

دانلود کتاب



ساختار انقلابهای علمی

نویسنده : توماس کوهن



ساختارِ انقلابهای علمی

ساختارِ انقلابهایِ علمی

نوشتهٔ تامس س. کوهن

ترجمهٔ احمد آرام

This is a Persian translation of
The Structure of Scientific Revolutions
Thomas S. Kuhn
The University of Chicago Press
Chicago 1970
translated by Ahmad Ārām

فهرست مندرجات

۷	چند کلمه از مترجم
۹	دیباچه
۱۷	۱. مقدمه: نقشی برای تاریخ
۲۵	۲. راه علم هنجاری
۳۷	۳. ماهیت علم هنجاری
۴۷	۴. علم هنجاری به عنوان حل معما
۵۵	۵. اولویت نمونه‌ها
۶۳	۶. ناهنجاری و ظهور اکتشافات علمی
۷۵	۷. بحران و پیدایش نظریه‌های علمی
۸۵	۸. واکنش نسبت به بحران
۹۹	۹. ماهیت و ضرورت انقلاب علمی
۱۱۵	۱۰. انقلاب‌ها به عنوان تغییراتی در نگرش نسبت به جهان
۱۳۷	۱۱. نامرئی بودن انقلاب‌ها
۱۴۵	۱۲. انحلال انقلاب‌ها
۱۵۹	۱۳. پیشرفت از طریق انقلاب‌ها
۱۷۱	پینوشت
۲۰۵	واژگان فارسی - انگلیسی

چند کلمه از مترجم

جلد اول دوره کتاب ارزشمند تاریخ علم تألیف دانشمند گرانمایه، جورج سارتون، را سی و چند سال پیش از این برای مؤسسه انتشارات فرانکلین ترجمه کردم، و یکی دو سال پس از آن جلد دوم همین مجموعه را نیز که تازه از چاپ بیرون آمده بود به فارسی برگرداندم و به آن مؤسسه سپردم که مطابق معمول به یکی از ناشران برای چاپ و انتشار آن تسلیم شد؛ ولی از سرنوشت آن هیچ خبری ندارم، و اگر هم چاپ شده باشد نسخه‌ای از آن به دست من نرسیده است. چند سال پیش که به امریکا سفر کرده بودم، از یکی از دانشگاه‌های آن دیار که عهده‌دار چاپ آن دو جلد بود، درباره سرنوشت شش جلد دیگر این کتاب که بنا بر وعده مؤلف می‌بایستی به تدریج انتشار پیدا کند پرسش کردم، و معلوم شد که پس از فوت آقای جورج سارتون رشته تألیف این دوره کتاب از هم گسیخته شده است؛ و حیف بود که چنین شود!

سه سال پیش به سفارش سازمان مطالعه و تدوین وابسته به شورای انقلاب فرهنگی کتاب دوجلدی دیگری در تاریخ علم را به نام اوگوستین تاگالینو نوشته آلیستر کامرون کرامبی بر عهده گرفتم و قسمتی از سال گذشته را که در امریکا بودم به ترجمه جلد دوم آن گذراندم، و پس از اتمام آن چون هنوز ضرورتی برای ماندنم در آن سرزمین وجود داشت، برای آنکه بیکار نمانده باشم، به سفارش دامادم آقای ج. فراستی کتابی را که خود وی آن را در دوره دکتری خوانده و برای ترجمه شدن به فارسی مناسب می‌دانست، پسندیدم و به ترجمه آن پرداختم که اکنون همین کتابی است که به نام ساختار انقلابهای علمی به چاپ رسیده و پس از این چند کلمه مقدماتی من از نظر خوانندگان خواهد گذشت.

در این کتاب تحول علم به صورتی شایسته بیان شده، و آثاری که برخاسته از تصور کسانی است که از حقیقت علم و کیفیت پیدایش و تکامل آن آگاهی درست ندارند، و بر وقوف مختصر نسبت به مرحله‌ای از علم توقف می‌کنند، و مخصوصاً در مراحل قدیمی پیشرفت علم مانعی برای

رسیدن آن به کمال به شمار می‌رفته‌اند — و هنوز هم در کشورهایی که دانش و دانشمندی در مراحل مقدماتی آن توقف کرده چنین است — به خوبی نشان داده شده است. آرزوی مترجم آن است که این کتاب بتواند این نکته را بر خوانندگان و بالخاصه دانشجویان آشکار کند، و نتیجه آن شود که هر کس این را بداند که نهال دانش نهالی بالنده است و تنها به آسودن در سایه آن اکتفا نکند، بلکه لازم است خود از جمله کسانی باشد که می‌بایستی در رشد آن بکوشد و از بریدن شاخه‌های خشکیده کهن آن که بازدارنده رشد شاخه‌های جوان نورسته آن می‌شود، به جای افسرده شدن شادمان باشد.

درست نمی‌دانم که آیا این همه پیشرفت فراوان فناوری (تکنولوژی) در این اواخر به سود مردم جهان هست یا نیست، ولی آنچه می‌دانم این است که ما مردم ساکن در سرزمینهای گرفتار و محتاج به این فناوری وارداتی ناگزیر باید کاری بکنیم که مجبور نباشیم برای به دست آوردن فرآورده‌های آن انسانیت و همه چیز خود را از دست بدهیم، و این کار جز با پیشرفت علم و گام به گام با آن روبه جلو حرکت کردن میسر نمی‌شود. بنابراین باید، در جهان دانش، به جای متمسک شدن دایمی به ارسطو و افلاطون و گالیله و نیوتون، و اندیشه‌های واقعی یا نادرست دریافت شده آنان را اوج کمال دانشمندی فرض کردن، و بر سر آن به محاجه و گفت‌وگوهای لاطایل بیحاصل نشستن، در خط شناختن جانشینان معاصر ایشان و علم و فلسفه نوین آنان باشیم، و آن بزرگواران و الامقام باستانی را، همچون نفایسی کهن، در جعبه آینه‌های مختص به نگاهداری میراث‌های کهن قرار دهیم، و از ارواح پرفروش ایشان برای پیمودن راه‌های خطرناک بهشتی - دوزخی جهان معاصر مدد بگیریم. لازم است از خدای بزرگ بخواهیم که در انتخاب راه‌های حرکت نوین، از جنگ ستارگان و سوراخ کردن طبقات مختلف جو و از این راه و راه‌های مشابه دیگر مایه ناراحتی و دغدغه خاطر همه مردمان جهان شدن، ما را در اندیشه وضع و حال آن بندگان خود بیندازد که برای پیموده شدن این راه‌های ناشناخته شیطانی یا رحمانی ناگزیر می‌بایستی همه چیز خود را فدا کنند، تا ان شاء الله این راه پیشرفت علم و فناوری به صورتی بهتر و با خیر و برکت بیشتر برای اکثریت مردم جهان سپرده شود.

در قبال دهها و صدها کتاب از این گونه که پیوسته در ممالك پیشرفته انتشار می‌یابد، این کتاب كوچك که امیدوارم به صورتی قابل فهم برای اکثریت دانشجویان و دانشپژوهان ترجمه شده باشد، تحفه‌ای ناچیز است، ولی باز از هیچ بهتر است. امیدوارم هر چه زودتر آن روز برسد که نوشته‌هایی از این گونه را که به زبان فارسی نوشته شده باشد، به خاطر سودمندی و باروری آنها دیگران به زبانهای خودشان ترجمه کنند و چنان شود که جوانان ما برای اظهار وجود، تنها ناگزیر از آن نباشند که منحصرأ بر مفاخر گذشته این سرزمین تأکید کنند، بلکه دانشمندان زمان حال گواه بر تداوم میراث فرهنگی قدیم بوده باشند، بمنه و کرمه.

تهران. بهمن ماه ۱۳۶۷. احمد آرام



دیباچه

رساله‌ای که پس از این می‌آید نخستین گزارش کامل چاپ شده‌ی طرحی است که نزدیک پانزده سال پیش از این در نظر گرفته شده بود. در آن زمان من سال آخر رشته فیزیک نظری را در دانشگاه می‌گذراندم و رساله نهایی خود را فراهم می‌آوردم. یک تصادف مایه خوشوقتی که سبب ارتباط پیدا کردن من با درسی آزمایشی از فیزیک در یک کالج شد، نخستین بار مرا در معرض تاریخ علم قرار داد. مواجه شدن با یک نظریه کهنه از رواج افتاده و طرز عمل مربوط به آن، با کمال شگفتی، تصوّرهای اساسی مرا نسبت به ماهیت علم و دلایل کامیابی مخصوص آن از ریشه متزلزل کرد. بخشی از آن طرز تصوّرهارا من پیش از آن از خود تمرین علمی و بخشی دیگر را از دلبستگی تفنّنی پرسابقه نسبت به فلسفه علم به دست آورده بودم. سودمندی تعلیمی و دلپسندی مطلق آنها هر چه بود، باید بگویم که آن تصوّرات و مفاهیم، به هیچ وجه مناسبتی با اشتغال به تحقیق تاریخی که عرضه می‌کرد نداشت. با وجود این برای بسیاری از بحثهای درباره علم ضرورت بنیادی داشت و اکنون نیز چنین است، و به همین جهت نقصهایی که به احتمال صحت آنها آسیب می‌رساند، شایسته آن بود که مورد تحقیق و رسیدگی قرار گیرد. نتیجه آن جابه‌جایی شدیدی در نقشه‌های حرفه‌ای من شد که مرا از فیزیک به تاریخ علم کشانید، و سپس، تدریجاً، از مسائل سراسر تاریخ به آن ملاحظات فلسفی بازگردانید که در ابتدا مرا به تاریخ علم رهبری کرده بود. به استثنای چند مقاله، این رساله نخستین اثر انتشاریافته از من است که در آن این نکات مورد توجه قرار گرفته قدیم غلبه دارد. در بعضی از بخشها، کوشیده‌ام تا به خود و دوستانم توضیح دهم که چگونه در این نخستین مرحله از علم به تاریخ آن کشیده شدم.

اولین فرصت برای دنبال کردن عمیق اندیشه‌های عرضه شده پس از این با سه سال عضویت در انجمن ادامه‌دهندگان به تحقیق علمی خود در دانشگاه هاروارد فراهم آمد. بدون آن دوره آزادی انتقال به میدان مطالعه تازه بسیار دشوارتر بود و امکان داشت که چنین فرصتی فراهم نیاید. قسمتی از وقت من در آن سالها به خود تاریخ علم اختصاص یافته بود. مخصوصاً به مطالعه

نوشته‌های آلکساندر کوآره ادامه می‌دادم و نخستین بار با این گونه تحقیقات در آثار امیل میرسون و هِلن مِتسِگِر و آنلیزه مایر^۱ آشنا شدم. این گروه به صورتی روشنتر از همه دانشمندان دیگر جدید نشان داده بودند که پرداختن به تفکر علمی در دوره‌ای که قوانین اندیشه علمی با قوانین جاری امروزی متفاوت بوده، به چه چیز شباهت داشته است. با آنکه معدودی از تفسیرهای تاریخی آنان را به صورتی فزاینده مورد سؤال و تردید قرار داده‌ام، آثار ایشان، همراه با کتاب زنجیر بزرگ هستی نوشته لاوُجُوی، A. O. Lovejoy, *Great Chain of Being*، تنها نسبت به مصالح درجه اولی که به طرز تصور من درباره آنچه به تاریخ اندیشه‌های علمی شکل می‌بخشد، مقام درجه دوم را داشته است.

با وجود این، بیشتر وقت من در آن سالها مصروف به اکتشاف میدانهای بود که ظاهراً ارتباطی با تاریخ علم نداشت ولی اکنون پژوهش در آنها مسائلی را همچون مسائلی در روشنی قرار می‌دهد که تاریخ علم را مورد توجه من قرار داده بود. يك پاورقی که بر حسب تصادف با آن روبه‌رو شدم، مرا به آزمایش‌هایی رهبری کرد که ژان پیازه به وسیله آنها جهانهای گوناگونی را که کودک در دوران رشد خود با آنها روبه‌رو می‌شود، و نیز فرایند انتقال از یکی از آنها را به دیگری مورد تحقیق قرار داده بود.^۲ یکی از همکارانم مرا به خواندن مقالاتی درباره روانشناسی ادراک، مخصوصاً از روانشناسان گشتالت برانگیخت. همکار دیگری مرا با تحقیقات ب. ل. وُرف درباره تأثیر زبان در جهان‌بینی آشنا ساخت؛ و. و. ا. کوئین معمای فلسفی تمایز تحلیلی-ترکیبی را برای من حل کرد.^۳ اکتشافات اتفاقی که انجمن ادامه‌دهندگان تحقیق راه را برای آنها هموار می‌سازد از این

۱. آنچه در من بیشتر تأثیر داشته اینها بوده است. آلکساندر کوآره، تحقیقات گالیله‌ای (۳ جلد؛ پاریس، ۱۹۳۹) Alexandre Koyré, *Etudes Galiléennes*؛ امیل میرسون، هویت و حقیقت واقع، ترجمه کیت لوبنبرگ (نیویورک، ۱۹۳۰) Emile Meyerson, *Identity and Reality*, trans. Kate Loewenberg؛ هِلن مِتسِگِر، آموزه‌های شیمیایی در فرانسه از آغاز سده هفدهم تا پایان سده هجدهم (پاریس، ۱۹۲۳) Hélène Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle*؛ اشتال، بوره‌اروه و آموزه شیمیایی (پاریس، ۱۹۳۰) Newton, Stahl, Boerhave et la doctrine chimique؛ و آنلیزه مایر، پیش‌تازان گالیلئو در سده چهاردهم («تحقیقات در فلسفه طبیعی مدرسیگران متأخر»؛ رم، ۱۹۴۹) Anneliese Maier, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* ("Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik").

۲. چون در آنها مفاهیم و فرایندهایی عرضه می‌شود که مستقیماً از تاریخ علم نیز ظهور پیدا می‌کند، دو دسته از پژوهشهای پیازه به ویژه حایز اهمیت خاص است: طرز تصور کودک نسبت به علیت، ترجمه مازوری گابین (لندن، ۱۹۳۰)، و مفاهیم حرکت و سرعت در نزد کودک (پاریس، ۱۹۴۶) Jean Piaget, *The Child's Conception of Causality*, trans. Marjorie Gabain, and *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*.

۳. مقاله‌های وُرف به توسط جان ب. کارول در زبان، اندیشه، و حقیقت واقع — گزیده نوشته‌های پنجمین لی وُرف (نیویورک، ۱۹۵۶) جمع‌آوری شده است — John B. Carroll, *Language, Thought, and Reality*.

قبیل است، و تنها از این راه بود که من با تکنگاشت تقریباً ناشناخته مانده لودویک فلك، آغاز یافتن و به کمال رسیدن يك واقعیت علمی (بازل، ۱۹۳۵)، Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache* آشنا شدم که در آن بعضی از اندیشه‌هایی که برای من پیدا شده بود دیده می‌شد. کتاب فلك همراه با اشاره‌ای که یکی از همکاران دیگر انجمن، فرنسیس اِکس. ساتن (Francis X. Sutton) کرد مرا متوجه این امر ساخت که لازم است آن اندیشه‌ها در جامعه‌شناسی جامعه علمی مورد بحث قرار گیرد. با آنکه خواننده کمتر در این کتاب با اشاره‌ای به این آثار یا گفتگوها برخورد می‌کند، باید بگویم که من بیش از آن به آنها مدیونم که اکنون بتوانم آن را به زبان آورم یا قدردانی کنم.

در آخرین سال عضویت من در آن انجمن، دعوتی به سخنرانی از مؤسسه لاول بوستون نخستین فرصت آزمودن اندازه‌آشنایی خودم را با مفهوم علم برایم فراهم آورد. نتیجه آن رشته‌ای از هشت سخنرانی عمومی بود که در ماه مارس ۱۹۵۱ در موضوع «تحقیق درباره نظریه فیزیکی» ایراد شد. سال بعد به تدریس تاریخ علم خاص آغاز کردم و تقریباً مدت ده سال تدریس در زمینه‌ای که من به صورت منظم آن را به درس خوانده بودم، فرصتی برایم باقی نگذاشت تا اندیشه‌هایی را که در آغاز سبب توجه کردن من به تاریخ علم شده بود تنظیم کنم و به صورتی پیراسته و آراسته در آورم. ولی خوشبختانه آن اندیشه‌ها سرچشمه ضمنی جهت‌یابی خودم و تدریس پیشرفته‌ام در بسیاری از مسائل ساختاری شد. بنابراین لازم می‌دانم از دانشجویان خودم برای درسهای گرانبهایی که هم به خاطر زنده ماندن نگرشهایم و هم از لحاظ روشهای فنی خاص ارتباط گرفتن مؤثرشان به من دادند، سپاسگزاری کنم. همین مسائل و توجهات به اغلب تحقیقات عمدتاً تاریخی و ظاهراً پراکنده، که پس از دوره کاراموزی در آن انجمن منتشر کرده‌ام، وحدت بخشیده است. بعضی از آنها درباره نقش تمام‌کننده‌ای بحث می‌کند که يك متافیزیک یا متافیزیکی دیگر در ایجاد يك جستجوی علمی خلاق ایفا کرده است. در بعضی دیگر از راهی بحث شده است که مبانی آزمایشی يك نظریه جدید گردآوری شده و به توسط مردان متعهد و سرسپرده به يك نظریه ناسازگار قدیمی مورد استفاده قرار گرفته است. در این فرایند، آنان گونه‌ای از رشد و تکامل را که من پس از این به نام «ظهور» یا اکتشاف يك نظریه جدید از آن سخن خواهم گفت، توصیف کرده‌اند.

آخرین مرحله در رشد رساله حاضر با دعوتی صورت گرفت که در سال تحصیلی ۱۹۵۸-۵۹ مرکز مطالعات پیشرفته در علوم رفتاری از من به عمل آورد. بار دیگر توانستم توجه تمرکز یافته را به مسائل مورد بحث قرار گرفته پس از این مخصوص گردانم. از آن مهمتر این که آن سال را در

Selected Writings of Benjamin Lee Whorf. کونین نگرشهای خود را در «دوامر جزمی اختیاری» تجدیدچاپ شده در کتابش از يك دیدگاه منطقی (کیمی ریچ، ماساچوستس، ۱۹۵۳)، ص ۲۰ تا ۲۶، عرضه کرده است W. V. O. Quine "Two Dogmas of Empiricism," reprinted in his *From a Logical Point of View*.

میان کسانی گذراندم که غالباً از دانشمندان علوم اجتماعی بودند و مرا با مسائلی پیشبینی نشده درباره تفاوت‌های میان این گونه اجتماعات و اجتماع دانشمندان طبیعی که در میان آنان پرورش یافته بودم مواجه می کردند. آنچه مخصوصاً توجه مرا جلب می کرد، شماره و دامنه عدم توافقه‌های آشکار میان دانشمندان علوم اجتماعی درباره ماهیت مسائل و روشهای علمی حقیقی بود. هم تاریخ و هم آشناییها مرا در این باره به شك انداخته بود که مشتغلان به علوم طبیعی برای این گونه پرسشها پاسخهای محکمتر یا بادوامتری از همکاران خود در علوم اجتماعی داشته باشند. با این همه، پرداختن به علم نجوم و فیزیک و شیمی یا زیستشناسی چنان نیست که اختلاف نظرهای درباره آن امور بنیادی فراهم آورد که امروز ظاهراً در میان روانشناسان یا جامعه‌شناسان به صورت همه‌گیر درآمده است. در ضمن تلاش برای یافتن ریشه این اختلافات به این نتیجه رسیدم که از نقش چیزی در تحقیقات علمی به خوبی آگاه شوم که از آن زمان به بعد من آن را با اصطلاح «نمونه‌ها» معرفی کرده‌ام. مقصودم از آن دستاوردهای مورد قبول قرار گرفته عمومی است که در یک دوره از زمان مسائل نمونه و راه‌حلهای آنها را برای جامعه‌ای از مشتغلان به علوم فراهم می آورد. هنگامی که این تکه از معمای من در جای خود قرار گرفت، به سرعت پیشنویسی از این رساله فراهم آمد.

تاریخ متعاقب آن پیشنویس نیازی به بازگو کردن در این جا ندارد، ولی لازم است چند کلمه‌ای درباره شکلی که این رساله در ضمن تجدیدنظرها برای خود حفظ کرده است گفته شود. تازمانی که اولین روایت کامل و به صورتی گسترده رسیدگی شود، چنان پیشبینی می کردم که نسخه فراهم آمده منحصر به صورت جلدی از دایرة المعارف علم یگانه شده (*Encyclopedia of Unified Science*) منتشر خواهد شد. ویراستاران آن اثر پیشتاز پیش از آن چنین خواسته بودند که من این ترتیب را قبول کنم و مدت‌ها صبورانه انتظار تمام شدن نسخه را می کشیدند. از همه آنان و مخصوصاً از چارلز موریس (Charles Morris) به خاطر برانگیختن من به فراهم آوردن این اثر سپاسگزارم. با وجود آنکه حوادث بعدی سبب شد که آن تعهد قبلی عملی نشود و این نوشته جداگانه نیز به چاپ برسد، باید بگویم که باز هم یک رساله است و مقتضیات یک کتاب تمام عیار را ندارد.

چون عمده‌ترین هدف من ایجاد تغییری در دریافت و ارزشیابی داده‌های معمولی است، خصوصیت نظری این عرضه نخستین چیزی که مایه ناخرسندی باشد فراهم نخواهد آورد. برخلاف، خوانندگانی که پژوهشهای خود ایشان آمادگی پذیرفتن توجیه تازه‌ای را که در اینجا مورد تأیید قرار گرفته است برایشان فراهم می آورد، ممکن است این صورت رساله‌ای را بیشتر القاکننده و آسانتر قابل قبول بدانند. ولی عیبهایی نیز دارد، و همین عیبه‌ها مؤید نظر ابتدایی مرادر این باره تأیید می کند که لازم است به دامنه و ژرفای نوشته حاضر اضافه شود و امیدوارم با انتشار روایتی از صورت کاملتر و درازتر آن این منظور عملی شود. بیش از آن نمونه‌های تاریخی برای عرضه کردن وجود دارد که من در چاپ حاضر با در نظر گرفتن جای لازم آنها را به نظر خوانندگان

رسانیده‌ام. علاوه بر این، مدارك و شواهد لازم از تاریخ زیستشناسی و علوم فیزیکی هر دو بایستی انتخاب شود. تصمیم من بر این که در متن حاضر تنها نمونه‌های دوم را مورد استناد قرار دهم، تا حدی سبب آن بوده است که انسجام رساله حاضر بر زمینه صلاحیت فعلی افزایش پیدا کند. از این گذشته، نگرش علمی که می‌بایستی در این جا عرضه شود، خواستار ثمر بخش بودن عده‌ای از انواع جدید پژوهش تاریخی و جامعه‌شناختی هر دو است. مثلاً، روشی که با آن ناهنجاریها یا پاسخ ندادن به آنچه مورد توقع و انتظار است، توجّه فزاینده‌ای را به تحقیق تفصیلی درباره نیازمندیهای جامعه علمی جلب می‌کند، و از این گونه است ظهور بحرانهایی که ممکن است بر اثر شکست مکرر اصلاح يك ناهنجاری پیش بیاید. یا نیز، اگر این تصوّر من درست باشد که هر انقلاب علمی چشم انداز تاریخی جامعه‌ای را که با این انقلاب روبه‌رو است دگرگون می‌سازد، در این صورت آن تغییر چشم انداز در ساختار کتابهای درسی و نشریه‌های تحقیقاتی پس از انقلاب تأثیر خواهد گذاشت. این تأثیر — تغییر وضعی در توزیع ادبیات فنی ذکر شده در پاورقیهای نشریات تحقیقاتی — لازم است به عنوان نشانه ممکن دالّ بر حصول انقلابها مورد بحث واقع شود.

نیازمندی شدید به فشرده‌نویسی همچنین مرا ناگزیر از آن ساخته است که از گفتگو درباره عده‌ای از مسائل مهم صرف نظر کنم. مثلاً، بحث درباره قائل شدن به تمایز میان دوره‌های پیش و پس از پیدایش نمونه در تکامل علم، بسیار به اختصار برگزار شده است. هر يك از مکتبهایی که رقابت میان آنها از خصوصیت دوره‌های قدیمتر است، با چیزی بسیار شبیه به يك نمونه رهبری می‌شده است؛ اوضاع و احوالی وجود دارد که، هر چند آنها را نادر تصوّر می‌کنم، در آنها دو نمونه می‌تواند در دوران متأخرتر به صورتی صلح‌آمیز با هم وجود داشته باشد. تنها در تصرف داشتن يك نمونه کاملاً برای آن کفایت نمی‌کند که ملاک و معیاری برای صورت گرفتن انتقالی که در بخش ۲ از آن سخن رفته است باشد. از این مهمتر آنکه، جز در موارد کوتاه اتفاقی، چیزی درباره نقش پیشرفت فناوری (تکنولوژی) یا شرایط اوضاع و احوال خارجی اجتماعی و اقتصادی و عقلی در تکامل علم نگفته‌ام و نیازی به آن نیست که به دورتر از زمان کوپرنیکوس و گاهشماری نظر بیندازیم تا به این امر توجّه پیدا کنیم که شرایط خارجی ممکن است به تغییر یافتن يك ناهنجاری محض به صورت يك بحران شدید كوكب کند. همین مثال می‌تواند راهی را مجسم سازد که در آن اوضاع و احوال خارج از میدان علوم می‌تواند در دامنه تأثیر گزینه‌ها (شقوق، آلترناتیوها)ی در دسترس قرار گرفته بر روی کسانی که خواستار پایان دادن به بحران با گزیدن يك اصلاح انقلابی یا اصلاحی دیگر هستند، مؤثر باشد.^۴ در نظر گرفتن آشکار آثاری از این گونه، به نظر من، تغییری در قضایای عمده مورد بحث قرار گرفته در این رساله نمی‌دهد، ولی مطمئناً چنین کاری يك بعد

۴. از این عوامل در کتابم، *انقلاب کوپرنیکی: نجوم سیاره‌ای در تکامل اندیشه غربی* (کیمبرج، ماساچوستس،

۱۹۵۷)، ص ۳۲-۷۱ و ۲۷۰- بحث شده است. T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planet-*

تحلیلی دارای اهمیت درجهٔ اول برای فهمیدن پیشرفت علمی اضافه خواهد کرد. بالاخره، و شاید مهمتر از همه، محدودیت جا سخت دست و پای مرا برای بحث در وابستگیهای فلسفی این رساله که نگرشی توجیه‌شده از لحاظ تاریخی برای علم بوده، بسته است. آشکار است که چنین وابستگیهایی وجود دارد و من در آن کوشیده‌ام که به مهمترین آنها اشاره و استناد کنم. ولی در این امر معمولاً از بحث در جزئیات اوضاعی که فلاسفهٔ معاصر در موضوعات مورد گفتگو اختیار کرده‌اند، اجتناب ورزیده‌ام. هر جا که به شکاکگیری اشاره کرده‌ام، غالباً متوجه به ایستار فلسفی بوده‌ام نه به تعبیرات و عباراتی که به صورت کامل و منسجم بیان شده است. در نتیجه، کسانی که در داخل آن اوضاع منجسم کاری کنند، ممکن است چنان احساس کنند که من از توجه به نکات مورد توجه ایشان غافل مانده‌ام. به نظر من چنین تصویری از طرف ایشان درست نیست، ولی باید بگویم که این رساله برای متقاعد کردن آنان طرحریزی نشده است. پرداختن به چنین کاری به کتابی درازتر و از نوعی دیگر نیاز دارد. قطعات خود زندگینامه‌ای (اوتوبیوگرافیک) که این دیباچه با آنها آغاز شده برای اعتراف کردن به دینی بوده است که من به دانشمندان و نیز به مؤسساتی داشته‌ام که در شکل بخشیدن به اندیشهٔ خود از آنها مدد گرفته‌ام. باقیماندهٔ این دین را در ضمن نقل قولهایی که در صفحات کتاب خواهد آمد، ادا خواهم کرد. با این همه، آنچه پیش از این گفته‌ام یا پس از این خواهم گفت، تنها اشاره‌ای به شماره و ماهیت سیاسگزاریهایی شخصی خودم نسبت به بسیار کسانی است که پیشنهادها و خرده‌گیریهای ایشان مؤید و مشوق و توجیه‌کنندهٔ تکامل عقلی و فکری من بوده است. از زمانی که نخستین بار اندیشه‌های طرح شده در این کتاب شکل گرفت، اکنون مدت درازی گذشته است؛ فهرستی از همهٔ کسانی که می‌بایستی نشانه‌هایی از تأثیر و نفوذ خود در صفحات این کتاب مشاهده کنند، تقریباً همچند با فهرست اسامی دوستان و آشنایان من خواهد شد. با اوضاع و احوال حاضر، ناگزیر بوده‌ام که تنها خود را به معدودی از نفوذهای برجسته محدود کنم که حتی از یک حافظهٔ ناقص هم نمی‌توانسته است پنهان بماند.

ary Astronomy in the Development of Western Thought.

از آثار دیگر شرایط خارجی عقلی و اقتصادی بر روی رشد اساسی علمی در مقاله‌های دیگر سخن گفته‌ام: «بقای انرژی به عنوان مثالی از اکتشاف همزمان»، مندرج در مسائل انتقادی در تاریخ علم، ویرایش مارشال کلاگت (مدیسن، ویسکانسین، ۱۹۵۹)، ص ۳۲۱-۵۶. T. S. Kuhn, "Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery," *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett, shall Clagett؛ «مهندسی پیش از سادی کارنو»، بایگانیهای بین‌المللی تاریخ علم، سیزدهم (۱۹۶۰)، ص ۲۴۷-۲۵۱. "Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot," *Archives internationales d'histoire des sciences*؛ و «سادی کارنو و موتور کانبار» در ایسیس، پنجاه و دوم (۱۹۶۱)، ص ۵۶۷-۷۴. "Sadi Carnot and the Cagnard Engine," گرفته در این رساله است که من نقش عوامل خارجی را کوچک گرفته‌ام.

جیمز ب. کاننت (James B. Conant)، که در آن زمان رئیس دانشگاه هاروارد بود، نخستین بار مرا به تاریخ علم آشنا کرد و از این راه تغییری در طرز تصور من نسبت به ماهیت پیشرفت علمی به وجود آورد. از آن زمان به بعد، سخاوتمندانه اندیشه‌ها و انتقادهای و دقت خود را در اختیار من گذاشته است — و از جمله وقتی که برای خواندن نسخه کتاب و نظر دادن درباره تغییراتی که باید به آن داده شود مصرف شده است. لِنرد ك. ناش (Leonard K. Nash) که مدت پنج سال همراه با یکدیگر تدریس درس تاریخی را که دکتر کاننت آغاز کرده بود ادامه می‌دادیم، در سالهای نخستین که اندیشه‌های من به خود شکل می‌گرفت، همکاری فعال داشت، و مایه تأسف است که پس از آن دیگر به چنین همکاری دسترس نداشتم. ولی خوشبختانه، پس از دور شدن من از کیمبریج جای او را به عنوان مشاور و بیش از آن، همکارم در برکلی، استانی کول (Stanley Cavell) گرفت. این که کول، فیلسوفی بیشتر دلبسته به اخلاق و زیباییشناسی، به نتایجی کاملاً مشابه با من رسیده بود، سرچشمه ثابتی برای انگیزش و تشویق من به شمار می‌رفت. علاوه بر این، وی تنها کسی است که توانسته است از میان جمله‌های ناتمام اندیشه‌های مرا اکتشاف کند. این شکل از ارتباط گواه بر فهمی است که توانسته است در مقابل سدهای بزرگی که بر سر راه من در هنگام فراهم شدن نسخه اصلی این رساله قرار داشت، مرا راهنمایی کند.

پس از این که آن روایت نخستین رساله به پایان رسید، دوستان دیگری در صورتبندی تازه آن یار و مددکار من بوده‌اند. از آنان می‌خواهم که اگر تنها از میان ایشان نام چهار نفر را در این جا می‌آورم که همکاریهای ایشان پردامنه و قطعی بوده است، مرا معذور دارند و ببخشند: پاول ك. فایریند (Paul K. Feyerabend) از دانشگاه برکلی، ارنست ناگل (Ernest Nagel) از دانشگاه کولومبیا، ه. پیر نویز (H. Pierre Noyes) از آزمایشگاه پرتوهای لاورنس، و یکی از دانشجویانم، جان. ل. هایلبرن (John L. Heylborn) که غالباً در کنار من در فراهم آوردن صورت آخری رساله که می‌بایستی به چاپخانه سپرده شود همکاری می‌کرده است. همه ملاحظات و پیشنهادات ایشان یار و مددکار من بوده است، ولی هیچ حق داشتن این باور را ندارم (و دلایلی برای شك وجود دارد) که آنان یا کسان دیگری که پیشتر ذکرشان گذشت، نسخه‌ای را که در پایان کار فراهم شده کاملاً تأیید کرده باشند.

سپاسگزاری نهایی من از پدر و مادرم و همسر و فرزندانم لازم است از گونه‌ای دیگر باشد. از راههای گوناگون که شاید من آخرین کس باشم که از آن با خبر شده‌ام، هر يك از آنان سهمی عقلی در رساله من داشته‌اند. ولی همچنین، به درجات مختلف، کاری مهمتر از این انجام داده‌اند. و آن این که رضایت داده‌اند که کار من پیش برود و حتی مشوق دلبستگی من به پیشرفت آن بوده‌اند. هر کس که با طرحی همچون آن که من برای خود در نظر گرفته‌ام دست و پنجه نرم کرده باشد، می‌داند که این همراهی به چه بهایی برای آنان تمام شده است. نمی‌دانم چگونه از ایشان تشکر کنم.

برکلی، کالیفرنیا فوریه ۱۹۶۲

ت. س. ك.

۱. مقدمه: نقشی برای تاریخ

تاریخ، اگر بیش از آنکه همچون داستان یا گاهشماری به آن نظر شود همچون مخزنی مورد ملاحظه قرار گیرد، تغییرشکلی در تصویری که از علم در اختیار داریم برای ما به وجود خواهد آورد. این تصویر پیش از این، حتی به دست خود دانشمندان و به صورت عمده از طریق مطالعه دستاوردهای علمی پایان یافته بدان گونه که در کتابهای قدیمی، و به تازگی در کتابهای درسی، ثبت شده و از روی آنها نسل جدید طرز کار با علم را فرامی گیرد، ساخته شده است. ولی، ناگزیر هدف این کتابها تعلیمی و قانع کننده بودن است؛ تصویری از علم که از این کتابها استخراج شده باشد، محتملاً بیش از آن بامنظوری که برای آن فراهم آمده است مطابقت ندارد که تصویر يك فرهنگ ملی به دست آمده از يك کتابچه جلب جهانگردان یا يك متن تعلیم زبان با آن فرهنگ مطابقت دارد. این رساله برای اثبات این مطلب است که با چنین تصاویر از راههایی بنیادی گرفتار گمراهی شده ایم. هدف آن فراهم آوردن طرحی کاملاً متفاوت از تصوّر علم است که بتواند از اسناد تاریخی خود فعالیت پژوهشی به دست آمده باشد.

ولی حتی از تاریخ هم، در صورتی که داده‌های تاریخی به صورت عمده برای آن جستجو شود که پاسخگوی پرسشهایی باشد که به وسیله باسّمه‌های غیر تاریخی گرفته شده از متون علمی طرح شده، چنین طرز تصویری به دست نخواهد آمد. غالباً از آن متون ظاهراً چنین فهمیده می‌شود که محتوای علم منحصر با مشاهدات و قوانین و نظریه‌های مندرج در صفحات آنها مجسم می‌شود. تقریباً به صورت منظم کتابهایی که می‌خوانند حکایت از آن دارد که روشهای علمی به سادگی همانها است که به وسیله راه و رسمهای معمولی در تهیه داده‌های کتاب درسی همراه با اعمال منطقی به کاررفته در ارتباط دادن آن داده‌ها با تعمیمهای نظری متون صورت عمل پیدا می‌کند. نتیجه به دست آمدن تصویری از علم بوده است با وابستگیهای ژرفی درباره ماهیت و گسترش آن.

اگر علم مجموعه‌ای از واقعیتهای و روشها و نظریه‌های گردآمده در متون جاری باشد، در آن

صورت دانشمندان کسانی خواهند بود که، با موفقیت یا بدون آن، در آن کوشیده‌اند تا با افزودن جزء تازه‌ای به آن مجموعه خاص سهمی در آن داشته باشند. تکامل علمی فرایندی تدریجی می‌شود که به وسیله آن این اجزاء، به صورت مفرد یا ترکیب شده با یکدیگر، به توده پیوسته در حال رشدی که راه و رسم علمی و شناخت را می‌سازد، افزوده می‌شود. و تاریخ علم شاخه‌ای از دانش خواهد شد که این افزایشهای تدریجی و موانعی را که بر سر راه جمع شدن آنها پیش آمده است ثبت می‌کند. بنابراین کار مورخ علم از لحاظ تکامل علم مشتمل بر دو وظیفه عمده خواهد بود. از يك سو، باید معلوم کند که چه کس و در چه برهه‌ای [از زمان] هر واقعیت یا قانون یا نظریه علمی را اکتشاف یا اختراع کرده است. از سوی دیگر، باید مجموعه خطاها و اسطوره‌ها و خرافاتی را که از گردآمدن سریعتر عناصر سازنده متون علمی جدید ممانعت به عمل آورده‌اند، در معرض توصیف و توضیح قرار دهد. پژوهشهای فراوانی برای رسیدن به این هدفها صورت گرفته و هنوز ادامه دارد.

ولی، در سالهای اخیر، معدودی از مورخان علم هر چه بیشتر متوجه آن شده‌اند که وظایفی که تصور رشد از طریق روی هم انباشته شدن علم بر عهده آنان می‌گذارد، بسیار دشوار است. به عنوان ثبت کننده تاریخی يك فرایند در حال افزایش، این مطلب را کشف کرده‌اند که پژوهش اضافی پاسخ گفتن به پرسشهایی از این گونه را دشوارتر می‌سازد نه آسانتر که: اکسیژن در چه زمان کشف شد؛ چه کس نخستین بار از بقای انرژی سخن گفت؟ به صورتی فزاینده، معدودی از ایشان متوجه این نکته شده‌اند که این گونه پرسشها گونه نادرستی از پرسش است. شاید علم از روی هم انباشته شدن اکتشافها و اختراعهای فردی رشد و تکامل پیدا نکرده باشد. در عین حال، این مورخان با دشواریهایی در حال افزایش در مورد تشخیص اجزاء ترکیب کننده مشاهدات «علمی» و باورهای قدیمی از آنچه پیشینیان ایشان بر آنها برچسب «خطا» و «خرافه» زده‌اند، روبه‌رو شده‌اند. مثلاً هر چه بیشتر و دقیقتر نیروشناسی ارسطویی یا شیمی فلوجیستونی یا گرمانیروشناسی کالوریایی را مورد تحقیق قرار می‌دهند، به این نکته یقین بیشتر پیدا می‌کنند که این گونه نظرها که روزی رواج داشته، روی هم رفته، از آنچه اکنون در جریان است، نه کمتر جنبه علمی داشته و نه بیشتر ساخته مزاج بشری بوده است. اگر بنا باشد که این معتقدات از جریان خارج شده را افسانه و اسطوره بدانیم، در آن صورت اسطوره‌ها را می‌توان با همان گونه روشها که اکنون به شناخت علمی انجامیده است فراهم آورد و نگاه داشت. و اگر، از طرف دیگر، بنا باشد که آنها را علم بنامیم، در آن صورت علم مشتمل بر مقداری از اعتقادات خواهد شد که کاملاً با آنچه امروز به آن پایبندیم ناسازگار است. در برابر این گزینه‌ها، مورخ باید آخری را برگزیند. نظریه‌های از رواج افتاده بدان جهت که از آنها صرف نظر شده، به صورت اساسی غیر علمی نیستند. ولی، آن انتخاب نظر کردن به پیشرفت علمی را به صورت فرایندی افزایشی دشوار می‌سازد. همان تحقیق تاریخی که در جدا کردن اختراعات و اکتشافات فردی با دشواریهایی روبه‌رو است، زمینه را برای ایجاد شک عمیق درباره آن فرایند انباشته شدن فراهم می‌آورد که

پیش از این چنان تصوّر می شده است که این مشارکتهای فردی در علم از طریق آنها میسر شده بوده است.

نتیجه همه این شکها و دشواریها ظهور يك انقلاب در تاریخنگاری بوده است، ولی این انقلاب هنوز در مراحل اولیه خود قرار دارد. مورخان علم به صورت تدریجی، و غالباً بدون این که خود متوجه به آن باشند، به این آغاز کرده اند که گونه تازه ای از سوالات طرح کنند و خطوط پیشرفتی متفاوت و غالباً کمتر انبوهی برای پیشرفت علم را مورد ملاحظه قرار دهند. بیش از این که در صدد آن باشند که مشارکتهای دایمتری برای علم قدیم در پیدایش وضع جدید قائل شوند، در آن می کوشند تا تمامیت تاریخی آن علم را در زمان خود عرضه کنند. مثلاً سؤالی درباره ارتباط نگرشهای گالیلئو با نگرشهای علم جدید طرح نمی کنند، بلکه بیشتر درباره ارتباط میان نگرشهای او و کسانی که همگروه او بوده اند، یعنی معلمان و معاصران و کسانی که در جهان علم بلافاصله پس از او پیدا شدند به جستجو می پردازند. علاوه بر این، در آن اصرار می ورزند که معتقدات آن گروه و گروههای دیگر را از دیدگاهی — معمولاً متفاوت با دیدگاه علمی نوین — که به آن معتقدات حدّاكثر انسجام درونی و نزدیکترین شایستگی و مناسبت با طبیعت را بخشیده است، مورد مطالعه قرار دهند. چون علم از طریق آثار کسانی با این گونه نگرش که بهترین نمونه آن آثار الکساندر کوآره است مورد مطالعه قرار گیرد، دیگر روی هم رفته به صورت چیزی در نظر گرفته نمی شود که در روایت تاریخنگاری قدیم چنان به نظر می رسیده است. در نتیجه، این مطالعات تاریخی تازه لااقل امکان آن را فراهم می آورد که تصویر تازه ای از علم ترسیم شود. رساله حاضر در آن می کوشد تا با آشکار ساختن بعضی از دلالتها و اشارات تاریخنگاری جدید خطوط اصلی نماینده این تصویر را ترسیم کند.

آیا در جریان این کوشش چه جنبه هایی از علم برجستگی پیدا خواهد کرد؟ نخست، دست کم از لحاظ عرضه کردن، عدم کفایت دستورالعملهای روششناختی از این جهت است که برای چندین گونه مسئله علمی يك نتیجه اساسی واحد را پیشنهاد می کند. کسی که برای آزمودن نمودهای برقی یا شیمیایی تعلیم دیده، و نسبت به این میدانهای بحث نادان است ولی از این که چه چیز علمی است آگاهی دارد، به حق ممکن است به یکی از چند نتیجه ناسازگار با یکدیگر برسد. در میان آن امکانهای برحق و معقول، نتایج خاصی که به آنها می رسد، محتملاً به وسیله تجربه گذشته اودر میدانهای دیگر، و به وسیله پیشامدهای پژوهش وی و روش خاصی که در عمل دارد در دسترس او قرار می گیرد. مثلاً، آیا اعتقاداتی که وی درباره ستارگان دارد، سبب آن می شود که وی به پژوهش درباره شیمی یا برق بپردازد؟ از تجربه های ممکن مربوط به میدان تازه، کدام يك را نخست برمیگزیند؟ و کدام جنبه ها از نمود پیچیده ای که نتیجه می شود به صورت خاص برای روشن کردن ماهیت تغییر شیمیایی یا وابستگی به برق توجه او را به خود جلب می کند؟ لااقل برای يك فرد، و گاه برای جامعه علمی نیز، پاسخ گفتن به چنین پرسشها غالباً تعیین کننده اساسی مایه تکامل علمی خواهد شد. مثلاً در بخش ۲ متوجه خواهیم شد که نخستین مراحل پیشرفت

اغلب علوم همراه با رقابت میان عده‌ای از نگرش‌های متمایز نسبت به طبیعت، که هر يك به صورت جزئی از آن متفرع شده بودند، و همه به صورت اجمالی با آن سازگاری داشتند، بوده و به فرمان مشاهده و روش علمی صورتپذیر می‌شده است. آنچه سبب تمایز و اختلاف مکتبها با یکدیگر می‌شده، نوعی شکست یا يك روش از نوع دیگر نبوده — همه آنها «علمی» بوده — بلکه چیزی بوده است که ما آن را راههای اندازه‌ناپذیر نگرستن به جهان و به جریان انداختن علم در آن می‌نامیم. مشاهده و آزمایش می‌تواند و باید شدیداً دامنه اعتقاد علمی پذیرفتنی را محدود کند، و گرنه علمی وجود پیدا نخواهد کرد. ولی آنها به تنهایی نمی‌توانند يك قسمت خاص از چنین اعتقادی را تعیین کنند. عنصری ظاهراً دلخواه در ترکیب حادثه‌ای شخصی و تاریخی، همیشه جزء سازنده‌ای از اعتقادی است که يك جامعه علمی در زمانی معین به آن دلبستگی داشته است. ولی آن عنصر دلخواه، حاکی از آن نیست که هر گروه علمی بتواند حرفه خود را بدون دخالت دسته‌ای از باورهای پذیرفته شده ادامه دهد، و نیز از اهمیت و نتیجه‌بخش بودن مجموعه ویژه‌ای که گروه، در زمانی معین، عملاً نسبت به آن وابسته و متعهد است نمی‌کاهد. پژوهش قطعی به ندرت پیش از آن زمان آغاز می‌شود که يك جامعه علمی در اندیشه آن افتاده باشد که می‌تواند جواب قطعی برای پرسشهایی از قبیل آنها که پس از این خواهد آمد پیدا کند: سازنده‌های اساسی که جهان از آنها ترکیب شده چیست؟ اینها با یکدیگر و با حواس آدمی چگونه در یکدیگر عمل می‌کنند؟ درباره این سازنده‌ها چه پرسشهایی را می‌توان طرح کرد و راه و رسم رسیدن به پاسخ آن پرسشها چیست؟ دست کم در علم طبیعت، پاسخها (یا جانشینهای کاملی برای پاسخها)ی سؤالاتی از این گونه، سخت مندرج در آن آشنایی تعلیمی است که دانشجو را برای کار حرفه‌ای علمی آماده می‌سازد. بدان جهت که چنین تعلیم و تربیتی دقیق و سخنگیرانه است، پاسخها تأثیر ژرفی بر ذهن و عقل علمی دارد. این که چنین عمل می‌کنند بیان‌کننده کارایی خاص فعالیت پژوهشی متعارفی و نیز جهتی است که در هر زمان در آن جهت پیش می‌رود. هنگامی که در بخشهای ۳ و ۴ و ۵ علم هنجاری را مورد مطالعه قرار خواهیم داد، سرانجام به آن نیازمند خواهیم شد که پژوهش را همچون تلاشی سخت و فداکارانه برای مجبور کردن طبیعت به در آمدن در جعبه‌هایی تصویری که آنها را از راه تربیت حرفه‌ای فراهم آورده‌ایم، در نظر بگیریم. همزمان این پرسش برای ما پیش می‌آید که آیا پژوهش و جستجو می‌تواند بدون چنین جعبه‌ها، با هر عنصر دلخواهی که در ساختمان آغازین، و گاه در رشد بعدی آنها، دخالت داشته، پیش برود یا چنین پیشرفتی امکانپذیر نیست.

ولی عنصر دلخواه حضور دارد، و آن نیز در پیشرفت علم دارای تأثیری مهم است که از آن در بخشهای ۶ و ۷ و ۸ به تفصیل سخن خواهیم گفت. علم هنجاری، که فعالیت اغلب دانشمندان ناگزیر تمام وقت به آن اختصاص دارد، مبتنی بر این فرض است که جامعه علمی می‌داند جهان به چه چیز شباهت دارد. قسمت عمده موفقیت در کار برخاسته از آمادگی جامعه از این فرض و دفاع کردن از آن در صورت لزوم به بهای گزاف است. مثلاً، علم هنجاری غالباً از پذیرفتن نوآوریها به

سبب آنکه وسیله از میان رفتن دلبستگیها و تعهدات آن می شود، خودداری می ورزد. با وجود این، تا زمانی که آن تعهدات عنصری از گونه دلبخواه با خود دارند، خود طبیعت و ماهیت پژوهش مایه آن است که نوآوری مدت درازی حذف شده باقی نخواهد ماند. گاه يك مسئله هنجاری، یعنی مسئله ای که باید با قواعد و روشهای شناخته شده حل شود، در مقابل حمله شدید ماهرترین اعضای گروهی که شایستگی حل آن را دارند، مقاومت نشان می دهد. در مواردی دیگر يك وسیله که به منظور پژوهش هنجاری طرحریزی و ساخته شده، از این که به صورت پیشبینی شده کارآمد باشد بازمی ایستد و يك ناهنجاری نشان می دهد که، علی رغم تلاش فراوان، نمی تواند جوابگوی انتظارهای حرفه ای بوده باشد. از این راه و راههای دیگری جز آن، علم هنجاری مکرر به بیراهه می افتد. و هنگامی که چنین شود — و حرفه دیگر نتواند از ناهنجاریهایی که سنت موجود کار علمی را واژگون می سازند بگریزد — جستجویی فوق العاده آغاز می شود که سرانجام حرفه را لااقل به دسته تازه ای از تعهدات و سرسپردگیها و تمسک به شالوده جدیدی برای به کار انداختن علم راهنمایی می کند. دوره های زمانی فوق العاده ای که در آنها این انتقال تعهد حرفه ای به وقوع می پیوندد، و همان است که در این رساله به نام انقلابهای علمی خوانده شده است. اینها متممهای سنت برانداز فعالیت سنت ساز علم هنجاری به شمار می روند.

آشکارترین مثالها برای انقلاب علمی آن دوره های مشهوری در پیشرفت علم است که غالباً بر حسب انقلاب به آنها زده شده است. به همین جهت، در بخشهای ۹ و ۱۰ که نخست ماهیت علمی به صورت مستقیم در آنها مورد تدقیق قرار می گیرد، به صورت مکرر با نقطه های عطف عمده ای در پیشرفت علم برمی خوریم که همراه با نامهای کوپرنیکوس و لائوآزیه و اینشتین است. آشکارتر از اغلب دوره های دیگر، لااقل در تاریخ علوم فیزیکی، این دوره ها چیزی را نمایش می دهند که همه انقلابهای علمی با خود دارند. هر يك از آنها جامعه را ناگزیر از آن کرده است که يك نظریه علمی با سابقه دراز و پسندیده را به سود نظریه دیگری که با آن ناسازگار بوده است طرد کند. هر يك از این انقلابها سبب پیدا شدن يك جابه جایی در مسائل مورد تحقیق جامعه علمی و در استاندهایی شده که به وسیله آنها حرفه علمی آنچه را که معرف يك مسئله علمی یا راه حل درست يك مسئله است تعیین می کرده است و هر يك از آنها طرز تخیل علمی را به راههایی تغییر شکل داده که ما سرانجام نیازمند به آن شده ایم که آن را به صورت تغییر شکلی از جهانی که کار علمی در آن صورت می گیرد در نظر بگیریم. این گونه تغییرات، همراه با اختلاف نظرهایی که پیوسته با آنها همراه است، از خصوصیتهای تعیین کننده انقلابهای علمی به شمار می روند.

این خصوصیتها با روشنی خاص از تحقیق در انقلابهایی همچون انقلاب نیوتونی یا انقلاب شیمیایی ظهور پیدا می کند. با وجود این، فرض اصلی این رساله آن است که آنها را می توان از مطالعه دوره های دیگری که تا این اندازه انقلابی نبوده اند نیز به دست آورد. برای گروه حرفه ای کوچکتر تحت تأثیر قرار گرفته به وسیله معادلات مکسول، این معادلات به اندازه معادلات اینشتین انقلابی بوده و به همان گونه در برابر آن مقاومت نشان داده شده است. اختراع به صورت

منظم و شایسته نظریه‌های دیگر، از طرف متخصصانی که این نظریه‌ها با حوزه عمل ایشان تماس و اختلاف پیدا می‌کرده، سبب پیدایش مقاومتها و واکنشهای مشابه شده است. برای این گونه مردم نظریه تازه مستلزم تغییری در قواعد حاکم بر رفتار سابق علم هنجاری بوده است. بنابر این ناگزیر بر بسیاری از کار علمی ایشان که پیش از آن به انجام رسانیده بودند انعکاس پیدا خواهد کرد. به همین جهت است که يك نظریه تازه، هر اندازه هم که دامنه کاربرد آن تخصصی بوده باشد، به ندرت سبب افزایشی چیزی بر شناخته‌های گذشته می‌شود یا هرگز چنین افزایش صورت نمی‌گیرد. جذب شدن آن مستلزم از نوساختن نظریه سابق و تجدید ارزیابی واقعیت پیشین است که خود يك فرایند درونی انقلابی است یعنی به ندرت به وسیله يك شخص و یکشبه صورتپذیر خواهد شد. بنابر این مایه شگفتی نیست که مورخان در تاریخگذاری دقیق این فرایند امتداد یافته که واژگان ایشان و ادارشان می‌سازد که به آن همچون يك حادثه منعزل بنگرند، با دشواری روبه‌رو هستند.

و نیز اختراعات جدید نظریه تنها حوادث علمی نیستند که تأثیر انقلابی بر روی متخصصانی داشته باشند که این اختراعات در حوزه آنان صورت می‌گیرد. سرسپردگیها و تعهداتی که بر علم هنجاری فرمان می‌راند، نه تنها گونه‌های اجزائی را که طبیعت مشتمل بر آنها است مشخص می‌سازد، بلکه نیز به طریق ضمنی چیزهایی را که مشتمل نیست نیز مشخص کند. از اینجا چنین نتیجه می‌شود — هر چند این نتیجه‌گیری مستلزم بحث فراوان است — که اکتشافی همچون اکتشاف اکسیژن یا اشعه ایکس تنها و به سادگی يك چیز بر موجودیهای جهان علمی اضافه نمی‌کند. سرانجام این تأثیر را دارد، ولی البته این پس از آن است که جامعه حرفه‌ای روشهای آزمایشی سنتی را از نو ارزیابی کند، و طرز تصور خود را نسبت به اموری که مدتهای دراز با آنها آشنا بوده است تغییر دهد، و در این فرایند، شبکه نظریه‌ای که از طریق آن با جهان سروکار دارد، جابه‌جایی پیدا کند. واقعیت علمی و نظریه به صورت قطعی از یکدیگر جداشدنی نیستند، جز شاید در داخل يك سنت مفرد عمل علمی هنجاری. به همین جهت است که اکتشاف خارج از انتظار به سادگی از لحاظ اهمیت تنها جنبه واقعیتهای ندارد، و نیز به همین جهت است که جهان دانشمندان، با نوآوریهای بنیادی نظریه‌ای یا واقعیتهای، از لحاظ کیفیت تغییر شکل و از لحاظ کمیت افزایش پیدا می‌کند.

این طرز تصور گسترده درباره ماهیت انقلاب علمی چیزی است که در صفحات آینده حدود آن ترسیم خواهد شد. مسلماً گستردگی بر راه و رسم عمل متعارفی تأثیر خواهد گذاشت. با وجود این، من به سخن گفتن از اکتشافات به عنوان انقلابی ادامه خواهم داد، بدان جهت که درست امکان ارتباط دادن ساختار آنها به، مثلاً، انقلاب کوپرنیکی است که طرز تصور گسترده را به نظر من این اندازه مهم جلوه گر می‌سازد. بحث گذشته نشان داد که چگونه مفاهیم متمم علم هنجاری و انقلاب علمی در نه بخش آینده به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. باقی این رساله به بحث درباره سه مسئله مرکزی باقی مانده اختصاص دارد. بخش ۱۱، با گفتگو درباره سنت کتاب درسی،

این مطلب را مورد بحث قرار می‌دهد که چرا دیدن انقلاب علمی پیش از این بسیار دشوار بوده است. در بخش ۱۲ از رقابت انقلابی میان طرفداران سنت هنجاری علمی قدیم و پیروان سنت تازه سخن خواهد گفت. بدین ترتیب فرایندی را در نظر می‌گیرد که به هر صورت می‌بایستی، در يك نظریه یا پژوهش علمی، جایگزین تأیید یا ابطال روشهای آشنا برای ما از طریق تصویر متعارفی علم شود. رقابت میان قسمتهای مختلف جامعه علمی تنها فرایند تاریخی است که عملاً نتیجه آن همیشه طرد کردن يك نظریه مورد قبول پیش از آن یا پذیرفتن نظریه‌ای دیگر است. و بالاخره، در بخش ۱۳ این پرسش مطرح می‌شود که چگونه رشد از طریق انقلاب می‌تواند با خصوصیت یگانه پیشرفت علمی سازگار باشد. ولی، برای این پرسش، رساله حاضر چیزی بیش از ترسیم حدود عمده يك جواب را عرضه نمی‌کند، و آن جوابی است که وابسته به خصوصیات جامعه علمی و نیازمند اکتشاف اضافی و مطالعه بیشتر است.

بدون شك برای بعضی از خوانندگان این سؤال تاکنون پیش آمده است که چگونه ممکن است تحقیق تاریخی تغییر در نوع تصویری را که در این جا از آن سخن رفته است ایجاد کند. مخزن انباشته‌ای از نگرشهای دوگانه متضاد در دسترس است که بنا بر آنها نمی‌تواند واقعاً چنین شود. غالباً می‌گوییم که تاریخ يك علم توصیفی محض است. ولی، نظرهایی که پیشتر عرضه شد غالباً تفسیری و گاه معیاری است. و نیز، بسیاری از تعمیمهای من مربوط به جامعه‌شناسی یا روانشناسی اجتماعی دانشمندان است؛ با این همه دست کم معدودی از نتیجه‌گیریهای من از لحاظ سنتی به منطق یا شناختشناسی ارتباط دارد. در بند گذشته حتی ممکن است چنان به نظر رسیده باشد که من تمایز نافذ معاصر را میان «زمینه اکتشاف» و «زمینه اثبات صحت و حقانیت» مورد تجاوز قرار داده باشم. آیا ممکن است چیزی بیش از تشویش و اشتباه ژرف به وسیله این آمیخته میدانها و دلبستگیهای مختلف نتیجه شود؟

چون از لحاظ عقلی با این تمایزها و چیزهای دیگری نظیر آنها خو گرفته‌ام، کمتر می‌توانم از اهمیت و نیروی آنها آگاه باشم. چندین سال آنها را وابسته به طبیعت شناخت می‌دانستم، و هنوز هم چنان فرض می‌کنم که اگر از نو قالب‌ریزی شوند می‌توانند چیزی مهم به ما بگویند. با این همه تلاشهای من برای به کار بردن آنها، حتی به صورت خلاصه، در مورد وضع کنونی تحصیل علم و شناخت و پذیرفتن و جذب کردن آن، آنها را فوق العاده معنایی و نامعلوم نشان می‌دهد. به جای آن که تمایزهای منطقی یا روششناختی باشند و بنا بر آن مقدم بر تجزیه و تحلیل شناخت علمی قرار گیرند، اکنون همچون اجزاء تمام‌کننده دسته‌ای از پاسخهای اساسی سنتی به پرسشهایی جلوه‌گر می‌شوند که بر روی آنها گسترش یافته‌اند. این دوری بودن به هیچ وجه از اعتبار آنها نمی‌کاهد. ولی آنها را به صورت اجزاء يك نظریه درمی‌آورد، و از این راه، در معرض همان تحقیق و تدقیقی قرار می‌دهد که نظریه‌ها در میدانهای دیگر در معرض آن قرار می‌گیرند. اگر بنا باشد که همچون محتوای خود چیزی بیش از تجرید محض باشند، در این صورت آن محتوا می‌بایستی از طریق مشاهده آنها در ضمن به کار رفتن در داده‌هایی که می‌خواهند آنها را در روشنی قرار دهند، اکتشاف

شود. تاریخ علم چگونه می تواند از این که منبعی از نمودها باشد که نظریه های درباره شناخت به حق باید در مورد آنها به کار گرفته شود، ناتوان بماند؟

۲. راه علم هنجاری

در این رساله، «علم هنجاری» به معنی پژوهشی است که به صورتی مستحکم بر شالوده‌ای از یک یا چند دستاورد علمی بنا شده است، و جامعه علمی خاصی در مدتی از زمان به آن دستاوردها معتقد است و آنها را اساس عمل آینده خود قرار می‌دهد. امروز این گونه دستاوردها در کتابهای درسی مقدماتی و پیشرفته مورد بحث قرار می‌گیرد، هر چند سخن گفتن درباره آنها کمتر صورت اصلی آنها را جلوه گر می‌سازد. در این متون صورت نظریه مورد قبول عرضه می‌شود، و بعضی یا همه کاربردهای سودمند آن با آوردن مثالهایی از مشاهده و تجربه تجسم پیدا می‌کند. پیش از آنکه چنین کتابها در قرن نوزدهم جنبه همگانی پیدا کند (و حتی تا زمانهای نزدیک برای علومی که تازه به مرحله بلوغ خود رسیده‌اند)، بسیاری از کتابهای علمی قدیمی وظیفه مشابهی را انجام می‌دادند. فیزیک ارسطو و المجسطی بطلمیوس و اصول و نور شناخت نیوتون و الکتریسیته فرنکلین و شیمی لاووازیه و زمینشناسی لایل از این گونه بود — اینها و بعضی از کتابهای دیگر تا مدتی به صورت ضمنی تعیین کننده مسائل و روشهای یک میدان تحقیق برای نسلهای متوالی مشتغلان به علم بوده است. از آن جهت می‌توانستند از عهده این کار بر آیند که از دو خصوصیت اساسی برخوردار بودند. دستاورد آنها به اندازه‌ای بیسابقه بود که برای گردآوردن گروه بادوامی از هواداران از میان روشهای فعالیت علمی در حال رقابت با یکدیگر کفایت می‌کرد. در عین حال به اندازه‌ای پذیرای تغییر بود که همه‌گونه مسائل را برای حل کردن گروه مشتغلان دوباره تعریف شده در اختیار آنان قرار می‌داد.

