست یک تیم تحقیقاتی راهی سفری اکتشافی شود. کلوز سایمز معتقد بود در زیر زمین، سرزمینی گرم و پر از گیاهان و جانوران قرار دارد که باید آن را کشف کرد. این موضوع کم کم جدی گرفته شد و حتی رئیس‌جمهور وقت، جان کوینسی آدامز[۲] نیز آن را تایید کرد و وزرای نیروی دریایی و

---

۱) John Cleves Symmes

۲) John Quincy Adams

خزانه داری، سه کشتی هم برای این سفر آماه کرده بودند. هرچند که این اکتشاف خیال‌انگیز با انتخاب رئیس‌جمهور جدید، اندرو جکسن[۱] متوقف شد اما یادآوری این مثال تاریخی از این جهت لازم است که در نظر بگیریم اکتشاف علمی، اصولا در پرتو نظریه‌های علمی و فرضیه‌های عقلانی معنا پیدا می‌کند. کشف فرضیه‌های خیالی مانند پری دریایی یا اژدها، نمی‌تواند برنامه پژوهشی قانع‌کننده‌ای باشد و پژوهشگر باید بتواند خود و سایرین را متقاعد کند که با چه هدفی و با چه برنامه‌ای سفر اکتشافی تدارک دیده است.[۲]

طرحی از نظریه زمین توخالی جان کلوز سایمز در اوایل قرن نوزدهم

---

۱) Andrew Jackson

۲) اکتشاف بدون برنامه پژوهشی از جهاتی یادآور کار دانشمندان سرزمین معلقی خیالی به نام لاپوتا Laputa است که جاناتان سویفت Jonathan Swift در کتاب سفرهای گالیور Gulliver's Travels درباره آن نوشته است. سرزمینی که دانشمندان آن تلاش می‌کنند از خیار، نور خورشید استخراج کنند.

۳.۲ کشف قلمروهای نو

ورنر هایزنبرگ در کتاب مشهور خود جزء و کل[۱] می‌نویسد: اگر از من بپرسند که بزرگترین موفقیت کریستف کلمب در کشف امریکا چه بود، نمی‌گویم که او از کروی بودن زمین بهره برد تا از راه دیگری به هند برسد، زیرا افراد دیگری نیز قبل از او به این فکر افتاده بودند. یا اینکه نخواهم گفت او تجهیزات سفر را به دقیق‌ترین شکل ممکن آماده کرد و در طراحی بادبان‌های کشتی‌های خود، نهایت مهارت را به خرج داد. زیرا دیگران هم ممکن بود به همین خوبی از پس چنین کارهایی برآیند. بلکه به نظر من، آشکارترین جنبه کار کلمب این بود که او تصمیم گرفت بخش شناخته‌شده زمین را ترک کند و به قدری دور شود که دیگر با وسایل و امکاناتی که داشت، هرگز نتواند به سرزمین خودش باز گردد. در علم هم گشودن سرزمین‌های جدید ناممکن است، مگر آنکه انسان این آمادگی را داشته باشد که لنگرگاه امن نظریه‌های مستقر و پذیرفته شده را ترک کند و خطر یک جهش رو به جلو با آینده‌ای نامعلوم را بپذیرد.

از دید هایزنبرگ، کاری که فیزیک‌دانان قرن بیستم انجام دادند از جهات بسیاری شبیه به کار کریستف کلمب بود. آنها با جسارت بسیار، مرزها و سواحل امن مکانیک رایج را پشت‌سر گذاشته و قدم به سرزمینی نو نهادند. رد پای این شجاعت را برای نمونه در نظریات نو و انقلابی اینشتین می‌توان مشاهده کرد. نظریه اینشتین درباره فوتون‌های نور (که در سال ۱۹۲۱ جایزه نوبل را برای وی به ارمغان آورد) به قدری نو و انقلابی بود که ۸ سال پیش از آن یعنی در سال ۱۹۱۳ حتی فیزیک‌دانان بسیار مطرح و بزرگی مانند ماکس پلانک هم صراحتا آن را رد می‌کردند.[۲] اما آلبرت اینشتین با تفکر نقادانه و با شجاعتی کم نظیر،

---

۱) Der Teil und das Ganze

۲) پلانک و ۳ تن دیگر از دانشمندان در توصیه‌نامه‌ای که برای پذیرش عضویت اینشتین در آکادمی علوم پروس Preußische Akademie der Wissenschaften نوشتند نظریه اینشتین را صراحتا یک اشتباه علمی نامیده بودند.

نظریه‌هایی نو و انقلابی در فیزیک مطرح می‌کرد که نظریه‌های مستقر و پذیرفته شده را یکی پس از دیگری کنار می‌زدند. در عین حال، در دوره‌هایی از تاریخ علم، دانشمندان در بیان نظریه‌های نو محتاطانه عمل کرده و در اینکه ساحل امن نظریه‌های قبلی را ترک کنند یا نه، تردید می‌کنند.

پاول دیراک[۱] در شماره ۲۰۸ ساینتیفیک آمریکن در نوشته‌ای با عنوان "تکامل تصویر فیزیکی از طبیعت"[۲] می‌نویسد شرودینگر قبل از آنکه معادله غیرنسبیتی مشهور خود درباره الکترون را که اکنون به نام خود او مشهور شده بیابد، یک معادله نسبیتی مربوط به الکترون را یافت که بعدا معادله کلاین-گوردون[۳] نامیده شد. شرودینگر در آن زمان این معادله را منتشر نکرد چون ظاهرا با نتایج تجربی تفسیر شده توسط نظریه پیشین هم‌خوانی نداشت. اما این عدم هماهنگی، ناشی از تفسیر اشتباه نتایج تجربی بود و نه محصول اشتباه بودن معادله نسبیتی. چه بسا اگر شرودینگر در این دوران احتیاط را کنار گذاشته و معادله خود را منتشر کرده بود، بعدها هرگز مساله معادل بودن دو سیستم مکانیک موجی (شرودینگر) و مکانیک ماتریسی (هایزنبرگ و بورن) مطرح نمی‌شد و تاریخ فیزیک جدید به شکل دیگری پیش می‌رفت.

در تاریخ علم، قرن‌ها پیش از این می‌توان دانشمندانی را یافت که مانند جیوردانو برونو و گالیله و آریستارخوس، ساحل امن نظریه‌های مستقر و مقبول را ترک کرده‌اند و بهای سنگینی برای بیان نظریه‌های سنت‌شکنانه خود پرداخته‌اند. آریستارخوس که در حدود سه قرن پیش از میلاد، اولین نظریه خورشید مرکزی را مطرح کرده بود از سوی

---

۱) Paul Dirac

۲) The Evolution of the Physicist's Picture of Nature

۳) Klein–Gordon equation که به افتخار دو فیزیک‌دان به نام‌های اسکار کلاین Oskar Klein و والتر گوردون Walter Gordon نام‌گذاری شده است.

کلیانتس[۱] فیلسوف رواقی مورد هجمه و اتهام قرار گرفت[۲]، یا آرتور هاس[۳] فیزیک‌دان اتریشی که نظریه اتمی‌اش یک شوخی احمقانه نامیده شد.[۴] با این وجود تحمل و قدرت روانی ایستادگی در برابر مخالفت‌ها

---

۱) Cleanthes

۲) نظریه خورشیدمرکزی آریستارخوس Aristarchus ستاره شناس یونانی (۳۱۰ سال قبل از میلاد) در رساله ای کوتاه با عنوان "درباره ابعاد و فواصل خورشید و ماه" طرح شده بود و در آن مدلی از منظومه شمسی معرفی شده که خورشید در مرکز قرار داشته و این سیارات هستند که به دور آن می‌گردند. به عبارت دیگر نظریه ای که احیای مجدد آن در حدود ۲۰۰۰ سال طول کشید. کارل پوپر معتقد است که کپرنیک در واقع کیهان‌شناسی آریستارخوس را دوباره کشف کرده است.

۳) Arthur Erich Haas

۴) آرتور هاس در سال ۱۹۱۰ میلادی نظریه ای را مطرح کرده بود که بسیار به نظریه اتمی بوهر (که سه سال پس از آن در ۱۹۱۳ مطرح شد) شبیه بود. نظریه‌ای که حتی بر الگوی اتمی رادرفورد هم تقدم تاریخی دارد. آنگونه که پوپر در کتاب مشهور خود اسطوره چارچوب از کتاب ماکس یمر Max Jammer با عنوان "تحول مفهومی مکانیک کوانتومی" The Conceptual Development of Quantum Mechanics نقل می‌کند، چه بسا نظریه آرتور هاس به شکلی غیرمستقیم بر نظریه اتمی بوهر تاثیر گذاشته باشد. هرچند آرنولد زومرفلد که استاد فیزیک نظری دانشگاه مونیخ آلمان بود نظریه هاس را جدی گرفت اما هاس در وین اتریش به هیچ عنوان جدی گرفته نشد و بلکه مورد تمسخر قرار گرفت. ارنست لشر Ernst Lecher استاد فیزیک در دانشگاه وین اتریش، یعنی همان دانشمندی که آزمایش‌هایش بر کار هاینریش هرتز نیز اثر گذاشت، کار آرتور هاس را یک شوخی احمقانه نامید. هاس در حیطه کیهان‌شناسی نیز نظریاتی داشت. او در آثار خود در سال های ۱۹۰۷ و ۱۹۱۱، عمر ابدی کیهان را با در نظر گرفتن قانون دوم ترمودینامیک و عمر محدود عناصر رادیواکتیو، ناسازگار با قوانین فیزیک ارزیابی کرده بود. هاس از نظر تاریخی احتمالا نخستین دانشمندی است که مفهوم واپاشی هسته‌ای را در حیطه کیهان‌شناسی در نظر گرفت. او از نظریه بیگ بنگ و دیدگاه‌های ژرژ لومتر Georges Lemaître مبنی بر انبساط کیهان حمایت می‌کرد. لومتر فیزیک‌دان بلژیکی، نخستین کسی بود که انبساط جهان را از قانون هابل نتیجه گرفت و مقاله خود را در سال ۱۹۲۷ (یعنی تقریبا دو سال پیش از مقاله خود ادوین هابل) منتشر کرد. اما از آنجایی که مقاله او به زبان فرانسوی و در یکی از مجلات گمنام بلژیکی منتشر شده بود مورد توجه جامعه علمی قرار نگرفت. تازه ۴ سال بعد یعنی در سال ۱۹۳۱ این سر آرتور ادینگتون بود که مقاله فراموش شده لومتر را به زبان انگلیسی ترجمه و در ژورنال اخبار ماهانه انجمن نجوم سلطنتی Monthly Notices of Royal Astronomical Society منتشر کرد.

و ناکامی‌ها کاری نیست که بتوان از همه انتظار داشت و طبیعتا هر کسی به فراخور روحیات خود می‌تواند در برابر ناملایمات و سیل انتقاد ها تسلیم شده، عقب‌نشینی کرده و یا پایداری کند. برای مثال لودویگ بولتسمان[۱] فیزیک‌دان بزرگ اتریشی در جریان کشمکش‌های درگرفته بر سر نظریه اتمی و اختلافات فراوان آن زمان پیرامون نظریه جنبشی گازها و ترمودینامیک آماری دچار یاس و افسردگی شدید شده بود. بولتسمان حتی به کنفرانس فیزیک در سال ۱۹۰۴ در سنت لویس دعوت هم نشد. بسیاری از مورخان علم معتقدند که این فشارها و مخالفت‌ها و ناکامی او در دفاع از دیدگاه‌هایش در نهایت باعث شد که در ۵ سپتامبر سال ۱۹۰۶ بدون اینکه هیچ یادداشتی از خود باقی بگذارد دست به خودکشی بزند.

از دیگر سو جیوردانو برونو را هم در تاریخ علم داریم که در دفاع از نظریه خورشیدمرکزیِ کوپرنیک تا آنجا پیش رفت که پس از تحمل ۸ سال زندان، با اصرار بر ایده‌های خود و عدم پشیمانی، در سال ۱۶۰۰ با حکم دادگاه تفتیش عقاید کلیسا به عنوان مرتد اعلام و در آتش سوزانده شد. یکی از بداقبال ترین کیهان‌شناسان در عصر ما شاید فریتس تسویکی[۲] دانشمند سوئیسی باشد. نخستین اخترشناسی که وجود ماده تاریک را پیشنهاد داد و از ابرنواخترها و ستاره‌های نوترونی و عدسی گرانشی و خوشه‌های کهکشانی صحبت کرد. در عین حال دیدگاه‌های او از سوی همکارانش هرگز جدی گرفته نشدند و حالا از او به عنوان به رسمیت شناخته نشده‌ترین نابغه نجوم قرن بیستم یاد شده است و بسیاری حتی نام او را نیز نشنیده‌اند. کلمه ابرنواختر یا همان سوپرنوا[۳] را او و والتر باده[۴] اخترفیزیک‌دان آلمانی در سال ۱۹۲۹ پیشنهاد داده بودند اما دیدگاه او مبنی بر انفجار ابرنواخترها در آن زمان

---

۱) Ludwig Boltzmann

۲) Fritz Zwicky

۳) Supernova

۴) Walter Baade

مورد تمسخر بسیاری از هم عصرانش قرار گرفت. آلفرد وگنر[۱] زمین‌شناس آلمانی نیز سرنوشتی مشابه تسوئیکی پیدا کرد. نظریه او یعنی رانش قاره‌ای مبنی بر اینکه قاره های کنونی زمین، طی یک فرایند صدها میلیون ساله از یکدیگر جدا شده‌اند از سوی بسیاری از همکارانش با عناوینی چون تصورات فانتزی، بازی ذهن و یا هذیان تب آلود مورد تمسخر قرار گرفت.

مثال دیگر گرگور مندل[۲] پایه‌گذار درک ریاضی از دانش وراثت است. یافته‌های مندل در سال ۱۸۶۶ در اثری با عنوان آزمایش‌های پیوند گیاهان[۳] منتشر شد اما در زمان حیاتش نادیده گرفته شد و تازه در حدود ۳۴ سال پس از درگذشت او شناخته شد.

با این وجود تسویکی و وگنر و مندل در مقایسه با ایگناتس زملوایس[۴] چندان هم بداقبال محسوب نمی‌شوند. زملوایس، پزشک مجار به دلیل دیدگاه خود مبنی بر اینکه پزشکان باید پیش از ورود به بخش زایمان بیمارستان دست‌های خود را ضدعفونی کنند، دیوانه خوانده شد و مورد تمسخر و طعنه و خصومت قرار گرفت و حتی به دیوانه‌خانه فرستاده شد. زملوایس در نهایت بر اثر آسیب حاصل از

---

۱) Alfred Wegener

۲) Gregor Mendel

۳) Experiments with Plant Hybrids

۴) Ignaz Semmelweis: برخورد جامعه علمی با زملوایس امروزه با عنوان واکنش زملوایس Semmelweis reflex یا اثر زملوایس Semmelweis effect شناخته می‌شود و به طور کلی به رفتار و واکنش منفی و سرکوب‌گرایانه جامعه علمی در برابر نظریه‌های پیشرو و ناآشنا اطلاق می‌شود. دیدگاه زملوایس مبنی بر اینکه پزشکان پس از کار در اتاق تشریح اجساد و پیش از ورود به بخش زایمان، باید دستان خود را با کلسیم هیپوکلریت شستشو دهند از دید همکاران زملوایس با یافته‌های پزشکی آن دوران بی‌ارتباط بود و حتی اینکه دستان پزشک، خود می‌تواند عامل انتقال بیماری و آلودگی باشد از دید آنها توهین‌آمیز تلقی شد. با اینکه نتیجه کار زملوایس در کاهش مرگ و میر مادران بر اثر تب زایمان، کاملا آشکار بود و با ضدعفونی کردن دست پزشکان در بخش زایمان، ظرف مدت کوتاهی نرخ مرگ و میر به شدت کاهش پیدا کرد، لیکن نظریه او به دلیل ناشناخته بودن و ناهماهنگی با عقاید رایج آن دوران کاملا نادیده گرفته شد.

ضرب و شتم نگهبانان تیمارستان[1] در سن ۴۷ سالگی درگذشت.

۳.۳ اختراع، ابزارها و ماشین‌ها

ما در جهانی پر از ابزار و ماشین زندگی می‌کنیم. از گیره لباس روی طناب گرفته تا ناخن‌گیر و دربازکن و جاروبرقی و مایکروویو و ماشین لباس‌شویی، هرکدام مجموعه‌ای از ابزارها و تکنولوژی‌هایی با سطوح مختلف پیچیدگی هستند که اختراع و تکامل آنها سال‌ها زمان برده است. تکنولوژی‌ها و اختراعات، تلفیقی از روش‌ها و ابزارهایی هستند که انجام کارهای ما را بر عهده می‌گیرند و امور زندگی‌مان را تسهیل می‌کنند. ما در سراسر تاریخ، تلاش کرده‌ایم کارهایی را که با نیروی ماهیچه‌ای انجام می‌دهیم هر چه بیشتر بر دوش ماشین‌ها بگذاریم. حتی برای کم کردن زحمت محاسبات طولانی و پیچیده، ماشینی همچون کامپیوتر اختراع کرده‌ایم که نه تنها همه محاسبات را دقیق و سریع‌تر از ذهن ما انجام می‌دهد بلکه بر خلاف مغز انسان، خستگی‌ناپذیر است و نیازی به خواب و استراحت و مرخصی نیز ندارد. انسان طی قرن‌ها با فرمول‌بندی هیدرولیک و پنوماتیک[2]، اطلاعاتی در خصوص ایجاد حرکت و انتقال نیرو توسط هوای فشرده یا روغن به دست آورده که به کمک آن می‌تواند سازه‌های غول‌پیکر بسازد و ده‌ها و صدها و هزاران تن جسم را جابجا کند. امروزه سیستم‌های بسیار

---

۱) نه تنها در قرون وسطی بلکه تا حدود هفتاد سال پیش هنوز در بسیاری از نقاط دنیا، بیماران روانی به بدترین شکل ممکن به عنوان دیوانه به غل و زنجیر بسته می‌شدند. بیماران روانی در زیر زمین بیمارستان‌ها با درهای آهنی و اتاق‌های تنگ و تاریک در شرایطی غیربهداشتی نگهداری می‌شدند و با آنها بدرفتاری می‌شد. فیلیپ پینل Philippe Pinel روان‌پزشک فرانسوی اوایل قرن نوزدهم نخستین کسی است که زنجیر از پای بیماران روانی باز کرد و برای آنها امکان استفاده از فضای باز ایجاد و شکنجه و آزار آنان را متوقف کرد.

۲) به انگلیسی نیوماتیک Pneumatics

پیچیده کنترل اتوماتیکی که با سنسورهای دقیق و پردازش کامپیوتری کار می‌کنند، عهده‌دار انجام بسیاری از کارهای روزمره ما شده‌اند. همان‌گونه که علم می‌تواند با مساله آغاز شود، اختراع نیز معمولا پاسخ طراحی شده در برابر یک مساله است. از این منظر، هم ابزارها و هم تکنولوژی‌ها به نوعی راه حل مسائلی هستند که انسان در طول تاریخ تمدن با آن مواجه بوده است. اگر دقیق تر بنگریم ارّه، طناب و پتک و قاشق و چنگال، کارد، لیوان، میز و صندلی، کیف و حتی کفش، راه حل مواجهه با یک سری مساله هستند.

پلّه و نردبان، پاسخ به این مساله هستند که "من چگونه می‌توانم از این ارتفاع بالا بروم یا از آن پایین بیایم؟". ابزارها و تکنولوژی‌ها یا مسائل را حل می‌کنند و یا گاهی مواجهه با آنها را آسان‌تر کرده و یا در مواردی صرفا سرعت حل آنها را افزایش می‌دهند. برای مثال اگر موتور جستجوی گوگل یا پست الکترونیکی اختراع نشده بود می‌توانستیم نامه‌ها را با کاغذ پستی ارسال کنیم و یا آدرس‌ها را روی نقشه پیدا کنیم و از روی جدول‌های کاغذی، از ساعت حرکت قطارها و هواپیماها مطلع شویم. اگر یوتیوب یا ساوندکلاود نبود با تکنولوژی‌های قدیمی‌تر مانند فیلم ویدیویی یا نوارکاست یا حتی صفحه گرامافون هم می‌شد فیلم تماشا کرد و موسیقی گوش داد.

