

# علم و روشهای آن

نویسنده: ملکولم ویلیامز

ترجمه: دکتر علیرضا کلدی، دکتر فاضل لاریجانی

**«نمی‌دانم از نظر گستره جهان چگونه می‌نمایم، اما به نظر خودم همانند کودکی هستم که در ساحل دریا مشغول بازی بوده و در جستجوی یافتن سنگهایی صاف‌تر و یا گوش‌ماهیایی زیباتر از معمول است در حالی که اقیانوس عظیم حقایق در مقابل او کشف نشده قرار دارد.»**

نیوتن

## مقدمه

رویدادهای به‌وقوع در تاریخ علم، مؤید پیچیدگی رابطه بین علم، جامعه و منظرهای جهان فلسفی است. از نظر تاریخی، ماهیت، نقش و تأثیر علم تغییر یافت و این امر نه فقط برای آنچه که به‌عنوان علم ملاحظه می‌شد، بلکه درباره آنچه که علم انجام داده نیز صادق بوده است. این مقاله بر آن است تا درباره چگونگی علم و روشهای آن بحث نماید.

دانشمندان معمولاً روش علمی را به مجموعه فعالیتها و ادراکات متفاوت در هر حوزه اطلاق می‌کنند. برای مثال یک فیزیکدان اغلب بر نقش آزمایشات تأکید دارد و یک زمین‌شناس بر اهمیت مشاهده دقیق، اما تعداد کمی آزمایش در زمین‌شناسی و همچنین مشاهده در فیزیک به منزله نماینده ابزارها وجود دارد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد که تنها یک شیوه برای کسب دانش علمی وجود ندارد اما منظره‌ای کلی از عملیات و دانش

که روش را می‌سازد وجود دارد. بنابراین، آن چه روشی است که آن را علمی می‌سازد؟ همچنین می‌توان دقیق‌تر و مشخص‌تر به این صورت مطرح کرد که آیا منظره کلی که به آن ارجاع داده می‌شود، یک لیست تأیید شده از چیزهایی است که علمی هستند، یا آن شیوه‌ای که اگر دانشمندان آن شیوه را برگزینند، علمی خواهد بود؟ به‌راستی مورد دوم وظیفه‌ای است که در مقابل علم قرار داده شده است. بدین ترتیب علم به زبان ساده ساخت اجتماعی است و این پرسش که روش علمی چیست بررسی می‌شود.

اگر روش علم، جهت‌دادن به دانش باشد، «علمی» نامیده می‌شود، بنابراین، این امر آثاری بر تحقیق درباره جهان اجتماعی دارد. به‌طور ویژه، اگر جهان اجتماعی بر گرفته از جهان طبیعت، یا همراه آن باشد، بنابراین، یک «روش» قابل اعتماد علمی، به‌منزله بهترین راه برای دانش قابل اعتماد پیرامون جهان

اجتماعی ظاهر می‌شود. از طرف دیگر، اگر چنانچه بیان شود هیچ راه روش‌شناختی وابسته به دانش طبیعی وجود ندارد، اما همچنان مقرر شود که رابطه این جهان طبیعی و اجتماعی در حال ظهور یا همراه است، بنابراین، علوم طبیعی و اجتماعی ممکن است که در مسائل و راه‌حلهای روش‌شناختی خود سهیم شوند. دو احتمال دیگر نیز وجود دارد نخست اینکه جهان اجتماعی در حال ظهور یا همراه جهان طبیعی نیست، و دیگر اینکه یک علاقه‌مندی عمومی روش‌شناختی وجود ندارد، یا اگر هم وجود داشته باشد، منافع آشکار آنها آنقدر متفاوتند که نمی‌توانند به‌مثابه یک راه شناخته شوند. این امر، نظری است که به‌طور معمول در علوم اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است.

سؤال روش در علم اغلب به منزله مرز بین آنچه که علم هست یا نیست، ملاحظه می‌شود، و موضوعاتی را مطرح می‌کند که نه فقط تکنیکی بلکه فرضیات فلسفی مورد بحث در باب علم و ماهیت چیزهایی که وجود دارد، نیز است. ملاحظه و بررسی روش علم، تنها یک تمرین تکنیکی ساده نیست، بلکه باید ملاحظه‌ای فلسفی باشد.

علم به وسیله توافقاتی در خصوص آنچه که دانش نامیده می‌شود و نیز به وسیله توافق درباره ماهیت وجود شناخت‌شناسی و هستی‌شناسی، تضمین شده است. به نوبت، این موضوعات مربوط به دانش و وجود می‌توانند به‌وسیله کشفیات علم شکل یابند. به گفته پانول دیویس (Davis, 1981: 1): «انقلابات واقعی در علم، متضمن اموری بیش از کشفیات خارق‌العاده و پیشرفتهای سریع در ادراک است.»

یک تغییر در مفاهیم، منتج به تغییر در روشها خواهد شد. نقل قول بالا از دیویس از مقدمه کتابی است که یکی از پیشگامان فیزیک کوانتم، به‌نام ورنر هایزنبرگ (Heisenberg) نوشته است، قبل از ظهور فیزیک کوانتم، عناصر سازنده همه موضوعات، به‌عنوان آنها ملاحظه می‌شدند، موجوداتی مجزا، مشغول در یک فضای فیزیکی ویژه و به‌عنوان نسخه‌های مینیاتور از اهدافی که ما در جهان پیرامون خود مشاهده می‌کنیم. با وجود این، این اتم برای داشتن قسمت‌های تشکیل دهنده در این زمینه فعالیت نمی‌کند، حرکت می‌کند. به‌راستی، برای توضیح ذره‌های اساسی به‌عنوان قسمت‌های سازنده که همراه کننده نیز است، هایزنبرگ نشان داد که اگرچه این

ذرات خواصی نظیر سرعت یا موقعیت داشتند اما نمی‌توانستند به‌طور همزمان مشاهده شوند و به‌علاوه عمل مشاهده‌ای به نوبه خود، بر آنچه که می‌توانست اندازه‌گیری شود تأثیر داشت. (Heisenberg, 1989:32-3). نتیجه این امر آن است که جهان کوانتم می‌تواند فقط به‌عنوان امری محتمل شناخته شود. دریافت اینکه وجود ماده امری محتمل است و نه براساس قطعیت، نتایج مستقیم روش‌شناختی و فلسفی بر اندازه‌گیری داشت (Rae, 1986:53-62). به‌طور ویژه، اگر جهان در سطح کوانتوم «محتمل» است و نه قطعی (اگرچه، با وجود این، از نظر احتمالی قابل پیش‌بینی) تا چه حد و در کدام راهها می‌تواند در سطح غیر کوانتم، قطعی باشد.

پذیرش اصل غیرمسلّم هایزنبرگ به وسیله اجتماع علمی مثال خوبی است از اینکه چگونه کشف علمی اصول فلسفی علم را تغییر می‌دهد و به‌نوبه خود این اصول بر روی انتخابهای روش‌شناختی علم تأثیر می‌گذارد (برای بحث درباره نظریه‌های تغییر علم نگاه کنید به Richard, 1997). کشف در علم (و سپس زندگی روزمره) در حلاء اتفاق نمی‌افتد بلکه به وسیله نظریه‌هایی که خود محصول کشفیات پیشین است شکل می‌گیرد. به دست آوردن این احساس که آنچه که علم است، خوب است متضمن آن است



که به فرایند کشف نگاه شود. اما کشف در علم همسو با کشف در زندگی روزمره است و اگرچه این همسویی به منزله شرطی ضروری است اما برای علم کافی نیست. اغلب آنچه به عنوان مدل فرضی - قیاسی شناخته شده است، رابطه بین مشاهده و استنباط را مشخص می‌کند. این مسئله به عنوان شرط ضروری در علم مطرح شده است. در زیر نگاه کوتاهی انتقادی داریم به فرضهای قیاسی و استقرایی برخاسته از نمونه‌های متفاوت این امر.

در ادامه بحث برآنیم تا آنچه که فرایند علم، و ارتباط بین دانشمندان و دانشمندان و طبیعت، بیان شود، که البته ارتباطی ناهمگن است و آنچه که روش علمی نامیده می‌شود، منعکس کننده این ناهمگنی خواهد بود.

### علم به منزله کشف

در علم و نیز زندگی روزانه اشیا به طور تصادفی کشف می‌شوند و به همان میزان طرح و سلوک نیز اغلب به طور تصادفی و در زمانی که ما به دنبال چیز دیگری هستیم کشف می‌شود. با وجود این درباره هر دو کشف چه طراحی شده و چه تصادفی یک اسلوب تعیین شده در دانش که به ما اجازه درک کشفیاتمان را بدهد وجود دارد. اکتشافات تصادفی حتی زمانی که ما در جستجوی چیز دیگری هستیم نیز اتفاق می‌افتد. البته پیش فرض طرحی از دانش را حواس به وجود می‌آورند. طبق نظر لوئیس پاستور (Louis Pasteur) اتفاقات آمادگی ذهن را به دنبال دارد (Langley et al 1987). شاید از همان گویی در اینجا وجود داشته باشد؟ اگر ما قادر نباشیم در یک هنیت وجودی دانش X را شرح و قرار دهیم، X به عنوان یک کشف شناخته نمی‌شود.