به دستاوردهایی که از این دو خصوصیت برخوردارند، من به عنوان «نمونه‌ها» (Paradigms) اشاره می‌کنم، و این اصطلاحی است که ارتباط نزدیک با «علم هنجاری» دارد. هدف من از انتخاب آن القای این اندیشه بوده است که بعضی از مثالهای پذیرفته شده از عمل علمی فعلی — یعنی مثالهای مشتمل بر قانون و نظریه و کاربرد و استفاده از آلات روی هم رفته — الگوها و مودلهایی فراهم می‌آورد که از روی آنها سنتهای پژوهش علمی منسجم خاص آشکار می‌شود. اینها

سنت‌هایی است که مورخ علم از آنها در زیر عناوین «نجوم بطلمیوسی» (یا «کوپرنیکی») و «نیروشناسی ارسطویی» (یا «نیوتونی») و «نور شناخت ذره‌ای» (یا «موجی») و نظایر اینها یاد می‌کند. مطالعه نمونه‌ها، و از جمله بعضی از آنها که بسیار تخصصی‌تر از گونه‌هایی هستند که پیشتر ذکرشان گذشت، چیزی است که به صورت عمده دانشجو را برای عضویت در جامعه خاص علمی که می‌خواهد سپس در آن به اشتغال برخیزد، آماده می‌سازد. از آن جهت که وی در آنجا به کسانی می‌پیوندد که مبانی میدان عمل خود را از همان نمونه‌های معین آموخته‌اند، اشتغال و عمل بعدی وی به ندرت سبب ایجاد عدم توافق آشکار درباره مسائل بنیادی خواهد شد. کسانی که پژوهش و تحقیق ایشان مبتنی بر نمونه‌های مشترک است، به قواعد و استانداردها (استانداردها)ی مشترکی برای عمل و حرفه علمی سرسپردگی دارند. این تعهد و سرسپردگی و اجماع آشکاری که از آن به وجود می‌آید، شرط لازم برای علم هنجاری، یعنی برای پیدایش و ادامه یافتن يك سنت پژوهشی خاص است.

چون در این رساله مفهوم نمونه غالباً به عنوان جانشینی برای مفاهیم گوناگون متعارفی به کار می‌رود، لازم است مقدار بیشتری درباره دلیل برگزیدن آن سخن گفته شود. چرا يك دستاورد عینی علمی، همچون جایگاه يك تعهد حرفه‌ای، مقدم بر مفاهیم و قوانین نظریه‌ها و دیدگاه‌هایی است که از آن استخراج شده است؟ از چه لحاظ يك نمونه مشترك میان جامعه علمی برای شخص پژوهنده در پیشرفت علمی حکم يك واحد بنیادی دارد که آن را نمی‌توان کاملاً به اجزاء اتمی سازنده منطقی آن تحویل کرد تا این اجزاء به جای آن عمل کنند؟ هنگامی که با آنها در بخش ۵ روبه‌رو شویم، ضرورت به دست آوردن پاسخهای این پرسشها و پرسشهای دیگری نظیر آنها برای فهم علم هنجاری و مفهوم نمونه‌های وابسته به آن به اثبات خواهد رسید. ولی، آن بحث که بیشتر جنبه انتزاعی دارد، نیازمند عرضه کردن قبلی مثالهایی از علم هنجاری یا از نمونه‌های مورد عمل است. مخصوصاً، این مفاهیم وابسته می‌بایستی، با توجه به این مطلب که امکان صورت گرفتن يك پژوهش علمی بدون نمونه‌ها، یا لااقل بدون نمونه‌هایی الزام‌آور و بدون ابهام همچون آنها که پیشتر از آنها یاد کردیم وجود ندارد، روشن و آشکار شود. تحصیل يك نمونه و انجام دادن گونه‌ای از پژوهش غامض که با آن امکان پیدا می‌کند، نشانه‌ای از بلوغ در گسترش هر میدان علمی است.

اگر مورخ سرگذشت شناخت علمی گروه برگزیده‌ای از نمودهای وابسته به یکدیگر را به صورت قهقریایی در زمان ترسیم کند، محتملاً به گونه‌ای از الگو اندکی متفاوت با آنچه در این جا برای تاریخ نور شناخت فیزیکی آمده، روبه‌رو خواهد شد. امروز متنهای فیزیکی به دانشجو می‌گویند که نور از فوتونها تشکیل شده، یعنی از موجوداتی از مکانیک کوانتومی که بعضی از خصوصیات موج و بعضی از خصوصیات ذره را نمایش می‌دهند. پژوهش بنابر همین نمونه، یا بهتر گفته شود بنابر خصوصیتی که پرورده‌تر است و جنبه ریاضی دارد و آنچه گفته شد از آن نتیجه می‌شود، صورت می‌گیرد. ولی سابقه این خصوصیت نور به نیم قرن نمی‌رسد. پیش از آنکه به

وسیله پلانک و اینشتین و دیگران در اوایل قرن حاضر عرضه شود، در کتابهای فیزیک نور همچون یک حرکت موجی عرضی معرفی می‌شد، و ریشه این طرز تصور در نمونه‌ای بود که سرانجام به نوشته‌های نوری یانگ و فرینل در اوایل قرن نوزدهم می‌رسید. و نیز نظریه موجی در آغاز پیدایش آن مورد قبول همه مشتغلان به علم نور شناخت قرار نگرفته بود. در قرن هجدهم نمونه در این میدان از نور شناخت نیوتون به دست می‌آمد که بنابر آن نور ساخته شده از ذرات مادی تصور می‌شد. در آن هنگام، چون هنوز معتقدی به نظریه موجی نور وجود نداشت، فیزیکدانان به منظور یافتن دلایلی برای فشار وارد آمدن از طرف ذرات نور بر روی اجسام جامدی که با آنها در تماس هستند تلاش می‌کردند.^۱

این تغییر شکل پدیده‌های نمونه‌های نور شناخت فیزیکی انقلابهای علمی هستند، و انتقال متوالی از یک نمونه به نمونه‌ای دیگر از طریق انقلاب، همان الگوی معمولی رشد علم بالغ شده است. با وجود این، الگوی مشخص‌کننده دوره پیش از کتاب نیوتون نیست، و همین تقابل چیزی است که در این جا مورد توجه ما است. هیچ دوره زمانی از گذشته‌های دور تا پایان قرن هفدهم میلادی یک نگرش عموماً پذیرفته شده درباره ماهیت نور را به نمایش نگذاشته است. به جای آن عده‌ای از مکتبها و زیرمکتبهای رقیب با یکدیگر وجود داشت که غالب آنها طرفدار گونه‌ای یا گونه‌ای دیگر از نظریه اپیکوری یا ارسطویی یا افلاطونی بودند. یک گروه نور را ذراتی می‌دانست که از اجسام مادی صادر می‌شود؛ برای گروهی دیگر، نور عبارت از شکلی تغییر یافته از محیطی بود که میان جسم دیدنی و چشم بیننده قرار داشت؛ و گروهی دیگر نور را نتیجه عمل متقابل محیط و چیزهایی که از چشم صادر می‌شد در یکدیگر تصور می‌کرد؛ و علاوه بر اینها ترکیبات و تغییرشکلهای دیگری از اینها نیز وجود داشت. هر یک از آن مکتبها از ارتباط خود با مکتب مابعدطبیعی خاصی که با آن ارتباط داشت کسب نیرو می‌کرد، و هر یک، به عنوان مشاهدات نمونه‌ای، از مجموعه‌ای از نموده‌های نورشناختی بهره‌برداری می‌کرد که نظریه اساسی آن مکتب بهتر می‌توانست به توضیح آنها پردازد. مشاهدات دیگری که متناسب با موضوع گسترش می‌یافت، مورد بحث قرار می‌گرفت، یا به عنوان مسائل و مشکلات برجسته برای پژوهشهای آینده باقی می‌ماند.^۲

در زمانهای مختلف هر یک از این مکتبها سهمی در افزودن به تصورات و نمودها و راه و روشهای فنی دانش نور شناخت داشت و نیوتون اولین نمونه تقریباً به صورت یکنواخت مورد قبول قرار گرفته را برای نور شناخت فیزیکی از آنها استخراج کرد. هر تعریفی از دانشمند که

۱. جوزف پرستلی، تاریخ و حالت حاضر اکتشافهای مربوط به رؤیت و نور و رنگها (لندن، ۱۷۷۲)، ص ۳۸۵-۳۹۰: Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours*.

۲. واسکرونکی، تاریخ نور، ترجمه ژان تاتون (پاریس، ۱۹۵۶)، فصلهای ۱ تا ۴: Vasco Ronchi, *Histoire de la lumière*, trans. Jean Taton.

لااقل خلاّترین اعضای این مکتب‌های مختلف را کنار بگذارد، جانشینان جدید آنان را نیز کنار گذاشته است. آن مردان دانشمند بودند. ولی هر کس که جریان پیشرفت نور شناخت فیزیکی پیش از نیوتون را مورد مطالعه قرار دهد، به این نتیجه خواهد رسید که، هر چند مشغولان در این میدان دانشمند بودند، نتیجه فعالیت آنان چیزی کمتر از علم بوده است. چون نمی توانستند يك مجموعه معتقدات مورد قبول داشته باشند، هر نویسنده در موضوع نور شناخت فیزیکی خود را ناگزیر از آن می یافت که میدان عمل خویش را از شالوده برای خود بسازد. در این کار، انتخاب مشهودات و آزمایش‌های مؤید نظر نویسنده تقریباً آزاد بود، بدان جهت که مجموعه‌ای از روش‌ها و نموده‌های استاندارد که هر نویسنده نور شناخت خود را ناچار از به کار بردن و عرضه کردن آن بداند، وجود نداشت. در چنان اوضاع و احوال، مخاطب کتاب‌های فراهم آمده هم اعضای مکتب‌های دیگر بود و هم طبیعت. این الگو در عده‌ای از میدان‌های خلاق امروز نا آشنا نیست، و نیز با اکتشاف و اختراع حایز اهمیت بیگانگی ندارد. با وجود این، الگوی گسترشی که نور شناخت فیزیکی پس از نیوتون به دست آورد، و علوم طبیعی دیگر سبب آشنا شدن ما با آن شده است، نیست.

تاریخ پژوهش در برق (الکتریسیته) در نیمه اول قرن هجدهم مثال عینیتر و شناخته تری از راهی را در اختیار ما می گذارد که علم در آن راه، پیش از تحصیل نخستین نمونه کلی خود، گسترش پیدا کرده بود. در آن دوره تقریباً به اندازه آزمایش‌هایی که درباره ماهیت برق به توسط کسانی همچون هاوکسبی (Hauksbee) و گری (Gray) و دِزاگولیه (Desaguliers) و دوفه (Du Fay) و نولت (Nollett) و واتسن (Watson) و فرنکلین و دیگران صورت گرفته بود، نگرش‌های گوناگون وجود داشت. همه طرز تصوّرهای متعدّد ایشان درباره برق در يك چیز با هم اشتراك داشتند — همه به صورت جزئی از روایت دیگری از فلسفه مکانیکی — ذره‌ای متفرّع شده بود که راهنمای پژوهش علمی در آن روزگار بود. علاوه بر این، همه آنها اجزاء ترکیب کننده نظریه‌های واقعی علمی بودند که تا حدی از آزمایش و مشاهده و نیز به صورت جزئی از گزینش و تفسیر مسائل اضافی پیش آمده در ضمن تحقیق فراهم آمده بود. با این همه، هر چند همه آن آزمایش‌ها برقی بود و با آنکه اغلب آزمایش کنندگان کتاب‌های یکدیگر را می خواندند، نظریه‌های ایشان چیزی بیش از يك مشابهت خانوادگی نداشت.^۳

۳. دوئین رولر و دوئین ه. د. رولر، تکامل مفهوم بار برقی از یونانیان تا کولون («سرگذشت‌های تاریخی هاروارد در علم آزمایشی»، سرگذشت ۸: کیمبرج، ماساچوستس، ۱۹۵۴): Duane Roller and Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity form the Greeks to Coulomb* ("Harvard Case Histories in Experimental Science") کوئن. فرنکلین و نیوتون: تحقیقی در علم آزمایشی نیوتونی و کتاب فرنکلین درباره برق به عنوان مثالی از آن، فصل‌های ۷ تا ۱۲ (فیلادلفیا، ۱۹۵۶): I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*. برای قسمتی از تحلیل تفصیلی در بندی که پس از این در متن خواهد آمد، مدیون کتابچه كوچك انتشار نایافته‌ای از یکی از دانشجویانم، ل. هیلبرون (L. Heilbron) بوده‌ام. گزارشی گسترده تر و دقیقتر از ظهور نمونه فرنکلین در <

در گروهی از نخستین نظریه‌ها، به دنبال روش عمل قرن هفدهم، جاذبه برقی و تولید برق از طریق مالش نمود برقی بنیادی تصور می‌شد. بعضی چنان تمایل داشتند که عمل دفع برقی را اثری ثانوی و مربوط به گونه‌ای ازواجهش مکانیکی تصور کنند و نیز هر اندازه ممکن باشد بحث و پژوهش منظم درباره اثر گری درباره رسانایی برقی را که به تازگی کشف شده بود به تأخیر بیندازند. «الکتریسینها» (این اصطلاح از خود ایشان است) دیگر جذب و دفع برقی را متساویاً از تظاهرات ابتدایی برق می‌دانستند و بنابر همین نگرش نظریه‌ها و پژوهش خود را تغییر شکل می‌دادند. (عملاً، این گروه به صورتی چشمگیر کوچک بود — حتی نظریه فرنگلین هرگز به صورت کامل جوابگو و توضیح دهنده دفع طرفینی دو جسم بارشده با بار منفی نبود.) ولی آنان به اندازه گروه اول در پاسخگویی و رفع هر دشواری جز آثار ساده دفع با دشواری فراوان روبه‌رو بودند. اما، همان دشواریها نقطه عزیمتی برای يك گروه سوم فراهم آورد که تمایل به آن داشتند تا از برق همچون يك «سیال» سخن بگویند که می‌تواند در رساناها جریان پیدا کند و نه همچون يك هاله‌ای بخار گونه (effluvium) که از غیر رساناها بیرون می‌زند. این گروه، به نوبه خود، برای سازگار کردن نظریه خویش با عده‌ای از آثار جذب و دفعی، با دشواری مواجه بود. تنها از طریق کار فرنگلین و جانشینان بلاواسطه او نظریه‌ای طلوع کرد که توانست تقریباً به سهولت همه این آثار را مورد توضیح قرار دهد و به همین جهت سبب شد که پس از آن نسلی از «الکتریسینها» با داشتن نمونه مشترکی برای پژوهش به وجود آید.

جز در میدانهای همچون ریاضیات و نجوم که در آنها نخستین نمونه‌های استوار سابقه‌ای از ماقبل تاریخ دارد، و نیز همچون زیست‌شناسی که برخاسته از تقسیم و ترکیب مجدد تخصصهای پیش از آن به حد بلوغ رسیده بود، وصفی که خلاصه آن در بالا ذکر شد، طرح عمومی تاریخی پیدایش نمونه‌ها است. با آنکه مجسم کردن يك دوره ممتد تاریخی تنها با يك مثال و آن هم تا حدی اتفاقی با يك نام انتخاب شده (مثلاً نیوتون یا فرنگلین)، مستلزم آن است که روش نامطبوع ساده کردن را ادامه دهیم، چنان تصور می‌کنم که عدم توافقه‌ای بنیادی از خصوصیات بحث درباره حرکت پیش از ارسطو و درباره ایستشناسی پیش از ارشمیدس و تحقیق درباره گرما پیش از بلك (Black) یا شیمی پیش از بویل و بورهاوه و زمینشناسی تاریخی پیش از هاتن (Hutton) خواهد بود. در قسمتهایی از زیستشناسی — مثلاً تحقیق درباره وراثت — نخستین نمونه‌های کلی پذیرفته شده هنوز تازه است؛ و يك پرسش تاکنون به جواب نرسیده در این خصوص که کدام قسمت از علوم اجتماعی اصلاً به چنین نمونه‌هایی دست یافته، وجود دارد. تاریخ حکایت از آن دارد که راه رسیدن به اجماعی درباره تحقیق بسیار ناهموار است.

▷ ت. س. کوهن «وظیفه جزئیات در تحقیق علمی» مندرج در «همایش تاریخ علم، دانشگاه آکسفورد، ۹ تا ۱۵ ژوئیه ۱۹۶۱»، در ا. سی. کرامبی (ویراستار) که بناست در جزو کتابهای تربیتی هاینمان به چاپ برسد، وجود دارد؛ "The Function of Dogma in Scientific Research," in A. C. Crombie (ed.), "Symposium on the History of Science, University of Oxford."

نیز از تاریخ برمی‌آید که دلایلی برای دشواریها در آن راه به نظر رسیده است. در غیاب يك نمونه یا نامزدی برای نمونه شدن، همهٔ واقعیتها که محتمل است به گسترش يك علم كومك كند، برابر با یکدیگر دارای ارتباط به نظر می‌رسد. در نتیجه، نخستین گردآوری واقعیتها عملی است که اتفاقی و دلبخواه بودن آن بیش از حالت بعدی آن است که مشتغلان به علم با پیشرفت علمی آشنایی پیدا کرده‌اند. علاوه بر این، در غیاب دلیلی برای جستجوی شکل خاصی از اطلاع عمیقتر، نخستین عمل گردآوری واقعیتها معمولاً منحصر است به مجموعهٔ داده‌هایی که به آسانی در دسترس قرار می‌گیرد. مخزنی از واقعیتها که بدین ترتیب نتیجه می‌شود، مشتمل است بر آنها که در قلمرو مشاهدات اتفاقی و تجربه قرار دارد، و هـا با آن است مقداری از داده‌های دشوارتر فراهم آمده که از حرفه‌های استقرار یافته‌ای همچون پزشکی و تقویم‌نویسی و استخراج فلزات به دست می‌آید. چون حرفه‌ها سرچشمهٔ آماده و در دسترس قرار گرفته‌ای از واقعیات است که نمی‌تواند اتفاقی اکتشاف شده باشد، فناوری غالباً نقشی حیاتی در ظهور علوم جدید داشته است. ولی هر چند این گونه جمع آوردن داده‌ها برای آغاز شدن چند علم مهم اهمیت اساسی داشته، هر کس که، مثلاً، نوشته‌های دایرةالمعارفی پلینی یا تاریخ طبیعیهای بیکنی قرن هفدهم را مورد مطالعه قرار داده باشد، متوجه شده است که از آنها يك مجموعهٔ بسیار آشفته فراهم آمده است. هر کس در آن تردید می‌کند که ادبیات حاصل آمده از این طریق را به نام علمی بخواند. «تاریخهای» بیکن دربارهٔ حرارت و رنگ و باد، و استخراج کانیها... آکنده از اطلاعاتی است که بعضی از آنها دوباره‌سازی شده است. ولی در آنها واقعیتهایی در کنار یکدیگر آمده که بعدها مربوط و متناسب (مثلاً گرم شدن از راه مخلوط شدن) با واقعیتهای دیگری (مثلاً حرارت توده‌های کود حیوانی) درمی‌آید که پیش از آن مدتی چندان پیچیدگی داشته که اصلاً قابل وابسته بودن با نظریه نمی‌رسیده است.^۴ علاوه بر این، چون هر توصیف می‌بایستی جزئی باشد، تاریخ طبیعی فراهم شده غالباً از گزارشهای مفصل عظیم خود درست آن جزئیات را حذف می‌کند که دانشمندان بعدی آنها را سرچشمه‌هایی حایز اهمیت برای روشنگری می‌یابند. تقریباً هیچ يك از «تاریخهای» الکتریسیت، مثلاً، به کاه و خاشاک جذب شده به يك میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده به پارچهٔ پشمی که پس از مدتی جذب شدن به جسم برقرار از آن رانده می‌شد، اشاره‌ای نکرده است. این اثر اثری مکانیکی به نظر می‌رسیده است نه برقی.^۵ علاوه بر این، چون گردآورندگان اتفاقی واقعیتها به ندرت وقت یا افزارهایی برای این که کارشان انتقادی باشد در تصرف داشتند، در کتابهای تاریخ

۴. به طرحی از يك تاریخ طبیعی برای حرارت در کتاب ارغنون جدید بیکن، جلد هشتم از آثار فرنسیس بیکن، ویرایش جی. اسپدینگ و ر. ل. الیس، و. د. د. هیت (نیویورک، ۱۸۶۹)، ص ۲۰۳-۱۷۹ مراجعه کنید؛ Bacon's *Novum Organum*, Vol. VIII of *The Works of Francis Bacon*, ed. J. Spedding, R. L. Ellis, and D. D. Heath.

۵. رولر، و رولر، کتاب یادشده، ص ۱۴، ۲۲، ۲۸، ۴۳. تنها پس از ثبت آخرین دفع برقی در این کتاب، آثار دفع به عنوان برقی غیرمشکوک مورد قبول عام واقع شد.

طبیعی غالباً توصیف‌هایی همانند آنچه در بالا گذشت، در کنار چیزهای دیگری، مثلاً، تولید گرما از حرکت ضد کر مجنب روده‌ها قرار می‌گرفته است.^۶ تنها به ندرت، همچون در مورد ایستشناسی و نیروشناسی و نور شناخت هندسی قدیم، واقعیت‌های گردآمده به رهبری بسیار اندک نظریه‌ای از پیش استقرار یافته، چنان به اندازه کافی باروشنی سخن می‌گوید که امکان ظهور نخستین نمونه‌ها از آنها می‌رود.

وضعی که مکاتب خاص مراحل نخستین رشد علمی را به وجود آورده، چنین بوده است. هیچ تاریخ طبیعی را در غیاب لا اقل مجموعه‌ای ضمنی از اعتقادات نظری و روششناختی به هم آمیخته شده که گزینش و ارزیابی انتقاد را ممکن سازد، نمی‌توان تفسیر کرد. اگر مجموعه اعتقادات پیش از آن به صورت ضمنی در مجموعه واقعیت‌ها مندرج شده باشد — که در این صورت چیزی بیش از «واقعیت‌های محض» در اختیار است — می‌بایستی به وسیله یک متافیزیک جاری یا به وسیله علم دیگر یا از روی حادثه شخصی یا تاریخی از خارج تکمیل شود. پس مایه تعجب نیست که در مراحل نخستین پیشرفت هر علم، چون اشخاص مختلف با زمینه‌ای از نمودها روبه‌رو شده باشند که معمولاً همه آنها به نمودهای خاص وابستگی نداشته است، آنها را از راه‌های گوناگون در معرض تفسیر و توضیح قرار داده باشند. آنچه مایه شگفتی و شاید در میدان‌هایی که به آنها نام علم می‌دهیم سبب شگفتی از درجه اول می‌شود، این است که چنین واگرایی‌های ابتدایی توانسته باشد به صورت گسترده محو شود.

چه نخست آنها به مقداری گسترده محو می‌شوند و سپس ظاهراً یکباره و برای همیشه از میان می‌روند. علاوه بر این، از بین رفتن آنها معمولاً به سبب پیرو شدن یکی از مکتب‌های پیش از پیدایش نمونه است که، به علت اعتقادات و تصورات قبلی ویژه خود، تنها قسمت خاصی از مخزن بسیار بزرگ تازه به وجود آمده را مورد تأکید قرار می‌داده است. آن الکتروسینها که برق را یک سیال تصور می‌کردند و به همین جهت اهمیت خاصی برای رسانایی برقی قائل بودند، از این لحاظ حالت جالب توجهی را در برابر ما جلوه‌گر می‌سازند. به رهبری این اعتقاد، که کمتر می‌توانست با تظاهرات متعدد و آثار جذبی و دفعی سازگار باشد، بعضی از آنان در این اندیشه افتادند که سیال برقی رادریک بطری نگاهداری کنند. حاصل مستقیم تلاش‌های ایشان بطری لید بود که هرگز امکان نداشت کسی که در پی اکتشاف طبیعت به صورت اتفاقی و دلبخواه است، در آزمایشی به آن دسترس پیدا کند، ولی از میان معتقدان به نظریه سیال بودن برق دست کم دو نفر به صورتی مستقل در اوایل دهه ۱۷۴۰ به آن دست یافتند.^۷ فرنکلین، تقریباً از آغاز پژوهش‌های برقی

۶. بیکن، اثر یادشده، ص ۲۳۵، ۲۳۷ می‌گوید: «آبی که اندک گرم شده باشد آسانتر از آب کاملاً سرد یخ می‌بندد.» برای اطلاعاتی جزئی از تاریخ اوایل این مشاهده عجیب رجوع کنید به مارشال کلاگت، جوانی مارلیانی و فیزیک متأخر قرون وسطی (نیویورک، ۱۹۴۱)، فصل ۴؛ Marshall Clagett, Giovanni Marliani and Late Medieval Physics.

۷. رولر و رولر، کتاب یادشده، ص ۵۱ تا ۵۴.

خود، به صورتی خاص توجه به این امر داشت که آن اسباب شگفت‌انگیز را مورد توضیح قرار دهد. کامیابی وی در این امر وسیله‌ای مؤثر برای آن شد که نظریهٔ او به عنوان نمونه شناخته شود، ولی نمونه‌ای بود که هنوز نمی‌توانست حالات دفع برقی شناخته شده را به صورت کامل توجیه کند.^۸ يك نظریه، برای آنکه همچون يك نمونه پذیرفته شود، لازم است بهتر از نظریه‌های رقیب خود به نظر برسد، ولی نیازی به آن ندارد که همهٔ واقعیتهایی را که با آنها روبه‌رو می‌شود مورد توضیح قرار دهد، و در واقع هرگز هم چنین نبوده است.

آنچه نظریهٔ سیال برق برای زیر گروه معتقد به آن کرد، نمونه فرنگلین پس از آن برای همهٔ گروه الکتریسیته‌ها به انجام رسانید. از روی آن معلوم می‌شد که چه آزمایشهایی ارزش امتحان کردن دارد، و کدام يك از آنها، به سبب توجه داشتن به تظاهرات درجهٔ دوم یا بسیار پیچیدهٔ برق چنین نیست. نمونه‌ای که از عهدهٔ کار خود به خوبی برمی‌آید، قسمتی بدان جهت است که پایان یافتن منازعهٔ میان مکاتب سبب متوقف شدن تکرار آزمایشهای اساسی شده، و قسمتی بدان سبب که مشتغلان به حرفه در این باره اعتماد پیدا کرده‌اند که بر راه راست پیش می‌روند و دانشمندان تشویق می‌شوند که گونه‌ای از کار را که دقیقتر و پیچیده‌تر و خسته‌کننده‌تر است بر عهده بگیرند.^۹ گروه یگانه‌شدهٔ الکتریسیته‌ها، پس از این که از توجه به اندیشیدن دربارهٔ نمودهای برقی فراغت پیدا کردند، توانستند به نمودهای برگزیده با تفصیل بیشتر بپردازند، و تجهیزات خاصی برای این منظور طراحی کنند و با پشتکاری بیش از آنچه پیش از آن نشان می‌دادند به آزمایشها و پژوهشهای خود ادامه دهند. گردآوری واقعیتهای و بیان درست نظریه‌ها هر دو به صورت فعالیتی با درجهٔ بسیار بالا توجیه شده درآمد. اثر بخشی و کارایی پژوهش برقی هماهنگ با آن افزایش یافت و برهانی برای این گفتهٔ دقیق روششناختی فرنسیس بیکن فراهم آورد که: «حقیقت از خطا بهتر به دست می‌آید تا از پریشانی و اشتباهکاری».^{۱۰}

مادر بخش آینده از ماهیت این پژوهش که به درجه‌ای عالی توجیه شده یا بر پایهٔ نمونه استقرار یافته است سخن خواستیم گفت، ولی نخست لازم است به اختصار یادآور شویم که چگونه ظهور

۸. حالت مایهٔ پریشان‌خاطری دفع طرفینی اجسام دارای بار برقی منفی بود که برای آن به کوهن، کتاب یادشده، ص ۴۹۱ تا ۴۹۴ و ۵۴۱ تا ۵۴۳ رجوع کنید.

۹. باید بدین نکته توجه داشت که پذیرفتن نظریهٔ فرنگلین کاملاً به همهٔ اختلافها پایان نبخشید. در ۱۷۵۹ رابرت سیمر (Robert Symmer) روایتی از آن نظریه را با فرض دو سیال پیشنهاد کرد و مدت چند سال پس از آن بر قشناسان برحسب اعتقاد به يك یا دو سیال برقی به دو گروه تقسیم شده بودند. ولی اختلافها دربارهٔ این موضوع تنها مؤید مطلبی است که پیشتر در مورد روشی گفته شد که بنابر آن يك دستاورد پذیرفته شدهٔ همگانی سبب ایجاد وحدت در حرفه می‌شود. بر قشناسان، با وجود آنکه به دو گروه بودن در این مورد ادامه می‌دادند، به سرعت چنین نتیجه گرفتند که هیچ آزمون تجربی نمی‌تواند میان دو روایت نظریه تمایزی تشخیص دهد و بنابر این، آن دو معادل یکدیگرند. پس از آن، هر دو مکتب توانایی بهره‌برداری از همهٔ سودهایی که نظریهٔ فرنگلین در دسترس قرار داده بود، پیدا کرد (همان کتاب، ص ۵۴۳ تا ۵۴۶؛ ۵۴۸ تا ۵۵۴).

۱۰. بیکن، اثر یادشده، ص ۲۱۰.

يك نمونه در ساختار گروهی که در آن میدان کار می کنند تأثیر می گذارد. هنگامی که در رشد و تکامل يك علم طبیعی، يك فرد یا گروه نخستین بار ترکیبی فراهم می آورد که شایسته جلب کردن توجه اغلب عمل کنندگان نسل آینده است، مکاتب قدیمتر تدریجاً از میان خواهد رفت. ناپودی آنها تا حدی نتیجه معتقد شدن اعضای گروهها به نمونه جدید است. ولی همیشه چند تنی بر جای می مانند که سخت به نگرشهای قدیمی پایبندی نشان می دهند، و آثار ایشان در خارج حرفه خوانده می شود و سپس از میان می رود. نمونه تازه مستلزم تعریف تازه و دقیقتر از میدان پژوهش است. کسانی که نمی خواهند یا نمی توانند کار خود را با آن هماهنگ کنند، یا باید در انزال به سر برند یا به گروهی دیگر بپیوندند^{۱۱}. به صورت تاریخی، آنان غالباً تنها در بخشی از فلسفه که از آن این همه شاخه های ویژه علم بیرون آمده است. باقی می مانند. چنانکه از این نشانه ها برمی آید، گاه درست پذیرفته شدن يك نمونه است که گروهی از کسانی را که پیشتر تنها علاقه به مطالعه طبیعت داشتند، وارد يك حرفه یا دست کم يك میدان علمی می کند. در علوم (ولی نه میدانهای همچون پزشکی و فناوری و علم حقوق که دلیل وجودی آنها يك نیاز اجتماعی خارجی است)، به وجود آمدن مجله های تخصصی و تشکیل انجمنهای متخصصان و خواستار مقام خاصی در برنامه های درسی شدن، معمولاً همراه با نخستین مورد پذیرش قرار گرفتن يك نمونه است. لااقل در فاصله زمانی از يك قرن و نیم پیش که الگوی سازمانی تخصصهای علمی برای اولین بار به وجود آمد، تا زمانهای اخیر که ویژگیهای تخصص حیثیتی مخصوص به خود به دست آورد، وضع چنین بوده است.

تعریف دقیقتر گروه علمی نتایج دیگر نیز داشته است. هنگامی که يك دانشمند می تواند يك

۱۱. تاریخ برق، مثالی عالی در دسترس قرار می دهد که می توان آن را از سرگذشت های پرستلی، کلین (Kelvin) و دیگران استخراج کرد. گزارش فرنکلین در این خصوص بدین گونه است که نوله که در نیمه قرن با نفوذترین برقشناس قاره اروپا بود، «چندان زیست که خود را آخرین کس از فرقه خود، جز آقای ب. شاگرد و جانشین خویش یافت» (مکس فرند [ویراستار]، یادداشت های بنجمن فرنکلین [برکلی، کالیفرنیا، ۱۹۴۹]، ص ۳۸۴ تا ۳۸۶)؛ Max Farrand [ed.], *Benjamin Franklin's Memoirs*. از این جالبتر، پایداری سراسر مکتبهای دردوری گزینی فزاینده از علم حرفه ای است. مثلاً، مورد احکام نجوم را در نظر بگیرید که زمانی جزء تمام کننده ای از علم نجوم به شمار می رفت. یا ادامه چیزی را که به نام شیمی «روماتیک» خوانده می شد، در اواخر سده هجدهم و اوایل سده نوزدهم در معرض ملاحظه قرار دهید که پیش از آن بسیار مورد احترام بود. این روایتی است که به توسط چارلز سی. گیلپی در «دایرة المعارف و فلسفه علم ژاکوبی: تحقیقی در اندیشه ها و نتایج» در مسائل بحرانی در تاریخ علم، ویرایش مارشال کلاگت (مدیسن، ویسکانسین، ۱۹۵۹) آمده است؛ Charles C. Gillispie in "The *Encyclopédie* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences," *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett و «تشکیل نظریه انقلابی لامارک» در بایگانیهای بین المللی تاریخ علوم، سی و هفتم (۱۹۵۶)، ص ۳۲۳ تا ۳۳۸؛ "The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory," *Archives internationales d'histoire des sciences*.

نمونه را مورد قبول تلقی کند، دیگر در آثار عمده خود نیازی به آن ندارد که برای ساختن میدان بحث خود از نو تلاش کند، و به اثبات اصول اساسی که کار خود را بر مبنای آنها آغاز کرده است بپردازد. این کار را برای نویسندگان متون درسی می گذارد. ولی، با بودن متون درسی، دانشمند خلّاق می تواند پژوهش خود را از جایی که کتاب در آن به پایان رسانیده است آغاز کند و بدین ترتیب آن را در جنبه های دقیقتر و اسرارآمیزتر نمودهای طبیعی مورد توجّه گروه خود متمرکز سازد. و در ضمنی که به این کار اشتغال دارد، گزارشهایی که وی از کارهای خود در نشریه ها انتشار می دهد به آن آغاز می کند که سبب ایجاد تغییر در راههایی شود که پیشرفت آنها کمتر مورد مطالعه قرار گرفته ولی فراورده های نوین آنها برای همگان آشکار است و برای بعضی ایجاد ناراحتی می کند. دیگر نمی تواند تحقیقات وی در کتابهایی همچون آزمایشهای... درباره برق فرنگین یا اصل انواع داروین گنجانیده شود و در اختیار کسانی قرار گیرد که ممکن است به موضوع بحث میدان مورد نظر دلیستگی داشته باشند. بلکه معمولاً همچون مقالات مختصری که طرف خطاب آن تنها همکاران حرفه ای آن دانشمند هستند، یعنی در نمونه با نویسنده مقاله شریکند و تنها همین کسان می توانند این گونه مقالات را بخوانند و از آن سود ببرند، عرضه می شود.

امروز در علوم، کتابها معمولاً یا متون هستند و یا تفکراتی قهقراپی درباره يك جنبه یا جنبه دیگری از حیات علمی. دانشمندی که چنین کتابی را می نویسد، احتمال بیشتر آن است که بر شهرت حرفه ای وی بیش از آنکه چیزی بیفزاید سبب آسیب دیدن آن شود. تنها در مراحل قدیمی پیش از نمونه ای علوم مختلف بود که کتاب معمولاً همان رابطه را با دستاورد حرفه ای داشت که اکنون هنوز با میدانهای خلّاق دیگر دارد. و تنها در آن میدانها که هنوز کتاب، همراه با مقاله یا بدون آن، همچون حاملی برای ارتباط پژوهشی است، خطوط حرفه ای شدن تا آن اندازه ناستوار ترسیم شده است که شخص عادی خارج از حوزه علوم ممکن است، از راه خواندن گزارشهای اصلی مشغولان به عمل، پیشرفت علوم را دنبال کند. در ریاضیات و نجوم هر دو، گزارشهای پژوهشی از قدیم چنان بوده است که برای مخاطبان درس خوانده به صورت عام قابل فهم نباشد. در نیروشناسی، در اواخر قرون وسطی، پژوهش به همین گونه حالت اسراری و دور از دسترس همگان پیدا کرد، و تنها مدّت کوتاهی در اوایل قرن هفدهم که نمونه تازه جایگزین نمونه راهنمای تحقیق قرون وسطی شده بود، بار دیگر مفهوم و قابل تعلّق بودن به آن بازگشت. تحقیق در برق، پیش از پایان قرن هجدهم، نیازمند آن بود که برای اشخاص عادی ترجمه شود، و اغلب میدانهای علم فیزیک از این که قابل فهمیدن عامّه باشد دور ماند. در همین دو قرن چنین ترجمه هایی را می توان در بخشهای گوناگون علوم زیستشناختی مشاهده کرد. در قسمتهایی از علوم اجتماعی هم امروز چنین کیفیتی مشهود است. با آنکه این امر عادی شده است که از گستردگی حرفه ای که دانشمند حرفه ای را از همکارانش در میدانهای دیگر جدا می کند اظهار ناراحتی و شکایت شود، کمتر این نکته مورد ملاحظه قرار گرفته است که به ارتباط اساسی میان آن حفره و سازوکارهای (مکانیسمهای) درونی پیشرفت علمی توجّه شود.

حتی از دوران ماقبل تاریخ قدیم، يك میدان تحقیق پس از میدانی دیگر از سدّ حایل میان چیزهایی که مورخان به آنها نامهای ماقبل تاریخ علم و تاریخ خاص داده اند عبور کرده است. این انتقالها تا زمان رسیدن به بلوغ به ندرت یا بدون ابهام چنان بوده است که بحث لزوماً خلاصه و کلی من ممکن است نماینده آن بوده باشد. ولی هیچ يك از آنها از لحاظ تاریخی و تدریجی و دارای گستردگی مشابه یعنی همسنگ با رشد میدانهایی که در درون آنها اتفاق افتاده، نبوده است. نویسندگان دربارهٔ برقی چهار دههٔ اول قرن هجدهم، نسبت به نمودهای برقی اطلاعاتی بیش از اسلاف قرن شانزدهم خود داشتند. در فاصلهٔ نیم قرن پس از ۱۷۴۰، معدودی از گونه‌های تازه نمودهای برقی بر فهرست آنان افزوده شد. با وجود این، از لحاظهای مهم، نوشته‌های برقی کاوندیش و کولون و ولتا در ثلث اخیر قرن هجدهم، انحرافی از نوشته‌های گری و دوفه و حتی فرنکلین نشان می‌دهد که بیش از انحراف این کشف کنندگان نمودهای برقی اوایل قرن هجدهم از اسلاف قرن شانزدهم آنها است.^{۱۲} زمانی میان ۱۷۴۰ و ۱۷۸۰، الکتریسیته (برقشناسان) برای نخستین بار شایستگی آن پیدا کردند که مبانی میدان خود را مسلم و پذیرفته شده بدانند. از آن زمان به بعد به حل مسائل دشوارتر پرداختند و پس از آن به صورتی فزاینده به انتشار دادن مقالاتی که طرف خطاب آنها برقشناسان دیگر بود نه خوانندگان عادی که معمولاً مشتاق خواندن کتابهایی از این گونه بودند، پرداختند. به عنوان يك گروه آنان چیزهایی به دست آوردند که نظایر آنها را منجمان در دوران قدیم و تحقیق کنندگان دربارهٔ حرکت در قرون وسطی و مشتغلان به نور شناخت فیزیکی در اواخر قرن هفدهم و خواستاران زمیشتناسی تاریخی در اوایل قرن هفدهم به دست آورده بودند. یعنی، آنان به نمونه‌ای دست یافته بودند که می‌توانست راهنمای همهٔ افراد گروه در پژوهشهای ایشان بوده باشد. به استثنای مزیتی که مطالعهٔ قهقراپی دارد، به دشواری می‌توان ملاک دیگری پیدا کرد که به این آشکاری يك میدان علم را عرضه و معرفی کند.

۱۲. پیشرفتهای پس از روزگار فرنکلین مشتمل است بر حساسیت دستگاههای کشف کنندهٔ بار برقی، نخستین روشهای فنی قابل اعتماد و شایع شده برای اندازه‌گیری بار برقی، تکامل مفهوم ظرفیت برقی و ارتباط آن با مفهوم تازه رواج یافتهٔ فشار برقی، و تعیین کمیّت نیروی ایستائبرقی. دربارهٔ همهٔ این موضوعها، رجوع کنید به رولر و رولر، کتاب یادشده، ص ۶۶ تا ۸۱؛ و. سی. وکر، «کشف و اندازه‌گیری بارهای برقی در سدهٔ هجدهم»، در سالنامه‌های علم، یکم (۱۹۳۶)، ۶۶ تا ۱۰۰؛ W. C. Walker, "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century," *Annals of Science* ۱۸۸۴، (لاپیز، یکم، فصلهای سوم و چهارم؛ Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*).

۳. ماهیت علم هنجاری

پس ماهیت پژوهش حرفه‌ای تر و اسرارآمیزتر که پذیرش يك گروه را از نمونه واحد اجازه می‌دهد چیست؟ اگر نمونه نماینده کاری است که يك بار و برای همیشه صورت گرفته، چه مسائل دیگری این نمونه بر جای می‌گذارد تا گروه یگانه شده به حل آن بپردازد؟ طرح این سؤالات هنگامی ضروریت‌ر به نظر می‌رسد که ما به این نکته توجه داشته باشیم که اصطلاحات تاکنون به کار رفته ممکن است از لحاظی که مورد استفاده قرار گرفته است گمراه کننده باشد. يك نمونه، در استعمال استقرار یافته خود، يك مودل یا الگوی پذیرفته شده است، و آن جنبه از معنای آن به من این قابلیت را بخشیده است که، در غیاب کلمه‌ای بهتر، اصطلاح «نمونه» را اختیار کنم و در این جا به کار برم. ولی با اندکی تأمل معلوم می‌شود که معنی «مودل» یا «الگو» که اختصاص دادن لفظ «نمونه» را برای منظوری که دارم مجاز ساخته، درست همان چیزی نیست که معمولاً در تعریف و تحدید نمونه به کار می‌رود. مثلاً، در دستور زبان، الفاظ «*amat, amas, amo*» [زمانهای مختلف فعل دوست داشتن صرف شده در زبان لاتینی] يك «پارادیگم» یا «نمونه» است، از آن جهت که الگویی را نمایش می‌دهد که در مورد عده زیادی از افعال دیگر لاتینی، مثلاً «*laudat, laudas, laudo*» [فعل ستودن لاتینی] به کار می‌رود. در این کار برد استاندارد (استاندارد)، نمونه از این لحاظ عمل می‌کند که تکرار کردن مثالهایی را مجاز می‌شمارد که هر يك از آنها می‌تواند اصولاً برای جایگزین شدن اولین نمونه به کار رود. از سوی دیگر، در يك علم، نمونه کمتر چیزی قابل رونوشت‌راری است. بلکه، همچون يك تصمیم قضایی مورد استناد در قوانین، حکم چیزی را دارد که برای بیان مجدد و تخصیص دادن به اوضاع و احوال دشوارتر مورد استفاده واقع می‌شود. برای دیدن آنکه چگونه چنین چیزی صورت‌پذیر می‌شود، باید به آن توجه کنیم که يك نمونه در اولین ظهور آن چه اندازه می‌تواند از لحاظ گستردگی و دقیق بودن بسیار محدود بوده باشد. نمونه‌ها وضع خود را بدان سبب به دست می‌آورند که از رقیبهای خود در حل مسائل حادی که گروه مشغولان با آنها روبه‌رو هستند، کامیابی بیشتر به دست آورده‌اند. ولی، کامیابی بیشتر داشتن

به معنی کاملاً کامیاب بودن در حلّ تنها يك مسئله یا به صورت قابل توجه کامیاب بودن در عدّه زیادی از مسائل نیست. کامیابی يك نمونه — خواه تحلیل ارسطو از حرکت یا محاسبه وضع سیارات در منظومه بطلیمیسی یا به کار برده شدن ترازو در شیمی به توسط لاولازیه یا به صورت ریاضی در آوردن میدان بر قاطیسی (الکترودینامیک) به توسط ماکسول — در آغاز به صورت عمده وعده‌ای برای کامیابی قابل اکتشاف در مثالهای گزیده و هنوز غیر کامل است. علم هنجاری عبارت از فعلیت بخشیدن به آن وعده است، و این فعلیت با گسترش شناخت واقعیهایی که آن نمونه آنها را به شکل خاص الهامبخش می‌سازد صورت می‌گیرد؛ این کار از طریق افزایش دامنه رقابت میان آن واقعیهها و پیشگوییهای نمونه، و از طریق توضیح و بیان بیشتر خود نمونه صورتپذیر می‌شود.

از میان کسانی که عملاً به يك علم بالغ اشتغال ندارند، معدودی هستند که می‌توانند متوجه این امر شوند که برای به وجود آمدن يك نمونه چه کارهای سختی از لحاظ درگیری با رقیبان باید صورت بگیرد، و این که انجام دادن این گونه کارها چه اندازه می‌تواند جالب نظر باشد. اینها نکاتی است که باید خوب فهمیده شود. از بین بردن باقیمانده مقاومت مخالفان چیزی است که اغلب دانشمندان را در سراسر حرفه خود تشویق به کار می‌کند. از آنها چیزی فراهم می‌شود که من در این جا آن را به نام «علم هنجاری» خوانده‌ام. چون از نزدیک به آن توجه شود، خواه این کار به صورت تاریخی انجام پذیرد یا در آزمایشگاه معاصر، همچون تلاشی به نظر می‌رسد که برای وادار کردن طبیعت به درآمدن در جعبه‌ای نسبتاً غیر قابل انعطاف و از پیش ساخته‌شده به توسط نمونه صورت می‌گیرد. هیچ قسمت از هدف علم هنجاری عبارت از به کار گرفتن نمودهایی از گونه تازه نیست؛ در واقع آنها که با جعبه سازگاری ندارند غالباً هرگز دیده نمی‌شوند. و نیز دانشمندان معمولاً قصد اختراع کردن نظریه‌های تازه ندارند، و غالباً نسبت به آنها که دیگران اختراع کرده‌اند تسامح نشان نمی‌دهند.^۱ به جای آن، پژوهش علمی هنجاری متوجه به بیان درست نموده‌ها و نظریه‌هایی است که نمونه آنها را فراهم آورده است.

شاید اینها نقایصی بوده باشد. پهنه‌های مورد پژوهش قرار گرفته به توسط علم هنجاری البته کوچک است؛ وظیفه‌ای که اکنون مورد بحث قرار دارد، میدان دید را به صورتی عظیم محدود کرده است. ولی آن محدودیتها که از اعتماد داشتن به يك نمونه برخاسته، برای گسترش علم ضرورت اساسی دارد. با متمرکز ساختن تمام توجه به دامنه محدودی از مسائل نسبتاً اسرارآمیز، نمونه دانشمندان را به آن مجبور می‌کند که بخشی از طبیعت را با تفصیل و عمقی مورد مطالعه قرار دهند که از طریق دیگر غیر قابل تصور به نظر می‌رسیده است. و علم هنجاری يك سازوکار درون‌ساخته‌ای دارد که محدودیتهایی را که مانع پیشرفت پژوهش می‌شود، در آن جا که نمونه‌ای که به آن وابستگی دارد از کارایی مؤثر بیفتند، سست خواهد کرد. در این نقطه دانشمندان به آن آغاز

۱. برنارد باربر، «مقاومت دانشمندان در برابر اکتشاف علمی»، در مجله علم، هشتاد و چهارم (۱۹۶۱)، ۵۹۶ تا ۶۰۲، Bernard Barber, "Resistance by Scientists to Scientific Discovery," *Science*.

می‌کنند که رفتاری به صورت دیگر داشته باشند، و ماهیت مسائل پژوهشی آنان تغییر پیدا می‌کند. ولی، در این بین، در دوره‌ای که نمونه موفقیت‌آمیز است، حرفه دانشمند مسائلی را حل خواهد کرد که اعضای آن تصوّر آن را نمی‌کردند و هرگز بدون سرسپردگی به نمونه به این کار نمی‌پرداختند. و دست کم پایدار بودن بخشی از آن دستاورد به اثبات می‌رسد.

برای نشان دادن روشنتر این که مقصود از پژوهش هنجاری یا مبتنی بر نمونه چیست، بهتر آن است که به طبقه‌بندی و معرفی آشکار مسائلی بپردازیم که علم هنجاری اصولاً عبارت از آنها است. برای آنکه بحث بهتر پیش برود، سخن درباره فعالیت نظری را برای بعد می‌گذارم و کار خود را با گردآوری واقعیت، یعنی با آزمایشها و مشاهداتی آغاز می‌کنم که در مجله‌های فنی مورد بحث قرار گرفته و دانشمندان از طریق آنها همکاران حرفه‌ای خود را از نتایج پژوهش در حال پیشرفت خویش آگاه می‌سازند. آیا دانشمندان معمولاً درباره کدام جنبه‌های طبیعت گزارش تهیه می‌کنند؟ چه چیز تعیین‌کننده انتخاب ایشان است؟ و، چون مشاهده علمی مستلزم مصرف کردن وقت و تجهیزات و پول است، چه چیز انگیزه دانشمند برای ادامه دادن پژوهش برگزیده خود تارسیدن به نتیجه است؟

به نظر من، سه کانون برای تحقیق علمی واقعیتی وجود دارد، و آنها نه همیشه و نه به صورت دائمی متمایز از یکدیگر نیستند. نخست آن طبقه از واقعیتها است که نمونه ثابت کرده است که به صورتی خاص آشکارکننده طبیعت و ماهیت چیزها است. با به کار بردن آن واقعیتها در حل مسائل، نمونه سبب شده است که آنها را با دقت بیشتر و در اوضاع گوناگون مورد مطالعه قرار دهند. در زمانی یا در زمان دیگر، این تصمیمگیریهای مهم مبتنی بر واقعیت مشتمل بوده است بر: در نجوم — وضع و قدر ستارگان، دوره خسوفی ستارگان مضاعف و سیاره‌ها؛ در فیزیک — وزن مخصوصها و تراکمپذیریهای مواد، طول موجها و شدتهای طیفی، رساناییهای برقی و پتانسیلهای تماسی؛ و در شیمی — ترکیب و وزنهای ترکیب شونده، نقطه‌های غلیان و اندازه اسید بودن محلولها، فورمولهای ساختاری و فعالیت‌های نورشناختی. تلاشهایی برای افزودن بر صحت و دامنه‌ای که با آن واقعیتهایی شبیه به اینها شناخته شده‌اند، بخش قابل توجهی از ادبیات علم آزمایشی و مشاهده را در بر می‌گیرد. مکرر در مکرر اسبابهای ویژه پیچیده برای چنین منظورها طرح‌ریزی شده، و اختراع و ساختن و تکمیل کردن آن اسبابها مستلزم استفاده از مهارت فراوان و وقت زیاد و پشتوانه مالی قابل توجه بوده است. سنکروترونها و رادیو تلسکوپها مثالهای بسیار جدید ادامه یافتن طولانی توجه کارگران پژوهشی در آن هنگام است که نمونه‌ای این منظور را تأمین کند که واقعیتهای مورد پژوهش حایز اهمیت است. از تیکو برانه تا ای. او. لارنس، بسیاری از دانشمندان به شهرت فراوان رسیده‌اند، و این نه به سبب تازه بودن اکتشاف آنان، بلکه در نتیجه دقیق و قابل اعتماد بودن و گسترده‌گی روشهایی بوده است که برای تعیین مجدد گونه پیشتر شناخته شده‌ای از واقعیت به کار برده بودند.

طبقه دوم معمولی ولی کوچکتر تعیین و شناسایی واقعیتها متوجه به آن واقعیتها است که، با

وجود فقدان مایه درونی جلب‌کننده توجه، می‌توان آنها را مستقیماً با پیشگوییهای يك نظریه نمونه‌ای مقایسه کرد. چنانکه اندکی بعد خواهیم دید، هنگامی که من از مسائل آزمایشی علم هنجاری به مسائل نظری تغییر جهت دهم، در آنجا به ندرت پهنه‌هایی وجود دارد که در آنها يك نظریه علمی، مخصوصاً اگر بیشتر به قالب ریاضی ریخته شده باشد، بتواند مستقیماً با طبیعت مقایسه شود. بیش از سه تا از چنین پهنه‌ها در دسترس نظریه نسبیت عمومی اینشتین قرار نداشت.^۲ علاوه بر این، حتی آن پهنه‌ها که کاربرد در آنها امکانپذیر است، غالباً خواستار تقریبهای نظریه‌ای و افزاری است که سخت توافق مورد انتظار را محدود می‌سازد. بهبود بخشیدن به آن توافق یا پیدا کردن پهنه‌هایی تازه که اصلاً بتوان در آنها توافقی به وجود آورد، چالشی ثابت برای مهارت آزمایشگر و مشاهده‌گر فراهم می‌آورد. تلسکوپهای خاص برای اثبات پیشگویی کوپرنیکوس از تقدیم اعتدالین سالانه؛ ماشین آتود، که تقریباً يك قرن پس از اصول نیوتون اختراع شد تا نخستین وسیله بدون ابهام اثبات قانون دوم نیوتون باشد؛ دستگاه فوکو برای ثابت کردن این مطلب که سرعت نور در هوا بیشتر از سرعت آن در آب است؛ یا دستگاه عظیم شمارنده جرقه‌ها برای اثبات وجود نوترینو — اینها و بسیاری از آلات و ادوات دیگر، تلاش و هوشمندی عظیمی را که برای ایجاد توافق هرچه بیشتر میان طبیعت و نظریه می‌بایستی به کار گرفته شود، مجسم می‌سازد.^۳ کوشش برای اثبات توافق گونه دوم کار آزمایشی است، و آشکارتر از گونه اول به نمونه وابستگی دارد. وجود نمونه مسئله را برای حل کردن طرح می‌کند؛ غالباً نظریه نمونه مستقیماً مندرج در طرح اسبابی است که می‌تواند مسئله را حل کند. مثلاً، بدون اصول، اندازه‌گیری صورت گرفته با ماشین آتود اصلاً هیچ معنایی نداشت.

۲. تنها نقطه اطمینان باقی مانده که هنوز مورد اعتراف عموم است، مسئله تقدیم نقطه حضیض خورشیدی سیاره عطارد است. جابه‌جایی سرخ در طیف نور ستارگان دور را می‌توان متفرع از ملاحظاتی بسیار ابتداییتر از نسبیت عمومی دانست، و چنین چیزی در مورد خمیدگی نور بر گرد خورشید نیز امکانپذیر است که هم‌اکنون درباره آن اختلاف نظر وجود دارد. به هر صورت، اندازه‌گیریهای نمود اخیر مبهم باقی مانده است. يك نقطه امتحان اضافی ممکن است به تازگی استقرار پیدا کرده باشد: جابه‌جایی گرانشی تابش موسباوئر (Mossbauer). شاید در این میدان فعال ولی مدتی دراز به خواب رفته، به زودی مثالهای دیگری یافته شود. برای پیدا کردن اطلاع خلاصه‌ای مطابق روز از این مسئله، رجوع کنید به ل. آی. شیف، «گزارشی درباره کنفرانس ناسا مربوط به آزمونهای تجربی نظریه‌های نسبیت» مندرج در *فيزيك امروز، چهاردهم* (۱۹۶۱)، ۴۲ تا ۴۸؛ L. I. Schiff, "A Report on Experimental Tests of Theories of Relativity," *Physics Today*.

۳. برای دو تا از تلسکوپهای اختلاف منظری، رجوع کنید به ابراهام ولف، *تاریخی از علم و فناوری و فلسفه در سده هجدهم* (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۲)، ص ۱۰۳-۵. Abraham Wolf, *A History of Science, Tech-*
nology, and Philosophy in the Eighteenth Century (کیمبریج، ۱۹۵۸)، ص ۱۰۰ تا ۱۰۲ و ۲۰۸-۲۰۷. N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*. برای دو قطعه اخیر دستگاههای ویژه، رجوع کنید به م. ل. فوکو، «روش کلی برای اندازه‌گیری سرعت نور در هوا و در آب...»، مندرج در صورت مجلسهای... فرهنگستان علوم، سی‌ام (۱۸۵۰)، ۵۵۱ تا ۵۶۰؛

طبقه سوم آزمایشها و مشاهددها، به نظر من، فعالیت گردآوری واقعیتها را در علم هنجاری به پایان می‌رساند. و آن عبارت از کاری اختیاری (تجربی) است که برای بیان کردن نظریه نمونه و از بین بردن بعضی از ابهامات باقی مانده صورت می‌گیرد، و مسئله‌ای را که پیشتر تنها توجه را به آن جلب کرده بود، حل می‌کند. این طبقه مهمتر از همه طبقات دیگر به نظر می‌رسد، و توصیف آن مقتضی پرداختن به تقسیمات جزء آن است. در علوم ریاضیتر، بعضی از آزمایشها که به منظور بیان نظریه به کار می‌رود، مستقیماً متوجه به تعیین مقادیر ثابت فیزیکی است. مثلاً، کار نیوتون، نشان داد که نیروی میان دو واحد جرم در فاصله واحد طول، برای همه انواع ماده و به هر وضعی که در جهان قرار گرفته باشد، یکسان است. ولی مسائل خودوی، حتی بدون اندازه گرفتن این جاذبه که ثابت جهانی گرانش است قابل حل بود؛ و هیچ کس دیگر دستگاهی را که بتواند آن را تعیین کند، تا يك قرن پس از ظهور اصول طرح نریخت. و نیز اندازه‌گیری مشهور کاوندیش در ۱۷۹۰ آخرین نبود. به سبب وضعیت مرکزی ثابت گرانشی در نظریه فیزیکی، اندازه‌گیریهای بهبودیافته‌ای از آن هدف تلاشهای مکرر به توسط عده‌ای از آزمایشگران برجسته از آن زمان به بعد بوده است.^۴ مثالهای دیگر از این گونه ادامه یافتن کار مشتمل است بر تعیین واحد نجومی، عدد آووگادرو، ضریب ژول، بار برقی الکترون، و نظایر اینها. معدودی از این تلاشهای استادانه بدون يك نظریه نمونه قابل تصور بوده، و هیچ يك از آنها بدون آن برای تعیین مسئله و تضمین وجود يك حل ثابت صورت عمل پیدا نکرده است.