اما تکنولوژی‌های جدیدتر، راه حل‌های سریع‌تر و ساده‌تری در اختیار انسان می‌گذارند و با رفع نقایص و محدودیت‌های تکنولوژی‌های قبلی، جایگزین آنها می‌شوند. در دنیای امروز، کامپیوترها به صورت شگفت‌آوری کار انسان را ساده کرده‌اند. نرم‌افزارهای محاسباتی با سرعتی به مراتب بیشتر از انسان می‌توانند پیچیده‌ترین محاسبات را تنها ظرف چند ثانیه انجام دهند و در عین حال هرگز دچار آن دسته از اشتباهات محاسباتی که بر اثر خستگی و سهل‌انگاری پیش می‌آید نمی‌شوند. پیش از به کار گرفتن کامپیوترها برای انجام محاسبات پیچیده، حتی مهندسان سازمان فضایی ناسا هم محاسبات خود را روی تخته سیاه و با گچ انجام می‌دادند. تیم‌های محاسباتی به صورت موازی روی بخش‌های مختلف محاسبات کار می‌کردند و هر تیم یک قسمت از کار را بر عهده می‌گرفت و دست آخر نتایج را با یکدیگر هماهنگ می‌کردند. کاری طاقت فرسا و خسته‌کننده که مستلزم صرف زمان

طولانی بود و همیشه امکان خطای محاسباتی نیز در نتایج وجود داشت. انسان با اختراع کامپیوتر، زحمت و رنج محاسبات طولانی و طاقت‌فرسا را از سر خود باز کرده و به عهده این ماشین های عجیب و غریب گذاشته است.[1] انسان برای بقا چاره‌ای جز اختراع نداشته و پذیرش این مساله اجتناب‌ناپذیر است که انسان امروزی با تکیه بر قوای جسمانی خود قادر به انجام بسیاری از کارها نیست. اینکه ما برای راه رفتن روی زمین مجبور بوده‌ایم کفش بسازیم، نشان می‌دهد زمین چندان هم با شرایط جسمانی انسان سازگار نبوده است. سرمای زمستان و تاریکی شب، مثال‌هایی از این دست هستند که نشان می‌دهند زندگی بر روی زمین با چه دشواری‌هایی روبروست. دشواری‌هایی که انسان برای مواجهه و مهار و کنترل آنها مجبور به اختراع شده تا راه حلی برای بقا بیابد. به بیان دیگر زمین به عنوان زیست‌گاه ما انسان‌ها، "اختراع" را به ما تحمیل کرده است. ما با اختراع، چیزی را به دست می‌آوریم که طبیعت به ما نداده است.

---

۱) هاوارد و. ایوز Howard Whitley Eves در کتاب آشنایی با تاریخ ریاضیات می‌نویسد یکی از دستاوردهای مهم قرن بیستم، تکامل وسایل کمک محاسباتی مکانیکی ساده‌ی قدیمی و تبدیل آن‌ها به ابزارهای قابل توجه و حیرت‌آور محاسبه‌ی الکترونیکی بود. چیزی که به‌خصوص جنبه‌ی انقلابی داشت، ایده‌ی وارد کردن یک برنامه‌ی دستورالعمل و مجموعه‌ای از داده‌های عامل در ماشین بود. هنوز هم در مدارس می‌توان با نگاه به انگشتان دست، محاسبات ساده را انجام داد. از چرتکه و چوب خط زدن که بگذریم، اختراع اولین ماشین محاسبه به بلز پاسکال نسبت داده می‌شود که در سال ۱۶۴۲ برای کمک به پدرش در ممیزی حساب‌های دولتی در روئن Rouen یک ماشین جمع ساخته بود. این ماشین می‌توانست اعداد با کمتر از شش رقم را با هم جمع کند و تعدادی شماره‌گیر داشت که با هم درگیر بودند و همه‌ی کار را به صورت مکانیکی انجام می‌داد. پاسکال بیش از ۵۰ ماشین ساخت که تعدادی از آن‌ها هم‌اکنون در موزه‌ی هنرها و صنایع‌دستی پاریس نگهداری می‌شوند. بعدها در همین قرن لایب‌نیتس در سال ۱۶۷۱ در آلمان و سر ساموئل مورلند در ۱۶۷۳ در انگلستان، ماشین‌هایی اختراع کردند که عمل ضرب را هم انجام می‌دادند. ماشین‌های لایب‌نیتسی به مرور به دست دیگران تکمیل شدند و تکامل پیدا کردند تا این که در سال ۱۸۷۵ امتیاز اولین ماشین محاسبه‌ی عملی که بدون تنظیم مجدد قادر به انجام چهارعمل اصلی حساب بود، به نام فرانک استیون بالدوین Frank Stephen Baldwin ثبت شد. چارلز بابیج Charles Babbage در اوایل قرن نوزدهم در حال ساختن ماشینی بود که البته به نتیجه دلخواه نرسید. اما ایده‌ی اصلی ماشین تحلیلی او بعدها در قرن بیستم به ساخت ماشین عظیم ASCC انجامید که حدود پنج تن وزن (اگر بخواهیم دقیق باشیم: جرم) داشت. این ماشین در برابر ماشین ENIAC که یک کامپیوتر الکترونیکی سی‌تنی بود، کوچک به نظر می‌رسید. این ماشین‌ها روز به روز توانمندتر شدند و برای نمونه در حالی‌که در سال ۱۹۴۹، ENIAC عدد پی را تا ۲۰۳۷ رقم و ظرف ۷۰ ساعت محاسبه می‌کرد، ماشین IBM در سال ۱۹۶۱ می‌توانست عدد پی را تا حدود ۱۰۰ هزار رقم و در مدت زمان حدود هشت ساعت محاسبه کند.

فصل چهارم:

در جستجوی سوزن در انبار کاه

۴.۱ مسائل آینده فلسفه علم

بسیاری از مسائل فلسفه علم امروز، ریشه در مسائل و چالش‌های فلسفی قرن پیش دارد و بحث درباره ماهیت مشاهده، تجربه یا هستومندها بحث تازه ای نیست. این بحث‌ها از قضا هم‌چنان با همان شدتی ادامه دارد که برای مثال فیلسوفان حلقه وین در حدود یک قرن پیش درباره آن بحث می‌کردند. بحث درباره ماهیت آگاهی و دوگانگی ذهن-بدن[۱]، درباره ماهیت حیات، سرشت نور، چیستی زمان، ماهیت زبان، ابعاد کیهان، کوچک‌ترین ساختار تشکیل‌دهنده ماده و یا بحث درباره نظریه همه چیز[۲] هم مساله تازه ای نیست و دست‌کم یک قرن بلکه قرن‌ها قدمت دارد. در عین حال در دوران ما مسائلی به مجموعه مسائل فلسفه علم اضافه شده که زاییده تمدن مدرن و پیامد زندگی در قرن بیست و یکم است. مسائل فلسفه علم مدرن، با گذر زمان و با پیشرفت‌های نظری در علم و به موازات توسعه تکنولوژی یا

---

۱) Mind–body dualism : مفهوم دوگانه انگاری ذهن- بدن باز می گردد به رنه دکارت René Descartes فیلسوف فرانسوی (۱۶۵۰-۱۵۹۶) که به وجود دو جوهر مستقل نفس و بدن قائل بود. میان این دو مرز مشخصی وجود داشت و بدن تحت تأثیر قوانین طبیعی مانند نیروی جاذبه قرار می گرفت، درحالی که ذهن از تأثیر آن در امان می ماند. جان سرل می گوید دو سنخ تعبیر از دوئالیسم وجود دارد: دوئالیسم جوهری Dualism Substance و دوئالیسم خاصه ای Dualism Property . تعبیر نخست همان تعبیر دکارتی از تفکیک نفس و بدن است و تعبیر دوم، می گوید اشیا می توانند هم ویژگی های فیزیکی (مثل داشتن جرم هفتادکیلوگرمی) و هم ویژگی های ذهنی و روحی (مانند درد) داشته باشند. اما هر دو تعبیر در یک نکته مشترک اند و آنهم این است که آنچه فیزیکی است نمی تواند ذهنی باشد و آنچه ذهنی است نمی تواند فیزیکی باشد.

۲) Theory of everything

حتی به واسطه تحولات اجتماعی یا تغییر سبک زندگی انسان در قرن حاضر ایجاد شده‌اند. به طور خلاصه، مسائل فلسفه علم مدرن، خواه‌ناخواه، فراتر از مسائلی هستند که مثلا یک فیلسوف علم آغاز قرن بیستم با آن‌ها مواجه بود. برای مثال تکنولوژی سرمازیستی[۱] و حفظ جسد در دمای ۱۹۶- درجه سلسیوس در کپسول نیتروژن مایع به امید آن که در آینده بتوان به انسان حیات دوباره بخشید، به بحث‌ها و چالش‌های فلسفه علمی به خصوص در حیطه فلسفه ذهن دامن می‌زند. مساله‌ای که پیش از این وجود نداشته و زاییده تکنولوژی است. فیلسوف علم عصر ما می‌تواند بپرسد پس تکلیف "من" و آگاهی، حافظه و خاطرات انسانی که هزارسال دیگر از داخل کپسول منجمد بیرون می‌آید چه می‌شود؟

پیشرفت‌های پزشکی امروز، تولد انسان با ژن سه والد به شیوه انتقال میتوکندری را ممکن کرده و دانشمندان با لقاح آزمایشگاهی (IVF) می‌توانند کاری کنند که ۲۳ هزار ژن مرتبط با ظاهر، رفتار و خصلت‌های دیگر از مادر و ۳۷ ژن یعنی حدود یک دهم درصد کل ماده ژنتیکی از والد سوم انتقال یابد. این مساله، پرونده‌ای از موضوعات جدید را در برابر فیلسوفان علم می‌گشاید و از جبر و اختیار گرفته تا مباحث مرتبط با فلسفه ژنتیک را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد.

اندیشیدن درباره اتانازی[۲]، درباره آب شدن یخ‌های قطبی، گرمایش جهانی یا عصر یخبندان، درباره تمدن‌های صدها هزار سال آینده خواه‌ناخواه با مسائل فلسفه علم ارتباط پیدا می‌کند. فیلسوف علم می‌تواند بپرسد در تمدن احتمالی سه میلیون سال آینده تکلیف علم و تاریخ چه خواهد شد؟ آیا دانش‌آموزان همچون امروز در مدارس، چیزهایی خواهند آموخت یا در آن زمان، آموختن بی معنا می‌شود و تکنولوژی‌هایی وجود خواهد داشت که هر فردی به محض تولد، اطلاعات مورد نیاز برای زندگی و کار را در مغز خود ذخیره خواهد

---

۱) Cryonics

۲) Euthanasia

داشت. با در نظر گرفتن حجم عظیم علم انباشته شده طی میلیون‌ها سال، آیا یک انسان تکامل یافته از انسان امروزی، در سه میلیون سال آینده همان نگاهی را به ما خواهد داشت که ما به نئاندرتال‌ها و یا انسان‌وارهای جنوب عفار[1] داریم؟ آیا آنها در کتاب‌های خود از جنگ جهانی دوم، نظریه نسبیت اینشتین یا همه‌گیری بیماری COVID-19 در سال ۲۰۲۰ یادی خواهند کرد یا اینکه به دلیل انباشته شدن حجم عظیمی از دیتا طی میلیون‌ها سال، از اندیشیدن درباره وقایع عصر ما به کلی صرف‌نظر خواهند کرد؟ آیا اساسا کتابی وجود خواهد داشت یا همه اطلاعات در تراشه‌های مخصوصی در مغز کار گذاشته خواهد شد؟ شاید گفته شود این موضوعات، سرفصل مباحث فلسفه علم نیست و به کار آینده‌پژوهان می‌آید اما کافیست در نظر بگیریم که همه این مسائل، به خصوص پرسش‌هایی درباره ذهن و آگاهی، ژنتیک و ماهیت حیات، تکامل و تکنولوژی در سایه نظریه‌های علمی بررسی می‌شوند و تحلیل نظریه‌های علمی نیز بخش مهمی از کار فیلسوفان علم است. مثلا زمانی که کیهان‌شناسان، سناریوهای ممکن برای پایان جهان را صورت‌بندی می‌کنند، فیلسوف علم می‌تواند قدرت تبیینی و اعتبار پیش‌بینی نظریه‌ها و مدل‌سازی‌ها را بررسی کند و منطق و استدلال نظریه‌ها را بیازماید. تمدن‌های انسانی فرگشت پیدا کرده از انسان امروزی ممکن است هرگز شکل نگیرند و سناریوهای بسیاری را می‌توان تصور کرد که اگر اتفاق بیفتند انقراض انسان به یک رخداد اجتناب‌ناپذیر بدل می‌شود. مثلا ذوب شدن یخچال‌های طبیعی ممکن است منجر به آزاد شدن پاتوژن‌هایی شود که در اعماق لایه‌های یخی پنهان شده‌اند و حیات بشر را با یک مخاطره بزرگ مواجه کنند. چنین موضوعات هولناکی، به هیچ عنوان خیال و تصورات خام نیست[2] و

---

۱) بررسی استخوان‌های فسیل شده لوسی Lucy که در سال ۱۹۷۴ در عفار اتیوپی کشف شده بود نشان می‌داد که Australopithecus afarensis (انسان‌وارهای جنوب عفار) در حدود ۳.۲ میلیون سال پیش به احتمال زیاد دست‌کم بخشی از زندگی خود را بالای درخت زندگی می‌کرده‌اند.

۲) مطالعه‌ای با عنوان Glacier ice archives fifteen-thousand-year-old viruses که در ژانویه ۲۰۲۰ منتشر شد از کشف ۲۸ ویروس جدید و ناشناخته خبر می‌داد که از حدود ۱۵۰۰۰ سال پیش در اعماق پنجاه متری توده‌های یخی وجود داشته‌اند.

چه بسا می‌توان (و باید) درباره آن اندیشید و مخاطرات پیش روی بشر را با قوه استدلال و منطق درک کرد، تا از همین اکنون بتوان چاره و راه‌حلی برای مسائل و چالش‌های ناگهانی آینده یافت. اگر امروز به قدر کافی درباره پیامدهای فکری و فلسفی و اجتماعی پروژه هوش مصنوعی نیاندیشیم، شاید فردا قدری دیر باشد و دیگر راه حل کارآمدی پیدا نشود.

زمینه‌های پژوهشی در فلسفه علم بسیار گسترده‌اند و کمتر کسی قادر است پا به قلمرو همه حوزه‌های فکری آن بگذارد اما آنچه که در فلسفه علم مهم است، روش است و نظریه‌ها. فیلسوف علم هر چه باشد با نظریه‌های علمی سر و کار دارد و صرف نظر از محتوا و موضوع، به دنبال منطق استدلالی و روش‌های استنتاج و نقد و مشاهده و تجربه می‌گردد. فیلسوف علمی که روی سرشت و ماهیت زبان و اندیشه تحقیق می‌کند، به موازات انتشار کشف‌ها و یافته‌های علمی دانشمندان، با مسائل فلسفی تازه‌ای مواجه می‌شود که پیش‌تر وجود نداشتند. مثلا این یافته علمی که حروف (ف) و (واو) به موازات تغییر عادات غذایی در تاریخ فرگشت انسان ایجاد شده‌اند[1] و تبیینی که دانشمندان برای آن ارائه می‌دهند، با اینکه اساسا پژوهشی در حیطه زبان‌شناسی یا تاریخ فرگشت انسان است اما در ذات خود یک مساله فلسفه علمی است. چرا که مبنای فلسفه علم، بحث درباره روش‌ها و همچنین نظریه‌هاست و همچنین بررسی تبیین‌های رقیب که دانشمندان در پژوهش‌های خود به کار می‌گیرند. طبیعتا این مساله

---

۱) مطالعه ای که دانشمندان دانشگاه زوریخ و موسسه ماکس پلانک در سال ۲۰۱۹ با عنوان Human sound systems are shaped by post-Neolithic changes in bite configuration منتشر کردند نشان می‌داد که عادات خوراکی بر توسعه زبان در تاریخ تکامل انسان تاثیر گذاشته‌اند. به گفته آنها تنها نیمی از حدود ۶۵۰۰ زبان موجود در دنیا دارای حروف (ف) و (واو) هستند و این حروف از نظر تاریخی زمان زیادی نیست که به جمع حروف دیگر اضافه شده‌اند. تبیینی که دانشمندان در توضیح این داده‌های علمی ارائه می‌دهند این است که پیدایش حروف (ف) و (واو) پیامد تغییرات فرم فک و دندان بوده و به دنبال تغییر عادات غذایی رخ داده است. از دید آنها جوامع شکارچی-گردآوردنده برای خوردن غذا به گاز محکم و به عبارتی به فشار زیاد آرواره ها نیاز داشتند و از این رو دندان های پیشین بالایی و پایینی، دقیقا روی هم منطبق می‌شده‌اند. در حالی که در جوامع کشاورز که از غذاهای نرم تر و محصولات برگرفته از غلات تغذیه می کردند با تغییرات فرم فک و کم شدن فاصله بین لب پایین و دندان‌های پیشین، تلفظ حروف لب و دندانی Labiodental ساده‌تر شده است.

برای فیلسوفان علم آینده نیز صادق خواهد بود. فیلسوف علم سال ۲۱۳۵ (سال گذر خطرناک سیارک بن‌نو Bennu (۱۰۱۹۵۵) از نزدیک زمین[۱]) که این کتاب را می‌خواند، درباره نظریه‌های علمی و پیامدهای فلسفی علم و فناوری آن دوران بحث خواهد کرد و ممکن است با مسائلی در فلسفه علم مواجه باشد که امروز در مخیله ما نیز نمی گنجد. فیلسوف علم سال ۲۱۳۵ به پدیده‌ها و نظریه‌های علمی آن زمان می‌پردازد و از چرایی و چگونگی آن پدیده‌ها می‌پرسد و مثلا بررسی می‌کند که تبیین‌های موجود در آن زمان، به چه میزان اقناع‌کننده و موجّه هستند. در عین حال ممکن است متوجه خطاهای نظری و استدلالی ما درباره یکسری مسائل شود که در این کتاب طرح شدند. بسیاری از نظریه‌های مبهم و ناقص کنونی درباره ابعاد کیهان، تعداد کهکشان‌های عالم، نحوه پیدایش جهان از هیچ، حد نهایی انبساط جهان و نظایر آن برای فلسفه علم امروز مسائلی ناروشن و مبهم به نظر می‌رسد. علم امروز هنوز سرشت ماده تاریک و ماهیت انرژی تاریک و بسیاری چیزهای دیگر را نمی‌شناسد و فیلسوف علم سال ۲۱۳۵، احتمالا از اینکه ما این مسائل را نمی‌دانستیم و در فهم آنها دچار بلاتکلیفی بودیم حیرت خواهد کرد. همانطور که ماکسول و موریتس شلیک و ارنست ماخ و فیلسوفان علم حلقه وین هیچ اطلاعی

---

۱) سیارک بن‌نو Bennu (۱۰۱۹۵۵) یک خطر بالقوه و تهدید جدی برای زمین محسوب می‌شود. دانشمندان برای آمادگی در برابر خطر برخورد این سیارک به زمین، پروژه ای به نام AIM (Asteroid Impact Mission) را در دست بررسی دارند که بناست برای نخستین‌بار در تاریخ بشر، مسیر حرکت یک سیارک را تغییر دهد. دانشمندان برای آزمون کارآمدی این روش، در مرحله اول سیارک دوگانه Didymos (65803) را انتخاب کرده‌اند. سیارکی که در ۱۱ آوریل ۱۹۹۶ کشف شده و طبق برآورد دانشمندان در سال ۲۰۲۲ میلادی به فاصله ۱۶ میلیون کیلومتری زمین نزدیک خواهد شد. هرچند این فاصله فوق‌العاده زیاد است، اما فرصت خوبی برای ستاره‌شناسان و کیهان‌شناسان فراهم کرده است تا این مأموریت بلندپروازانه را طراحی کنند. طبق برنامه‌ریزی‌های انجام شده قرار است سفینه فضایی ۴۰۰ کیلوگرمی در اکتبر سال ۲۰۲۰ به فضا فرستاده شود و دو سال بعد از آن با قمر این سیارک برخورد کند. از دید دانشمندان این فقط یک تمرین برای دفاع از زمین در برابر خطرات آینده است. خطراتی به مرتب بزرگ‌تر و جدی‌تر مثل سیارک بن‌نو Bennu (۱۰۱۹۵۵). سیارکی با قطر نزدیک به ۵۰۰ متر که احتمالا در روز ۲۵ سپتامبر ۲۱۳۵ میلادی به فاصله بسیار خطرناک و نزدیک به زمین (حدود ۱۰۵ هزار کیلومتری) خواهد رسید. حتی اگر روشی مانند پروژه AIM در برابر آن کارآمد نباشد دانشمندان به فکر سناریوها و روش‌های جایگزین دیگری نیز هستند. در این صورت سناریوهایی مانند شلیک موشکی با کلاهک هسته‌ای به اینگونه سیارک‌های خطرناک، شاید تنها راه نجات زمین باشد.

از مثلا بوزون هیگز یا ابرخوشه لانیاکیا[1] نداشتند و شاید حتی تصورش را نیز نمی‌کردند که انسان بتواند با بهره‌گیری از تلسکوپ‌های فضایی و یا رادیوتلسکوپ‌ها، نقشه‌ای مانند نقشه‌های امروزی از اعماق کیهان تهیه کند.