کشف و استفاده پنی سیلین به خوبی فرایند کشف را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۲۹ یک باکتری شناس به نام الکساندر فلمینگ (Alexander Fleming) دریافت که ظرف کشت با میکروارگانسیم استافیلوکوکی توسط نوعی قارچ آلوده شده است. در ظرف کشت استافیلوکوکسیها به جز جاهایی که در مجاورت کپکها قرار داشتند، رشد کرده بودند. با توجه به اینکه چیزی در اطراف کپک وجود نداشت ( زیرا خودش یک میکروارگانسیم است) که مانع رشد میکروارگانسیمهای دیگر

می‌شود، طی آزمایشات بعدی فلمینگ دریافت که این یک مورد خاص بوده است. به هر حال، بعد از چاپ مقاله‌ای از نتایج کار فلمینگ، دیگر او مطلبی ارائه نداد و درست طی نه سال، پیش از اینکه ارنست چین (Ernst Chain) و هاوارد فلوری (Howard Florey) دریافتند که پنی سیلین خالص که سبب کشتن میکروب استروپتوکوسی در موشها می‌شود (Macfarlane 1979). افسانه عموم این است که فلمینگ به طور تصادفی پنی سیلین را کشف کرد و این تولد تأثیر آنتی باکتریها بود، البته درست است که فلمینگ کپک را تصادفی رشد داد. اما هرگز در پی یافتن راهی برای حل مشکل عفونت زخمها نبود. پزشکی ارتودوکسی می‌گوید که پادزهر باکتری را می‌کشد و زخمها با همین باکتریها تهدید می‌شوند. در حالی که زمان جنگ جهانی اول چنین تهدیداتی سبب وخیم شدن زخمها می‌شد، به رغم اینکه همان پادزهر سبب کشته شدن باکتریها در تیوپهای آزمایش شده می‌شود؛ زخمها را نیز تهدید می‌کند. پیشتر از این کشف اتفاقی پنی سیلین فلمینگ، باکتری‌ای که مسئول آلودگی زخمها بود کشف کرد و دریافت که پادزهر هر دو را می‌کشد و گلبولهای سفید خون در بدن نقش محافظ و مدافع را ایفا می‌کنند، اما در پی آن یک مقدار کم از باکتریهای مضر سبب تولید مجدد (عفونت و بیماری) می‌شود.

فلمینگ در پی به دست آوردن راهی برای این مشکل بود اما راه حل پیش‌بینی شده از انواع گوناگون دیگر خفیف‌تر بود. کمی بعد تلاش چین (Chain) و فلوری (Florey) آنها را به سوی کشف چیزی که در نظر داشتند سوق داد. پنی سیلین تولیدی توانایی بهبود عفونتهای باکتریایی کشنده را داشت.

نتیجه‌ای که می‌توان از این بحث گرفت این است که دریافتن برای چیزی باید در جستجوی آن باشیم، با توجه به اینکه زمان زیادی نیز لازم است. این به عنوان حقیقتی در زندگی روزانه و همچنین کشف علوم است. علوم، به این صورت باعث شگفتی است، اما شگفتی و کنجکاوی نیز مشکل قابل حلی است. شاید همان‌طور که کارل پوپر (Karl Popper) معتقد است، تمام سیستمها به طور متناوب در حل مشکلات به کار گرفته شده‌اند. به علاوه باید این گونه باشد تا حیات ادامه یابد (Popper, 1979). تاریخچه مشکلات شاید

ساده یا پیچیده، فردی یا اجتماعی و یا به صورت اسناد جمع آوری شده و یا در حد اطلاعات دوستانه باشد.

برای مثال، من مشکلی با فضای ذخیره سازی کتاب در دفترم کارم دارم که البته این مسئله برگرفته از حل مشکلات پیشین نظیر تهیه کتابها، دفتر یا شغل در مکان اولیه است. بدین معنی که حل مشکلات پیشین موضوع مشکلات جدیدی می شود. حتی بیشتر مشکلات سطحی از توده ای اطلاعات جمع شده به وجود می آید. در زندگی روزانه نیز این گونه است و در این صورت است که کشف در علم، موضوعات مشابهی را که در زندگی روزانه نیز قابل مشاهده است به وجود می آورد (Langley et al. 1987 : 7) به رغم این مسئله اطلاعات علمی را که به صورت تفکیک شده در مسیرهای خاصی قرار می گیرند و سپس در دسترس گذاشته می شوند، چه می توانیم بنامیم.

### قوانین، تئوریه‌ها، مشاهدات و فرضیه‌ها

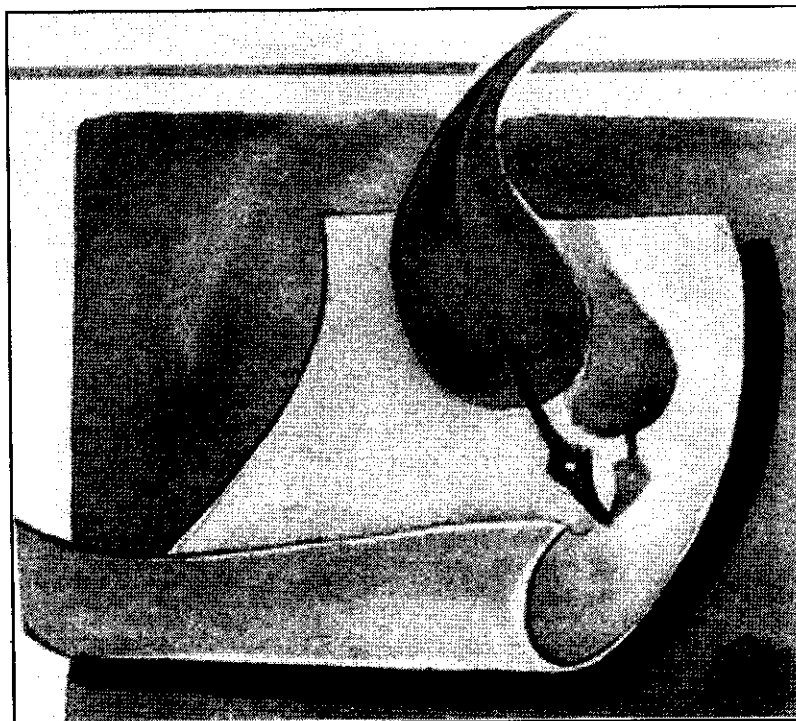
۱ - قوانین و تئوریه‌ها: شناخت علمی با قوانین آمیخته شده همان گونه که با تئوریه‌ها و فرضیه‌ها عجین شده است. نکته اول اینکه تفاوت زیادی بین قانون و تئوری نیست. ما از قوانین نیوتن (Newton) و تئوریه‌های انیشتین (Einstein) به عنوان مسائل مهم و نیز دانش علمی قابل قبول یاد می کنیم. اگر چه اغلب قاموسی برگرفته از اصول متعارف است که برای تمام زمانها و مکانها قابل اجراست. در حالی که تئوری بیشتر بیانیه نظری است. ما صحبت از «قوانین طبیعی» می کنیم. اما در جایگاه انیشتین می دانیم که قوانین نیوتن تنها توضیح بخشی از کارکردهای جهان است که ارائه می شود. برعکس تئوریه‌های «جزئی» و «کلی» نیوتن، می توان به آندسته از چیزهایی که توسط قوانین نیوتن و دیگر حوادث جانشینان بیان می شوند به کار روند با این همه ممکن است به مثابه حقایقی توجه شود که مسلم اند و تئوریه‌ها به منزله حکمی کلی از آنچه می دانیم و باور داریم شایان ذکر است که قوانین به منزله بیان کننده نظم در جهان نیز به شمار می روند.

به رغم پیچیدگی و اتفاقاتی ظاهری طبیعت می توان نظم را در آن مشاهده کرد. اگر چه در هر قطره از آب میلیونها اتم اکسیژن و هیدروژن وجود دارد. اما ترتیب آنها مرتب و معین است. البته این ویژگی معین، سطح زیر اتمی را می شکافد و

شامل مقیاس ساختاری بزرگ نمی شود. پس اهداف علم توسعه قوانین است و احتمالاً در حد خودشان پیچیدگی بیشتر و بیشتری پیدا می کنند. بنابراین به عنوان جستجوگر ترتیب دهی و نظم بخشیدن به آنها، نمی توان در جایی آنها را درک کرد. البته تحت مواردی که قوانین تعیین می شوند می توانیم ساختار مولکولی را شرح دهیم شاید در مواردی جستجو برای قوانین آماری باشد که می تواند رفتارهای گروه را بیان و پیشگویی کند، البته نه گروههای ترکیبی را. بنابراین هر تئوری علمی بر پایه ای از قوانین و تئوریه‌های دیگر ساخته شده و با یکسری از مسائل درباره دنیا که تعدادی از آنها بسیار قطعی تر از دیگری است، مرتبط است.