ولی کوششهای لازم برای بیان يك نمونه منحصر به مقادیر ثابت کلی نیست. مثلاً، ممکن است هدف تعیین قوانین کمی بوده باشد: قانون بویل مربوط به نسبت میان حجم و فشار گازها، قانون کولون برای جاذبه برقی، و فورمول ژول مخصوص رابطه حرارت تولیدشده با شدت و مقاومت جریان برق، همه از این قبیل است. شاید این مطلب آشکار نباشد که نمونه شرط لازم برای اکتشاف قوانینی نظیر اینها است. غالباً می‌شنویم که آنها را از طریق آزمودن اندازه‌گیریها به خاطر خود آنها و بدون داشتن تعهد نظریه‌ای به دست آورده‌اند. ولی تاریخ چنین روش افراطی بیکنی را تأیید نمی‌کند. آزمایشهای بویل تا زمانی که هوا همچون سیال کشسانی تصور نشد (و اگر تصور شده بود از آن به شکل دیگری تفسیر می‌کردند یا اصلاً به چنین کاری نمی‌پرداختند)

M. L. Foucault, "Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau...", *Comptes rendus... de l'Académie des sciences* و سی. ل. کاون، جونور و دیگران، «اکتشاف نو تریونی آزاد: يك تأیید»، در *مجله علم*، صد و بیست و چهارم (۱۹۵۶)، ۱۰۳-۱۰۴؛ C. L. Cowan, Jr., et al., "Detection of the Free Neutrino: A Confirmation," *Science*.

۴. جی. ه. پوینتینگ، بیست و چهار اندازه‌گیری ثابت گرانشی در فاصله ۱۷۴۱ تا ۱۹۰۱ در «ثابت گرانشی و چگالی میانگین زمین»، در *دائرة المعارف بریتانیکا* (چاپ یازدهم، کیمبریج، ۱۹۱۱-۱۹۱۰)، جلد دوازدهم، J. H. P[oynting], "Gravitation Constant and Mean Density of the Earth," *Encyclopaedia Britannica*.

که همه مفاهیم کمال یافته ایستابشناختی (هیدروستاتیک) بر آن قابل تطبیق است، اصلاً قابل تصور نبود.^۵ موفقیت کولون وابسته به اسبابی بود که برای اندازه‌گیری نیروی موجود میان بارهای برقی نقطه‌ای ساخت (کسانی که پیش از آن به اندازه‌گیری نیروی برقی به توسط ترازوهای کفه‌ای پرداخته بودند نتوانستند به یافتن قاعده منظمی دست یابند). ولی طرح آن اسباب وابسته به شناسایی قبلی این مطلب بود که هر ذره از سیال برقی با وجود فاصله بر روی هر ذره دیگر تأثیر می‌کند. کولون وجود نیروی میان چنین ذرات — تنها نیرویی که با اطمینان ممکن بود فرض شود که تابعی از فاصله باشد — را در نظر داشت و اسباب خود را به همین جهت ساخت.^۶ آزمایشهای ژول نیز می‌توانست برای تجسم بخشیدن به این حقیقت به کار رود که چگونه قوانین کمی را از میان یک نمونه می‌توان استخراج کرد. در حقیقت ارتباط میان نمونه کیفی و قانون کمی چندان کلی است که این گونه قوانین غالباً سالها پیش از آنکه دستگاهی برای تشخیص آزمایشی آنها ساخته شده باشد، به صورت درست حدس زده شده بوده است.^۷

و بالاخره، گونه سومی از آزمایش وجود دارد که هدف آن بیان یک نمونه است. بیشتر از دیگر آزمایشها این یک به اکتشاف شباهت دارد، و مخصوصاً در آن دوره‌ها و در آن علوم بیشتر دیده می‌شود که بیش از جنبه‌های کمی نظم طبیعت، جنبه‌های کیفی آن مورد توجه قرار داشته است. غالباً نمونه‌ای که برای دسته‌ای از نمودها به وجود آمده، هنگام به کار بردن آن در مورد نمودهای بسیار نزدیک و وابسته با ابهام مواجه می‌شود. در این صورت انجام دادن آزمایشهایی لازم است تا از روی آنها معلوم شود کدام یک از راههای مختلف به کار بردن نمونه در پهنه‌های جدید باید برگزیده شود. مثلاً کاربردهای نمونه‌ای نظریه کالوریک در مورد ایجاد گرما و سرما از طریق اختلاط و از راه تغییر حالت فیزیکی بود. ولی حرارت ممکن بود از چندین راه دیگر آزاد یا جذب شود — مثلاً، از طریق ترکیب شیمیایی و مالش و فشردن یا جذب یک گاز — و برای هر یک از این نمودهای دیگر، نظریه می‌توانست از راههای مختلف مورد تطبیق قرار گیرد. اگر، مثلاً، خلا ظرفیت حرارتی می‌داشت، گرم کردن از طریق تراکم می‌توانست همچون نتیجه‌ای از آمیخته شدن گاز با خلا بیان شود. یا ممکن بود نتیجه‌ای از تغییر گرمای ویژه گازها با تغییر فشار

۵. برای انتقال کامل مفاهیم و تصورات ایستابشناسی به هوا شناخت (پنوماتیک)، رجوع کنید به رساله‌های فیزیکی پاسکال، ترجمه آی. ه. ب. اسپرز و ا. جی. ه. اسپرز، با مقدمه و حواشی از ف. بری (نیویورک، ۱۹۳۷)؛ *The Physical Treatises of Pascal*, trans. I. H. B. Spiers and A. G. H. Spiers, with introduction and notes by F. Barry (ما در ژرفای اقیانوسی از عنصر هوا غوطه‌وریم) در صفحه ۱۶۴ این کتاب آمده است. گسترش سریع آن در دو رساله عمده، مورد بحث قرار گرفته است.

۶. رولر و رولر، کتاب یادشده در پانویشت ۳ از بخش ۲، ص ۸۰-۶۶.

۷. مثلاً رجوع کنید به ت. س. کوهن، «وظیفه اندازه‌گیری در علم فیزیک نوین»، مندرج در *ایسیس* (Isis)، پنجاه و دوم (۱۹۶۱)، ۹۳-۱۶؛ T. S. Kuhn, "The Function of Measurement in Modern Physical Science," *Isis*.

بوده باشد. و جز اینها چند توجیه دیگر نیز وجود داشته است. چندین آزمایش برای رسیدگی دقیق به این امکانات گوناگون و تشخیص آنها از یکدیگر صورت گرفت؛ همه این آزمایشها از نظریه کالوریک به عنوان نمونه برخاست، و همه در طرح آزمایشها و تفسیر کردن نتایج از آن مورد بهره‌برداری قرار گرفت.^۸ پس از آن که نمود گرم شدن از طریق تراکم استقرار پیدا کرد، همه آزمایشهای دیگر در این پهنه از این راه وابسته به نمونه شد. با در دست بودن نمود (پدیده)، به چه شکل دیگر يك آزمایش که لازم بود برای توضیح آن صورت بگیرد، می‌توانست انتخاب شود؟ اکنون به مسائل نظری علم هنجاری می‌پردازیم که همه آنها تقریباً در همان طبقات آزمایشی و مشاهده‌ای قرار می‌گیرند. بخشی از کار نظری هنجاری، هر چند کوچک است، تنها عبارت از به کار بردن نظریه موجود برای پیشگویی از اطلاعاتی واقعی است که ارزش درونی دارند. مثلاً، ساختن تقویمهای نجومی، محاسبه خصوصیت‌های عدسیها، و تولید منحنیهای پخش رادیویی، مسائلی از این گونه به شمار می‌رود. ولی دانشمندان عموماً به آنها همچون کاری سخت و اضافی می‌نگرند که می‌بایستی به مهندسان و کارورزان (تکنیسین) فنی سپرده شود. در هیچ زمان از شمار فراوانی از اینان در مجله‌های علمی یاد نشده است. ولی این مجلات مشتمل بر بحثهای نظری فراوان درباره مسائلی است که برای شخص غیر دانشمند همه آنها مشابه به یکدیگر به نظر می‌رسد. اینها دستورزیهای (manipulations) نظریه مورد قبول قرار گرفته است، نه از آن جهت که پیشگویی‌هایی که از آنها حاصل می‌شود از لحاظ درونی ارزشمند است، بلکه از آن جهت که می‌توان آنها را مستقیماً با آزمایش مواجه ساخت. هدف آنها عرضه کردن کاربرد جدیدی از نمونه یا افزایش دقت کاربردی است که پیش از آن وجود داشته است.

نیازمندی به کاری از این گونه از دشواریهای عظیمی برمی‌خیزد که غالباً در هنگام گسترده‌تر کردن نقاط تماس میان نظریه و طبیعت مشاهده می‌شود. این دشواریها را به اختصار می‌توان با توجه به تاریخ نیروشناسی پس از نیوتون مجسم ساخت. در اوایل قرن هجدهم، آن دسته از دانشمندان که در اصول نمونه‌ای می‌یافتند، کلیت نتیجه‌گیریهای آن را مسلم فرض می‌کردند، و هر گونه دلیلی برای این کار داشتند. هیچ اثر شناخته شده دیگر برای تاریخ علم در آن واحد سبب ایجاد چنین افزایش عظیمی در چشم‌انداز و دقت پژوهش نبوده است. برای آسمانها نیوتون قوانین کپلر درباره حرکت سیارات را استخراج کرد و نیز بعضی از ظواهر مشهود را که در آنها چنان می‌نمود که ماه از این قوانین پیروی نمی‌کند مورد توضیح قرار داد. برای زمین نتایجی از مشاهدات پراکنده درباره آونگها و کشندها (جزر و مدها) متفرع ساخت. به کومک فرضیهایی اضافی ولی وابسته به موضوع، شایستگی آن پیدا کرد که قانون بویل و فورمولی مهم برای سرعت صوت در هوا از آن به دست آورد. با در نظر گرفتن وضع علم در آن زمان، کامیابی این نتایج بسیار نافذ و مؤثر بود، ولی با همه کلیت ادعایی قوانین نیوتون، شماره این کاربردها زیاد نبود، و

۸. ت. س. کوهن، «نظریه کالوریک تراکم بی‌دررو (adiabatic)»، ایسیس، چهل و نهم (۱۹۵۸)، ۴۰-۱۳۲؛ T. S. Kuhn, "The Caloric Theory of Adiabatic Compression," *Isis*.

نیوتون تقریباً چیز دیگری به وجود نیاورد. علاوه بر این، در مقایسه با آنچه یک دانشجوی سال آخر فیزیک دانشگاه اکنون می‌تواند با همان قوانین انجام دهد، باید گفت که کاربردهای معدود نیوتون حتی با دقت هم صورت نگرفته بود. و بالاخره، اصول برای آن طرح‌ریزی شده بود که به صورت عمده درباره مسائل مکانیک آسمانی مورد استفاده واقع شود. این که چگونه آن را در مورد کاربردهای زمینی، و مخصوصاً برای حرکت ناگزیری به کار گرفتند، به هیچ وجه روشن نیست. مسئله ای زمینی، به هر صورت پیش از آن با موفقیت فراوان به توسط دسته‌ای متفاوت از روشهای عمل که ابتدا به توسط گالیلئو و هویگنس به وجود آمده و سپس در قرن هجدهم به کوشش دالامیر و دیگران در سراسر قاره اروپا انتشار پیدا کرده بود، برای حل شدن مورد حمله قرار می‌گرفت. می‌توان ثابت کرد که روشهای عمل ایشان و نیز روش برخاسته از اصول حالت خاصی از یک صورتبندی (formulation) کلیتر بوده است، ولی تا مدتی هیچ کس نمی‌دانست چگونه چنین است.^۹

اکنون توجه خود را منحصرأ به مسئله دقیق بودن معطوف می‌داریم. پیش از این از جنبه اختباری آن سخن گفتیم. وسایل و تجهیزات خاص — همچون دستگاه کاوندیش و ماشین آتوود و تلسکوپهای بهتر ساخته شده — برای به دست آوردن داده‌های خاصی که کاربردهای عینی نمونه نیوتونی خواستار آن بود، ضرورت داشت. دشواریهای مشابهی برای به دست آوردن توافقهایی موجود از لحاظ نظریه بر سر راه بود. مثلاً، نیوتون برای به کار بردن قوانین خود در آونگ، ناگزیر از آن بود که با جرم وزنه آونگ همچون یک نقطه معامله کند تا بتواند تعریف یگانه‌ای برای طول آونگ به دست آورد. در بیشتر از قضیه‌های وی، به استثنای معدودی از آنها که فرضی و مقدماتی بود، اثر مقاومت هوا نادیده گرفته شده بود. اینها تقریبهای فیزیکی معتبری بود. با وجود این، به عنوان تقریب توافق میان پیشگوییهای نیوتون و آزمایشهای فعلی را محدود می‌کرد. همین دشواریها حتی به صورتی آشکارتر هنگام به کار بستن نظریه نیوتون درباره آسمانها آشکار می‌شود. رصدهای ساده تلسکوپی نشان می‌دهد که سیارات به صورت کامل از قوانین کپلر تبعیت نمی‌کنند، و نظریه نیوتون نشان می‌داد که نباید چنین باشد. برای استخراج آن قوانین، نیوتون ناگزیر از آن بوده است که از همه جاذبه‌های گرانشی جز آنها که میان فرد فرد سیارات و خورشید

۹. سی. ترسدل، «برنامه‌ای برای اکتشاف مجدد مکانیک استدلالی عصر عقل و استدلال»، مندرج در بایگانیهای تاریخ علوم دقیقه، یکم (۱۹۶۰)، ۳ تا ۳۶، و «واکنشهای مکانیک باروک متأخر در مقابل کامیابی و حدس و خطا و شکست در اصول نیوتون»، مندرج در فصلنامه نکزاس، دهم (۱۹۶۷)، ۲۸۱-۲۹۷؛ C. Truesdell, "A Progress toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason," *Archive for History of the Exact Sciences*; "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*," *Texas Quarterly*, هنکینز، «پذیرش قانون دوم حرکت نیوتون در سده هجدهم»، مندرج در بایگانیهای بین‌المللی تاریخ علوم، بیستم (۱۹۶۷)، ۴۲-۶۵؛ T. L. Hankins, "The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century," *Archives internationales d'histoire des sciences*.

وجود دارد، صرف نظر کند. ولی چون سیارات نیز یکدیگر را جذب می کنند، تنها توافق تقریبی می تواند میان نظریه به کار گرفته شده و رصد های تلسکوپی وجود پیدا کند.^{۱۰}

توافق به دست آمده، البته برای کسانی که آنها را به دست می آوردند، بیش از اندازه لازم رضایتبخش بود. جز در بعضی از مسائل زمینی، نظریه دیگری نمی توانست به آن اندازه خوب کار کند. هیچ يك از کسانی که در معتبر بودن کار نیوتون تردید می کردند، از این جهت نبود که توافق میان تجربه و مشاهده در آن محدود به حدودی است. با وجود این، محدودیتهای توافقی مسائل نظری جالب توجهی برای جاننشینان نیوتون بر جای گذاشت. مثلاً، راه و روشهایی نظری برای بحث درباره حرکت بیش از دو جسم که همزمان یکدیگر را جذب می کردند، و نیز برای تحقیق در استقرار مدارهای مضطرب شده ضرورت داشت. مسائلی از این گونه بسیاری از بهترین ریاضیدانان اروپا را در قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم به خود مشغول می داشت. اوایلر و لاگرانژ و گاوس قسمت عمده ای از کار درخشان خود را به حل مسائلی به منظور بهبود بخشیدن ارتباط میان نمونه نیوتونی و رصد آسمانی اختصاص داده بودند. بعضی از این بزرگان همزمان برای ایجاد ریاضیات کاربردی لازم تلاش می کردند که نیوتون و مکتب اروپایی معاصر وی هیچ يك تلاشی برای دست یافتن به آن نکرده بودند. آنان از این لحاظ ادبیات گسترده ای به وجود آوردند و راه و رسم ریاضی نیرومندی برای روانابشناسی (هیدرودینامیک) و برای مسئله تارهای در حال ارتعاش پدید آمد. این مسائل کاربردی نشان می دهد که درخشانترین و پرنجترین کار علمی قرن هجدهم از چه گونه بوده است. مثالهایی را می توان با مطالعه دوره پس از نمونه ای در پیشرفت گرمانیروشناسی (ترمودینامیک) و نظریه موجی نور و نظریه برقاطیسی یا هر شاخه دیگر از علم مشاهده کرد که قوانین بنیادی آنها کاملاً کمی است. دست کم در علومی که جنبه ریاضی بیشتر دارد، عمده ترین کار نظری از این گونه است.

ولی همه از این گونه نیست. حتی در علوم ریاضی هم مسائل نظری بیان نمونه وجود دارد؛ و در دوره هایی که رشد علمی به صورت غالب کیفی است، غلبه با این گونه مسائل است. بعضی از مسائل، هم در علوم بیشتر کمی و هم در علوم بیشتر کیفی، تنها هدفشان ایجاد وضوح بیشتر از راه صورتبندی جدید است. مثلاً، اصول، نشان نمی دهد که همیشه کتاب آسانی برای به کار بردن بوده باشد، یکی از آن جهت که زمختیهای ناگزیری همراه با يك اقدام جسورانه درجه اول را با خود همراه داشته، و دیگر به سبب آنکه بیشتر معنی آن به صورت ضمنی از کاربردهای آن به دست می آمده است. به هر صورت برای بعضی از کاربردهای زمینی، دسته ای از راه و روشهای ظاهراً نامربوط اروپایی به صورت وسیع نیرومندتر می نموده است. بنابراین از اوایلر و لاگرانژ در قرن هجدهم تا همیلتون و جکوبی و هرتس در قرن نوزدهم، بعضی از برجسته ترین دانشمندان در فیزیک ریاضی اروپا مکرراً در آن تلاش کردند تا برای نظریه مکانیکی صورتبندی تازه ای به وجود

۱۰. ولف، کتاب یادشده، ص ۵۷-۸۱ و ۹۶-۱۰۱؛ و ویلیم ویول، تاریخ علم استقرایی (ویرایش جدید؛ لندن،

۱۸۴۷)، دوم ۷۱-۲۱۳. William Whewell, *History of the Inductive Sciences*.

آورند که از لحاظ منطقی و زیباییشناختی صورت رضایتبخشتری داشته باشد. یعنی چنان می‌خواستند که درسهای صریح و ضمنی اصول و مکانیک قاره‌ای اروپا را به صورت منطقی دارای انسجام بیشتر درآورند که در آن واحد هم یکنواخت باشد و هم در کاربردهای خود برای مسائل تازه پیش آمده در مکانیک ابهام کمتر داشته باشد.^{۱۱}

صورتبندیهای مجدد يك نمونه مکرر در همه علوم واقع شده، ولی اغلب آنها تغییرات بیشتری از صورتبندی مجدد اصول که در بالا ذکر آن گذشت، به وجود آورده بوده است. این گونه تغییرات نتیجه کار اختیاری است که پیشتر از آن یاد کردیم و به منظور بیان يك نمونه صورت می‌گیرد. در حقیقت، قرار دادن آن نوع کار در ردیف کارهای اختیاری عملی دلبخواه بوده است. بیش از هر گونه پژوهش هنجاری دیگر، مسائل وابسته به بیان يك نمونه در عین حال هم نظری است و هم آزمایشی؛ مثالهایی که پیشتر آوردیم، در اینجا نیز به همان گونه خوب است. کولون، پیش از آنکه بتواند آلت موردنیاز خود را بسازد و با آن اندازه‌گیری کند، ناگزیر بود که از نظریه الکتریکی برای این که آن آلت را بسازد مدد بگیرد. نتیجه اندازه‌گیریهای وی تصفیه شدن آن نظریه بود. یا نیز، آن کسان که آزمایشهایی را طرح ریختند که برای تمایز میان نظریه‌های گوناگون درباره تولید گرما از طریق تراکم در نظر گرفته بودند، عموماً همان کسان بودند که روایتهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفته را فراهم آورده بودند. آنان با واقعیت و نظریه هر دو کار می‌کردند، و کازایشان تنها سبب به دست آمدن اطلاعات تازه نبود، بلکه از آن نمونه دقیقتری به وجود آمد که حصول آن از راه حذف شدن ابهاماتی بود که شکل نخستین نمونه که با آن کار می‌کردند با خود همراه داشت. در بسیاری از علوم، بیشتر کار هنجاری از این گونه است.

این سه طبقه از مسائل — تعیین مهمترین واقعیت، مقابله کردن واقعیتها با نظریه، و بیان نظریه — به نظر من ادبیات علم هنجاری را، هم از لحاظ اختیاری و هم از لحاظ نظری، تشکیل می‌دهد. و اینها البته همه ادبیات را به صورت کامل نمی‌سازد. علاوه بر آنها مسائلی فوق العاده وجود دارد، و حل آنها است که اشتغال علمی را روی هم رفته به صورتی خاص ارزشمند می‌کند. ولی مسائل فوق العاده چنان نیست که هر وقت بخواهیم در دسترس ما قرار گیرد. آنها فقط در فرصتهای خاص به وجود می‌آیند که برای پیشرفت پژوهش هنجاری پیش می‌آید. بنابراین، ناگزیر اکثریت چشمگیری از مسائلی که دانشمندان معمولاً با آنها روبه‌رو هستند، متعلق به یکی از دسته‌هایی است که پیشتر از آن سخن گفتیم. کار کردن در زیر نمونه به هیچ راه دیگر جریان پیدا نمی‌کند، و دست کشیدن از نمونه بدان می‌ماند که از علمی که آن نمونه حدود آن را تعیین می‌کند خود را کنار کشیده باشیم. به زودی متوجه این مطلب خواهیم شد که چنین گریزی صورت خواهد گرفت. نمونه‌ها همچون محورهایی هستند که انقلابهای علمی بر دور آنها دوران می‌کند. ولی پیش از آغاز کردن به مطالعه درباره چنین انقلابها، نیازمند به داشتن نگرشی فراگیرتر از پیگردهای علمی هنجاری هستیم که این راه را هموار می‌سازند.

۴. علم هنجاری به عنوان حلّ معما

شاید چشمگیرترین جنبه از پژوهش هنجاری مسائل که تاکنون با آن روبه‌رو شده‌ایم، این بوده است که در آن دست یافتن به نوآوریهای مفهومی یا نمودی بسیار کم عنوان هدف داشته است. گاه، همچون در اندازه‌گیری طول موج، هر چیز جز تفصیل اسرارآمیز نتیجه از پیش دانسته است، و دامنه توقع تنها اندکی گسترده‌تر است. شاید اندازه‌گیری کولون نیازی به آن نداشته است که با قانون معکوس مجذور بخواند؛ کسانی که دربارهٔ ایجاد گرما از طریق تراکم گاز پژوهش می‌کردند، غالباً آمادهٔ روبه‌رو شدن با هر یک از چند نتیجه بودند. ولی حتی در حالاتی از این قبیل، دامنهٔ نتایج پیشبینی شده و بنابر آن قابل جذب، همیشه در مقایسه با دامنه‌ای که تخیل می‌توانسته است فراهم آورد، کوچکتر بوده است. و طرحی که نتیجهٔ آن در آن دامنه کوتاхتر جای بگیرد، معمولاً درست یک شکست پژوهش است، شکستی که نه بر طبیعت بلکه بر دانشمند انعکاس پیدا می‌کند.

مثلاً، در قرن هجدهم، به آزمایشهای اندازه‌گیری جاذبهٔ برقی با اسبابهایی همچون ترازوی کفه‌دار توجهی نمی‌شد. بدان جهت که نتایج به دست آمده از آنها استوار و ساده نبود، نمی‌توانست به عنوان وسیله‌ای برای بیان نمونه‌ای که از آن متفرع شده بود مورد استفاده واقع شود. به همین جهت تنها به صورت واقعیتهای محض بی‌ارتباط و ارتباط ناپذیر با پیشرفت ادامه‌دهندهٔ پژوهش برقی باقی ماند. تنها به صورت قهقراپی، و با دردست داشتن یک نمونهٔ بعدی، ما اکنون می‌توانیم بفهمیم که آنها چه خصوصیات از نمود برقی را جلوه‌گر می‌سازند. البته کولون و معاصران وی نیز این نمونه متأخر یا نمونه‌ای دیگر را در اختیار داشتند که چون در مورد مسئله جذب به کار می‌رفت همین چیزهای مورد توقع از آن به دست می‌آمد. به همین جهت بود که کولون توانست دستگاهی را طرح‌ریزی کند که نتیجه‌ای قابل استفاده برای بیان نمونه از آن به دست آمد. ولی نیز به همین جهت بود که مایهٔ تعجب کسی نشد و چندین تن از معاصران کولون شایستگی آن داشتند که از آن پیشگویی کنند. حتی طرحی که هدف آن بیان نمونه باشد،

چشمداشتی به نوآوریهای دور از انتظار ندارد.

ولی اگر هدف علم هنجاری نوآوریهای اساسی بزرگ نباشد — اگر شکست در نزدیکتر شدن به نتیجه پیشبینی شده برای دانشمند شکست به حساب نیاید — در آن صورت چرا اساساً حل این گونه مسائل مورد توجه واقع می شود؟ بخشی از پاسخ بیشتر داده شده است. برای دانشمند، دست کم، نتایج به دست آمده در پژوهش هنجاری از آن جهت حایز اهمیت است که بر چشم انداز و دقتی که نمونه با آن می تواند به کار برده شود، می افزاید. ولی آن پاسخ نمی تواند آن شوق و ذوق و از خود گذشتگی را که دانشمند در مورد حل مسائل پژوهش هنجاری با آن به کار برمی خیزد، توجیه کند. هیچ کس سالهایی از عمر خود را، فی المثل، برای به وجود آوردن یک طیفسنج بهتر یا دست یافتن به راه حل بهتری از مسئله تارهای مرتعش تنها به سبب اهمیت اطلاعاتی که از این راه به دست می آورد، مصرف نخواهد کرد. داده های به دست آمده از محاسبات تقویمهای سیاره ای یا اندازه گیری بیشتر با يك آلت موجود البته مهم است، ولی به این گونه فعالیتها دانشمندان از آن جهت به چشم تحقیر نگاه می کنند که به صورت عمده عبارت از کارهایی است که در زمانهای پیش از آن بارها تکرار شده است. این تحقیر و طرد بر گه ای است برای جاذبه و افسون پژوهش مسئله هنجاری. با آنکه نتیجه آن را می توان پیشبینی کرد، غالباً از لحاظ تفصیل و جزئیات چندان بزرگ است که آنچه برای دانستن باقی بماند به خودی خود جالب توجه نیست، و راهی که از آن می توان به نتیجه رسید بسیار مشکوک می ماند. رساندن مسئله پژوهشی به يك نتیجه، دست یافتن به آنچه پیشبینی شده از راهی تازه است، و آن مستلزم حل مشکل همه گونه پیچیدگیهای مفهومی و ریاضی افزارهای مورد استفاده خواهد بود. کسی که توفیق حاصل کند، خود را خبره در حل معماها نشان می دهد، و همین چالش حل معما سهم مهمی در آن چه دانشمند را به طرف آن می کشاند دارد. اصطلاحات «معما» و «حل کننده معما» چندین مطلب را که در صفحات گذشته به صورتی فزاینده برجستگی پیدا کرده است، در روشنی قرار می دهد. معماها، در معنای کاملاً استاندارد ای که با آن در این جا به کار رفته اند، آن گروه از مسائل است که حل آنها می تواند گواهی بر هوشمندی یا مهارت حل کننده آنها بوده باشد. در فرهنگهای لغت از معمای جدول کلمات متقاطع و معمای کنار هم قرار دادن قطعات تصویری بر روی مقوا که با آره کمائی آن را به قطعاتی با اشکال گوناگون بریده اند، سخن رفته است، و از این لحاظ این گونه معماها همانند مسائل علم هنجاری است که اکنون درباره آن بحث می کنیم. یکی از آنها درست پیش از این گذشت. ملاکی برای خوبی در معمایی که نتیجه آن از لحاظ درونی جالب توجه یا مهم باشد، وجود ندارد. برخلاف، مسائل واقعاً مایه ابتلا، همچون درمان بیماری سرطان یا طرح نقشه يك صلح دائمی، غالباً عنوان معما ندارند، بدان جهت که ممکن است اصلاً راه حلی نداشته باشند. يك معمای قطعات بریده شده با آره کمائی را در نظر بگیرید که قطعات آن به دلخواه از جعبه های مربوط به دو معما انتخاب شده است. چون این مسئله محتملاً هوشمندترین مردم را به نتیجه نمی رساند (هر چند ممکن است چنین نشود)، آن را نمی توان به عنوان محکمی برای مهارت در حل معما به کار برد. به هر معنی

متعارفی، اصلاً معماً نیست. هر چند ارزش درونی يك معماً ملاکی برای سنجش آن نیست، باید گفت که وجود داشتن يك راه حل ملاك است.

ولی، پیش از این دیدیم که یکی از چیزهایی که يك جامعه علمی از يك نمونه به دست می آورد، ملاکی برای برگزیدن مسائلی است که، چون آن نمونه مورد قبول واقع شود، می توان قبول کرد که آن مسائل دارای جواب است. تا حدّ زیادی اینها تنها مسائلی است که جامعه علمی می تواند آنها را به عنوان علمی تلقی کند یا اعضای خود را به پرداختن به حل آنها وادارد. مسائل دیگر، و از جمله آن دسته که پیشتر عنوان استانده داشته، به عنوان متافیزیکی بودن یا به میدان علمی دیگر وابستگی داشتن یا گاه فقط به عنوان این که بیش از اندازه مشکوک است، طرد می شود. به همین جهت، يك نمونه حتی می تواند جامعه را از آن مسائل مهمّ از لحاظ اجتماعی که قابل تحویل به شکل معمایی نیستند، از آن جهت دور نگاه دارد که آنها را نمی توان با اصطلاحات مفهومی و با به کار بردن افزارهایی که آن نمونه فراهم آورده است حل کرد. این گونه مسائل می تواند مایه تشویش خاطر شود، و این درسی است که به صورتی درخشان به وسیله جنبه هایی از بینگیری قرن هفدهم و بعضی از علوم اجتماعی معاصر مجسم می شود. یکی از دلایل برای آنکه چرا علم هنجاری، چنانکه می نماید، به سرعت پیشرفت می کند، آن است که شرکت کنندگان در آن توجه خود را تنها درباره مسائلی متمرکز می سازند که نقص هوشمندی ممکن است آنان را از حل آنها دور نگاه داشته باشد.

با وجود این، اگر مسائل علم هنجاری عبارت از معماً بدین معنی است، دیگر نیازی به پرسیدن این که چرا دانشمندان آنها را با اشتیاق و فداکاری مورد حمله قرار می دهند نداریم. يك شخص ممکن است به دلایل گوناگون مجذوب علم شده باشد. از آن جمله است آرزوی سودمند بودن، اشتیاق به اکتشاف سرزمینهای تازه، امید دست یافتن به نظم، و میل به آزمودن شناخت استقرار یافته. این انگیزه ها و انگیزه های دیگری در کنار آن به تعیین مسائل خاصی که سپس او را به حل خود وامی دارد، کومک می کند. علاوه بر این، با وجود آنکه نتیجه گاه مایوس کننده است، دلیل خوبی برای آن در دست است که چرا انگیزه هایی از این قبیل می بایستی در ابتدا او را جلب کرده و سپس به حلّ آن مسائل واداشته باشد.^۱ تهوّر علمی یا روی هم رفته گاهگاه سودمند واقع می شود، و سبب گشودن سرزمینهای تازه و عرضه کردن نظم و آزمودن باورهای مدّ دراز مورد قبول خواهد شد. با وجود این فردی که به پژوهش هنجاری يك مسئله می پردازد، تقریباً هرگز به هیچ يك از این کارها اقدام نمی کند. پس از آنکه به کار پرداخت، انگیزش او از گونه ای دیگر است. آنچه سپس مایه چالش او می شود، پیدا شدن این اعتقاد است که اگر فقط به اندازه کافی

۱. ولی، یاس و بیحاصلی پدید آمده از تعارض میان نقش فردی و الگوی کلی پیشرفت علمی، گاه می تواند بسیار جدی باشد. در این باره رجوع کنید به لارنس س. کوبی، «بعضی از مسائل حل نشده در حرفه علمی»، دانشمند امریکایی، شصت و یکم (۱۹۵۳)، ۵۹۶-۶۱۳؛ و شصت و دوم (۱۹۵۴)، ۱۰۴-۱۱۲؛ Lawrence S. Kubie, "Some Unsolved Problems of the Scientific Career," *American Scientist*.

مهارت به خرج دهد، در حل کردن معّایی که پیش از وی حل نشده و یا اگر حل شده باشد به خوبی حل او نخواهد بود، کامیاب خواهد شد. بسیاری از بزرگترین دارندگان ذهن علمی، همه توجّه حرفه‌ای خود را به جستجوی معّاهایی از این گونه معطوف کرده بوده‌اند. در اغلب موارد هر میدان تخصّص کار دیگری برای انجام دادن عرضه نمی‌کند، و این واقعیتی است که برای شخص معتاد به گونه خاصّ اعتیاد علمی بسیار جالب و انگیزنده است.

اکنون به جنبه دیگری از تشابه میان معّاه و مسائل علم هنجاری می‌پردازیم که دشوارتر و آشکارکننده‌تر است. اگر بنا باشد که مسئله علمی همچون معّا در نظر گرفته شود، باید چنان باشد که بیش از يك جواب قطعی داشته باشد. و نیز لازم است قواعدی برای محدود کردن ماهیت پاسخهای قابل قبول و گامهایی که برای دسترس پیدا کردن به آنها برداشته می‌شود، مقرر شده باشد. مثلاً، حل کردن يك معّای آرّه کمّانی، تنها «ساختن يك تصویر» نیست. يك كودك یا يك هنرمند معاصر هر دو می‌توانند از پراکندن پاره‌های انتخاب شده، به عنوان اشکال انتزاعی، بر روی يك زمینه سفید این کار را انجام دهند. تصویری که بدین گونه فراهم می‌آید، ممکن است بسیار بهتر، و قطعاً دارای اصالت بیشتر، از چیزی شود که قطعات معّا از آن به وجود آمده بوده است، با وجود این، چنین تصویری حل معّا محسوب نمی‌شود. برای ساختن تصویر می‌بایستی همه قطعات به کار رود، و طرف بیشکل آنها در زیر قرار گیرد، و کناره‌گیری قطعات بدون فشار دادن درست با یکدیگر قفل شود و سوراخی باقی نماند. اینها از جمله قواعدی است که بر حلّ معّای آرّه کمّانی حکومت می‌کند. محدودیتهای مشابهی برای جوابهای قابل قبول معّاهای جدولی و معّاهای کلمه‌ای و مسائل شطرنج و نظایر آنها نیز اکتشاف شده است.

اگر استعمال بسیار گسترده اصطلاح «قاعده» را بتوانیم بپذیریم — که گاه برابر است با «دیدگاه استقرار یافته» یا با «دریافت قبلی» — در آن صورت مسائلِ در دسترس در داخل يك سنت پژوهشی معین چیزی بسیار شبیه به این دسته از خصوصیات و مشخصات عرضه خواهند کرد. کسی که دستگاهی برای اندازه گرفتن طول موجهای نوری می‌سازد، نباید به آلتی خشنودی نشان دهد که فقط اعداد خاصی را به خطوط خاصّ طیف نسبت می‌دهد. او تنها يك اکتشاف کننده یا اندازه گیرنده است. برخلاف، وی باید از طریق تجزیه و تحلیل دستگاه خود بر مبنای نظریه نورشناختی استقرار یافته، ثابت کند که اعداد نشان داده شده بر روی دستگاه وی، همانها است که همچون طول موجها در نظریه داخل می‌شود. اگر بازمانده‌ای از ابهام در نظریه یا جزء تحلیل‌ناشده‌ای از دستگاه مانع آن باشد که این اثبات صورتپذیر شود، همکاران وی چنان نتیجه‌گیری می‌کنند که او اصلاً چیزی را اندازه نگرفته است. مثلاً پراکندگی الکترون به اندازه پیشینه که بعدها همچون نماینده‌ای از موج الکترونی در نظر گرفته شد، در آن هنگام که بار اول در معرض مشاهده قرار گرفت و به ثبت رسید، هیچ معنی آشکاری نداشت. پیش از آنکه اندازه‌های چیزی باشند، می‌بایستی به يك نظریه منسوب شود که از رفتار شبیه موج ماده در حال حرکت پیشگویی کرده بود. و حتی پس از اینکه به آن ارتباط اشاره شد، دستگاه می‌بایستی از نو چنان

طرح ریزی شود که نتایج به دست آمده را بتوان بدون ابهام به نظریه مرتبط ساخت.^۲ تا زمانی که این شرایط تأمین نشد، هیچ مسئله‌ای حل نشده بود.

گونه‌های مشابهی از محدودیتها، برای راه‌حلهای پذیرفتنی مسائل نظری نیز چنین محدودیتی فراهم می‌آورد. در سراسر قرن هجدهم، آن دسته از دانشمندان که در آن می‌کوشیدند تا حرکت مشهود ماه را از قوانین حرکت و گرانش نیوتون استخراج کنند، پیوسته دچار شکست می‌شدند. در نتیجه، بعضی چنان پیشنهاد کردند که قاعده معکوس مجذور را با قاعده دیگری مبادله کنند که مقدار کوچکی از آن انحراف داشت. ولی پرداختن به این کار به معنی تغییر دادن نمونه و ساختن معمایی تازه بود نه به معنی حل مسئله. در این مورد، دانشمندان قاعده‌ها را تا ۱۷۵۰ نگاه داشتند، و در این زمان یکی از ایشان این مطلب را کشف کرد که چگونه می‌توانند آن را به صورتی رضایتبخش مورد استعمال قرار دهند.^۳ تنها يك تغییر در قواعد بازی توانست گزینه (آلتر ناتسو) دیگری فراهم آورد.

مطالعه و تحقیق در سنتهای علم هنجاری وجود قواعد دیگری را آشکار می‌سازد، و از این راه اطلاعاتی بیشتر در خصوص تعهداتی که دانشمندان از نمونه‌های خود پیدا می‌کنند به دست می‌آید. آیا اقسام عمده‌ای که این قواعد به آنها تقسیم می‌شود از چه قرار است؟^۴ آشکارترین و محتملاً محدودکننده‌ترین آنها همان گونه‌های تعمیمی است که از آنها سخن گفته‌ایم. اینها بیانها و گزاره‌های صریح قانون علمی و مربوط به مفاهیم و نظریه‌های علمی است. تا زمانی که مورد قبول و احترام قرار دارند، این گونه گزاره‌ها به طرح معماها و محدود کردن راه‌حلهای پذیرفتنی مدد می‌رسانند. مثلاً، قانون نیوتون، همین وظایف را در قرنهای هجدهم و نوزدهم انجام می‌داد. تا زمانی که چنین بود، مقدار ماده برای دانشمند فیزیک يك گونه وجود شناختی بنیادی به شمار می‌رفت، و نیروهایی که در میان پاره‌های ماده به کار می‌افتاد، موضوع غالب پژوهشها به شمار می‌رفت.^۵ در شیمی قوانین نسبتهای ثابت و مشخص مدتی دراز، نیروی مشابهی داشت — مسئله اوزان اتمی را عرضه می‌کرد و نتایج پذیرفتنی تجزیه‌های شیمیایی را محدود می‌ساخت و شیمیدانان را از آن آگاه می‌کرد که اتم و مولکول و مرکب و مخلوط چیست.^۶ معادلات مکسول و

۲. برای گزارش کوتاهی از این آزمایشها، رجوع کنید به صفحه ۴ سخنرانی سی. جی. داویسون، جایزه‌های نوبل

سال ۱۹۳۷ (استوکهولم، ۱۹۳۸): C. J. Davisson's lecture in *Les prix Nobel en 1937*.

۳. و. ویول، *تاریخ علم استقرایی*، دوم، ۱۰۵-۱۰۱، ۲۲۰-۲۲۲.

۴. این سؤال را به او. هگسترام (W. O. Hagstrom) مدیونم که کتاب وی در جامعه‌شناسی گاه مشترکاتی با کتاب من دارد.

۵. برای این جنبه از نیوتونیگری رجوع کنید به ای. ب. کوهن، *فرنکلین و نیوتون: تحقیقی در علم آزمایشی پژوهشی نیوتونی و کار فرنکلین در برق به عنوان مثالی از آن* (فیلادلفیا، ۱۹۵۶)، فصل هفتم، مخصوصاً ۲۵۷-۲۵۵ و ۲۷۷-۲۷۵.

۶. از این مثال به تفصیل در بخش ۱۰ بحث شده است.

قوانین آماری گرمایی و شناختی در زمان حاضر همین وظیفه را انجام می‌دهند. ولی، قواعدی نظیر اینها، نه تنها و نه همیشه، جالبترین گونه عرضه شده به وسیله مطالعه تاریخی نبوده است: مثلاً، در ترازوی پایینتر و عینیت از قوانین و نظریه‌ها، عده‌ای از تعهدناست به گونه‌های مرجح اسبابها و راهی که اسبابهای مورد قبول می‌بایستی حقاً در آن راه به کار برده شود، وجود دارد. تغییر یافتن ایستار نسبت به نقش آتش در تجزیه‌های شیمیایی، نقشی حیاتی در توسعه شیمی در قرن نوزدهم داشته است.^۷ هلمهولتس، در قرن نوزدهم، با مقاومت شدیدی از علمای فیزیولوژی در این باره که آزمایش فیزیکی می‌تواند میدان بحث ایشان را روشن سازد، روبه‌رو بود.^۸ و در این قرن تاریخ شگفت‌انگیز رنگنگاری شیمیایی بار دیگر وجود تعهدهای افزاری را مجسم می‌سازد که، همچون قوانین و نظریه‌ها، برای دانشمندان قواعد بازی را فراهم می‌آورده است.^۹ هنگامی که اکتشاف اشعه ایکس را مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهیم داد، دلایل تعهدات و سرسپردگیهای از این گونه را خواهیم یافت.

تراز بالاتر کمتر موضعی و موقتی، که با وجود این خصوصیت علم را تغییر نمی‌دهد، تعهدات متافیزیکی است که تحقیقات تاریخی به صورت منظم آنها را عرضه می‌دارد. مثلاً، پس از حدود ۱۶۳۰، و مخصوصاً بعد از ظهور نوشته‌های بسیار با نفوذ علمی دکارت، بیشتر دانشمندان فیزیک چنان فرض می‌کردند که جهان ترکیب شده از ذراتی میکروسکوپی است و همه نمودهای طبیعی را می‌توان از طریق شکل و بزرگی و حرکت ذره‌ها و عمل آنها در یکدیگر توضیح داد. معلوم شد که همه تعهدها هم متافیزیکی و هم روششناختی است. به عنوان مابعدطبیعی (متافیزیکی)، به دانشمندان می‌گفت که جهان از چه نوع ذراتی ساخته شده و مشتمل بر چه نوع از ذرات نیست: تنها ماده شکل گرفته در حال حرکت مورد بحث بود. به عنوان روششناختی به آنان می‌گفت که آخرین قوانین و توضیحات بنیادی باید از چه گونه باشد: قوانین می‌بایستی حرکت ذره‌ای و تأثیرات متقابل میان ذرات را معلوم دارد، و توضیح می‌بایستی هر نمود طبیعی را به عمل ذره‌ای صورت گرفته در ذیل قوانین تحویل کند. از این مهمتر آنکه تصور ذره‌ای جهان به دانشمندان می‌گفت که بعضی از مسائل پژوهشی ایشان از چه گونه باید باشد. مثلاً، یک شیمیدان که، همچون بویل، معتقد به فلسفه جدید بود، توجه خاصی نسبت به واکنشهایی مبذول می‌داشت که ممکن بود آنها را همچون تبدیل عناصر به یکدیگر در نظر گرفت. بسیار آشکارتر از چیزهای دیگر، سخن از

۷. ه. متسگر، آموزه‌های شیمیایی در فرانسه از آغاز سده هفدهم تا پایان سده هجدهم، ص ۳۵۹-۳۶۱؛ مری بوئز، رابرت بویل و شیمی سده هفدهم (کیمبرج، ۱۹۵۸)، ص ۱۱۲-۱۱۵؛ Marie Boas, Robert Boyle, *Seventeenth-Century Chemistry*.

۸. لئو کونیکسبرگر، هرمان فون هلمهولتس، ترجمه فرنیسیس، ا. ولبی (اکسفورد، ۱۹۰۶)، ص ۶۵-۶۶؛ Leo Königsberger, Hermann von Helmholtz, trans. Francis A. Welby.

۹. جیمز ای. مینهر، «رنگنگاری: یک چشم‌انداز»، مندرج در علم، پانزدهم (۱۹۴۹)، ۳۸۷-۳۹۲؛ James E. Meinhard, "Chromatography: A Perspective," *Science*.

تنظیم مجدد ذرات در این تبدیل و تغییر شیمیایی موردنظر بود^{۱۰}. آثار مشابهی از ذریگری را می‌توان در تحقیقات مربوط به مکانیک و نور شناخت و گرما نیز مشاهده کرد.

بالاخره، در ترازى باز هم بالاتر، دسته دیگری از تعهدات وجود دارد که بدون آنها هیچ کس دانشمند نیست. مثلاً دانشمند باید علاقه‌مند به فهمیدن طبیعت و دامنه و دقتی که با آن مرتب شده است باشد. لازم است که این تعهد، به نوبه خود، او را بر آن دارد که به تنهایی یا با همکاران دیگر، بعضی از جنبه‌های طبیعت را به تفصیل در معرض مذاقهٔ اختباری (آزمایشی) قرار دهد. و، اگر در این مذاقه دسته‌هایی از نابسامانیهای ظاهری دیده شود، این نابسامانیها باید همچون چالشی برای او باشد تا راه و رسم مشاهده خود را بهبود بخشد یا نظریه‌های خویش را به صورتی دیگر بیان کند. بدون شك قواعد دیگری نظیر اینها وجود دارد که به دانشمندان همهٔ زمانها اختصاص دارد.

وجود این شبکهٔ نیرومند تعهدات — مفهومی، نظریه‌ای، افزاری، و روش‌شناختی — سرچشمهٔ اصلی استعاره‌ای است که علم هنجاری را به حل معما ارتباط می‌دهد. بدان جهت که قواعدی فراهم می‌آورد که به شخص عامل در يك تخصص بالغ می‌گوید که جهان و علم او هر دو به چه چیز شباهت دارند، وی می‌تواند با آسایش خاطر همهٔ کوشش خود را متمرکز در آن مسائل اسرارآمیز کند که این قواعد و شناخت موجود برای او تعیین کرده است. آنچه پس از آن به صورت شخصی مایهٔ چالش وی می‌شود، این است که چگونه باقیماندهٔ معما را حل کند. از این لحاظ و از لحاظهای دیگر، بحثی دربارهٔ معماها و قواعد، ماهیت کار علمی هنجاری را روشن می‌سازد. ولی، از راه دیگر، این روش‌سازی ممکن است به صورتی بسیار مهم گمراه‌کننده بوده باشد. با آنکه آشکارا قواعدی وجود دارد که همهٔ مشتغلان به عمل علمی به صورتی خاص در زمان معین از آن پیروی می‌کنند، خود آن قواعد ممکن است تعیین‌کنندهٔ همهٔ خصوصیات عمل مشترك آن متخصصان نبوده باشد. علم هنجاری يك فعالیت از درجهٔ عالی تعیین شده است، ولی نیازی به آن ندارد که کاملاً به توسط قواعد تعیین شود. به همین جهت است که، در آغاز این رساله، به عنوان سرچشمهٔ انسجام در سنتهای پژوهش هنجاری، بیشتر از نمونه‌های مشترك سخن گفتیم تا از قواعد و فرضها و دیدگاههای مشترك. نظر من آن است که قواعد از نمونه‌ها متفرع می‌شود، ولی نمونه‌ها می‌توانند، حتی در غیاب قواعد، راهنمای پژوهش بوده باشند.

۱۰. برای ذریگری به صورت کلی، رجوع کنید به مری بوئر، «استقرار مکانیک فلسفی» در *اوسیریس*، دهم (۱۹۵۲)، ۴۲۱-۵۴۱؛ Marie Boas, "The Establishment of the Mechanical Philosophy," *Osiris*، برای تأثیر آن در شیمی بویل، رجوع کنید به ت. س. کوهن، «رابرت بویل و شیمی ساختاری در سدهٔ سیزدهم»، در *ایسیس*، چهل و سوم (۱۹۵۲)، ۱۲-۳۶؛ T. S. Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," *Isis*.

۵. اولویت نمونه‌ها

برای کشف کردن ارتباط میان قواعد و نمونه‌ها و علم هنجاری، نخست این مطلب را در نظر می‌گیریم که مورّخ چگونه محلّهای خاص تعهّدی را که بدین گونه به عنوان قواعد پذیرفته توصیف شده‌اند از یکدیگر جدا می‌کند. تحقیق تاریخی از نزدیک دربارهٔ يك تخصّص معین در زمانی معلوم، سبب اکتشاف دسته‌ای از تجسمهای نزدیک استانده و مکرّر نظریه‌های گوناگون در کاربردهای تصویری و مشاهده‌ای و افزاری آنها خواهد شد. اینها نمونه‌های جامعه علمی است که در کتابها و سخنرانیها و تمرینهای آزمایشگاهی آن آشکار می‌شود. با تحقیق کردن دربارهٔ آنها و به کار انداختن آنها، اعضای جامعه وابسته کار و حرفه خود را می‌آموزند. مورّخ البته علاوه بر اینها يك پهنه نیمسایه‌ای را نیز اکتشاف می‌کند که به توسط دستاوردهایی اشتغال شده که وضع آنها هنوز مشکوک است فراهم آمده، ولی قسمت مرکزی مسائل حل شده و راه و روشها معمولاً روشن و آشکار است. با وجود ابهامها، نمونه‌های يك جامعه علمی به حدّ بلوغ رسیده را نسبتاً به آسانی می‌توان معلوم کرد.

ولی، تعیین نمونه‌های مشترك همان تعیین قاعده‌های مشترك نیست. آن کار مستلزم برداشتن گام تازه‌ای از گونهٔ دیگر است. هنگامی که مورّخ می‌خواهد به این کار بپردازد، لازم است نمونه‌های جامعه را با یکدیگر و با گزارشهای پژوهش جاری آن مقایسه کند. در این کار هدف وی اکتشاف این مطلب است که اعضای آن جامعه چه عناصر قابل جدا شدن صریح یا ضمنی را می‌توانسته‌اند از نمونه‌های کلی انتزاع کنند و آنها را به عنوان قواعد در تحقیق خود به کار گیرند. هر کس که در آن کوشیده است تا پیشرفت يك سنت علمی خاص را توصیف کند یا به تجزیه و تحلیل آن بپردازد، ناگزیر به اصول پذیرفته و قواعدی از این گونه برخورد کرده است. تقریباً به یقین، بنابر آنچه از بخش پیش برمی‌آید، وی دست کم با موفقیتی جزئی روبه‌رو خواهد شد. ولی اگر تجربه او همچون تجربهٔ من بوده باشد، جستجوی قواعد را هم بسیار دشوار و هم کمتر رضایتبخشتر از جستجوی برای نمونه‌ها خواهد یافت. بعضی از تعمیمهایی که وی برای توصیف

باورهای مشترك جامعه به کار می برد، هیچ مشکل و مسئله ای را پیش نمی آورد. ولی، بعضی دیگر، و از جمله بخشی از آنها که برای مجسم ساختن در بالا به کار رفت، همچون سایه ای تیره به نظر می رسد. چون به این صورت بیان شود، یا به هر صورت دیگری که وی می تواند تخیل کند، آنها را تقریباً به یقین بعضی از اعضای گروهی که مورخ مشغول تحقیق درباره آن است، طرد کرده اند. با وجود این، اگر بنا باشد که انسجام سنت پژوهش از طریق قواعد فهمیده شود، بعضی از خصوصیات زمینه کلی در پهنه بحث مورد احتیاج است. در نتیجه، جستجو برای دست یافتن به مجموعه ای از قواعد شایسته برای ساختن يك سنت پژوهش هنجاری معین، عنوان سرچشمه ای از يك سرخوردگی و بیحاصلی ژرف و پیوسته خواهد شد.

ولی، اعتراف به این بیحاصلی، به تشخیص منابع آن کومک می کند. دانشمندان ممکن است در این باره به توافق برسند که نیوتون و لاولوآزیه و مکسول و اینشتین راه حلی ظاهراً دایمی برای گروهی از مسائل برجسته به دست آورده اند، و در عین حال از جهت تشخیص خصوصیات مجردی که سبب دایمی شدن آن راه حلها شده، و گاه بدون آگاه بودن از آن، با یکدیگر اختلاف نظر داشته باشند. یعنی، امکان آن هست که درباره بازشناختن نمونه به توافق برسند، بدون آنکه درباره تفسیر یا استدلال پذیر بودن آن توافقی داشته باشند یا حتی تلاشی برای چنین توافق انجام دهند. فقدان يك تفسیر استاندارد یا يك احاله به قاعده های مورد توافق قرار گرفته مانع آن نمی شود که نمونه ای جستجو و پژوهش علمی را راهنمایی کند. علم معمولی می تواند به صورت جزئی با نظارت نمونه ها تعیین پیدا کند، و این فرایندی است که غالباً صورتبندی قواعد و فرضها به آن کومک می کند ولی به اینها وابستگی ندارد. در واقع، وجود يك نمونه نیازمند به آن نیست که حتی يك دسته کامل از قواعد وجود داشته باشد.^۱

ناگزیر، نخستین اثر آن گزارشها پدید آمدن دشواریها و مسائلی است. آیا در غیاب مجموعه شایسته ای از قواعد، چه چیز سبب محدودیت دانشمند در يك سنت علمی هنجاری خاص می شود؟ آیا معنی جمله «بازرسی مستقیم نمونه ها» چیست؟ پاسخهایی جزئی به پرسشهایی از این قبیل به توسط لودویگ ویتگنشتاین داده شده، هر چند به زمینه ای کاملاً متفاوت ارتباط پیدا می کند. بدان سبب که آن زمینه هم بسیار ابتدایتر و هم بسیار آشناتر است، در ابتدا توجه کردن به صورت برهانی آن سودمند به نظر می رسد. ویتگنشتاین پرسیده است که: آیا برای به کار بردن الفاظی همچون «صندلی» یا «برگ» یا «بازی» بدون ابهام و بدون آنکه سبب مجادله شود، چه چیز را باید بدانیم؟^۲

۱. مایکل پولانی به صورتی درخشان به بحث مشابهی پرداخته و گفته است که بیشتر کامیابی دانشمندان وابسته به «شناخت ضمنی»، یعنی شناختی است که از طریق عمل به دست آورده و آن را نمی توان به صورت صحیح بیان کرد. رجوع کنید به کتاب وی، شناخت شخصی (شیکاگو، ۱۹۵۸)، به ویژه فصلهای پنجم و ششم، Michael Polanyi, *Personal Knowledge*.

۲. لودویگ ویتگنشتاین، تحقیقات فلسفی، ترجمه جی. ای. م. انسکامب (نیویورک، ۱۹۵۳)، ص ۳۶-۳۱؛ <

این پرسشی بسیار قدیمی است و عموماً بدین گونه پاسخ داده شده که ما باید، آگاهانه یا از طریق علم شهودی، بدانیم که يك صندلی یا برگ یا بازی چیست. یعنی باید، مثلاً، از دسته‌ای از صفات بازیها که تنها میان آنها مشترك است آگاه باشیم. ولی ویتگنشتاین نتیجه گرفته است که، بنا بر روشی که ما زبان مکالمه را به کار می‌بریم و کلماتی را در آن وارد می‌کنیم، وجود چنین دسته‌ای از خصوصیتها ضرورت ندارد. با وجود آن که بحث درباره بعضی از صفات مشترك میان عده‌ای از بازیها یا صندلیها یا برگها غالباً در امر به کار بردن آن الفاظ مدد می‌رساند، هیچ دسته از خصوصیتها نیست که با هم قابل به کار بردن درباره يك طبقه و تنها به آن طبقه اختصاص داشته باشد. در عوض، هنگامی که با يك فعالیت که پیشتر آن را ندیده‌ایم روبه‌رو شویم، اصطلاح «بازی» را در مورد آن به کار می‌بریم، بدان جهت که آنچه می‌بینیم «شبهت خانوادگی» نزدیکی با عده‌ای از فعالیتها دارد که پیشتر با آنها آشنا شده‌ایم و نام بازی داشته‌اند. خلاصه آنکه، برای ویتگنشتاین، بازیها و صندلیها و برگها خانواده‌هایی طبیعی هستند که هر يك از آنها عبارت از شبکه‌ای از شباهتهای روی هم قرار گرفته و به هم پیوسته است. وجود چنین شبکه‌ای به اندازه کافی موفقیت ما را در بازشناختن چیز یا فعالیت متناظر با آن تضمین می‌کند. تنها مطلب قابل ذکر این است که اگر خانواده‌هایی که از آنها نام می‌بریم بر روی هم قرار گیرند و تدریجاً درهم آمیخته شوند — یعنی، تنها اگر خانواده‌های طبیعی وجود نداشته باشد — کامیابی ما در بازشناختن و نامیدن خود دلیل بر وجود خصوصیتهای مشترك برای هر يك از طبقات نامی است که به کار می‌بریم.

چیزی از همین گونه در مورد مسائل گوناگون و راه و رسمهای پژوهشی که در داخل يك سنت علمی هنجاری پدید می‌آید نیز وجود دارد. آنچه اینها مشترك با یکدیگر دارند آن نیست که با دسته‌ای از قواعد و فرضهای قابل اکتشاف برای سنت خصوصیت و سلطه آن را بر ذهن علمی فراهم آورند. به جای آن، ممکن است از راه مشابهت و به قالب جزئی از علم یا جزئی دیگر از آن در آمدن که جامعه مورد نظر پیش از آن این جزء را از دستاوردهای استقرار یافته خود می‌دانسته است، با یکدیگر ارتباط پیدا کنند. دانشمندان از روی الگوهای کسب شده در ضمن تحصیل و از راه مطالعه ادبیات علمی غالباً بدون شناخت کامل یا احساس نیاز به شناختن خصوصیات که به آن الگوها وضع نمونه‌های جامعه‌ای بخشیده است، به کار برمی‌خیزند. و چون چنین می‌کنند، به دسته کاملی از قواعد نیازی ندارند. انسجام عرضه شده با سنت پژوهش که در آن شرکت می‌کنند، حتی مستلزم وجود مجموعه‌ای از آن قواعد و فرضهای زمینه‌ای نیست که تحقیق اضافی تاریخی یا فلسفی ممکن است آن را آشکار سازد. این واقعیت که دانشمندان معمولاً از این که چه چیز يك مسئله خاص یا يك راه حل را حقیقت می‌بخشد پرسش نمی‌کنند، ما را به وسوسه آن می‌اندازد که

Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, trans, G. E. M. Anscombe ►
 ویتگنشتاین تقریباً هیچ چیزی درباره گونه جهانی که برای تأیید روش نامگذاری خلاصه شده وی لازم است، نگفته است. بنابراین قسمتی از نکته‌ای که پس از این می‌آید، نمی‌تواند به او نسبت داده شود.