۴.۲ مغز، خاستگاه آگاهی

تبیین مساله آگاهی، یکی از بغرنج‌ترین مسائل فلسفی عصر ماست. نه پیشرفت‌های نظری در زمینه فیزیک کوانتومی تاکنون توانسته آگاهی را توضیح دهد، نه دوگانه‌انگاری و نه ماتریالیسم. سوزان بلکمور[2] در کتاب آگاهی[3] می‌نویسد آگاهی آخرین راز بزرگ علم است. تحولات هیجان‌انگیزی که در زمینه شناخت مغز صورت گرفته میدان وسیع این بحث را به روی زیست‌شناسان، عصب‌پژوهان، روان‌شناسان و فیلسوفان گشوده است. پاسخ به پرسش‌هایی نظیر این که آیا ما اراده آگاهانه داریم یا چه چیزی سبب می‌شود ما خود را تصور کنیم، همچنان محور بحث‌ها و پژوهش‌های دانشمندان و فیلسوفان است. جهانی که تجربه می‌کنیم مملو است از کیفیت‌های ادراکی که برای هر کدام از ما واقعی، واضح و انکارناپذیرند. اما در عین حال مساله بر سر این است که تمام این کیفیت‌های ادراکی، فقط و فقط در ذهن خود

---

۱) ابرخوشه لانیاکیا Laniakea Supercluster یک ساختار عظیم کیهانی شامل صدهزار کهکشان و با قطر ۵۲۰ میلیون سال نوری است که کهشان ما یعنی راه شیری نیز به آن تعلق دارد. این ابرخوشه در سال ۲۰۱۴ کشف شد. جزییات این ابرخوشه را نخستین بار ریچارد برنت تولی Richard Brent Tully کیهان‌شناس امریکایی و تیم دانشمندان دانشگاه هاوایی در مقاله‌ای با عنوان The Laniakea supercluster of galaxies در نیچر منتشر کردند.

۲) Susan Blackmore

۳) Consciousness: An Introduction

ما می‌گذرد و ما به محتوای ذهن یکدیگر دسترسی نداریم و هرگز نخواهیم دانست که آیا رنگ آبی یا بوی قهوه برای دیگران، همان است که ما درک می‌کنیم یا نه. زندگی آگاهانه ما به تعبیر ویلیام جیمز[۱] فیلسوف و روانشناس آمریکایی، "سیلان آگاهی"[۲] است. سیلانی پیوسته از مناظر، صداها، بوها و حس‌های لامسه و افکار و نگرانی‌ها و لذت‌ها و هیجان‌ها. این تجربیات ذهنی، به نوعی همه آن چیزی را می‌سازند که هویت و وجود ماست. چیزی که "آگاهی" نامیده می‌شود و با گذشت سال‌ها از ظهور علم مدرن، هم‌چنان یکی از رازهای بزرگ علم است. انسان هنوز به صورت دقیق نمی‌داند که چگونه مغز مادی که بی‌کم و کاست از ذرات فیزیکی ساخته شده می‌تواند خاستگاه آگاهی و تجربیات ذهنی باشد.

این همان پرسشی است که دیوید چالمرز[۳] فیلسوف ذهن، آن را "مساله دشوار آگاهی"[۴] می‌نامد. معمایی که دانشمندان، عصب‌شناسان و مغزپژوهان و فیلسوفان بسیاری را از مدت‌ها پیش با خود درگیر کرده است. هیچکدام از ده‌ها میلیارد سلول عصبی مغز ما به تنهایی کمترین تصور و ادراکی از این مساله ندارند که ما که هستیم. نخستین مشکل در فهم آنچه در مغز می‌گذرد این است که ما با مغز، درباره مغز فکر می‌کنیم. مغز یک سیستم خود-ارجاع[۵] است و حتی زمانی که درباره مغز صحبت می‌کنیم، اندیشه‌ای تولید می‌کنیم که خود، محصول کار مغز است. پرسش اینجاست که "من" و درکی که هر یک از ما از "خود" داریم کجاست؟ می‌دانیم که این "من" هر چه باشد، در دست یا پا یا چشم یا آن‌گونه که پیشینیان می‌پنداشتند در

---

۱) William James

۲) Stream of consciousness

۳) David Chalmers

۴) The hard problem of consciousness

۵) self-referential

قلب نیست. "من" ما و درکی که از آن داریم هر چه هست باید در مغز باشد. لیکن مغز، هیچ ستاد فرماندهی مرکزی ندارد که مانند فیلم وودی آلن[۱] "آنچه همیشه می‌خواستید درباره سکس بدانید"[۲]، فرمان اعمال ما را صادر کند. مغز اساسا نوعی سیستم پردازش موازی است و به تعبیر سوزان بلکمور هیچ جای واحدی وجود ندارد که تصمیم‌ها از آنجا صادر شوند. در واقع بخش‌های مختلف مغز هر کدام کار خود را می‌کنند و در مواقع ضروری با هم ارتباط برقرار می‌کنند و هیچ کنترل مرکزی هم در کار نیست. ادراک و یادگیری و منطق و حافظه و تعقل و زبان و همه این توانایی‌های خارق‌العاده ما همگی در همین مغز اتفاق می‌افتد. مغزی یک و نیم کیلوگرمی که در مقایسه با مغز نزدیک‌ترین خویشاوندان ما یعنی میمون‌های بزرگ، سه برابر بزرگتر است.

البته مغز انسان بزرگترین مغز موجود در بین جانداران نیست. مغز ما در مقایسه با مغز حدود ۴ تا ۵ کیلوگرمی فیل‌ها یا مغز حدود ۹ کیلوگرمی وال‌ها چندان بزرگ نیست اما توانایی شناختی ما زیر سر تعداد نورون‌ها در قشر مغز است و چیزی که به تعبیر سوزانا هرکولانو-هوزل[۳]، عصب‌شناس برزیلی می‌توان در دو کلمه خلاصه کرد. "ما می‌پزیم". هیچ جاندار دیگری غذای خود را نمی‌پزد و چه بسا همین مبنای اصلی تفاوت مغز ما با سایر موجودات را سبب شده باشد. شهرها و معماری‌های باشکوه، جنگ‌ها و ویرانی‌ها، موسیقی، علم، فرهنگ، ادبیات و آثار هنری خارق‌العاده، همه و همه محصول کار مغز انسان‌اند. اگرچه ماجرا به مراتب پیچیده‌تر از این‌هاست اما در نهایت، یون‌های سدیم و پتاسیم و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سمت غشای نورون‌ها در مغز انسان، این همه دین و فرهنگ و آداب و رسوم و البته علم و فلسفه را ایجاد کرده است. جان سرل[۴]، فیلسوف

---

۱) Woody Allen

۲) فیلمی به نام Everything You Always Wanted to Know About Sex (محصول ۱۹۷۲)

۳) Suzana Herculano-Houzel

۴) John Rogers Searle

مشهور آمریکایی از دهه‌ها پیش تا کنون مساله دوآلیسم (دوگانه‌انگاری) ذهن-بدن یا به عبارت دیگر آگاهی-ماده را واکاوی می‌کند. سرل می‌گوید آگاهی به همان سادگی که "کوه" یا "مولکول" با دانش فیزیک قابل توضیح است، تن به تبیین نمی‌دهد. از دید او آگاهی یک ویژگی بیولوژیک مغز انسان و سایر موجودات زنده است و چیزی است که از یکسری فرایند زیستی-عصب‌شناختی حاصل می‌شود. حتی چیزی شبیه به سایر ویژگی‌های بیولوژیک، مانند فتوسنتز، هضم، میتوز، گوارش، ترشح صفرا و نظایر آن.

سرل نظریه خود درباره ماهیت آگاهی را طبیعت‌گرایی زیست‌شناختی[۱] می‌نامد و بر این باور است که حالت‌های ذهنی، معلول فرایندهای زیست‌شناختی اعصاب در مغز هستند. از نظر سرل، پدیده‌های ذهنی، کاملاً جزء جهان طبیعی‌اند و چیزی فراتر از طبیعت نیستند. او مایع بودن آب را مثال می‌زند و می‌گوید رفتار مجموعه مولکول‌های آب، با ترکیب H_2O است که به نوعی مایع بودن آب را تبیین می‌کند اما هیچ‌کدام از مولکول‌های آب به تنهایی، مایع نیستند. خلاصه سخن جان سرل این است که برای تبیین مساله آگاهی باید روی مساله "طبیعت‌گرایی زیست‌شناختی" کار کرد و نه روی دوآلیسم ذهن- بدن. آنچه که به نظر بدیهی می‌آید این است که میان آنچه در مغز اتفاق می‌افتد از یک سو و آنچه که آگاهانه درک می‌شود یک ملازمه همیشگی وجود دارد. دلیل اینکه می‌گوییم مغز، خاستگاه ذهن و آگاهی است این است که ایجاد تغییرات در مغز، آگاهی ما را نیز دستخوش تغییر می‌کند. داروهایی که بر کارکرد مغز اثر می‌گذارند تجربه‌های ذهنی ما را نیز تغییر می‌دهند و به عبارت دیگر، هم بر احساسات جسمانی و هم بر حالت‌های ذهنی و هم واکنش‌های هیجانی و یا عاطفی ما تاثیر می‌گذارند. برای مثال درک ما از درد و آسیب، ناشی از تغییرات شیمیایی در محل آسیب است. یک رخداد مادی که در آن تغییرات شیمیایی از طریق نورون‌های مخصوصی به نام تارهای C علائمی را به نخاع می‌رسانند. از نخاع به ساقه مغز، تالاموس و کورتکس بدنی-حسی و کورتکس پوششی مغز. اما آیا دانستن فیزیولوژی درد، بدان معناست

---

۱) Biological naturalism

که توانسته‌ایم احساس درد را تبیین کنیم و همه چیز را درباره حالت ذهنی درد بدانیم؟ نه.

هر کدام از ما وجود ادراکاتی مانند فکر، درد و احساسات را چیزهایی بدیهی می‌دانیم که این چیزها بر خلاف اشیاء خارج از ذهن مثل صندلی‌ها، خودروها و درختان، قابل مشاهده نیستند. از دید ماتریالیست‌ها، جهان هستی سراسر مملو از ماده است و همه چیز را می‌توان به صورت فیزیکالیستی تبیین کرد و توضیح داد. با چنین رویکردی پدیده‌های ذهنی اساسا یا وجود ندارند یا اینکه نهایتا قابل تقلیل به فیزیک هستند.

واقعیت این است که بدن ما به هنگام پیچیدن خودرو یا سقوط آزاد، تحت تاثیر همان قوانین فیزیک است که یک سنگ یا مترسک بی‌جان را به حرکت و شتاب و سکون وا می‌دارد. رخدادهای الکتریکی و شیمیایی درون مغز انسان از همان قوانین فیزیک و شیمی و ترمودینامیک و الکتریسته تبعیت می‌کنند که بر پلاستیک، آهن ربا و یا محلول آب و نمک نیز حاکم است. مساله آگاهی را حتی فراتر از انسان می‌توان نه تنها درباره جانوران بلکه درباره گیاهان نیز بررسی کرد. می‌توان پرسید آیا مثلا گیاهان در فتوسنتز یا واکنش به محرکهای محیطی از نوعی آگاهی برخوردارند؟ یا فراتر از همه اینها می توان پرسید آیا این که مایع دماسنج، همراه با تغییرات دمای محیط، بالا و پایین می‌رود به معنی آن است که دماسنج تغییرات محیط را اصطلاحا "می‌فهمد"؟ آیا آب می‌داند که باید در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به جوش بیاید؟

پرسش اصلی بر سر این است که چه چیزی در سلول‌های مغز به ما احساس آگاهی می‌دهد؟ آگاهی ما و واکنش ما به تغییرات محیطی اساسا چه تفاوتی با واکنش دماسنج به تغییرات دمای محیط دارد؟ فراتر از اینها مغز در شناخت جهان با دشواری‌های بسیاری روبروست. به عبارت دیگر مغز ما آن‌طور که فکر می‌کنیم در شناخت جهان، دقیق کار نمی‌کند. تصور غالب این است که ما خود و جهان اطراف‌مان را آن‌طور که واقعاً هست می‌بینیم و درک می‌کنیم. هرچند فیلسوفان واقع‌گرا بر این باورند که ما جهان بیرونی را همان‌گونه که هست درک می‌کنیم اما پژوهشگران علوم شناختی و روان‌شناسان اینطور فکر

نمی‌کنند و می‌گویند مغز انسان در تجربیات روزمره از زندگی، با امکان بروز انواع خطاهای شناختی، هذیان و یا توهّم مواجه است. مثلا مکانیسمی به نام توجه انتخابی[1] باعث می‌شود که اطلاعات ورودی بسیاری را از دست بدهیم و حتی چیزهایی را که در گستره حواس‌مان هستند نیز نادیده بگیریم.[2] مسائل پیچیده مرتبط با اراده آزاد و ماهیت آگاهی حتی با وجود پیشرفت‌های حیرت‌برانگیز دهه‌های اخیر، در مقایسه با سایر علوم، پیشرفت کندتری داشته است. به نظر می‌رسد مساله آگاهی همچنان در دهه‌های آینده از جمله مهم‌ترین مباحث مورد مناقشه در فلسفه علم و فلسفه ذهن باقی بماند و چه بسا بشر هرگز به جمع‌بندی نهایی و صورت‌بندی نظریه‌ای قانع کننده و نهایی درباره ماهیت آگاهی دست پیدا نکند.

---

۱) Selective attention

۲) یکی از مشهور ترین آزمایش‌های توجه انتخابی ماجرای گوریل نامرئی The Invisible Gorilla است که محققان در جریان آن دریافتند توجه انتخابی چگونه بر نحوه درک ما از سایر عوامل محیطی تأثیر می‌گذارد. گوریل نامرئی نام کتابی است که کریستوفر چابریس Christopher Chabris و دنیل سایمونز Daniel Simons دو روانشناس شناختی در سال ۲۰۱۰ منتشر کرده اند. عنوان کتاب به آزمایشی اشاره دارد که این دو پژوهشگر انجام داده بودند و نشان می‌داد افرادی که بر یک موضوع خاص تمرکز می‌کنند، به آسانی چیزهای دیگر را حتی اگر در گستره حواس‌شان باشد نادیده می‌گیرند. چابریس و سایمونز برای اثبات این موضوع فیلمی یک دقیقه‌ای تهیه کردند که در آن چند دانش‌آموز یک توپ بسکتبال را به صورت پی در پی به یکدیگر پاس می‌دادند. در جریان تست از بینندگان خواسته شد تعداد دفعاتی را که دانش‌آموزان سفیدپوش توپ را به هم پاس می‌دهند بشمارند. در میانه فیلم اما فردی در لباس گوریل به آرامی وارد تصویر شده و بر سینه خود می‌کوبد و سپس از گوشه دیگری خارج می‌شود. پس از پایان این ویدیوی کوتاه از افراد خواسته می‌شود که تعداد دفعات پاس‌کاری توپ بین سفیدپوشان را اعلام کنند. افراد عددهای مختلف و بلکه یکسانی را بیان می کردند که معمولا یک یا دو تا با هم اختلاف داشت. اما موضوع اصلی این آزمایش در واقع تعداد دفعات رد و بدل شدن توپ نبود. مشکل اینجا بود که در حدود نیمی از تماشاچیان در این روند ابدا متوجه ورود گوریل به وسط تصویر نشده بودند. آزمون گوریل نامرئی که در سال ۱۹۹۹ انجام شده نشان می‌داد وقتی همه حواس را معطوف به شمردن تعداد پاس‌های لباس سفیدها می‌کنیم، گویی که بقیه دنیا و اطلاعات ورودی دیگر در نظر انسان، تاریک و بی اهمیت می‌شوند. آزمایش‌های بعدی نشان داد حتی وقتی افراد مستقیما به گوریل نگاه می‌کنند، اغلب باز هم متوجه آن نمی‌شوند، چون گوریل آن چیزی نیست که تماشاچی به دنبال آن است و انتظارش را دارد. بینندگانی که فرد با لباس گوریل را ندیدند مرتکب خطایی در ادراک شدند که روان‌شناسان آن را نابینایی ناشی از عدم توجه Inattentional blindness می‌نامند.

۴.۳ نظریه داروین

با وجود تحولات شگرف و پیشرفت‌های عظیم در علوم ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی-مولکولی و همچنین کشفیات بزرگ انسان‌شناسان و دیرینه‌شناسان قرن اخیر، به نظر می‌رسد نظریه داروین همچنان یکی از مناقشه‌برانگیزترین موضوعات برای بحث و جدل بین فیلسوفان علم آینده باقی بماند.

شاید به این دلیل که نظریه داروین، با سایر نظریه‌های علمی مهم تاریخ همچون نظریه نیوتن، نظریه نسبیت یا نظریه الکترومغناطیس ماکسول تفاوتی بنیادین دارد. نظریه داروین به بیان ساده به این پرسش دیرین بشر پاسخ می‌دهد که ما اینجا روی زمین چه می‌کنیم و اساسا منشاء انسان از کجاست. نظریه داروین در واقع انسان را با حقیقت ژرفی در طبیعت مواجه می‌کند که تا زمان انتشار کتاب اصل انواع[۱] (خاستگاه گونه‌ها) چارلز داروین[۲] در سال ۱۸۵۹ از دید بشر پنهان مانده بود. این که تنوع زیستی و تعدد حیرت‌آور گونه‌های حیات بر روی زمین، در جریان انتخاب طبیعی[۳] و طی فرایندهای چندصد میلیون ساله اتفاق افتاده، کاملا با فرض خلقت دفعی، با داستان آدم و حوا، داستان کشتی نوح و سفر پیدایش که در متون دینی آمده در تضاد و تعارض بود.

دین قبلا هیچ نظری درباره الکتریسیته، درباره ماهیت نور یا درباره اتم‌ها نداشت اما نظریه داروین، به موضوعاتی می‌پرداخت که دین، پیشتر درباره آن‌ها اظهارنظر کرده بود. از این رو نظریه داروین فراتر از دنیای علم، خواسته یا ناخواسته با اسطوره آفرینش، پنجه در پنجه

---

۱) On the Origin of Species

۲) Charles Darwin

۳) Natural selection

می‌انداخت. به عبارت دیگر، با داستان‌ها و روایت‌هایی که ادیان مختلف قبلا درباره حیات روی زمین و یا پیدایش جهان تعریف کرده بودند، از روایت اساطیری یونانی یا چینی گرفته تا روایت سومری و بابلی و حتی متون یهودی و مسیحی و اسلامی که بر اساس آنها جهان با فرمان الهی در شش روز خلق شده و در آن انسان به عنوان اشرف مخلوقات، از بهشت رانده شده و بر زمین هبوط کرده است. موجودی که از گل و خاک آفریده شده و با دمیده شدن روح خدا در او بر سایر موجودات برتری داده شده است. این روایت‌های اسطوره‌ای دست‌کم در چند نقطه تاریخی، به شکلی بنیادینی در تعارض با علم و یافته‌های علمی قرار گرفته بودند. نخستین رویارویی را شاید بتوان در نظریه خورشیدمرکزی کوپرنیک در عصر رنسانس پیدا کرد. دیدگاه کوپرنیک، جایگاه زمین در کائنات را از عرش به فرش کشید و نشان داد، زمین هیچ موقعیت به خصوصی در جهان هستی ندارد. به بیان دیگر نظریه کوپرنیک به وضوح در تعارض با باور دینی کلیسایی بود که زمین را مرکز جهان هستی می‌دانست.

نظریه داروین اما یک گام در تکمیل نظریه کوپرنیک به پیش رفت و نشان داد، نه تنها زمین جایگاه ویژه‌ای در جهان هستی ندارد بلکه انسان نیز هیچ موقعیت به خصوصی بر روی زمین ندارد و از قضا تاج آفرینش یا اشرف مخلوقات نیست. بر اساس نظریه داروین، انسان موجودی است که با سایر موجودات، نیای مشترک دارد و این سازوکار انتخاب طبیعی است که این پیچیدگی حیرت‌برانگیز و این نمایش باشکوه را در دنیای گیاهان و جانوران ایجاد کرده است. فهم نظریه داروین البته به سادگی ممکن نیست وحتی بسیاری ممکن است آن را با نظریه لامارک[1] جابجا بگیرند. یکی از رایج‌ترین پرسش‌هایی که از سوی افراد ناآشنا با نظریه داروین طرح می‌شود این است که اگر که انسان از نسل میمون است پس چرا هنوز میمون وجود دارد و چرا برخی از میمون‌ها، هنوز

---

۱) Jean-Baptiste de Lamarck: نظریه لامارک به صورت خلاصه بر مبنای ارثی بودن صفات اکتسابی بنا شده است. به عنوان مثال نظریه لامارک دلیل دراز بودن گردن زرافه‌ها را، کشیدن گردن آنها به سمت شاخه‌های درختان می‌داند که به تدریج به دراز شدن گردن زرافه‌ها منجر شده و به نسل‌های بعدی انتقال یافته است.

میمون مانده‌اند و بقیه انسان شده‌اند؟ اما واقعیت این است که چنین پرسشی از اساس اشتباه است و مانند این است که بپرسیم اگر استرالیایی‌ها و آمریکایی‌ها از نسل اروپایی‌ها هستند پس چرا هنوز اروپایی وجود دارد؟

انسان امروز از نسل میمون‌هایی که امروز در باغ وحش‌ها نگهداری می‌شوند نیست بلکه درست آن است که بگوییم ما با میمون‌ها و شامپانزه‌های امروزی، اجداد مشترکی داریم که چندین میلیون سال پیش می‌زیسته اند. به عبارت دیگر ما با میمون‌ها و کپی‌ها نیای مشترکی داریم که حدود ۷ میلیون سال پیش می‌زیسته لیکن این نیای مشترک، شبیه انسان یا میمون امروزی نبوده و در واقع موجودی شبیه به کپی بوده است.