### ۲ - مشاهده و ادراک: مراحل کشف شامل قسمتهایی به

این شرح است: نخست چیزی در جهان که کشف می شود. البته چیزی به خودی خود کشف نمی شود. اجزای درون اتم، جاذبه و پنی سیلین به صراحت نمی گویند «سلام من اینجا هستم»، بلکه برای کشف آنها طی کردن مقدمات و ابراز دیگری نیاز است. دوم جنبه روان شناختی و اجتماعی کشف است. ابتدا از بعد روان شناختی درباره نکته بالا می توان گفت که مراحل کشف یکی از مسائلی است که بشر سعی در حل آن دارد (شاید علم به عنوان موقعیت خاص باشد). روان شناسان شناخت این مسئله را با توجه به نگاهی به مغز انسان به عنوان یک سیستم اطلاعاتی که قادر به نگهداری ساختارهای نمادی است بیان می کنند. این توانایی از مسائل زیست شناختی ما سرچشمه می گیرد یعنی نتیجه یک مرحله تکامل. در هنگام فکر کردن، تقلید و نشانه‌ها را مجدد در حافظه سازماندهی می کنیم و توسط خلق نشانه‌های جانشین که به ما اجازه جستجو برای یافتن راه حل در طول مسیرهای مناسب را می دهد، به حل مشکلات می پردازیم. (Langley et al. 1987) تمام این ابزار شناختی نیاز به اطلاعات دارند و این اطلاعات از درک دنیا از طریق حواس حاصل می شوند. بعضی از این درکها، رفتارهای فیزیکی و مراحل آن و بعضی روند کنونی اطلاعات است. درک رفتارهای فیزیکی نظیر کمیت، شکل، اندازه، رنگ و ... باید یا از طریق درک درونی که این چیزها را می شناسیم حاصل شود، چیزی که کانت (Kant) آن را به عنوان «ترکیب پیشین» می شناسد



(Kerner 1955)، یا از طریق اطلاعات شناخته شده قدیمی دنیا، یا هر دو. درحالی که حتی اگر ما به طور ژنتیکی مستعد به دانستن تعداد، شکل و ... باشیم، بیشتر دانش ما نیاز به کشف اطلاعات اجتماعی دارد؛ یعنی، دانش نگهداشته شده در بین عموم است. در علم، اطلاعات جمع‌آوری شده، بیشتر اطلاعات مثلاً در قالب کتابها، مقالات و غیره نگهداری می‌شود - چیزی که پوپر (Popper) آن را «دانش جهان سومی» نامید. جهان اول، اشیاء فیزیکی، و جهان دوم، تجربیات آگاهانه است. (Popper 1994)

تفاوت بین کشف در علم و زندگی روزانه، در ذات دانش اجتماعی و مشاهدات قرار دارد. دانش اجتماعی علمی برگرفته از دانش طبقه‌بندی شده است - حقایق - و این حقایق برگرفته از ساختارها و مشاهدات دقیق، مقایسه درست بین توضیحات حاصل از موضوعات غیر علمی و دانش اجتماعی همواره مانند موضوع بحث عمومی زندگی در مریخ است.

در سال ۱۹۹۶ شهاب سنگی مریخی (Antarctica) پیدا شده که متشکل از محتویاتی مثل بعضی فسیلهای اولیه بود این امر

حاکمی از آن است که زندگی در مریخ وجود داشته یا هنوز هم وجود دارد. (Nature, 15, August 1997). این «اکتشاف» به طور جدی از هر «حقیقتی» که ما تقریباً در مورد مریخ می‌دانیم حاصل می‌شود و ترکیب شیمیایی اش به عنوان شهاب سنگ شناخته شده بود (Ash, et al. 1997). برعکس تیرهای روزنامه با عنوان عکس جدید NASA زندگی مردم در مریخ را نشان می‌دهد، که مقام اجتماعی علمی ندارند. اغلب در داخل چنین «گزارشها» حقایقی را می‌توان ملاحظه کرد. البته، این «اطلاعات» اساس تجربی ندارد. آیا این‌گونه مشاهدات را می‌توان از برجهای مریخ یا ستون معابد یا مجسمه‌های عظیم و دیوارنگارهای بزرگ نیز دریافت کرد؟ یا فقط از صخره‌ها و سنگها امکان دریافت این مشاهدات وجود دارد؟ (Sagan 1996: 57). نتایج اخیر دانشمندان، برای تمام تجربیاتشان، هم مشاهده و هم اطلاعات به دست آمده از دانش اجتماعی علم را در برمی‌گیرند. این تجربه حاصل تجربیات دیگر است و سرانجام با دنبال کردن اطلاعات مشاهده شده به دست می‌آید. اگرچه اطلاعات مشاهده شده توسط تجربیات بیشتر حاصل شده است.

راسل هانسن (Russel Hanson) از ما می‌خواهد تا نظریه دو دانشمند را در مورد آمیب ملاحظه کنیم :

یکی در درون یک سلول حیوانی و دیگری بیرون سلول حیوانی است. نخست آمیبی با همانندی خودش با انواع گوناگون سلولهای تکلی : سلولهای کبدی، سلولهای عصبی، سلولهای پوستی و .... و دیگری، آمیب همولوژی بدون سلولهای تکلی، اما به همراه تمام حیوانات است. آمیب نیز مانند حیوانات غذایی را فرو می‌دهد، هضم و جذب می‌کند. فضولات آن تولیدات مجدد پیدا کرده و قابل جابه‌جا شدن است. بیشتر شبیه یک حیوان کامل عمل می‌کند تا یک بافت سلولی فردی. (41 : Hanson 1965) هر دو دانشمند (ساگان و هانسون) یک نکته را دریافته‌اند، هر دو را می‌توان دارای دانش «جهان سومی» نامید. به هر حال آنها هر چه را به طور یکسان ندیده‌اند بیان کرده‌اند. البته ممکن است واقعاً چیزهای متفاوتی دیده باشند. نظیر تصویر «اردک - خرگوش» (Couvalis 1997 : 12).

نگاه کنید به تصویر، یک اردک و یک خرگوش. اما اجازه دهید تصور کنیم که دید توصیفی شان یکسان بوده است. توضیح اینکه اگرچه، این دو تصویر متفاوت است ولی توصیف به صورت نظریه انباشته بیان شده که بستگی به تصورات مفهومی دارند، برای مثال، در کیهان شناسی، مفهوم «طیف قرمز» طیفی از یک ستاره که از یک ناظر دور می‌شود. سبب می‌شود که دانشمند بدانند که نور قرمز طول موج بیشتری از نور آبی دارد. یک ستاره از ناظری دور می‌شود و اثر نوری را به دنبال خود بر جای می‌گذارد، شبیه صدای آژیر پلیس که کشیدگی را زمانی که از کنار فردی می‌گذرد می‌توان در نور آژیر و صدای آن درک کرد. طیف قرمز به تنهایی توسط تئوری نسبیت انیشتین (Einstein) بیان شده، (343 : Gribben, 1996) بدین صورت که جهان در حرکت است.

در سال ۱۹۲۹ ستاره‌شناسی به نام ادوین هابل ارتباط بین طیف قرمز و موقعیت کهکشانها را دریافت، و نشان داد کهکشانهای معینی از ما دور می‌شوند و در نتیجه جهان در حال گسترش است. البته با کاری که هابل کرد هم کاراکترهای طیف نوری و هم آشنایی با پیشگویی تئوری عمومی برای درک مشاهداتش را معرفی کرد.

مشاهدات نه منفعل و نه خشی است. آنها مطلقاًند و بستگی

به ایجاد یک چهارچوب فکری از باورها دارند. مشاهده جهت‌دار اغلب مکانی را با شرایط یک آزمایش اشغال می‌کند و ممکن است به‌عنوان یک تلاش که قسمتی از طبیعت است به‌نظر آید. این مشاهده جهت‌دار مشاهده اجتماعی است که تحت شرایط مصنوعی تولید شده و آگاهانه کنترل شده و گنجایش تولید مجدد را دارد. در انجام این مراحل دانشمند اغلب تقلیدی از یک توالی بدون تفسیر از حوادثی که در طبیعت مشاهده شده انجام می‌دهد، و این سبب ایجاد مشکلی است که چه چیزی علت x است. بحران التهاب مغز (BSE) در انگلستان، در طی دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ چنین سناریویی را تشریح می‌کرد. (Lacey 1994) اگر تناسب مشابهی در پیشرفت BSE باشد می‌توان فرضیه مکانیسم ساده انتقال مستقیم را پذیرفت.

۳ - فرضیه‌ها: فرضیه‌ها، احتمالاتی علمی در مورد دنیایی هستند که می‌توان آن را آزمایش کرد و بیشتر شبیه «سطح پایینی» از تئوریهاست که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم. در فرضیه‌های علمی ممکن نیست یک معلول

## هنگامی که دانشمندان

## درباره روش علمی

## صحبت می‌کنند، معمولاً

## مجموعه فعالیتها و

## ادراکاتی که از یک حوزه

## به حوزه‌ای دیگر تفاوت

## دارد را در نظر دارند.

زبان علمی (در موقعیت زندگی روزانه) به نظر بسیار دلنشین می‌آید. به‌رحال آیا علم از غیر علم جداست؟ برای بسیاری این همان مدل فرضی - قیاسی (HP) است. گفته می‌شود که رشته‌های طلایی در میان حرکت به سوی علم است.