چنین فرض کنیم که لااقل از لحاظ شهودی پاسخ آن را می‌دانند. ولی ممکن است این کیفیت تنها نشانه آن باشد که پرسش و پاسخ هیچ کدام برای پژوهش درست و شایسته احساس نمی‌شود. نمونه‌ها ممکن است کاملتر و محدودکننده‌تر از هر دسته از قواعد پژوهشی و مقدم بر چیزی باشد که می‌توانیم بدون ابهام از آنها انتزاع کنیم.

آنچه تاکنون گفته شد، کاملاً جنبه نظری داشت: نمونه‌ها می‌توانند بدون وجود قواعدی قابل اکتشاف تعیین‌کننده علم هنجاری باشند. اکنون بهتر است در آن بکوشم تا هم روشنی و هم ضرورت آن را با نشان دادن بعضی از دلایل برای معتقد شدن به این که نمونه‌ها عملاً و فعلاً به همین گونه کار می‌کنند، افزایش دهم. نخست، آنچه پیشتر به صورت کامل از آن سخن گفتم، دشواری جدی اکتشاف قواعدی است که راهنمای سنتهای خاص علم هنجاری بوده‌اند. آن دشواری شبیه به مشکلی است که فیلسوف در آن هنگام که می‌کوشید تا بگوید چه چیز میان همه بازیها مشترک است با آن روبه‌رو بود. دوم، که اولی حقا نسبت به آن در حکم یک نتیجه است، ریشه در ماهیت تربیت علمی دارد. این نکته روشن است که دانشمندان هرگز مفاهیم و قوانین و نظریه‌ها را به صورت مجرد و به وسیله خود آنها فرا نمی‌گیرند. بلکه، این افزایش‌های عقلی از آغاز در یک واحد قبلی تاریخی و تعلیم و تربیتی ملاقات شده است که آنها را همراه با کاربردهایی که دارند عرضه کرده است. یک نظریه تازه همیشه همراه با کاربردهای آن در بعضی از نمودهای عینی طبیعی بیان می‌شود؛ بدون آنها حتی عنوان نامزدی برای پذیرش هم ندارد. پس از آن که پذیرفته شد، همان کاربردها یا کاربردهای دیگر وارد کتابهای درسی می‌شود که از روی آنها مشتغلان آینده به کار علمی حرفه خود را فرا می‌گیرند. تنها به عنوان نقش و تزئین یا حتی مدرک و سند در کتابها نیامده‌اند. برخلاف، فرایند آموختن یک نظریه وابسته به مطالعه کاربردها، و از جمله روش عملی حل مسئله هم با مداد و کاغذ و هم با آلات و افزار در آزمایشگاه است. اگر، فی‌المثل، دانشجوی نیروشناسی نیوتونی بتواند معنی اصطلاحاتی همچون «نیرو» و «جرم» و «مکان» و «زمان» را اکتشاف کند، بیش از آنکه این کشف به وسیله تعریفهای غیرکامل و هر چند غالباً مددکار در کتاب درسی وی صورت گرفته باشد، از طریق به کار افتادن این مفاهیم برای حل مسئله صورت می‌گیرد.

آن فرایند تعلّم از طریق تمرین با انگشت یا عمل کردن، در سراسر فرایند دوران آشنایی تازه کارانه با حرفه علمی ادامه پیدا می‌کند. به تدریج که دانشجو از سالهای آغاز تحصیل در دانشگاه به پیش می‌رود و به زمان نوشتن پایاننامه دکتری نزدیک می‌شود، مسائلی که با آنها برخورد پیدا می‌کند دشوارتر و دارای سابقه کمتر است. ولی این مسائل از نزدیک در قالب دستاوردهای قبلی وی ریخته شده، و نیز چنین است در مورد مسائلی که معمولاً در دوران حرفه‌ای مستقل علمی برای وی پیش می‌آید. هر کس آزاد است تا چنان فرض کند که در جایی در امتداد راهی که دانشمند در آن پیش می‌رود، وی به صورت شهودی راههای کار را برای خود انتزاع کرده

است، ولی کمتر دلیل برای چنین باوری وجود دارد. با آنکه بعضی از دانشمندان به آسانی و خوبی دربارهٔ فرضیه‌های فردی خاصی سخن می‌گویند که در شالودهٔ يك قطعهٔ عینی پژوهش جاری قرار گرفته است، در هنگام تشخیص مبانی استقرار یافتهٔ میدان خود و مسائل و روشهای معقول و منطقی آن تنها اندکی بهتر از افراد عادی غیر دانشمند به نظر می‌رسند. اگر اصلاً چنین امور تجریدی را فهمیده باشند، این فهم را به صورت عمده از طریق شایستگی خود در پژوهشهای همراه با کامیابی نشان می‌دهند. ولی، آن شایستگی می‌تواند بدون توسل به قواعد فرضی کار فهمیده شود.

این پیامدهای تربیت علمی يك قضیهٔ عکس نیز دارد که از آن دلیل سومی برای این فرض به دست می‌آید که نمونه‌ها به همان گونه که از طریق الگوسازی پژوهش را رهبری می‌کند از طریق قواعد انتزاع شده نیز این وظیفه را انجام می‌دهد. علم هنجاری تنها تا زمانی می‌تواند بدون قواعد پیش برود که جامعهٔ علمی وابسته به آن بدون تردید حل مسائل صورت گرفتهٔ خاص را قبول داشته باشد. بنابراین هر وقت که نمونه‌ها یا الگوها نامطمئن احساس شود، قواعد اهمیت پیدا می‌کند و بیتوجهی دربارهٔ آنها از میان می‌رود. و این درست همان چیزی است که اتفاق می‌افتد. دورهٔ مقدم بر نمونه، به صورت خاص و منظم، همراه با مجادلات عمیق دربارهٔ منطقی بودن روشها و مسائل استاندهای حل است، هر چند اینها بیش از آنکه به ایجاد توافق بینجامد، به تعریف و تحدید مکتبها کومک می‌کند. پیش از این به شماری از این مجادلات در نور شناخت و برق اشاره کردیم، و اینها در پیشرفت علم شیمی قرن هفدهم و زمینشناسی اوایل قرن نوزدهم حتی نقشی بزرگتر ایفا کرده است.^۲ علاوه بر این، جدالهایی از این گونه با ظهور يك نمونه یکباره و برای همیشه پایان نمی‌پذیرد. هر چند در دوره‌های علم هنجاری تقریباً دیده نمی‌شوند، به صورت منظم در دوره‌های پیش از انقلاب و در جریان آن باز می‌گردند، و این دوره‌هایی است که نمونه‌ها مورد حمله قرار می‌گیرد و در معرض تغییر واقع می‌شود. انتقال از مکانیک نیوتونی به مکانیک کوآنتومی مجادلات چندی را هم دربارهٔ ماهیت و هم دربارهٔ استاندهای فیزیک برانگیخت که بعضی از آنها هنوز ادامه دارد.^۴ هم امروز کسانی در قید حیاتند که شاهد منازعات برخاسته از نظریهٔ برقاطیسی مکسول یا مکانیک آماری بوده‌اند.^۵ و دورتر از آن، قبول مکانیک گالیله‌ای و نیوتونی مایهٔ پیدایش

۳. برای شیمی رجوع کنید به متسگر، آموزه‌های شیمیایی در فرانسه از آغاز سدهٔ هفدهم تا پایان سدهٔ هجدهم، ص ۲۷-۲۴؛ ۴۹-۱۴۶؛ و مری بوئر، رابرت بویل و شیمی قرن هفدهم، فصل دوم. برای زمینشناسی رجوع کنید به والتر ف. کَن، «جدال میان طرفداران یکنواختی و طرفداران حوادث ناگهانی»، در ایسیس، پنجاه و یکم (۱۹۶۰)، ۵۵-۳۸؛ Walter F. Cannon, "The Uniformitarian-Catastrophist Debate," *Isis*؛ ۳۸-۵۵؛ و سی. سی. گیلپسی، سفر پیدایش و زمینشناسی (کمبریج، ماساچوستس، ۱۹۵۱)، فصلهای ۴ و ۵؛ C. C. Gillispie, *Genesis and Geology*.

۴. برای اختلاف نظرهای دربارهٔ مکانیک کوآنتومی رجوع کنید به ژان اولمو، *بحران فیزیک کوآنتومی* (پاریس، ۱۹۵۰)، فصل ۲، Jean Ullmo, *La crise de la Physique quantique*.

۵. برای مکانیک آماری رجوع کنید به رونه دوگا، *نظریهٔ فیزیکی از دیدگاه بولتسمان و ادامه‌دهندگان نوین راه وی*، <

مجادلات مشهور خاصی با ارسطویی‌گران و دکارتی‌گران و لایبنتیسی‌گران دربارهٔ استاندهای منطقی علم شده بود.^۶ هنگامی که دانشمندان در این باره که آیا مسائل بنیادی میدان مخصوص به ایشان حل شده است با یکدیگر عدم توافق پیدا می‌کنند، جستجوی قواعد با وظیفه‌ای روبه‌رو می‌شود که در حال عادی بر عهده نداشته است. ولی، در آن صورت که نمونه از خطر در امان است، آنان کار خود را بدون توافق دربارهٔ عقلانیت و استدلالی بودن یا اصلاً بدون تلاشی برای عقلانی کردن انجام می‌دهند.

با بیان دلیل چهارم برای قائل شدن تقدّم و اولویّتی برای نمونه‌ها در برابر قواعد و فرض‌ها، این فصل را به پایان می‌رسانیم. در مقدمهٔ این رساله آمده است که همان گونه که انقلاب‌های بزرگ وجود دارد، انقلاب‌های کوچک نیز ممکن است صورت بگیرد، و این که بعضی از انقلاب‌ها تنها در اعضای یک تخصص فرعی تأثیر می‌کند، و این که برای چنین گروه‌ها حتی اکتشاف یک نمود تازه و دور از انتظار ممکن است انقلابی باشد. در بخش آینده گزیده‌هایی از این انقلاب‌ها را عرضه خواهیم کرد، و هنوز درست روشن نیست که چگونه چنین انقلاب‌ها می‌تواند وجود پیدا کند. اگر علم هنجاری بدان گونه استوار و جامعه‌های علمی چندان به یکدیگر پیوسته است که از فصل‌های قبل نتیجه می‌شود، پس چرا یک تغییر نمونه تنها در یک زیر گروه مؤثر می‌افتد؟ آنچه تاکنون گفته شد، ممکن است چنان به نظر برسد که مستلزم آن است که علم هنجاری یک اقدام یکپارچه و یگانه شده باشد که با بر جای ماندن یا سقوط هر یک از نمونه‌های خود به همان گونه بر جای بماند یا سقوط کند که با بر جای ماندن یا سقوط همهٔ آنها با هم چنین می‌شود. ولی علم به ندرت چنین است یا هرگز چنین وضعی را نشان نمی‌دهد. غالباً، چون همهٔ میدان‌ها را با هم در نظر بگیریم،

▷ (نوشاتل، ۱۹۵۹)، ص ۱۸۴-۱۵۸، ۲۱۹-۲۰۶؛ René Dugas, *La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes*. در مورد پذیرش اثر مکسول رجوع کنید به ماکس پلانک، «تأثیر مکسول در آلمان»، در جیمز کلرک مکسول: مجلد یادبودنامه، ۱۹۳۱-۱۸۳۱ (کیمبرج، ۱۹۳۱)، ص ۴۵-۶۵ و به ویژه ۵۸-۶۳؛ Max Planck, "Maxwell's Influence in Germany," in James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume (لندن، ۱۹۱۰)، دوم، ۱۰۲۷-۱۰۲۶؛ Silvanus P. Thompson, *The Life of William Thomson*؛ Baron Kelvin of Largs.

۶. برای نمونه‌ای از جدال با ارسطویی‌گران رجوع کنید به ا. کوآره، «تاریخی مستند از مسئلهٔ سقوط اجسام از کپلر تا نیوتون»، مندرج در خلاصه مذاکرات انجمن امریکایی فلسفه، چهارم و پنجم (۱۹۵۵)، ۳۹۵-۳۲۹؛ A. Koyré, "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton," *Transactions of the American Philosophical Society* (پاریس، ۱۹۳۱)؛ Pierre Brunet, *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle* (کواآره، از جهان بسته تا کیهان بینهایت) (بالتیمور، ۱۹۵۷)، فصل یازدهم؛ A. Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*.

بیشتر چنان به نظر می‌رسد که ساختاری متزلزل است و میان بخشهای مختلف آن انسجامی وجود ندارد. ولی، آنچه تا اینجا گفته شده، تعارضی با آن مشاهده بسیار شناخته شده ندارد. برخلاف، چون نمونه‌ها را به جای قواعد قرار دهیم، اختلاف و تنوع میدانهای علمی و تخصصها را بهتر می‌توانیم بفهمیم. قواعد صریح، در صورتی که وجود داشته باشد، معمولاً میان گروههای وسیع علمی است، ولی نمونه‌ها لزومی ندارد که چنین باشد. مشتغلان در میدانهای بسیار جدا از یکدیگر، مثلاً علم نجوم ورده‌بندی گیاهان، از راه مواجه شدن با دستاوردهای کاملاً متفاوتی که در کتابهای بسیار مختلف با یکدیگر آمده است، تربیت می‌شوند. و حتی کسانی که از کتابها و دستاوردهای یکسان راه کار خود را فرا می‌گیرند، و در میدانهای واحد یا بسیار نزدیک به یکدیگر کار می‌کنند، ممکن است در جریان تخصص یافتن حرفه‌ای خود نمونه‌های مختلف برای خود داشته باشند. به عنوان مثال، جامعه بزرگ و متنوع تشکیل شده از دانشمندان فیزیک را در نظر بگیرید. هر يك از اعضای این جامعه در زمان حاضر قوانین مکانیک کوآنتومی را فی‌المثل فرا گرفته است، و اغلب آنان این قوانین را در پژوهش یا تدریس به کار می‌برند. ولی همه آنان کاربردهای یکسان این قوانین را فرا نمی‌گیرند و بنابراین همه از تغییراتی که در کار کردن با مکانیک کوآنتومی صورت می‌پذیرد، یکسان متأثر نمی‌شوند. در راه پیشرفت به طرف تخصص حرفه‌ای، معدودی از دانشمندان فیزیک تنها با اصول بنیادی مکانیک کوآنتومی روبه‌رو می‌شوند. کسانی دیگر نمونه کاربردهای این اصول را در شیمی مطالعه می‌کنند، و کسانی دیگر در فیزیک حالت جامد، و بر این قیاس زمینه‌های دیگر. آنچه مکانیک کوآنتومی برای هر يك از آنان معنی می‌دهد وابسته به این است که در چه رشته‌ای درس خوانده و به خواندن چه کتابها پرداخته‌اند و چه مجلاتی را مطالعه می‌کنند. از این جا چنین نتیجه می‌شود که، هر چند تغییری در قانون مکانیک کوآنتومی ممکن است برای همه این گروهها انقلابی باشد، تغییری که تنها در یکی از کاربردهای نمونه‌ای مکانیک کوآنتومی انعکاس پیدا می‌کند، فقط برای اعضای تخصص فرعی يك گروه حرفه‌ای خاص جنبه انقلابی پیدا می‌کند. برای افراد دیگر آن حرفه و برای مشتغلان دیگر به علوم فیزیکی، آن تغییر اصلاً جنبه انقلابی نخواهد داشت. خلاصه آنکه، با وجود این که مکانیک کوآنتومی (یا نیروشناسی نیوتونی یا نظریه برقاطیسی) برای چند گروه علمی يك نمونه است، برای همه گروهها اصلاً همان نمونه نیست. بنابراین، می‌تواند در آن واحد تعیین‌کننده چند سنت علم هنجاری باشد که در پاره‌ای از جاها یکدیگر را می‌پوشانند بدون آنکه گسترده‌گهای برابر داشته باشند. انقلابی که در یکی از سنتها حادث شود، ضرورت ندارد که بر سنتهای دیگر گسترش پیدا کند.

مجسم ساختن مختصر تأثیر تخصص ممکن است به همه این نکات نیرویی اضافی ببخشد. پژوهنده‌ای که امید آن داشت تا چیزی درباره نظریه اتمی بدان گونه که دانشمندان درباره آن می‌اندیشند بداند، از يك فیزیکدان و يك شیمیدان برجسته پرسید که آیا يك اتم تنهای هلیوم يك مولکول است یا چنین نیست. برای شیمیدان اتم هلیوم مولکول بود، بدان جهت که از لحاظ

نظریهٔ حرکتی گازها همچون يك مولكول عمل می‌کرد. برای فیزیكدان اتوم هلیوم يك مولكول نبود، بدان جهت که طیف مولكولی از آن به دست نمی‌آمد.^۷ به احتمال قوی آن هر دو دانشمند از يك ذره سخن می‌گفتند، ولی به آن از دیدگاه تمرین و عمل پژوهشی خود نگاه می‌کردند. تجربهٔ ایشان در حل مسئله به آنان می‌گفت که مولكول چگونه باید باشد. شك نیست که تجربه‌های ایشان با یکدیگر مشترکاتی داشت، ولی در این مورد به دو متخصص يك چیز نمی‌گفت. در ضمن پیشرفت در بخش‌های آینده این مطلب بر ما مکشوف خواهد شد که اختلافات نمونه‌ای از این گونه گاه می‌تواند نتیجه‌بخش باشد.

۷. آن پژوهنده جیمز ک. سینیور بود که گزارشی شفاهی را به او مدیونم. مطالبی از این گونه در مقاله وی آمده است: James K. Senior, «زبان اختصاصی آزمایشگاه»، مندرج در فلسفه علم، بیست و پنجم (۱۹۵۸)، ۱۶۸-۱۶۳؛ «The Vernacular of the Laboratory.» *Philosophy of Science*.

۶. ناهنجاری و ظهور اکتشافات علمی

علم هنجاری یعنی فعالیت حلّ معما که هم اکنون از مطالعه آن فراغت حاصل کردیم، يك اقدام به درجه بالا انبوهشی است که در رسیدن به هدف خود بسیار موفق است، و آن هدف افزودن پیوسته بر وسعت چشم انداز و دقت و صحت شناخت علمی است. در همه این جنبه‌ها با دقت فراوان که عادیترین تصویر کار علمی است موافقت دارد. هدف علم هنجاری تازگی واقعیتها یا نظریه نیست و، در آن هنگام که با کامیابی همراه باشد، چیزی از این گونه به دست نمی‌آورد. با وجود این، نموده‌های تازه و دور از انتظار به صورت مکرر در نتیجه پژوهش علمی آشکار می‌شود، و نظریه‌های تازه‌ای اساسی مکرر در مکرر به توسط دانشمندان اختراع شده است. حتی تاریخ چنین تلقین می‌کند که حرفه علمی راه و رسم یگانه نیرومندی برای به وجود آوردن شگفتیهایی از این قبیل فراهم آورده است. اگر سازگار کردن این خصوصیت علم با آنچه پیشتر گفته شد در نظر باشد، در آن صورت پژوهش در زیر يك نمونه می‌بایستی مخصوصاً راه مؤثری برای ایجاد تغییر در نمونه در نظر گرفته شود. و این همان کاری است که تازه بودن واقعیت و نظریه انجام می‌دهند. چون از روی عدم توجه در يك بازی صورت گرفته مطابق با دسته‌ای از قواعد حاصل شده، جذب کردن آنها مستلزم فراهم آوردن با کمال دقت دسته‌ای دیگر است. پس از آنکه اینها به صورت جزئی از علم درآمدند، دیگر تعهد، لااقل از آن متخصصان که نوآوریها در میدان خاص ایشان صورت گرفته، بار دیگر همان که بوده است نخواهد ماند.

اکنون باید، نخست با در نظر گرفتن اکتشافها یا واقعیتهای تازه، و سپس اختراعه‌ها یا نوآوریهای نظریه، به این پرسش بپردازیم که تغییراتی از این قبیل چگونه می‌تواند صورت بگیرد. ولی آن تمایز میان اکتشاف و اختراع یا میان واقعیت و نظریه، بلافاصله معلوم می‌شود که بسیار مصنوعی است. مصنوعی بودن آن برگه مهمی برای چندین موضوع بحث این رساله است. هنگام توجه به اکتشافات دیگر در باقی این بخش، به سرعت متوجه خواهیم شد که آنها حوادث جدا از یکدیگر نیستند، بلکه حوادث امتداد یافته‌ای هستند که ساختار بازگرد منظم دارند. اکتشاف

با آگاه شدن از ناهنجاری، یعنی با شناختن این امر آغاز شده که طبیعت به صورتی نسبت به چشمداشت‌های حاکم بر علم هنجاری و وابسته به نمونه تخطی کرده است. سپس با اکتشاف کمابیش گسترده پهنه ناهنجاری ادامه پیدا می‌کند. و تنها هنگامی به پایان می‌رسد که نظریه نمونه چنان تعدیل شده باشد که آنچه ناهنجار می‌نمود همان چیزی می‌شود که چشمداشت رسیدن به آن وجود دارد. جذب دسته جدیدی از واقعیت‌ها مستلزم کاری بیش از تعدیل افزایشی نظریه است، و تا زمانی که آن تعدیل صورت اتمام پیدا نکرده است — تا زمانی که دانشمند بداند که از راه دیگری به طبیعت نظر کند — واقعیت جدید اصلاً يك واقعیت علمی کامل نخواهد بود.

برای پی بردن به این مطلب که تازگی واقعیتی و نظریه‌ای چگونه در اکتشاف علمی به یکدیگر بافته شده است، يك مثال مشهور خاص یعنی اکتشاف اکسیژن را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. دست کم سه شخص مختلف نسبت به این اکتشاف ادعای مشروع دارند، و چندین شیمیدان دیگر می‌بایستی در اوایل سال‌های ۱۷۷۰ در ظروف آزمایشگاه‌ها به غنی کردن هوا، بدون خبر داشتن از آن، پرداخته باشند^۱. پیشرفت علم هنجاری، و در این مورد علم شیمی هوشناختی، راه را برای يك اکتشاف کاملاً هموار ساخت. قدیمترین کسی که مدعی آن بود که نمونه‌ای نسبتاً خالص از گاز را فراهم آورده، يك دواساز سوئدی به نام سی. و. شِله بود. ولی می‌توانیم نسبت به آن تغافل نشان دهیم، از آن جهت که تا زمانی که اکتشاف اکسیژن در چند جای دیگر اعلان شد، خبر آن انتشار نیافته بود، و بنابراین در الگوی تاریخی که در این جا بسیار مورد توجه ما است، تأثیری ندارد^۲. شخص دومی که به ترتیب زمانی مدعی کشف کردن اکسیژن بوده، دانشمند و روحانی انگلیسی جوزف پرستلی (Joseph Priestley) است که گاز آزادشده از اکسید جیوه را به عنوان يك نمونه در پژوهش هنجاری ممتد «هواها»ی به دست آمده از عده‌ای مواد جامد در ظرفی جمع کرده بود. وی در ۱۷۷۴ گازی را که به این ترتیب به دست آورده بود اکسید نیترو معرفتی کرد و در ۱۷۷۵، به دنبال آزمون‌های دیگر، آن را هوای معمولی دارای مقدار فلورِیستونی کمتر از حد عادی خواند. مدعی سوم، لاووازیه، کاری را آغاز کرد که پس از آزمایش‌های ۱۷۷۴ پرستلی و محتملاً با نتیجه‌گیری از آنها، وی را به اکسیژن رهبری کرد. در اوایل سال ۱۷۷۵ لاووازیه گزارش داد که گاز به دست آمده از گرم کردن اکسید جیوه «خود هوای کامل است بدون تغییر [جز این که]...

۱. برای بحث هنوز رسمی درباره اکتشاف اکسیژن، رجوع کنید به ا. ن. بلدرم، *انقلاب سده هجدهم در علم — مرحله نخستین* (کلکته، ۱۹۳۰)، فصل ۵. A. N. Meldrum, *The Eighteenth-Century Revolution in Science—the First Phase*. يك تجدیدنظر ضروری تازه، مشتمل بر گزارشی در خصوص اختلاف نظر نسبت به حق تقدم، کتاب موريس دوم، لاووازیه، *نظریه‌ساز و آزمایشگر* (پاریس، ۱۹۵۵)، فصل‌های ۲ و ۳ است. Maurice Daumas, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*. برای گزارش کامل و کتابنامه نیز رجوع کنید به ت. س. کوهن، «ساختار تاریخی اکتشاف علمی»، در علم، صدوسی و ششم (ژوئن ۱۹۶۲)، ۷۶۴-۷۶۰.

۲. با وجود این، رجوع کنید به یونو باکلند، «نامه مفقود شده‌ای از شله به لاووازیه»، در *لیکنوس*، ۱۹۵۸-۱۹۵۷، ص ۶۲-۳۹. Lychnos. «A Lost Letter from Scheele to Lavoisier», Uno Bocklund, برای ملاحظه ارزشیابی دیگری از نقش شله.

خالصتر به دست آمده و برای تنفس کردن بهتر است»^۳. در ۱۷۷۷، محتملاً با کومک گرفتن از اشاره دیگری از پرستلی، لاووازیه چنین نتیجه گرفت که آن گاز از نوعی متمایز و یکی از دو تشکیل‌دهنده عمده جو است، و این استنتاجی بود که پرستلی هرگز قابلیت پذیرفتن آن را نداشت.

این الگوی اکتشاف سؤالی را طرح می‌کند که آن را در مورد هر نمود تازه که به خودآگاهی دانشمندان راه یافته باشد می‌توان طرح کرد. آیا از پرستلی و لاووازیه، اگر واقعاً یکی از آنان کاشف اکسیژن بوده، کدام يك آن را نخست کشف کرده است؟ در هر صورت، اکسیژن در چه سال کشف شد؟ در زیر این شکل از پرسش، طرح آن در صورتی که يك مکتشف بیشتر نداشته باشد هم ممکن است. برای حکم کردن درباره حق تقدم و تاریخ، يك جواب اصلاً به کار ما نمی‌خورد. با وجود این، کوششی برای دست یافتن به يك پاسخ، ماهیت اکتشاف را در روشنی قرار می‌دهد، بدان جهت که جوابی از آن گونه که در جستجوی آن هستیم نیست. اکتشاف از گونه فرایندی نیست که درباره آن پرسش به صورت درست طرح شده است. این واقعیت که پرسیده شده — اولویت نسبت به کشف اکسیژن از ۱۷۸۰ به بعد مکرر مورد ادعا قرار گرفته است — نشانه وجود چیزی نادرست و منحرف در تصویر علمی است که برای اکتشاف نقشی چنین بنیادی قائل است. بار دیگر به مثال ما نگاه کنید. ادعای پرستلی نسبت به اکتشاف اکسیژن مبتنی بر حق تقدم او در جدا کردن گازی است که سپس به عنوان نوع خاصی از گاز شناخته شده است. ولی گاز پرستلی خالص نبود، و اگر به دست آمدن اکسیژن غیرخالص به توسط کسی باید برای او به عنوان اکتشاف شناخته شود، این کار را مدتها پیش از آن هر کس که هوای جو را در بطری کرده بود انجام داده است. علاوه بر این، اگر پرستلی مکتشف بوده، این اکتشاف در چه تاریخی صورت گرفته؟ در ۱۷۷۴ چنان می‌اندیشید که اکسیدنیترو را کشف کرده که پیش از آن شناخته بوده است؛ در ۱۷۷۵ آن گاز را هوای فلوژیستون نزدوده می‌دانست که اکسیژن نیست یا حتی، برای شیمیدان فلوژیستونی، نوعی دور از انتظار از گاز است. ادعای لاووازیه محتمل است قویتر باشد، ولی آن نیز چنین مشکلاتی دارد. اگر از دادن نشان افتخار به پرستلی خودداری کنیم، آن را به لاووازیه هم نمی‌توانیم برای کار ۱۷۷۵ تقدیم کنیم که نتیجه‌اش آن شد که گاز را «خود هوای کامل» بدانند. مسلماً منتظر کارهای ۱۷۷۶ و ۱۷۷۷ می‌مانیم که بنابر آنها لاووازیه نه تنها گاز را دید بلکه دریافت که آن گاز چیست. حتی دادن این جایزه هم مورد تردید است، چه لاووازیه در ۱۷۷۷ و تا پایان زندگی خود در این باره اصرار می‌ورزید که اکسیژن يك «اصل اسیدی» اتومی است و تنها در

۳. ج. ب. کاننت، برافتادن نظریه فلوژیستون: انقلاب شیمیایی ۱۷۸۹-۱۷۷۵ («سرگذشت‌های تاریخی علم تجربی هاروارد»، شماره ۲، کیمبرج، ماساچوستس، ۱۹۵۰)، ص ۲۳. J.B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789*. در این دفتر بسیار سودمند بعضی از اسناد مربوط دو بار به چاپ رسیده است.

هنگامی تشکیل می‌شود که آن «اصل» با کالوریک یعنی ماده‌ی حرارت متحد شود^۴. بنابراین آیا حق داریم بگوئیم که اکسیژن در ۱۷۷۷ هنوز کشف نشده بوده است؟ بعضی به آن وسوسه می‌شوند که چنین کنند. ولی اصل اسید بودن از شیمی تا پس از ۱۸۱۰ طرد نشد، و کالوریک تا ۱۸۶۰ دوام کرد. اکسیژن پیش از این هر دو تاریخ به صورت يك ماده‌ی شیمیایی استانده در آمده بود.

آشکارا برای تحلیل حوادثی نظیر اکتشاف اکسیژن به واژگان و مفاهیم تازه‌ای نیازمندیم. هر چند جمله «اکسیژن کشف شد» بدون شك درست است، با القای این اندیشه به ذهن ما که اکتشاف عمل ساده و یگانه‌ای شبیه مفهوم متعارفی (و آن نیز مورد تردید) دیدن است، سبب گمراهی ما می‌شود. به همین جهت است که به آسانی چنان فرض می‌کنیم که کشف کردن، همچون دیدن یا لمس کردن، می‌بایستی بدون تردید به يك انسان و به يك لحظه در زمان نسبت داده شود. ولی این انتساب اخیر همیشه غیرممکن است، و اولی نیز غالباً چنین است. با تغافل نسبت به شله، به آسانی می‌توانیم بگوئیم که اکسیژن پیش از ۱۷۷۴ کشف نشده، و محتملاً نیز می‌توانیم اظهار کنیم که در ۱۷۷۷ یا اندکی پس از آن کشف شد. ولی در داخل آن حدود یا حدود دیگری همانند آنها، هر کوششی که برای تاریخ اکتشاف صورت بگیرد، ناگزیر من عندی است، بدان جهت که اکتشاف يك نمود تازه ناگزیر حادثه‌ای پیچیده است که مستلزم شناختن آن چیز و چه چیزی آن است. مثلاً، به این نکته توجه کنید که اگر اکسیژن برای ما عبارت از هوای فلوئستونزدوده می‌بود، لازم می‌آمد که بدون تردید در این باره اصرار بورزیم که پرستلی آن را کشف کرده بوده است، هر چند هنوز هم نمی‌دانستیم که این کشف در چه زمانی صورت گرفته بوده است. ولی اگر مشاهده و تصوّر، یا واقعیت و جذب در نظریه، به شکلی جدانشدنی از یکدیگر در اکتشاف دخالت دارند، در آن صورت اکتشاف فرایند است و مدّتی به طول می‌انجامد. تنها در آن هنگام که همه اقسام تصوّر‌ها و مفاهیم از پیش فراهم شده باشد، که در این حالت نمود از گونه‌ای تازه نخواهد بود، اکتشاف آنی و چه چیزی بدون زحمت، همراه با هم و در يك لحظه، صورتپذیر خواهد شد.

اکنون چنان می‌پذیریم که اکتشاف مستلزم فرایندی، هر چند نه لزوماً طولانی، از جذب و قبول تصوّری و مفهومی بوده باشد. آیا در این صورت می‌توانیم بگوئیم که مستلزم پیدایش تغییری در نمونه است؟ به این پرسش هنوز نمی‌توانیم پاسخی بدهیم، ولی لااقل در این حالت، جواب باید آری باشد. آنچه لاووازیه در نوشته‌هایش از ۱۷۷۷ به بعد آورده، بیش از آنکه مربوط به اکتشاف اکسیژن بوده باشد به نظریه احتراق به وسیله اکسیژن مربوط می‌شود. آن نظریه سنگ شالوده صورتبندی جدید علم شیمی به چنان وسعتی شد که آن را معمولاً به نام انقلاب شیمیایی می‌خوانند. در واقع، اگر اکتشاف اکسیژن جزء اساسی طلوع يك نمونه جدید برای شیمی نمی‌بود، مسئله حق اولویت که سخن خود را از آن آغاز کردیم، هرگز این اندازه مهم جلوه‌گر نمی‌شد. در این مورد همچون در موارد دیگر، ارزشی که به يك نمود تازه و در نتیجه به کاشف آن

۴. ه. متسگر، فلسفه ماده بنابر نظر لاووازیه (پاریس، ۱۹۳۵): H. Metzger, *La Philosophie de la*

matière chez Lavoisier; و دوماً، اثر یادشده، فصل ۷.

داده می‌شود، با ارزیابی ما از دامنه‌ای که تا آن اندازه نمود منظور نظر پیشبینیهای القاشده از طرف نمونه را مورد تجاوز قرار داده، تغییر می‌پذیرد. با وجود این باید به این مطلب از لحاظ اهمیت که بعداً پیدا می‌کند توجه داشت که اکتشاف اکسیژن به خودی خود سبب تغییر در نظریه شیمیایی نشد. لاووازیه، مدتی دراز پیش از آنکه نقشی در اکتشاف گاز تازه داشته باشد، چنین اعتقاد پیدا کرده بود که هم در نظریه فلوژیستونی يك نادرستی وجود دارد و هم اجسامی که می‌سوزند چیزی را از هوا به خود جذب می‌کنند. و این قسمت عمده چیزی است که در نامه‌ای سر به مهر نوشته و در ۱۷۷۲ به دبیر فرهنگستان علوم فرانسه سپرده بود.^۵ آنچه کار کردن درباره اکسیژن کرد آن بود که صورت و ساختاری اضافی به احساس قبلی لاووازیه در این باره که چیزی نادرست بوده است بدهد. به او چیزی گفت که خود پیش از آن آماده کشف کردن آن شده بود — ماهیت ماده‌ای که احتراق از جو می‌گیرد. این آگاهی قبلی از مشکلات می‌بایستی سهم عمده‌ای در چیزی داشته باشد که به لاووازیه این قابلیت را بخشید تا در آزمایشها همچون پر یستلی يك گاز را ببیند که خود پر یستلی نتوانسته بود آن را ببیند. بر عکس، این واقعیت که تجدیدنظری عمده در نمونه برای دیدن آنچه لاووازیه دید ضرورت داشت، می‌بایستی دلیل اصلی برای آن باشد که چرا پر یستلی، تا پایان عمر خود، نتوانست آن را ببیند.

دو مثال مختصر دیگر آنچه را که تاکنون گفتیم تقویت می‌کند و در عین حال ما را از آشکار ساختن ماهیت اکتشافات به طرف فهم اوضاع و احوالی که با پیدا شدن آنها ظهور اکتشافات صورتپذیر می‌شود هدایت خواهد کرد. در تلاشی برای معرفی کردن راههای عمده‌ای که در آنها اکتشافات ظهور پیدا می‌کند، این مثالها چنان انتخاب شده است که هم با یکدیگر و هم با اکتشاف اکسیژن تفاوت داشته باشد. اولی یعنی پرتوهای ایکس حالتی شناخته شده از اکتشاف اتفاقی و گونه‌ای است که فراوانتر از استانداردهای غیر شخصی که گزارش علمی دریافت آن را برای ما میسر می‌سازد، اتفاق می‌افتد. داستان آن از آن روز آغاز می‌شود که رونتگن فیزیكدان يك تحقیق متعارفی درباره پرتوهای کاتودی را بدان سبب متوقف کرد که دید صفحه‌ای پوشیده از پلاتینوسیانور باریوم که در فاصله‌ای از دستگاه زیر پوشش قرار گرفته او بود، در آن هنگام که تخلیه برقی صورت می‌گرفت درخشندگی پیدا کرده است. تحقیقات بیشتر — در مدت هفت روز متوالی پرکار که در آن رونتگن آزمایشگاه را ترك نکرد — نشان داد که سبب درخشندگی به خط مستقیم لوله پرتوهای کاتودی است و این که تشعشع سایه می‌اندازد و پرتوها را نمی‌توان با آهنربا و چیزهای دیگر منحرف کرد. پیش از آنکه رونتگن اکتشاف خود را اعلان کند، خود را متقاعد ساخت که این اثر مربوط به اشعه کاتودی نیست بلکه وابسته به عاملی است که دست کم شباهتی

۵. برای معتبرترین گزارش درباره منشأ نارضایی لاووازیه، رجوع کنید به هنری گرلک، لاووازیه — سال بحرانی: زمینه و منشأ نخستین آزمایشهای وی درباره احتراق در سال ۱۷۷۲ (ایتاکا، نیویورک، ۱۹۶۱)؛ Henry Guerlac, Lavoisier—the Crucial Year: His First Experiment on Combustion in 1772.

به نور دارد.^۶

حتی خلاصه‌ای به این کوتاهی به صورتی شگفت‌انگیز شباهت‌های این اکتشاف را به اکتشاف اکسیژن آشکار می‌سازد: لاووازیه، پیش از آنکه با اکسیدسرخ جیوه آزمایش کند، به آزمایش‌هایی پرداخته بود که از آنها نتایج مورد انتظار نمونه فلوژیستونی به دست نمی‌آمد؛ آزمایش رونتگن با آگاهی از این که صفحه اوهنگامی درخشان شد که نباید چنین شده باشد آغاز شد. در هر دو حالت دریافت ناهنجاری — از يك نمود، یعنی، از چیزی که نمونه وی آن را برای تحقیق‌کننده آماده نکرده بود — نقشی اساسی برای هموار کردن راه دریافت چیزی تازه ایفا کرد. ولی، در هر دو حالت، این ادراک که چیزی نادرست اتفاق افتاده فقط مقدمه اکتشاف بوده است. اکسیژن و پرتوهای ایکس، هیچ يك بدون فرایند اضافی آزمودن و جذب کردن ظهور پیدا نکرد. مثلاً، در کدام نقطه از تحقیق رونتگن باید بگوییم که پرتوهای ایکس عملاً اکتشاف شده است؟ به هر صورت در آن نخستین لحظه‌ای نبوده است که آنچه مورد توجه قرار گرفت يك صفحه درخشان بود. لااقل يك محقق دیگر آن درخشندگی را دیده و، با کمال اندوهی که پس از آن برای وی حاصل شد، به اکتشاف هیچ چیز دست نیافته بود.^۷ تقریباً این مطلب واضح است که نمی‌توان لحظه اکتشاف را به پیش کشید و آن را در هفته تحقیق قرار داد که در آن رونتگن به پژوهش درباره خواص پرتوهای تازه‌ای پرداخت که خود وی پیش از آن اکتشاف کرده بود. تنها می‌توانیم بگوییم که پرتوهای ایکس در وورتسبورگ میان ۸ نوامبر و ۲۸ دسامبر ۱۸۹۵ اکتشاف شده است.

ولی در يك پهنه سوم وجود تشابه برجسته‌ای میان اکتشاف‌های اکسیژن و پرتو ایکس کمتر آشکار است. برخلاف اکتشاف اکسیژن، اکتشاف پرتوهای ایکس، دست کم تاده سال پس از آن حادثه مایه هیچ زیر و زبیرشدنی در نظریه فیزیکی نشد. پس به چه معنی می‌توان گفت که جذب آن اکتشاف مستلزم تغییر نمونه بوده است. زمینه برای انکار چنین تغییری بسیار مستحکم است. مطمئناً نمونه‌هایی مورد تعهد رونتگن و معاصران وی نمی‌توانسته است برای پیشگویی از پرتوهای ایکس به کار رفته باشد (نظریه برق‌اطیسی مکسول هنوز در همه جا مورد قبول واقع نشده بود، و نظریه خاص پرتوهای کاتودی تنها یکی از چند تحقیق نظری بود). ولی هیچ يك از آن نمونه‌ها، لااقل به صورتی آشکار مانع وجود پرتوهای ایکس بدان صورت نبود که نظریه فلوژیستون مانع تفسیر لاووازیه از گاز پرستلی بود. برخلاف، در ۱۸۹۵ نظریه علمی پذیرفته

۶. ل. و. تیلر، *فیزیک علم پیش‌تاز* (بوستون)، ۱۹۴۱، ص ۷۹۴-۷۹۰؛ L. W. Taylor, *Physics, the Pioneer*؛ T. W. Chalmers, *Science*؛ و ت. و. چالمرز، *پژوهش‌های تاریخی* (لندن، ۱۹۴۹)، ص ۲۱۹-۲۱۸؛ *Historic Researches*.

۷. ای. ت. ویتکر، *تاریخی از نظریه اتر و برق*، یکم (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ۳۵۸، حاشیه ۱، E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*. سر جورج تامسن مرا از ناکامی دومی در همان زمان آگاه ساخت. سر ویلیام کروکس (Sir William Crookes) که مهالودگی شیشه‌های عکاسی را مشاهده کرده بود نیز در خط اکتشاف قرار داشت.

شده و طرز کار عده‌ای از اشکال تشعشع را پذیرفته بود — مرئی وزیر سرخ و ماورای بنفش. چرا نباید پرتوهای ایکس به عنوان شکل دیگری از يك طبقه شناخته شده نمودهای طبیعی پذیرفته شده باشد؟ چرا آنان، فی المثل، آن را همان گونه نپذیرند که اکتشاف يك عنصر شیمیایی اضافی را می‌پذیرفتند؟ عنصر تازه‌ای که يك جای خالی را در جدول تناوبی عناصر اشغال کند مورد توجه بود و این جدول در زمان رونتگن به وجود آمده بود. ادامه دادن به آن عنوان طرحی استاندارد برای علم هنجاری داشت و کامیابی در آن فرصتی برای تبریک گفتن محسوب می‌شد نه برای غافلگیر و دچار شگفتی شدن.

ولی پرتوهای ایکس نه تنها با شگفتزدگی تلقی شد، بلکه مایه هول و تکان نیز بود. لورد کلوین نخست آنها را يك حقه و شوخی فریبامیز خواند^۸. دیگران که نمی‌توانستند در دلایل شك کنند، سخت دچار دهشت و گیجی شده بودند. با آنکه پرتوهای ایکس با نظریه استقرار یافته منع نشده بود، این پرتوها به صورتی ژرف نسبت به چشمداشتها همچون تجاوزی محسوب می‌شد. آن چشمداشتها، به اعتقاد من، به صورت ضمنی در طرح و تفسیر روشهای آزمایشگاهی تثبیت شده وجود داشت. در سالهای ۱۸۹۰ تجهیزات اشعه کاتودی به صورتی وسیع در شمار زیادی از آزمایشگاههای اروپا گسترش یافته بود. اگر دستگاه رونتگن پرتوهای ایکس تولید می‌کرد، در آن صورت لازم می‌آمد که عده‌ای از آزمایشگران دیگر مدتی آن پرتوها را بدون آنکه بدانند چیست تولید کرده باشند. شاید آن پرتوها، که ممکن بود منابع دیگر نیز داشته باشند، وابسته به رفتاری باشد که پیش از آن بدون اشاره به آنها مورد توضیح قرار گرفته بوده است. دست کم می‌بایستی عده‌ای از افزارهایی را که مدت درازی با آنها آشنا بوده و کار می‌کرده‌اند، با سپری از سرب بیوشانند. کارهای تمام شده پیش از آن درباره طرحهای هنجاری اکنون باید دوباره تکرار شود، بدان جهت که دانشمندان پیشین نتوانسته بودند يك متغیر مؤثر را تشخیص دهند و آن را کنترل کنند. اشعه ایکس، بدون شك میدان تازه‌ای را گشود و بنابراین به متصرفات علم هنجاری چیزی اضافه کرد. ولی این اشعه همچنین میدانهایی را که پیش از آن وجود داشت تغییر داد، و این خود اکنون مهمترین نکته است. در این فرایند پرتوهای ایکس حق نمونه‌ای بودن افزارها بدین عنوان مورد انکار قرار گرفت.

خلاصه آنکه، خوداگاهانه یا جز آن، تصمیم گرفتن بر کاربرد يك قطعه افزار یا دستگاه به طریق خاص همراه با این فرض است که تنها بعضی از گونه‌های حوادث ظهور پیدا خواهد کرد. همان گونه که چشمداشتهای نظریه‌ای وجود دارد، چشمداشتهای افزاری نیز هست، و اینها غالباً در پیشرفت علم نقش قطعی ایفا کرده‌اند. مثلاً، یکی از این قبیل چشمداشتها، بخشی از سرگذشت اکتشاف تأخیر یافته اکسیژن است. با استفاده از آزمون استاندارد برای «خوبی هوا»، هم پرستلی و هم لاووازیه، دو حجم از گاز خود را با يك حجم از اکسید نیتريك مخلوط می‌کردند و این مخلوط

را بر روی آب تکان می‌دادند و حجم گاز باقیمانده را اندازه می‌گرفتند. تجربه‌ای مقدم که بنا بر آن این روش استاندارد به دست آمده بود، برای آنان این اطمینان خاطر را فراهم می‌آورد که با هوای جو گاز باقیمانده يك حجم است و برای هر گاز دیگر (یا برای هوای آلوده) باید بزرگتر از این باشد. در تجربه‌های اکسیژن هر دو نفر بازمانده‌ای نزدیک يك حجم به دست آوردند و بنا بر آن به تشخیص آن گاز پرداختند. تنها مدتی پس از آن و بیشتر بر حسب تصادف، پرستلی از روش استاندارد دست کشید و در آن کوشید تا اکسید نیتريك را با گاز خود به نسبت‌های دیگر مخلوط کند. وی سپس به این نتیجه دست یافت که اگر حجم اکسید نیتريك چهار برابر شود، اصلاً باقیمانده‌ای بر جای نمی‌ماند. پایبندی وی به روش آزمایش اصلی — روشی که با بسیاری از آزمایش‌های پیشین تضمین شده بود — در عین حال پایبندی به عدم وجود گازهایی بود که بتوانند رفتاری همچون رفتاری که اکسیژن نشان داد داشته باشند.^۹

تجسمی از این گونه می‌تواند، مثلاً، با اشاره به بازشناختن تأخیر پیدا کرده شکافت اورانیوم تکرار شود. يك دلیل برای این که چرا بازشناختن شکافت اورانیوم با دشواری روبه‌رو شد این بود که کسانی که می‌دانستند پس از بمباران کردن اورانیوم باید منتظر دیدن چه چیز باشند، آزمایش‌هایی شیمیایی را برگزیدند که به صورت عمده به عناصر قرار گرفته در بالای جدول تناوبی ارتباط پیدا می‌کرد.^{۱۰} آیا باید از وفور همراه کننده بودن این پایبند و متعهد بودن افزاری چنین نتیجه‌گیری کنیم که لازم است آزمایش‌های استاندارد و افزارهای استاندارد را کنار بگذاریم؟ در يك روش پژوهش غیر قابل تصور چنین نتیجه‌گیری صورت‌پذیر می‌شود. روشها و کاربردهای نمونه‌ای

۹. کانت، کتاب یادشده، ص ۱۸-۲۰.

۱۰. ك. ك. دارو، «شکافت هسته‌ای» در مجله فنی بل سیستم، نوزدهم (۱۹۴۰)، ۲۸۹-۲۶۷؛ K. K. Darrow, «Nuclear Fission», *Bell System Technical Journal*, کریتون، یکی از دو محصول عمده شکافت، ظاهراً تا پس از صورت گرفتن فعل و انفعال و فهم درست آن، از طریق شیمیایی بازشناخته نشده بود. فراورده دیگر، باریوم، پیش از آن در مرحله آخر تحقیق از راه شیمیایی تشخیص داده شده بود، بدان سبب که آن عنصر می‌بایستی به محلول رادیو آکتیو افزوده شود تا سنگین‌ترین عنصر که شیمیدانان هسته‌ای در جستجوی آن بودند تهنشین شود. ناتوانی در جدا کردن آن باریوم افزوده شده از فراورده رادیو آکتیو، سرانجام، پس از آنکه فعل و انفعال چندین بار در مدت نزدیک پنج سال مورد پژوهش قرار گرفت، به بیان کردن این نتیجه انجامید: «ما، به عنوان شیمیدان، با این پژوهش بدین نتیجه خواهیم رسید... که همه نامها را در طرح [واکنش] سابق عوض کنیم و به جای Ac, Ra, Th, بنویسیم Ce, La, Ba. اما به عنوان شیمیدانان هسته‌ای، با داشتن پیوستگی نزدیک به فیزیک، نمی‌توانیم با این جهش که متناقض با آزمایش پیشین فیزیک هسته‌ای است خود را سازگار کنیم. امکان آن هست که رشته‌ای از حوادث عجیب، نتایج ما را فریبامیز کرده باشد» (اتوهان و فریتس اشتراسمان، مقاله «در باره اثبات وجود و عملکرد فلزات قلیایی خاکی که به وسیله نوترون‌های تشعشعی اورانیوم به وجود آمده‌اند»، مندرج در *علم طبیعی*، بیست و هفتم [۱۹۳۹]، ۱۵)، Otto Hahn and Fritz Strassman, «Uber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle», *Die Naturwissenschaften*.

به همان اندازه برای علم ضرورت دارد که قوانین و نظریه‌ها ضروری است، و همان آثار را دارد. ناگزیر در هر زمان میدان نمود شناختی در دسترس پژوهش علمی را محدود می‌کند. با توجه به آنچه گفته شد، به این نتیجه می‌رسیم که به يك لحاظ اساسی، اکتشافی همچون اکتشاف پرتوهای ایکس مستلزم تغییر نمونه — و بنابراین تغییر در روشها و چشمداشتها هر دو — در بخش خاصی از يك جامعه علمی است. به عنوان نتیجه، نیز می‌توانیم این مطلب را بفهمیم که چگونه اکتشاف اشعه ایکس توانست چنان به نظر برسد که درهای يك جهان تازه را بر روی بعضی از دانشمندان گشوده است و از این راه امکان آن فراهم آمد که به صورتی مؤثر در بحرانی که راهنمای رسیدن به فیزیک قرن بیستم بود شرکت پیدا کند.

مثال آخری ما از اکتشاف علمی، یعنی مثال بطری لید، به طبقه‌ای تعلق دارد که می‌توانیم آن را القاشده از نظریه توصیف کنیم. این اصطلاح، در آغاز ممکن است محال‌نمایانه به نظر برسد. از بیشتر آنچه تاکنون گفته‌ایم چنین برمی‌آید که اکتشافات پیشگویی شده به توسط نظریه جزئی از علم هنجاری به شمار می‌رود و گونه جدیدی از واقعیت نتیجه آنها نخواهد بود. مثلاً، پیش از این به اکتشافات شیمیایی نیمه دوم قرن نوزدهم به عنوان پیشرفتی از علم هنجاری در آن راه اشاره کردم. ولی همه نظریه‌ها، نظریه‌های نمونه‌ای نیست. دانشمندان، هم در دوره‌های پیش از نمونه و هم در بحرانهایی که به تغییراتی پردامنه در نمونه می‌انجامد، معمولاً نظریه‌هایی پژوهشی و درست بیان نشده به وجود می‌آورند که خود آنها می‌تواند راه اکتشاف را نشان دهد. ولی غالباً، آن اکتشاف درست همان چیزی نیست که فرضیه پژوهشی و موقتی آن را پیشبینی کرده بوده است. تنها هنگامی که آزمایش و نظریه موقتی با هم در فراهم آوردن صورت بیانی يك رقابت و مسابقه شریک شوند، اکتشاف ظهور پیدا می‌کند و نظریه به صورت يك نمونه در می‌آید.

اکتشاف بطری لید همه این جنبه‌ها و نیز جنبه‌های دیگر را که پیشتر مورد ملاحظه قرار دادیم، آشکار می‌سازد. هنگامی که آغاز شد، نمونه واحدی برای پژوهش برقی وجود نداشت. به جای آن، عده‌ای از نظریه‌ها که همه آنها از نمودهای نسبتاً در دسترس قرار گرفته فراهم آمده بود، در حال رقابت با یکدیگر وجود داشت. هیچ يك از آنها در تنظیم جالب توجه و خوب همه انواع نمودهای برقی کامیابی به دست نیاورد. این شکست سرچشمه چندین ناهنجاری شد که زمینه را برای اکتشاف بطری لید هموار ساخت. یکی از مکتبهای در حال رقابت برق‌گران با یکدیگر، برق را همچون يك سیال در نظر می‌گرفت، و همین طرز تصور عده‌ای را بر آن داشت که در اندیشه ریختن این سیال در يك بطری پر از آب برآیند که آن را در دست خود نگاه داشته و آب آن را به يك رسانای آویخته از يك مولد ایستای برقی در حال کار متصل کرده باشند. هنگام جدا کردن بطری از ماشین و دست زدن به آب (یا رسانای متصل به آن) با دست آزاد دیگر خود، هر يك از پژوهندگان با يك تکان برقی شدید روبه‌رو می‌شد. ولی آن آزمایشهای نخستین راهنمای آزمایش‌گران به بطری لید نشد. این اسباب به کندی ظهور پیدا کرد، و بار دیگر غیر ممکن است گفته شود که چه وقت اکتشاف آن صورت اتمام پذیرفت. تلاشهای نخستین برای انبار کردن سیال برق تنها بدان سبب

صورت عمل پیدا می‌کرد که شیشه را درحالی در یک دست می‌گرفتند که خود بر روی زمین قرار گرفته بودند. بر قگران مدتی می‌بایستی صبر کنند تا به این حقیقت واقف شوند که بطری به یک پوشش رسانای بیرونی و نیز یک پوشش رسانای درونی نیاز دارد، و نیز دریابند که برق در واقع اصلاً انبار نمی‌شود. در جایی در جریان تحقیقات که این مطالب را به ایشان آموخت، و آنان را با آثار ناهنجار دیگر آشنا کرد، اسبابی که ما آن را به نام بطری لید می‌خوانیم ساخته شد. علاوه بر این، آزمایشهایی که به ظهور آن انجامید، و بعضی از آنها به توسط فرنکلین انجام گرفت، نیز همانها بود که به شدت ضرورت تجدیدنظر در نظریه سیال بودن برق را معلوم داشت و بدین ترتیب نخستین نمونه کامل را برای الکتریسیته فراهم آورد.^{۱۱}

در وسعتی بیشتر یا کمتر (برحسب تغییر پیوسته از تکان برقی تا نتیجه پیشبینی شده)، خصوصیت‌های مشترک سه مثال یادشده در بالا خصوصیت همه اکتشافاتی است که از آنها گونه‌های تازه از نمودها ظهور پیدا می‌کند. آن خصوصیتها عبارت است از: آگاهی قبلی از ناهنجاری، ظهور تدریجی و همزمان شناختهای مشاهده‌ای تصویری با هم، و تغییر نمونه‌ها و روشها که پذیرفتن آنها غالباً با مقاومت روبه‌رو می‌شود. حتی دلیلی بر آن وجود دارد که همین خصوصیات در ماهیت خود فرایند دریافتی ساخته می‌شود. در یک آزمایش روانشناختی که شایسته آن است تا در میدان بحثی خارج از میدان بحث کنونی ما بهتر شناخته شود، برویز و پوستمان از کسانی که مورد آزمایش قرار گرفته بودند خواستند تا در ضمن عرضه شدن کوتاهمدت و کنترل شده یک دسته از اوراق بازرسی آنها را بازشناسی کنند. بسیاری از ورقها شکل عادی خود را داشت، ولی بعضی را به صورت ناهنجار درآورده بودند، مثلاً، یک ورق دارای شش خال پیک سرخ و یک چهاردل سیاه‌رنگ در میان آنها دیده می‌شد. هر دور از تجربه مشتمل بود بر عرضه کردن یک ورق تنها به یک نفر در یک رشته از عرضه کردنها که به تدریج افزایش پیدا می‌کرد. پس از هر نشان دادن از شخص مورد آزمایش قرار گرفته می‌پرسیدند که چه چیز دیده است، و نوبه هر کس با دو شناختن متوالی ورقها به صورت صحیح خاتمه پیدا می‌کرد.^{۱۲}

حتی در عرضه داشتنهای کوتاهمدت بعضی از اشخاص اغلب اوراق را تشخیص دادند، و پس از آنکه بر زمان عرضه کردن اندکی افزوده شد همه آزمایش‌شدگان توانستند همه ورقها را

۱۱. برای آگاهی از مراحل مختلف در تکامل بطری لید رجوع کنید به آی. ب. کوهن، فرنکلین و نیوتون: تحقیقی در علم نیوتونی آزمایشی و کتاب فرنکلین درباره برق به عنوان مثالی از آن (فیلا دلفیا، ۱۹۵۶)، ص ۳۸۵-۳۸۶، I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*. آخرین مرحله به توسط ویتکر، کتاب یادشده، ص ۵۲-۵۰، مورد بحث قرار گرفته است.

۱۲. جی. س. برویز و لئو پوستمن، «درباره دریافت ناسازگاری: یک نمونه»، در مجله شخصیت، هجدهم (۱۹۴۹)، ۲۰۶-۲۲۳؛ J. S. Bruner and Leo Postman «on the perception of Incongruity: A Paradigm», *Journal of Personality*.

تشخیص دهند. برای اوراق معمولی این بازشناختنها معمولاً صحیح بود، ولی ورقهای غیرهنجاری تقریباً همیشه بدون تردیدی آشکار یا گرفتار معماً شدن همچون ورقهای هنجاری شناسایی می شد. مثلاً چهار سیاه دل می بایستی یا چهار پیک یا چهار دل بازشناخته شود. بدون آگاهی قبلی یا پریشانی، با یکی از گروههای تصویری تهیه شده با آزمایش قبلی جوردرمی آمد. حتی کسی نباید دوست داشته باشد چنین بگوید که اشخاص چیزی را مخالف با آنچه تشخیص داده اند دیده بودند. با زیادتر شدن مدت نگرستن به ورقها، اشخاص به آن آغاز کردند که تردید نشان دهند و آگاهی خود را از وجود ناهنجاری آشکار سازند. مثلاً، بعضی ممکن است با قرار گرفتن در برابر شش پیک سرخ بگویند: این شش پیک است، ولی عیبی دارد — سیاهی دارای حاشیه سرخ است. افزودن بیشتر زمان عرضه کردن به تردید و اشتباه بیشتر می انجامد تا این که سرانجام، و گاه به صورتی ناگهانی، بیشتر آزمایش شدگان بدون تردید آنچه را که می بینند درست شناسایی کنند. علاوه بر این، پس از آنکه چنین آزمایشی با دویا سه ورق غیرهنجاری تکرار شد، آنان در تشخیص ورقهای بعدی دیگر دشواری نخواهند داشت. ولی، معدودی از اشخاص، هرگز نتوانستند آنچه را از ایشان خواسته شده بود درست بیان کنند. حتی با چهل برابر زمان میانگین عرضه کردن لازم برای بازشناختن ورقهای هنجاری، بیش از ۱۰ درصد ورقهای غیرهنجاری به صورت صحیح تشخیص داده نشد. و اشخاصی که از تشخیص عاجز ماندند، غالباً احساس ناراحتی و پریشانخاطری شخصی داشتند. یکی از آنان گفت: «من نمی توانم این خال را، هرچه می خواهد باشد، جور کنم. حتی همچون یک ورق به نظر نمی رسد. من نمی دانم که الآن چه رنگی دارد یا این که دل است یا پیک. حتی از آن مطمئن نیستم که پیک چگونه به نظر می رسد. پناه بر خدا!»^{۱۳} در بخش آینده به صورت گذرا خواهیم دید که دانشمندان نیز گاه چنین می شوند.