اگرچه این بدفهمی‌ها همواره در این حد ساده‌انگارانه نیستند. گاهی پذیرش این که این حد از پیچیدگی در ساز و کار عضوی مانند چشم، به صورت تصادفی شکل گرفته غیرممکن است. البته چشم به صورت تصادفی شکل نگرفته و کلمه تصادفی در اینجا نیاز به شرح و بسط بیشتری دارد. تکامل یا فرگشت، فرایندی صرفا تصادفی نیست. از قضا آنچه که داروین صورت‌بندی کرده (یعنی انتخاب طبیعی) اصلا و ابدا تصادفی نیست و فرایندی است که طی آن، انباشت تدریجی تغییرات کوچک، می‌تواند به شکل‌گیری یک عضو پیچیده (مانند چشم) منجر شود. این همان شمّ ناباورانه‌ای است که ویلیام پالی[1] الهیات‌دان بریتانیایی در تمثیل ساعت‌ساز به کار می‌برد. پالی می‌گوید اگر در بیابان، ساختار پیچیده‌ای چون ساعت ببینم که گوشه‌ای افتاده، نخواهم گفت که این ساعت خودبخود ایجاد شده و نخواهم گفت که این ساعت همواره اینجا بوده است. چنین ساختار پیچیده‌ای حتما و بی‌تردید سازنده‌ای و ساعت‌سازی داشته که قطعات و اجزای آن را با هدف مشخصی در کنار هم قرار داده است. اگرچه در صورت‌بندی این استدلال اشتباه، نمی‌توان به پالی خرده گرفت چرا که او در زمان

---

۱) William Paley

نوشتن کتاب الهیات طبیعی[1]، از نظریه داروین اطلاعی نداشت. واقعیت این است که نظریه داروین می‌تواند شکل‌گیری گونه‌های زیستی پیچیده را با قدرت تبیینی بالایی توضیح دهد. این نظریه قادر است روند شکل‌گیری اعضایی مانند چشم را که به نظر می‌رسد برای هدف مشخصی و توسط یک ناظر و طراح هوشمند طراحی شده‌اند توضیح دهد.[2]

هر چند ممکن است باور این مساله دشوار باشد اما طبیعت، برای پیشبرد انتخاب طبیعی، نیازی به طراح ندارد و خود قوانین طبیعت هستند که مکانیسم انتخاب طبیعی را پیش می‌برند. درست مثل گردش سیارات در مدار مشخص به دور خورشید که غربال طبیعی و نتیجه طبیعی قوانین فیزیک است یا قوانین کپلر و ساختار فیزیکی جهان که ایجاب می‌کند سیارات در مدار مشخصی به دور خورشید بگردند.

در عین حال یکی از رایج‌ترین اشتباهات مخالفان نظریه داروین این است که تصور می‌کنند نظریه داروین صرفا یک نظر است. به عبارت دیگر آنها مفهوم نظریه در علم را با عبارت روزمره "نظر" جابجا گرفته‌اند. اگر بخواهیم دقیق‌تر بگوییم، نظریه داروین نظریه‌ای است درباره یک فکت. نظریه‌ای است در تبیین یک واقعیت که در طبیعت اتفاق افتاده است. البته ممکن است روزی نظریه داروین با یک نظریه بهتر و جامع‌تر جایگزین شود اما این موضوع، اختلافی در اصل ماجرا ایجاد نمی‌کند. فرگشت یا همان تکامل، فرایندی بوده (و هست) که واقعا در طبیعت اتفاق افتاده (و هنوز هم می‌افتد و خود ما بخشی از فرایند تکامل هستیم و نه در نقطه غایی آن) و انکار آن چیزی مانند انکار وجود گرانش یا جاذبه زمین است. گرانش را نیز در فیزیک می‌توان

Telegram @at_book

---

۱) عنوان اصلی کتاب: Natural Theology or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity : پالی از نظر تاریخی طبیعتا نمی‌توانسته از نظریه داروین اطلاع داشته باشد چرا که نظریه داروین در حدود نیم قرن پس از درگذشت او منتشر شده است.

۲) برای مطالعه بیشتر در این زمینه ر.ک به کتاب ساعت ساز نابینا The Blind Watchmaker اثر ریچارد داوکینز Richard Dawkins

در پرتو نظریه‌های مختلفی تفسیر و تبیین کرد. گرانش به مفهوم نیوتنی یک چیز است و به مفهوم نسبیتی چیزی دیگر. اما صرف‌نظر از اینکه گرانش با چه نظریه‌ای توضیح داده شود، در عالم بیرون از ذهن ما واقعیتی به شکل جاذبه وجود دارد. اشیاء به زمین سقوط می‌کنند چه ما نیوتنی به آن نگاه کنیم چه نسبیتی یا حتی اگر آن را با یک نظریه غلط تبیین کنیم. نظریه داروین، قدرت تبیینی دارد همان‌طور که نظریه نسبیت عام اینشتین، وجود سیاهچاله‌ها یا خم شدن نور در جاذبه خورشید را توضیح می‌دهد. نظریه داروین مثل هر نظریه دیگر علمی نقایصی داشته و دارد. این که نظریه‌های علمی به مرور زمان بهتر شوند اما فقط منحصر به نظریه داروین نیست. مثلا در کیهان‌شناسی نیز ثابت کیهانی[1] (فرض اینشتین برای توجیه جهانی ایستا) با مشخص

---

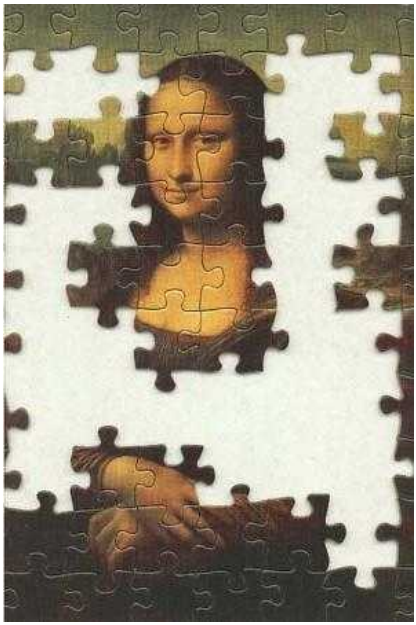
۱) Cosmological constant ثابت فیزیکی است که با Λ در معادلات میدان اینشتین EFE ظاهر می شود. پیتر کلز Peter Coles کیهان‌شناس دانشگاه Cardiff انگلستان می‌گوید اینشتین دانش کافی درباره نجوم نداشت اما راجع به حرکات میان ستارگان چیزهایی پرسیده بود. شاید به این دلیل که سوال را اشتباه پرسیده بود به این نتیجه رسید که به صورت میانگین، ستارگان نه به خورشید نزدیک می‌شوند و نه از آن دور می‌شوند. اینشتین چندان متقاعد شده بود که جهان ایستاست که برای اصلاح معادلاتش به عقب بازگشت و دریافت که با تغییراتی جزیی می‌تواند خصوصیات اصلی آن معادلات را حفظ کند و در عین حال مدل‌های کیهان‌شناسی در حال انبساط و انقباض را نیز تبیین کند. اصلاحی که اینشتین در نظریه خود به وجود آورد ثابت کیهان‌شناسی نام دارد. ثابت کیهان‌شناسی می‌گذارد که فضا با گذر زمان منبسط شده یا انقباض پیدا کند. اینشتین بر این اساس، مدل کیهان شناسی استاتیک خود را در سال ۱۹۱۷ منتشر کرد. در حالیکه چند سال بعد در سال ۱۹۲۹ ادوین هابل با انتشار نتایج خود مبنی بر انبساط جهان نشان می‌داد که کیهان به هیچ عنوان ایستا و به اصطلاح استاتیک نیست و بلکه در حال انبساط است. اینک با مشخص شدن انبساط جهان، دیگر ضرورتی برای ثابت کیهان‌شناسی اینشتین وجود نداشت. اینشتین در سال های پایانی عمر خود از این موضوع به عنوان بزرگ‌ترین اشتباه علمی خود یاد می‌کرد. اما در واقع، اشتباه اصلی آنجا بود که او نتوانست انبساط جهان را پیش‌بینی کند. اگرچه تا همین اواخر، اغلب کیهان‌شناسان از این مساله که ثابت کیهان‌شناسی را در مدل‌های خود لحاظ کنند راضی نبودند، اما ثابت کیهانی عملا هرگز از روی میز کار کیهان‌شناسان کنار گذاشته نشد. در مقابل به خصوص پس از سال ۱۹۹۸ جامعه علمی، یک رنسانس جدی را در مساله ثابت کیهانی اینشتین تجربه کرد. مساله ابرنواختر نوع Ia دانشمندان را به این نتیجه رساند که انبساط جهان، خطی نیست و بلکه شتاب‌دار است. این نظریه نوین یعنی انبساط شتاب‌دار جهان به خوبی با ثابت کیهانی اینشتین مطابقت داشت و می‌توانست با مدل لامبدا-سی دی ام Lambda-CDM سازگار باشد. دانشمندانی مانند سائول پرلموتر Saul Perlmutter و بریان اشمیت Brian P. Schmidt و آدام ریس Adam G. Riess نشان دادند که آنچه که اینشتین، بزرگ‌ترین اشتباه علمی دوران حیات خود خوانده بود، اشتباه نبود. با یافته‌های دانشمندان مبنی بر انبساط شتاب‌دار کیهان، مشخص شد آنچه که اینشتین بزرگ‌ترین اشتباه علمی خود می‌خوانده، به نوعی درست بوده است.

شدن انبساط جهان، کنار گذاشته شد ولی بعدها کیهان‌شناسان با کشف انبساط شتاب‌دار جهان دوباره آن را جدی گرفتند.

از این رو برای کسانی که با تاریخ علم و مفهوم نظریه‌های علمی آشنایی دارند این موضوع کاملا آشناست و برای مثال کمتر کسی از تصحیح و بازنگری در نظریه نسبیت نتیجه می‌گیرد که این نظریه، رد شده است. مساله دیگری که نباید از نظر دور داشت این است که گاهی برای روشن شدن وجوهی از یک نظریه، زمان طولانی لازم است. مثلا امواج گرانشی در حدود یکصد سال پس از پیش‌بینی نسبیت اینشتین در رصدخانه لایگو آشکارسازی شد. نظریه داروین هم از این قاعده مستثنی نیست. جنبه‌های بسیاری بود که داروین از آنها اطلاع نداشت. داروین چیزی از کار مندل در زمینه وراثت و مهم‌تر از آن چیزی از ژنتیک نمی‌دانست. این مساله نقطه ضعفی برای نظریه داروین محسوب نمی‌شود. ماکسول هم که با صورت‌بندی معادلات الکترومغناطیسی گام بزرگی در علم برداشت، خیلی از مسائل اصلی الکترومغناطیس امروز را نمی‌دانست و به عنوان نمونه به فرض غلطی مثل وجود اتر برای انتشار امواج الکترومغناطیسی باور داشت. بنابراین، این که یک نظریه علمی به مرور زمان تصحیح شده یا سازگارتر و بهتر و دقیق‌تر شود موضوعی منحصر به نظریه داروین نیست.

در مقام مقایسه، نظریه داروین مانند پازل نقاشی مونالیزا است که بخش‌های بسیاری از آن برای علم امروز روشن شده است. قطعات پراکنده‌ای از این پازل (مثلا در پس‌زمینه یا قسمت‌هایی از دست یا مو) ممکن است هنوز مشخص نباشد اما یک چیز برای عقل سلیم واضح است. این نقاشی در حال تکمیل، هرچه هست نمی‌تواند مثلا پازل نقاشی تابلوی جیغ ادوارد مونک باشد. شواهد در تایید نظریه داروین (در اینجا یعنی قطعات پازل) به قدری زیادند که ما مطمئنیم در حال تکمیل پازل نقاشی مونالیزا هستیم و نه چیز دیگر. شاید گفته شود هیچ یک از ما مراحل تکامل یک ماهی یا طوطی را به معنی رایج در علم، مشاهده نکرده‌ایم. این پرسش جای بحث بسیار دارد زیرا مفهوم مشاهده در علم، همان‌گونه در فصل دوم این کتاب بررسی کردیم عملا هرگز تا این حد ساده نیست. ما درون خورشید را نیز مشاهده نکرده‌ایم و هیچ دانشمندی، قطعه‌ای از درون خورشید را به آزمایشگاه

نیاورده تا ساختار شیمیایی آن را آزمون کند. با این وجود آیا این بدین معناست که مثلا درون خورشید از سرب و جیوه تشکیل شده و آنچه که دانشمندان از ساختار درون خورشید به ما می‌گویند اشتباه است؟ خیر. روش علمی که در نظریه داروین به کار گرفته شده همان روشی است که در علوم دیگر از جمله کیهان‌شناسی و یا زمین‌شناسی از آن استفاده می‌کنیم.



این پرسش که آیا نظریه داروین، اثبات شده است یا نه، پرسش دقیقی نیست. در واقع نظریه‌های علمی در عمل هیچ‌گاه اثبات نمی‌شوند. ضمن آنکه مفهوم اثبات در مسائل فلسفه علم و روش علمی می‌تواند بسیار گمراه کننده باشد. نظریه داروین حتی برخلاف آنکه کارل پوپر آن را در آثار اولیه خود مانند کتاب فقر تاریخیگری[۱] و یا حتی در کتاب

---

۱) The Poverty of Historicism

در جستجوی ناتمام[1]، ابطال‌ناپذیر می‌دانست کاملا آزمون‌پذیر و ابطال‌پذیر است.[2] به نظر می‌رسد نظریه داروین و پیامدهای فکری و فلسفی آن تا قرن‌های آتی همچنان از مهم‌ترین سرفصل‌های فلسفه علم شمرده شود. نکته‌ای که نباید از نظر دور داشت این است که حتی اگر روزی دانشمندان به نظریه‌ای بهتر و جامع‌تر از نظریه انتخاب طبیعی داروین دست پیدا کنند این مساله در حیطه علم و نظریه‌های علمی رخ خواهد داد و نه با باورهای مذهبی و پیش‌فرض‌ها و استدلال‌های الهیاتی. اگر روزی نظریه‌ای بهتر از نظریه داروین پیدا شود، اصل رخداد فرگشت یا تکامل یا دگرگونش به عنوان یک فکت سر جای خود باقی است. فرگشت، واقعا در طبیعت رخ داده است چه با نظریه انتخاب طبیعی داروین توضیح داده شود و چه با نظریه‌ای دیگر.

۴.۴ از عصر آتش تا عصر اتم

بیش از دو میلیون سال از ساخت ابزارهای سنگی می‌گذرد اما تنها ۳۰۰ هزار سال است که استفاده روزمره از آتش به زندگی انسان وارد شده است. دانسته‌های ما از این ۳۰۰ هزار سال چندان زیاد نیست هرچند کاوش‌های باستان‌شناسی، مدارک و اسنادی را در اختیار ما گذاشته‌اند که از روی آن‌ها می‌توان فهمید که اجداد ما چه ابزارآلاتی اختراع کرده و چگونه آنها را به کار می‌برده‌اند، حتی می‌توان به نوعی حدس زد که چه تمایلات و اندیشه‌هایی داشته اند. جرج سارتن مورخ علم در کتاب

---

۱) Unended Quest: An Intellectual Autobiography

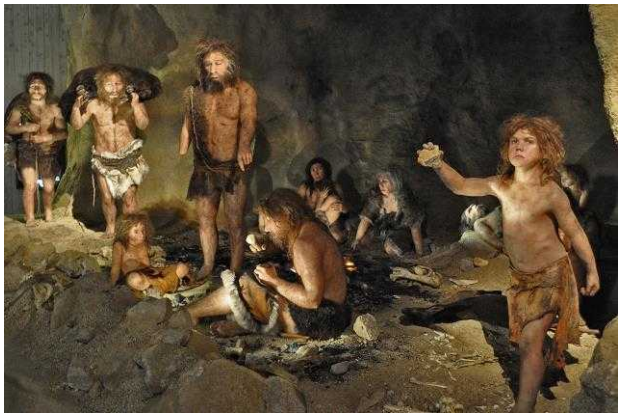
۲) برای نمونه نگاه کنید به مبحث تکامل آزمایشگاهی Experimental evolution و کار ریچارد لنسکی Richard Lenski در دانشگاه میشیگان تحت عنوان The E. coli long-term evolution experiment (LTEE) که در آن از سال ۱۹۸۸ تاکنون حدود ۶۶۰۰۰ نسل باکتری بررسی شده‌اند. پوپر، داروینیسم را نه یک نظریه علمی آزمون‌پذیر بلکه یک برنامه پژوهشی متافیزیکی metaphysical research program می‌دانست و انتخاب طبیعی را یک همانگویی tautology ارزیابی می‌کرد اما بعدها با مشخص شدن یافته‌های بیشتری درباره زیست‌شناسی تکاملی نظر خود را تغییر داد و اعلام کرد که موضع‌اش درباره موقعیت منطقی و آزمون‌پذیری نظریه انتخاب طبیعی تغییر کرده است و از اینکه این فرصت را داشته تا دیدگاه قبلی خود را پس بگیرد خوشحال است .

تاریخ علم خود بر این باور است که همه چیز با تمدن شروع می‌شود و علم با فعالیت‌هایی برای تامین غذا و ساخت سرپناه آغاز شده است.

او می‌نویسد: اگر بخواهیم تاریخی تقریبی برای شروع علم در دوره پیش از تاریخ در نظر بگیریم با توجه به کاوش‌های باستان‌شناسان و نظر مورخان علم، این نقطه آغاز را باید چیزی در حدود ده هزار سال پیش در نظر گرفت. در واقع ابزارسازی از زمانی آغاز شده که بشر، سنگ را به سنگ می‌کوبید تا با لبه تیز آن پوست شکار را کنده و برای خود سرپناه و لباس بسازد. بررسی تفکرات انسان باستانی و روش‌ها و راه حل‌هایی که اجداد انسانی ما برای غلبه و مهار طبیعت ابداع کردند چندان ساده نیست. یکی از موانع پیش روی ما برای فهم دقیق اندیشه انسان‌های باستانی، نبودن خط و دست‌نوشته‌ای از آن دوره تاریخی است. جرج سارتن می‌گوید: بیایید فرض کنیم که آن مردم می‌دانسته‌اند که چگونه آتش بیفروزند و از اصول مقدماتی کشاورزی آگاهی داشته‌اند. قطعا مردم آن زمان، لغتی برای مکالمه و سخن گفتن با یکدیگر داشته‌اند، ولو اینکه قابلیت نوشتن هنوز فراهم نیامده بوده است. در این مرحله و مدت‌های مدید بعد از آن، نوشتن نه امری اساسی به شمار می‌رفته و نه ضرورت داشته است. یکی از بزرگ‌ترین اسرار زندگی آن است که فهم لغت و زبان، حتی آنجا که مربوط به ابتدایی‌ترین مردم جهان است و نوشته‌ای همراه ندارد بی‌اندازه پیچ در پیچ است.

اجداد انسانی ما پس از کشف آتش، برافروختن آتش را نیز آموختند و سعی کردند آن را به سیطره خودشان در بیاورند و هم برای گرم کردن و هم روشنایی و هم دور کردن حیوانات درنده از آن استفاده کنند. نیاز به ساخت ابزار در این دوره تاریخی فکر بشر را آرام نمی‌گذاشت. انسان کشاورز یا بیابان‌گرد برای پوست کندن و دریدن و بریدن و بستن و کوبیدن نیاز به ابزار داشت. هر ابزار در حقیقت یک اختراع بود و در عین حال راهی برای اختراع ابزاری دیگر. هم اسکیموها و هم سرخ‌پوست‌ها با استفاده از چوب، استخوان یا پوست حیوانات، ساقه و الیاف گیاهان، تسمه، طناب و پتک درست می‌کردند. کشاورز در این دوره تاریخی باید دانه‌های خوراکی را کشف می‌کرده و با آزمون و خطا بهترین راه را برای کشت و ذرع پیدا می‌کرده است. در دوره یکجانشینی

اهلی کردن حیوانات لازم شد و ساخت خانه برای خود و آغل برای حیوانات. انسان برای جمع کردن غذا نیاز به ظرف پیدا کرد و طبق کاوش‌های باستانی، انسان‌های این دوره به ساخت کوزه پرداختند. سارتن می‌گوید برای پیشرفت فوت و فن کوزه گری لاجرم می‌بایست هزاران نفر با یکدیگر همکاری کرده باشند و اینجاست که ایده اولیه ساخت اهرم برای جابجاکردن بارهای سنگین در مسافت‌های دور و دراز احتمالا در ذهن بشر شکل گرفته است. قرقره و غلطک و چرخ و ارابه در همین دوران‌ها و بر حسب نیاز انسان ساخته شد و تمدن مدام چهره پیچیده‌تری به خود گرفت.



نئاندرتال‌ها در حدود ۱۳۰ هزار سال پیش احتمالا به این شکل زندگی می‌کرده‌اند. (تصویر از موزه کراپینا نئاندرتال در کرواسی) برخی مطالعات نشان می‌دهند که نئاندرتال ها در غارها برای روشنایی از از آتش استفاده می کرده‌اند. بررسی‌های سال‌های اخیر بیانگر آنند که نئاندرتال‌ها و هوموساپینس‌ها برای حدود ۱۰۰ هزار سال با یکیگر در جنگ بوده‌اند.