### مدل فرضی - قیاسی

مدل HD تنها مدل علمی نیست، اما در نمونه‌های زیاد توسط دانشمندان به‌عنوان بیشترین پیشنهاد دقیق ارائه شده است. این مدل آثاری از سیر کشف و شناسایی دارد و می‌توان گفت نقطه شروع در هر مرحله از خودش است. چرا که نخست قابل قبول است که فرضیه‌ها نمی‌توانند به راحتی از مشاهده حاصل شوند (زیرا مشاهده متنی است که با آن شروع می‌شود) و باید از تئوری حاصل شده خارج شود و دوم فرضیه باید با شرایط اولیه که در زمان به‌وجود می‌آید. مطابقت شود؛ یعنی چیزهایی که در محیط ممکن است تأثیری بر روی فرضیه، یا مشاهدات بعدی تأثیر داشته باشد. سوم فرضیه و شرایط اولیه پیش‌بینی می‌تواند توسط مشاهده آزمایش شود. بدین ترتیب ممکن است فرضیه‌های ما با واقعیت روبرو شوند (Popper, 1989: 117-118). در «سنت» شرح داده شده اگر مشاهده موفقیت‌آمیز باشد پس تئوری از جایی که فرضیه استخراج شده مورد قبول است. یک مثال ساده در فرضیه این است که آب در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به جوش می‌آید و شرایط اولیه در سطح دریا فراهم است. پیش‌بینی این است که برای هر نمونه آب اگر گرما در سطح دریا زیر میزان فشار اتمسفر باشد، آب در ۱۰۰ درجه می‌جوشد. پس ما تنها این پیش‌بینی را با انجام آن بررسی می‌کنیم. آب در ۱۰۰ درجه می‌جوشد و می‌توان گفت این مسئله از فرضیه بالا حاصل شده است. توجه دقیق به فرمول فرضیه که از یک اسلوب دارای تئوری حاصل شده، با در نظر داشتن شرایط اولیه و آزمایش بسیار دقیق ظاهراً مسیری مطمئن برای رسیدن به موفقیت است. البته، مشکل اصلی با مدل HD است، اگر چه کارل پوپر (Popper) ادعا کرده که آن را حل کرده است.

### مشکل استقرا

با تأیید فرضیه مبتنی بر اصل استقراء می‌توان اظهار داشت که از

## کشف در علم در خلا اتفاق

نمی‌افتد بلکه به وسیله

نظریه‌هایی که خود محصول

کشفیات قبلی است شکل

می‌گیرد.

مشخص باشد، بلکه در عوض یک میزان مشخص خواهد بود یا حدی که قابل اندازه‌گیری است. نتیجه اینکه فرضیه‌ها می‌توانند دوتایی باشند. هر تئوری می‌تواند تعدادی از فرضیه‌ها را به‌وجود آورد و بعضی از اینها می‌تواند به‌صورت دو طرفه و منحصرأ برای دیگری باشد.

### استقرا و ابطال

تصویری که از کشف علمی ارائه شده، تصویری است که فرایندهای اجتماعی - روان‌شناختی کشف در علم را که موازی زندگی روزانه است ترسیم می‌کند. اما اشکال ایجاد شده خاص تمرین علمی است. تئوریهای علمی بر مبنای دیگر تئوریها همچون و قوانین که خودشان «حقیقت» را نشان می‌دهند ساخته می‌شوند. اما چگونه متوجه این امر می‌شویم؟ برای مثال، کافی است بگوئیم مشاهده تجربی تئوری را تأیید می‌کند، همان‌گونه که در مشاهدات دیده‌ایم آنها تئوریهای انباشته هستند. با اینکه دانشمندان تنها تئوریها و مشاهدات را (و ارتباط بین این دو را) به‌عنوان وسیله‌ای که زمینه شناخت است، دارد؛ باز کردن

### ملاک «مرزبندی» پوپر

به دلیل مشکل منطقی تئوریهای قیاسی نمی‌توان حقیقت را با آنها نشان داد و هرگز نمی‌توان ادعای نهایی را ارائه کرد؛ البته می‌توان خطا را نشان داد. نظرات پوپر (Popper) در این زمینه برگرفته از زمانی است که او مرد جوانی در وین بوده است. در این زمان مارکسیسم و روانکاوی فروید (Freud) و ادلر (Adler) ادعای علمی بودن نیز داشته‌اند. بسیار مطرح بود. پوپر می‌گوید: به نظر می‌رسد این تئوریا قادر به بیان جزئی هر چیزی باشند که بین زمینه‌هایی که به آنها رجوع می‌شود، اتفاق می‌افتد. ادعای نمونه در هر جا: دنیا پر بود از اثبات تئوری. «آنچه که اتفاق می‌افتد همواره مؤید وجود آن است» (Popper 1989: 34-5). چه‌طور این تئوریا همیشه اشتباه بوده؟ او این را با پیش‌بینیهای انیشتین از تئوری نسبیت مقایسه و او ادعا می‌کند به‌سوی پیش‌بینی‌ای می‌رود که در حقیقت یک ریسک است. به‌رحال، اگر تئوریا و فرضیه‌های برگرفته از آنها آزمایش نشوند چه تئوری مفیدی حاصل

مشاهده جزئی پدیده می‌توانیم آن را به پدیده‌های دیگر تعمیم دهیم. برای مثال اگر ما نمونه‌های زیادی از آب دریا را گرم کنیم می‌توانیم ادعا کنیم که تمامی آنها در ۱۰۰ درجه حرارت به جوش می‌آیند. حال مشکل این است که چه تعداد ظرف آب احتیاج داریم تا این ادعا را ثابت کنیم؟ یقیناً بیش از یکی. شاید پنج تا؟ پنجاه تا؟ این مشکل تاریخی طولانی در فلسفه دارد، اما در قرن بیستم بیانش بیشتر با پوپر (Popper 1959:27-48) همراه شد. او نیز مشکل را با مثال ساده‌تری شرح داده است. برای قرن‌ها اروپائیا باور داشتند که قوها سفید هستند و این آگاهی تنها شکلی از آگاهی بود. البته در سیری از زمان (بعد از اروپائیا اولین سفر دریایی به استرالیا)، قوهای مشکی دیده شدند (Popper 1986:43). البته تنها یک قوی مشکی سبب تزلزل چنین تئوری طولانی می‌شود. پوپر در صدد ارائه راه حلی در خصوص سالم نگهداشتن مدل HD برآمد. اما راه حل‌هایش با بسیاری از مشکلاتی که حل می‌شدند از چیز انتفاع ساقط می‌شد.





می‌شود؟ چنانچه در پی کشف حقیقت هستیم ابتدا باید تأییدها را پیدا کنیم. به اعتقاد پوپر با روحیه‌های گوناگون کسب می‌شود که نشان می‌دهند با آزمایشات دقیق ممکن از تئوریهایمان در اشتباه هستیم. اول اگر صحت تئوریها در آزمایشات ثابت شد آنها را برای مدتی می‌پذیریم. دوم، یک تئوری باید از چیزهای معین جدا شود، هر چه این جدایی بیشتر شود در وضع بهتری قرار می‌گیرد. سوم، تئوریهایی که ملاکی برای ابطال ندارند علمی نیستند (Popper 1989:36). دیدگاههای پوپر در زمان طرح آنها برای نخستین بار در انگلستان در سال ۱۹۵۹ مورد بحث قرار گرفت و مورد مقابل ابطال از تعدادی زوایای خاص شرح داده شد. (Jeffrey 1975 ; Lakatos 1970) (Reihenbach 1989 ; Gemes 1978). طبق نوشته آلن چالمرز یک نگرانی واقعی تاریخی برای ابطال کنندگان این است که اگر روش‌شناسی‌شان کاملاً توسط دانشمندان حمایت شود این تئوریهای کلی با توجه به اینکه از میان بهترین نمونه‌های تئوریهای علمی انتصاب شده‌اند، هرگز پیشرفت نمی‌کنند زیرا آنها در همان مرحله اولیه رد می‌شوند (Chalmers, 1982). چالمرز مثالها را بدین‌گونه نقل می‌کند، که یکی از آنها در حقیقت تئوری جاذبه نیوتن است که توسط مشاهدات مدار ماه رد شد و تنها چند سال بعد، تقریباً پنجاه سال بعد، معلوم شد دلیلی برای آن نیست جز خود تئوری.

دومین مشکل اغلب در بیان احتمالات است. رد کردن مطلب نیاز به حدس و گمان در رویارویی با مشاهدات دارد.، برای مثال تئوری انیشتین، پیش‌بینی کوچک شدن اشعه‌های خورشید در طول سال خورشیدی (کسوف). پس اشعه‌ها کوچک نمی‌شوند و این حدس باید رد شود. اما در بیشتر نتایج علمی و در محافل علمی تقریباً این مورد عمومیت دارد.