خواه به عنوان استعاره و خواه به سبب منعکس کردن ماهیت ذهن، این تجربه روانشناختی طرحی را از فرایند اکتشاف علمی عرضه می دارد که به صورتی شگفت انگیز ساده و متقاعدکننده است. در علم، همچون در تجربه با ورق بازی، تازگی تنها با دشواری ظاهر می شود که آشکارکننده مقاومتی در برابر زمینه فراهم آمده از چشمداشت و توقع است. در ابتدا، تنها آنچه مورد پیشبینی و معمولی است، حتی در حالاتی که برحسب اوضاع و احوال پس از آن ناهنجاری مشاهده می شود، آزموده می شود. ولی، آشنایی بیشتر به آگاهی پیدا کردن از چیزی نادرست می انجامد یا اثر تولید شده را به چیزی نسبت می دهد که پیشتر مایه گمراهی شده بود. این آگاهی نسبت به ناهنجاری آغاز دوره ای است که در آن مقوله های تصویری چندان تعدیل پیدا می کند که آنچه در آغاز ناهنجاری بود به صورت چیزی می شود که انتظار حصول آن می رود. در این لحظه اکتشاف کامل شده است. پیشتر در این باره تأکید کردم که این فرایند یا چیزی بسیار مشابه آن در

۱۳. همان کتاب، ص ۲۱۸. همکارم پوستمن به من گفت که، با وجود دانستن همه چیز درباره دستگاه و عرضه کردن قبلی، نگاه کردن به ورقهای ناجور به صورتی حاد برای وی ناراحت کننده است.

ظهور همه تازگیهای علمی بنیادی دخیل است. اکنون باید به این نکته اشاره کنم که، با شناختن فرایند، بالاخره می‌توانیم به این امر متوجه شویم که چرا علم هنجاری که هدفش دست یافتن به تازگیها نیست و در آغاز تمایل به حذف کردن آنها را دارد، با وجود این در فراهم آوردن اسباب ظهور آنها بسیار مؤثر است.

در پیشرفت و تکامل هر علم، نخستین نمونه دریافت شده معمولاً چنان احساس می‌شود که کاملاً جوابگوی اغلب مشاهدات و آزمایشهایی است که به آسانی در دسترس مشتغلان به آن علم قرار می‌گیرد. ولی، پیشرفت بیشتر معمولاً مستلزم ساختن افزارهای پیچیده‌تر و به وجود آمدن يك واژگان خصوصی و دست یافتن به مهارتها و تلطیف مفاهیم و تصوّر ها به صورتی است که هر چه بیشتر از شباهت آنها به گونه‌های اصلی و متعارفی آنها دور می‌شود. این حرفه‌ای شدن، از يك سو، به محدودیت عظیم دید دانشمند و مقاومت شدید وی در برابر تغییر نمونه می‌انجامد. علم به صورتی فزاینده سخت و تغییرناپذیر می‌شود. از سوی دیگر، در داخل آن پهنه‌ها که نمونه توجه گروه را به آن جلب می‌کند، علم هنجاری دانشمند را به يك پرداختن به اطلاعات جزئی و به يك مسابقه میان نظریه و مشاهده رهبری می‌کند که از هیچ راه دیگر نمی‌توانسته است صورتپذیر شود. علاوه بر این، آن تفصیلی بودن و دقت در مسابقه و رقابت دارای ارزشی است که از مورد توجه بودن درونی که همیشه هم چندان بالا نیست، بسیار بالاتر است. بدون وجود افزار خاصی که به صورت عمده برای انجام دادن وظایف پیشبینی شده فراهم آمده است، نتایجی که سرانجام به پیدایش چیزهای تازه بینجامد حاصل نخواهد شد. و حتی در آن حالت که افزار وجود داشته باشد، تازگی و نوآوری معمولاً تنها بر کسی ظاهر می‌شود که با کمال دقت می‌دانسته است که باید انتظار حصول چه چیز را داشته باشد و به همین جهت می‌داند که چیزی درست کار نمی‌کند. ناهنجاری تنها بر ضد زمینه فراهم آمده به وسیله نمونه آشکار می‌شود. هر اندازه نمونه دقیقتر و دارای دامنه عمل بیشتر باشد، وسیله خبردهنده حساستری از ناهنجاری در دسترس قرار می‌دهد و بنابراین فرصتی برای تغییر نمونه فراهم می‌آورد. در روش هنجاری اکتشاف، حتی مقاومت در مقابل تغییر کاربردی دارد که به شکل کامل در بخش آینده از آن آگاه خواهیم شد. مقاومت، با ایجاد این اطمینان که نمونه به آسانی تسلیم نخواهد شد، این واقعیت را تضمین می‌کند که دانشمندان سبکسرانه منحرف نمی‌شوند و ناهنجاریهایی که به تغییر نمونه می‌انجامد در شناخت موجود تا اعماق آن تأثیر خواهد کرد. این حقیقت که نوآوری علمی مهم غالباً در چند آزمایشگاه همزمان ظهور پیدا می‌کند، نشانه‌ای از آن است که ماهیت علم هنجاری به شدت سنتی است و نیز از این که ادامه سنت با چه کمالی راه را برای تغییر خود آن هموار می‌سازد.

۷. بحران و پیدایش نظریه‌های علمی

همهٔ اکتشافاتی که در بخش ۶ از آنها یاد شد، یا برخاسته از تغییر نمونه و یا شرکت‌کننده در این تغییر بود. علاوه بر این، تغییراتی که در آنها پای این اکتشافات به میان می‌آمد، همه به همان گونه که سازنده بود ویران‌کننده نیز بود. پس از آنکه اکتشاف پذیرفته و جذب شد، دانشمندان شایستگی آن پیدا کردند که دامنه گسترده‌تری از نمودهای طبیعی را توضیح دهند یا بر توضیحات گذشته دقت تازه‌ای بیفزایند. ولی این بهره‌برداری تنها با دست کشیدن از بعضی از باورها یا روشهای استاندهٔ گذشته و، به صورتی همزمان، با جانشین کردن بعضی از اجزاء ترکیب‌کنندهٔ نمونهٔ پیشین با چیزهای دیگر صورت اتمام پیدا می‌کرد. پیش از این گفتم که انتقالهایی از این گونه همراه با همهٔ اکتشافاتی است که در علم هنجاری صورت گرفته، و تنها استثنا آن گونه‌های بسیار عالی است که تقریباً با همهٔ جزئیات پیشبینی شده بوده است. با این همه، اکتشافات تنها منبع سازنده و ویران‌کنندهٔ تغییرات نمونه‌ای نیست. در این بخش به انتقالهای مشابه ولی معمولاً بسیار گسترده‌تری می‌پردازیم که از اختراع نظریه‌های تازه نتیجه می‌شود.

پیش از این اشاره کردیم که در واقعیت‌های علمی و در نظریه‌ها، اکتشاف و اختراع، به صورت قاطع و همیشگی متمایز از یکدیگر نیست، و به همین جهت می‌توان پیشبینی کرد که این بخش و بخش پس از آن در پاره‌ای از جاها یکدیگر را می‌پوشانند. (این پیشنهاد غیرممکن که پرستلی نخست اکسیژن را کشف کرد و لاووازیه سپس به اختراع آن پرداخت، برای خود جاذبه‌هایی دارد. با اکسیژن قبلاً به عنوان اکتشاف روبه‌رو شده بودیم؛ می‌خواهیم به اختصار بار دیگر به عنوان اختراع با آن روبه‌رو شویم.) در ملاحظهٔ ظهور نظریه‌های تازه ناگزیر فهم خود را از اکتشاف گسترش می‌دهیم. روی هم قرار گرفتن عین یکدیگر بودن نیست. گونه‌های اکتشافی که در بخش اخیر مورد بحث قرار گرفت، لااقل به صورت مفرد، جوابگوی جابه‌جاشدنهای نمونه همچون در انقلابهای کوپرنیکی و نیوتونی و شیمیایی و اینشتینی نیست. نیز آنها مسئول تغییرات تاحدی کوچکتر، به سبب حرفه‌ای بودن انحصاری بیشتر، در نمونه حاصل شده از نظریهٔ موجی

نور یا نظریه نیروشناختی حرارت یا نظریه برقاطیسی مکسول نبوده‌اند. آیا چگونه می‌تواند نظریه‌هایی از این گونه برخاسته از علم هنجاری بوده باشد که فعالیتی است که کمتر از توجه داشتن به اکتشافات به دنبال کردن این گونه چیزها نظر دارد؟

اگر آگاه شدن از ناهنجاری نقشی در ظهور گونه‌های تازه‌ای از نموده‌ها ایفا می‌کند، مایه شگفتی نخواهد بود که آگاهی مشابه ولی ژرفتر شرط لازم برای همه تغییرات قابل قبول در نظریه باشد. در این نقطه، به نظر من، شاهد تاریخی کاملاً صحیح و خالی از ابهام است. وضع نجوم بطلمیوسی پیش از اعلام نظریه کوپرنیکوس به افق‌های کشیده شده بود.^۱ شرکت گالیلئو در بحث‌های مربوط به حرکت ارتباط نزدیک با دشواری‌هایی داشت که نقادان مدرسیگر (Scholastic) در نظریه ارسطویی با آنها روبه‌رو شده بودند.^۲ نظریه جدید نیوتون درباره نور و رنگ ریشه در اکتشاف این مطلب داشت که هیچ يك از نظریه‌های پیش از نمونه‌ای جوابگوی درازای طیف نور نبود، و راهی که از آن نظریه موجی جانشین نظریه نیوتون شد در بحبوحه افزایش توجه به ناهنجاریها در رابطه آثار پراش و قطبش نسبت به نظریه نیوتون به وجود آمد.^۳ گرمانیروشناسی از تصادم دو نظریه فیزیکی موجود در قرن نوزدهم تولد یافت، و مکانیک کوانتومی از گونه‌ای از دشواری‌های فراگیرنده تشعشع جسم سیاه و گرماهای ویژه و اثر نورابرقی پدید آمد.^۴ علاوه بر این، در همه این حالات جز در مورد نیوتون آگاهی از ناهنجاری چندان طول کشید و چندان به ژرفا نفوذ کرد که شخص حقاً می‌تواند میدان تأثیر پذیرفته از آن را يك حالت بحران فزاینده توصیف کند. بدان جهت که مستلزم ویرانی نمونه به مقیاس بزرگ و جابه‌جایی عمده در مسائل و راه و رسم‌های علم هنجاری بود، ظهور نظریه‌های جدید نیازمند به پیدایش دوره‌ای از نایمینی حرفه‌ای مقدم بر آن بوده است. چنان که انتظار می‌رفت، این نایمینی بر اثر شکست بادوام معماهای علم

۱. ا. ر. هل، *انقلاب علمی*، ۱۸۰۰-۱۵۰۰، (لندن، ۱۹۵۴)، ص ۱۶؛ A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500-1800*.

۲. مارشال کلاگت، *علم مکانیک در قرون وسطی* (مدیسن، ویسکانسین، ۱۹۵۹) بخش ۳-۲؛ Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. کوآره عده‌ای از عناصر قرون وسطایی را در فکر گالیله در کتاب پژوهش‌های گالیله‌ای (پاریس، ۱۹۳۹)، به ویژه جلد اول، عرضه کرده است؛ *Galiléennes Etudes*.

۳. برای نیوتون، رجوع کنید به ت. س. کوهن. «مقالات نورشناختی نیوتون»، مندرج در مقالات و نامه‌های آیزاک نیوتون در فلسفه طبیعی، ویرایش آی. ب. کوهن (کیمبریج، ماساچوستس، ۱۹۵۸)، ص ۲۷-۴۵. برای مقدمه‌ای بر نظریه موجی رجوع کنید به ا. ت. ویتکر، *تاریخی از نظریه‌های اتر و برق*، اول (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱) ۱۰۹-۹۴ و. و. ویول، *تاریخ علوم استقرایی* (چاپ تجدیدنظر شده؛ لندن، ۱۸۴۷)، دوم، ۳۹۶-۳۹۶.

۴. برای گرمانیروشناسی رجوع کنید به سیلوانوس پ. تامسن، *زندگی ویلیام تامسن بارون کلونین آف لارگز* (لندن، ۱۹۱۰)، اول، ۲۶۶-۸۱. برای نظریه کوانتوم رجوع کنید به فریتس رایشه، *نظریه کوانتوم*، ترجمه ه. س. هتفیلد و ه. ل. براز (لندن، ۱۹۲۲)، فصل‌های اول و دوم؛ Fritz Reiche, *The Quantum Theory*, trans. H. S. Hatfield and H. L. Brose.

هنجاری به وجود آمد. شکست قواعد موجود مقدمه‌ای برای جستجو به جهت یافتن قواعدی تازه است.

نخست به حالت مشهور خاصی از تغییر نمونه یعنی ظهور نجوم کوپرنیکی می‌پردازیم. هنگامی که سلف آن، منظومه بطلمیوسی، نخستین بار در آخرین دو قرن پیش از میلاد و نخستین قرن پس از آن تولد یافت و سپس گسترش پیدا کرد، به صورتی شایسته‌تر تحسین اوضاع متغیر ستارگان و ثوابت هر دو را با کامیابی پیشگویی می‌کرد. از هیچ منظومه باستانی دیگر چنین نتیجه‌ای به دست نمی‌آمد؛ برای ستارگان، نجوم بطلمیوسی هنوز هم به صورت گسترده به عنوان يك تقريب مهندسی به کار می‌رود؛ برای سیارات، پیشگوییهای بطلمیوس به اندازه پیشگوییهای کوپرنیکوس خوب بود. ولی به صورتی تحسین‌آمیز کامیاب بودن، هرگز برای يك نظریه علمی عبارت از کامیابی کامل نیست. از لحاظ وضع سیارات و نیز تقدیم اعتدالین، پیشگوییهای حاصل از منظومه بطلمیوسی هرگز کاملاً با بهترین رصدهای صورت گرفته توافق کامل نداشت. از بین بردن این اختلافهای کوچک قسمتی از مسائل و مشکلات اساسی را در پژوهش نجومی برای جانشینان بطلمیوس فراهم می‌آورد، درست به همان گونه که تلاش مشابهی برای سازگار کردن رصد آسمانی با نظریه نیوتونی مشکلات پژوهشی هنجاری برای جانشینان قرن هجدهم نیوتون به وجود آورد. تا مدتی منجمان دلایلی برای خود داشتند که فرض کنند این تلاشها به همان گونه به کامیابی خواهد رسید که تلاشهای قبلی سبب دست یافتن به منظومه بطلمیوسی شده بود. اگر ناسازگاری خاصی پیش می‌آمد، منجمان پیوسته با وارد کردن تعدیلی در منظومه بطلمیوسی که با ترکیبی از افلاك فراهم آمده بود، قابلیت از بین بردن آن ناسازگاری را داشتند. ولی با گذشت زمان، کسی که نتیجه خالص تلاش پژوهشی آن همه منجمان را مورد ملاحظه قرار می‌داد، این مطلب دستگیر او می‌شد که پیچیدگی علم نجوم بسیار سریعتر از صحت آن افزایش پیدا می‌کرد و تا يك ناسازگاری در يك جای از این منظومه اصلاح می‌شد محتملاً از جای دیگری سر برمی‌آورد.^۵

بدان سبب که سنت نجومی مکرراً از خارج قطع شده بود و بدان سبب که، با نبودن چاپ ارتباط میان منجمان محدودیت فراوان داشت، آن دشواریها به کندی در معرض شناسایی همه منجمان قرار می‌گرفت. ولی بالاخره آگاهی فرا رسید. در قرن سیزدهم آلفونسوی دهم (Alfonso X) توانست اظهار کند که اگر خدا در هنگام آفرینش جهان با او مشورت کرده بود اندرزه‌های خوبی می‌شنید. در قرن شانزدهم، همکار کوپرنیکوس، دومینیکو دا نووارا (Domenico da Novara)، چنین اظهار نظر کرد که منظومه‌ای به پیچیدگی و نادرستی منظومه بطلمیوسی محتملاً ممکن نیست که درباره طبیعت درست باشد. و خود کوپرنیکوس در مقدمه کتاب درباره افلاك، خویش نوشت که از آن سنت نجومی که به میراث به وی رسیده، سرانجام يك هیولای شگفت‌انگیز به وجود آمده

۵. جی. ل. ای. درایر، تاریخی از علم نجوم از خالس تا کپلر (چاپ دوم، نیویورک، ۱۹۵۳)، فصلهای ۱۲-۱۱؛ J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*.

است. در اوایل قرن شانزدهم شمار فزاینده‌ای از بهترین منجمان اروپا اعتراف کردند که نمونه نجومی هنگام به کار رفتن در حل مسائل سنتی خود با شکست روبه‌رو شده است. این اعتراف شرط لازم برای طرد منظومه بطلمیوسی به توسط کوپرنیکوس و در صدد برآمدن وی برای یافتن منظومه‌ای تازه بود. مقدمه معروف وی هنوز از رایجترین توصیف‌های يك حالت بحرانی به شمار می‌رود.^۶

فرو ریختن فعالیت محل معمای فنی عادی البته تنها جزء بحرانی نجومی که کوپرنیکوس با آن مواجه شد نبود. در بحث مفصلتر ناگزیر سخن از فشار جامعه برای اصلاح تقویم و گاهشماری به میان می‌آید، و آن فشاری بود که پرداختن به حل معمای تقدیم اعتدالین را امری فوری و ضروری معرفی کرد. علاوه بر این، در گزاشی کاملتر پای خرده‌گیری قرون وسطی بر ارسطو و طلوع نو افلاطونیگری دوره رنسانس و عناصر تاریخی دیگری در کنار آن به میان کشیده خواهد شد. ولی فرو ریختن فعالیت فنی قسمت مهم و مرکزی بحران را تشکیل می‌داد. در علمی بالغ — و علم نجوم در دوران قدیم به این بلوغ رسیده بود — عوامل خارجی از آن گونه که در بالا ذکر آن گذشت، به صورتی اساسی در تعیین تاریخ فرو ریختن و این که با چه آسانی مورد اعتراف قرار می‌گیرد و در کدام پهنه از لحاظ مورد توجه بودن نخستین بار آشکار می‌شود، حایز اهمیت خاص است. موضوعاتی از این گونه، با کمال اهمیتی که دارد، خارج از حدود بحث در این رساله است. اگر آنچه درباره انقلاب کوپرنیکی گفتیم آشکار باشد، بهتر است از آن به مثال دوم و تاحدی متفاوت بپردازیم، و آن بحران مقدم بر ظهور نظریه اکسیرنی احتراق لاووازیه است. در سالهای ۱۷۷۰ از ترکیب چند عامل بحرانی در شیمی پیش آمد، و مورخان روی هم رفته درباره ماهیت و اهمیت نسبی آنها با یکدیگر اتفاق کلمه ندارند. ولی دوتای از آنها همچون دو عامل حایز اهمیت درجه اول پذیرفته شده است: طلوع شیمی هواشناختی و مسئله روابط وزنی. تاریخ اولی از قرن هفدهم و همراه با تکامل تلمبه‌هوائی و توسعه کاربرد آن در آزمایشهای شیمیایی آغاز شد. در قرن پس از آن، شیمیدانان با استعمال آن تلمبه و عده‌ای از افزارهای هوائی دیگر، هرچه بیشتر متوجه این واقعیت شدند که هوا جزء فعالی در واکنشهای شیمیایی است. ولی شیمیدانان، با استثنای محدود — و چندان مبهم که اصلاً می‌توان آنان را به عنوان استثنا به حساب نیاورد — به این اعتقاد ادامه می‌دادند که هوا تنها نوع از گاز است. تا ۱۷۵۶، هنگامی که جوزف بلك (Joseph Black) ثابت کرد که هوای تثبیت شده (CO_2) پیوسته قابل تشخیص داده شدن از هوای جو بوده، دو نمونه گاز متمایز در ناخالصیهای آنها در نظر گرفته می‌شد.^۷

پس از بلك کار پژوهش گازها به سرعت پیشرفت پیدا کرد و بیشتر این کار به توسط کاوندیش و پریستلی و شله صورت می‌گرفت که با هم بر شماره راههای فنی تشخیص دادن يك نمونه گازی از

۶. ت. س. کوهن، انقلاب کوپرنیکی (کیمبرج، ماساچوستس، ۱۹۵۷) ص ۱۳۵-۴۳.

۷. جی. ر. پارتینگتن، تاریخ مختصر شیمی (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ص ۴۸-۵۱، ۷۳-۸۵، ۹۰-۱۲۰؛ J. R. Partington, A Short History of Chemistry.

نمونه دیگر افزودند. همه این مردان، از بلك تا شله، به نظریه فلورِستون معتقد بودند و غالباً آن را در طرحها و تفسیر آزمایشهای خویش به کار می بردند. شله نخستین کسی است که واقعاً اکسیژن را با رشته‌ای از آزمایشهای طرح شده برای زدودن حرارت از فلورِستون تولید کرد. ولی سود خالص آزمایشهای ایشان به دست آوردن چندین نمونه گازی متفاوت بود و خواص گازها چنان خوب شناخته شد که نظریه فلورِستون به صورتی فزاینده کمتر قابل سازگار شدن با آزمایشهای آزمایشگاهی به نظر می رسید. با این که هیچ يك از آن شیمیدانان پیشنهادی برای جانشین کردن این نظریه با نظریه دیگری عرضه نکرد، همه آنان در تطبیق درست آن ناتوان بودند. در همین زمان لاووازیه به آزمایشهای خود بر روی هوا در سالهای ۱۷۷۰ آغاز کرد، و در آن هنگام تقریباً به شماره شیمیدانان هواشناختی روایت‌های متفاوت از نظریه فلورِستون وجود داشت^۸. این وفور روایت‌های يك نظریه نشانه‌ای بسیار متعارفی از بحران به شمار می رود. کوپرنیکوس نیز در مقدمه خود از آن شکایت کرده است.

با این همه، ابهام فزاینده و سودمندی کاهنده نظریه فلورِستون برای شیمیدانان هواشناختی تنها سرچشمه بحران نبود که لاووازیه با آن روبه‌رو شد. وی همچنین توجه فراوان به امر افزوده شدن وزن اجسام در هنگام سوختن یا برشته شدن بود، که آن نیز مسئله‌ای با داشتن تاریخ درازی پیش از آن برای خود به شمار می رفت. بعضی از شیمیدانان مسلمان متوجه این امر شده بودند که برخی از فلزات در هنگام حرارت دیدن اضافه وزن پیدا می کنند. در قرن هفدهم چند تن از پژوهندگان از همین واقعیت چنان نتیجه‌گیری کرده بودند که فلزات حرارت دیده چیزی از هوا به خود جذب می کنند. ولی در قرن هفدهم پذیرفتن چنین فرضی برای اغلب دانشمندان شیمی غیر لازم به نظر می رسید. اگر واکنشهای شیمیایی بتواند حجم و رنگ و بافت چیزها را تغییر دهد، چرا نتواند وزن‌ها را نیز تغییر دهد؟ وزن همیشه به عنوان اندازه مقداری از ماده در نظر گرفته نمی شد. علاوه بر این، افزایش وزن در هنگام گرم و برشته شدن به عنوان يك نمود منعزل برای خود باقی ماند. اغلب اجسام طبیعی (مثلاً چوب) در هنگام برشته شدن مقداری از وزن خود را از دست می دهند که نظریه فلورِستون هم پس از آن می گفت که باید از دست بدهند.

ولی، در قرن هجدهم، قبول این پاسخها که نخست درباره مسئله اضافه شدن وزن فلزات صحیح به نظر می رسید، رفته‌رفته از اعتقاد داشتن به درستی آنها هر چه بیشتر کاسته می شد. و این قسمتی بدان جهت بود که ترازو به صورتی فزاینده عنوان افزاری استاندارد برای شیمی پیدا کرد، و قسمتی بدان سبب که توسعه علم شیمی هواشناختی این امر را ممکن و مطلوب ساخت که

۸. با اینکه جی. ر. پارتینگتن و داگلس مکی در «تحقیقات تاریخی درباره نظریه فلورِستون»، مندرج در سالنامه‌های علم، دوم (۱۹۳۷)، ۴۰۴-۳۶۱ و سوم (۱۹۳۸)، ۵۸-۱، ۳۷۱-۳۳۷ و چهارم (۱۹۳۹)، ۳۷۱-۳۳۷ بیشتر به دوره‌ای اندک بدتر نظر داشته‌اند، از این نوشته‌ها می توان اطلاعات پراکنده فراوان در این زمینه به دست آورد؛ J. R. Partington and Douglas McKie's «Historical Studies on the Phlogiston Theory», *Annals of Science*.

محصولات گازی واکنشها را نگاه دارند، و شیمیدانان رفته‌رفته حالاتی فراوان را کشف کردند که در آنها اضافه شدن وزن همراه با بریان شدن (تثویه) بود. در عین حال، جذب تدریجی نظریه گرانشی نیوتون شیمیدانان را بر آن داشت که در این باره تأکید کنند که اضافه شدن وزن به معنی به دست آوردن مقداری ماده است. این نتیجه‌گیریها به نابودی نظریه فلورستون نینجامید، چه آن نظریه را ممکن بود از راههای گوناگون برای جوابگویی به سازگارها تعدیل کنند. شاید فلورستون وزن منفی داشته است، یا شاید ذرات آتش یا چیزی دیگر در هنگامی که فلورستون جسم را ترک می‌کرده وارد آن شده است. علاوه بر اینها نیز توضیحات دیگری داده می‌شد. ولی اگر مسئله افزایش وزن به طرد نظریه نینجامید، به پیدایش شمار فزاینده‌ای از تحقیقات خاص راهنمایی کرد که در آنها این مسئله بسیار حایز اهمیت بود. یکی از آنها، «درباره فلورستون که به عنوان جسمی با وزن در نظر گرفته شود و از روی تغییر وزن در اجسامی که با آنها متحد شده مورد [تجزیه و تحلیل] قرار گیرد»، در اوایل ۱۷۷۲ در فرهنگستان فرانسه قرائت شد و بحث درباره آن با تسلیم یادداشت سر به مهری از طرف لاووازیه به دبیر فرهنگستان خاتمه پذیرفت. پیش از نوشته شدن آن یادداشت، مسئله‌ای که سالها در حاشیه خوداگاهی شیمیدانان قرار داشت به صورت یک معمای ناگشودنی درآمده بود.^۹ روایتهای چندی از نظریه فلورستون برای جوابگویی به این معما به وجود آمده بود. همچون مسئله شیمی هواشناختی، مسائل مربوط به افزایش وزن، شناختن این مطلب را که نظریه فلورستون چیست رفته‌رفته دشوار و دشوارتر می‌ساخت. با وجود آنکه هنوز به آن معتقد بودند و آن را افزاری کارسازی دانستند، یک محال‌نمای شیمی قرن هجدهم به تدریج وضع و مقام خود را از دست می‌داد. به صورتی فزاینده، تحقیقی که به هدایت آن صورت می‌گرفت به چیزی شباهت داشت که در زیر فرمان مکاتب رقیب دوران پیش از نمونه انجام می‌شود، و این خود نشانه آشکاری از بحران بود.

اکنون مثال سومی و آخری را مورد ملاحظه قرار می‌دهیم که از بحران اواخر قرن نوزدهم در فیزیک پدید آمد و راه را برای ظهور نظریه نسبیت هموار ساخت. یک ریشه از این بحران را می‌توانیم به اواخر قرن هفدهم و هنگامی بازگردانیم که عده‌ای از فلاسفه طبیعی، و مهمتر از همه لایبنیتس، از آن جهت، نیوتون را مورد انتقاد قرار داده بودند که روایت مطابق روز درآمده‌ای از مفهوم قدیمی فضای مطلق را ساخته است.^{۱۰} بسیار نزدیک، ولی نه به حد کمال، شایستگی اثبات این مطلب را داشتند که اوضاع مطلق و حرکتهای مطلق اصلاً هیچ نقشی در دستگاه نیوتونی ندارد؛ و در آن توفیق یافتند که به جاذبه زیبایشناختی یک تصور نسبیتی‌گرانه به مکان و حرکت اشاره کنند

۹. ه. گرلک، لاووازیه - سال بحرانی (ایتاکا، نیویورک، ۱۹۶۱): H. Guerlac, *Lavoisier—the Crucial Year*. سراسر کتاب اسنادی از انقلاب و نخستین شناسایی یک بحران است. برای آگاهی روشنی از لحاظ لاووازیه، صفحه ۲۵ را ببینید.

۱۰. مکس جمر، مفاهیم مکان: تاریخ نظریه‌های مکان [فضا] در فیزیک (کیمبریج، ماساچوستس، ۱۹۵۴)، ص ۱۱۴-۲۴. Max Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics*.

که بعدها جلوه‌گر شد. ولی انتقاد آنان تنها جنبهٔ منطقی داشت. همچون نخستین کوپرنیکیان که دلایل ارسطو را دربارهٔ ساکن بودن زمین مورد خردگی قرار می‌دادند، خواب آن را هم نمی‌دیدند که انتقال به يك منظومه و دستگاه نسبیتی‌گرانه می‌تواند نتایجی قابل مشاهده و رصد کردن داشته باشد. آنان در هیچ جا نگرشهای خود را برخاسته از مشکلی ندانستند که از کاربرد نظریهٔ نیوتون بر طبیعت نتیجه شده باشد. در نتیجه، نگرشهای ایشان با خودشان در دهه‌های اول قرن هجدهم از دنیا رفت و تنها در آخرین دهه‌های قرن نوزدهم و در هنگامی که رابطهٔ دیگری با اشتغال به فیزیک داشت، از نو زنده شد.

ورود مسائل فنی که فلسفهٔ نسبی بودن مکان (فضا) سرانجام به آن ارتباط پیدا کرد، زمانی به علم هنجاری آغاز شد که نظریهٔ موجی بودن نور پس از حدود ۱۸۱۵ پذیرفته شد، ولی تا سالهای ۱۸۹۰ بحرانی از آنها به وجود نیامد. اگر نور حرکتی موجی باشد که در يك اتر مکانیکی در زیر فرمان قوانین نیوتون انتشار پیدا می‌کند، در آن صورت رصد آسمانی و آزمایش زمینی باید توانایی کشف کردن جریانی را در داخل اتر داشته باشند. در میان رصدهای آسمانی، تنها آن دسته که به کجراهی ارتباط داشت وعدهٔ صحت کافی برای به دست آمدن اطلاعاتی در این خصوص می‌داد، و به همین جهت اکتشاف جریان اتر از طریق اندازه‌گیریهای کجراهی صورت مسئلهٔ شناخته‌شده‌ای برای پژوهش پیدا کرد. آلات ویژهٔ فراوانی برای حل کردن آن ساخته شد. ولی از این آلات انحراف قابل مشاهده‌ای کشف نشد، و به همین جهت مسئله از آزمایشگران و رصدکنندگان به نظریه‌سازان انتقال یافت. در دهه‌های مرکزی قرن نوزدهم فرنل و استاکس و دیگران صورت بیانهای متعددی از نظریهٔ اتر برای بیان علت مشاهده نشدن انحراف طرح کردند. در هر يك از آنها چنان فرض می‌شد که جسم متحرک بخشی از اتر را با خود می‌کشد. و هر يك از آنها به اندازهٔ کافی در بیان نتایج منفی حاصل شده در رصدهای آسمانی و نیز مشاهدات زمینی، که یکی از آنها آزمایش معروف مایکلسن و مُورلی است، با موفقیت همراه بود^{۱۱}. هنوز معارضه‌ای جز از لحاظ صورت بیانهای متفاوت وجود نداشت. در غیاب راه و رسمهای فنی آزمایش، این معارضه هرگز صورت حاد پیدا نمی‌کند.

وضع بار دیگر تنها با پذیرش تدریجی نظریهٔ برقاطیسی مکسول در دو دههٔ اخیر قرن نوزدهم تغییر یافت. مکسول خود یکی از نیوتونیگران بود و چنان اعتقاد داشت که نور و برقاطیس به صورت عام نتیجهٔ جابه‌جا شدنهای تغییرپذیر ذرات يك اتر مکانیکی است. در روایت‌های قدیمتر وی از نظریه‌ای دربارهٔ برق و مغناطیس، خواص فرضی که وی برای اتر قائل شده بود به کار گرفته می‌شد. از روایت آخری وی اینها حذف شد، ولی او هنوز نظریهٔ برقاطیسی خود را با نوعی

۱۱. جوزف لرمور، اتر و ماده... مشتمل بر بحثی دربارهٔ تأثیر حرکت زمین در نمودهای نورشناختی (کیمبریج، ۱۹۰۰)، ص ۲۰-۳۲۲؛ Joseph Larmor, *Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena*.

از بیان نگرش مکانیکی نیوتونی سازگاری دانست^{۱۲}. به وجود آوردن يك صورت بیانی شایسته چالشی برای وی و جانشینانش به شمار می‌رفت. ولی در عمل، به همان گونه که بارها در پیشرفت علم اتفاق افتاده، به دست آوردن صورت بیانی شایسته کاری بسیار دشوار می‌نمود. درست به همان گونه که طرح نجومی پیشنهادی کوپرنیکوس، با وجود خوشبینی سازنده آن، بحرانی فزاینده برای نظریه‌های موجود حرکت پدید آورد، به همان گونه هم نظریه مکسول، با وجود منشأ نیوتونی آن، سرانجام بحرانی برای نمونه‌ای فراهم آورد که خود از آن سرچشمه گرفته بود^{۱۳}. علاوه بر این، محلی که در آن جا بحران حالت بسیار حاد پیدا کرد، به توسط مسائلی فراهم آمد که اکنون درباره آنها بحث می‌کنیم، یعنی مسائل مربوط به حرکت نسبت به اتر.

در بحث مکسول از رفتار برقاطیسی اجسام در حال حرکت اشاره‌ای به جریان و کشیده شدن اتر نشده، و وارد کردن چنین جریانی در نظریه او بسیار دشوار است. در نتیجه، رشته کاملی از مشاهدات قدیمتر که برای آن طرح شده بود که کشش در داخل اتر را کشف کند، حالت ناهنجار پیدا کرد. بنابراین سالهای پس از ۱۸۹۰ شاهد رشته درازی از کوششهای آزمایشی و نظریه‌ای برای اکتشاف حرکت نسبت به اتر و به کار انداختن کشش اتر در نظریه مکسول بود. اولی به صورتی یکنواخت موفقیت آمیز بود، هر چند بعضی از تحلیلگران چنان تصور می‌کردند که نتایج آن مبهم است. دومی عده‌ای از آغازهای مایه امیدواری، مخصوصاً با کارهای لورنتس و فیزر جرالده، فراهم آورد، ولی همچنین سبب پیدا شدن معماهای دیگر شد و سرانجام به ظهور نظریه‌های رقیب با یکدیگر انجامید که پیشتر دانستیم که یکی از حوادث همراه با بحران همین پیدایش نظریه‌های در حال رقابت با یکدیگر است^{۱۴}. و بار دیگر در مقابل همان زمینه تاریخی بود که نظریه نسبت خاص اینشتین در ۱۹۰۵ ظاهر شد.

این سه مثال تقریباً جنبه نمایندگی کامل دارد. در هر مورد نظریه تازه پس از بروز شکستی مشهود در فعالیت هنجاری مسئله‌گشایی ظهور کرد. علاوه بر این، جز در حالت کوپرنیکوس که در آن عوامل خارجی نسبت به علم نقش بزرگ خاص داشت، شکست و پیدا شدن نظریه‌های فراوان رقیب با یکدیگر که از نشانه‌های حاصل شدن آن است، بیش از يك تا دودهم پیش از بیان نظریه تازه مشاهده نشد. چنان به نظر می‌رسد که نظریه جدید پاسخی مستقیم به بحران است. نیز به این نکته توجه کنید که، هر چند ممکن است این کیفیت کاملاً جنبه عمومیت نداشته باشد، مسائلی که در حل آنها بحران بروز پیدا کرد همه از گونه مسائلی بود که مدهای دراز پیش از آن شناخته شده

۱۲. ر. ت. گلایزبروک، جیمز کلرک مکسول و فیزیک نوین (لندن، ۱۸۹۳)، فصل ۹؛ R. T. Glazebrook, James Clerk Maxwell and Modern Physics. Clerk Maxwell and Modern Physics. برای ایستار نهایی مکسول به کتاب خود وی، رساله‌ای در برق و مغناطیس (چاپ سوم؛ آکسفورد، ۱۸۹۲)، ص ۴۷۰ رجوع کنید؛ J. C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism.

۱۳. برای نقش علم نجوم در گسترش مکانیک، رجوع کنید به کوهن، کتاب یادشده، فصل ۷.

۱۴. ویتکر، کتاب یادشده. اول، ۴۱۰-۳۸۶؛ و دوم (لندن، ۱۹۵۳)، ۴۰-۲۷.

بود. روش عمل قبلی در علم هنجاری هر گونه دلیل برای نظر کردن به آنها همچون مسائل حل شده یا تقریباً حل شده فراهم آورده بود، و همین امر برای فهم این مطلب به ما کمک می‌کند که چرا شکست در آن هنگام که پیش می‌آید می‌تواند بسیار حاد باشد. شکست با گونه تازه‌ای مسئله غالباً مایه نومیدی است ولی هرگز مایه شگفتی نمی‌شود. مسئله و معما هر دو غالباً در مقابل اولین حمله تسلیم نمی‌شوند. و بالاخره، این مثالها يك خصوصیت مشترک دیگر دارد که به مؤثر بودن نقش بحران کمک می‌کند: حل هر يك از آنها دست کم به صورت جزئی در دوره‌ای که هیچ بحرانی در علم متناظر با آن وجود نداشت، پیشبینی شده بود؛ و در غیاب بحران آن پیشبینیها مورد غفلت قرار می‌گرفت.

تنها پیشبینی کامل همچنین مشهورترین آنها نیز هست، و آن پیشبینی کوپرنیکوس به توسط اریسטרخوس در قرن سوم پیش از میلاد بوده است. غالباً گفته می‌شود که اگر علم یونانی کمتر استنتاجی و کمتر در تحت سلطه جزمیات می‌بود، خورشید مرکزی علم نجوم می‌بایستی هجده قرن زودتر از آن زمان که اعلام شد آغاز به تکامل کرده باشد^{۱۵}. ولی این گفته از غافل ماندن نسبت به زمینه خارجی برمی‌خیزد. هنگامی که اریسטרخوس اندیشه خود را عرضه کرد، منظومه بسیار عقلسندتر زمین مرکزی نیازی به آن نداشت که يك منظومه خورشید مرکزی حتی بر خاطرها خطور کند. سراسر رشد نجوم بطلمیوسی، هم پیروزیها و هم فروریختن آن، قرن‌ها پس از پیشنهاد اریسטרخوس صورت گرفت. علاوه بر این، هیچ دلیلی برای آن وجود نداشت که پیشنهاد اریسטרخوس جدی تلقی شود. حتی طرح پرورده‌تر کوپرنیکوس هم نه ساده‌تر از منظومه بطلمیوسی بود و نه دقیقتر. آزمونهای رصدی که در دسترس بود، چنانکه در زیر به صورتی آشکارتر از آنها آگاه خواهیم شد، هیچ مبنایی برای برگزیدن یکی از آن دو فراهم نیاورد. در آن اوضاع و احوال، یکی از عواملی که منجمان را متمایل به کوپرنیکوس کرد (و نمی‌توانست آنان را متمایل به اریسטרخوس کرده باشد) بازشناختن بحرانی بود که در درجه اول مسئول نوآوری بود. نجوم بطلمیوسی از حل کردن مسائل آن عاجز مانده بود؛ وقت آن رسیده بود که فرصتی به يك رقیب در مقابل آن داده شود. مثالهای دیگر ما چنین پیشبینی کامل را عرضه نمی‌کند. ولی مطمئناً يك دلیل برای این که چرا نظریه‌های احتراق از طریق جذب چیزی از هوای جو — نظریه‌های تکامل یافته در قرن هفدهم به توسط ره (Rey) و هوک (Hooke) و میو و (Mayove) — نتوانست به اندازه کافی شنوندگانی را به طرف خود جلب کند این بود که آنان تماسی با يك نابسامانی شناخته

۱۵. برای کار اریسטרخوس رجوع کنید به ت. ل. هیث، اریسטרخوس ساموسی: کوپرنیکوس باستانی (آکسفرد، ۱۹۱۳)، بخش دوم: *T. L. Heath, Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus*. برای تحقیقی کامل در وضع روایتی نسبت به مورد غفلت قرار گرفتن دستاورد اریسטרخوس، رجوع کنید به: آرثر کوستلر، خوابگردان: تاریخی از تغییر نگرش انسان نسبت به طبیعت (لندن، ۱۹۵۹)، ص ۵۰: Arthur Koestler, *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*.

شده در عمل کردن به علم هنجاری رویه‌رو نبودند^{۱۶}. و غفلت درازمدت دانشمندان قرنهای هجدهم و نوزدهم نسبت به انتقادهای نسبیتی‌گرانه می‌بایستی به صورت عمده نتیجه شکست مشابهی در مواجهه بوده باشد.

فلاسفه علم مکرراً ثابت کرده‌اند که همیشه بیش از يك ساختمان نظریه‌ای می‌تواند بر روی يك مجموعه معین از داده‌ها قرار بگیرد. تاریخ علم نشان داده است که، مخصوصاً در نخستین مراحل رشد يك نمونه جدید، حتی اختراع کردن چنین گزینه‌ها (آلترناتیوها) چندان دشوار نیست. ولی اختراع گزینه‌ها کاری است که دانشمندان به ندرت برعهده می‌گیرند، جز در مرحله پیش از نمونه‌ای رشد میدان علمی ایشان و در اوضاع و احوال بسیار خاصی در تکامل بعدی آن. تا زمانی که افزارهای فراهم آمده به توسط يك نمونه در حل مسائل مربوط به علم مورد نظر قابلیت خود را نشان می‌دهند، علم تندتر حرکت می‌کند و به صورتی ژرف‌تر به کاربرد اطمینانبخش آن افزارها ادامه می‌دهد. دلیل آن واضح است. در علم — همچون در کارخانه — عوض کردن افزارها کاری فوق‌العاده است و به‌زمانی اختصاص دارد که نیازی برای آن پیدا شود. اهمیت بحرانیها در آن است که نشانه‌ای برای آن فراهم می‌آورند که وقت عوض کردن افزارها فرا رسیده است.

۸. واکنش نسبت به بحران

پس بهتر آن است چنان فرض کنیم که بحرانها شرط لازم قبلی برای ظهور نظریه‌های تازه است و سپس این پرسش را مطرح کنیم که دانشمندان چگونه در مقابل وجود پیدا کردن آنها واکنش نشان می‌دهند. بخشی از پاسخ را که واضح و مهم است می‌توانیم با توجه به این مطلب که دانشمندان، در هنگام برخورد با ناهنجاریهای سخت و پردوام، چه کاری است که هرگز انجام نمی‌دهند. با آنکه ممکن است به آن آغاز کنند که ایمان علمی خود را از دست بدهند و سپس متوجه گزینۀ آن نمونه شوند، این نمونه را که وسیلۀ روبه‌رو شدن ایشان با بحران بوده است طرد نمی‌کنند. به عبارت دیگر، ناهنجاری را همچون يك مثال ضدّ در نظر می‌گیرند، هر چند در واژگان فلسفۀ علم در واقع خود چنین هستند. این تعمیم تا حدّی گزارش ساده‌ای از واقعیت تاریخی است که بر روی مثالهایی همچون مثالهای یادشده در بالا، و به صورتی گسترده‌تر بر آنچه پس از این خواهد آمد، بنا شده است. اینها اشاره است به آنچه آزمایش متأخرتر نمونه ما آن را به خوبی آشکار خواهد ساخت: يك نظریۀ علمی، پس از آنکه وضع نمونه را استقرار بخشید، تنها در آن هنگام نامعتبر خوانده می‌شود که يك نمونه دیگر که بتواند جایگزین آن شود وجود داشته باشد. تاکنون هیچ فرایندی به وسیلۀ مطالعۀ تاریخی رشد علمی کشف نشده است که اصلاً به الگوی روششناختی بطلان از راه مقایسه کردن مستقیم با طبیعت شبیه بوده باشد. و این اشاره بدان معنی نیست که دانشمندان نظریه‌های علمی را طرد نمی‌کنند، یا این که تجربه و آزمایش برای فرایندی که در آن چنین می‌کنند جنبۀ اساسی ندارد. بلکه بدین معنی — که پس از این نکته مرکزی خواهد بود — است که عمل داوری که دانشمندان را به طرد يك نظریۀ پذیرفته شده پیش از آن رهبری می‌کند، همیشه مبتنی بر چیزی بیش از مقایسۀ آن نظریۀ با جهان است. تصمیم گرفتن برای کنار گذاشتن يك نظریۀ همیشه همزمان با تصمیم گرفتن برای قبول نظریۀ دیگر است، و داوری برای گرفتن چنین تصمیمی مستلزم مقایسه کردن هر دو نمونه با طبیعت و نیز با یکدیگر است. علاوه بر این، برای تردید کردن درباره این امر که دانشمندان نمونه‌ها را به سبب مواجه شدن

با ناهنجاریها یا مثالهای ضد طرد می‌کنند، دلیل دومی نیز وجود دارد. در شرح آن، بحثی که خواهم کرد خود از یکی دیگر از موضوعات بحث این رساله خبر خواهد داد. دلایل شکی که پیشتر از آن سخن گفتم، واقعیتی محض است؛ یعنی اینها خود مثالهای ضدی برای يك نظریه شناختشناختی شایع محسوب می‌شود. بنابراین، اگر نکته‌ای که هم اکنون گفتم درست باشد، آنها می‌توانند به ایجاد يك بحران كوكم كنند یا، به صورت درستتر، بحرانی را که پیش از آن وجود داشته است شدیدتر سازند. به خودی خود نه می‌توانند و نه می‌خواهند که نظریه فلسفی را باطل کنند، بدان جهت که مدافعان از آن کاری را خواهند کرد که پیش از آن دانستیم که دانشمندان در هنگام روبه‌رو شدن با ناهنجاری چنان می‌کنند. طرحهای متعددی برای بیان مجدد نظریه خود و دادن تغییرات شایسته به آن می‌ریزند، تا هر تعارض ظاهری را از میان ببرند. به بعضی از تغییرات و کیفیات شایسته پیش از این در ادبیات علمی اشاره شده است. بنابراین اگر این مثالهای ضد شناختشناختی چنان باشد که چیزی بیش از تحريك كننده‌های كوچك بسازد، به سبب آن است که به ظهور تحلیلی تازه و متفاوت در يك علم كوكم می‌کند که دیگر منبع تحريك و پریشانی در آن به شمار نخواهند رفت. علاوه بر این، اگر يك الگوی برجسته، که سپس در انقلاب علمی آن را مورد ملاحظه قرار خواهیم داد، در این جا بتواند به کار رود، این ناهنجاریها دیگر تنها به صورت واقعیتها جلوه گر نمی‌شود. يك نظریه شناخت علمی تازه، از درون ممکن است بسیار شبیه تکرار مکررات و گزاره‌های خبردهنده از وضعیاتی بوده باشد که نمی‌توانسته است به گونه‌ای دیگر تصور شود.

مثلا، مکرر به این مطلب اشاره شده است که قانون دوم حرکت نیوتون، که برای آنکه صورت اتمام پیدا کند به قرن‌ها پژوهش واقعی و نظریه‌ای دشوار نیازمند بود، برای کسانی که متعهد نسبت به نظریه نیوتون بودند به صورت يك گزارش منطقی محض جلوه گر می‌شد که هیچ مقداری از مشاهده نمی‌توانست آن را رد کند.^۱ در بخش ۱۰ خواهیم دید که قانون نسبتهای ثابت، که پیش از دالتون يك یافته اتفاقی به دست آمده از آزمایش بود و کلیت آن بسیار مشكوك به نظر می‌رسید، پس از کار دالتون به صورت جزء سازنده يك تعریف برای مرکب شیمیایی درآمد که هیچ عمل آزمایشی نمی‌توانست آن را از اعتبار ببنداند. کیفیتی مشابه آن برای این تعمیم اتفاق می‌افتد که دانشمندان در آن هنگام که با ناهنجاریها یا مثالهای ضد روبه‌رو هستند، برای طرد کردن نمونه‌ها مواجه به شکست می‌شوند. این کار را نمی‌توانند انجام دهند و با وجود این دانشمندان باقی می‌مانند. هر چند تاریخ محتملا نام آنان را ثبت نمی‌کند، بعضی از این گونه کسان بدون شك به آنجا کشیده شده‌اند که به سبب ناتوانی برای تحمل بحران میدان علم را ترك گفته‌اند. دانشمندان فعال، همچون هنرمندان، باید شایستگی آن را داشته باشند که در جهانی پیوند گسسته زندگی کنند، و من در جای دیگری از این ضرورت همچون يك «تنش اساسی» ضمنی در پژوهش علمی سخن

۱. به ویژه رجوع کنید به بحث در ن. ر. هنس، *الگوهای اکتشاف* (کمبریج، ۱۹۵۸) ص ۹۹-۱۰۵؛ N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*.

گفته‌ام.^۲ ولی ترك كردن علم برای پرداختن به اشتغالی دیگر، به نظر من، تنها گونه‌ای از طرد نمونه است که مثالهای ضد به خودی خود می‌تواند به آن رهبری کند. هنگامی که نخستین نمونه که به میانجیگری آن می‌توان طبیعت را نگاه کرد یافته شود، دیگر چیزی به نام تحقیق و پژوهش در غیاب يك نمونه وجود نخواهد داشت. طرد كردن يك نمونه بدون آنکه جانشینی برای آن تعیین شده باشد، طرد كردن خود علم است. اثر آن نه بر روی نمونه بلکه بر روی خود کسی که چنین کرده است انعکاس پیدا می‌کند. همکارانش به وی همچون درودگری نگاه می‌کنند که افزارهای خود را مورد سرزنش قرار داده باشد.

همین نکته ممکن است دست کم با کارایی برابر انعکاس پیدا کند: چیزی به نام پژوهش بدون مثال ضد وجود ندارد. زیرا چه چیز مایه تفاوت پیدا كردن علم هنجاری با علمی است که در حالت بحران قرار دارد؟ قطعاً جواب آن نیست که اولی با مثالهای ضد روبه‌رو نشده است. برعکس، آنچه پیشتر آن را به نام معما خواندیم که علم هنجاری را می‌سازد، تنها از آن جهت وجود دارد که نمونه‌ای که بتواند شالوده‌ای برای پژوهش علمی چنان فراهم آورد که همه مسائل آن را همیشه حل کند، وجود ندارد. معدودی که چنان به نظر رسیده است که از عهده چنین کاری برمی‌آیند (مثلاً نور شناخت هندسی) در مدت کوتاهی از فراهم آوردن مسائل پژوهشی کاملاً متوقف مانده و به جای آن حکم افزارهایی برای مهندسی پیدا کرده‌اند. به استثنای مسائلی که انحصاراً افزاری هستند، هر مسئله که علم هنجاری آن را همچون معما می‌بیند، می‌تواند از دیدگاه دیگر همچون يك مثال ضد جلوه‌گر شود و بنابراین سرچشمه‌ای برای بحران باشد. به آنچه جانشینان دیگر بطلمیوس همچون معمایی در رقابت میان رصد و نظریه تصور می‌کردند، کوپرنیکوس همچون يك مثال ضد نگاه می‌کرد. آنچه را که پرستی در صورت بیانی نظریه فلورستون يك معمای حل شده با موفقیت می‌دید، لاووازیه همچون يك مثال ضد تلقی می‌کرد. و اینشتین چیزهایی را مثال ضد دید که لارنتس و فیتز جرال و دیگران در بیان نظریه‌های نیوتون و مکسول به آنها همچون معماها نظر می‌کردند. علاوه بر این، حتی وجود بحران به خودی خود معما را به مثال ضد مبدل نمی‌سازد. چنین خط تقسیم دقیقی وجود ندارد. به جای آن، بحران با افزودن بر شماره روایتهای مختلف نمونه، قواعد هنجاری حل معما را چندان سست می‌کند که سرانجام ظهور يك نمونه تازه را مجاز می‌شمارد. به نظر من، تنها دو گزینه وجود دارد: یا این که نظریه علمی هرگز با يك مثال ضد

۲. ت. س. کوهن، «تنش اساسی: سنت و نوآوری در پژوهش علمی»، مندرج در سومین کنفرانس پژوهشی یوتاه درباره بازشناسی هنرمندی علمی آفریننده، ویرایش کلون و. تیلر (سالت لیک سیتی، ۱۹۵۹)، ص ۱۷۷-۱۶۲؛ T. S. Kuhn, «The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research», in *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, ed. Calvin W. Taylor؛ فرانک بارون، «روانشناسی تخیلی» در [مجله] علمی امریکایی، صد و نهم (سپتامبر ۱۹۵۸)، ص ۱۶۶-۱۵۱، به ویژه ۱۶۰؛ Frank Barron, «The Psychology of Imagination», *Scientific American*.

مواجه نشود، یا همه این گونه نظریه‌ها در هر زمان با مثالهای ضد روبه‌رو شود. چگونه می‌توانسته است به صورتی دیگر بوده باشد؟ پاسخ گفتن به این پرسش مستلزم مراجعه به روشنگریهای تاریخی و نقدی فلسفه است، و در این رساله راه ورود به این گونه موضوعات بسته است. ولی دست کم می‌توانیم به دو دلیل برای این که چرا علم تصویر روشنی از این تعمیم که صدق و کذب تنها و بدون ابهام می‌توانند از مواجه شدن گزاره‌ها با واقعیتها آشکار شوند، اشاره کنیم. علم هنجاری پیوسته در آن می‌کوشد که نظریه و واقعیت را هر چه بیشتر توافق بخشد، و این فعالیت را به آسانی می‌توان به صورت آزمودن یا جستجو برای تأیید یا تکذیب مشاهده کرد. در مقابل، هدف علم هنجاری حل کردن يك معما است که برای وجود آن معتبر بودن نمونه می‌بایستی فرض شود. شکست خوردن در حل معما تنها دانشمندان را از اعتبار می‌اندازد نه نظریه را. در این جا نیز پیش از بالا این ضرب المثل صدق می‌کند: «تنها نجار بیچاره است که افزارهای خود را مورد سرزنش قرار می‌دهد.» علاوه بر این، بنابر روش جاری تعلیم علم که در آن بحث درباره يك نظریه سخت با کاربردهای برجسته آن به یکدیگر آمیخته شده، به آن کومک می‌کند که تأیید يك نظریه به صورت غالب از منابع دیگر جستجو شود. بر فرض این هم که کمترین دلیلی برای این گونه عمل کردن وجود داشته باشد، کسی که يك متن علمی را می‌خواند، به آسانی کاربردها را دلیل صحت نظریه و سببی برای پذیرفتن آن تصور می‌کند. دانشجویان علوم نظریه‌ها را بنابر حجیت و اعتبار استاد و کتاب می‌پذیرند و نه به سبب دلیل و مدرک. چه گزینه‌های دیگری دارند، یا چه صلاحیتی؟ کاربردهایی که در متن آمده به عنوان دلیل ذکر نشده بلکه بدان جهت است که فهمیدن آنها جزئی از فهم نمونه‌ای است که در شالوده عمل جاری قرار گرفته است. اگر کاربردها به عنوان دلیل ذکر شده باشد، در آن صورت خود ناتوانی متون از طرح کردن تفسیرهای گزینه‌ای یا بحث کردن در مسائلی که دانشمندان از یافتن نمونه‌ای برای حل آنها ناتوان مانده‌اند، نویسندگان آن متون را به جانبداری افراطی محکوم خواهد کرد. کمترین دلیلی برای این اتهام وجود ندارد.

اکنون با بازگشت به مسئله اصلی می‌پرسیم که: دانشمندان در آن هنگام که در سازگاری میان نظریه و طبیعت يك ناهنجاری مشاهده می‌کنند، چگونه واکنش نشان می‌دهند؟ آنچه تاکنون گفتیم نشان می‌دهد که حتی ناسازگاری بیش از اندازه بزرگ که در کاربردهای دیگر نظریه مشاهده می‌شود، نیازی به آن ندارد که سبب بروز واکنشی بسیار عمیق شود. همیشه مقداری ناسازگاری و اختلاف وجود دارد. حتی سرسختترین اشخاص هم سرانجام در مقابل راه و رسم هنجاری واکنش نشان می‌دهند. اغلب اوقات دانشمندان از روی میل انتظار را برمی‌گزینند، مخصوصاً در آن صورت که مسائل دیگری در قسمتهای مختلف میدان وجود داشته باشد. مثلاً، پیش از این اشاره کردیم که در مدت شصت سال پس از محاسبه اصلی نیوتون، حرکت پیشگویی شده حضيض زمینی ماه تنها به اندازه نیمی از چیزی بود که مشاهده می‌شد. در آن هنگام که بهترین دانشمندان فیزیک ریاضی اروپا به دست و پنجه نرم کردن بیحاصل با این ناسازگاری معروف مشغول بودند، به صورت اتفاقی سخنانی نیز در این باره شنیده می‌شد که لازم است در قانون عکس مجذور نیوتون

تغییری داده شود. ولی هیچ کس این پیشنهاد را جدی نمی گرفت، و در عمل ثابت شد که این شکیبایی و گرفتن حالت انتظار در برابر يك ناهنجاری عمده کاری درست بوده است. کِلِر و (Clairaut) در ۱۷۵۰ ثابت کرد که تنها عمل ریاضی در این کاربرد نادرست بوده و نظریه نیوتون توانست همچون پیش از آن برقرار بماند.^۳ حتی در حالتی که اشتباه محض ممکن به نظر نمی رسد (شاید بدان سبب که ریاضیات به کار گرفته شده ساده تر یا از گونه آشناتر و در جای دیگر سودمند بوده است)، ناهنجاری با دوام و مورد اعتراف همیشه سبب بحران نمی شود. هیچ کس به جد نظریه نیوتون را به سبب ناسازگاری درازمدت میان پیشگوییهای این نظریه درباره سرعت صوت و نیز حرکت عطارد با آنچه به دست آمده بود مورد سؤال قرار نداد. اولی از این دو سرانجام به صورتی کاملاً دور از انتظار بر اثر آزمایشهایی که درباره حرارت و به منظور دیگر صورت گرفته بود حل شد؛ دومی با نظریه نسبیت عمومی پس از بحرانی که نقشی در ایجاد آن نداشت از میان رفت.^۴ آشکارا هیچ يك از آن دو به اندازه کافی بنیادی به نظر نمی رسید که سبب ناراحتی و ایجاد بحران شود. آنها را می توانستند به عنوان مثال ضد پذیرند و کار کردن بر روی آنها را به زمانی دیگر محول کنند.

نتیجه آنکه اگر يك ناهنجاری بنا است به بحرانی بینجامد، معمولاً می بایستی چیزی بیش از يك ناهنجاری تنها بوده باشد. همیشه در سازگار کردن نمونه با طبیعت دشواریهایی وجود دارد؛ اغلب آنها دیر یا زود از طریق فرایندهایی که نمی توانسته است پیشبینی شده باشد، درست می شود. دانشمندی که در برخورد با هر ناهنجاری کار خود را به زمین می گذارد و می خواهد به حل آن بپردازد، به ندرت کار مهمی انجام می دهد. بنابر این باید پرسیم که چه چیز سبب آن است که يك ناهنجاری ارزش توجه کردن به آن و تحقیق کردن درباره آن را داشته باشد، و برای این پرسش محتملاً پاسخی کاملاً کلی وجود ندارد. حالتی که پیشتر مورد بحث قرار گرفت جالب توجه بود ولی به ندرت دستور عملی از آنها به دست می آمد. گاه يك ناهنجاری آشکارا تعمیمهای صریح و بنیادی نمونه را مورد پرسش و تردید قرار می دهد، همچون مسئله جریان اتر در برابر نظریه پذیرفته شده مکسول. یا، همچون در انقلاب کوپرنیکی، يك ناهنجاری بدون اهمیت بنیادی آشکار، در صورتی که کاربردهای ممنوع شده به وسیله آن از اهمیت عملی خاصی برخوردار بوده باشد، که در این مورد خاص مسئله گاهشماری و احکام نجوم بوده است، ممکن است سبب بروز بحران شود. یا، همچون در شیمی قرن هجدهم، گسترش علم هنجاری ممکن است يك ناهنجاری را که پیش از آن تنها مایه ناراحتی بوده به سرچشمه بحران مبدل سازد: مسئله نسبتهای وزنی پس از پیدایش روشهای فنی شیمی هواشناختی وضع کاملاً متفاوت پیدا کرد. البته اوضاع و احوال

۳. و. ویول، تاریخ علم استقرایی (چاپ تجدید نظر شده، لندن، ۱۸۴۷)، روم، ۲۲۱-۲۲۰.