شاید در نقطه‌ای نامعلوم، کوزه‌گری باهوش چرخ را برای ساخت کوزه به کار گرفت و دریافت که با کمک چرخ، می‌توان در زمان مساوی کوزه‌های بیشتری تولید کرد. اجداد انسانی ما برای جان به در بردن از باران و سرما و برف و آفتاب سوزان یا باید با برگ و الیاف گیاهان خود را حفظ می‌کردند یا با پوست حیوانات. روی این اصل که هر اختراعی، اختراع دیگری را ممکن می‌کرد در همین دوران است که انسان در می‌یابد با بافتن و در هم تنیدن الیاف گیاهی می‌تواند پارچه درست کند. اولین

بافندگی ثبت شده در تاریخ نشان می‌دهد که بافتن پارچه ظاهرا باید نخستین بار در چین انجام شده باشد. بافندگی ابریشم صنعت ساده‌ای نیست و مستلزم پرورش کرم ابریشم و استفاده از درخت توت و خیلی مراحل دیگر بوده است. اندیشه بافت پارچه ابریشم را به خزانه‌دار امپراطور افسانه ای چین در حدود ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد نسبت می‌دهند و از این رو بافت پارچه احتمالا به چیزی حدود ۴ تا ۵ هزار سال قبل باز می‌گردد. نیازهای اجتماعات انسانی به تدریج پیچیده و

این عکس در سال ۲۰۰۸ از یکی از قبایل بومی ناشناخته در مرز این برزیل با پرو برداشته شده است. اعضای این قبیله که هیچ تماسی با دنیای مدرن ندارند در یکی از بخش‌های دور افتاده جنگل‌های آمازون زندگی می‌کنند و آنگونه که در عکس پیداست خود را به رنگ قرمز درآورده‌اند و نیزه‌ها و تیر و کمان‌های خود را برای دفاع از قبیله به سمت هواپیما تکان می‌دهند.

پیچیده‌تر می‌شد تا اینکه انسان از استخراج معادن و کاربرد فلز نیز آگاهی پیدا کرد. در کتاب‌های تاریخ علم مثال‌های فراوانی از ابداعات بشر باستانی ثبت شده است و نشان می‌دهد که انسان‌ها در فرهنگ‌ها و قبایل مختلف و در نقاط مختلف دنیا، چگونه به صورت مستقل دست به ابداع و اختراع می‌زده‌اند. این اختراعات الزاما ساز و کار ساده‌ای نداشته‌اند. همه ما بومرنگ را می‌شناسیم. این ابزار، در عین

ظاهر ساده به قدری پیچیده طراحی شده که با پرتاب آن می‌تواند به دست پرتاب کننده بازگردد. مثال دیگر انسان‌های باستانی در آمریکای جنوبی است که با استفاده از الیاف نوعی نخل به نام تیپیتی[۱] ابزاری درست کرده بودند که به کمک آن شیره گیاه کاساوا[۲] را گرفته و پخته و به مصرف می‌رساندند. ابداع و ساخت دیگ سه پایه‌ای به نام لی[۳] در چین باستان که هم‌زمان ۳ نوع غذا را روی اجاق می‌پخته چندان هم ساده نبوده است. از دید سارتن مهم‌ترین مرحله تاریخ بشر، دوره گذار از بیابان‌گردی به یکجانشینی است و این دوران را حتی باید از انتقال از دوره سنگ به مفرغ و از مفرغ به آهن نیز مهم‌تر دانست. این دوره مهم گذار را در واقع باید دوره انتقال از گردآوری غذا به دوره تولید غذا نام نهاد. انسان شکارچی-گردآورنده در این دوره به کشاورزی روی آورد و انقلاب کشاورزی، تحول بزرگی در نحوه زیست انسان ایجاد کرد. مورخان و انسان‌شناسان درباره انسان در این بازه زمانی چندین هزارساله تا انقلاب صنعتی بسیار نوشته‌اند و از جهات مختلفی به آن پرداخته‌اند. آنچه مسلم است این است که انسان، هزاران سال برای گرم کردن خود و پختن غذا از ماده سوختنی و آتش استفاده می‌کرد و از انقلاب صنعتی به این سو، آتش را برای تولید بخار و راه اندازی چرخ و حرکت اهرم به کار گرفت و به کند و کاو در معدن طبیعت پرداخت. پیتر اتکینز[۴] در کتاب قانون دوم[۵] می‌نویسد سوختن ماده چه به شکل عامدانه و چه به صورت تصادفی، روشی ابتدایی برای آزادسازی انرژی نهفته در سوخت‌هاست. بیشه‌زاری که شعله‌ور شده، خارج از کنترل انسان، انرژی عظیمی آزاد می‌کند اما تبدیل کنترل شده گرما به کار، از نظر تاریخی به انقلاب صنعتی باز می‌گردد. در واقع تبدیل کار به گرما

---

۱) Tipiti

۲) Cassava

۳) Li

۴) Peter Atkins

۵) The second law

برای هزاران سال در تاریخ انجام می‌شده اما روند معکوس آن یعنی تبدیل گرما به کار آن هم به شکل کنترل شده سابقه طولانی در تاریخ تمدن بشری ندارد. اتکینز می‌نویسد بدون تبدیل گرما به کار، ما فقط گرم تر می‌شدیم و نه خردمندتر. در واقع انسان برای خردمندتر شدن، ذخیره انرژی در سوخت‌ها را یکی پس از دیگری از دل طبیعت بیرون کشیده و از آن، نیروی محرکه استخراج کرده است. از این رو موتور بخار، راهی است برای استفاده از این بی‌تقارنی طبیعت. طبیعتی که بر اساس قوانین ترمودینامیک، در برابر تبدیل کار به گرما، دست و دلباز و آسان‌گیر، و در برابر تبدیل گرما به کار، خسیس و سخت‌گیر است. ترمودینامیک به تعبیر اتکینز در درون ماشین‌آلات غول‌پیکر رشد کرد و در اوایل قرن نوزدهم، کارنو[۱] و ژول[۲] و کلوین[۳] و کلازیوس[۴] و بولتسمان هرکدام از جهتی به مطالعه درباره کار و گرما پرداختند. کارنو از سمت موتور، یعنی نماد جامعه صنعتی و بولتسمان نیز از سمت اتم، نماد علم مدرن، ترمودینامیک را پیش بردند. از دید اتکینز، انقلاب صنعتی انقلابی در راستای فهم انسان از چگونگی تبدیل ارادی گرما به کار است. تمدن‌های ابتدایی آموخته بودند که با سوزاندن یک سری از مواد سوختنی می‌توانند بر اساس اراده خود، گرما ایجاد کنند. این سوخت می‌توانست خیلی چیزها باشد. بیشه‌زار و چوب و زغال‌سنگ یا روغن‌های حیوانی و خیلی چیزهای دیگر. اما مساله بر سر این است که انسان از دید اتکینز در پی معدن‌کاری در زمان پرداخته و همه جا به دنبال انرژی به دام افتاده خورشید می‌گشته است. انسان، انرژی تابیده شده خورشید را که در گیاهان ذخیره شده بود از چوب گرفته تا زغال‌سنگ مصرف کرد و در این معدن‌کاری در گذشته، به استفاده از منابع نفتی رسید. اما گویا بازمانده‌های گندیده زندگی دریایی که انرژی

---

۱) Sadi Carnot

۲) James Joule

۳) William Thomson مشهور به Lord Kelvin

۴) Rudolf Clausius

آن نیز از خورشید استخراج شده بود، برای مصرف تمدن مدرن کفایت نمی‌کرد و انسان در این نقطه تاریخی باز هم به معدن‌کاری در زمان‌های دورتر ادامه داد و به خرمنی برای سوزاندن دست پیدا کرد که از اجاق ستارگان شکل گرفته بود.

اتم‌های اورانیومی که امروزه بشر در نیروگاه‌های اتمی می‌سوزاند در واقع خاکسترهای ستارگانند. معدن‌کاری ما در گذشته برای پیدا کردن ماده سوختنی و تامین انرژی شبیه به فردی است که در زیرزمین و انبار خانه‌اش به دنبال کُنده‌های چوب برای سوزاندن در شومینه می‌گردد و از آنجایی که دیگر چیزی نمی‌یابد به سوزاندن چوب مبل‌ها و درها و تخت‌خواب‌های خانه روی آورده است. انسان حتی پا را از این نیز فراتر گذاشته و به تعبیر اتکینز به دنبال معدن‌کاری در دوران های به مراتب قدیمی‌تر از اینهاست.

معدنکاری در زمان بیگ بنگ و استخراج انرژی نهفته‌ای که از زمان شکل‌گیری جهان، ذخیره شده است. از زمانی که جهان مملو بود از هیدروژن و هلیوم و اینک با گذشت میلیاردها سال، انسان در پی آن است که خاکسترهای بیگ بنگ را نیز برای دستیابی به همجوشی کنترل شده هیدروژن به هلیوم استخراج کند. در این صورت معدن‌کاری ما نه تنها چوب و زغال سنگ، نه تنها نفت و اتم اورانیوم بلکه هیدروژن را نیز به عنوان کهن‌ترین سوخت فسیلی شامل خواهد شد و انسان هر آنچه دار و ندار طبیعت بوده آتش زده و دیگر معدنی برای استخراج باقی نخواهد ماند. اتکینز می‌نویسد ما با بحران انرژی روبرو نیستیم، با بحران آنتروپی روبروییم. جامعه صنعتی بیش از هر زمان منابع خود را می‌سوزاند و بدین ترتیب از کیفیت انرژی که ذخیره می‌کند کاسته می‌شود. تمدن مدرن، از تباهی ذخایر انرژی جهان تغذیه می‌کند. به این معنا کار ما حفظ انرژی نیست. چرا که بر اساس قانون اول ترمودینامیک، انرژی جهان ثابت است و اگر ما سوختی مانند فسیل یا زغال‌سنگ یا نفت یا هسته‌ای را می‌سوزانیم در واقع از منبع انرژی نمی‌کاهیم چرا که انرژی جهان تا ابد ثابت است. اما هر بار که یک قطعه زغال‌سنگ یا یک قطره نفت را آتش میزنیم و هر هسته‌ای که شکافته می‌شود، آنتروپی جهان را افزایش می‌دهیم و از کیفیت انرژی

جهان می‌کاهیم. ما اینک احتمالا در میانه و یا پایان معدن‌کاری در دنیای اتم‌ها به سر می بریم.

در دوران ما در سال ۲۰۲۰ میلادی، نیروگاه‌های اتمی از جهاتی دیگر فناوری چندان مدرنی محسوب نمی‌شوند. از زمانی که دانشمندانی چون اتو هان[۱] و لیزه ماینتر[۲] شکافت هسته‌ای را توضیح دادند بیش از ۸۰ سال گذشته است و اینک ادامه یا عدم استفاده از انرژی هسته‌ای به یک چالش بزرگ برای سیاست‌مداران و دانشمندان تبدیل شده است. توسعه رآکتورهای اتمی در جهان، از یک سو یکی از گزینه های دستیابی به اهداف معاهده اقلیمی پاریس[۳] محسوب می‌شود و از دیگر سو دستیابی به منابع انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی با کمک فناوری‌های نوظهور تا حدی در دسترس شده‌اند که بسیاری از کشورها از خود می‌پرسند آیا سرمایه‌گذاری در ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای دیگر صرفه مالی و اساسا توجیه اقتصادی دارد؟

اگر عاملی مانند توجیه اقتصادی را کنار بگذاریم، با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای دفع زباله‌های رادیواکتیو و یا فجایع غیرقابل پیش‌بینی مانند حادثه چرنوبیل در اوکراین یا فوکوشیما در ژاپن، آیا هنوز برق حاصل از نیروگاه اتمی ارزان و به صرفه و معقول است؟ کم نیستند دانشمندانی که گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر را اجتناب‌ناپذیر می‌دانند. چرا که با در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی، در سال‌های اخیر طراحی و ساخت نیروگاه‌های اتمی بسیار بسیار گران شده است و صرفه اقتصادی آن حتی در رقابت با انرژی بادی و خورشیدی نیز زیر سوال است. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به شدت در سراسر دنیا مورد استقبال قرار گرفته و سرمایه‌گذاری‌های کلان برای توسعه این بخش

---

۱) Otto Hahn

۲) Lise Meitner

۳) Paris Agreement که در سال ۲۰۱۶ با هدف در رابطه با کاستن انتشار گازهای گلخانه‌ای تصویب شد.

در حال انجام است. برخی معتقدند انرژی اتمی یک فناوری گران‌قیمت، خطرناک و انعطاف‌ناپذیر است و حوادثی چون حادثه فوکوشیما یک زنگ خطر بزرگ بوده و از آسیب‌پذیری ما در برابر حوادث پیش‌بینی نشده حکایت دارد. در ماه مارس سال ۲۰۱۱ امواج پیش‌بینی‌ناپذیر سهمگین سونامی، نیروگاه اتمی فوکوشیما را نابود کرد و باعث ذوب هسته ای در ۳ رآکتور آن شد. این فاجعه عظیم که پس از فاجعه چرنوبیل، وحشتناک‌ترین حادثه نیروگاه‌های اتمی در جهان بود بسیاری کشورهای پیشرفته دنیا را به بازنگری در سیاست هسته‌ای خود وادار کرد. فرانسوی‌ها و آلمانی‌ها از برنامه خود برای تعطیلی تدریجی رآکتورهای هسته‌ای خبر دادند و برنامه‌های خود را برای ساخت نیروگاه‌های جدید هسته‌ای ملغی اعلام کردند. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که میزان تولید انرژی خورشیدی در جهان تا سال ۲۰۵۰ به شدت افزایش پیدا خواهد کرد. پیشرفت تکنولوژی در دهه‌های اخیر باعث کاهش بهای تاسیسات فتوولتائیک شده است و بهره‌وری آن را به شکل حیرت‌برانگیزی بالا برده است. مساله‌ای که احتمالا باعث رشد سرمایه گذاری در انرژی خورشیدی و فاصله گرفتن کشورهای جهان از نیروگاه‌های هسته‌ای خواهد شد. اگر فقط و فقط ضرر مالی را ملاک بگیریم دو فاجعه اتمی چرنوبیل و فوکوشیما در مجموع چیزی حدود ۴۵۰ میلیارد دلار خسارت به بار آورده‌اند. صرف‌نظر از اینکه خسارت جانی و آسیب محیط‌زیستی این دو فاجعه دهشتناک، جبران‌ناپذیر بوده است. امروزه بسیاری از تاسیسات هسته‌ای و نیروگاه‌های بتن‌ریزی شده در جهان وجود دارد. از انبارهای زباله اتمی و نظایر آن که به گفته کارشناسان بیش از پانصد میلیارد دلار از ثروت جهان را دور ریخته است. آلمان که یکی از توسعه‌یافته‌ترین صنایع را در جهان دارد و اساس کشف هسته‌ای از دل اندیشه و کار دانشمندان این کشور در آمده، به دلیل سرمایه‌گذاری اشتباه در بخش انرژی اتمی تا به حال ۱۵۰ میلیارد دلار متضرر شده است. تجهیزات کهنه و ضریب ایمنی پایین فناوری‌های روسی در صنایع هسته‌ای، احتمال وقوع فجایع هولناک نظیر چرنوبیل را بالا خواهد برد. حتی ژاپن با آن سیستم مدیریتی و فناوری پیشرفته نیز پیش‌بینی یک حادثه طبیعی چون زلزله ۹ ریشتری و به پیامد آن وقوع سونامی و از کار افتادن سیستم خنک‌کننده نیروگاه فوکوشیما را نکرده بود و نتوانست از ذوب شدن سه مخزن میله های سوخت هسته ای در قلب نیروگاه جلوگیری

کند. اینک در سال ۲۰۲۰ ، اشتیاق دهه ۱۹۷۰ میلادی برای هسته‌ای شدن در جهان رو به افول است و طراحی تاسیسات پنجاه سال پیش با استانداردهای دنیای امروز هم‌خوانی ندارد. جهان در این نیم قرن بسیار تغییر کرده و با ظهور فناوری‌های نوین، سلطه بسیاری از فناوری‌های قدیمی به سر خواهد آمد. اینکه منابع انرژی آینده چه خواهند بود و انسان چه روش‌های دیگری برای تبدیل گرما به کار خواهد یافت اگر چه موضوع بحث آینده پژوهان است اما بی‌ارتباط با فلسفه علم نیست.

کشف شکافت هسته‌ای در سال ۱۹۳۹ مبتنی بر نظریه‌های علمی پیش از خود بود و مفهوم اتم به عنوان کوچک‌ترین ذره غیرقابل تقسیم ماده، از زمان یونان باستان یک مساله فلسفی به شمار می‌رفت. بنابراین اگر این واقعیت را در نظر بگیریم که فناوری‌های امروز، از رآکتورهای هسته‌ای گرفته تا پنل‌های خورشیدی، بازتاب نظریه‌های علمی هستند و کار فلسفه علم هم در نهایت کلنجار رفتن با نظریه‌های علمی و روش‌های صورت‌بندی آن‌هاست، در خواهیم یافت که پرسش‌های فلسفی بسیاری هنوز بی‌پاسخ هستند. اینکه چرا طبیعت، سیکل کارنو و دسترسی به کارایی صددرصد را غیرممکن کرده است و چرا قانون دوم ترمودینامیک، بر سر تبدیل گرما به کار، محدودیت‌های غلبه‌ناپذیری وضع کرده و اساسا چرا این محدودیت‌ها فقط سد راه تبدیل گرما به کار می‌شود و نه تبدیل کار به گرما. این‌که بدانیم این بی‌تقارنی طبیعت از کجا ناشی می‌شود و در نظر بگیریم تمدن دنیای مدرن ما مدیون بهره‌گیری از همین بی‌تقارنی طبیعت بوده است، پرسش‌هایی نیستند که در یک قدمی پاسخ آن‌ها باشیم. چه بسا فیلسوفان علم آینده برای قرن‌ها همچنان با این پرسش‌ها درگیر باشند.

۴.۵ هوش مصنوعی و انقلاب صنعتی چهارم

بسیاری از فناوری‌های نوین پیامدهایی دارند که جامعه، اخلاق و حتی فلسفه و اقتصاد را نیز تحت تاثیر خود قرار می‌دهند، مثلا توسعه پروژه هوش مصنوعی اگرچه انقلابی بزرگ در حیطه علم و فناوری به شمار می‌رود، اما گستره تاثیرات آن به حوزه‌هایی نظیر اخلاق یا فلسفه نیز کشیده شده است، بسیاری می‌پرسند اگر روزی ماشین‌های هوش مصنوعی بتوانند فکر کنند یا تصمیم بگیرند چه باید کرد؟

این پرسش فلسفی، به نوعی پیامد مستقیم توسعه هوش مصنوعی است. به عبارت دیگر اگر هوش مصنوعی نبود، چنین دغدغه‌ها و پرسش‌هایی فلسفی از این دست نیز در ذهن انسان شکل نمی‌گرفت. اگر ماشین‌ها روزی بتوانند تمام بازار کار را در دست بگیرند و جایی برای نیروی کار انسانی باقی نگذارند، بلافاصله این پرسش پیش می‌آید که در این صورت چه اتفاقی برای جامعه یا اقتصاد خواهد افتاد؟ این دغدغه‌ها به ظاهر ممکن است موضوعی علمی تخیلی به نظر برسند اما نگاهی به تغییر سبک زیست انسان در قرن اخیر نشان می‌دهد بسیاری از اموری که زمانی تخیل مطلق محسوب می شدند اینک به واقعیت پیوسته‌اند. تغییر چهره جهان با انقلاب صنعتی چهارم[۱] به تعبیر کلاوس شواب[۲] اجتناب‌ناپذیر است. تحولی که دامنه تاثیرات آن صرفا به دنیای فناوری محدود نخواهد ماند و چه بسا تمامی عرصه‌های زندگی انسان، از اقتصاد گرفته تا فرهنگ و تاریخ و جامعه و سیاست را تحت تاثیر خود قرار دهد. انقلابی در نحوه زیست انسان که صرفا ادامه انقلاب صنعتی سوم نیست و در عمل بسیار پیچیده‌تر از آن خواهد بود. از نقطه نظر تاریخی، تقسیم‌بندی انقلاب‌های صنعتی به دوره‌های اول و دوم و سوم و چهارم، اساسا بر پایه ماهیت هر انقلاب صنعتی صورت گرفته است. به عبارت ساده‌تر، انقلاب

---

۱) The Fourth Industrial Revolution (4IR)

۲) Klaus Schwab

صنعتی اول که براساس نیروی بخار و مکانیکی کردن تولید و حرکت شکل گرفت و انقلاب صنعتی، دوم که در آن، برق و الکتریسیته پا به میدان گذاشت.

در سومین انقلاب صنعتی، اما مسئله قدری پیچیده‌تر شد. در انقلاب صنعتی سوم، هم برق و الکتریسیته نقش مهمی بازی می‌کند و هم فناوری اطلاعات (IT)، اما آنچه که انقلاب صنعتی چهارم را از انقلاب‌های صنعتی پیشین متمایز می‌کند، تلفیق فناوری‌های نوین در سه سطح فیزیکی، دیجیتالی و همچنین زیست‌شناسی است و به عبارتی یک نوع درهم‌تنیدگی عجیب میان انسان، فیزیک و دنیای دیجیتال. در انقلاب صنعتی چهارم حتی درک انسان از مفهوم مالکیت یا حریم خصوصی، روابط انسانی و مسائلی از این دست نیز به شکل بنیادینی تغییر خواهد کرد و برخی بر این باورند که زندگی پس از انقلاب چهارم صنعتی بسیار ساده‌تر از پیش خواهد شد. هرچند دغدغه‌هایی درخصوص امکان بروز نابرابری در بازار کار و همچنین شکاف بیشتر در توزیع سود میان کار و سرمایه هم‌چنان بر سر جای خود باقی خواهند ماند.