طبق نظریه پوپر، احتمالات (تقریباً در حالت فراوانی معمولی) نیاز به توجیه از طریق اصل استقرا دارند (Popper 1959 : 29-30). پوپر ناگزیر بود تا تئوری خود را به‌منظور نشان دادن اینکه چگونه دانشمندان قوانین روش‌شناختی خود را در برخورد با تخمینهای احتمالی به‌عنوان ابطال انتخاب می‌کنند، اصلاح نماید. (O' Hear 1980) سومین و مهمترین مشکل شمارش و به‌حساب آوردن از لحاظ میزان رد مسئله است. این مسئله ما را به موقعیت اجتماعی روان‌شناختی

تئوریها هدایت می‌کند پوپر می‌گوید تئوری‌ای که «فرض آشکار» باشد واقعاً مهم نیست از کجا آمده است. این موضوع ممکن است از سالهای متوالی در آزمایشات به‌دست آمده باشد (Williams and May 1996 : 3)، اما آنچه که آن را بیان می‌کند خواص منطقی است. از جنبه‌ای به‌نظر درست می‌آید، اما با تعمق می‌توان درک کرد که شاید عامل روان‌شناسی اجتماعی برگرفته از تئوریهایی باشد که به‌منزله ابزاری برای رد موضوع به کار می‌روند. چگونه می‌توان مطمئن شد که این وسیله‌ها بیشتر دارای ارزش هستند تا تئوریها؟ البته که نمی‌توان مطمئن بود. دفاع پوپر این است که مشاهده بیانیه‌هایی که شاید یک تئوری را ابطال کند از لحاظ امتحان درون‌ذهنی در میان جامعه علمی قابل قبول است، پس در اصل نیز ابطال‌پذیر است (Popper 1959 : 95-106). در حالی که ذهنیت درونی در علم بدون مشکلات نیست.

هدف رویکرد پوپر نخست تولید مرز بین موضوعات علمی و غیرعلمی است (Popper 1959:42). توالی ناخواسته این امر تمرکز و توجه به مطالب در انتخاب تئوری بود. درحالی که به‌طور منطقی درست است که یک بیان منفی منفرد می‌تواند بسیاری از بیانهای مثبت را رد کند. اما مطلب مهم این است که اهمیت ادعای رد موضوع و اهمیت تئوری که رد می‌شود نیز مد نظر است. طبق نظریه پوپر تصمیم درباره این مطلب آیا تئوری مورد نظر رد می‌شود یک موضوع ذهنیت درونی است و سپس مراحل اجتماعی آن مدنظر است. اگرچه فرضیه‌های فردی یا گمانها در مورد اطلاعات شاید ناگهان متولد شود و الهام فردی بگیرد، کل تئوریهای شکل یافته به‌ندرت وجود داشته‌اند. روش پوپر شاید به اندازه کافی مورد آزمایش فرضیه‌های خاص، یا قسمتی از فرضیه‌ها قرار نگرفته باشد، اما به‌ندرت در تاریخ علم آزمایشات جزئی وجود دارند که کل تئوری را رد کنند. در حالی که، این امر بسیار مهم است که به‌عنوان یک احتمال باقی بمانند.

### طبیعت و تحمل اجتماعی علم

راهبردهای استقرایی و ابطالی به‌طور مشابه به شکست می‌انجامند، به‌طوری که آنها به ارزیابی مدارک از جهانی در میدان آگاهی بشری بستگی دارند. به دیگر سخن، تنها وسیله

برای بیان صحت و سقم یک چیز با توجه به ادراکمان و استانداردهای پیشین در ارتباط با اثبات یا ابطال مطلبی است. دریافت حقیقت درباره جهان حقیقی بستگی به آگاهی بشر دارد، طبق گفته ویلیام جیمز (William James): تئوریه‌ها ساخته زبان بشرند، شکل مختصر مفهومی که ما گزارشات خود را درباره طبیعت می‌نویسیم (James, 1949: 57). این دقیقاً بدین معنی نیست که ما نمی‌توانیم واقعیت را بدانیم، درست مانند اینکه ما نمی‌توانیم بدانیم که ما واقعیت را می‌دانیم! حتی زمانی که فکر می‌کنیم مطلب خاصی را می‌دانیم، نمی‌توانیم مطمئن باشیم که تمام آنچه می‌دانیم همه آن چیزی است که باید بدانیم. برای پوپر منطق قیاسی در صورت ابطال‌پذیری تنها حفاظتی در برابر ایدئولوژی ذهنیت‌گرایی است یا اصل جزمی و هوشیاری در علم.

### انتخاب تئوری

مشاهدات جدای از برخی چهارچوبهای مفهومی در علم انجام نمی‌شود. بلکه برای تأیید یا رد یک تئوری و فرضیه است. بنابراین، مشاهدات و تئوریه‌ها هریک. علم از طریق آزمایش تئوریه‌ها و به‌صورت مجزا از تئوریه‌های دیگر عمل نمی‌کند به‌علاوه، ارتباطات و بین تئوریه‌ها و نیز بین تئوریه‌ها و مشاهدات اولیه پیشگوییهای هر تئوری دیگر را هم محدود و هم مجاز می‌کند. یک تئوری دارای خواصی جدا از محتوای پیش‌بینی آن است. ویلیام نیوتن اسمیت (Newton-Smith, 1981: 1981)، هفت مشخصه یک تئوری خوب را بیان می‌کند:

۱- **استقرار مشاهده**: یک تئوری جدید باید پدیده‌های مشاهده شده و پدیده‌های پیش از آن را توضیح دهد. افزایش موفقیت مشاهده نشانه‌ای است برای نزدیکتر شدن به حقیقت روشی.

۲- **باروری**: یک تئوری باید قادر به گسترش بیشتر برای توضیح یک‌سری از پدیده‌ها باشد. این به‌تنهایی مشخصه‌ای کافی نیست. نیوتن - اسمیت خاطر نشان ساخت که روانکاوای یک تئوری بارور بود ولی سرانجام حاصلی نداشت.

۳- **ثبات سوابق**: هرچه یک تئوری سابقه طولانی‌تری داشته باشد، ثبت سوابق آن مهمتر می‌شود. یک تئوری موفق و دارای سابقه خوب باید به تئوری‌ای که دارای سابقه‌ای نامطلوب و بد است بد ترجیح داده شود.

۴- **حمایت بین تئوری**: تئوری‌ای که با تئوریه‌های دیگر سازگار است، باید به تئوری‌ای که این خاصیت را ندارد ترجیح داده شود. حتی اگر دو تئوری به‌تنهایی موفقیت‌آمیز باشند ولی با یکدیگر سازگار نباشند، یکی از آنها باید نادرست باشد. نیوتن - اسمیت ناسازگاری مکانیک کوانتم و نسبیت عمومی را به‌عنوان مثالی در این مورد ذکر کرد.

۵- **سهولت و آسانی**: بیشتر تئوریه‌ها فقط بخشی از یک‌سری از پدیده‌های مورد نظر را توضیح می‌دهند و برای فراهم کردن توضیحات برای بقیه، دانشمندان اغلب از فرضیه‌های کمکی استفاده می‌کنند.

۶- **پیوستگی داخلی**: آیا جملات مختلف در تئوری از نظر منطقی با یکدیگر سازگارند؟

۷- **سازگاری با عقاید مابعدالطبیعه**: تئوریه‌های علمی براساس عقاید مابعدالطبیعه درباره جهان مطرح می‌شوند. یک تئوری در اصل می‌تواند صحت یک یا چند مورد از این عقاید را تکذیب کند، ولی بیشتر این عقاید قابل آزمایش نیستند. نیوتن - اسمیت مثالی درباره رد این نظریه که هنگامی چیزی در جهان فیزیکی رخ می‌دهد که زمان آن فرا رسیده باشد به آنکه ارائه می‌کند (Newton-Smith 1981:229).

۸- **سادگی**: هرچه تئوری با لغات کمتری توضیح داده شود بهتر است. بنا بر این دو تئوری می‌توانند یک سری از مشاهدات را توضیح دهند ولی آنکه ساده‌تر است ترجیح داده می‌شود؛ البته به شرطی که با دیگر حقایق شناخته شده مرتبط باشد.

دیگران دانشمندان معیارهای نسبتاً متفاوتی برای یک تئوری خوب بیان می‌کنند ولی هر معیاری که مطرح می‌شود حاوی پیام ساده‌ای است از این قرار که چندین «آزمایش» برای یک تئوری وجود دارد و هرچه یک تئوری در آزمایشات بیشتر موفق می‌شود احتمال بیشتری وجود دارد که مورد توجه دانشمندان قرار گیرد. به‌علاوه دانشمندان فقط ناظران غیرفعال طبیعت نیستند و حداکثر تلاش خود را برای تمایز تجربی بین تئوریه‌ها از طریق آزمایش عواقب پیش‌بینی شده توسط هر تئوری به‌کار می‌برند. البته دانشمندان گاهی با انتخاب تئوری غلط کار را خاتمه می‌دهند یا گاهی هر دو تئوری نهایتاً غلط از کار در

می‌آیند (نظیر مورد تئوریهای موجی و ذره‌ای نور). اغلب دانشمندان فقط یک تئوری دارند که با آن کار می‌کنند، هنگامی که نتیجه آزمایش با تئوری در تضاد است، دانشمند می‌خواهد دلیل آن را بداند. در بیشتر موارد مقصر «شرایط اولیه» که فرض شده بود یا ابزار مورد استفاده در آزمایش‌اند. بالأخره، گرچه تمایز مشخصی بین یک تئوری و فرضیه وجود ندارد، ولی یک تئوری معمولاً از چندین فرضیه تشکیل می‌شود. بدیهی است که اگر آزمایشات قادر به تأیید هر یک از اینها نباشند، این احتمال وجود دارد که از تئوری صرف‌نظر یا تغییرات زیادی در آن انجام شود. در بیشتر موارد فقط یک فرضیه با نتایج آزمایش تطبیق ندارد. پس منطقی به نظر می‌رسد که نتیجه‌گیری کنیم که حداقل قسمتی از تئوری درست بوده و تحقیق برای یافتن بخشی از تئوری که اشتباه بوده یا آنچه که ممکن است در فرضیات اساسی آزمایش «ناموفق» اشتباه باشند، انجام می‌شود.