۴. برای سرعت صوت رجوع کنید به ت. س. کوهن، نظریه کالوریک مترایم بی درو، ایسیس، چهل و چهارم (۱۹۵۸)، ۱۳۷-۱۳۶. برای جابه جایی قرنی حضيض خورشیدی عطارد رجوع کنید به ا. ت. ویتکر، تاریخی از نظریه های اتر و برق، دوم (لندن، ۱۹۵۳)، ۱۷۹-۱۵۱.

دیگری نیز وجود دارد که می‌تواند يك ناهنجاری را به صورت خاص مورد توجه شدید قرار دهد، و معمولاً چند تا از این گونه ناهنجاری می‌تواند با یکدیگر ترکیب شود. مثلاً، پیش از این اشاره کردیم که يك مایهٔ بحران که کوپرنیکوس با آن روبه‌رو شد، تنها طول زمانی بود که در آن منجمان با عدم موفقیت برای از بین بردن ناسازگارهای موجود در منظومهٔ بطلیمیوسی به تلاش پرداخته بودند.

هنگامی که، به این دلایل یا دلایلی شبیه اینها، يك ناهنجاری به صورت چیزی بیش از معمای دیگری از علم هنجاری درمی‌آید، انتقال به بحران و به علم فوق‌العاده آغاز می‌شود. در این حالت ناهنجاری همچون چیزی بیش از آنچه در حرفهٔ مخصوص آن عموماً به صورت ناهنجاری به آن نگاه می‌کنند به نظر می‌رسد. رفته رفته بر شمارهٔ مردان برجستهٔ میدان علمی که آن را مورد توجه قرار می‌دهند افزوده می‌شود. اگر باز هم مقاومت کند، که معمولاً چنین نیست، ممکن است بعضی از آنان حل آن را موضوع بحث علم خود قرار دهند. میدان عمل، برای ایشان، دیگر همان چیزی نخواهد بود که پیش از آن بوده است. قسمتی از تظاهر متفاوت آن تنها نتیجه‌ای از تثبیت دیدگاه تفحص علمی تازه است. سرچشمهٔ تغییر مهمتر دیگر، ماهیت و اگر ای راه‌حلهای جزئی متعددی است که توجه تمرکز یافته در مسئله آن را در دسترس قرار داده است. نخستین حمله‌های به مسئله‌ای که مقاومت نشان می‌دهد، کاملاً از قواعد نمونه پیروی می‌کند. ولی با ادامه یافتن مقاومت، بیشتر حمله‌های به آن با دستکاری مختصری در نمونه یا بدون آن صورت می‌گیرد، و هیچ دوتای از آنها کاملاً شبیه یکدیگر نیست، و هر يك به صورت جزئی با موفقیت همراه است، ولی هیچ يك به اندازهٔ کافی چنین نیست تا بتواند به توسط گروه همچون نمونه پذیرفته شود. بر اثر این تکرار صورت بیانه‌های واگرا (که رفته رفته هر چه بیشتر به عنوان تعدیلهای مناسب توصیف می‌شود)، قواعد علم هنجاری به شکلی فزاینده آشفتگی پیدا می‌کند. با آنکه هنوز نمونه‌ای وجود دارد، محدودی از کسانی که به آن عمل می‌کنند دربارهٔ چه چیزی آن با یکدیگر توافق دارند. حتی راه‌حلهای استاندهٔ قبلی مسائل حل شده نیز در معرض تردید قرار می‌گیرد.

هنگامی که این وضع صورت حاد پیدا کند، گاه مورد اعتراف دانشمندان وابسته به آن واقع می‌شود. کوپرنیکوس از آن شکایت می‌کرد که در زمان وی منجمان «چندان در این تحقیقات [نجومی] سست بودند... که حتی نمی‌توانستند طول ثابت سال فصلی را بیان کنند یا اندازهٔ آن را با رصد به دست بیاورند». به دنبالهٔ آن چنین نوشته بود: «چنان است که گویی هنرمندی دستها و پاها و سر و اعضای دیگر بدن لازم برای نقاشی خود را از مدل‌های مختلف فراهم آورده باشد که هر يك هر يك آنها به صورتی بسیار عالی ترسیم شده است، ولی همهٔ آنها تعلق به يك بدن ندارد، و چون اینها به هیچ وجه با یکدیگر نمی‌خوانند، نتیجه به جای آنکه صورت انسانی باشد صورت موجودی عجیب‌الخلقه است.»^۵ اینشتین که معمولاً بیانی کمتر ساخته و پرداخته داشت، تنها چنین نوشته است: «بدان می‌ماند که زمین را از زیر پای کسی کشیده باشند، و هیچ شالوده‌ای که

شخصی بتواند چیزی بر روی آن بنا کند وجود نداشته باشد.»^۶ وولفگانگ پائولی (Wolfgang Pauli)، در ماههای پیش از زمانی که مقاله هاینبرگ (Heisenberg) درباره مکانیک ماتریسی به راه رسیدن به يك نظریه کوانتومی اشاره ای کرده باشد، به دوستی نوشت: «در لحظه ای که فیزیک بار دیگر به صورتی هولناک با اشتباهکاری روبه روبرو شده، به هر حال، برای من بسیار دشوار است، و دلم می خواست يك بازنگر نمایش از نوع کومدی یا چیزی از این گونه می بودم و هرگز نامی از فیزیک به گوشم نخورده بود.» این اظهار نظر مخصوصاً هنگامی بسیار مؤثر می شود که آن را با سخن پنج ماه بعد پائولی مقایسه کنیم که گفت: «نوع مکانیک هاینبرگ بار دیگر امید و شادی در زندگی را به من بازگردانید. البته حل معما را به دست نمی دهد، ولی اعتقاد من آن است که دوباره امکان گام برداشتن به پیش فراهم شده است.»^۷

این گونه اعتراف به شکست بسیار نادر است، ولی تأثیرات بحران به صورت کامل وابسته به اعتراف خودآگاهانه آن نیست. از چگونگی این تأثیرات چه می توانیم بگوئیم؟ تنها دو تا از آنها کلی و جهانی است. همه بحرانها با آشفتگی يك نمونه و سست شدن قواعد پژوهش هنجاری که نتیجه آن است آغاز می شود. از این لحاظ، پژوهش در دوران بحران شباهت فراوانی به پژوهش دوران پیش از نمونه دارد، جز این که در اولی مورد اختلاف هم کوچکتر است و هم کاملاً تعریف شده، و هر بحران به یکی از سه راه پایان می پذیرد. گاه علم هنجاری سرانجام قابلیت برآمدن با مسئله موجب بحران را، علی رغم نومیدی کسانی که آن را در پایان يك نمونه موجود دیده بودند، پیدا می کند. در مواردی دیگر مسئله حتی در برابر برداشتهای ریشه دار آشکار مقاومت نشان می دهد. سپس دانشمندان ممکن است چنان نتیجه بگیرند که در حالت کنونی میدان ایشان به راه حلی نخواهد رسید. به آن مسئله برجسی می چسباند و آن را برای نسل آینده و افزارهای پیشرفته تر به کناری می گذارند. یا، بالاخره، حالتی پیش می آید که بیشتر مورد توجه ما است، و بحران ممکن است با ظهور نامزدی برای نمونه شدن و بروز جنگی بر سر پذیرفته شدن آن خاتمه پیدا کند. این شکل اخیر خاتمه کار به تفصیل در بخشهای آینده مورد بحث قرار خواهد گرفت، ولی باید در این جا اندکی از آنچه را که پیشینی می شود بیاوریم تا ملاحظات درباره تکامل و کالبدشناسی حالت بحرانی به صورت کامل گفته شده باشد.

۶. آلبرت اینشتین، «یادداشت خود زندگینامه ای» در آلبرت اینشتین: فیلسوف - دانشمند، ویرایش پ. ا. شیلپ (اوانستن، ایلینویز، ۱۹۴۹)، ص ۴۵؛ Albert Einstein, «Autobiographical Note,» in *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. P. A. Schilpp.

۷. رالف کراونینگ، «نقطه تغییر جهت» در فیزیک نظری در قرن بیستم: یادبودنامه ولفگانگ پائولی، ویرایش م. فیرتز و و. ف. وایسکوپف (نیویورک، ۱۹۶۰)، ص ۲۶، ۲۵-۲۶؛ Ralph Kronig, «The Turning Point,» in *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ed. M. Fierz and V. F. Weisskopf. بیشتر این مقاله به بحث درباره بحران مکانیک کوانتومی در سالهای بلافاصله پیش از ۱۹۲۵ اختصاص دارد.

انتقال از يك نمونه در حال بحران به نمونه دیگری که از آن سنت تازه‌ای از علم هنجاری برخواهد خاست، بسیار دور از فرایند انبوهشی است که با بیان کردن یا گسترش دادن نمونه قدیمی صورت می‌گرفت. بلکه بیشتر عبارت از نوسازی يك میدان از بنیادهای تازه‌ای است که بعضی از مهمترین تعمیمهای نظری ابتدایی میدان و نیز بعضی از روشها و کاربردهای نمونه آن را تغییر می‌دهد. در دوران انتقال يك روی هم قرار گرفتن گسترده ولی نه کامل میان مسائلی که می‌تواند به وسیله نمونه قدیم و جدید هر دو حل شود، مشاهده خواهد شد. ولی در این جا همچنین يك اختلاف قطعی در روشهای حل مسئله وجود خواهد داشت. هنگامی که انتقال کامل می‌شود، حرفه مورد نظر نگرش خود نسبت به میدان و روشها و هدفهای آن را تغییر داده است. يك مورخ هوشمند که به تازگی حالتی متعارفی از يك تغییر جهت علم به وسیله تغییر نمونه را مورد ملاحظه قرار داده، آن را با تعبیر «به دست گرفتن سر دیگر عصا» توصیف کرده، یعنی همچون فرایندی که مستلزم «سروکار داشتن با همان دسته از داده‌های سابق است، ولی آنها را با قرار دادن در چارچوبی تازه چنان کرده‌اند که ارتباطشان با یکدیگر به صورتی دیگر درآمده است.»^۸ کسان دیگری که به این جنبه از پیشرفت علمی توجه داشته‌اند، به تأکید از شباهت آن با تغییر کلی وضع (گشتالت) دید سخن گفته‌اند: نشانه‌هایی بر روی صفحه کاغذ که در ابتدا به صورت يك پرندۀ جلوه‌گر می‌شد، اکنون به صورت بز کوهی به نظر می‌رسد، یا بالعکس^۹. این تشبیه گمراه‌کننده است. دانشمندان چیزی را همچون چیزی دیگر نمی‌بینند؛ به جای آن، تنها آن را می‌بینند. پیش از این بعضی از مسائلی را که با گفتن این که پرستلی اکسیژن را همچون هوایی می‌دید که فلوریتون آن زدوده شده باشد، مورد بحث قرار دادیم. علاوه بر این، دانشمندان آزادی شخص عادی را برای تغییر وضع دید ندارد که آن را مثلاً با زدن کلیدی تغییر دهد. با وجود این، کلید گشتالت، بدان جهت که مخصوصاً این روزها عادی شده يك الگوی ابتدایی سودمند برای چیزی است که در جابه‌جایی تمام عیار نمونه صورت می‌گیرد.

پیشینی قبلی ممکن است به ما در شناختن بحران به عنوان مقدمه شایسته‌ای برای ظهور نظریه‌های جدید کمک کند، مخصوصاً از آن جهت که پیش از این روایتی با مقیاس کوچک را از همین فرایند در هنگام بحث از ظهور اکتشافات مورد مطالعه قرار دادیم. درست بدان سبب که ظهور يك نظریه تازه ارتباط با يك سنت علمی را قطع می‌کند و سنت تازه‌ای را که با قواعد تازه و جهان متفاوتی از بحث و گفتگو همراه است به جای آن می‌نشانند، این کیفیت محتملاً تنها زمانی صورتپذیر می‌شود که سنت نخستین به صورت بدی گمراه‌کننده به نظر رسیده باشد. ولی، این ملاحظه چیزی بیش از يك مقدمه برای تحقیق درباره حالت بحرانی نیست، و، بدبختانه، پرسشهایی را پیش می‌آورد که یافتن پاسخ آنها به يك روانشناس بیش از يك مورخ نیازمند است.

۸. هربرت باترفیلد، مبادی علم نوین، ۱۸۰۰-۱۳۰۰ (لندن، ۱۹۴۹)، ص ۷۱-۷۲؛ Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300-1800*.

۹. هنسن، کتاب یادشده، فصل اول.

پژوهش و تحقیق فوق العاده به چه چیز شباهت دارد؟ هنگامی که دانشمندان تنها این را می دانند که چیزی به صورت بنیادی در ترازوی نادرست است که آزمودگی ایشان برای پرداختن به آن مجهز نشده است، چگونه عمل خواهند کرد؟ یافتن پاسخ این پرسشها به تحقیقات بیشتر نیازمند است و همه آنها تاریخی نیست. آنچه پس از این خواهد آمد بیشتر صورت آزمایشی و موقتی دارد و کمتر از آنچه پیش از این گذشت کامل است.

غالباً يك نمونه تازه، دست کم به صورت جنینی، پیش از آنکه يك بحران فراوان رشد کرده یا آشکارا شناخته شده باشد، ظهور می کند. اکتشاف لاووازیه حالتی از همین گونه است. یادداشت سر به مهر وی کمتر از يك سال پس از زمانی به فرهنگستان فرانسه سپرده شد که نخستین تحقیق کامل درباره نسبتهای وزنی در نظریه فلورِیستون صورت گرفته بود، و نیز پیش از آن بود که انتشار یافتن مقالات پرستلی دامنه گسترده بحران در شیمی هواشناختی را آشکار ساخته باشد. همچنین، نخستین گزارشهای تامس یانگ درباره نظریه موجی نور در نخستین مرحله بروز بحران در نور شناخت و هنگامی منتشر شد که این بحران تقریباً ناشناخته بود و اگر کار یانگ صورت نمی گرفت، در مدت يك دهه پس از اشاره وی به آن شكل يك رسوایی علمی بین المللی پیدا می کرد. در مواردی از این قبیل، ممکن است کسی بگوید که تنها يك شکست کوچک نمونه و پیدایش نخستین آشفتگی در قواعد آن برای علم هنجاری، می تواند در ذهن یکی از مشتغلان به علم مورد نظر این اندیشه را القا کند که برای نگرستن به میدان علم راه دیگری را برگزیند. آنچه میان نخستین احساس آشفتگی و شناختن يك گزینه در دسترس فاصله می شود، به صورت عمده می بایستی مورد غفلت قرار گرفته باشد.

ولی در حالات دیگر — مثلاً از کوپرنیکوس و اینشتین و نظریه هسته ای معاصر — میان نخستین آگاه شدن از شکست و ظهور يك نمونه زمان قابل توجهی فاصله می شود. هنگامی که چنین باشد، مورخ دست کم به معدودی نشانه ها از این که علم فوق العاده به چه چیز می ماند دسترس پیدا می کند. هنگامی که دانشمند با يك ناهنجاری بنیادی در نظریه مواجه می شود، نخستین تلاش وی غالباً برای این است که آن را هرچه دقیقتر جدا کند و ساختار آن را به دست دهد. با آنکه اکنون آگاه است که قواعد علم هنجاری نمی تواند کاملاً راست باشد، آنها را سختتر از همیشه به کار می اندازد تا ببیند در پهنه دشواری تا چه حد می توانند کارآمد باشند. در عین حال در صدد یافتن راههایی برای بزرگ و تکان دهنده نمایاندن شکست برمی آید تا تأثیر آنها بیش از آن باشد که در کاربردهای عادی داشتند و نتایج قابل پیشبینی بود. و در آخرین تلاش، بیش از هر بخش دیگر گسترش علم در دوران پس از نمونه، تقریباً به عالترین صورت تجسمی ما از يك دانشمند جلوه گر خواهد شد. در درجه اول، غالباً به کسی می ماند که اتفاقی و حساب نشده به جستجو برخاسته، و آزمایشهایی را تنها برای این انجام می دهد که ببیند چه نتیجه ای از آنها به دست می آید، و چشم به راه اثری است که ماهیت آن را نمی تواند به صورت کامل حدس بزند. در عین حال، چون هیچ آزمایشی بدون گونه ای از نظریه قابل تصور نیست، دانشمند گرفتار بحران پیوسته در آن می کوشد

که نظریه‌هایی پژوهشی به وجود آورد که در صورت موفق بودن راه رسیدن به يك نمونه تازه را باز می‌کنند و، در صورت موفق نبودن، نسبتاً آسان می‌تواند از آنها صرف نظر کند.

گزارش کیپلر از کوشش مداوم وی برای توجیه حرکت مریخ و توصیف پرستلی از واکنش خودش نسبت به زیادی شماره گازهای تازه مثالهای برجسته‌ای از جستجوهای بسیار من‌عندی و اتفاقی است که پس از آگاه شدن از وجود ناهنجاری صورت گرفته است.^{۱۰} ولی محتملاً بهترین وسیله مجسم ساختن آن از پژوهشهای معاصر درباره نظریه میدان و درباره ذرات بنیادی ماده به دست می‌آید. آیا در غیاب يك بحران که ضرورت توجه به این امر را که قواعد علم هنجاری تا چه حد قابل امتداد است فراهم می‌آورد، تلاش فراوان لازم برای اکتشاف نوترینو کاری صحیح به نظر می‌رسیده است؟ یا، اگر قواعد در نقطه‌ای آشکار نشده به صورت آشکار فرو نمی‌ریخت، آیا فرضیه اساسی تقارن تابع موجی (Parity) هرگز پیشنهاد می‌شد یا مورد آزمایش قرار می‌گرفت؟ همچون بسیاری از پژوهشهای دیگر در فیزیک دهه گذشته، این آزمایشها تا حدی عبارت از تلاشهایی برای پیدا کردن جا و حدود سرچشمه دسته‌ای از ناهنجاریهای پراکنده بوده است که هنوز هم وجود دارد.

این گونه از پژوهش فوق‌العاده غالباً، ولی نه به هیچ وجه عموماً، همراه با گونه‌ای دیگر بوده است. به نظر من، مخصوصاً در دوره‌های شناخته شدن بحران است که دانشمندان به تحلیل فلسفی وسیله‌ای برای گشودن معماهای میدان خود برمی‌آیند. دانشمندان عموماً نیازی به آن ندارند یا نمی‌خواهند که از فلاسفه باشند. در واقع علم هنجاری معمولاً از فلسفه خلّاق فاصله می‌گیرد، و محتملاً به دلیل خوبی چنین می‌کند. تا آنجا که کار پژوهش هنجاری می‌تواند با استفاده از نمونه به عنوان يك مودل انجام شود، ضرورتی ندارد که قواعد و فرضها صراحت پیدا کند. در بخش ۵ اشاره کردیم که مجموع قواعد در نظر گرفته شده از طریق تحلیل فلسفی حتی نیازی به وجود داشتن ندارد. ولی این بدان معنی نیست که جستجو برای دست یافتن به فرضها (حتی برای آنها که وجود ندارد) نمی‌تواند راهی مؤثر برای سست کردن فشار چنگال سنت بر عقل و پیشنهاد کردن گونه تازه‌ای برای جانشینی آن باشد. این تصادفی نیست که ظهور فیزیک نیوتونی در قرن هفدهم و نسبیت و مکانیک کوآنتومی در قرن بیستم هر دو مؤخر و همراه با تحلیلهای بنیادی فلسفی درباره سنت پژوهش معاصر بوده است.^{۱۱} و این نیز برحسب تصادف نبوده است که در این هر دو

۱۰. برای گزارشی از کار کیپلر درباره مریخ رجوع کنید به جی. ل. ا. درایر، تاریخی از نجوم از طالس تا کیپلر، ص ۳۹۳-۳۸۰. نادرستیهای اتفاقی مانع آن نبوده است که کتاب درایر مواد مورد نیاز را در اینجا فراهم آورد. برای پرستلی رجوع کنید به اثر خود او به ویژه آزمایشها و مشاهدات در گونه‌های مختلف هوا؛ *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*.

۱۱. برای قرینه فلسفی همراه با مکانیک سده هفدهم، رجوع کنید به رونه دوگا، مکانیک در سده هفدهم (نوشاتل، ۱۹۵۴) به ویژه فصل ۱۱؛ René Dugas, *La mécanique au XVII^e siècle*. برای مشابه آن در سده نوزدهم، نگاه کنید به کتابی قدیمتر از همین نویسنده، تاریخ مکانیک (نوشاتل، ۱۹۵۰)، ص ۴۴۳-۴۱۹؛ *Histoire de la mécanique*.

دوره آنچه به اصطلاح آزمایش فکری خوانده می‌شود، نقشی بسیار قاطع در پیشرفت تحقیق داشته است. چنانکه در جای دیگر گفته‌ام، آزمایش فکری تحلیلی که از آن در نوشته‌های گالیلئو و اینشتین و بور و دیگران فراوان یاد شده، کاملاً حساب شده و برای آن است که نمونه قدیمی را در برابر شناخت تازه از راههایی عرضه کند که ریشه بحران را با چنان وضوحی جلوه گر می‌سازد که از طریق آزمایشگاه نمی‌توان به آن دست یافت.^{۱۲}

با گسترش این روشهای فوق العاده، خواه به صورت مفرد و خواه با هم، يك چیز دیگر نیز حاصل می‌شود. با متمرکز ساختن توجه علمی بر روی پهنه باریکی از آشفته‌گی و با آماده کردن ذهن علمی برای قبول کردن ناهنجاریها به صورتی که هستند، بحران غالباً به اکتشافات تازه فراوان می‌انجامد. پیش از این اشاره کردیم که چگونه آگاهی از بحران سبب تمایز کار لاووازیه درباره اکسیژن از کار پرستلی شد؛ و اکسیژن تنها گازی نبود که شیمیدانان آگاه از ناهنجاری قابلیت اکتشاف آن را در کار پرستلی داشتند. و نیز، اکتشافات تازه نورشناختی به سرعت بلافاصله پیش از ظهور نظریه موجی و همراه با آن افزایش یافت. بعضی، همچون قطبش از طریق بازتاب، نتیجه حوادثی بود که کار تمرکز یافته در پهنه آشفته‌گی آنها را به وجود می‌آورد. (مالوس [Malus] عامل این اکتشاف تازه به کار برای جایزه فرهنگستان درباره شکست مضاعف آغاز کرده بود که موضوع تحقیقی با حالتی غیر رضایتبخش به شمار می‌رفت.) بعضی دیگر، همچون لکه نور در مرکز سایه يك قرص دایره شکل، پیشگوییهای از فرضیه‌های تازه بود که موفقیت آنها سبب می‌شد که برای کار آینده به يك نمونه مبدل شود. و برخی دیگر، همچون رنگهای خراشها و پولکهای ضخیم، آثاری بود که غالباً آنها را پیشتر دیده و بر حسب اتفاق به آنها توجه کرده بودند، ولی همچون اکسیژن پرستلی، از راههایی به آثار شناخته شده شبیه دانسته شد که از دیدن آنها بدان گونه که بودند جلوگیری کرد^{۱۳}. گزارش مشابهی می‌توان درباره اکتشافات متعددی داد که از حدود ۱۸۹۵ ملازم پیوسته ظهور مکانیک کوانتومی بوده است.

پژوهش فوق العاده می‌بایستی هنوز تجلیات و آثار دیگری داشته باشد، ولی در این پهنه به ندرت به اکتشاف پرسشهایی آغاز کرده‌ایم که می‌بایستی پرسیده شود. شاید در این نقطه به چیزی بیش از این نیاز نباشد. ملاحظات گذشته برای نشان دادن این مطلب که بحران در آن واحد هم وضع حالات برجسته را سست می‌کند و هم داده‌های اضافی لازم برای جا به جا شدن يك نمونه

۱۲. ت. س. کوهن، «وظیفه‌ای برای آزمایشهای فکری»، در مقاله‌های اهداشده به الکساندر کوآره، ویرایش ر. تاتون و ای. ب. کوهن (پاریس، ۱۹۶۳)؛ T.S. Kuhn, «A Function for Thought Experiments», in *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton and I. B. Cohen.

۱۳. برای اکتشافهای تازه مربوط به نور، رجوع کنید به و. رونشی، تاریخ نور (پاریس، ۱۹۵۶)، فصل ۷؛ V. Ronchi, *Histoire de la lumière*. برای توضیحی قدیمتر از یکی از این آثار، رجوع کنید به ج. پرستلی، تاریخ و حالت کنونی اکتشافهای مربوط به رؤیت و نور و رنگها (لندن، ۱۷۷۲)، ص ۴۹۸-۵۲۰؛ J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*.

را فراهم می‌آورد، کفایت می‌کند. گاه شکل نمونه جدید در ساختاری که پژوهش فوق‌العاده به ناهنجاری داده است، پیشبینی می‌شود. اینشتین نوشته است که پیش از آنکه جانیشینی برای مکانیک رسمی قدیمی فراهم آورده باشد، می‌توانسته است رابطه میان ناهنجاریهای شناخته‌شده تشعشع جسم سیاه و اثر نورابرقی و گرماهای ویژه را ببیند^{۱۴}. اغلب اوقات چنین ساختارها آگاهانه از پیش دیده نمی‌شود. در عوض، نمونه جدید یا اشاره‌ای کافی که پس از آن بتواند صورت بیانی پیدا کند، ناگهان در نیمه شب در ذهن کسی که عمیقاً غوطه‌ور در بحران است، ظاهر می‌شود. این که ماهیت آن مرحله نهایی چیست — چگونه يك شخص راه جدیدی را برای بخشیدن نظم به داده‌هایی که اکنون همه جمعند اختراع می‌کند (یا چنان می‌یابد که آن را اختراع کرده است) — می‌بایستی در اینجا پوشیده بماند و امکان آن هست که پیوسته چنین باشد. لازم است در این جا تنها يك چیز درباره آن گفته شود. تقریباً همیشه آن کس که این اختراعات بنیادی را برای پیدایش يك نمونه جدید انجام داده، یا خیلی جوان بوده است یا با نمونه‌ای که آن را تغییر داده بسیار تازه آشنا شده بوده است^{۱۵}. و شاید این نکته نیازی به بیان صریح نداشته باشد، چه آشکار است که این گونه مردان، بدان جهت که از لحاظ عمل و تمرین سابق سرسپردگی چندانی به قواعد سنتی علم هنجاری ندارند، بیشتر در معرض این احتمال قرار دارند که آن قواعد را دیگر قابل عمل ندانند و در صدد دسته‌ای دیگر برآیند که جایگزین آنها شوند.

انتقال به يك نمونه جدید که نتیجه کار است، انقلاب علمی است، و این موضوعی است که سرانجام خود را برای نزدیک شدن مستقیم به آن آماده کرده‌ایم. با وجود این، نخست باید به يك جنبه اخیر و ظاهراً مایه اغفالی توجه داشته باشیم که مواد سه بخش راه را برای آن هموار ساخته است. تا بخش ۶ که نخستین بار مفهوم ناهنجاری در آن عرضه شد، دو اصطلاح «انقلاب» و «علم فوق‌العاده» ممکن بود همسنگ یکدیگر به نظر برسد. از این مهمتر آنکه هیچ يك از آن دو اصطلاح چنان نمی‌نمود که معنایی بیش از «علم غیر هنجاری» داشته باشد، و این خود دوری است که لااقل بعضی از خوانندگان را نگران کرده است. در عمل، نیازی به چنین کردن نبوده است. به کشف این مطلب نزدیک شده‌ایم که دور مشابهی خصوصیت نظریه‌های علمی است. ولی، این دوری بودن خواه مایه نگرانی بوده باشد یا نباشد، دیگر توصیف نشده نیست. از این بخش از رساله و دو بخش

۱۴. اینشتین، اثر یادشده.

۱۵. این تعمیم درباره نقش جوانان در پژوهش علمی بنیادی چندان متعارف است که حکم يك واقعیت را پیدا کرده است. افزون بر این، نظری به تقریباً هر فهرست از شرکت‌کنندگان در ساختن نظریه علمی به صورتی شگفت‌انگیز آن را تأیید می‌کند. با این همه، این تعمیم نیازمند تحقیقی دقیق است. هاروی سی. لهن، در عمر و دستاورد (پرینستون، ۱۹۵۳): Harvey C. Lehman, *Age and Achievement*, داده‌های سودمندی فراهم آورده است، ولی در تحقیقات وی تلاشی برای جدا کردن پژوهشهایی صورت نگرفته است که مستلزم تغییر تصور بنیادی بوده باشد. نیز در آنها کنکاشی در خصوص اوضاع و احوال خاصی مشاهده نمی‌شود که همراه با سودمندی نسبتاً تازه در علوم بوده باشد.

پیش از آن ملاکهای متعددی از وجود يك شکست و تزلزل در فعالیت علمی هنجاری استخراج شده که ابدأً به این که آیا شکست به انقلاب انجامیده است وابستگی ندارد. دانشمندان، هنگام روبه‌رو شدن با ناهنجاری یا بحران، ایستار متفاوتی نسبت به نمونه‌های موجود اختیار می‌کنند، و ماهیت پژوهش ایشان متناسب با آن تغییر می‌پذیرد. پیدایش صورت بیانهای فراوان رقیب با یکدیگر و آمادگی برای آزمودن هر چیز و بیان صریح ناخرسندی و تشبّث پیدا کردن به فلسفه و منازعه درباره اصول بنیادی، همه اینها نشانه‌هایی از انتقال از پژوهش هنجاری به پژوهش فوق‌العاده است. مفهوم علم هنجاری بیش از آنکه وابسته به وجود انقلاب باشد وابسته به وجود این گونه چیزها است.

۹. ماهیت و ضرورت انقلاب علمی

این ملاحظات سرانجام به ما اجازه آن می‌دهد که مسائل فراهم آورنده این رساله و عنوان آن را مورد ملاحظه قرار دهیم. انقلابهای علمی چیست و چه وظیفه‌ای در رشد و تکامل علم دارد؟ مقداری از پاسخ این پرسش در فصلهای پیشین داده شده است. مخصوصاً، بحث گذشته نشان داد که انقلابهای علمی در این جا اشاره به دوره‌های رشد غیر انبوهشی علم است که در آنها يك نمونه قدیمی به صورت کامل یا جزئی با يك نمونه دیگر ناسازگار با آن جانشین می‌شود. ولی در این باره باید چیزهای بیشتری گفته شود، و يك بخش اساسی آن را می‌توانیم با پرسش سؤالی تازه آغاز کنیم. چرا يك تغییر نمونه باید انقلاب نامیده شود؟ در برابر اختلافهای گسترده و اساسی میان پیشرفتهای سیاسی و علمی، چه شباهتی می‌تواند مؤید به کار بردن لفظ انقلاب در هر دو بوده باشد؟

يك جنبه از شباهت می‌بایستی تاکنون آشکار شده باشد. مقدم بر انقلابهای سیاسی پیدایش این احساس فزاینده است که غالباً به بخشی از جامعه سیاسی تعلق دارد و حاکی از آن است که نهادهای موجود دیگر نمی‌تواند به صورت کامل مسائل فراهم آمده در محیطی را که خود در ایجاد آنها سهیم بوده است، حل کند. درست به همین گونه، مقدم بر انقلابهای علمی این احساس فزاینده، که باز غالباً منحصر به بخش کوچکی از جامعه علمی است، به وجود می‌آید که نمونه موجود دیگر نمی‌تواند در اکتشاف کامل جنبه‌ای از طبیعت که خود آن نمونه پیش از آن راه دست یافتن به آن را باز کرده بود، کارساز بوده باشد. هم در رشد سیاسی و هم در رشد علمی، احساس بدکار کردن که می‌تواند به بحران بینجامد، شرط لازم برای بروز انقلاب است. علاوه بر این، هر چند که تشبیه امکان دارد به سوءاستفاده کردن از استعاره بینجامد، این تشبیه نه تنها برای تغییرات بزرگ نمونه، همچون آنها که به کوپرنیکوس و لایوا و آریستو نسبت داده می‌شود، بلکه برای تغییرات کوچکی همراه با جذب گونه جدیدی از نمونها، همچون اکسیژن یا اشعه ایکس، صحت دارد. انقلابهای علمی، چنانکه در پایان بخش ۵ اشاره کردیم، ظاهراً تنها برای کسانی که نمونه‌های

ایشان از آنها تأثیر می‌پذیرد، انقلابی به نظر می‌رسد. برای خارجیان ممکن است، همچون انقلاب قرن بیستم بالکان، به صورت بخشی هنجاری از فرایند رشد جلوه‌گر شود. مثلاً، منجمان می‌توانند پرتوهای ایکس را يك افزوده محض به شناخت بشری تصور کنند، چه نمونه‌ای از وجود تشعشع جدید تأثیر نمی‌پذیرد. ولی برای کسانی همچون کلون و کروکس (Crookes) و رونتگن، که تحقیقات ایشان با نظریه تشعشع و با لوله‌های اشعه کاتودی ارتباط دارد، ظهور پرتوهای ایکس لزوماً همان گونه که نمونه‌ای به وجود می‌آورد به نمونه‌ای دیگر آسیب می‌رساند. به همین جهت است که این پرتوها از طریق يك نابسامانی که نخست تنها با تحقیق هنجاری سروکار داشته باشد می‌تواند کشف شود.

این جنبه تکوینی تشابه میان رشدهای سیاسی و علمی را دیگر نباید در معرض شك و تردید قرار داد. ولی این تشابه جنبه دیگر و ژرفتری نیز دارد که اهمیت اولی وابسته به آن است. هدف انقلابهای سیاسی تغییر دادن نهادهای سیاسی از راههایی است که خود آن نهادها آنها را منع کرده‌اند. بنابراین کامیابی آنها مستلزم صرف نظر کردن جزئی از دسته‌ای از نهادها به سود دسته دیگر است، و در این اثنا جامعه به صورت کامل به توسط نهادها اداره نمی‌شود. شمار فزاینده‌ای از افراد به صورتی فزاینده نسبت به زندگی سیاسی بیگانه می‌شوند و هر چه بیشتر در داخل آن حالت عجیب و غیر معمولی پیدا می‌کنند. سپس، به تدریج که بحران ژرفتر می‌شود، بعضی از این افراد به طرحی مخصوص خود را متعهد می‌سازند تا بتوانند جامعه را در يك قالب نهادی تازه نوسازی کنند. در این هنگام جامعه به دو اردو یا حزب رقیب با یکدیگر تقسیم شده که یکی از آنها خواستار بقای نهادهای قدیم است و دیگری برای ساختن نهادهای تازه تلاش می‌کند. و پس از آنکه چنین قطبشی صورت گرفت، تشبّات سیاسی شکست می‌خورد. چون احزاب دیگر در يك مبارزه انقلابی از لحاظ قالبهای نهادی که در داخل آنها تغییر سیاسی می‌بایستی صورت کمال پیدا کند و ارزیابی شود، از آن جهت که اعتراف به يك چارچوب برتر از نهادها برای قضاوت و احقاق و رفع کردن اختلافهای انقلابی ندارند که به آن رجوع کنند، با یکدیگر اختلاف کلمه دارند، ناگزیر سرانجام به راه و رسمهای قانع کردن توده مردم متوسل شوند که غالباً با اعمال زور همراه است. با آنکه انقلابها نقشی حیاتی در تحوّل نهادهای سیاسی دارد، این نقش وابسته به آن است که تا حدّی فوق سیاسی یا فوق نهادی بوده باشد.

هدف بازمانده این رساله نشان دادن این مطلب است که تحقیق تاریخی تغییر نمونه، خصوصیات بسیار مشابهی را در تحوّل و تکامل آشکار می‌سازد. معلوم می‌شود که انتخاب میان نمونه‌های رقیب یکدیگر، همچون انتخاب میان نهادهای سیاسی رقیب با هم، در واقع گزینشی میان روشهای زندگی اجتماعی ناسازگار با یکدیگر است. و چون چنین است، انتخاب فقط با ارزیابی روشهای خاص علم هنجاری صورت نمی‌گیرد، بدان جهت که این روشها تا حدّی وابسته به نمونه‌ای معین است، و این که آن نمونه خود مورد نزاع است. هنگامی که نمونه‌ها، چنانکه لازم است، به منازعه درباره انتخاب نمونه می‌پردازند، نقش آنها ناگزیر دوری است. هر گروه نمونه

خود را برای استدلال در هنگام دفاع از همان نمونه به کار می برد.

البته این دوری بودن سبب آن نیست که نمونه‌ها باطل یا بی اثر شود. کسی که هنگام دفاع از درستی يك نمونه آن را به عنوان مقدمه در استدلال خود به کار می برد، مع ذلك می تواند از این که کار علمی برای کسانی که نگرش تازه‌ای نسبت به طبیعت را پذیرفته‌اند به چه چیز شبیه است، نمایش روشنی فراهم کند. این نمایش ممکن است بسیار قانع کننده و غالباً به صورتی الزامآور چنین بوده باشد. با وجود این، از برهان دوری هر اندازه هم که نیرومند باشد، تنها کاری که برمی آید ترغیب و اقناع است. نمی تواند برای کسانی که قدم به درون این دایره نمی گذارند، به صورت منطقی یا حتی احتمالگیرانه الزامآور باشد. مقدمه‌ها یا ارزشهای مشترک میان دو طرف در يك مبارزه میان نمونه‌ها برای آن کفایت نمی کنند. انتخاب نمونه، همچون انقلاب سیاسی است — هیچ استانده‌ای بالاتر از موافقت جامعه مورد نظر وجود ندارد. بنابراین، برای اکتشاف این که انقلابهای علمی چگونه تحت تأثیر قرار می گیرند، باید نه تنها تأثیر طبیعت و منطق را در نظر بگیریم، بلکه لازم است راه و رسمهای استدلال اقتناعی مؤثر در داخل گروه خاصی را که جامعه علمی از آنها تشکیل می شود نیز مورد ملاحظه قرار دهیم.

برای اکتشاف این مطلب که چرا دعوی گزینش نمونه هرگز نمی تواند بدون ابهام از طریق منطق و آزمایش تنها خاتمه پیدا کند، باید به اختصار ماهیت اختلافی را که سبب جدایی طرفداران نمونه سنتی و جانشینان انقلابی ایشان از یکدیگر است، در معرض مطالعه قرار دهیم. این مطالعه موضوع بحث این بخش و بخش پس از آن است. ولی، پیش از این مثالهای متعدد از این اختلافها آوردیم، و هیچ کس در این شك نخواهد کرد که تاریخ می تواند مثالهای دیگری در اختیار ما قرار دهد. آنچه به احتمال قوی بیش از وجود آنها تردیدپذیر است — و بنابراین نخست باید در نظر گرفته شود — آن است که آیا چنین مثالها اطلاعات اساسی در خصوص ماهیت علم در اختیار ما قرار می دهد. با پذیرفتن این که طرد نمونه يك واقعیت تاریخی بوده، آیا این پذیرفتن چیزی بیش از ساده دلی و اشتباهکاری آدمی را نشان می دهد؟ آیا دلایل درونی برای آن وجود دارد که چرا جذب گونه جدیدی از نمودها یا يك نظریه علمی تازه می بایستی مستلزم طرد يك نمونه قدیمتر باشد؟

نخست باید توجه داشته باشید که اگر چنین دلایلی وجود داشته باشد، از ساختار منطقی شناخت علمی متفرع نشده است. علی الاصول، يك نمود تازه می تواند بدون داشتن بازتابی ویرانگرانه بر هر جزء از روش کار علمی گذشته ظهور پیدا کند. با آنکه اکتشاف زندگی بر سطح کره ماه امروز می تواند ویران کننده نمونه‌های موجود باشد (اینها چیزهایی به ما می گویند که با وجود داشتن زندگی بر سطح کره ماه منافات دارد)، اکتشاف زندگی در جزئی کمتر شناخته شده از کهکشان چنین نخواهد بود. به همین گونه، هیچ نظریه ضرورتی ندارد که با هر يك از اسلاف خود معارضه داشته باشد. ممکن است انحصاراً با نمودهایی سروکار داشته باشد که پیش از آن شناخته نبوده است، به همان گونه که نظریه کوآنوم با نمودهایی زیراتومی ناشناخته پیش از قرن بیستم

معامله می کند (ولی، به صورت برجسته، نه انحصاری). یا این که، نظریه تازه ممکن است تنها در تراز بالاتری از نظریه شناخته شده قرار گرفته باشد که همراه با نظریه های دیگر مشابه خود يك دسته خاص را تشکیل می داده اند. امروز، نظریه بقای انرژی چنین ارتباطی را میان نیروشناسی و شیمی و برق و نورشناخت و نظریه حرارتی و نظایر اینها برقرار می کند. ارتباطهای سازگار دیگری را می توان میان نظریه های کهنه و نو مشاهده کرد. هر يك و همه آنها را می توان مثالهایی از يك فرایند تاریخی دانست که از طریق آن علم تکامل پیدا کرده است. اگر چنین بوده باشد، تکامل علم به صورتی اصیل انبوهشی خواهد بود. نمودهای از گونه جدید تنها وجود نظم را در جنبه ای از طبیعت نشان می دهد که پیش از آن دیده نشده بود. در تکامل علم، شناخت تازه بیش از آنکه جایگزین دانش و شناختی از گونه دیگر و ناسازگار شود، جایگزین نادانی خواهد شد.

البته علم (یا هر اشتغال دیگر و شاید با تأثیر کمتر) ممکن بوده است بنابراین روش کاملاً انبوهشی رشد کرده باشد، و بسیاری هنوز چنان فرض می کنند که انبوهش لااقل کمال مطلوبی است که رشد تاریخی، اگر غالباً به توسط مزاج بشری دستخوش پریشانی نشده بود، آن را جلوه گر می ساخت. دلایل مهمی برای داشتن چنین اعتقاد وجود دارد. در بخش ۱۰ بر ما مکشوف خواهد شد که چگونه نگرش علم به صورت انبوهشی با آن شناختشناسی به هم گره خورده است که شناخت را ساختاری از ذهن می داند که به صورت مستقیم بر روی داده های حسی خام قرار گرفته است. و در بخش ۱۱ تأیید نیرومند حاصل شده از همین طرح تاریخنگارانه را به وسیله روشهای تعلیم علم مؤثر مورد بحث قرار خواهیم داد. با وجود این، علی رغم بسیار پسندیده بودن این تصویر کمال مطلوب، دلیل فراوان برای پرسیدن این سؤال وجود دارد که آیا تصویر علم می تواند چنین باشد. پس از دوران پیش از نمونه، جذب همه نظریه های تازه و تقریباً هر گونه جدیدی از نمودها در واقع مستلزم ویران شدن يك نمونه قبلی و در نتیجه بروز مبارزه ای میان مکتبهای مختلف اندیشه علمی بوده است. کسب انبوهشی تازگیهای پیشینی ناشده دلیل وجود داشتن يك استثنای تقریباً نایاب در قاعده رشد علمی است. کسی که واقعیت تاریخی را به جد می گیرد، باید این بدگمانی را داشته باشد که علم تمایل به آن کمال مطلوب را که تصور ما از انبوهشی بودن آن فراهم آورده است، ندارد. شاید معامله ای از گونه ای دیگر بوده باشد.

با وجود این، اگر واقعیتهای مقاوم بتوانند ما را تا این حد دور ببرند، در آن صورت نگاه دیگری به زمینی که پیشتر آن را درنور دیده ایم، ممکن است این نکته را به ذهن ما القا کند که اکتساب انبوهشی چیزهای تازه نه تنها نادر است بلکه علی الاصول غیرمحمّل است. پژوهش هنجاری که انبوهشی است، موفقیت خود را مدیون این قابلیت دانشمندان است که به صورت منظم مسائلی را انتخاب می کنند که می تواند باراه و رسم ادراکی و افزاری نزدیک به آنچه پیش از آن وجود داشته است حل شود. (به همین جهت است که توجه مفرط به مسائل سودمند، صرف نظر از ارتباط آنها با شناخت و روش عمل کنونی، می تواند به آسانی از رشد علمی جلوگیری کند.) کسی که در آن می کوشد تا مسئله ای را که با شناخت و روش کنونی تعریف و تحدید شده است حل کند، چنان

نیست که بیجهت وقت خود را به این سو و آن سو نگاه کردن تلف کند. او می‌داند که چه می‌خواهد بکند، و متناسب با آن ابزارهای خود را فراهم می‌آورد و اندیشه خود را به کار می‌اندازد. تازگی پیشبینی ناشده و اکتشاف جدید تنها تا آن اندازه صورتپذیر می‌شود که پیشبینی وی درباره طبیعت و ابزارهای وی نادرست باشد. غالباً اهمیت اکتشاف نتیجه شده متناسب با وسعت و سرسختی آن ناهنجاری است که سبب پیشبینی آن اکتشاف شده است. پس آشکارا می‌بایستی بعد از آن مبارزه‌ای میان نمونه‌ای که ناهنجاری را بر ملا کرده و آنچه سپس ناهنجاری را شبیه قانون ساخته است، درگیر شود. مثالی برای اکتشاف از طریق ویرانی نمونه در بخش ۶، ما را تنها با حادثه تاریخی محض روبه‌رو نکرد. راه مؤثر دیگری که اکتشافات بتواند در آن صورتپذیر شود، وجود ندارد.

همین استدلال، حتی به صورتی آشکارتر، در مورد اختراع نظریه‌های تازه نیز قابل تطبیق است. علی‌الاصول، تنها سه گونه نمود وجود دارد که درباره آنها ممکن است يك نظریه تازه عرضه شود. نخست نمودهایی است که پیش از آن به توسط نمونه موجود به خوبی مورد توضیح قرار گرفته و به ندرت می‌تواند عنوان انگیزه یا نقطه عزیمت نظریه تازه شود. هنگامی هم که بتواند چنین شود، همچون در آن سه پیشبینی که در پایان بخش ۷ از آنها سخن گفتیم، نظریه‌هایی که نتیجه می‌شود به ندرت مورد قبول قرار می‌گیرد، بدان جهت که طبیعت زمینه‌ای برای این تمایز فراهم نیاورده است. طبقه دوم نمودها عبارت از آنها است که طبیعت آنها به وسیله نمونه‌های موجود تعیین شده ولی جزئیات آنها را تنها از طریق ساختن نظریه‌ای دیگر می‌توان فهمید. اینها نمودهایی است که دانشمندان بیشتر اوقات خود را مصروف تحقیق درباره آنها می‌کنند، ولی هدف این تحقیق بیشتر تغییر صورت بیانی نمونه‌های موجود است نه اختراع نمونه‌هایی تازه. تنها در آن هنگام که این تلاشها برای تغییر صورت بیانی به نتیجه‌ای نرسد، دانشمندان با گونه‌ی سوم از نمودها مواجه هستند که همان ناهنجاریهای مورد اعتراف قرار گرفته است و این خصوصیت عمده را دارد که سرسختانه در مقابل جذب شدن به نمونه‌های موجود مقاومت نشان می‌دهد و تنها همین گونه است که موجب پیدایش نظریه‌های تازه می‌شود. نمونه‌ها برای همه نمودها، جز ناهنجاریها، جایگاهی از طریق نظریه در میدان دید علمی تهیه می‌کنند.

ولی اگر نظریه‌هایی تازه برای حل کردن ناهنجاریها در رابطه با نظریه موجود طبیعت فراخوانده شود، در این صورت لازم است که نظریه کامیاب جدید اجازه آن را بدهد که پیشگوییهای متفاوت با آنها که از سلف آن امکانپذیر بود صورت بگیرد. هرگاه دو نظریه از لحاظ منطقی با یکدیگر سازگاری داشته باشند، این اختلاف پیشگوییها نمی‌تواند وجود پیدا کند. در فرایند جذب شدن، نظریه دوم باید جایگزین اولی شود. حتی نظریه‌ای همچون بقای انرژی، که امروز به صورت روبنایی منطقی به نظر می‌رسد که تنها از طریق نظریه‌های استقرار یافته مستقل از یکدیگر با طبیعت ارتباط دارد، از لحاظ تاریخی بدون ویران کردن نمونه وجود پیدا نکرده است. از بحرانی ظهور پیدا کرده است که در آن يك جزء اساسی عبارت از ناسازگاری میان نیروشناسی

نیوتونی و بعضی از نتایج تازه صورتبندی شده نظریه کالوریک حرارت بوده است. تنها پس از آنکه نظریه کالوریک طرد شد، بقای انرژی توانست عنوان جزئی از علم پیدا کند.^۱ و تنها پس از آنکه مدتی عنوان جزئی از علم داشت، همچون نظریه‌ای به نظر رسید که از لحاظ منطقی دارای درجه بالاتر است، و با اسلاف خود تعارض ندارد. دریافتن این مطلب که چگونه نظریه‌های تازه می‌تواند بدون این تغییرات ویرانگر درباره باورهای نسبت به طبیعت به وجود آید، دشوار است. هر چند شمول منطقی همچون نگرشی مجاز نسبت به رابطه میان نظریه‌های علمی متوالی باقی می‌ماند، از لحاظ تاریخی غیرموجه به نظر می‌رسد.

به نظر من، يك قرن پیش این امکان وجود داشت که ضرورت انقلابها را متکی بر همین نکته بدانیم. ولی امروز، متأسفانه، این کار را نمی‌شود کرد، بدان جهت که داشتن نگرشی نسبت به این موضوع بدان گونه که پیشتر ذکر آن گذشت، در صورتی که اغلب تفسیرهای معاصر موجود درباره ماهیت و وظیفه نظریه علمی پذیرفته شود، دیگر میسر نیست. آن تفسیر که ارتباط نزدیک با مثبتگری منطقی قدیم دارد و به صورت قطعی به وسیله جانشینهای آن طرد نشده، دامنه معنی يك نظریه پذیرفته را چندان محدود می‌کند که محتملاً نمی‌تواند با هر نظریه بعدی که پیشگویی‌هایی درباره همان نمودهای طبیعی می‌کند، به مبارزه برخیزد. شناخته‌ترین و نیرومندترین حالت برای این طرز تصور محدود نظریه علمی، از بحثهای درباره ارتباط میان نیروشناسی اینشتینی معاصر و معادلات نیروشناسی قدیمی برخاسته از کتاب اصول نیوتون ظاهر می‌شود. از دیدگاه رساله حاضر، این دو نظریه، به آن معنی که در ارتباط میان نجوم کوپرنیکی و بطلمیوسی بیان کردیم، به صورتی بنیادی با یکدیگر سازگاری ندارند: نظریه اینشتین را تنها هنگامی می‌توان پذیرفت که نظریه نیوتون نادرست شناخته شده باشد. امروز چنین نگرشی نگرش اقلیت است.^۲ بنابراین می‌بایستی شایعترین اعتراضات نسبت به آن را در معرض مطالعه قرار دهیم.

خلاصه این اعتراضات را می‌توان به صورت ذیل بیان کرد. نیروشناسی نسبیتیگرانه نمی‌تواند نادرست بودن نیروشناسی نیوتونی را ثابت کند، زیرا که نیروشناسی نیوتونی امروز با موفقیت فراوان به توسط اغلب مهندسان به کار گرفته می‌شود، در کاربردهای گزیده، بعضی از فیزیکدانان نیز چنین می‌کنند. علاوه بر این، خاصیت این کاربرد نظریه قدیمی را می‌توان از طریق خود نظریه‌ای که در کاربردهای دیگر جایگزین آن شده است به اثبات رسانید. نظریه اینشتین را می‌توان برای اثبات این مطلب به کار برد که پیشگویی‌های حاصل از معادلات نیوتون می‌تواند همان اندازه خوب باشد که اسبابهای اندازه‌گیری ما در کاربردهایی از آنها که با در نظر گرفتن عده معدودی از شرایط محدودکننده صورت گرفته خوب است. مثلاً، اگر بنا باشد نظریه نیوتون يك راه حل تقریبی خوب به ما بدهد، لازم است سرعتهای نسبی اجسام وارد در مسئله در

۱. سیلوانوس پ. تامسن، زندگی ویلیام تامسن بارون کلونین آف لارگز (لندن، ۱۹۱۰)، یکم، ۲۸۱-۲۶۶.

۲. مثلاً، رجوع کنید به ملاحظات پ. پ. وینر، در فلسفه علم بیست و پنجم (۱۹۵۸)، ۲۹۸؛ P.P. Wiener in *Philosophy of Science*.

مقایسه با سرعت نور کوچک باشد. با این شرط و محدودی شرطهای دیگر، نظریه نیوتونی قابل استنتاج از نظریه اینشتینی و حالت خاصی از آن شناخته می شود.

ولی، اعتراض ادامه پیدا می کند، هیچ نظریه محتملا نمی تواند با یکی از حالات خاص آن تعارض داشته باشد. اگر علم اینشتینی چنان می نماید که نیروشناسی نیوتونی را باطل می کند، تنها بدان جهت است که بعضی از نیوتونیان از روی بی احتیاطی مدعی آن شده بودند که نظریه نیوتونی نتایج کاملا درست و دقیق به دست می دهد، یا این که در سرعتهای بسیار زیاد معتبر است. بدان جهت که نمی توانند هیچ دلیلی برای چنین ادعا داشته باشند، هنگامی که به عرضه کردن این ادعا پرداخته اند، به یک استانده علم خیانت ورزیده اند. تا آن حد که نظریه نیوتونی به عنوان یک نظریه علمی تأیید شده به توسط برهان شناخته شده، هنوز نیز چنین است. تنها ادعاهای عجیب و غریب درباره آن داشتن — ادعاهایی که هرگز عنوان جزئی از علم نداشته — می تواند به توسط اینشتین نادرست نشان داده شود. نظریه نیوتون، پالوده شده از این ادعاهای شگفت انگیز بشری، هرگز در معرض چالش قرار نگرفته و پس از این نیز قرار نخواهد گرفت.

گونه ای از این استدلال کاملا برای اثبات این مطلب کفایت می کند که هر نظریه که به توسط گروه مهمی از دانشمندان صاحب صلاحیت به کار رفته، از حمله درامان است. مثلا، نظریه فلورستون که در معرض بدگویی فراوان قرار گرفته، به عده زیادی از نمودهای فیزیکی و شیمیایی نظم و سامان بخشیده است. روشن کرده است که چرا اجسام می سوزند — فلورستون آنها فراوان است — و چرا فلزات خواص مشترکی بسیار بیش از خواص مشترک کانه های خود با هم دارند. فلزات هم ترکیباتی از عناصر خاکی متفاوت با فلورستون تصور می شدند، و این یک که مشترک میان همه فلزات بود، سبب پیدا شدن خواص مشترک آنها شد. علاوه بر این، نظریه فلورستون جوابگوی عده ای از واکنشها بود که در آنها از ترکیب شدن اجسامی مانند زغال و گوگرد اسیدها به وجود می آمد. همچنین کاهش حجم را در هنگامی که عمل سوختن در حجم محدودی از هوا صورت می گرفت، توجیه می کرد — فلورستونی که از احتراق تولید می شد، سبب «تباه شدن» کشسانی هوایی بود که این فلورستون به آن جذب می شد، درست به همان گونه که آتش سبب «تباه شدن» کشسانی یک فنر فولادی است.^۳ اگر نمودهایی که سازندگان نظریه فلورستون مدعی توجیه آنها بودند به همینها پایان می پذیرفت، آن نظریه هرگز در معرض چالش قرار نمی گرفت. استدلال مشابهی برای جوابگویی از هر نظریه که در مورد عده معینی از نمودها صحت داشته است، کفایت می کند.

ولی برای نجات دادن نظریه بدین صورت، لازم است دامنه کاربرد آن منحصر به دسته معینی از

۳. جیمز ب. کانت، برافتادن نظریه فلورستون (کمبریج، ۱۹۵۰)، ص ۱۶-۱۳؛ و پارتینگتن، تاریخ مختصر شیمی (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ص ۸۵-۸۸. برای گزارش کاملتر و دلچسپتر از دستاوردهای نظریه فلورستون، رجوع کنید به ه. متسگر، نیوتون، اشتال، بورهاوه و آموزه شیمیایی (پاریس، ۱۹۳۰)، بخش دوم؛ H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*.

نمودها باشد و به آن اندازه دقتی قناعت شود که اندازه‌گیری‌های به وسیله اسباب‌های اندازه‌گیری زمان عرضه شدن نظریه از آن بهره‌مند بوده‌اند.^۴ تنها يك قدم پیشتر رفتن (و چون قدم اول برداشته شد، به دشواری می‌توان از برداشتن قدم دوم چشم پوشید)، این محدودیت دانشمندان را از آن منع می‌کند که درباره نمونه‌ای پیشتر مشاهده نشده «دانشمندانه» سخن بگویند. حتی در شکل حاضر نظریه، محدودیت دانشمندان را از آن باز می‌دارد که به آن نظریه در پژوهش خود، هنگامی که آن پژوهش وارد پهنه تازه‌ای می‌شود یا نیازمند درجه دقتی است که درکار کردن با نظریه بیسابقه است، متکی شود. این منعها به صورت منطقی استثنانپذیر است. ولی نتیجه پذیرفتن آنها پایان یافتن پژوهشی است که به میانجیگری آن علم می‌تواند به پیش برود و تکامل پیدا کند.