کارخانه‌هایی را تصور کنید که در خط تولید آن دیگر کارگران به صف نایستاده‌اند، بلکه فقط ترکیبی از بازوهای هیدرولیکی و پنیوماتیکی هستند که قطعات خودرو را سرهم‌بندی یا رنگ‌آمیزی می‌کنند. برخی پژوهشگران می‌گویند توسعه هوش مصنوعی در آینده نه تنها باعث می‌شود ربات‌ها در نوار نقاله کارخانه‌ها، جانشین انسان شوند، بلکه آینده شغلی پزشکان و مهندسان و روزنامه‌نگاران را نیز به خطر خواهد انداخت.

ربات‌ها به انجام کارهای پیچیده شتاب می‌دهند و بیش از حد تصور خواهند توانست جانشین نیروی کار انسانی شوند. از دید سرمایه‌گذار یک کارخانه، شاید یک دوربین امنیتی و سیستم حفاظتی ساختمان به مراتب بهتر از یک نگهبان عمل کند. نگهبانی که شب‌ها ممکن است خواب‌آلوده باشد و به مرخصی نیاز دارد. آیا به همین ترتیب هوش مصنوعی جای مشاغل را یکی پس از دیگری خواهد گرفت؟ برخی آینده‌پژوهان می‌گویند با انقلاب صنعتی عظیمی که با گسترش هوش

مصنوعی به وقوع می‌پیوندد، حتی بسیاری از مشاغل آکادمیک نیز به تدریج از میان خواهند رفت و رقابتی ورای انتظار در بازار کار درخواهد گرفت. متقاضی کاری را تصور کنید که نه خسته می‌شود، نه می‌خوابد و نه مرخصی می‌خواهد و نه بعضی روزها عصبی و مضطرب است. چگونه ممکن است کسی در برابر چنین رقیبی برای گرفتن شغل، شانس داشته باشد؟ پژوهشی در دانشگاه آکسفورد[1] نشان می‌دهد ۴۷ درصد مشاغل در آمریکا در آینده، با گسترش فناوری‌های نو با مخاطره مواجه شده و از دست انسان خارج خواهند شد. اینکه آیا این تحولات به سود جامعه بشری است یا آینده انسان را به خطر خواهد انداخت یا نه، هنوز مشخص نیست. پژوهشگران و آینده‌پژوهان نظرات متفاوتی دراین باره دارند. برخی از غلبه ماشین‌ها بر ما سخن می‌گویند و برخی دیگر کاملا برعکس معتقدند توسعه پروژه هوش مصنوعی، زندگی انسان را بهتر خواهد کرد. اما مسئله بی‌کارشدن انسان به یک معضل جدی تبدیل شده است. اگر نرم‌افزارها مشاغل انسان را بر عهده بگیرند، پس انسان‌ها در زندگی چه باید بکنند و چه هدفی تعریف کنند؟ آینده اشتغال و بیمه و بازنشستگی چگونه خواهد شد؟ هنوز هیچ‌کس پاسخ این پرسش‌ها را نمی‌داند. ما تا به حال در جهانی که در آن سیستم‌های هوش مصنوعی عهده‌دار همه چیز باشند، زندگی نکرده‌ایم و بشر هیچ تجربه قبلی در این زمینه ندارد. با این وجود آنچه که مسلم است این است که دنیای آینده بسیار با امروز متفاوت خواهد بود و آیندگان، مدرن‌ترین شهرهای امروز را احتمالا همان‌طور خواهند دید که ما امروز در عکس خیابان‌ها و درشکه‌ها و شهرهای قرون هفده و هجده میلادی می‌بینیم. در چنین جهانی چه بسا حتی عمر انسان‌ها نیز به کمک روش‌های کنترل بیولوژیک، هوش مصنوعی و نانوتکنولوژی و تکنولوژی‌هایی که امروز درباره آنها چیزی نمی‌دانیم به مراتب بیش از امروز باشد. پزشکی مدرن در قرن اخیر، درهای جدیدی به روی افزایش میانگین طول عمر انسان گشوده است. واقعیت این است که طول عمر متوسط انسان در سال ۱۹۰۰ تنها

---

۱) مقاله‌ای با عنوان The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? که Carl Benedikt Frey و Michael A. Osborne در سال ۲۰۱۳ منتشر کرده‌اند.

۵۰ سال بود و امروزه به حدود ۸۰ سال رسیده است. با این وجود، رویای انسان روی زمین، عمری به مراتب بیش از این‌هاست. دیدگاه‌ها در زمینه ممکن یا ناممکن بودن عمر متوسط طولانی مختلف است. یک مطالعه[۱] در سال ۲۰۱۶ نشان می‌داد که زندگی جاودانه ناممکن است و اساسا حداکثر عمر احتمالی انسان چیزی حدودی ۱۱۵ تا ۱۲۰ سال است. این پژوهش نشان می‌داد اگرچه میانگین طول عمر در حال افزایش است، اما حداکثر عمر نسبتا ثابت باقی مانده و از میزان ۱۱۵ سال در دهه ۱۹۹۰ تا امروز تقریبا تغییری نکرده است.

در عین حال، دانشمندان دست از تلاش برای افزایش طول عمر بشر دست برنداشته‌اند و برای مثال پژوهشگران پروژه کالیکو[۲] که کمپانی گوگل در سال ۲۰۱۳ راه اندازی کرده همچنان در پی یافتن راهی هستند که با استفاده از روش‌های کنترل بیولوژیک، عمر انسان را تا ۱۵۰ سال افزایش دهند. در کنار اینها دانشمندان حتی به ایده بارگذاری آگاهی و ذهن انسان روی کامپیوتر نیز فکر می‌کنند.

این ایده، یعنی انتقال اطلاعات مغز به ماشین و نامیرا کردن آگاهی انسان در سال‌های اخیر به یک نظریه جدی تبدیل شده و بسیاری از موسسات تحقیقاتی در سراسر دنیا را به خود مشغول کرده است. ایده‌ای که در حال حاضر، رویایی به نظر می‌رسد اما چه بسا روزی به واقعیت تبدیل شود. آپلود کردن ذهن[۳]، کپی کردن ذهن یا انتقال محتوای ذهن روی ماشین، رویایی است که دانشمندان برای نامیرا کردن انسان در سر می‌پرورانند. در عین حال برخی از پژوهشگران بر این باورند که شبیه‌سازی عملکرد ذهن انسان در عمل بسیار پیچیده‌تر از اینهاست. شبیه‌سازی مغز انسان با ده‌ها میلیارد سلول عصبی که

---

۱) مقاله ای با عنوان Evidence for a limit to human lifespan که Xiao Dong و Brandon Milholland وJan Vijg پژوهشگران دپارتمان ژنتیک دانشکده پزشکی آلبرت اینشتین در نیویورک منتشر کرده‌اند.

۲) Calico

۳) Mind uploading

که به وسیله سیناپس‌ها با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند در حال حاضر فراتر از سطح تکنولوژی و توان محاسباتی موجود است. مدل‌سازی مکانیسم یادگیری و تفکر در چنین شبکه پیچیده‌ای حتی به لحاظ نظری هم از شدت پیچیدگی، ناممکن به نظر می‌رسد.

دنیایی که در آن ذهن و آگاهی انسان روی یک بدن رباتیک بارگذاری شود، دست کم برای علم امروز غیرقابل تصور است. این واقعیت تلخی است اما دلیل مرگ و بیماری و پیری در انسان این است که بدن انسان بی نهایت در برابر عوامل محیطی آسیب‌پذیر است و یک ضربه یا برش ممکن است کارایی و حیات ما را با خطر مواجه کند. اما اگر این امکان وجود داشت که ذهن و آگاهی خود را روی یک ربات بارگذاری کنیم، به جای بازوها و ماهیچه‌ها و استخوان‌هایی که شکننده‌اند و به مرور زمان به تحلیل می‌روند می‌توانستیم با اراده آزاد، و با احساس آگاهی از وجودمان، سیلندر و پیستون‌های پنوماتیکی را حرکت دهیم. اینکه یک آگاهی بارگذاری شده بر روی بدنی که نه خسته می‌شود و نه به خواب نیاز دارد و نه به این سادگی‌ها در برابر سرما و حرارت و ضربه آسیب می‌بیند، چگونه خواهد بود چندان روشن نیست. شاید در چنین دنیایی، جنگ‌ها به جای اختلافات مرزی بر سر آب و خاک، بر سر تصاحب و مالکیت پیکسل‌ها و فضای ذخیره اطلاعات باشد و دنیای امروز ما، در مقایسه با آن، یک دنیای ابتدایی و چیزی شبیه به عصر غارنشینی به نظر برسد. مساله بر سر این است که برخی از دانشمندان نظر مثبتی به پیشرفت‌های مرتبط با پروژه هوش مصنوعی ندارند. استیون هاوکینگ، تلاش‌هایی را که برای آفرینش هوش مصنوعی صورت می‌گیرد، تهدیدی برای وجود بشر دانسته بود و گفته بود توسعه کامل تکنولوژی هوش مصنوعی می‌تواند پایان نسل بشر باشد.

۴.۶ کیهان‌شناسی آینده

تا همین اوایل قرن بیستم میلادی دیدگاه‌های مبتنی بر نظریه نیوتن، بر تمام جنبه‌های فکری بشر حاکم بود. حرکات منظم سیارات، از نگاه مذهبی نیوتن در کتاب اصول ریاضی فلسفه طبیعی (پرینسیپیا) به همان شکل منظم و دقیق و حساب‌شده‌ای بود که از یک خالق متعال انتظار می‌رفت.

هم‌زمان با شروع انقلاب صنعتی و پیچیده‌تر شدن ماشین‌ها و عملکرد چرخ دنده‌ها و اهرم‌ها، این دیدگاه به دیدگاه غالب تبدیل شده بود که جهان هستی مانند یک ماشین عظیم کار می‌کند. مدل ماشینی از جهان هستی اما در همین دوران به خصوص با ظهور ترمودینامیک با یک مشکل بزرگ مواجه شد. بر اساس قوانین ترمودینامیک هیچ ماشینی نمی‌توانست بی‌نقص کار کند و تمام جهان هستی بر خلاف انتظار قبلی (و برخلاف استدلال نیوتن مبنی بر نظم و دقت در طراحی یک خالق) به سمت بی‌نظمی می‌رفت.

درک جدید انسان از کیهان‌شناسی در چنین دورانی شروع شد و با بازنویسی قوانین طبیعت، به خصوص پس از صورت‌بندی نظریه نسبیت در اوایل قرن بیستم، دانشمندان از زبان و فرمالیسم ریاضی و نظریات فیزیک نسبیتی برای توصیف کیهان استفاده کردند. الکساندر فریدمان[۱]، لومتر و ویلم دوسیته[۲] از نظر تاریخی نخستین کسانی هستند که کیهان‌شناسی نسبیتی را پایه‌ریزی کردند و از این رو آلبرت اینشتین را می‌توان پایه‌گذار کیهان‌شناسی جدید دانست. او پس از ارائه نظریه نسبیت عام، مدل‌های ریاضی سازگاری را برای کیهان صورت‌بندی کرد. لیکن تقریبا در همان اوایل با یک مشکل بزرگ مواجه شد. مشکلی که

---

۱) Alexander Alexandrowitsch Friedmann

۲) Willem de Sitter

از قضا نتیجه غیرقابل اجتناب نظریه نسبیت بود. داستان از این قرار است که در کیهان‌شناسی دو فرض وجود دارد به نام‌های همگنی[۱] و همسان‌گردی[۲]. یعنی دو فرضی که در کنار هم در اصطلاح اصل کیهان‌شناختی یا اصل کیهان‌شناسی[۳] خوانده می‌شوند. اصل همگنی می‌گوید همه چیز در فضا به شکل یکنواخت پخش و توزیع شده و اصل همسان‌گردی کیهان هم به این معناست که کیهان در همه جهات به شکل مشابهی دیده می‌شود. در حل هر معادله اینشتین که دربرگیرنده اصل کیهان‌شناسی بود، فضا-زمان متحرک و دینامیکی لازم می‌شد. به عبارت دیگر بر اساس این معادلات، ساخت مدلی از کیهان که اصطلاحا پایا یعنی استاتیک باشد و با زمان تغییر نکند اساسا ممکن نبود.

نظریه اینشتین مستلزم وجود کیهانی بود که یا در حال انبساط باشد و یا در حال انقباض. به عبارت دیگر این نظریه کیهان‌شناسی هیچ صحبتی درباره اینکه کدامیک از این دو حالت اتفاق می‌افتد نمی‌کرد. در عین حال همگن و همسان‌گرد بودن جهان ایجاب می‌کرد که زمین جایگاه ویژه‌ای در کیهان نداشته باشد و تمام کیهان در مقیاس‌های خیلی بزرگ، یکنواخت باشد. برای دورانی طولانی از تاریخ تمدن بشر، باور غالب بر این بود که زمین موقعیتی خاص در کیهان دارد و انسان، خود را مرکز عالم تصور می‌کرد. در آغاز قرن بیستم تقریبا هیچ روش مشخصی وجود نداشت که بتوان دریافت که اجزاء کیهان به چه شکل توزیع و پخش شده‌اند. بسیاری از کیهان‌شناسان تصور می‌کردند که کهکشان راه شیری صرفا یک جزیره کیهانی است. برخی نیز بر این باور بودند که راه شیری تنها یکی از اجرام کیهان است که به صورت یکنواخت در فضا پخش و توزیع شده است. اینشتین بیشتر به پذیرش

---

۱) homogeneity

۲) isotropy

۳) Cosmological principle: دو فرض همگنی homogeneity و همسان‌گردی isotropy با یکدیگر مرتبط‌اند اما یکی نیستند و دو چیز متفاوت‌اند. به عبارت دیگر همسان‌گردی الزاما شامل همگنی نیست.

حالت دوم تمایل داشت. چرا که در این صورت این امکان میسر می‌شد که بتوان راه شیری و سایر کهکشان‌ها را اجزاء ریزی از کیهان در نظر گرفت که به شکل یکنواخت توزیع شده‌اند. نکته مهم تاریخ علمی این است که اینشتین در ترجیح اینکه کیهان، یکنواخت است دلایل فلسفی خاص خودش را داشت که از اصل ماخ[۱] منتج می‌شد. مساله بر سر این بود که اگر کیهان در همه جهات و در همه جا به صورت یکسان توزیع شده باشد در این صورت اینشتین قادر بود نظریه کیهان‌شناسی خود را با انتخاب یک چارچوب مرجع خاص پی‌ریزی کند. از این رو تصمیم گرفت که به منظور ساده شدن تبیین رفتار کیهان، آن را همگن و همچنین همسان‌گرد فرض کند. زمانی که اینشتین در سال ۱۹۱۵ نسبیت عام را منتشر کرد بنا داشت از چارچوب این نظریه انقلابی، در مقیاسی به مراتب بزرگتر از حد انتظار و به عبارتی برای توصیف رفتار کل کیهان استفاده کند. اگرچه که او به دلیل نداشتن اطلاعات کافی در زمینه کیهان‌شناسی از پیگیری این هدف بازماند. پیتر کلز[۲] در کتاب مقدمه‌ای کوتاه بر کیهان‌شناسی[۳] می‌نویسد دانش اینشتین درباره نجوم و کیهان‌شناسی چندان زیاد نبود و او برای ادامه کار خود، یعنی برای توصیف کیهان بر اساس نظریه نسبیت لازم بود پاسخ بسیاری از پرسش‌های اساسی را پیدا کند. نظریه نسبیت عام چارچوب مفهومی بی‌نهایت زیبایی دارد. با یکسری آزمایش و تصاویر ساده ذهنی می‌توان آن را به صورت کلی تبیین کرد. اما این نظریه به نوعی حاوی پیچیده‌ترین ریاضیاتی است که تا کنون بشر برای توصیف طبیعت به کار گرفته است. لااقل در مقایسه با نظریه نیوتن که همه چیز حول معادله F=ma می‌چرخد نظریه اینشتین هیچ‌گاه کمتر از ۱۰ معادله نیست که همه آنها باید به طور هم‌زمان حل شوند. هر معادله نیز به تنهایی به مراتب از معادلات نیوتن دشوارتر است. میدان گرانشی

---

۱) Mach's principle

۲) Peter Coles

۳) Cosmology: A Very Short Introduction . مطالعه این کتاب پیتر کلز پی‌تردید برای خواننده‌ای که به مباحث طرح شده در بخش ۴.۶ علاقمند است سودمند خواهد بود.

حاصل از یک جسم بر این اساس، خود فرمی از انرژی است. این مسایل غیرخطی به تعبیر کلز، مسایلی هستند که اغلب به راه حل‌های پیچیده غیرقابل حل ریاضی می‌انجامند. آلبرت اینشتین می‌دانست که بدون در نظر گرفتن تقارن و یکنواختی جهان، قادر به حل این معادلات نیست. در سال ۱۹۲۹، شش سال پس از آنکه هابل نشان داده بود که کهکشان اندرومدا جایی بیرون از کهکشان راه شیری واقع شده[1]،

---

۱) از نظر تاریخی، اولین رصد ثبت شده از آندرومدا، توسط منجم ایرانی عبدالرحمن صوفی رازی در سال ۹۶۴ میلادی صورت گرفته است و می‌دانیم که عبدالرحمن صوفی شیء مشاهده شده را ابر کوچک نامیده است. اینکه جزییات آندرومدا با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیست و به خصوص قرن‌ها پیش که با تلسکوپ‌های ضعیف اطلاعات زیادی از ماهیت آن به دست نمی‌آمد باعث شده بود هیچ‌کسی نداند که آندرومدا واقعا چیست. تا قرن بیستم میلادی گمانه‌زنی‌های فراوانی در این باره وجود داشت اما تفکر غالب این بود که تمام جهان هستی از کهکشان راه شیری تشکیل شده و آندرومدا نیز چیزی جز یک سحابی درون کهکشان راه شیری نیست. زمانی که مسیه Messier اخترشناس فرانسوی در اواخر قرن هجدهم میلادی بیش از ۱۰۰ شیء سحابی را کاتالوگ کرد تصورش را هم نمی‌کرد که بعضی از آنها مجموعه‌ای از ستارگان کاملا جدا از مجموعه ستارگان راه شیری باشند. بشر تا اوایل قرن ۱۹ بیش از ۵۰۰۰ سحابی را می‌شناخت که عمده آنها حاصل کار سر ویلهلم هرشل Friedrich Wilhelm Herschel و پسرش جان هرشل John Herschel بود. جان هرشل در سال ۱۸۶۴ کاتالوگی را با عنوان کاتالوگ عمومی سحابی‌ها و خوشه‌ها General Catalogue of Nebulae and Clusters منتشر کرد. در سال ۱۹۰۸ تقریبا ۱۵۰۰۰ سحابی در کتابی با عنوان کاتالوگ عمومی جدید فهرست شده بود. کلمه سحابی در آن زمان به هر شی آسمانی نسبت داده می‌شد که تصویر آنها در تلسکوپ‌های آن روزگار واضح نبود و مه‌آلود دیده می‌شد. البته سر ویلیام هرشل حدس زده بود که برخی از این سحابی‌ها در واقع مجموعه ستارگانی جدا از مجموعه ستارگان ما هستند. اما برای نظر خود، شواهد کافی در اختیار نداشت و به همین سبب چندان پیگیر این دیدگاه نشد. با نصب تلسکوپ ۲.۵ متر بر قله مونت ویلسون Mount Wilson در سال ۱۹۱۷ و با بهره‌گیری از تکنیک‌های عکاسی آن دوران، تفکیک ستارگان جداگانه در کهکشان‌های نزدیک ممکن شد. در ادامه تعدادی نواختر در این کهکشان‌ها کشف شد و استدلال این بود که اگر این نواخترها به همان روشنی نواخترهایی باشند که در کهکشان ما پیدا شده اند و در عین حال بسیار کم نور به نظر می‌رسند، بنابراین بایستی در فواصل بسیار دور واقع شده باشند. این مساله تا سال ۱۹۲۳در هاله‌ای از ابهام باقی ماند تا اینکه ادوین هابل که در رصدخانه مونت ویلسون کالیفرنیا کار می‌کرد متغیرهای قیفاووسی را در چند کهکشان نزدیک کشف کرد. در نهایت مشخص شد که سحابی‌ها باید اشیایی خارج از کهکشان راه شیری باشند. در همین کشاکش بود که اخترشناسان دریافتند که کهکشان‌ها شکل‌های بسیار گوناگونی دارند و برخی کروی هستند و برخی بیضوی و پهن و برخی مارپیچ و بازو دار. به هر روی همه این مناقشات در سال ۱۹۲۳ با پژوهش‌های ادوین هابل پایان یافت و او بود که نشان داد آندرومدا، یک شیء داخل کهکشان راه شیری نیست و خود، کهکشان دیگری است که در دوردست ها واقع شده است. فاصله آندرومدا امروزه تقریبا دقیق مشخص است و می‌دانیم که این کهکشان ۲.۵ میلیون سال نوری از ما دور است. این فاصله با در نظر گرفتن قطر کهکشان ما یعنی راه شیری که بالغ است بر ۱۲۰ هزار سال نوری، در مقیاس نجومی فاصله زیادی است. آندرومدا به وضوح از راه شیری بزرگ‌تر است و با قطر ۲۰۰ هزار سال نوری جرم بیشتری هم دارد. اگر بخواهیم یک مقایسه کلی بین دو کهکشان داشته باشیم بد نیست بدانیم که سیاهچاله مرکز آندرومدا چیزی در حدود ۴۰ میلیون برابر جرم خورشید جرم دارد در حالی که←

انتشار یافته‌های او مبنی بر اینکه کیهان در حال انبساط است و به هیچ عنوان ایستا و به اصطلاح استاتیک نیست، سراسر کیهان‌شناسی را از اساس دگرگون کرد. کیهان‌شناسی از زمان اینشتین تا امروز تحولات شگرفی را تجربه کرده است.