### استنباط استقرایی

در حالی که بحثهای استقرایی از نظر قیاسی معتبر (نتیجه در قضیه‌ها مثل یک بحث قیاسی تعیین نمی‌شود)، به نظر می‌رسد استنباط استقرایی از نظر ذاتی اجتناب‌ناپذیر است. در احوال روزمره، ممکن است بقای ما بستگی به فرضیات قیاسی - در واقع همان‌طور که خود هیوم اصرار کرده است ( Hume 1939/1911). داشته باشد برای مثال یک کودک می‌تواند بدون آسیب دیدن یا مرگ در یک خیابان شلوغ بازی کند ولی فقط یک بزرگسال خیلی غیرمسئول به ایجاد این، وضعیت رضایت می‌دهد. بیشتر استدلال قیاسی «ضعیف» نیست، بلکه در درون چهارچوبی از حقایق وجود دارد که یافته‌ها بر خلاف آن نیستند. برای مثال، تراکم موارد سرطان خون کودکان در نزدیکی یک ایستگاه برق هسته‌ای وجود ارتباط بین محل و احتمال بروز سرطان خون را با فرض دانش فعلی ما در مورد آثار تشعشعات نشان می‌دهند. اگر در تحقیقات بعدی مشخص شود که در همه یا بعضی موارد، یکی از والدین با آن تشعشعات سر و کار داشته یا در نزدیکی یک راکتور هسته‌ای کار می‌کرده است، و رویه‌های آلودگی‌زدایی مؤثر نبوده‌اند، این یک فرض منطقی است که این شرایط اولیه را با موارد سرطان خون ارتباط داد. توضیحات دیگری نیز می‌تواند وجود داشته باشد، ولی با فرض حقایق شناخته شده، این احتمال بیشتر وجود دارد. گرچه، اگر

بخواهیم دقیقاً صحبت کنیم، این نیز هنوز استدلال استقرایی است (53 : Couvalis, 1997). این روش استنباط بهترین توضیح نامیده می‌شود.

### احتمال

این جمله که تئوریا «احتمالاً درست» هستند به هیچ وجه همه فلاسفه علم را متقاعد نکرده است. به‌علاوه از آنجایی که در قرن حاضر علم پیشرفت کرده است، روشهای آن «احتمال گرایانه» تر شده است. (Feynman 1965: 127-48). بنابراین این ایده که علم در حیطه روابط مکانیکی ساده علت و معلول است فقط یک افسانه دیرپاست. از زمانهای دور در دهه دوم این قرن برتراند راسل (Bertrand Rusell) سعی کرد تا نشان دهد که در علوم پیشرفته نظیر نجوم جاذبه‌ای، واژه علت هرگز وجود ندارد بلکه بخش اعظم علم احتمال گرایانه است.

گرچه ریاضی به‌طور کلی - نه تئوری احتمالات به‌طور خاص - نمی‌تواند به ما چیزهای بیشتری راجع به حقیقت روشی که، بگوید ولی حداقل می‌تواند در فهم و پیش‌بینی دقیق روابط بین بخشهایی از جهان به ما کمک کند. از آنجایی که تواناییهای ریاضی ما پیشرفت کرده است، بنابراین ما قادر به پیش‌بینی صحیح‌تر هستیم. ظهور منطق ارسطویی، ظهور محاسبه ریاضی و کامپیوتر همه نقش به‌سزایی در روند کشف و توجیه یافته‌ها داشته‌اند و البته وجود دو عامل اول برای احتمال سوم به‌عنوان یک ابزار علمی ضروری بوده است.

طراحی مدل و شبیه‌سازی ریاضی به اندازه آزمایش آزمایشگاهی برای دانشمندان مهم شده‌اند. پیچیدگی شبیه‌سازی یا توانایی سروکار داشتن با اعداد بزرگ فقط در محدوده یک کامپیوتر است. به‌نظر می‌رسد طبیعت بسیار پیچیده‌تر و بزرگتر از آن است که بتوان جزئیات آن را فقط از طریق قدرت مغز انسان شناخت.

### ذهنیت و خوش اقبالی

علم و روش آن بسیار پیچیده‌تر از آن هستند که محاسبات تأییدگرایانه یا ابطال‌گرایانه نشان می‌دهند. مدل HD را می‌توان یک نوع ایده‌ال از استدلال دانست، ولی چیزی که بیشتر حائز اهمیت است این است که تأیید یا رد یک فرضیه را باید در متن

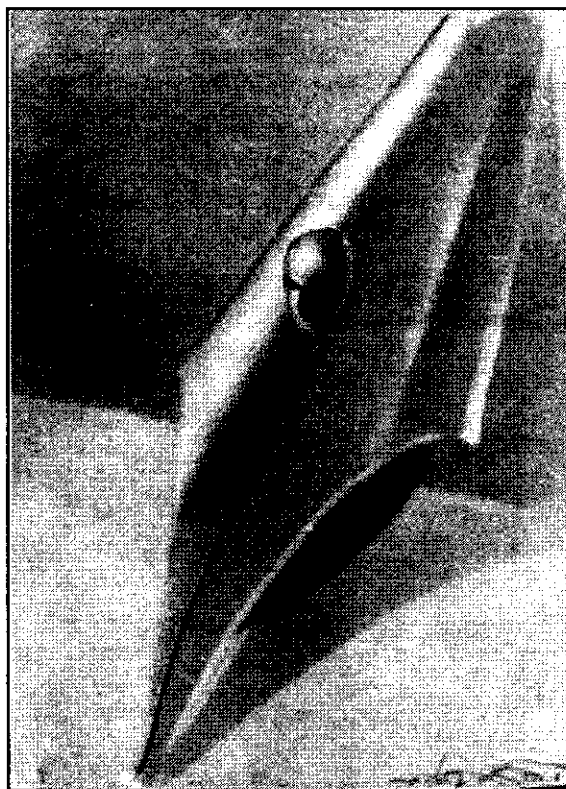
وضعیت شبکه کُل تئوریه‌ها و ماهیت ارتباط بین آنها مشاهده کرد. به علاوه، یافته‌ها به ندرت «درست» یا «غلط» هستند ولی معمولاً برحسب احتمال آنها و اغلب در یک سلسله مراتب دانش ارزیابی می‌شوند که در آنجا هرچه دانش «بالتر» باشد، «مطمئن‌تر» است. به رغم این پیچیدگی، محققان معمولاً در یک زمان فقط بر یک مسئله تمرکز دارند (Sanitt 1996: 14). ردیابیها، اشتباهها و ارزیابیهای مجدد کار گذشته وجود خواهد داشت. خود این فرایند تحقیق چند مورد را با هم ترکیب می‌کند: اول، رویه‌های تکنیکی غالباً مختص یک علم یا زیرمجموعه علم هستند. دوم براساس این عقیده موقتی است که برخی از فرضیات صحیح‌اند و سوم براساس آزمایش هر دو مورد از طریق مشاهده، آزمایش یا قیاس است. نکته اشتراک همه این موارد پیوسته در تغییر است و در حالی که برخی از موارد ثابت می‌مانند، برخی دیگر تغییر می‌کنند گرچه به ندرت همه چیز به یکباره در یک علم تغییر می‌کند. در تاریخ نجوم و کیهان‌شناسی، مثلاً پیدایش علم نور و دید، مشاهده اجرام در فواصل دور را ممکن ساخت و مشاهده نیز به نوبه خود موجب پیدایش تئوری شد به طوری که ما می‌توانیم تاریخچه مشاهده‌ای و تئوری را از کوپرنیک (Copernicus) تا هاوکینگ (Hawking) دنبال کنیم. همچنین فقط در چند سال گذشته بود که اسحاق آسیمو (Asimov Issac) مفهوم «سیاه چاله» در فضا از علم «حاشیه» در سال ۱۹۸۷ صحبت کرد (Asimov 1995). سیاه چاله‌ها به عنوان یک نتیجه منطقی از تئوری کلی انیشتین پیش‌بینی شده بود، که توسط کارل شوارتز چیلد در سال ۱۹۱۶ به عنوان تئوری مطرح شد (Gribben 1996:62)، تا ظهور رادیو تلسکوپهای قوی و به ویژه بعد از شروع به کار تلسکوپ فضایی هابل در سال ۱۹۹۰ شواهد متقاعد کننده‌ای برای اثبات وجود آنها وجود نداشت.