تا این جا آن نکته هم عملاً تکرار مکررات است. بدون داشتن تعهدی نسبت به يك نمونه، علم هنجاری وجود نخواهد داشت. علاوه بر این، آن تعهد می‌بایستی بر پهنه‌ها و درجات دقتی گسترش یافته باشد که برای آنها سابقه کامل وجود نداشته است. اگر چنین نباشد، نمونه نمی‌تواند معماهایی فراهم آورد که پیش از آن حل نشده باشد. از این گذشته، تنها علم هنجاری نیست که به تعهد داشتن نسبت به يك نمونه وابسته است. اگر نظریه موجود دانشمندان را تنها نسبت به کاربردهای موجود محدود کند، دیگر شگفتی‌ها و ناهنجاری‌ها و بحرانهایی وجود نخواهد داشت. ولی اینها نشانه‌هایی است که راه علم فوق‌العاده را نشان می‌دهد. اگر محدودیت‌های مثبت‌گرانه درباره دامنه کاربرد داشتن صحیح نظریه تحت اللفظی در نظر گرفته شود، سازوکاری (مکانیسم) که به جامعه علمی می‌گوید چه مسائلی ممکن است به تغییری بنیادی بینجامد، می‌بایستی از کار کردن بیفتد. و هنگامی که چنین شود، جامعه ناگزیر به چیزی بازمی‌گردد که بسیار شبیه حالت پیش از نمونه‌ای آن است، و در آن همه اعضا به کار علمی اشتغال دارند ولی محصول کار ایشان به ندرت اصلاً به علم شبیه است. آیا مایه تعجب است که بهای پیشرفت علمی جالب توجه عبارت از تعهدی باشد که خطر نادرست بودن دارد؟

از این مهم‌تر آنکه، يك خلأ منطقی در برهان مثبت‌گرانه وجود دارد، و ما را بلافاصله بار دیگر با ماهیت تغییر انقلابی روبه‌رو می‌کند. آیا حقیقتاً می‌توانیم نیروشناسی نیوتونی را از نیروشناسی نسبیتی‌گرانه متفرع سازیم؟ این متفرع ساختن به چه چیز شبیه است؟ دسته‌ای از گزاره‌ها همچون E_1 و E_2 و ... و E_m را در نظر بگیرید که روی هم رفته قوانین نظریه نسبیت را بیان می‌کنند. این گزاره‌ها مشتمل است بر متغیرها و پارامترهای نماینده وضع مکان و زمان و جرم ساکن و نظایر اینها. از آنها، همراه با افزارهای منطقی و ریاضیات، يك دسته کامل از گزاره‌های دیگر استخراج می‌شود که بعضی از آنها را می‌توان به میانجیگری عمل مشاهده در معرض آزمایش قرار داد. برای اثبات کفایت نیروشناسی نیوتونی به عنوان يك حالت خاص، می‌بایستی به E_1 ها گزاره‌های دیگری همچون $1 < (v/c^2)$ را اضافه کنیم که دامنه پارامترها و متغیرها را محدود سازد. بر روی

۴. مقایسه کنید با نتایج حاصل شده از طریق تحلیلی متفاوت به توسط ر. پ. بریسویت، توضیح علمی (کیمبرج،

این دسته بزرگ شده گزاره‌ها سپس کار می‌شود تا از آن دسته تازه N_1 و N_2 ... N_m به دست آید که از لحاظ شکل به قانون حرکت نیوتون و قانون گرانش و چیزهای دیگر شبیه است. ظاهراً نیروشناسی نیوتونی از نیروشناسی اینشتینی، در تحت شرایط محدودکننده، متفرع شده است. ولی هنوز تفرع، لااقل تا این نقطه، قلابی است. با آنکه N_1 ها حالت خاصی از قوانین مکانیک نسبیتیگرا هستند، قوانین نیوتون نیستند. یا دست کم تا زمانی چنین نیستند که آن قوانین بار دیگر به صورتی از نو تعبیر شود که تا پس از کار اینشتین غیرممکن بوده است. متغیرها و پارامترهایی که در E_1 های اینشتینی نماینده وضع فضایی و زمان و جرم و جز آن بودند، هنوز هم در N_1 ها وجود دارند؛ و در آنجا هنوز نماینده فضای اینشتینی و زمان و جرم و جز آن هستند. ولی مورد اشاره فیزیکی این مفاهیم اینشتینی به هیچ وجه عین آن مفاهیم نیوتونی که همین نام را دارند نیست. (جرم نیوتونی باقی می‌ماند؛ جرم اینشتینی قابل تبدیل به انرژی است. تنها در سرعتهای نسبتاً پایین می‌توان آنها را به یک شکل اندازه گرفت، و حتی در این صورت هم نباید آنها را عین یکدیگر تصور کرد.) تا زمانی که تعاریف متغیرها را در N_1 ها تغییر نداده‌ایم، گزاره‌هایی که متفرع کرده‌ایم نیوتونی نخواهد بود. اگر آنها را تغییر بدهیم، حقاً نمی‌توانیم دست کم به هر معنایی که اکنون «متفرع کردن» شناخته می‌شود، بگوییم که قوانین نیوتون را متفرع کرده‌ایم. البته برهان ما این توضیح را داد که چرا چنان به نظر می‌رسید که قوانین نیوتون کار می‌کند. با این کار معلوم شد که گفتن این که راننده اتومبیل چنان عمل می‌کند که گویی در جهان نیوتونی به سر می‌برد، درست است. برهانی از همین گونه برای حقایق تعلیم نجوم زمین‌رزی برای نقشه‌برداران به کار می‌رود. ولی برهان ما کاری را که می‌خواست بکند به انجام نرسانیده است. یعنی، ثابت نکرده است که قانون نیوتون حالت محدودی از قانون اینشتین است. چه در عبور به حد تنها شکل قوانین نیست که باید تغییر پیدا کند. همزمان می‌بایستی آن عناصر ساختاری بنیادی را که جهان جایگاه کاربرد این قوانین از آنها ترکیب شده نیز تغییر دهیم.

این نیازمندی به تغییر دادن معنی مفاهیم استقرار یافته آشنا در تأثیر نظریه انقلابی اینشتین اهمیت مرکزی دارد. با آنکه دقیقتر از تغییر از زمین‌رزیگری به خورشید مرکزی و از فلورستون به اکسیژن یا از ذره‌ها به موجها است، تغییر شکل مفهومی نتیجه شده از آن از لحاظ ویرانگری قطعی نمونه استقرار یافته از آنها کمتر نیست. حتی ممکن است متوجه آن شویم که سردهسته تغییر جهت‌های انقلابی در علم است. درست بدان جهت که مستلزم وارد کردن موضوعات یا مفهومیهای اضافی نیست، انتقال از مکانیک نیوتونی به مکانیک اینشتینی با روشنی خاصی انقلاب علمی را همچون جابه‌جاشدن شبکه مفاهیمی معرفی می‌کند که دانشمندان از میان آن به جهان می‌نگرند.

این ملاحظات برای نشان دادن این مطلب که، در سرزمین فلسفی دیگر، چه چیز باید مسلم فرض شود، کفایت می‌کند. لااقل برای دانشمندان، اغلب اختلاف‌های آشکار میان یک نظریه علمی از رواج افتاده و جانشین آن حقیقی است. هر چند همیشه می‌توان نظریه پردشته را

همچون حالت خاصی از جانشین رایج آن دانست، می‌بایستی برای این منظور به آن تغییر شکل داده شود. و تغییر دادن شکل کاری است که تنها با مزایای پسبینی و رهبری صریح نظریه جدیدتر صورت می‌گیرد. علاوه بر این، حتی اگر آن تغییر شکل برای به کار بردن نظریه قدیمی وسیله‌ای مشروع بوده، نتیجه به کار بردن آن نظریه‌ای چندان محدود خواهد بود که تنها آنچه را بیشتر شناخته بود بار دیگر از نو بیان می‌کند. به علت صرفه‌جویی آن، این بیان دوباره سودمند است، ولی برای راهنمایی پژوهش کفایت نمی‌کند.

بنابراین، اکنون این امر را به عنوان مسلم می‌پذیریم که اختلاف میان نمونه‌های مختلف هم ضروری و هم سازگاری‌ناپذیر است. آیا می‌توانیم به صراحت بگوییم که این اختلافها از چه گونه است؟ نمونه آشکارتر، پیش از این به تکرار تصویر شده است. نمونه‌های متوالی درباره ساکنان جهان و رفتار آنها چیزهای مختلفی به ما می‌گوید بدین معنی که آنها در برابر پرسشهایی همچون وجود ذرات زیراتومی و مادی بودن نور و بقای گرما یا انرژی با یکدیگر اختلاف دارند. اینها تفاوت‌های اساسی میان نمونه‌های متوالی است. ولی نمونه‌ها در چیزی بیش از ماده با یکدیگر متفاوتند، بدان جهت که تنها متوجه به طبیعت نیستند بلکه به علمی که آنها را به وجود می‌آورد نیز توجه دارند. آنها سرچشمه روشها و میدان مسئله و استانداردهای حل پذیرفته‌شده به توسط هر جامعه علمی بالغ در زمانی معین هستند. در نتیجه، پذیرش يك نمونه تازه غالباً مستلزم تعریف کردن مجدد علم متناظر با آن است. بعضی از مسائل قدیمی ممکن است به علمی دیگر ارجاع یا به صورت کامل «غیر علمی» معرفی شود. مسائل دیگری که پیشتر وجود نداشت یا پیش پا افتاده به نظر می‌رسید، ممکن است با نمونه جدید عنوان الگوی اصلی دستاورد علمی حایز اهمیت شناخته شود. و به تدریج که مسائل تغییر پیدا می‌کند، غالباً استاندارد که وسیله تمایز میان حل علمی واقعی و پژوهش مابعد طبیعی محض است و بازی کلمات یا بازی ریاضی نیز تغییر می‌پذیرد. سنت علمی هنجاری که از انقلاب علمی بیرون می‌آید، با آنچه پیش از آن بوده، نه تنها ناسازگار است بلکه عملاً به وسیله آن قابل اندازه‌گیری نیست.

تأثیر کتاب نیوتون بر سنت کار علمی قرن هفدهم مثال چشمگیری از این آثار دقیقتر جابه‌جاشدن نمونه در اختیار ما قرار می‌دهد. پیش از ولادت نیوتون «علم جدید» قرن دست کم توانسته بود در طرد توضیحات ارسطویی و مدرسیگرانه که به صورت ذاتها و جوهرهای اجسام مادی بیان می‌شد، به کامیابی برسد. گفتن این که سنگی بدان جهت بر زمین می‌افتد که «طبیعت» سنگ آن را به طرف مرکز جهان می‌کشاند، يك لفظبازی و تکرار چیزهای بیهوده به نظر می‌رسید، در صورتی که پیش از آن چنین نبود. بنابراین همه ظواهر محسوس، مشتمل بر رنگ و مزه و حتی وزن، به میانجیگری بزرگی و شکل و وضع و حرکت ذرات عنصری ماده شالوده‌ای توجیه می‌شد. نسبت دادن صفات دیگر به اتمهای عنصری عنوان تشبث به چیزهای پنهان و رمزی داشت و بنابراین در خارج مرزهای علم قرار می‌گرفت. مولییر (Molière) در آن هنگام که پزشکان را به این جهت مورد تمسخر قرار می‌داد که تأثیر خواباوری تریاک را به نیروی خواباوری نسبت

می‌دادند، درست متوجه شده بود. در نیمه دوم قرن هفدهم بعضی از دانشمندان چنان ترجیح می‌دادند که بگویند شکل گرد ذرات تریاک به آنها خاصیت آرامبخشی را داده است که هنگام حرکت کردن آنها در کنار اعصاب سبب آرامش آنها می‌شود.^۵

در دوره‌ای قدیمتر، توضیح دادن از طریق قوا و کیفیات پنهانی جزء تمام‌کننده‌ای از کار ثمر بخش علمی به شمار می‌رفت. با این همه، تعهد تازه قرن هفدهم به توضیح مکانیکی - ذره‌ای (مکانیکی - جسمکی)، برای عده‌ای از علوم سودمند واقع شد و آنها را از شر مسائلی که در برابر قبول راه‌حلهای معمولی عموماً مقاومت نشان می‌دادند و راه‌حلهای دیگری را به جای آنها پیشنهاد می‌کردند، رهایی بخشید. مثلاً، در نیروشناسی، سه قانون حرکت نیوتون بیش از آنکه محصولی از آزمایشهای تازه بوده باشد حاصل تلاشی بود که برای تفسیر کردن مجدد مشاهدات شناخته شده از طریق حرکت و عمل متقابل میان جسمکهای (ذرات) ابتدایی خنثی صورت می‌گرفت. چون جسمکهای خنثی تنها از طریق تماس می‌توانستند بر روی یکدیگر تأثیر کنند، نگرش مکانیکی - جسمکی طبیعت توجه علمی را به موضوعی کاملاً تازه از تحقیق جلب کرد که عبارت از دگرگون شدن حرکت‌های جسمکی در نتیجه برخورد و تماس بود. دکارت این مسئله را اعلام کرد و نخستین حل مشهور آن را فراهم آورد. هوگنس، رن (Wren) و والیس (Wallis) آن را از این هم پیشتر بردند، و این کار مختصری از راه آزمایش کردن با آونگهایی صورت گرفت که وزنه‌های آنها با هم تصادم پیدا می‌کرد، ولی بیشتر این پیشرفت از طریق کاربرد از پیش شناخته خصوصیات حرکت درباره مسئله تازه صورت گرفت. و نیوتون نتایجی را که آنان به دست آورده بودند وارد قوانین حرکت خود کرد. «کنش» و «واکنش» قانون سوم تغییراتی است که در مقدار حرکت دو طرف برخورد کرده با یکدیگر صورت می‌گیرد. همین تغییر حرکت تعریف نیروشناختی نیرو را که به صورت ضمنی در قانون دوم آمده است به دست می‌دهد. در این حالت، همچون در حالات دیگری از قرن هفدهم، نمونه جسمکی هم سبب به وجود آمدن مسئله‌ای تازه شد و هم تا حد زیادی راه حل آن را فراهم آورد.^۶

با وجود این، هر چند بیشتر کتاب نیوتون متوجه به مسائل بود و استاندهایی در خود داشت که از دید جهانی مکانیکی - جسمکی سرچشمه می‌گرفت، تأثیر نمونه‌ای که از کتاب وی فراهم آمد، تغییری بیشتر و تا حدی ویرانگر در مسائل و استاندهای مشروع علم بود. گرانش که به صورت جاذبه‌ای فطری میان هر جفت ذره ماده تفسیر می‌شد، به همان گونه جنبه پنهانی و رمزی داشت که «میل به افتادن» مدرسگران چنین بود. بنابراین، در آن حال که استاندهای جسمکیگری نافذ و کارگر ماند، جستجو برای توضیحی مکانیکی از گرانش یکی از چالش‌انگیزترین مسائل برای

۵. برای جسمکیگری (corpuscularism) به صورت عام، رجوع کنید به مری بوئز، «استقرار فلسفه مکانیکی»، در اوسیریس، دهم (۱۹۵۲)، ۴۱۲-۵۴۱؛ Marie Boas, «The Establishment of the Mechanical Philosophy», در اوسیریس، دهم (۱۹۵۲)، ۴۸۳.

۶. رونه دوگا، مکانیک در سده هفدهم (نوشاتل، ۱۹۵۴)، ص ۱۸۵-۱۷۷، ۲۹۸-۲۸۴، ۳۵۶-۳۴۵.

کسانی شد که اصول را همچون يك نمونه پذیرفته بودند. نیوتون توجّه فراوانی به آن داشت و چند تن از جانشینان قرن هجدهم وی نیز چنین بودند. تنها حقّ انتخاب آشکار طرد کردن نظریّه نیوتون به سبب شکست آن در توجیه گرانش بود، و آن گزینه، نیز، به صورت گسترده پذیرفته شد. ولی هیچ يك از این نگرشها سرانجام به پیروزی نرسید. دانشمندان که نمی توانستند علم را بدون اصول به کار گیرند یا آن کار را مطابق استانده‌های جسمکی قرن هفدهم انجام دهند، رفته رفته این نگرش را پذیرفتند که گرانش در حقیقت فطری است. در نیمه قرن هجدهم این تفسیر تقریباً مورد قبول همگان قرار گرفته بود، و نتیجه آن يك بازگشت اصیل (که به معنی حرکت قهقراپی نیست) به استانده‌های مدرسیگرانه شد. جاذبه و دافعه فطری برای اندازه و شکل و وضع و حرکت عنوان خواصّ اولیّه فیزیکی تحویل ناپذیر ماده را پیدا کرد.^۷

تغییر حاصل شده از آن در استانده‌ها و میدان مسئله علم فیزیک بار دیگر نتیجه‌بخش شد. مثلاً، در سالهای دهه ۱۷۴۰ برق‌گران می توانستند از «خاصیت» جاذبه سیال برقی سخن بگویند بدون این که در معرض تمسخری شبیه مسخره شدن پزشکان در يك قرن پیش از آن به توسط مولیر بشوند. با این کار، نمودهای برقی به صورتی فزاینده ترتیبی را عرضه می داشت که با آنچه پیش از آن بود و برق را همچون آثاری از يك چیز جاری مکانیکی تصوّر می کردند و تنها می توانست از طریق مجاورت و تماس عمل کند، تفاوت داشت. مخصوصاً، در آن هنگام که تأثیر برق از فاصله و بدون تماس موضوع بحث قرار گرفت، نمودی که اکنون به نام بار کردن برقی از طریق القا می شناسیم توانست همچون یکی از آثار آن شناخته شود. پیش از آن، اگر اصلاً چنین چیزی دیده می شد، آن را به عمل مستقیم «جو» برقی یا به تشد کردن ناگزیری در هر آزمایشگاه برقی نسبت می دادند. نگرش تازه آثار القایی، به نوبه خود، عنوان کلیدی برای فرنکلین پیدا کرد که به وسیله آن توانست بطری لید را در معرض تجزیه و تحلیل قرار دهد و از این راه يك نمونه نیوتونی برای الکتریسیته فراهم شود. نیروشناسی و برق تنها میدانهای علمی نبود که از مشروعیت و برحق بودن جستجو برای نیروهای فطری ماده تأثیر پذیرفت. قسمت عمده ادبیات علمی قرن هجدهم درباره میل ترکیبها و رشته‌های جانشین شدن شیمیایی نیز منشعب از همین جنبه فوق مکانیکی نیوتونیگری بود. دانشمندان شیمی که به این جاذبه‌های متفاوت میان انواع شیمیایی باور داشتند، به آزمایشها و جستجوهای برای دست یافتن به گونه‌های جدیدی از واکنشها پرداختند که پیش از آن هرگز تصوّر نمی شد. بدون داده‌ها و مفاهیم شیمیایی فراهم آمده در آن فرایند، کار بعدی لاوازیه و، مخصوصاً، دالتون غیر قابل فهم و تصوّر بود.^۸ تغییر در استانده‌های حاکم بر مسئله‌ها و مفاهیم و توضیحات مجاز می تواند يك علم را تغییر دهد. در بخش آینده حتی از لحاظی سخن

۷. آی. ب. کوهن، فرنکلین و نیوتون: تحقیقی در علم آزمایشی پژوهشی نیوتونی و کار فرنکلین در برق به عنوان مثالی از آن (فیلادلفیا، ۱۹۵۶)، فصلهای ۶ و ۷.

۸. برای برق، رجوع کنید به همان کتاب، فصلهای ۸-۱۰. برای شیمی رجوع کنید به متسگر، اثر یادشده، بخش اول.

خواهم گفت که امکان دارد سبب تغییر جهان شود.

مثالهای دیگری از این تفاوت‌های غیراساسی میان نمونه‌های متوالی را می‌توان از تاریخ هر علم در تقریباً هر دوره از تکامل آن به دست آورد. اکنون به ذکر اختصاری دو مثال دیگر می‌پردازیم. پیش از انقلاب شیمیایی، یکی از وظایف شناخته شیمی فراهم آوردن گزارشی برای خواص اجسام شیمیایی و برای تغییراتی بود که بر این خواص در ضمن واکنشهای شیمیایی وارد می‌شود. به کومک عده معدودی از «اصول» مقدماتی — که فلورستون یکی از آنها بود — شیمیدان می‌بایستی توضیح دهد که چرا بعضی از اجسام خاصیت اسیدی دارند و بعضی دیگر از خاصیت فلزی یا قابلیت احتراق برخوردارند، و همچنین مقداری موقفیت در این زمینه به دست آمده بود. پیش از این اشاره کردیم که فلورستون توضیح می‌داد که چرا فلزات آن همه به هم شباهت دارند، و برای اسیدها توانستیم برهان مشابهی فراهم آوریم. ولی نوآوری و اصلاح لاووازیه سرانجام «اصول» شیمیایی را کنار گذاشت و به این ترتیب شیمی را از مقداری از قدرت توضیحی فعلی و بالقوه آن محروم کرد. برای جبران این کسر و نقص، لازم بود تغییری در استانداردها صورت بگیرد. در قسمت مهمی از قرن نوزدهم، ناتوانی برای بیان صفات و خواص ترکیبها به هیچ وجه عنوان ادعانه‌ای بر ضد نظریه شیمیایی محسوب نمی‌شد.^۹

نیز، کلرک مکسول در این اعتقاد که امواج نور می‌بایستی در محیط اتر مادی انتقال پیدا کند، با دیگر طرفداران نظریه موجی نور شریک بود. تعیین محیطی مکانیکی برای آن امواج مسئله‌ای استاندارد برای بسیاری از شایسته‌ترین معاصران وی به شمار می‌رفت. ولی نظریه خود وی، یعنی نظریه برقاطیسی نور، اصلاً اشاره‌ای به محیط قابل انتقال دادن امواج نور نداشت، و آوردن دلیلی برای وجود آن دشوارتر از پیشتر می‌نمود. در آغاز، نظریه مکسول به همین دلایل به صورت وسیع طرد شد. ولی، همچون نظریه نیوتون، صرف نظر کردن از نظریه مکسول نیز دشوار می‌نمود، و در آن هنگام که رسیدن آن به وضع نمونه استقرار پیدا کرد، ایستار جامعه نسبت به آن تغییر یافت. در دهه‌های اول قرن بیستم، اصرار مکسول بر وجود داشتن يك اتر مکانیکی هر چه بیشتر به يك شوخی شبیه بود و تلاشها برای تعیین کردن چنین محیط اتری متروك شد. دانشمندان گفتن این را که يك «جابه‌جایی» برقی صورت گرفته است بدون آنکه معلوم باشد چه چیز جابه‌جا شده است، کاری غیر علمی تصور می‌کردند. نتیجه، بار دیگر، پیدایش دسته‌ای از مسائل و استانداردها بود که یکی از آنها، در این حادثه، تأثیری فراوان در ظهور نظریه نسبیت داشته است.^{۱۰}

این انتقالهای چشمگیر در طرز تصور جامعه علمی نسبت به مسائل و استانداردهای مشروع و حقانی آن، اگر می‌توانستیم چنان فرض کنیم که همیشه از يك گونه از لحاظ روششناختی پستتر به گونه بالاتر صورت می‌گیرد، معنی و اهمیت کمتری برای این رساله پیدا می‌کرد. در آن حالت آثار آنها نیز انبوهشی به نظر می‌رسید. مایه شگفتی نیست که بعضی از مورخان علم چنان گفته باشند

۹. ای. میرسن، هویت و واقعیت (نیویورک، ۱۹۳۰)، فصل ۱۰.

۱۰. ای. ت. ویتکر، تاریخی از نظریه‌های اتر و برق، دوم (لندن، ۱۹۵۳)، ۲۸۳۰.

که تاریخ علم يك افزایش مداوم را در بلوغ و تلطیف طرز تصور آدمی نسبت به ماهیت علم نشان می‌دهد.^{۱۱} با این همه ساختن حالت انبوهشی مسائل و استانده‌های رشد علم دشوارتر از حالت انبوهشی نظریه‌ها است. تلاش برای بیان گرانس، با وجود آنکه به صورتی ثمر بخش به توسط اغلب دانشمندان قرن هجدهم طرد شد، به يك مسئله از درون ناحق و نامشروع متوجه نبود؛ اعتراض به نیروهای فطری نه به صورت اساسی غیر علمی بود و نه مابعد طبیعی به معنای تحقیری. استانده‌های خارجی که يك داوری از این گونه را مجاز بشمارد وجود ندارد. آنچه صورت گرفت نه فروافتادن استانده‌ها بود و نه بالا آمدن آنها، بلکه به سادگی تغییری به مقتضای پذیرش يك نمونه بود. علاوه بر این، آن تغییر از آن به بعد معکوس شده و دوباره می‌تواند چنین شود. در قرن بیستم اینشتین به آن کامیاب شد که جاذبه‌های گرانشی را مورد توضیح قرار دهد، و آن توضیح علم را به دسته‌ای از قوانین و مسائل بازگرداند که، از این لحاظ، بیش از آنکه به قوانین و مسائل جانشینان نیوتون شبیه باشد، به قوانین و مسائل اسلاف وی شباهت داشت. یا نیز، رشد مکانیک کوانتومی آن منع روششناختی را که از انقلاب شیمیایی برخاسته بود، معکوس کرد. شیمیدانان اکنون، با کامیابی فراوان، در آن می‌کوشند که رنگ و حالت تجمع و صفات دیگر مواد به کار رفته و تولید شده در آزمایشگاههای خود را مورد توضیح قرار دهند. حتی محتمل است که انعکاس مشابهی نیز برای نظریه برقاطیسی حاصل شود. فضا (مکان) در فیزیک معاصر قرارگاه لخت و یکنواختی که سابقاً به آن در نظریه‌های نیوتونی و مکسولی بدان گونه نظر می‌شد نیست؛ بعضی از خواص جدید بی شباهت به چیزی نیست که زمانی آن را به اتر نسبت می‌دادند؛ ممکن است روزی بیايد که ما بدانیم جابه‌جا شدن برق یعنی چه.

با انتقال تأکید از وظایف شناختی به وظایف معیاری نمونه‌ها، مثالهای گذشته فهم ما را نسبت به راههایی که نمونه‌ها از طریق آنها به زندگی علمی شکل می‌بخشد، افزایش می‌دهد. پیش از این، به صورت اصولی نقش نمونه را همچون حامل و ظرفی برای نظریه علمی در نظر گرفتیم. در این نقش، وظیفه آن گفتن این مطلب به دانشمندان است که طبیعت مشتمل بر چه چیزها هست و چه چیزها را در بر ندارد، و دیگر این که رفتار آن چیزها از چه قرار است. از این اطلاعات نقشه‌ای فراهم می‌آید که جزئیات آن را پژوهش علمی به حد بلوغ رسیده تعیین می‌کند. و از آنجا که طبیعت بیش از آن پیچیده و متنوع است که من عندی و اتفاقی اکتشاف شود، آن نقشه نیز همانند مشاهده و آزمایش برای ادامه رشد و رسیدن به کمال علم ضرورت دارد. نمونه‌ها، به سبب

۱۱. برای تلاشی درخشان و کاملاً مطابق با وضع روز برای سازگار کردن رشد و کمال علم با این تختخواب پروکروستسی [پروکروستس (Procrustes) در اساطیر یونانی، غولی بوده که مسافران را می‌گرفته و در بستری می‌نهاده است. اگر کوتاهتر از آن بودند پاهایشان را می‌کشید و اگر درازتر بودند، آنها را می‌برید تا درست به اندازه آن تختخواب شوند مترجم]. رجوع کنید به سی. سی. گیلیسپی، کناره عینیت: تحقیقی در تاریخ علمی اندیشه‌ها (پرینستون) ۱۹۶۰؛ C. C. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas*.

نظریه‌هایی که در خود مندرج دارند، برای فعالیت پژوهشی دارای جنبهٔ اساسی هستند. ولی، در عین حال، اساس علم از جنبه‌های دیگر نیز هستند، و همین نکته اکنون مورد توجه ما است. مخصوصاً، مثالهای تازه‌تر ما نشان می‌دهد که نمونه‌ها نه تنها نقشه‌ای برای دانشمندان فراهم می‌آورد بلکه توجیهاتی اساسی برای نقشه‌سازی نیز دارد. برای فهمیدن يك نمونه، دانشمند به نظریه و روشها و استانداردها روی هم رفته نیاز دارد، و معمولاً این با هم بودن يك مخلوط بسیار پیچیدهٔ ناشکافتنی را تشکیل می‌دهد. بنابراین، هنگامی که نمونه‌ها تغییر می‌کند، معمولاً جابه‌جاییهای مهمی در ملاک تعیین مشروعیت مسائل و راه‌حلهای طرح شده صورت می‌گیرد. این ملاحظه ما را به نقطه‌ای بازمی‌گرداند که این بخش از آنجا آغاز شد، چه برای ما نخستین اشارهٔ صریح را در این باره فراهم آورد که چرا انتخاب میان نمونه‌های رقیب با یکدیگر به صورت منظم مسائلی را پیش می‌آورد که با ملاک علم هنجاری نمی‌توانند حل شود. تا این جا، که به اندازهٔ اهمیت داشتن ناکامل هم بود، آن دو مکتب علمی دربارهٔ این که مسئله چیست و راه حل کدام است، با هم توافق ندارند و ناگزیر و در ضمن گفتگو با یکدیگر و مجادله از شایستگیهای نسبی نمونه‌های خود سخن خواهند گفت. در استدلال به صورت دوری جزئی که به شکل منظم نتیجه می‌شود، هر نمونه نشان می‌دهد که کمابیش ملاکی را که برای خود قرار داده تأمین می‌کند و از ارضای بعضی از ملاکها که رقیب عرضه کرده است ناتوان می‌ماند. دلایل دیگری نیز برای ناکامل بودن تماس منطقی که پیوسته از مشخصات مجادلات نمونه‌ای است وجود دارد. مثلاً، چون هیچ نمونه‌ای نیست که همیشه همهٔ مسائلی را که به تحدید آنها پرداخته است بتواند حل کند، و چون هیچ دو نمونه نیست که مسائل حل نشدهٔ مشابهی داشته باشند، با مجادلات نمونه‌ای همیشه این سؤال پیش می‌آید که: کدام مسائل برای حل کردن مهمتر است؟ همچون در مورد رقابت استانداردها، مسئلهٔ ارزشها را تنها از طریق ملاکهایی که روی هم رفته در خارج علم هنجاری قرار گرفته‌اند می‌توان پاسخ داد، و همین توسل به ملاکهای خارجی است که به صورتی بسیار آشکار منازعات نمونه‌ای را انقلابی می‌سازد. ولی، چیزی بنیادینتر از استانداردها و ارزشها در معرض خطر است. تا این جا تنها از آن سخن گفته‌ام که نمونه‌ها سازندهٔ علمند. اکنون می‌خواهم در این باره سخن بگویم که آنها سازنده‌های طبیعت نیز هستند.

۱۰. انقلابها به عنوان تغییراتی در نگرش نسبت به جهان

مورخ، پس از مطالعه آثار ثبت شده پژوهش گذشته و با بهره‌برداری از مزایای تاریخنگاری معاصر، ممکن است به وسوسه اظهار این مطلب بیفتد که چون نمونه‌ای تغییر کند، خود جهان با آن تغییر خواهد کرد. دانشمندانی که با يك نمونه جدید رهبری می‌شوند، آلات و افزاری تازه برای خود فراهم می‌آورند و به دیدن جاهای تازه می‌پردازند. از این مهمتر، در دوران انقلابها دانشمندان در هنگام نگرستن با افزارهای آشنا در جاهایی که پیشتر به آنها نگاه می‌کردند، چیزهای تازه و متفاوت با گذشته می‌بینند. بدان می‌ماند که جامعه حرفه‌ای ناگهان به سیاره‌ای دیگر انتقال یافته باشد که در آن چیزهای آشنا در نورهای متفاوت دیده می‌شود و نیز چیزهایی ناآشنا به آنها پیوسته شده است. البته، چیزی کاملاً بدین گونه اتفاق نیفتاده: انتقال جغرافیایی صورت نگرفته است؛ در خارج آزمایشگاه کارهای روزانه به صورت گذشته ادامه پیدا می‌کند. با وجود این، تغییرات نمونه سبب آن شده است که دانشمندان دنیای وابسته به پژوهش خود را به صورتی متفاوت ببینند. از این جهت که تنها راه دسترس یافتن ایشان به آن جهان چیزهایی است که می‌بینند و می‌کنند، ممکن است چنان بخواهیم که بگوییم پس از انقلاب دانشمندان در مقابل جهانی متفاوت واکنش نشان می‌دهند.

از مثالهای ابتدایی برای این تغییر شکل‌های جهان دانشمند، یکی آن است که نشاندانهای آشنای يك کلید در چشم انداز (گشتالت) بصری بسیار انگیزنده اندیشه به نظر می‌رسد. آنچه در جهان دانشمند پیش از آن به شکل اردك جلوه‌گر می‌شد پس از آن شکل خرگوش را نمایش می‌دهد. مردی که پیشتر بیرون جعبه را از بالا می‌دید، سپس درون آن را از زیر می‌بیند. تغییر شکل‌هایی از این گونه، هر چند معمولاً بسیار تدریجی و تقریباً همیشه انعکاس‌ناپذیر است، از ملازمات متعارفی تمرین علمی است. از نگرستن به خطوط محیطی يك نقشه، دانشجو خطوطی بر روی کاغذ می‌بیند، و نگارنده نقشه تصویری از يك قطعه زمین. از نگاه کردن به عکس يك اطاق حبابی [حباب شیشه‌ای دارای مایع که تصادمهای برقی در آن صورت می‌گیرد] دانشجو خطوط

مبهم و شکسته‌ای را می‌بیند و فیزیکدان صورت ثبت شده‌ای از حوادث زیراتومی. تنها پس از عده‌ای از چنین تغییر شکل‌های رؤیت است که دانشجو از جمله ساکنان جهان دانشمند می‌شود و آنچه را که او می‌بیند مشاهده می‌کند و همانند او واکنش نشان می‌دهد. ولی، جهانی که دانشجو سپس به آن گام می‌گذارد، چیزی نیست که يك بار و برای همیشه به توسط ماهیت محیط از يك سو و ماهیت علم از سوی دیگر تثبیت شده باشد. بیشتر، تعیین کننده آن عمل توأم محیط و سنت علم هنجاری خاصی است که دانشجو برای فرا گرفتن آن آماده شده است. بنابراین، در زمانهای انقلاب، هنگامی که سنت علمی هنجاری تغییر پیدا می‌کند، دریافت دانشمند از محیط خود می‌بایستی از نو تربیت شود — در بعضی از اوضاع آشنا باید بیاموزد که چشم اندازی (گشتالت) تازه را مشاهده کند. پس از آنکه چنین کاری صورت گرفت، جهان پژوهش وی در این جا و آن جا قابل اندازه گرفتن با جهانی که پیشتر در آن می‌زیست نخواهد بود. و این دلیل دیگری است بر این که چرا مکتب‌های رهبری شده با نمونه‌های متفاوت همیشه هدف‌های مخالف یا متعارض با یکدیگر دارند.

آزمایش‌های چشم اندازی، در شکل معمولیتر خود، البته تنها ماهیت تغییر شکل‌های ادراکی را تصویر می‌کند. از بابت نقش نمونه‌ها یا آزمایش بیشتر جذب شده در فرایند ادراک، چیزی به ما نمی‌گوید. ولی در این خصوص ادبیات ثروتمند روانشناختی در دست است که بیشتر آن ریشه در کارهای پیش‌تازانه انسیتیوی هانوور دارد. يك شخص در معرض آزمایش قرار گرفته که عینک سیاهی بر چشم می‌گذارد که تصاویر را معکوس می‌کند، در ابتدا جهان را زیر بالا شده مشاهده خواهد کرد. در آغاز دستگاه ادراکی وی بدان گونه عمل می‌کند که برای دیدن بدون داشتن چنان عینک سیاه تمرین دیده است، و نتیجه آن پریشان شدن مفرط جهت دید و پیش آمدن يك بحران حاد شخصی است. ولی پس از آنکه شخص مورد نظر به آن آغاز کرد که با جهان تازه خود برآید، تمام میدان دید وی تغییر می‌کند و این کار معمولاً پس از دوره متوسطی که در آن رؤیت شکل معشوش پیدا کرده است، صورت می‌گیرد. پس از آن، چیزها به همان صورت دیده خواهد شد که پیش از گذاشتن عینک سیاه در برابر چشم دیده می‌شد. جذب يك میدان دید ناهنجار قبلی بر روی میدان تأثیر می‌کند و خود آن را تغییر می‌دهد.^۱ به معنای تحت اللفظی و نیز مجازی، کسی که به عدسیهای معکوس کننده عادت کرده در معرض يك تغییر شکل رؤیت انقلابی قرار گرفته است. کسانی که در معرض آزمایش با اوراق بازی یاد شده در بخش ۶ قرار گرفته بودند، يك تغییر شکل کاملاً مشابه را تجربه می‌کنند. تا زمانی که با نگاه کردن ممتد این مطلب را فرا گیرند که

۱. نخستین آزمایش‌ها به توسط جورج م. استرین در مقاله‌اش، «دیدن بدون انعکاس تصویر شبکه‌ای»، در مجله روانشناختی، چهارم (۱۸۹۷)، ۳۶۰-۳۷۱، ۴۸۱-۴۶۳ صورت گرفت؛ George M. Stratton, «Vision without Inversion of the Retinal Image», *Psychological Review* ۱۸۵۷: ۱۸۵۷. برای تجدیدنظر به سبک امروزی، رجوع کنید به هاروی ای. کار، مقدمه‌ای بر ادراک فضا (نیویورک، ۱۹۳۵)، ص ۱۸۵۷. Harvey A. Carr, *An Introduction to Space Perception*.

جهان مشتمل بر ورقهای ناهنجار است، تنها گونه‌ای از ورق را می‌دیدند که آزمایش پیشین آنان را برای آن مجهز کرده بود. ولی پس از آنکه تجربه گونه‌های اضافی لازم را برای آنان فراهم آورد، شایستگی آن پیدا کردند که همه ناهنجاریها را در نخستین بازرسی با طول مدتی تنها به آن اندازه که تشخیص را میسر سازد، تشخیص دهند. تجربه‌های دیگر نشان می‌دهد که بزرگی و شکل و رنگ و عوارض دیگر دیده شده از چیزهایی که در معرض تجربه قرار گرفته نیز با آموزش و آزمایش قبلی شخص تغییر می‌کند.^۲ تحقیق در آن ادبیات آزمایشی که از آنها این نمونه‌ها استخراج شده، شخص را به این گمان می‌اندازد که شاید وجود يك نمونه شرط لازم قبلی برای خود عمل ادراك است. آنکه يك نفر می‌بیند وابسته است هم به آنچه به آن نگاه می‌کند و هم به آنچه تجربه دریافت بصری دیدن آن را به او آموخته است. در غیاب چنین تجربه، به گفته ویلیام جیمز (William James) «يك آشفتگی شکوفه‌کننده پر سروصدا وجود دارد».

در سالهای اخیر چند تن از کسانی که با تاریخ علم سروکار دارند به این نتیجه رسیده‌اند که آزمایشهای از گونه‌ای که در بالا ذکر آن گذشت بسیار آموزنده و انگیزنده است. مخصوصاً ن. ر. هنس نمایشهای چشم‌اندازی را برای تکمیل بعضی از نتایج باور علمی که در این جا منظور نظر من است مورد استفاده قرار داده است.^۳ همکاران دیگر به تکرار اشاره کرده‌اند که، در صورتی که کسی بتواند چنان فرض کند که دانشمندان گاه جابه‌جایی شدنهایی از ادراك را نظیر آنچه در بالا ذکر شد تجربه می‌کنند، تاریخ علم شکل بهتر و منسجم‌تری پیدا خواهد کرد. ولی، هر چند آزمایشهای روانشناختی انگیزنده این اندیشه‌اند، نمی‌توانند در ماهیت این حالت چیزی بیش از آن باشند. خصوصیات ادراك را که می‌تواند برای تکامل علمی جنبه مرکزیت داشته باشد به نمایش می‌گذارند، ولی این مطلب را ثابت نمی‌کنند که مشاهده دقیق و کنترل شده صورت گرفته به توسط دانشمند اصلاً در آن خصوصیات سهیم باشد. علاوه بر این، خود ماهیت این آزمایشها هر اثبات مستقیم این مطلب را غیرممکن می‌سازد. اگر بنابر آن باشد که مثال تاریخی این آزمایشها را مربوط و مناسب تشخیص دهد، نخست باید به آن اشاره کنیم که چه گونه‌هایی از مدارك است که می‌خواهیم تاریخ برای ما تهیه کند یا نمی‌خواهیم که چنین باشد. شخص قرار گرفته در معرض يك نمایش چشم‌اندازی می‌داند که ادراك وی جابه‌جایی پیدا کرده است بدان جهت که می‌تواند مکرر این جابه‌جایی را در ضمن در دست داشتن يك کتاب یا يك برگ کاغذ پیش و پس ببرد. با آگاهی از این که هیچ چیز در محیط او عوض نشده، توجه خود را

۲. مثلاً، رجوع کنید به آلبرت ه. هستارف، «تأثیر تلقین بر ارتباط میان اندازه انگیزه و فاصله ادراك شده»، در مجله روانشناسی، بیست و نهم (۱۹۵۰)، ۲۱۷-۱۹۵؛ و جروم س. بروئر، لیو بوستمن، و جان رودریگز، «چشمداشتها و دریافت رنگ»، در مجله امریکایی روانشناسی، شصت و چهارم (۱۹۵۱)، ۲۲۷-۲۱۶؛ Jerome S. Bruner, Leo Postman, and John Rodrigues, «Expectations and the Perception of Color,» *American Journal of Psychology*.

۳. ن. ر. هنس، الگوهای اکتشاف (کیمبرج، ۱۹۵۸)، فصل ۱.

به صورتی فزاینده به جای شکل (اردک یا خرگوش) متوجه به خطوطی می‌سازد که بر روت کاغذ وی کشیده و به آنها نگاه می‌کند. سرانجام ممکن است حتی یاد بگیرد که آن خطوط را ببیند بدون آنکه متوجه هیچ شکلی شود، و آن وقت می‌تواند بگوید (آنچه پیشتر حقاً نمی‌توانست بگوید) که این خطوط است که حقیقتاً می‌بیند، ولی آنها را متناوباً یا همچون اردک و یا همچون خرگوش مشاهده می‌کند. به همین گونه، شخص قرار گرفته در معرض آزمایش با ورقهای بازی می‌داند (یا به صورت درستر می‌تواند متقاعد شود) که ادراک وی به سبب يك قدرت خارجی یعنی شخص تنظیم‌کننده آزمایش جابه‌جا شده است که او را از آن مطمئن ساخته بود که صرف نظر از آنچه می‌بیند، او پیوسته در حال نگاه کردن به يك پنج دل سیاه بوده است. در این هر دو حالت، همچون در همه آزمایشهای روانشناختی مشابه، کارایی اثبات وابسته به قابل تحلیل بودن از این طریق است. تا يك استاندارد خارجی که نسبت به آن کلید رؤیت بتواند نشان داده شود وجود نداشته باشد، هیچ استنتاجی درباره امکانات متناوب ادراکی نمی‌توان کرد.

ولی، با مشاهده علمی، وضع درست معکوس می‌شود. دانشمند می‌تواند سوای آنچه با چشم و افزارهای خود می‌بیند، به چیزی متمسک نشود. اگر يك صاحب اعتبار علمی بالاتر وجود داشته باشد که با توسل به وی امکان جابه‌جا شدن دید وی بتواند به اثبات برسد، در این صورت آن صاحب اعتبار علمی خود منبع داده‌ها و رفتار دید او منبعی از مسائل خواهد شد (به همان گونه که شخص موضوع آزمایش برای روانشناس چنین است). اگر دانشمند بتواند همچون شخص قرار گرفته در معرض آزمایشهای چشم‌اندازی کلید پس و پیش شدن را بزند، با همان گونه مسائل روبه‌رو خواهد شد. دوره‌ای که در آن نور «گاه موج و گاه ذره» به نظر می‌رسید دوره‌ای از بحران بود — دوره‌ای که چیزی در آن نادرست بود — و تنها زمانی به پایان رسید که با تکامل مکانیک موجی این تصور که نور يك چیز قائم به خود و متفاوت با موج و ذره هر دو است تحقق پیدا کرد. بنابراین، در علوم، اگر کلیدزندهای ادراکی همراه با تغییرات نمونه باشد، نباید توقع آن داشته باشیم که دانشمندان مستقیماً این تغییرات را تصدیق کنند. کسی که تازه در نجوم روش کوپرنیکی را پذیرفته بود، هنگام نگرستن به ماه نمی‌گفت که «من تاکنون يك سیاره را می‌دیدم، ولی اکنون يك ماهواره را می‌بینم». این بیان مستلزم معنایی بود که بنابراین می‌بایستی منظومه بطلمیوسی زمانی درست بوده باشد. به جای آن چنین می‌گفت که «من زمانی ماه را يك سیاره می‌پنداشتم (یا همچون سیاره به آن نگاه می‌کردم)، ولی در اشتباه بودم». این گونه گفته‌ها به دنبال انقلابهای علمی دوباره شنیده می‌شود. اگر معمولاً يك انتقال دید علمی یا تغییر ذهنی دیگری با همین اثر را به صورت پنهانی بیان می‌کند، نباید توقع آن داشته باشیم که مستقیماً به این انتقال گواهی دهد. بلکه باید انتظار مدرکی غیرمستقیم یا رفتاری حاکی از آن داشته باشیم که دانشمند با نمونه تازه دارای دیدی شده که با آنچه پیشتر داشته است تفاوت دارد.

بهرتر است اکنون به داده‌ها بازگردیم و ببینیم که مورخ معتقد به تغییراتی که در جهان دانشمند حاصل می‌شود، چه گونه‌هایی از این تغییرات را می‌تواند اکتشاف کند. سِر ویلیام هرشل کاشف

سیاره اورانوس اولین مثال را برای ما فراهم آورد که کاملاً با مثال ورقهای بازی شبیه است. لا اقل در هفده فرصت متفاوت میان سالهای ۱۶۹۰ و ۱۷۸۱، عده‌ای از منجمان و از جمله چند تن از رصدکنندگان برجسته اروپا، ستاره‌ای را در اوضاعی مشاهده کرده بودند که اکنون می‌بایستی بگوییم در آن زمان محللهای قرار گرفتن سیاره اورانوس بوده است. یکی از بهترین رصدکنندگان در این گروه عملاً ستاره را چهار شب پیاپی در ۱۷۶۹ بدون متوجه شدن به حرکتی که بتواند حکایت از تشخیص چیز دیگری بکند، دیده بود. در آن هنگام که هرشل، دوازده سال پس از آن همان چیز را رصد کرد، کار خود را با دوربینی کاملتر که خود آن را ساخته بود انجام داد. در نتیجه، توانست ظاهری به صورت قرص آشکار مشاهده کند که برای ستارگان بیسابقه بود. چیزی خلاف قاعده به نظر می‌رسید، و بنابراین هرشل تشخیص هویت آن را موکول به تحقیق بیشتر کرد. این تحقیق حرکت اورانوس را در میان ستارگان آشکار ساخت، و در نتیجه هرشل اعلام کرد که يك ستاره دنباله‌دار! تازه دیده است. تنها چند ماه بعد از آن، پس از تلاشهای بیحاصل برای وفق دادن حرکت رصد شده با مدار دودنبی، لیکسل (Lexell) چنان نظر داد که مدار رصد شده يك مدار سیاره‌ای است.^۴ هنگامی که این پیشنهاد پذیرفته شد، بر شمار سیارات در جهان حرفه‌ای منجم يك سیاره افزوده و يك ستاره از شمار ستارگان کاسته شد که از لحاظ نسبی این کاهش بسیار کمتر از آن افزایش بود. يك جرم آسمانی که تقریباً مدت يك قرن در معرض رصد منجمان قرار داشت، پس از ۱۷۸۱ به صورت دیگری به آن نظر می‌شد بدان سبب که، همچون يك ورق بازی غیرهنجاری، دیگر نمی‌توانست متناسب با طبقه‌های ادراکی (ستاره یا دودنب) فراهم آمده با نمونه مورد قبول باشد.

ولی، انتقال دیدی که منجمان را شایسته دیدن اورانوس سیاره کرد، چنان نبود که تنها بر ادراک آن چیز رصد شده سابق تأثیر داشته باشد. نتایج آن بسیار پردامنه بود. محتملاً با وجود مبهم بودن مدارك، تغییر كوچك نمونه که به توسط هرشل صورت گرفت راه را برای اکتشاف سیارات كوچك یا خرده سیارات متعدّد پس از ۱۸۰۱ هموار ساخت. خرده سیارات، به سبب كوچکی حجم، ناهنجاری را چندان بزرگ نشان نمی‌دادند که بتواند تأثیری همچون تأثیر ناهنجاری اورانوس برای هرشل داشته باشد. با این همه، منجمانی که آماده کشف کردن سیاره‌های اضافی شده بودند، توانستند با آلات رصدی متعارفی بیست تا از آنها را در نخستین پنجاه سال قرن نوزدهم کشف کنند.^۵ تاریخ نجوم چندین مثال دیگر از تغییرات نتیجه‌شده از نمونه در دریافت علمی فراهم آورده است که بعضی از آنها حتی کمتر آمیخته با ابهام است. مثلاً، آیا می‌شود تصوّر کرد که این امر که

۴. پیتر دوایگ، تاریخ مختصری از نجوم (لندن، ۱۹۵۰)، ص ۱۱۶-۱۱۵؛ Peter Doig, *A Concise History of Astronomy*.

۵. رودولف ولف، تاریخ نجوم (مونخ، ۱۸۷۷)، ص ۵۱۳-۵۱۵، ۶۹۳-۶۸۳؛ Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie*. به ویژه بدین نکته توجه داشته باشید که توضیح این اکتشافها را به صورت نتیجه‌ای از قانون بوده (Bode)، گزارش ولف بسیار دشوار کرده است.

در آن هنگام که منجمان باختری نخستین بار تغییر را در آسمان ثابت و تغییر ناپذیر در نیم قرن پس از آنکه نمونه کوپرنیکی پیشنهاد شد مشاهده کردند، بر حسب يك تصادف بوده است؟ چینیان که باورهای جهان‌شناختی ایشان مانعی برای پیدا شدن تغییر در شکل آسمان نبود، از ظهور چندین ستاره جدید در آسمان در زمانی بسیار قدیم‌تر خبر داده بودند. نیز، حتی بدون استفاده از تلسکوپ، منجمان چینی به صورت منظم ظهور کلفهای خورشیدی را پیش از آنکه گالیلئو و معاصران وی آنها را دیده باشند، ثبت کرده بودند.^۶ و همچنین کلفها و ستاره جدید تنها مثالهای تغییر آسمان نبود که در آسمان نجوم باختری پس از کوپرنیکوس ظاهر شد. منجمان اواخر قرن شانزدهم، با استفاده از افزارهای سنتی که بعضی از آنها به سادگی يك رشته نخ بود، به تکرار این مطلب را کشف کردند که ستارگان دنباله‌دار در فضایی حرکت می‌کنند که پیش از آن به سیارات و ثوابت اختصاص داشت.^۷ آسانی و سرعتی که با آن منجمان در ضمن نگرستن به آسمان و چیزهای قدیمی و افزارهای کهن توانستند پس از کوپرنیکوس چیزهای تازه ببینند، ما را به این هوس می‌اندازد که بگوئیم آنان در جهان دیگری زندگی می‌کردند. به هر صورت، پژوهش ایشان چنان می‌نمود که گفتی واقعاً چنین است.

مثالهای گذشته بدان جهت از علم نجوم برگزیده شد که گزارشهای رصد آسمانی غالباً با واژگانی بیان شده که نسبتاً متشکل از اصطلاحات رصدی خالص است. تنها در چنین گزارشها است که می‌توان امید یافتن چیزی همچون شباهت کامل میان مشاهدات دانشمندان و مشاهدات روانشناسان از کسانی که در معرض آزمایش قرار گرفته‌اند داشت. ولی نیازی به اصرار ورزیدن درباره چنین شباهت کامل نداریم، و با سست کردن استانده خودمان سود فراوان به دست می‌آوریم. اگر به طرز استعمال هم‌روزه خویش از فعل «دیدن» دل خوش کرده باشیم، به زودی متوجه خواهیم شد که پیش از این با مثالهای بسیار دیگر از این انتقال در دریافت علمی که با تغییر نمونه همراه است روبه‌رو شده بوده‌ایم. استعمال گسترده «ادراک» و «دیدن» بلافاصله نیازمند به دفاع صریح خواهد شد، ولی بهتر است نخست کاربرد آن را در عمل مجسم سازیم.

بار دیگر لحظه‌ای به دوتا از مثالهای یادشده پیش در تاریخ برق نگاه کنید. در قرن هفدهم، هنگامی که پژوهشها به رهبری يك نظریه هاله بخارگونه یا نظریه‌ای دیگر صورت می‌گرفت، برق‌گران مکرراً می‌دیدند که پرگاه از اجسام برقداری که مجذوب آنها شده بود فرو می‌افتد. لااقل این چیزی است که ناظران قرن هفدهم آنچه را که دیده بودند بدین شکل بیان می‌کردند، و ما دلیلی برای تردید کردن درباره گفته ایشان که نیرومندتر از دلیلی برای تردید کردن درباره خودمان باشد نداریم. يك ناظر نوین که در مقابل همان اسبابها قرار گیرد، همان دافعه ایستابرقی (و نه پس جهیدن مکانیکی یا گرانشی) را خواهد دید، ولی از لحاظ تاریخی، با يك استثنای عموماً مورد

۶. جوزف نیدهم، علم و تمدن در چین، سوم (کیمبرج، ۱۹۵۹)، ۴۲۹-۴۳۶، ۴۳۴؛ Joseph Needham, *Science and Civilization in China*.

۷. ت. س. کوهن، انقلاب کوپرنیکی (کیمبرج، ماساچوستس، ۱۹۵۷)، ص ۲۹-۲۱.

غفلت قرار گرفته، دافعۀ ایستابرقی تا زمانی که دستگاه بزرگ کننده هوكسبی (Hauksbee) این اثر را بسیار بزرگ نمایش داد، بدین صورت شناخته نشد. اما، رانش پس از برقرش حاصل از تماس، تنها یکی از چند اثر رانشی بود که هوكسبی دید. به میانجیگری پژوهشهای وی، همچون در کلید زدن چشم انداز، رانش به صورت ناگهانی عنوان تجلی بنیادی برقرش پیدا کرد، و پس از آن ربایش (جاذبه) برقی به توضیح نیازمند شد^۸. نمودهای برقی قابل رؤیت در اوایل قرن هجدهم هم ظرفیت و هم متنوعتر از آنها بود که ناظران قرن هفدهم می توانستند ببینند. یا نیز، پس از جذب نمونه فرنکلین، برقگرمی که به بطری لید نگاه می کرد چیزی متفاوت با آنچه پیشتر دیده بود می دید. این اسباب به صورت يك خازن درآمد بود که نه به شکل نیاز داشت و نه به شیشه. به جای آن دو پوشش رسانا — که یکی از آنها اصلاً از اجزاء اسباب اصلی نبود — برجستگی پیدا کرد. چنانکه بحثهای نوشته شده و نمودارهای تصویری به تدریج گواه آنها شده، دو ورقۀ فلزی که يك جسم نارسانا آنها را از یکدیگر جدا کرده باشد، الگوی اصلی این اسباب شد^۹. همزمان، برای آثار القائی دیگر توصیفهای تازه فراهم آمد، و آثار دیگری برای نخستین بار مورد اشاره قرار گرفت.

انتقالهایی از این گونه به نجوم و برق اختصاص ندارد. پیش از این به بعضی از تغییر شکل‌های مشابه رؤیت اشاره کردیم که می توان آنها را از تاریخ شیمی استخراج کرد. گفتیم که لاووازیه چیزی را که پرستلی هوای فلورستونزوده دیده بود اکسیژن دید، ولی، لاووازیه همچنین مجبور شد نگرش خویش را نسبت به چند مادۀ بسیار شناخته شده تر تغییر دهد. مثلاً، چیزی را که پرستلی و معاصران وی عنصر خاکی می دانستند، يك ترکیب کانی بداند، و چیزهای دیگری جز آن. در آخرین لحظه، همچون نتیجه ای از اکتشاف اکسیژن، لاووازیه جهان را به صورتی دیگر دید. و در غیاب توسل به آن طبیعت فرضی ثابتی که وی «به صورتی متفاوت می دید»، اصل صرفه جویی ما را بر آن می دارد که بگوییم لاووازیه پس از کشف کردن اکسیژن در جهانی متفاوت کار می کرد.

لحظه ای بعد درباره امکان پرهیز کردن از این جمله شگفت انگیز سخن خواهم گفت، ولی نخست به يك مثال اضافی از کاربرد آن نیاز داریم، و آن مشتق از یکی از شناخته ترین قسمتهای آثار گالیلئو است. از گذشته دور همه مردمان دیده بودند که جسم سنگین آویخته به کنار يك ریسمان یا يك زنجیر پس از حرکت دادن آن چندان پس و پیش می رود تا سرانجام ساکن بماند. برای ارسطوییگران که بر این اعتقاد بودند که جسم سنگین بنابر طبیعت خود از وضع بالاتر به حالت سکون طبیعی در وضع پایینتر می آید، نوسان کردن آونگ به سادگی عبارت از افتادن همراه با دشواری بود. چون بندی که در آونگ به جسم بسته شده، اجباری برای آن فراهم آورده است، ساکن ماندن در پایینترین نقطه، پس از مقداری حرکت رفت و برگشتی و گذشتن مقداری زمان

۸. رولر و رولر، تکامل مفهوم بار برقی (کیمبرج، ماس، ۱۹۵۴)، ص ۲۹-۲۱.

۹. به فصل ۷ و منابع یادشده در پانوش ۹ آن رجوع کنید.

می‌سر خواهد شد. از سوی دیگر، گالیلئو در نگرستن به جسم آویخته به يك بند، يك آونگ دید، یعنی جسمی که در تکرار حرکت واحد به صورت مکرر و نامحدود توفیق حاصل کرده است. و با توجه کردن بیشتر به حرکت آونگ، گالیلئو خواص دیگری از آن را نیز مشاهده کرد و قسمتهای مهم و اصلی از نیروشناسی خود را بر روی آن مشاهدات بنا نهاد. مثلاً، از روی خواص آونگ تنها برهان کامل و صحیح خود را برای بیان استقلال وزن و میزان سقوط از یکدیگر، و نیز ارتباط میان ارتفاع قائم و سرعت نهایی در حرکت بر سطح شیب‌دار را استخراج کرد.^{۱۰} همه این نمودهای طبیعی را وی به صورتی مخالف آنچه پیشتر دیده می‌شد دید.

چرا آن انتقال دید صورت گرفت؟ البته این کار به میانجیگری نبوغ فردی گالیلئو امکانپذیر شد. ولی باید توجه داشته باشیم که نبوغ در این جا خود را به صورت مشاهده صحیحتر یا عینیت جسم در حال نوسان نشان نمی‌دهد. از لحاظ توصیف، دریافت ارسطوییگرانه به همین اندازه درست است. هنگامی که گالیلئو گزارش داد که دوره نوسان آونگ برای دامنه‌های حرکت تا ۹۰° مستقل از وسعت دامنه حرکت است، نگرش وی نسبت به آونگ او را بر آن داشت که نظمی بیشتر از آنچه ما اکنون می‌توانیم در آن اکتشاف کنیم مشاهده کند.^{۱۱} بلکه، آنچه ظاهراً به کار افتاد استفاده نبوغ و هوشمندی وی از آن امکانات ادراکی بود که با انتقال نمونه قرون وسطایی در دسترس قرار گرفت. گالیلئو تربیتی چنان ندید که يك پیر و کامل ارسطو بشود. برخلاف، به گونه‌ای تربیت شد که حرکت را از طریق نظریه جنبمایه (impetus) توجیه کند که نمونه‌ای قرون وسطایی و حاکی از آن بود که حرکت ادامه یافته اجسام سنگین نتیجه‌ای از قدرتی درونی است که به توسط آن کس یا عاملی که حرکت را آغاز کرده به آن داده شده است. ژان بوریدان (Jean Bouridan) و نیکول اورسم (Nicole Oresme)، از دانشمندان قرن چهاردهم که نظریه جنبمایه را به کاملترین شکل صورتبندی کرده بودند، نخستین کسانی هستند که در حرکت‌های نوسانی هر جزء از آنچه را که گالیلئو در آونگ دید دیده بودند. بوریدان حرکت ریسمان در حال نوسان را به صورت حرکتی توصیف می‌کرد که در آن هنگام که ضرب به به وزنه آونگ برای به راه افتادن آن وارد می‌شود، جنبمایه به آن می‌رسد؛ سپس این جنبمایه به مصرف جابه‌جا کردن آونگ و خشی کردن مقاومت حاصل از کشیدگی بند آن می‌رسد؛ کشیدگی سپس تار را باز می‌گرداند و جنبمایه‌ای فزاینده در آن پدید می‌آورد تا به نقطه وسط میدان حرکت برسد؛ پس از آن جنبمایه سبب حرکت ریسمان در جهت متقابل با جهت حرکت نیمه اول دامنه می‌شود و بار دیگر به مصرف مقابله کردن با کشیدگی و تنش ریسمان می‌رسد و بدین ترتیب حرکت به شکل فرایندی متقارن درمی‌آید که می‌تواند به صورتی نامحدود ادامه پیدا کند. زمانی پس از آن در همان قرن، اورسم طرحی از تحلیل

۱۰. گالیلئو گالیلئی، گفتگو درباره دو علم جدید، ترجمه ه. کریو، و.ا. دو سالویو (اوانستن، ایلینوی، ۱۹۴۶)، ص ۸۱-۸۰. Galileo Galilei, *Dialogues concerning Two New Sciences*, trans. H. Crew and A. de Salvio, ۱۶۶-۱۶۲.

۱۱. همان کتاب، ص ۹۴-۹۱، ۲۴۴.

مشابهی از يك سنگ آویخته عرضه کرد که آن را می توانیم نخستین بحث دربارهٔ آونگ بدانیم.^{۱۲} نگرش وی آشکارا بسیار نزدیک به نخستین برداشت گالیلئو نسبت به آونگ است. لااقل در حالت اورسم، و تقریباً به صورت قطعی در حالت گالیلئو نیز، این نگرشی بود که انتقال از نمونهٔ ارسطویی را به نمونهٔ جنبمایه‌ای مدرسیگراانه امکانپذیر ساخت. تا آن زمان که نمونهٔ مدرسیگراانه اختراع شد، برای دانشمند آونگ وجود نداشت، بلکه تنها سنگ آویخته و در حال نوسان وجود داشت. آونگ به توسط چیزی بسیار شبیه يك کلید چشم اندازی القاشدهٔ به وسیلهٔ نمونه به وجود آمد.