امروز کیهان‌شناسان مدل متریک فریدمان-لومتر-رابرتسون-واکر[1] را برای حل معادلات میدان اینشتین در اختیار دارند و به کمک آن انبساط کیهان را تبیین می‌کنند. کیهان‌شناسان امروز اطلاعات بسیاری درباره شکل‌گیری کیهان در فاز ابتدایی آن دارند و به کمک روش‌های ریاضی، نه تنها گذشته کیهان بلکه فرجام کیهان را نیز مدل‌سازی می‌کنند[2]. کیهان‌شناسان به همان شدت که به درک چگونگی پیدایش

← جرم سیاهچاله مرکز کهکشان راه شیری تقریبا ۴ میلیون برابر جرم خورشید است. با این وجود تا جایی که به شکل ظاهری مربوط می‌شود هم کهکشان راه شیری و هم آندرومدا کهکشان‌های مارپیچی هستند. هرچند که آندرومدا بسیار از ما دور است اما با کمک تلسکوپ‌های امروزی و مشاهده آن، اطلاعات بی‌نهایت ارزشمندی به دست آمده است. مثلا اینکه ستاره‌شناسان می‌گویند حلقه غباری که در ناحیه داخلی اندرومدا قابل مشاهده است احتمالا به واسطه برخورد کهکشان کوتوله M32 ایجاد شده است که حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش با آن برخورد کرده است. البته کلمه برخورد در اینجا اصلا مناسب نیست و شاید بتوان گفت کلمه اشتباهی هم هست. کهکشان‌ها به قدری عظیم‌اند و فاصله میان ستارگان آن‌ها به قدری زیاد است که احتمال برخورد دو ستاره وقتی مثلا دو منظومه ستاره‌ای به یکدیگر می‌رسند بسیار بسیار کم است. البته نیروی گرانش بین دو کهکشان همان جاذبه‌ای است که آنها را به سوی یکدیگر می‌کشاند و کهکشان بزرگ‌تر به نوعی کهکشان کوچک‌تر را می‌بلعد. همین حالا که در حال مطالعه این متن هستید آندرومدا با سرعت صدهاهزار کیلومتر در ساعت به سمت کهکشان راه شیری در حرکت است و در حدود ۳ تا ۴ میلیارد سال دیگر دو کهکشان به یکدیگر خواهند رسید. هرچند که راه شیری از آندرومدا کوچکتر است اما همین کافی است تا گرانش آن بتواند بر آندرومدا اثر بگذارد. این دو کهکشان پس از برخورد از هم جدا می‌شوند و در نهایت با ادغام در یکدیگر، کهکشان بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند. اگر چه در آن زمان دیگر انسانی وجود نخواهد داشت اما کنجکاوی انسان پایانی ندارد و انسان حتی از حالا برای کهکشان جدیدی که قرار است میلیاردها سال آینده شکل بگیرد اسم هم انتخاب کرده و نام میلکومدا Milkomeda را ساخته است.

۱) Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker metric (FLRW)

۲) از نظر تاریخی نخستین بررسی فرجام کیهان باز می‌گردد به کار Martin J. Rees با عنوان The collapse of the universe: an eschatological study که در سال ۱۹۶۹ منتشر شده است.

جهان و رمزگشایی از بیگ بنگ علاقه‌مندند درباره پایان کیهان نیز به نتایج جالبی رسیده‌اند. آن‌ها از سناریوهای هولناک احتمالی و عجیبی چون مه‌گسست[۱] و مه‌رمب[۲] برای پایان کیهان صحبت می‌کنند. با این وجود رازهای بی‌شماری باقی است و هنوز بسیاری از مفاهیم کلیدی و تعیین‌کننده برای کیهان‌شناسان روشن نیست. کیهان‌شناسی و فلسفه پشت استدلال‌ها و یافته‌ها و نظریه‌های علمی آن بی تردید برای قرن‌ها و هزاره‌ها ذهن بشر را با خود مشغول خواهد کرد و هر میزان هم که تکنولوژی‌های آینده برای مشاهده و جمع‌آوری داده‌ها از کیهان پیشرفت کنند باز هم مسائلی باقی خواهد ماند که شاید هیچ تمدن انسانی و پساانسانی قادر به رمزگشایی از آن نباشد. کیهان چه مرز داشته باشد چه بی‌انتها باشد، در هر صورت ذهن انسان از درک هر دو حالت عاجز خواهد ماند. مگر آنکه یافته‌ها و نظریه‌های علمی آینده کیهان‌شناسی، جنبه‌هایی از کیهان را بیابند که امروز ما از آن‌ها اطلاعی نداریم و چه بسا اگر می‌دانستیم، خود را در فهم شکل کیهان و ابعاد آن تا بدین پایه عاجز نمی‌یافتیم. امروزه کیهان‌شناسان نه تنها در پی کشف رمز و راز کیهان وچگونگی پیدایش جهان‌اند بلکه با یک پرسش بنیادین مواجه‌اند که در حیطه اخترزیست‌شناسی[۳] قرار می‌گیرد. آیا در بین صدها میلیارد کهکشان و ساختارهای عظیم کیهانی، جایی اثری از حیات پیدا خواهد شد؟ آیا ما تنها موجوداتی هستیم که تصادفا گوشه‌ای در این کیهان پهناور ظاهر شده‌ایم و به این مرحله رسیده‌ایم که چنین سوالاتی را بپرسیم؟ آرتور سی کلارک[۴] جایی گفته بود: "دو حالت وجود دارد. یا ما در این گیتی تنهاییم یا تنها نیستیم. هر دو به یک اندازه ترسناک است." هاوکینگ بر این باور بود که در عالمی با

---

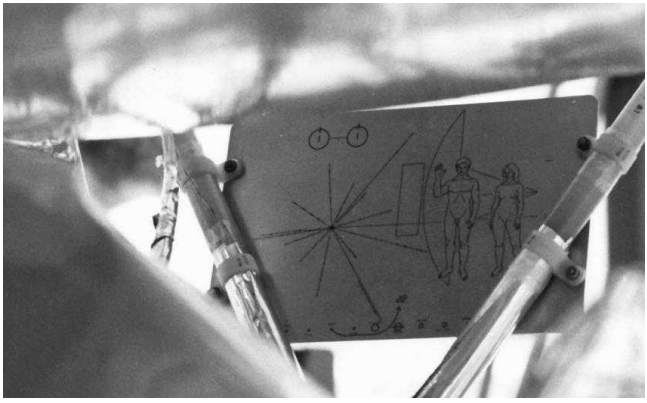
۱) Big Rip بر اساس مقاله ای در سال ۲۰۰۳ از Robert R. Caldwell، Marc Kamionkowski و Nevin N. Weinberg با عنوان Phantom Energy: Dark Energy with w < − 1 Causes a Cosmic Doomsday.

۲) Big Crunch

۳) Astrobiology

۴) Arthur C. Clarke نویسنده بریتانیایی داستان‌های علمی تخیلی

بیش از ۱۰۰ میلیارد کهکشان، که در هر یک از آنها صدها میلیون ستاره وجود دارد بعید است زمین تنها جایی باشد که در آن موجودات زنده پدیدار شده باشند. با این وجود انسان تا کنون هیچ پیامی که دال بر وجود موجودات هوشمند فرازمینی باشد دریافت نکرده است. کیهان‌شناسان می‌دانند که اگر حیات هوشمند فرازمینی وجود داشته باشد لااقل این نزدیکی‌ها و در منظومه شمسی خبری از آن نیست و ما احتمالا در محله ای متروکه و بدون همسایه در فضا زندگی می‌کنیم. این بدان معنی نیست که جایی در مریخ یا سیارات دیگر نشانه‌هایی از حیات پیدا نخواهد شد اما مقصود ما در اینجا از حیات فرازمینی، موجودات هوشمند و تمدن‌های فرازمینی است و نه به عنوان مثال حیات باکتریایی. بشر از حدود ۷۰ سال پیش به این سو به شکلی غیرعامدانه در حال ارسال سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی به فضا بوده است. به عبارت دیگر کره‌ای پر از سیگنال‌های رادیویی و تصاویر تلویزیونی با شعاع بیش از ۷۰ سال نوری زمین را احاطه کرده و همچنان با آهنگ یک سال نوری در حال رشد است. تا حدود ۳۰ سال آینده، این کره هر جامعه احتمالی از موجودات هوشمند فرازمینی در فاصله ۱۰۰ سال نوری از زمین را پوشش خواهد داد. تمدن‌های فرازمینی اگر



تصویری از لوح نصب شده روی فضاپیمای پایونیر ۱۰ (Pioneer 10)

وجود داشته باشند خواهند توانست به آثار گفتاری و تصویری و صوتی ما دسترسی پیدا کرده و زندگی روزمره ما را بررسی کنند. البته سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی تنها پیام‌هایی نیستند که از ما به دست تمدن‌های احتمالی هوشمند در کیهان می‌رسند. فضاپیماهای پایونیر ۱۰ و ۱۱ که منظومه شمسی را ترک کرده‌اند الواحی به همراه دارند که بر آن‌ها طرحی از مرد و زن، از اتم هیدروژن و همچنین از موقعیت زمین و خورشید نقش بسته است. اگر یک موجود هوشمند فرازمینی به صورت اتفاقی این الواح را در نقطه‌ای دور در فضا پیدا کند یک نمودار تصویری خواهد یافت که نشان می‌دهد ما در کجای عالم هستیم.[۱] انسان تا کنون پیام‌های بسیاری به دوردست‌های کیهان ارسال کرده است. وقتی از دوردست‌ها صحبت می‌کنیم مقصودمان واقعا جایی در دوردست هاست. به حدی دور که مدت زمان لازم برای رسیدن پیام به آنجا، از تمام تاریخ تمدن انسان بر روی زمین طولانی‌تر است. برای مثال پیام آرسیبو که در ۱۶ نوامبر ۱۹۷۴ و به صورت سیگنال‌های رادیویی از رصدخانه آرسیبو به فضا ارسال شد پیامی با محتوای پیچیده بود که توسط دو اخترفیزیک‌دان مشهور یعنی فرانک دریک[۲] و کارل سیگن[۳] نوشته شد. مقصد این پیام نیز جایی در خوشه ستاره‌ای کروی مسیه ۱۳ (M13) واقع در صورت فلکی هرکول تعیین شده بود که چیزی در حدود ۲۵ هزار سال نوری از زمین فاصله دارد. خوشه‌ای با بیش از ۳۰۰ هزار ستاره که به باور بسیاری از ستاره‌شناسان چه بسا بخت وجود حیات در آن نیز وجود داشته باشد.

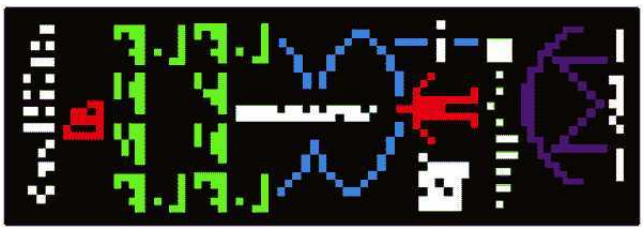
---

۱) ماموریت‌های پایونیر تنها سازه‌های دست بشر نیستند که به فضاهای دوردست فرستاده شده و پیام انسان برای تمدن‌های بیگانه فضایی را با همراه خود دارند. هر دو فضاپیمای ویجر Voyager ، لوحی را حمل می‌کنند که در آن هم نشانی جایگاه زمین در منظومه شمسی و کهکشان راه شیری را می‌توان یافت و هم صدای رعد و برق و یا صدای برخورد امواج به ساحل و هم گزیده‌ای از موسیقی ملل و پیام‌هایی با محتوای درود و تهنیت به بیگانگان فضایی.

۲) Frank Drake

۳) Carl Sagan

اگر تمدن‌های فرازمینی هوشمند این پیام را دریافت و رمزگشایی کنند اطلاعات بسیاری درباره زندگی ما بر روی زمین به دست خواهند آورد. از عدد اتمی عناصر تشکیل دهنده‌ی DNA گرفته تا جمعیت زمین و از همه مهم‌تر: آدرس زمین در کیهان. مساله‌ای که نگرانی برخی از دانشمندان را نیز برانگیخته است. بسیاری نگرانند که شاید پیام ارسالی ما نجوایی باشد که شیر خفته را بیدار کند و از کجا معلوم که یک تمدن فرازمینی ویرانگر، برای غارت و نابودی حیات روی زمین به سراغمان نیاید؟ مارتین رایل[1] و تعداد دیگری از ستاره‌شناسان این نگرانی را به سطح اتحادیه بین‌المللی اخترشناسی کشانده و خواسته‌اند که ارسال پیام‌هایی از این دست متوقف شوند. هاوکینگ جایی گفته بود "اگر موجودات فضایی به دیدار ما بیایند به نظر من پیامد آن مانند کشف قاره آمریکا توسط کریستف کلمب خواهد بود. می‌دانید که نتیجه این سفر برای بومیان آمریکا چندان مطلوب نبود." با این وجود برخی دیگر از دانشمندان چنین نگرانی‌هایی را موجه نمی‌دانند و بر این باورند که فاصله مسیه ۱۳ تا زمین به قدری زیاد است که حتی به فرض وجود تمدن‌های نابودگر و بی‌رحم، باز هم خطری زمین را تهدید نخواهد کرد.



پیام آرسیبو که در سال ۱۹۷۴ به صورت سیگنال‌های رادیویی از رصدخانه آرسیبو به فضا ارسال شد به سمت خوشه ستاره‌ای کروی مسیه ۱۳ (M13) در فاصله حدود ۲۵ هزار سال نوری زمین ارسال شد.

---

۱) Martin Ryle

۴.۷ نظریه همه‌چیز

تلاش برای ارائه یک نظریه کامل در علوم طبیعی، سابقه‌ای به مراتب طولانی‌تر از تحولات فیزیک قرن بیستم دارد. بطلمیوس در قرن دوم پس از میلاد در اثر مشهور خود المجسطی[۱] در پی یافتن نظریه کاملی بود که حرکات سیارات را توصیف کند و یا حتی کوپرنیک در قرن شانزدهم نیز قصد داشت نظریه‌ای جهانی ارائه کند که حرکت همه اجرام را به شکلی یکپارچه توضیح دهد.

نیوتن در کتاب اصول ریاضی فلسفه طبیعی می‌نویسد : "در سال ۱۶۶۶ تفکر درباره گرانش را شروع کردم و آن را تا مدار ماه گسترش دادم". آنچه نیوتن می‌گوید به عبارتی بیانگر تلاش او برای تلفیق مکانیک سماوی و مکانیک زمینی است. همان‌گونه که ماکسول در حدود سال‌های ۱۸۶۰ رابطه بین الکترومغناطیس و نور را توضیح داد و دو نیروی الکتریسیته و مغناطیس را یکپارچه کرد، آلبرت اینشتین نیز بر این باور بود که نظریه نسبیت باید با نظریه الکترومغناطیس ماکسول سازگار باشد. مثال دیگر در تاریخ علم جدید، تلاش فیزیک‌دانان در اوایل قرن بیستم برای تلفیق نظریه ماکسول، نسبیت و فیزیک کوانتومی تا زمان ریچارد فاینمن است و یا حتی تلاش برای ارائه نظریه کامل کوانتومی از الکترومغناطیس توسط فیزیک‌دان مشهور، دیراک و آنچه که الکترودینامیک کوانتومی QED خوانده می‌شود. مساله تلفیق، یکپارچه‌سازی و ادغام دو نظریه مهم فیزیک قرن بیستم، یعنی دو نظریه کوانتوم و نسبیت نیز از این دایره بیرون نیست. موضوعی که با گذشت بیش از یک قرن همچنان یکی از موضوعات مورد بحث در فلسفه علم به شمار می‌رود.

مشهور است که فیزیک‌دان مشهور، لرد کلوین در سال ۱۹۰۰ گفته بود: هیچ چیز تازه ای برای کشف در فیزیک باقی نمانده است. در قرن نوزدهم سه نظریه غالب در دنیای فیزیک وجود داشت و کلوین

---

۱) The Almagest

تنها کسی نبود که چنین می‌اندیشید. در قرن ۱۹ میلادی واقعا به نظر می‌رسید که چیز تازه‌ای برای کشف و نظریه‌پردازی در فیزیک باقی نمانده و تفکر رایج این بود که پرونده فیزیک در حال بسته شدن است و بشر به فهم کاملی از طبیعت دست یافته است. در این دوران سه نظریه غالب بر سراسر فیزیک سایه افکنده بود. مکانیک، الکترودینامیک و ترمودینامیک. از نظر تاریخی این تلاش برای تلفیق مکانیک و الکترودینامیک بود که به ظهور نظریه نسبیت خاص انجامید. همان نظریه‌ای که آلبرت اینشتین در سال ۱۹۰۵ طرح کرد و در کنار نظریه نسبیت عام (که در نوامبر ۱۹۱۵ مطرح و در مارس ۱۹۱۶ ارائه شد) نظریه نسبیت خوانده می‌شود. از دیگر سو، از دل تلاش‌هایی که برای تلفیق الکترودینامیک و ترمودینامیک صورت گرفت فیزیک کوانتومی سر برآورد. کار لودویگ بولتسمان نیز در واقع در راستای تلفیق مکانیک و ترمودینامیک بود. (به عبارتی تلاش برای توضیح ترمودینامیک با قواعد مکانیک آماری). بنابراین زمانی که از تلفیق یا سازگاری دو نظریه نسبیت و کوانتوم سخن می‌گوییم، نباید از یاد ببریم که خود این دو نظریه از دل تلاش برای تلفیق نظریه‌های دیگر علمی سر برآورده اند. فیزیک‌دانان تا کنون چهار نیروی بنیادی را در طبیعت شناسایی کرده‌اند. یعنی گرانش، هسته‌ای ضعیف، هسته‌ای قوی و الکترومغناطیس. اولین نیرو یعنی گرانش همواره به شکل جاذبه عمل می‌کند و از قضا همین وجه تمایز آن با سایر نیروهاست. نیروی هسته‌ای ضعیف در اجزای سازنده هسته اتم اثر می‌کند و نیروی هسته‌ای قوی نیز (به عنوان قوی‌ترین نیرو) نیروی نگاه دارنده کوارک‌هاست. الکترومغناطیس نیز همان نیرویی است که الکترون‌ها را روی مدار هسته اتم نگاه می‌دارد. سازگاری دو نظریه نسبیت و کوانتوم به شکل جالبی به گردآوری همه این نیروها در قالب یک نظریه منفرد جهان‌شمول ارتباط پیدا می‌کند. تا کنون تلاش‌های بسیاری به منظور یکپارچه‌سازی این چهار نیروی بنیادی طبیعت با یکدیگر انجام شده است لیکن هنوز هیچ نظریه نهایی که بتواند هر چهار نیرو را در قالب یک نظریه فراگیر جمع کند در دست نیست. یکی از مشهورترین نظریه ها نظریه‌ای است به نام نظریه الکتروضعیف[۱] که سه فیزیک‌دان

---

۱) Electroweak theory

به نام‌های واینبرگ[۱]، سلام[۲] و گلاشو[۳] در حدود سال ۱۹۷۰ مطرح کردند.[۴] به صورت خلاصه نظریه الکتروضعیف نشان می‌داد که دو نیروی بنیادی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس، تجلی یک نیروی منفرد با انرژی پایین هستند، ریاضیات حاکم بر این دو یکسان است و به عبارت دیگر هر دوی این نیروها با تقارن ریاضی یکسانی مقید می‌شوند. در دهه ۷۰ میلادی فیزیک‌دانان به کمک مدل استاندارد در پی یکپارچه‌سازی نیروهای هسته‌ای ضعیف، هسته‌ای قوی و الکترومغناطیس بودند. در پی چیزی فراتر از نظریه الکتروضعیف. به عبارتی به دنبال این که نیروی هسته‌ای قوی را نیز زیر بال و پر یک نظریه بزرگ‌تر بیاورند و مشخص کنند که هر سه نیروی هسته‌ای ضعیف، هسته‌ای قوی و الکترومغناطیس، در انرژی‌های بسیار بالا میدان یک نیروی واحدند.