جامعه‌شناس علم، برونو لاتور (Latour 1987 Bruno) به خوبی ماهیت پویا و در واقع غیر مترقبه علم را در یک سری از «پیش‌پرده‌هایی» به طور مستقیم یا غیر مستقیم با تحقیق DNA هستند توضیح می‌دهد. بیولوژیست مولکولی، جان ویتاکر (John Whitaker) در اولین پیش‌فرض خود از یک تصویر سه بعدی از زنجیره مارپیچ دوتایی DNA در صفحه کامپیوتر خود تعریف می‌کند. لاتور می‌گوید که ویتاکر شک دارد که آیا برنامه

تحقیقاتی وی نتیجه خواهد داد یا عضویت وی در انستیتو پاستور تجدید خواهد شد، ولی چیزی که وی درباره آن می‌تواند مطمئن باشد، شکل زنجیره مارپیچ دوتایی DNA و کامپیوتر را با رفع مشکل و اینکه چگونه آن تقریباً هرگز تمام نشده و به بازار عرضه نشده است. نقل این دو داستان با کشف ساختار DNA در سال ۱۹۵۱ توسط جیم واتسون (Jim Watson) و فرانسیس کریک (Francis Crick) تأکید می‌شود. کشف DNA که گاهی «طرح» حیات نامیده می‌شود، تحقیقات گسترده در علم ژنتیک، داروشناسی و تومورشناسی و نیز «طرح ژنوم انسان» را میسر ساخته است کشف (مثل پنی‌سیلین) انجام گرفت تا حدی که بین واتسون و کریک و لینوس پائولینگ (Pauling Linus) مسابقه‌ای وجود داشت.

واتسون، کریک و پائولینگ هر کدام به مجموعه گسترده‌ای از دانش عمومی وابستگی داشتند. سی و چهار سال بعد ویتاکر (Whittaker) قادر بود این کار را انجام دهد زیرا وی می‌توانست حتی از مجموعه بزرگتری از دانش عمومی به ارث گذاشته شده برای وی توسط واتسون و کریک و تحقیق DNA استفاده کند. در سال ۱۹۵۱ محققان کامپیوتر نداشتند و بنابراین موفقیت کار ویتاکر نه فقط به دانش بلکه به فناوری و تکنیکهای انجام شده در نتیجه آن نیز بستگی داشت. با وجود این، در هریک از پیش‌فرضها، ما تحت تأثیر غیرمترقبه بودن آنچه که رخ می‌دهد یا حتی شانس قرار می‌گیریم. این می‌تواند راه دیگری باشد اما غالباً در علم این‌طور است، با وجود این نوشته‌های علمی متخصصان و افراد عادی، فقط موفقیت علم را گزارش می‌دهد. آزمایشات غلط از آب درمی‌آیند، تئوریه‌ها اشتباه تصور می‌شوند و اشتباهات در تفسیر و محاسبه اشتباهاتی رخ می‌دهد.

لاتور مانند یک سریال تلویزیونی یا رادیویی علم را به صورت یک فعالیت بسیار انسانی، که البته همین‌طور هم هست به تصویر می‌کشد و در واقع هدف کار وی تکذیب هرگونه تمایز مفید بین علم و مثلاً سیاست است (Chalmers, 1990: 80). اما اینکه آیا این دیدگاه درست است یا خیر، در گرو این است که علمی که به پایان می‌رسد با روشها و رویه‌هایی آمیخته شده است که جدا کردن آنها از روابط اجتماعی علم مشکل است. آموزش ویتاکر وی را به استدلال رسمی علم و حتی به طرف مشاهده ابزارهایی که وی از آنها



استفاده می‌کند (مثلاً کامپیوتر وی) به‌عنوان یک جعبه سیاه متماثل می‌کند. در حالی که درک درستی در مورد بیولوژی و شیمی DNA دارد، ممکن است با تئوریهای فیزیکی اساسی‌تر ناآشنا باشد. این دو جعبه‌های سیاه خواهند بود. ماهیت رقابتی علم وی را به‌طرف خواستن نتایج مستحکم به‌دلیل حقوق و شغل و نه فقط تشنگی دانش رهنمون می‌کند. گرچه بین واتسون (Watson)، کریک (Crick) و پائولینگ (Pauling) چندین دهه فاصله وجود دارد ولی می‌توان آنها را به‌طور مشابهی توصیف کرد؛ به‌طوری‌که بیشتر دانشمندان می‌توانند در تحقیق با آن سروکار داشته باشند.

### نتیجه‌گیری

در آغاز بحث به‌روش علمی به‌عنوان مجموعه‌ای از تمرینات و دانش اشاره شد. پرسش این بود که چه چیزی روش علمی را علمی می‌سازد؟ ابطال‌گرایی پوپر (Popper) مشکل تعقیب یک معیار تعیین حدود ساده بین علم و غیرعلم را توضیح داد. همچنین گفته شد که علم سیستم یکنواختی از کنترل‌های روش‌شناختی و توازن‌های مستلزم آزمایش، انتخاب تئوری و

---

### ● انقلابات واقعی در علم،

متضمن اموری بیش از کشفیات خارق‌العاده و پیشرفت‌های سریع در ادراک است.

### ● شناخت علمی با قوانین آمیخته

شده، همان‌گونه که با تئوریه‌ها و

فرضیه‌ها عجین شده است.

هر تئوری علمی بر پایه‌ای از قوانین و

تئوریهای دیگر ساخته شده است.

---

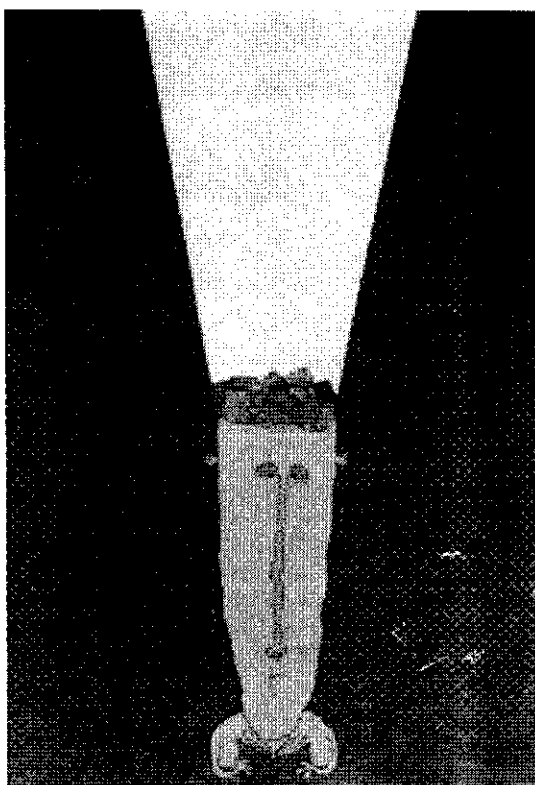
استدلال منطقی و ریاضی است. با این حال، ما باید به این عنصر «انسان» علم را نیز بیافزاییم. در یک سطح فلسفی آنچه که ما دربارهٔ جهان «می‌دانیم»، فقط از طریق دانش خود به‌عنوان عوامل شرکت‌کننده در جهان است. همان‌طور که توماس ناگل (Thomas Nagel, 1986) در سطح تمرین علمی، مشاهده کرد، این فعالیت از نوع اجتماعی است و جای تعجب است که علم حداقل برخی از خصوصیات فعالیت‌های اجتماعی را به‌خود نگیرد.

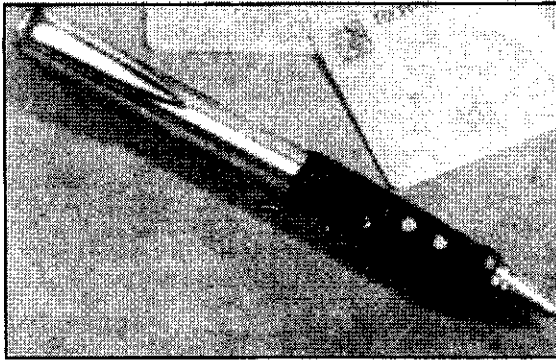
کشف علمی، گرچه معمولاً در جهت پدیده‌های پیچیده‌تر است، اما از همان الگوهای شناختی به‌عنوان کشف روزمره استفاده می‌کند. در واقع همان‌طور که V جاکوب برونوسکی (Jacob Bronowsky, 1960) اشاره کرد. ماهیت جمعی دانش و کاربرد روش‌های فنی برای کشف، دلیل کافی برای پیچیدگی و درک بسیاری از اکتشافاتی که ولپرت (Wolpert) آنها را «غیرطبیعی» می‌نامد است. فعالیت‌های علمی، برای تشخیصی که در جریان کار نیستند غیرطبیعی (کم‌وبیش) خواهد بود. ما می‌توانیم نتایج علم را درک کنیم ولی نمی‌توانیم

بفهمیم که چگونه دانشمندان به آنها می‌رسند؛ زیرا ما فقط می‌توانیم موسیقی بزرگی را بدون فهمیدن پیچیدگی‌های تولید آن درک کنیم.