این همان نقطه تاریخی است که در آن به تدریج، نظریه وحدت بزرگ[۵] مطرح شد که البته به عبارت دقیق تر باید آن را نظریه‌های وحدت بزرگ نامید و نه نظریه وحدت بزرگ[۶]. کار فیزیک‌دانان روی نظریه وحدت بزرگ برای یکپارچه‌سازی نیروها، دهه‌هاست که ادامه دارد چرا که دانشمندان حدس می‌زنند در مقیاس‌های بالای انرژی می‌توان هر سه نیرو را در قالب یک نظریه جامع‌تر متحد کرد. برای انجام چنین کاری (به خصوص پس از موفقیت شگرف دانشمندان در ارائه نظریه

---

۱) Steven Weinberg

۲) Abdus Salam

۳) Sheldon Glashow

۴) این سه تن بعدها برنده جایزه نوبل فیزیک ۱۹۷۹ شدند.

۵) Grand Unified Theory (GUT)

۶) به عنوان مثال مدل پاتی-سلام Pati–Salam model یا جورجی-گلاشو–Georgi Glashow model

الکتروضعیف) راهی نبود جز ساخت شتاب‌دهنده‌های بسیار بسیار عظیم که مقیاس انرژی به مراتب بزرگ‌تر از اینها را بررسی کند. شاید ماشین عظیم شتاب‌دهنده‌ای به قدر فاصله ماه تا زمین. طبیعتا ساخت چنین شتاب‌دهنده ای نه ممکن است و نه در توان تکنولوژیک بشر. اما تلاش‌ها برای آزمون‌هایی جایگزین همچنان ادامه یافت و نظریه‌پردازان فیزیک ذرات، در چنین دورانی بود که مساله ابرتقارن[1] را طرح کردند. به بیان ساده، این دیدگاه را که به ازای هر ذره شناخته شده در مدل استاندارد، حداقل یک ذره بنیادی جدید متناظر با آن وجود دارد. برای هر بوزون، فرمیون و برای هر فرمیون، بوزون. بدون اینکه هیچ مدرکی دال بر وجود این ذرات داشته باشیم نظریه ابرریسمان طرح شد که نه تنها از امکان متحد کردن سه نیروی غیرگرانشی شناخته شده، بلکه از یکپارچه کردن هر چهار نیروی شناخته شده طبیعت در قالب یک نظریه میدان کوانتومی صحبت می‌کرد. تنها مشکل بر سر راه، نیاز ریاضیاتی به وجود ابعاد اضافی فضایی بود که تا زمان نگارش این کتاب در سال ۲۰۲۰ هیچ شاهد و گواهی مبنی بر وجود آنها در دست نداریم.

۴.۷.۱ ابعاد اضافی در فضای چند بعدی

بسیاری از نظریه‌ها و مدل‌های جدید فیزیک ذرات در روزگار ما به ایده‌های یک ریاضی‌دان آلمانی به نام تئودور کالوتسا[2] مرتبط است. او در سال ۱۹۱۹ (یعنی در حدود چهار سال پس از ارائه نظریه نسبیت عام اینشتین) پیشنهاد داد که چه بسا جهان ما بیش از سه بعد داشته باشد. به بیان دیگر شاید جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، ابعاد بیشتری داشته باشد که به دلایلی تا به حال متوجه آن نشده‌ایم . کالوتسا که به دنبال ارائه نظریه‌ای یکپارچه بود با خود اندیشید که اگر نظریه

---

۱) supersymmetry

۲) Theodor Kaluza

نسبیت اینشتین، نیروی جاذبه را بر مبنای خم هندسی فضا توضیح دهد پس چه بسا بتوان نیروی الکترومغناطیس را نیز با روشی مشابه توضیح داد. مشکلی که پیش می‌آمد این پرسش بود که اما کدام انحنای فضا می‌تواند نیروی الکترومغناطیس را توضیح دهد؟ آنچه که به گرانش مربوط می‌شد، در نظریه اینشتین با انحنای فضا توضیح داده شده بود بنابراین کالوتسا به این ایده رسید که شاید ابعاد دیگری از فضا وجود داشته باشد.

بر اساس ایده کالوتسا توضیح نیروی الکترومغناطیس، مستلزم وجود ابعاد اضافی در فضا بود. از این رو او جهان را چهار بعدی فرض کرد و نه سه بعدی. به بیان ساده، کالوتسا نیروی الکترومغناطیس را انحنای این بعد چهارم فرض کرد و معادلات را برای یک فضای چهار بعدی (و نه سه بعدی) نوشت. نتیجه حیرت‌برانگیزی که از این محاسبات گرفته شد این بود که او به همان معادلاتی رسید که نظریه اینشتین به دست می‌داد. با این تفاوت که یک معادله اضافه هم ظاهر می‌شد (به دلیل فرض یک بعد اضافه) و نکته جالب توجه اینکه این معادله اضافه، همان معادله الکترومغناطیس بود و این مساله، این تصور را در ذهن کالوتسا ایجاد کرد که نظریه یکپارچه را یافته است.

تقریبا هفت سال بعد (در ۱۹۲۶) یک فیزیک‌دان سوئدی به نام اسکار کلاین[۱] ایده جالب توجهی را طرح کرد. کلاین پیشنهاد کرد که شاید این ابعاد اضافی واقعا وجود داشته باشند اما به قدری ریز و در خود حلقه شده باشند که قادر به مشاهده آنها نیستیم. این ایده پایه اصلی نظریه‌ای است که به نظریه کالوتسا-کلاین[۲] مشهور است و به عنوان تلاشی در راستای یکپارچه‌سازی دو نیروی الکترومغناطیس و گرانش شناخته می‌شود. اگر چه در نظریه ریسمان، دیگر صحبت از یک بعد اضافی (مانند نظریه کالوتسا-کلاین) نیست و به لحاظ ریاضیاتی به ۱۱ بعد نیاز است. ده بعد فضایی و یک بعد زمان. اثبات چنین چیزی عملا

---

۱) Oskar Klein

۲) Kaluza–Klein theory

بسیار دشوار است، هرچند که می‌توان امید داشت، پاسخ به این پرسش‌ها روزی در برخورددهنده بزرگ هادرونی LHC در سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته ای CERN یافته شود. برایان گرین [۱] فیزیک‌دان در سال ۲۰۰۵ حدس زده بود که ما می‌توانیم تا پنج سال آینده وجود این ابعاد اضافه را مورد آزمایش قرار دهیم لیکن چنین چیزی دست‌کم تا زمان انتشار این کتاب هنوز محقق نشده است.

شتاب‌دهنده LHC در سرن در حال حاضر قادر به ایجاد برخوردهایی با سطح انرژی حدود ۱۴ ترا الکترون‌ولت است. واقعیت این است که آزمودن نظریه ریسمان در شتاب‌دهنده LHC فراتر از امکانات و توان تکنولوژیک بشر امروز است. در دهه هشتاد میلادی که مبانی نظریه ریسمان توسعه پیدا کرد علاقه و اشتیاق زیادی برای سازگاری مکانیک کوانتومی و نسبیت وجود نداشت و بیشتر تلاش‌ها معطوف به یافتن راهی برای توضیح نیروی هسته‌ای قوی بود. واقعیت ناامید کننده این است که امروزه برای آزمودن نظریه ریسمان، به شتاب‌دهنده ای به مراتب بزرگتر از LHC نیاز است. با این وجود هنوز راه‌هایی برای آزمودن نظریه ریسمان وجود دارد. وجود ابعاد اضافی را با همین شتاب‌دهنده LHC موجود نیز می‌توان آزمود. اما باز هم مشکلی بر سر راه است. وجود ابعاد اضافی، الزاما پیش‌شرط اعتبار و درستی نظریه ریسمان نیست. حال بماند که خود این ابعاد اضافی نیز تا کنون پیدا نشده‌اند. همین مساله برای ابرتقارن نیز صادق است. حتی به فرض تایید وجود ابرتقارن، باز هم دلیلی بر صحت نظریه ریسمان به دست نیامده است. به بیان دیگر، ابرتقارن می‌تواند حتی بدون نظریه ریسمان نیز وجود داشته باشد. اما نکته مهم اینجاست که اگر ابعاد اضافی و ابرتقارن در LHC کشف شود، گواه و شاهد محکمی به سود نظریه ریسمان خواهد بود. لیکن برخورددهنده بزرگ هادرونی در مرکز تحقیقاتی سرن حتی اگر نظریه ریسمان را ثابت نکند، چه بسا نظریه‌ای بهتر و کامل‌تر از نظریه ریسمان عاید دنیای فیزیک کند.

---

۱) Brian Greene

۴.۷.۲ آیا فیزیک روزی به ایستگاه آخر خواهد رسید؟

ناسازگاری نسبیت خاص و گرانش بر پایه نظریه نیوتن را می‌توان با بیان‌های مختلفی توضیح داد. بر اساس نظریه نیوتن، اگر خورشید ناگهان منفجر شود زمین در فاصله حدود صد و پنجاه میلیون کیلومتر دورتر از آن، به طور آنی تاثیر می‌پذیرد و به عبارتی، تغییر جرم خورشید، فورا بر نیروی گرانش روی زمین اثر می‌گذارد. اما واقعیت این است که امواج گرانشی که با سرعت نور حرکت می‌کنند در حدود هشت دقیقه بعد به زمین خواهند رسید. اینکه آیا این دو نظریه نسبیت و کوانتوم روزی سازگار خواهند شد، بسیاری از فیزیک‌دانان را به تلاش برای تبیین کوانتوم گرانشی ترغیب کرده است.

در یک نظرگاه کلی، نظریه نسبیت عام یک نظریه کلاسیک محسوب می‌شود. درست مثل معادلات الکترومغناطیس ماکسول، شامل کمیت‌هایی است که پیوسته‌اند و نه گسسته. به عبارت دیگر رفتاری را توضیح می‌دهد که قطعی است و نه احتمالی. در حالی که در فیزیک کوانتوم هر چیزی به طور بنیادین شامل بسته‌های کوانتایی و مجزاست. به بیان دیگر در دنیای کوانتومی و به طور مشخص در اصل عدم قطعیت، صحبت از یک موضوع احتمالی است. مانع اصلی این است که نظریه نسبیت عام به تنهایی قادر به تبیین چگونگی پیدایش جهان نیست. مشکل بزرگ‌تر اینجاست که اگر جهان در تکینگی مهبانگ با چگالی بی‌نهایت آغاز شده، در این تکینگی نه تنها نسبیت عام بلکه تمامی قوانین شناخته شده فیزیک از هم خواهند پاشید. آلن گوت[۱] کیهان‌شناس مشهور می‌گوید جهان با مهبانگ بسیار داغی آغاز شده و در چنین دنیایی، نیروهای هسته‌ای ضعیف، هسته‌ای قوی و الکترومغناطیس، نیروی واحدی بوده‌اند. در گذار فاز، تقارن بین نیروها شکسته و این نیروها به شکل امروزی متفاوت شده‌اند. لیکن در نظریه کوانتومی اساسا وجود هیچ نوع تکینگی ضروری نیست. آنچه مساله را پیچیده می‌کند این است که نظریه الکترومغناطیس در میدان‌های

---

۱) Alan Guth

تابشی بسیار قوی با شکست مواجه می‌شود. از همین رو الکترودینامیک کوانتومی QED با نسبیت خاص سازگار است و با نسبیت عام ناسازگار. از اینها گذشته در نظریه کوانتوم گرانشی، خود فضا-زمان نیز باید کوانتیده باشد و نه پیوسته و ممتد. از دید بسیاری از فیزیک‌دانان، نوشتن قوانین ریاضی که قادر باشد همه نیروهای شناخته‌شده طبیعت را به شکل یک معادله یا نظریه واحد در بیاورد، هدف غایی علم فیزیک است. به بیان دیگر در این صورت شاید به تعبیر پیتر کلز، دیگر احساس پوشیدن چند لباس روی یکدیگر را نداشته باشیم. برخی از فیزیک‌دانان و فیلسوفان علم بر این باورند که نظریه فیزیکی، صرفا توصیفی از واقعیت و به مثابه نقشه‌ای برای آن است. به زبان ساده، هر نظریه ممکن است فقط برای برخی تخمین‌ها و یا پیش‌بینی‌ها و همچنین برای درک نتایج استخراج شده از مشاهدات و آزمایش‌ها کاربرد داشته باشد. به بیان دیگر می‌توان چنین گفت که ما اکنون نقشه خاصی را برای توضیح جاذبه و نقشه دیگری را برای توضیح الکترومغناطیس و به همین منوال نقشه دیگری برای برهم‌کنش هسته‌ای ضعیف داریم. این مساله خیلی مطلوب نیست اما شاید چندان هم فاجعه‌بار نباشد. از این رو، نظریه همه‌چیز را می‌توان با رویکردی پراگماتیستی، صرفا به عنوان نقشه دید. ما از نظریه‌ها به همان دلیلی بهره می‌گیریم که از نقشه استفاده می‌کنیم. چیزی مانند نقشه مترو لندن که برای پیدا کردن مسیر حرکت قطارها مفید است اما بدیهی است که بسیاری از واقعیت‌های محیطی را نشان نمی‌دهد. یک نقشه مترو، نه می‌تواند و نه لزومی دارد که جزییات دقیق مسیر را نشان دهد. هدف از این نقشه‌ها درک از کلیت مسیر و دستورالعملی برای یافتن مقصد است. نظریه‌های فیزیکی را نیز می‌توان با این رویکرد تفسیر کرد. یکی از مشکلات فلسفی بر سر راه نظریه همه چیز این است که بپرسیم، آیا نظریه‌ای که بر پایه مکانیک کوانتومی باشد، می‌تواند از هر لحاظ کامل باشد، در حالی که خود نظریه کوانتومی در ذات خود نظریه‌ای نامعین است؟ مشکل فلسفی دیگر این است که در منطق ریاضی بر اساس قضیه ناتمامیت گودل[1] هر نظریه ریاضی همواره شامل مواردی است که در درون همان نظریه، قابل

---

۱) Gödel's incompleteness theorems

اثبات نیستند. تا امروز هیچ نظریه کامل و فراگیری در دست نداریم که دربرگیرنده مکانیک کوانتومی و گرانش باشد. با این وجود، استیون هاوکینگ، فیزیک‌دان و کیهان‌شناس مشهور بر این باور بود که دورنمای یافتن چنین نظریه‌ای اکنون بسیار بهتر از گذشته به نظر می‌رسد. چرا که ما اکنون درباره جهان بسیار می‌دانیم. البته هاوکینگ اشاره می‌کرد که باید از اعتماد به نفس بیش از حد نیز پرهیز کرد. در تاریخ فیزیک، این سناریو بارها و بارها تکرار شده که دانشمندان فکر می‌کرده‌اند پرونده فیزیک به زودی بسته خواهد شد. در سال ۱۹۲۸ ماکس بورن در دانشگاه گوتینگن گفته بود: "فیزیکی که ما می‌شناسیم تا شش ماه دیگر به آخر می‌رسد" این سخن ماکس بورن البته چندان قابل سرزنش نیست.

در آن زمان کشف جدید معادله دیراک در توضیح رفتار الکترون، فیزیک‌دانان را بسیار مغرور کرده بود. تصور رایج این بود که رفتار پروتون (که تنها ذره شناخته شده دیگر در آن زمان بود) نیز به زودی تبیین خواهد شد و با این توضیح، پرونده فیزیک بسته می‌شود. کشف نوترون توسط جیمز چادویک[۱] (مطابق با پیش‌بینی رادرفورد)، این تصور اشتباه فیزیک‌دانان آن زمان را زیر و رو کرد. به رغم همه اینها، هاوکینگ معتقد بود که ما احتمالا به زمان پایان پژوهش‌های خود در مورد قوانین نهایی طبیعت نزدیک هستیم و بزرگ‌ترین مشکل این است که هنوز نتوانسته‌ایم گرانش را با سایر نظریه‌ها سازگار کنیم.

هاوکینگ بر این باور بود که مانع اصلی بر سر راه، این است که نظریه نسبیت عام یک نظریه کلاسیک است و قادر به پذیرش اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی نیست. در حالی که سایر نظریه‌ها، به طرق مختلف به شکلی ضروری به مکانیک کوانتومی وابسته هستند. از دید هاوکینگ نخستین گام به منظور برداشتن این مانع، متحد کردن نظریه نسبیت عام با اصل عدم قطعیت هایزنبرگ است که در سال ۱۹۲۷ طرح شد. هاوکینگ می‌پرسد: آیا "نظریه همه‌چیز" می‌تواند وجود داشته باشد یا این که ما در پی یک سراب دست نیافتنی هستیم؟ او

---

۱) James Chadwick

بر این باور بود که در اینجا سه امکان می‌تواند وجود داشته باشد:

اول) یک نظریه واحد و فراگیر وجود دارد و اگر ما به اندازه کافی هوشمند باشیم آن نظریه را روزی خواهیم یافت.

دوم) نظریه فراگیر و نهایی برای جهان هستی وجود ندارد. نظریه‌هایی بی‌پایان یکی پس از دیگری خواهند آمد و هر کدام جهان را با دقت بیشتری تبیین خواهند کرد. (این دیدگاه با تجربیات کنونی ما در تاریخ علم سازگار است)

سوم) برای توصیف جهان هستی، هیچ نظریه نهایی وجود ندارد و نظریه‌ها از حد بیشتری توان توضیح و پیش‌بینی ندارند و از آن به بعد رخدادهای جهان به شکلی تصادفی و دلبخواه رخ می‌دهند. (برخی تصور می‌کنند این حالت جایی برای خدا و دخالت او در امور طبیعت باز می‌کند)

از دید هاوکینگ، حالت سوم کنار گذاشته می‌شود زیرا که حتی اصل عدم قطعیت نیز، قاعده مشخص و نظریه‌مندی دارد. درباره امکان دوم هم تعبیر هاوکینگ این بود که گرانش ممکن است برای توالی نظریه‌ها (آمدن نظریه‌ها یکی پس از دیگری تا زمان بی‌نهایت طولانی در آینده) ایجاد محدودیت کند. به بیان ساده با همین روال که بشر مدام شتاب‌دهنده‌هایی با انرژی بالاتر می‌سازد، می‌توان تصور کرد که انسان روزی قادر باشد شتاب‌دهنده‌ای بزرگ‌تر از منظومه شمسی بسازد، اما مساله بر سر این است که این مساله در نهایت جایی از نظر منطقی تمام خواهد شد. به عبارت دیگر: جایی که قادر باشیم جهان اولیه و رخداد بیگ بنگ را شبیه‌سازی کنیم. از دید او اگر روزی انسان، نظریه نهایی جهان هستی را کشف کند، فصلی طولانی و شکوهمند در تاریخ تلاش‌های ما برای شناخت جهان پایان می‌یابد. هاوکینگ می‌گوید اگر نظریه فراگیر کشف شود، درک و فهم آن همانند نظریه نسبیت با

گذشت زمان به تدریج ساده خواهد شد و قواعد اصلی آن دیر یا زود به شکلی گسترده برای بسیاری از مردم قابل فهم و درک و تحلیل خواهد شد.[1] با این همه هیچ‌کسی نمی‌تواند با قطع و یقین بگوید که مسائل آینده علم چه خواهند بود. درست زمانی که ما تصور می‌کنیم به درک نسبتا درستی از طبیعت دست پیدا کرده‌ایم ممکن است ناهنجاری[2]های جدیدی آشکار شود. همان‌گونه که از دل درگیری فیزیک‌دانان قرن بیستم با ناهنجاری‌های ایجاد شده در علم، حجم عظیم و بنای باشکوهی از علم مدرن زاده شد، ممکن است آیندگان نیز برای تبیین مسائلی که ما امروز نمی‌شناسیم، نظریه‌های بدیعی خلق کنند. نظریاتی که به سختی در تصور امروز ما می‌گنجند. فیلسوف علم سال ۲۱۳۵ ممکن است این کتاب را جایی در بین انبوه کتاب‌های قدیمی و خاک گرفته پیدا کند و از اینکه ما یکسری اصول ساده و بدیهی علمی را نمی‌دانستیم حیرت کند.

Telegram @eat_book

---

۱) هایزنبرگ در فصل سوم از کتاب مشهور خود جزء و کل با عنوان "معنی فهمیدن در فیزیک جدید" از خاطرات زندگی‌اش در تابستان ۱۹۲۱ یاد می‌کند و می‌نویسد: یک روز عصر، در مهمان‌خانه‌ای در گرانیاو Graniau ولفگنگ (پاوولی) از من پرسید: آیا نظریه نسبیت اینشتین را فهمیده ای؟ در جواب فقط گفتم که درست نمی‌دانم معنی "فهمیدن" در فیزیک چیست. چارچوب ریاضی نظریه نسبیت برای من اشکالی به وجود نمی‌آورد، اما این اصلا بدان معنی نیست که فهمیده‌ام که چرا زمان برای ناظر متحرک و ناظر ساکن متفاوت است. مساله اصلا برای من روشن نیست و به نظرم می‌رسد که به کلی غیرقابل درک است. پاوولی در جواب هایزنبرگ می‌گوید: ولی وقتی که چارچوب ریاضی آن را درک کنی، یقینا می‌توانی پیشگویی کنی که ناظر ساکن و ناظر متحرک باید چه چیزی را مشاهده کنند یا اندازه بگیرند و در این صورت می‌توانیم بپذیریم که آزمایش واقعی هم این پیشگویی را تایید کند. اضافه بر این دقیقا دیگر چه می‌خواهی؟ هایزنبرگ در پاسخ پاوولی می‌گوید: شاید بتوانم بگویم این نظریه را با مغزم دریافته‌ام ولی هنوز دلم آن را نپذیرفته است.

۲) Anomaly