علم با کشف سروکار دارد، ولی تئوریا می‌آیند و می‌روند. دانشمندان در این نکته که X درست است پافشاری می‌کنند ولی سپس درمی‌یابند که این صحیح نیست و Y است. مثلاً چندین بار اصول علمی از تئوریهایی موجی و ذره‌ای نور حمایت کرده است، ولی امروزه هیچ‌یک کاملاً درست نیست (Nagel, 1979:5-143)

مطمئناً این امر موجب می‌شود که ما در مورد همه یافته‌ها شک کنیم؟ در اینجا باید سه چیز را مد نظر قرار دهیم. اول اینکه مقادیر زیادی از علم حتی پس از مدت زمان زیادی صحیح باقی می‌ماند. گرچه بسیاری از یافته‌های گالیله یا کوپرنیک اکنون بخشی از تاریخ علم محسوب می‌شوند، ولی آنها غلط نیستند. در عرض چند دهه از کشف واتسون و کریک ما چیزهای بسیار بیشتری راجع به DNA آموخته‌ایم، ولی یافته‌های آنها هنوز هم به‌طور اساسی صحیح‌اند. حتی اگر





بگوییم که فیزیک انیشتین جانشین فیزیک نیوتن شد، این بدین معناست که اولی هنوز «درست» است، ولی محدود به چیزی است که می‌توانیم توضیح دهیم. از زمان پیدایش فیزیک کوانتم تئوریهای فوق‌الذکر نور با تئوری جدید «آمیخته» شده‌اند که در آنجا نور در کمیت ناپیوسته‌ای سیر می‌کند که به صورت امواج یا ذرات بسته به چگونگی اندازه‌گیری آن به نظر می‌رسد.

دوم اینکه، هر تئوری قدیمی صحیح نخواهد بود. دانشمندان می‌دانند و مفهومی از تئوریهای خوب و تئوریهای بد را می‌گویند ما Newton-Smith همان‌طور که نیوتن - اسمیت می‌توانیم اینها را براساس چندین معیار تشخیص دهیم. دفاع یک دانشمند از «غلط شدن آن» این است که در زندگی روزمره، علم توسط اشتباهات آن آموخته می‌شود و انجام این کار به حقیقت نزدیکتر می‌شود. سوم، توجیه در علم پیچیده است. تئوریها به‌طور مجزا وجود ندارند ولی به‌عنوان بخشی از آنچه هستند که کوین آن را شبکه‌ای از عقاید می‌نامد (Qaine, 1951). گرچه وی فقط به تئوریها توجه می‌کرد ما باید همچنین به تکنیکهای جمع‌آوری شده و استانداردهای آزمایش و استنباط نیز توجه کنیم.

هریک از این اجزای «تئوری خوب» یا توجیه از طریق آزمایش یا استنباط به‌تنهایی یک وضعیت لازم یا کافی برای روش علمی نیست. با این حال کل آن از مجموعه بخشها بیشتر است؛ ولی نیازی نیست که همه بخشها در یک زمان وجود داشته باشند. به‌رحال در زمانهای مختلف و شرایط مختلف، جنبه‌های خاص روش مورد تأکید خواهند بود. این جامعیت در روش اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا دانشمندان بخشی از آن چیزی هستند که آنها مطالعه می‌کنند. در داخل جامعه علمی، رویه‌ها و دانش معین علمی در نظر گرفته می‌شود. آنچه که به‌عنوان روش در نظر گرفته می‌شود، ارزشهای بین ذهنی جامعه علمی است.

در این نکته اختلاف نظر وجود دارد. آنهايي که «واقع‌گرا» نامیده می‌شوند، ادعا می‌کنند که ارزشهای روش‌شناختی جامعه علمی از این حقیقت ناشی می‌شود که علم حقایق عینی را درباره جهان کشف می‌کند. به عبارت دیگر اینکه جهان به‌طور مستقل از ما وجود دارد و مشخصه یک روش موفقیت‌آمیز توانایی آن در آشکار ساختن جهان است. در اینجا «واقع‌گرا» می‌تواند اختصاصی‌تر باشد. وی می‌تواند ارزشهای خاصی را

ذکر کند که برای هم به‌منزله علم کلی است. اول شبیه‌سازی حقایق یا «شباهت حقیقت» است. هدف علم افزایش سهم ما از حقایق درباره جهان است. دوم، علم اشتباه‌پذیر است یعنی دانشمندان می‌توانند اشتباه کنند. اکنون این همان ابطال‌پذیری (گرچه پوپر ادعا کرده است که باید این‌طور باشد) است ولی فقط تمایل به انتخاب جدی شواهد مخالف است. ارزش سوم این است که علم منطقی است و بر اساس استدلال منطقی. گرچه اینها می‌توانند ارزشهای وفاقی اتخاذ شده توسط جامعه علمی باشند ولی آنها فقط ناشی از ساختار اجتماعی نیستند و در عوض ناشی از کارایی آنها به‌عنوان وسیله‌ای برای توضیح حقیقت‌اند.

اختلاف نظر برای دانشمندان اجتماعی اهمیت دارد؛ زیرا اگر نوعی از ساختارگرایی اجتماعی درست باشد، پس هر توصیفی از مطالعات جهان اجتماعی به‌عنوان «علمی» چیزی است بیش از ادعای اینکه علم اجتماعی دارای همان سلسله ارزشهای ساخته شده اجتماعی نظیر علم طبیعی است.

#### REFERENCES :

- Ash, D. et al. (1960) 'A 4GYR Shock Age for a Martin Meteorite and Implications for the Cratering History of Mars,' *Nature* 380 : 57-9 .
- Asimov I. (1995) 'Black Holes' in J. Carey (ed.) *The Faber Book of Science* . London : Faber & Faber .
- Bronowski , J . (1960) *The Common Sense of Science*, Harmondsworth : Penguin .
- Chalmers A. (1982) *What is This Thing Called Science ?* 2 nd edn , Buckingham : Open University Press .
- Chalmers , A . (1990) *Science and its Fabrication* , Buckingham :

- (ed.) Karl Popper: Philosophy and Problems, Cambridge: Cambridge University Press.
- Nagel, E. (1979) The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation, Indianapolis, In: Hackett.
- Nagel, T. (1986) The View From Nowhere, Oxford, Oxford University Press.
- Newton – Smith W (1981) The Rationality of Science, London: Routledge.
- O'Hear A. (1980) Karl Popper, London: Routledge.
- Popper K. (1959) The logic of Scientific Discovery, London: Routledge.
- Popper, K. (1979) Objective Knowledge: An Evolutionary Approach, Oxford: Oxford University Press.
- Popper, K. (1986) Unended Quest: An Intellectual Autobiography, London: Fontana.
- Popper, K. (1989) Objective Knowledge: An Evolutionary Approach, Oxford: Clarendon.
- Popper K. (1994) Knowledge and the Body Mind Problem: In Defense of Interactionism, edited by M. A. Notturmo, London: Routledge.
- Quine W. (1951 / 1961) From a Logical Point of View, 2nd edn, New York: Harper.
- Reichenbach, H. (1978) Selected Writings, 1909 – 53, edited by H. Reichenbach and R. Cohen, Dordrecht: Reidel.
- Richards, R. (1997) 'Theories of Scientific Change' in A. Tauber (ed.) Science and the Quest for Reality, London: Macmillan.
- Rae, A. (1986) Quantum Physics: Illusion or Reality?, Cambridge: Canto.
- Sagan, C. (1996) The Demon Haunted World: Science as a Candle in the Dark, London: Headline.
- Sanitt N. (1996) Science and a Questioning Process, Bristol: Institute of Physics.
- Taylor, C. (1994) 'Interpretation and the Sciences of Man' in M. Martin and L. McIntyre (eds) Readings in the Philosophy of Social Science, Cambridge, MA: MIT Press.
- Williams M. and May, T. (1996) Introduction to the Philosophy of Social Research, London: UCL Press.
- Open University Press.
- Couralis G. (1997) The Philosophy of Science: Science and Objectivity, London: Sage.
- Davis, P. (1989) 'Introduction' in W. Heisenberg, Physics and Philosophy, Harmondsworth: Penguin.
- Feynman, R. (1965) The Character of Physical Law, Cambridge, MA: MIT Press.
- Gemes K. (1989) 'A Refutation of Popperian Inductive Scepticism', British Journal for the Philosophy of Science, 40: 183-4.
- Gower, B. (1997) scientific Method: A Historical and Philosophical Introduction, London: Routledge.
- Gribben J. (1996) Companion to the Cosmos, London: Weidenfeld & Nicholson.
- Hanson, N. R. (1965) Patterns of Discovery, Cambridge: Cambridge University Press.
- Heisenberg, W. (1989) Physics and Philosophy, Harmondsworth: Penguin.
- Hume, D. (1739/1911) A Treatise of Human Nature, Book 1, London: Dent.
- James W. (1949) Pragmatism, New York: Longman.
- Jeffrey, R. (1975) 'Probability and Falsification: Critique of the Popper Programme', Synthese 30: 95–117.
- Korner, S. (1955) Kant, Harmondsworth: Penguin.
- Lacey R. (1994) Mad Cow Disease: The History of BSE in Britain, Jersey: Sypsel.
- Lakatos, I. (1970) 'Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes' in I. Lakatos and A. Musgrave (eds) Criticism and the Growth of Knowledge, Cambridge: Cambridge University Press.
- Langley, P. et al. (1987) Scientific Discovery: Computational Explorations for the Creative Processes, Cambridge, MA: MIT press.
- Latour B. (1987) Science in Action, Milton Keynes: Open University Press.
- Macfarlane, G. (1979) Howard Florey: The Making of a Great Scientist, Oxford: Oxford University press.
- Miller, D. (1995) 'Propensities and Indeterminism' in A. O'Hear