ولی آیا ما حقیقتاً به آن نیاز داریم که آنچه را سبب جدایی گالیلئو از ارسطو، یا لاووازیه از پرستلی است به عنوان تغییر شکل دید توصیف کنیم؟ آیا اینها واقعاً به معنی دیدن چیزهای متفاوت در ضمن نگاه کردن به چیزهای یکسان است؟ آیا حق داریم بگوییم که آنان پژوهش خود را در جهانهای متفاوت انجام می دادند؟ پاسخ گفتن به این پرسشها نباید بیش از این به بعد موکول شود، چه آشکارا راه دیگر و معمولتری برای بیان مثالهای تاریخی بیان شدهٔ پیش از این وجود دارد. بعضی از خوانندگان مطمئناً می خواهند بگویند که آنچه با نمونه تغییر می کند تنها تفسیر مشاهدات علمی است که خود آنها يك بار و برای همیشه به توسط ماهیت محیط و دستگاه ادراکی تثبیت شده است. بنابراین نگرش، پرستلی و لاووازیه هر دو اکسیژن را می دیدند، ولی مشهودات خود را به صورتهای متفاوت بیان کردند؛ ارسطو و گالیلئو هر دو آونگ را دیدند، ولی اختلاف آنان در تفسیرهایی بود که هر دو از آنچه دیده بودند می کردند.

بهرتر است یکباره بگوییم که این نگرش بسیار متعارفی دربارهٔ آنچه پس از آن پیش می آید که دانشمندان افکار خود را دربارهٔ موضوعات بنیادی عوض می کنند، نه باطل است و نه اشتباه محض. بلکه جزئی اساسی از يك نمونه فلسفی است که مبتکر آن دکارت بوده و در عین حال به عنوان نیروشناسی نیوتونی تکامل پیدا کرده است. آن نمونه هم در خدمت علم قرار گرفته است و هم در خدمت فلسفه. بهره برداری از آن، همچون بهره برداری از خود نیروشناسی، مایهٔ دست یافتن به فهمی بنیادی شده که شاید از راه دیگری امکان رسیدن به آن وجود نداشته است. ولی چنانکه مثال نیروشناسی نیوتونی نشان می دهد، حتی چشمگیرترین کامیابی گذشته این امر را تضمین نمی کند که بحران به صورتی نامحدود عقب بیفتند. تحقیقات امروزی در بخشهایی از فلسفه و روانشناسی و زیانشناسی و حتی تاریخ، همه از آن حکایت می کند که نمونهٔ سنتی به طریقی منحرف و نادرست است. و نیز این که ناتوانی برای کارآمد بودن به صورتی فزاینده از تحقیق تاریخی علم که بیشتر توجه ما لزوماً در این جا متوجه به آن است، آشکار می شود. هیچ يك از این موضوعهای بحران برانگیز هنوز يك جانشین قابل دوامی برای نمونهٔ سنتی شناختشناختی فراهم نیاورده است، ولی به القای این اندیشه آغاز کرده است که بعضی از

خصوصیات آن نمونه چگونه باید باشد. مثلاً، من سخت از این امر آگاهم که گفتن این که هنگام نگرستن ارسطو و گالیلئو به يك سنگ آویخته، اولی متوجه سقوط اجباری می‌شده و دومی به آونگ می‌اندیشیده، تا چه حد دشوار است. همین دشواری حتی به صورتی بنیادتر در بیان مفهوم نخستین نوشته همین بخش به شکل جمله‌ای بدین صورت وجود دارد: با وجود این که جهان با تغییر نمونه تغییر نمی‌کند، دانشمند پس از آن در جهانی دیگر متفاوت با آن کار می‌کند. با این همه، من معتقدم که باید بیاموزیم که معنی جمله‌هایی از این قبیل را بفهمیم. آنچه در ضمن يك انقلاب علمی صورت می‌گیرد کاملاً قابل تحویل به يك تفسیر مجدد داده‌های فردی و ثابت نیست. در درجه اول، داده‌ها به صورتی خالی از ابهام ثابت نیست. نه يك آونگ يك سنگ در حال سقوط است، و نه اکسیژن هوای فلورستون زدوده. در نتیجه، داده‌هایی که دانشمندان از این چیزهای مختلف به دست می‌آورند، چنانکه اندکی بعد خواهیم دید، خود متفاوتند. از این مهمتر آنکه، فرایندی که به وسیله آن فرد یا جامعه از سقوط اجباری به آونگ یا از هوای فلورستون زدوده به اکسیژن انتقال پیدا می‌کند، چیزی نیست که به تفسیر و تعبیر شبیه بوده باشد. چگونه می‌تواند در غیاب داده‌های ثابتی برای تفسیر کردن دانشمند چنین بوده باشد؟ دانشمندی که يك نمونه تازه را می‌پذیرد، به جای آنکه يك مفسر و تعبیرکننده باشد، همچون کسی است که عینك واژگون‌کننده تصویر به چشم زده باشد. در هنگام روبه‌رو شدن با همان مجموعه چیزهای سابق و دانستن این که چنین عینکی به چشم زده، آنها را سراسر با بعضی از جزئیات تغییر شکل یافته می‌بیند.

قصد از بیان این ملاحظات آن نیست که بگوییم دانشمندان به صورتی خاص مشهودات و داده‌ها را تفسیر نمی‌کنند. برخلاف، گالیلئو مشهودات بر روی آونگ را تفسیر کرد، و ارسطو مشهودات بر سنگهای ساقط شونده را، و موشنبروك (Musschenbrook) مشاهدات بر بطری دارای بار برقی را، و فرنکلین مشهودات بر يك خازن را. ولی هر يك از این تفسیرها بر يك نمونه از پیش فرض شده متکی بود. آنها پاره‌هایی از يك علم هنجاری بود، و این عملی بود که، بنابر آنچه پیشتر دیدیم، هدف آن پالودن و گستردن و صورت بیانی کامل دادن به نمونه‌ای بود که پیش از آن وجود داشت. در بخش ۳ چند مثال بود که تفسیر در آنها نقش مرکزی داشت. آن مثالها نماینده‌های برجسته اکثریت عظیم پژوهشها را نمایش می‌دهد. در هر يك از آنها دانشمند، بنا بر يك نمونه پذیرفته شده، می‌دانست که داده چیست، و چه افزارهایی باید برای بهتر کردن آن به کار برد، و برای تفسیر آن استفاده از چه مفاهیمی مناسب است، چون نمونه‌ای در دست باشد، تفسیر داده‌ها برای عملی که از آن نمونه بهره‌برداری می‌کند، اهمیت مرکزی دارد.

ولی چنین عمل تفسیری — که موضوع بحث بخش ۸ بود — تنها کاری که می‌تواند بکند بیان يك نمونه است نه اصلاح آن. نمونه‌ها به وسیله علم هنجاری اصلاً قابل تصحیح نیست. به جای آن، چنانکه پیشتر دیدیم، علم هنجاری سرانجام ما را به شناختن ناهنجاریها و بحرانا رهبری می‌کند. و این کارها به وسیله غوررسی و تفسیر پایان نمی‌پذیرد، بلکه به وسیله يك حادثه نسبتاً ناگهانی و ناساخته همچون کلید زدن چشم انداز صورت‌پذیر می‌شود. دانشمندان غالباً پس از آن از

«پرده‌های کناررفته از برابر چشم» یا «نورهای ناگهانی» سخن می‌گویند که معمای تاریک پیشین ایشان را «فراگرفته» و سبب آن شده است که اجزاء آن به راهی تازه دیده شوند و با نخستین نگاه معما حل شود. در حالت‌های دیگر چنین روشنی در خواب بر دانشمند ظاهر می‌شود.^{۱۳} هیچ معنای متعارفی اصطلاح «تفسیر» شایسته این ظهور ناگهانی نورهای شهودی که به وسیله آنها نمونه‌ای تازه تولد می‌یابد نیست. هر چند چنین شهودها وابسته به تجربه‌ای هم ناهنجار و هم سازگار است که از طریق نمونه قدیم صورت گرفته است، به صورت منطقی یا از طریق تطابق قطعه به قطعه با اجزاء آن آزمایش چنان وابستگی ندارد که یک تفسیر باید داشته باشد. به جای آن، بخشهای بزرگی از آزمایش را جمع می‌کنند و آنها را به صورت بسته متفاوتی از آزمایش درمی‌آورند که پس از آن می‌تواند قطعه به قطعه به نمونه نو و نه به نمونه کهنه ارتباط داده شود.

برای فهم بیشتر آنچه این اختلاف‌های در تجربه می‌تواند باشد، لحظه‌ای به ارسطو و گالیلئو و آونگ بازمی‌گردیم. آیا عمل متقابل نمونه‌های متفاوت و محیط مشترک در ایشان، چه داده‌هایی را در دسترس هر یک از آنان می‌گذاشت؟ ارسطوییگران که به سقوط اجباری معتقد بودند، به اندازه‌گیری (یا لاقلاً بحث درباره) — ارسطوییگران کمتر به اندازه‌گیری می‌پرداختند (وزن سنگ و ارتفاعی که به آن نسبت به سطح زمین بالا برده شده و زمان لازم برای آرام گرفتن آن می‌پرداختند. اینها همراه با مقاومت محیط عبارت از مقولاتی تصویری بود که علم ارسطویی در بحث از سقوط اجسام از آنها سخن می‌گفت^{۱۴}. پژوهش هنجاری صورت گرفته به توسط ایشان نمی‌توانست به اکتشاف قوانینی منجر شود که گالیلئو به آنها رسید. تنها این را می‌توانست — و آن هم از راهی دیگر — که راهنمای رشته‌ای از بحر آنها باشد که نگرش گالیلئو درباره سنگ آویخته در حال حرکت از آنها بیرون آمد. در نتیجه آن بحر آنها و تغییرات عقلی دیگری در کنار آنها، گالیلئو سنگ آویخته را به صورتی کاملاً متفاوت دید. کار ارسطو در اجسام شناور، محیط را غیر اساسی نشان داد؛ نظریه جنبشیه حرکت سنگ آویخته را مقارن و بادوام معرفی کرد؛ و نو افلاطونیگری توجه گالیلئو را به شکل دورانی حرکت معطوف داشت^{۱۵}. بنابراین وی تنها وزن و شعاع و جابجایی زاویه‌ای و زمان نوسان را اندازه گرفت که دقیقاً همان داده‌ها بود که می‌توانست

۱۳. [ژاک] آدامار، علم شهودی ماورای خودآگاهی، و منطق در پژوهش علمی (سخنرانی در کاخ اکتشاف پاریس ۸ دسامبر ۱۹۴۵ [آلانسون، بدون تاریخ])، ص ۸۷؛ Jacques Hadamard, *Subconscious intuition, et logique dans la recherche scientifique* (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Dcembre 1945). برای گزارشی کاملتر، ولی منحصرأ درباره نوآوریهای ریاضی از همین نویسنده رجوع کنید به روانشناسی اختراع در میدان ریاضی (پرینستن، ۱۹۴۹): *The Psychology of Invention in the Mathematical Field*.

۱۴. ت. س. کوهن، «وظیفه‌ای برای آزمایشهای فکری»، مندرج در مقاله‌های انداشده به الکساندر کوآره، ویرایش تاتون و آی. ب. کوهن (هرمان، پاریس، ۱۹۶۳).

۱۵. ۱. کوآره، تحقیقات گالیله‌ای (پاریس، ۱۹۳۹)، اول، ۴۶-۵۱؛ و «گالیلئو و افلاطون»، در مجله تاریخ اندیشه‌ها، چهارم (۱۹۴۳)، ۴۲۸-۴۰۰؛ A. Koyré, «Galileo and Plato», *Journal of the History of Ideas*.

چنان تفسیر شود که قوانین آونگ گالیلئو لز آن‌ها به دست آید. در این حادثه، تفسیر تقریباً غیر لازم به نظر رسید. با در دست بودن نمونه‌های گالیلئو، نظم‌های شبه‌آونگی فراوانی برای بازرسی در دسترس قرار داشت. از چه راه دیگر می‌توانیم این اکتشاف گالیلئو را که دوره حرکت رقاصل ساعت کاملاً مستقل از دامنه آن است توجیه کنیم، و آن اکتشافی بود که علم هنجاری زمان گالیلئو را ریشه‌کن ساخت و ما اکنون نمی‌توانیم سند و مدرکی برای آن تهیه کنیم. نظم‌هایی که برای ارسطوییگران وجود نداشت (و در واقع در هیچ جا به صورت دقیق مثالی از طبیعت نداشتند) نتایج آزمایش مستقیم برای مردی بود که سنگ آویخته را به همان صورت می‌توانست ببیند که گالیلئو آن را می‌دید.

شاید این مثال بیش از اندازه تخیلی باشد، بدان جهت که از ارسطوییگران هیچ بحث ثبت شده‌ای درباره سنگ نوسان‌کننده در دست نیست. چنین چیزی در نمونه آنان يك نمود فوق‌العاده پیچیده به نظر می‌رسید. ولی ارسطوییگران از حالت ساده‌تر فروافتادن سنگ بدون اجبار غیر متعارف بحث کرده‌اند، و همین اختلاف دید در آنجا نیز آشکار است. ارسطو با مشاهده کردن سقوط يك سنگ بیش از آنکه يك فرایند را ببیند به يك تغییر حالت توجه داشت. بنابراین اندازه‌های مناسب حرکت برای وی فاصله کلی پیموده شده در زمان مصرف شده کلی بود، و اینها پارامترهایی هستند که از آنها چیزی به دست می‌آید که ما آن را سرعت میانگین می‌خوانیم نه سرعت^{۱۶}. به همین گونه، بدان جهت که سنگ بنابر طبیعت خود ناگزیر از آن در نظر گرفته می‌شد که به حالت سکون نهایی خود برسد، ارسطو پارامتر فاصله مناسب را در هر لحظه از حرکت، بیش از آنکه فاصله از آغاز حرکت بداند، فاصله تا نقطه نهایی آن می‌دانست^{۱۷}. این پارامترهای تصویری اساس «قانون حرکت» معروف او را تشکیل می‌داده و به قسمت مهمی از آن معنی می‌بخشیده است. ولی مدرسیگران، قسمتی از طریق نمونه جنبمایه، و قسمتی به میانجیگری آموزه شناخته شده به نام عرض صور، این شکل از نگرستن به حرکت را تغییر دادند. يك سنگ با جنبمایه‌ای که اندازه آن به تدریج که از نقطه آغاز حرکت دورتر می‌شود افزایش می‌یابد، به حرکت درمی‌آید. بنابراین «فاصله از» به صورت پارامتر مناسب درمی‌آید نه «فاصله تا». علاوه بر این، مفهوم سرعت به توسط مدرسیگران دوشاخه پیدا کرد و به صورت مفاهیمی درآمد که به زودی پس از گالیلئو همان چیزهایی شد که اکنون به نام سرعت میانگین و سرعت لحظه‌ای می‌خوانیم. ولی هنگامی که از طریق نمونه‌ای نظر شود که این مفاهیم بخشی از آن بوده است، سنگ در حال سقوط، همچون آونگ، قوانین حاکم بر آن را در ضمن بازرسی تقریباً نمایش خواهد داد. گالیلئو یکی از نخستین کسان نبود که می‌گفتند سنگها با حرکت یکنواخت شتابدار سقوط می‌کنند^{۱۸}. علاوه بر این، وی قضیه خود را در این خصوص همراه با بعضی از نتایج آن پیش از آزمایش با

۱۶. کوهن، «وظیفه‌ای برای آزمایشهای فکری»، مندرج در مقاله‌های اهداشده به الکساندر کوآره.

۱۷. کوآره، تحقیقات گالیله‌ای، دوم، ۷-۱۱.

۱۸. کلاگت، منبع یادشده، چهارم، پنجم و نهم.

سطح شیبدار عرضه کرد. آن قضیه یکی دیگر از شبکه‌های تازه‌ای بود که در دسترس يك فرد نابغه در جهانی که به صورت مشترك به وسیله طبیعت و به وسیله نمونه‌هایی که گالیلئو و معاصران وی به وجود آورده بودند قرار داشت. گالیلئو که در آن جهان می‌زیست، در آن هنگام که انتخاب کرد هنوز می‌توانست توضیح دهد که چرا ارسطو آنچه را که او کرده دیده بوده است. با وجود این، محتوای بلاواسطه آزمایش گالیلئو با سنگ در حال فروافتادن چیزی نبود که ارسطو دیده باشد.

البته این امر به هیچ وجه روشن نیست که ما تا این حد به «تجربه مستقیم» نیازمند باشیم — یعنی با این سیماهای مفهومی که يك نمونه چندان سبب روشنی آنها می‌شود که نظمهای خود را تقریباً در ضمن بازرسی تسلیم می‌کند. آن «سیماهای آشکارا می‌بایستی با سرسپردگی دانشمند به نمونه‌ها تغییر کند، ولی از آنچه ما معمولاً هنگام سخن گفتن از داده‌ها یا آزمایشهای خامی سخن می‌گوییم که بنابر مشهور پژوهش علمی از آنها آغاز می‌شود در ذهن داریم، بسیار دور است. شاید لازم باشد که آزمایش مستقیم را به عنوان يك ذخیره به کناری بگذاریم و به جای آن از کارها و اندازه‌گیریهای ملموس که دانشمند در آزمایشگاه خود انجام می‌دهد سخن بگوییم. یا شاید لازم است تحلیل را به جایی دورتر از داده‌های بلاواسطه بکشانیم. مثلاً، ممکن است بحث از طریق زبان مشاهده‌ای بیطرفانه و شاید آن يك که برای آن طرح‌ریزی شده که مطابق با نقشهای شبکه‌ای که دانشمند آنها را می‌بیند باشد، صورت‌پذیر شود. تنها از یکی از این راهها می‌توانیم به قلمرو دسترس پیدا کنیم که در آن آزمایش بار دیگر يك بار و برای همیشه تثبیت می‌شود — که در آن آونگ و سقوط اجباری نه ادراکهای متفاوت بلکه تفسیرهای متفاوت داده‌های غیر مبهم فراهم آمده به وسیله مشاهده کردن سنگ در حال نوسان است.

ولی آیا آزمایش حسی ثابت و بیطرف است؟ آیا نظریه‌ها فقط تفسیرهای ساخته‌آدمی از داده‌های به دست آمده است؟ دیدگاه شناختشناختی که غالب اوقات راهنمای فلسفه باختری در مدت سه قرن بود، به این پرسش بدون درنگ و به صورتی غیر مبهم پاسخ آری می‌دهد. در غیاب يك گزینه تکامل یافته، من صرف نظر کردن کامل از آن دیدگاه را غیر ممکن می‌دانم. ولی دیگر به صورت مؤثر عمل نمی‌کند، و تلاشهایی که صورت می‌گیرد تا آن را از طریق به کار بردن يك زبان بیطرف در مشاهدات به کارایی برانگیزند، به نظر من مأیوس کننده می‌نماید.

کارها و اندازه‌گیریهایی که دانشمند در آزمایشگاه به آنها می‌پردازد، «داده» آزمایش نیست بلکه «گردآوری شده با زحمت» است. چیزهایی نیست که دانشمند می‌بیند — دست کم پیش از آنکه پژوهش وی پیش رفته و توجه او تمرکز پیدا کرده باشد. بیشتر، نشانه‌های ملموس از محتوای ادراکات ابتدایتر است، و از این لحاظ آنها را برای رسیدگی دقیق پژوهش‌هنجاری تنها بدان جهت به کار می‌برند که امید فراهم آمدن فرصت برای رشد تمر بخش يك نمونه پذیرفته شده از آنها می‌رود. کارها و اندازه‌گیریها، بسیار آشکارتر از آزمایش مستقیم که تا حدی از آن متفرع شده است، به وسیله نمونه تعیین می‌شود. علم با همه کارهایی که می‌شود در آزمایشگاه انجام داد سروکار ندارد. بلکه آنها را انتخاب می‌کند که بتواند کاربردی وابسته به نمونه و آزمایشی که نمونه

تعیین کننده آن بوده است داشته باشد. در نتیجه، دانشمندانی که برای خود نمونه‌های متفاوت دارند، به انجام دادن کارهای آزمایشی متفاوت می‌پردازند. اندازه‌گیری‌هایی که باید در آزمایش با یک آونگ صورت بگیرد، همانها نیست که به سقوط اجباری وابستگی پیدا می‌کند. همچنین، اعمال شیمیایی که برای تعیین خواص اکسیژن صورت می‌گیرد، به صورت یکنواخت همان اعمالی نیست که برای تعیین خواص هوای فلوژستون زدوده صورت‌پذیر می‌شود.

و اما در مورد زبان مشاهده، شاید لازم باشد چنین زبانی اختراع شود. ولی سه قرن پس از دکارت، امید ما برای چنین امکانی هنوز منحصرأ وابسته به نظریه‌ای درباره ادراک و به ذهن است. و کارهای آزمایشی روانشناختی به سرعت سبب پیدا شدن نموده‌های فراوانی شده است که آن نظریه به ندرت می‌تواند با آنها برآید. آزمایش اردک - خرگوش نشان می‌دهد که دو انسان با تأثرات شبکه‌ای یکسان دو چیز متفاوت می‌بینند؛ عینکهای واژگون‌ساز نشان می‌دهد که دو انسان با تأثرات شبکه‌ای متفاوت می‌توانند یک چیز را ببینند. روانشناسی مدارک فراوانی برای همین تأثر فراهم می‌آورد، و تردیدهایی که از آن حاصل می‌آید به آسانی با تاریخ کوششهایی که برای تأسیس یک زبان مشاهده صورت گرفته است تأیید می‌شود. هیچ کوشش جاری برای رسیدن به این هدف تاکنون به یک زبان قابل تطبیق عام در ادراکات محض نزدیک نشده است. و آن تلاشها که نزدیکتر شده در یک خصوصیت با هم شرکت دارند و آن این که به شدت چند موضوع بحث عمده این رساله را تأیید می‌کنند. از آغاز یک نمونه را، خواه از نظریه علمی جاری گرفته شده باشد یا از بخشی از گفتگوی همه‌روزه، به عنوان مفروض قبلی اختیار می‌کنند، و سپس در این می‌کوشند که از آن همه اصطلاحات غیر منطقی و غیر ادراکی را حذف کنند. در معدودی از قلمروهای گفتگو این تلاش بسیار پیش‌رفته و به نتایج دلفریبی رسیده است. در این شکی نیست که تلاشهای از این قبیل ارزش ادامه یافتن دارد. ولی نتیجه آنها زبانی است که - همچون زبانهای به کاررفته در علوم - متضمن مشتت چشمداشتها درباره طبیعت است و به محض آنکه این چشمداشتها مورد تجاوز قرار گیرد از کارکردن باز می‌ماند. نلسون گودمن درست به همین نکته در هنگام بیان هدفهایش در کتاب ساختار صورت ظاهر خود چنین اشاره کرده است: «مایه خوشبختی است که چیزی بیشتر [از نمودهایی که وجود آنها شناخته شده] مورد تردید نیست؛ چه مفهوم حالات 'ممکن'، یعنی حالاتی که وجود ندارد ولی می‌تواند وجود پیدا کند، از روشنی و وضوح به دور است.»^{۱۹} هیچ زبانی با

۱۹. ن. گودمن، ساختار صورت ظاهر (کیمبرج، ماس، ۱۹۵۱)، ص ۴-۵. این فقره شایسته نقل گسترده است: «اگر همه و تنها همه ساکنان شهر ولمینگتن در ۱۹۴۷ که وزنی میان ۷۹ و ۸۱ کیلو داشته‌اند دارای موی سری به رنگ سرخ باشند، در آن صورت 'سرخموی ۱۹۴۷ ساکن ولمینگتن' و 'ساکن ولمینگتن سال ۱۹۴۷ دارای وزنی میان ۷۹ و ۸۱ کیلو' را می‌توان در یک تعریف ساختاری به هم پیوند داد... اینکه 'امکان داشته باشد' شخصی پیدا شود که درباره وی یکی از این دو مجهول صادق باشد و دیگری صادق نباشد، معنایی ندارد... پس از آنکه معلوم داشتیم که چنین شخصی وجود ندارد... مایه خوشحالی است که دیگر هیچ چیز مورد تردید واقع نخواهد شد؛ چه مفهوم حالات 'ممکن' یعنی حالاتی که وجود ندارد ولی ممکن است وجود داشته باشد، از وضوح برکنار است.»

چنین محدودیت برای گزارش دربارهٔ جهانی که کاملاً از پیش شناخته است، نمی‌تواند دربارهٔ «داده» گزارشهای بیطرفانه و عینی محض فراهم آورد. پژوهش فلسفی هنوز حتی توانسته است اشاره‌ای به آن کند که زبانی که قابل انجام دادن این کار باشد به چه چیز شبیه خواهد بود. در چنین اوضاع و احوال می‌توانیم لااقل به این گمان بپیفتیم که دانشمندان حق آن دارند که بنا بر اصول و نیز در عمل، اکسیژن و آونگ (و شاید اتوم و الکترون) را همچون اجزاء بنیادی آزمایش بلاواسطه خویش بدانند. همچون نتیجه‌ای از آزمایش متضمن نمونه نژاد و فرهنگ و سرانجام حرفه، جهان دانشمند ساکنانی از سیارات و آونگها و خازنها و کانه‌های مرکب و چیزهای دیگری سوای اینها پیدا کرده است. در مقایسه با این چیزهای ادراکی، خوانده‌های با متر اندازه‌گیری و نیز نقشهای ثبت شده بر روی شبکه چشم ساخته‌های استادانه‌ای است که تجربه تنها هنگامی دسترسی مستقیم به آنها دارد که دانشمند، به منظور خاصی برای پژوهش خود، چنان ترتیب کار را بدهد که یکی از آنها یا دیگری بتواند چنین کند. مقصود آن نیست که، مثلاً، آونگها تنها چیزهایی است که دانشمند احتمالاً در آن هنگام که به سنگ آویخته در حال نوسانی نگاه می‌کند آنها را ببیند. (پیش از این اشاره کردیم که اعضای جامعه علمی دیگر ممکن است سقوط اجباری را ببینند.) بلکه مقصود آن است که دانشمندی که به سنگ آویخته در حال نوسان نگاه می‌کند، ممکن است تجربه‌ای که علی‌الاصول ابتدائیت از دیدن يك آونگ است نداشته باشد. گزینه آن نه يك دید «تثبیت شده» فرضی بلکه دید به میانجیگری نمونه‌ای دیگر است که سنگ در حال نوسان را به صورت چیزی دیگر جلوه گر می‌سازد.

همهٔ اینها هنگامی معقولتر به نظر می‌رسد که بار دیگر به خاطر بیاوریم که دانشمند و شخص عادی غیر دانشمند هیچ کدام این آموزش را ندیده است که جهان را پاره‌پاره مشاهده کند نه یکپارچه. جز در حالتی که همهٔ مقوله‌های ادراکی و دستورزانه (manipulative) از پیش فراهم شده باشد — مثلاً، برای اکتشاف يك عنصر شیمیایی ماورای اورانیوم دیگر یا افکندن نظری به يك خانهٔ جدید — هم دانشمند و هم شخص عادی، همهٔ پهنه‌ها را از جریان آزمایش با هم جور می‌کنند. کودکی که کلمه «مامان» را از همهٔ موجودات بشری به همهٔ زنان و سپس تنها به مادر خود انتقال می‌دهد، این را نیاموخته است که «مامان» چه معنی می‌دهد یا مادرش کیست. همزمان، هم این را می‌آموزد که تفاوتی میان نر و ماده وجود دارد و هم از آن آگاه می‌شود که همهٔ زنان جز یکی از آنان رفتار دیگری با او دارند. واکنشها و توقعها و باورهای او — و در واقع قسمت عمده‌ای از جهان ادراکی وی — مطابق با آن تغییر پیدا می‌کند. به همین گونه، کوپرنیکیان که منکر عنوان سنتی سیاره برای خورشید بودند، تنها این را نیاموخته بودند که «سیاره» چه معنی می‌دهد و خورشید چیست. به جای آن معنی «سیاره» را چنان تغییر دادند که این کلمه بتواند تمایزهای سودمندی در جهان به صورتی فراهم آورد که همهٔ اجرام فلکی، و نه تنها خورشید، به صورتی متفاوت با آنچه پیش از آن دیده می‌شد دیده شود. همین نکته در مورد هر يك از مثالهای سابق صدق می‌کند. دیدن اکسیژن به جای هوای فلورستونز دوده، یا خازن به جای بطری لید، یا آونگ به جای سقوط

اجباری، تنها جزئی از يك انتقال تمام شده در دید دانشمند از مقدار فراوانی از نمودهای شیمیایی و برقی و نیروشناختی را نمایش می‌دهد. نمونه‌ها در عین حال پهنه‌های وسیعی از آزمایش را تعیین می‌کند.

ولی، پس از تعیین شدن آزمایش بدین صورت است که جستجو برای يك تعریف کارآمد یا يك زبان مشاهده می‌تواند آغاز شود. دانشمند یا فیلسوفی که می‌پرسد چه اندازه‌گیری‌ها یا تصاویر شبکه‌ای آونگ را چیزی می‌سازد که هست، باید پیش از آن قابلیت بازشناختن آونگ را در هنگام دیدن آن پیدا کرده باشد. اگر در آن سقوط اجباری را ببیند، سؤال او حتی نباید پرسیده شود. واگر آونگی را ببیند ولی دیدن وی از همان راهی باشد که يك دیاپازون یا يك ترازوی در حال نوسان را می‌بیند، به پرسش وی نمی‌توان پاسخ داد. دست کم از همان راه نمی‌توان به آن پاسخ داد، بدان جهت که همان پرسش نیست. بنابراین، هر چند پرسش‌ها همیشه بر حق و گاه به صورت فوق‌العاده ثمر بخش است، پرسشهای در خصوص تصاویر شبکه‌ای یا درباره نتایج دستورزیهای خاص آزمایشگاهی مستلزم يك جهان مفروض قبلی است که پیش از آن از لحاظ ادراکی و تصویری از طریقی به تقسیمات جزء تقسیم شده است. از يك لحاظ این گونه پرسش‌ها جزئی از علم به شمار می‌رود، بدان جهت که به وجود يك نمونه وابسته است و در نتیجه تغییر نمونه پاسخهای متفاوت پیدا می‌کند.

برای نتیجه‌گیری از این بخش، بهتر است از این پس تأثرات شبکه‌ای را به کناری بگذاریم و بار دیگر توجه خود را تنها به کارهای آزمایشگاهی منحصر سازیم که اشاره‌های هر چند پاره‌پاره ولی ملموس به چیزهایی می‌کنند که پیشتر دیده شده است. یکی از راههایی که در آن کارهای آزمایشگاهی با نمونه‌ها تغییر می‌کند، پیش از این به تکرار مشاهده شده است. پس از يك انقلاب علمی بعضی از اندازه‌گیری‌ها و دستورزیهای سابق نامربوط می‌شود و جای خود را به گونه‌های دیگری وامی‌گذارد. همه آزمونهای مربوط به اکسیژن درباره هوای فلورستونزودوده به کار نمی‌رود. ولی تغییراتی از این قبیل هرگز کلی نیست. پس از انقلاب دانشمند هر چه را بتواند ببیند، هنوز به همان جهان نگاه می‌کند. علاوه بر این، زبان و اغلب افزارهای آزمایشگاهی که به کار می‌برد، همانها است که پیشتر به کار می‌برد، هر چند ممکن است شکل به کار بردن آنها عوض شده باشد. در نتیجه، علم پس از انقلاب بدون تغییر مشتمل است بر بسیاری از همان دستورزیهای قدیمی که با اسبابهای پیشین صورت می‌گیرد و با اصطلاحات پیش از انقلابی بیان می‌شود. اگر این دستورزیهای بادوام اصلاً تغییر کند، تغییر می‌بایستی یا در ارتباط با نمونه باشد و یا در نتایج ملموس آنها. اکنون با آوردن آخرین مثال می‌خواهم بگویم که این هر دو گونه تغییر صورتپذیر می‌شود. با توجه کردن به کار دالتون و معاصران وی، این مطلب را کشف می‌کنیم که يك عمل تنها، در صورتی که از طریق نمونه‌های مختلف به طبیعت وابسته شود، می‌تواند نشانه‌ای از جنبه کاملاً متفاوتی از نظم طبیعت بوده باشد. علاوه بر این، خواهیم دید که گاه دستورزی قدیمی در نقش تازه نتایج ملموس متفاوت به دست می‌دهد.

در قسمت عمده‌ای از قرن هجدهم و در قرن نوزدهم، شیمیدانان اروپا تقریباً همه بر این باور بودند که اتومهای ابتدایی که همه انواع شیمیایی از آنها فراهم می‌آید، به میانجیگری نیروی حاصل از میل ترکیب ظرفیتی در کنار یکدیگر باقی می‌مانند. مثلاً يك قطعه نقره به سبب نیروی میل ترکیب جسمکهای آن حالت یکپارچگی خود را حفظ می‌کند (تا پس از لاووازیه خود این جسمکها را ترکیبی از ذرات ابتدایتر دیگری می‌دانستند). بنابر همین نظریه نقره بدان سبب در اسید (یا نمک در آب) حل می‌شد که ذرات اسید ذرات نقره را (یا ذرات آب ذرات نمک را) با نیرویی بیشتر از آن نیرو به طرف خود می‌کشیدند که خود ذرات حل شونده یکدیگر را جذب می‌کردند. یا نیز، مس از آن جهت در محلول نقره حل می‌شد و نقره رسوب می‌کرد که میل ترکیب مس با اسید بیش از میل ترکیب اسید با نقره بود. مقدار فراوان دیگری از نمودها از همین راه توضیح داده می‌شد. در قرن هجدهم نظریه میل ترکیب گزینشی يك نمونه قابل تحسین شیمیایی بود که به صورت گسترده و گاه ثمربخش در طرحریزی و تحلیل آزمایشهای شیمیایی به کار می‌رفت.^{۲۰}

ولی، نظریه میل ترکیب، يك خط جدایی میان مخلوطهای فیزیکی و مرکبهای شیمیایی به صورتی ترسیم کرده بود که پس از قبول نظر دالتون ناآشنا به نظر می‌رسید. شیمیدانان قرن هجدهم دو گونه فرایند را می‌شناختند. هنگامی که از چیزهای آمیخته شده با یکدیگر گرما و نور و جوشیدن و چیز دیگری از این گونه پدیدار می‌شد، می‌گفتند که اتحاد شیمیایی صورت گرفته است. از سوی دیگر، اگر امکان بازشناختن پاره‌های کوچک دو چیز آمیخته با چشم وجود می‌داشت یا از راه مکانیکی امکان جدا کردن آنها از هم فراهم می‌آمد، می‌گفتند که تنها اختلاط فیزیکی صورت گرفته است. ولی در بسیاری از حالات بین آن دو حالت — نمک در آب، همبسته‌ها، اکسیژن در هوا و امثال اینها — این ملاکهای تمایز چندان فایده‌ای نداشت. اغلب شیمیدانان، به هدایت نمونه خود، این گونه متوسط را ترکیب شیمیایی می‌دانستند، بدان جهت که فرایندهای آن همه در تحت فرمان نیروهای از يك گونه بود. نمک در آب یا اکسیژن در نیتروژن درست به همان اندازه يك ترکیب شیمیایی به شمار می‌رفت که ترکیب اکسیدکننده مس چنین بود. دلایل برای در نظر گرفتن محلولها به صورت ترکیب نیرومندی فراوان داشت. نظریه میل ترکیب مورد قبول عام بود. از این گذشته، تشکیل يك مرکب به خوبی یکنواختی مشاهده شده را تأیید می‌کرد. اگر، مثلاً، اکسیژن و نیتروژن تنها مخلوط شده بودند و ترکیبی در جو صورت نگرفته بود، لازم می‌آمد که گاز سنگینتر اکسیژن در زیر قرار گرفته باشد. دالتون که هوا را يك مخلوط در نظر می‌گرفت، هرگز به صورتی رضایتبخش نمی‌توانست بگوید که چرا اکسیژن چنین نشده است. قبول نظریه اتومی وی سرانجام سبب پیدا شدن يك ناهنجاری شد که پیشتر وجود نداشت.^{۲۱}

۲۰. ه. متسگر، نیتون، استاهل، بوره‌اوه و آموزه شیمیایی (پاریس، ۱۹۳۰)، ص ۶۸-۳۴.

۲۱. همان کتاب، ص ۱۲۹-۱۲۴، ۱۴۸-۱۳۹. برای دالتون، رجوع کنید به ك. ناش، نظریه اتومی - مولکولی («سرگذشت‌های تاریخی در علم آزمایشی»، سرگذشت ۴، کیمبرج، ماس، ۱۹۵۰)، ص ۲۱-۱۴.

ممکن است کسی بگوید که آن شیمیدانان که به محلول‌ها همچون ترکیب‌هایی نگاه می‌کردند، تنها اختلاف‌شان با جانشینان خود بر سر تعریف بوده است. از يك لحاظ ممکن است چنین بوده باشد. ولی آن لحاظ چنان نیست که سبب در آوردن تعریف‌ها به صورت مناسبت‌های قراردادی بوده باشد. در قرن هجدهم مخلوط‌ها کاملاً متمایز از مرکب‌ها به وسیلهٔ آزمون‌های عملی نبودند، و شاید نمی‌توانستند چنین باشند. حتی اگر شیمیدانان در صدد انجام دادن چنین آزمون‌ها بر می‌آمدند، به فکر ملاک‌هایی می‌افتادند که محلول‌ها را مرکب معرفی می‌کرد. تمایز مخلوط-مرکب جزئی از نمونهٔ آنان بود- جزئی از راهی که همهٔ میدان پژوهش خود را از آن راه در نظر می‌گرفتند- و بدین جهت بر هر آزمون آزمایشگاهی حق تقدم داشت، هر چند نسبت به تجربهٔ انباشتهٔ شیمی به عنوان يك کل چنین نبود.

ولی چون شیمی از این راه در نظر گرفته می‌شد، نمودهای شیمیایی نشان‌دهندهٔ قوانینی متفاوت با قوانینی درمی‌آمد که از پذیرفتن نمونهٔ تازهٔ دالتون به دست آمده بود. مخصوصاً چون تصور محلول‌ها به صورت مرکب باقی مانده بود، هیچ مقدار از آزمایش شیمیایی نمی‌توانست به خودی خود سبب به دست آمدن قانون نسبت‌های ثابت شود. در پایان قرن هجدهم به صورتی گسترده این امر شناخته شده بود که بعضی از ترکیبات معمولاً مشتمل بر نسبت‌های ثابت وزنی میان اجزاء سازندهٔ خود هستند. ریشتر (Richter) شیمیدان آلمانی حتی برای بعضی از اقسام واکنش‌ها متوجه به وجود نظم‌هایی شده بود که اکنون به نام قانون همسنگ‌های شیمیایی خوانده می‌شود.^{۲۲} ولی هیچ شیمیدانی از این نظم‌ها جز در دستورالعمل‌ها استفاده نمی‌کرد، و هیچ کس تا پایان قرن دربارهٔ تعمیم دادن آنها نمی‌اندیشید. با وجود مثال‌های ضدی همچون شیشه یا همچون نمک در آب، هیچ تعمیمی بدون ترك کردن نظریهٔ میل ترکیبی و پیدا شدن طرز تصویری تازه دربارهٔ مرزهای قلمرو شیمی امکان‌پذیر نبود. این نتیجه در پایان قرن بر اثر جدال معروف میان دو شیمیدان فرانسوی، پروست و برتوله (Berthollet, Proust) صراحت پیدا کرد. اولی مدعی آن بود که همهٔ واکنش‌های شیمیایی بر نسبتی ثابت صورت می‌گیرد، و دومی منکر آن بود. هر يك از آنان مدارك آزمایشی فراوانی برای اثبات نظر خود فراهم کرده بود. آن دو هر يك با تکیه بر نگرش خود با یکدیگر جدال می‌کردند و به همین جهت از جدال ایشان نتیجه‌ای حاصل نمی‌شد. در آن جا که برتوله يك جسم مرکب می‌دید که می‌توانست نسبت متغیر داشته باشد، پروست تنها يك مخلوط فیزیکی می‌دید.^{۲۳} به این ترتیب تجربه یا تغییر قرارداد تعریفی هیچ کدام نمی‌توانست سودمند واقع شود. آن دو مرد به صورت بنیادی در دو جهت مخالف یکدیگر قرار گرفته بودند، به همان گونه که گالیلئو و ارسطو چنین بودند.

۲۲. پارتینگتن، تاریخ مختصری از شیمی (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ص ۱۶۳-۱۶۱.

۲۳. ا. ن. ملدرم، «پیدایش نظریهٔ اتمی: (۱) آموزهٔ برتوله دربارهٔ نسبت‌های متغیر»، یادداشت‌های منچستر، پنجاه و چهارم (۱۹۱۰)، ۱۶-۱۱؛ A. N. Meldrum, «The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions», *Manchester Memoirs*.

در آن هنگام که جان دالتون به تحقیقاتی پرداخت که به اکتشاف نظریهٔ اتمی انجامید، وضع از این قرار بود. ولی تا آخرین مراحل آن تحقیقات، دالتون نه یک شیمیدان بود و نه علاقه‌ای به شیمی داشت. در عوض، هواشناسی بود که برای خود دربارهٔ مسائل فیزیکی جذب گازها به توسط آب و جذب آب به توسط هوای جو تحقیق می‌کرد. قسمتی به سبب آنکه آزمودگی وی در تخصصی دیگر بود و قسمتی به سبب کار خود وی در آن تخصص، با نمونه‌ای به این مسائل نزدیک شد که با نمونهٔ مورد قبول شیمیدانان معاصر وی تفاوت داشت. مخصوصاً، وی مخلوط گازها یا جذب شدن گازها در آب همچون یک فرایند فیزیکی در نظر می‌گرفت که در آن نیروی میل ترکیب هیچ تأثیری نداشت. بنابراین، به نظر وی، یکنواختی محلولها یک مسئله بود، ولی مسئله‌ای که وی تصور می‌کرد که اگر بتواند بزرگیها و اوزان نسبی ذره‌های اتمی را در مخلوطهای آزمایشی خود اندازه‌گیری کند، حل آن مسئله میسر خواهد شد. برای تعیین این بزرگیها و وزنهای بود که دالتون سرانجام به شیمی رو آورد و از آغاز چنان فرض می‌کرد که، در دامنهٔ محدود واکنشهایی که وی آنها را شیمیایی می‌شمرد، اتمها می‌توانند تنها یک به یک یا از راه سادهٔ دیگر دو عدد صحیح با یکدیگر ترکیب شوند^{۲۴}. این فرض طبیعی او را شایستهٔ آن کرد که بزرگیها و وزنهای ذرات ابتدایی را تعیین کند، ولی این فرض همچنین قانون نسبت ثابت را به صورت تکرار مکررات بیهوده درآورد. در نظر دالتون، هر واکنش که در آن اجزاء ترکیب شونده به نسبت ثابت وارد نشده باشد، بالفعل یک فرایند شیمیایی محض نیست. قانونی که آزمایش نتوانسته بود پیش از نظر دالتون آن را استقرار بخشد، پس از پذیرفتن این نظر به صورت یک اصل سازنده درآمد که هیچ دستهٔ منفردی از اندازه‌گیریهای شیمیایی نمی‌توانست آن را رد کند. در نتیجه چیزی که شاید کاملترین مثال ما برای انقلاب علمی بوده باشد، دستورزیهای شیمیایی ارتباطی با تعمیم شیمیایی پیدا کرد که از آنچه پیش از آن داشتند بسیار متفاوت بود.

نیازی به گفتن ندارد که استنتاجهای دالتون در آن هنگام که نخستین بار عرضه شد، به صورتی وسیع در معرض حمله قرار گرفت. مخصوصاً بر توله هرگز برای پذیرفتن آنها متقاعد نشد. با در نظر گرفتن ماهیت موضوع، وی نیازی به این کار نداشت. ولی برای اغلب شیمیدانان نمونهٔ جدید دالتون متقاعدکننده بود در صورتی که نمونهٔ پروسٔ چنین سرنوشتی نداشت، زیرا از آن به صورت ضمنی نتایجی بسیار مهمتر از یک ملاک تازه برای تمیز دادن مخلوط از مرکب به دست می‌آمد. مثلاً، اگر اتمها بتوانند از لحاظ شیمیایی بر نسبتهای عدد صحیح ساده با یکدیگر ترکیب شوند، در آن صورت بازرسی مجدد داده‌های شیمیایی موجود مثالهایی از نسبتهای مضاعف و نیز ثابت را آشکار خواهد ساخت. دانشمندان شیمی این گونه چیزنویسی را که دو اکسید کربون برحسب وزن مقادیر اکسیژنی بر نسبتهای ۵۶ درصد و ۷۲ درصد دارند، کنار گذاشتند؛ به جای آن چنین نوشتند که واحد وزن کربون یا با ۱٫۳ واحد وزن و یا با ۲٫۶ واحد وزن اکسیژن ترکیب

۲۴. ل. ک. ناش، «منشأ نظریهٔ اتمی شیمیایی دالتون»، در/ایسیس، چهل و هفتم (۱۹۵۶)، ۱۱۶-۱۰۱؛ L. K. Nash, «The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory», *Isis*.

می‌شود. هنگامی که نتایج دستورزی از این راه به ثبت رسید، نسبت ۲:۱ در برابر چشم آشکار شد؛ و این کیفیت در تجزیه بسیاری از واکنش‌های خوب شناخته شده و علاوه بر آن واکنش‌های تازه صورت پذیرفت. علاوه بر این، نمونه دالتون قبول نظر ریشتر و توجه کردن به تعمیم کلی آن را امکان‌پذیر ساخت. همچنین، محرک آزمایش‌هایی تازه و مخصوصاً آزمایش‌های گیلوساک (Gay-Lussac) در خصوص ترکیب حجم‌ها شد، و از این‌ها توانستند به نظم‌های دیگری پی ببرند که یکی از آنها را شیمیدانان پیش از آن حتی در خواب هم ندیده بودند. آنچه علمای شیمی از دالتون گرفتند قوانین آزمایشی تازه نبود بلکه راه تازه‌ای از عملی کردن شیمی بود (وی خود آن را «نظام جدید فلسفه شیمیایی» می‌نامید)، و این راه به سرعت چندان سودمند شناخته شد که تنها عده معدودی از شیمیدانان سالخورده‌تر در فرانسه و انگلستان توانستند در مقابل آن مقاومت کنند.^{۲۵} در نتیجه، شیمیدانان به زندگی تازه در جهانی آغاز کردند که واکنش‌ها در آن به صورتی کاملاً متفاوت با راهی که در گذشته، داشتند صورت می‌گرفت.

در ضمن جریان این امور، یک تغییر دیگر برجسته و بسیار مهم نیز صورت گرفت. در این جا و آن جا داده‌های عددی شیمی به جا به جا شدن آغاز کرد. هنگامی که دالتون نخستین بار به جستجو در نوشته‌های شیمیایی برای یافتن داده‌هایی در تأیید نظریه خود مشغول بود، به نوشته‌هایی از واکنش‌ها برمی‌خورد که کاملاً از او تأیید می‌کرد، ولی بعضی از آنها چنین خصوصیتی را نداشت. مثلاً، اندازه‌گیری‌های خود پروست از اکسیدهای مس، نسبت وزنی اکسیژن را به جای آنکه ۲:۱ مطابق با نظریه اتمی پیدا کند، ۱،۴۷:۱ پیدا کرده بود؛ و پروست درست همان کسی بود که توقع آن می‌رفت که نسبت دالتونی را پیدا کرده باشد.^{۲۶} بدین معنی که وی شخصی دقیق در کار آزمایش بود، و نگرش وی درباره ارتباط میان مخلوط و مرکب بسیار به نگرش دالتون شباهت داشت. ولی طبیعت را متناسب با نمونه کردن دشوار است. به همین جهت است که معمای علم هنجاری این اندازه‌چالشگر (Challenging) است و نیز اندازه‌گیری‌های انجام شده بدون نمونه از اصل به ندرت به نتایجی رهبری می‌کند. بنابراین، شیمیدانان نمی‌توانستند به سادگی نظریه دالتون را درباره مدارک بپذیرند، بدان جهت که قسمتی از آن هنوز منفی بود. به جای آن، حتی پس از پذیرفتن نظریه هم طبیعت را به اکراه به موافقت با آن وادارند، و این فرایندی است که در این حادثه تقریباً یک نسل را به خود مشغول داشت. هنگامی که صورت گرفت، حتی چند درصدی ترکیب اجسام مرکب شناخته شده متفاوت بود. خود داده‌ها تغییر کرده بود. و این لحاظ آخرین لحاظ در میان لحاظ‌هایی است که می‌خواهیم بگوئیم دانشمندان پس از انقلاب به سبب آن در

۲۵. ا. ن. ملدرم، «پیدایش نظریه اتمی: (۶) پذیرش نظریه مورد قبول دالتون»، در *یادداشت‌های منچستر*، پنجاه و پنجم (۱۹۱۱)، ۱۰-۱.

۲۶. برای پروست رجوع کنید به ملدرم، «آموزه برتوله درباره نسبت‌های متغیر»، در *یادداشت‌های منچستر*، پنجاه و چهارم (۱۹۱۰)، ۸. تاریخ تفصیلی تغییرات تدریجی در اندازه‌گیری‌های ترکیب شیمیایی و اوزان اتمی هنوز باید نوشته شود، ولی پارتینگتن، منبع یادشده، راهنمای‌های سودمند فراوانی برای آن فراهم آورده است.

۱۱. نامرئی بودن انقلابها

هنوز باید بپرسیم که انقلابهای علمی چگونه پایان می‌پذیرند. پیش از پرداختن به این کار، يك تلاش نهایی برای یقین کردن به وجود ماهیت آنها ظاهراً لازم می‌نماید. تا این جا در آن کوشیدم که انقلابها را از راه مثالها توضیح دهم، و مثالها را می‌توان تا حدّ ناراحت‌کننده شدن آن ادامه داد. ولی آشکارا اغلب آنها که عمداً به سبب مانوس بودن برگزیده شده بودند، معمولاً همچون انقلاب در نظر گرفته نمی‌شوند بلکه به آنها به صورت افزایشهایی بر شناخت علمی نگاه می‌کنند. می‌توان عین يك نگرش را از مثالهای اضافی نیز به دست آورد، و بنابراین چنین مثالها محتملاً چندان مؤثر نیست. به نظر من دلایلی برای آن وجود دارد که چرا انقلابها تقریباً نامرئی است. دانشمندان و غیر دانشمندان بیشتر تصوّر خود را از فعالیت علمی خلاق از يك منبع صاحب قدرت و اعتباری می‌گیرند که به صورت منظم وجود اهمیت انقلابهای علمی را — تا حدّی به دلایل مهمّ وظیفه‌ای — پوشیده نگاه می‌دارد. تنها در آن هنگام که ماهیت صاحب قدرت شناخته شود و در معرض تحلیل قرار گیرد، می‌توان به آن امید داشت که مثال تاریخی کاملاً مؤثر شود. علاوه بر این، هر چند این نکته در بخش پایانی به صورت کامل مورد بحث قرار خواهد گرفت، تحلیلی که در این جا مورد نیاز است، با نشان دادن یکی از جنبه‌های کار علمی آغاز می‌شود که احتمالاً سبب تمایز آن از هر تحقیق دیگر جز علم کلام می‌شود.

آنچه به عنوان منبع قدرت در نظر دارم، به صورت عمده متون علمی همراه با کتابهای علمی همگانی‌ده (Popularized) و نیز آثار فلسفی وابسته به آنها است. این هر سه گونه — تا همین اواخر منابع اطلاع مهمّ دیگری درباره علم جز از طریق عمل یا تحقیق وجود نداشت — يك چیز مشترك با یکدیگر دارند. درباره مجموعه درست بیان شده‌ای از مسائل و داده‌ها و نظریه‌ها نوشته شده‌اند و غالباً به دسته خاصی از نمونه‌ها تعلق دارند که در زمان نوشته شدن آن کتابها جامعه علمی نسبت به آنها تعهد داشته است. هدف کتابهای درسی انتقال دادن واژگان و دستور زبان علمی است. هدف کتابهای همگانی‌ده توصیف همان کاربردها با زبانی نزدیکتر به زبان گفتگوی روزانه همه مردم

است. و فلسفه علم، مخصوصاً در جهان انگلیسی زبان، تحلیل ساختار منطقی همان مجموعه کامل شده شناخت علمی است. با آنکه بحث کاملتر لزوماً به تمایز حقیقی میان این سه گونه نیاز دارد، در این جا همین شباهتها است که باید مورد توجه واقع شود. این هر سه، نتیجه استقرار یافته انقلابهای گذشته را ثبت می کنند و مبانی سنت جاری علم هنجاری را در معرض نمایش می گذارند. برای انجام دادن این وظیفه به آن نیاز دارند که اطلاعات صحیح و معتبری در این باره که آن مبانی نخستین بار از چه راهی شناخته شده و سپس مورد قبول حرفه علمی قرار گرفته، برای خود فراهم آورند. دست کم در مورد کتابهای درسی باید گفت که حتی دلایلی برای آن وجود دارد که چرا می بایستی به صورتی منظم گمراه کننده باشد.

در بخش ۲ به این مطلب اشاره کردیم که اعتماد فزاینده نسبت به کتابهای متون یا معادل آنها یکی از ملازمات ظهور يك نمونه در هر میدان علمی است. در بخش پایانی این رساله از آن بحث خواهد شد که استقرار فرمانروایی يك علم بالغ شده به توسط این متنها به صورتی برجسته سبب تفاوت پیدا کردن الگوی رشد آن از الگوی رشد میدانهای دیگر است. اکنون به سادگی این مطلب را می پذیریم که، تا حدی بدون داشتن سابقه در میدانهای دیگر، شناخت مرد غیر دانشمند و آنکه به کار علمی اشتغال دارد، هر دو مبتنی بر متون علمی و گونه ای دیگری از نوشته های منشعب شده از آنها است. ولی کتابهای درسی، از آن جهت که حامل آموزش و پرورشی علم هنجاری هستند، می بایستی هر زمان که زبان و ساختار مسئله یا استاندهای علم تغییر می کند، کاملاً از نو نوشته شوند. کوتاه سخن آنکه لازم است پس از پایان هر انقلاب علمی کتابهای مربوط به علم آن انقلاب دوباره نویسی شود، و پس از آنکه چنین شد، این کتابها ناگزیر نه تنها نقش بلکه وجود انقلاب سبب تولید خود آنها را پوشیده و با لباسی مبدل عرضه می کند. تا زمانی که دانشمند در کار یا خواننده کتاب درسی شخصاً انقلاب را در زندگی خود نیازموده باشد، حس تاریخی او تنها به نتیجه تازه ترین انقلاب در میدان علمی مورد نظر امتداد پیدا می کند.

کتابهای درسی به آن آغاز می کند که احساس تاریخی دانشمند را نسبت به علم مورد عمل او ابتر سازد و سپس به آن می پردازد تا برای آنچه از سروته آن بریده است جانشینی فراهم آورد. متون علمی، به صورتی خاص، پاره ای از تاریخ را، خواه در يك فصل مقدماتی دربردارد و یا این که، به صورت غالب، از طریق اشاره های پراکنده به یادآوری قهرمانان بزرگ گذشته می پردازد. از طریق این اشاره ها هم دانشجویان علوم و هم دانشمندان حرفه ای خود را به صورت شرکت کنندگان در يك سنت پر سابقه تاریخی احساس می کنند. ولی سنت متفرع شده از کتاب درسی که دانشمندان خود را شرکت کننده در آن می پندارند، در واقع هرگز وجود نداشته است. به دلایلی که هم آشکار است و هم به طرز کار وابستگی دارد، کتابهای درسی علوم (و بسیاری از کتابهای تاریخ علوم) تنها به آن قسمت از کار دانشمندان گذشته اشاره می کنند که به آسانی می تواند همچون شرکتی در بیان و حل مسائل نمونه ای متون در نظر گرفته شود. قسمتی بر اثر گزینش و قسمتی در نتیجه تحریف، دانشمندان روزگاران گذشته به صورت ضمنی همچون کسانی

معرفی شده‌اند که دربارهٔ همان دسته از مسائل ثابت و برحسب همان دستهٔ قانونهای ثابتی کار می‌کرده‌اند که جدیدترین انقلاب در نظریه و روش علمی آنها را علمی جلوه‌گر ساخته است. بنابراین مایهٔ شگفتی نیست که می‌بایستی متون و سنت تاریخی مندرج در آنها پس از هر انقلاب علمی از نو نوشته شود. و نیز تعجیبی نیست که چون دوباره نویسی شود، علم بار دیگر به شکلی بسیار گسترده انبوهشی به نظر برسد.

البته دانشمندان تنها گروهی نیستند که تمایل به آن داشته باشند که تکامل علم خود را از گذشته تا حاصل کنونی آن به شکل خطی مشاهده کنند. وسوسه نوشتن تاریخ به صورت قهقروایی هم همه‌جایی است و هم دایمی. ولی دانشمندان بیشتر در تحت تأثیر وسوسه دوباره نویسی تاریخ قرار می‌گیرند، و سبب آن قسمتی این است که نتایج پژوهش علمی وابستگی آشکاری به زمینه تاریخی تحقیق نشان نمی‌دهد، و قسمتی دیگر بدان سبب که، جز در دوران بحران و انقلاب، وضع معاصر دانشمند بسیار ایمن و بی‌مخاطره به نظر می‌رسد. تفصیل تاریخی بیشتر، خواه دربارهٔ زمان حاضر علم و خواه دربارهٔ گذشته آن، یا احساس مسئولیت بیشتر نسبت به جزئیات تاریخی عرضه شده، تنها می‌تواند به مزاج فکری بشری و خطا و اشتباه حالت‌های ساختگی ببخشد. چرا باید چیزی را مورد تحلیل قرار داد که تلاشهای مستمر امکان چشم پوشیدن از آن را فراهم آورده است؟ تحقیر واقعیت تاریخی به صورتی ژرف و شاید عملی ریشه در اندیشه‌ورزی (ایدئولوژی) حرفه علمی دارد، یعنی همان حرفه که برترین ارزشها را به جزئیات واقعیتی از گونه‌های دیگر اختصاص می‌دهد. وایتهد (Whitehead) در آن هنگام که نوشت «علمی که در فراموش کردن بانیان خود تردید می‌نماید از دست رفته است»، به روحیه غیرتاریخی جامعه علمی دست یافته بود. ولی سخن وی دربارهٔ علوم درست برحق نبود، چه علوم، همچون دیگر اشتغالات حرفه‌ای، به قهرمانان خود نیاز دارند و نامهای ایشان را حفظ می‌کنند. خوشبختانه، به جای فراموش کردن این قهرمانان، دانشمندان توانسته‌اند آثار ایشان را فراموش کنند یا به آن توفیق یافته‌اند که آنها را مورد تجدیدنظر قرار دهند.

نتیجه، تمایلی استوار برای نشان دادن تاریخ به صورت خطی یا انبوهشی است، تمایلی که حتی در خود دانشمندان برای پسنگری نسبت به پژوهشهای خودشان اثر گذاشته است. مثلاً، هر سه گزارش با هم ناسازگار دالتون دربارهٔ پیشرفت اتومیکری شیمیایی وی این مطلب را آشکار می‌سازد که وی از اول کار درست به آن مسائل شیمیایی نسبت‌های ترکیب توجه داشته است که بعد با حل کردن آنها شهرت پیدا کرد. عملاً چنان می‌نماید که آن مسائل با حل آنها با هم به نظری رسید، و آن در زمانی بود که کار خلاق وی تقریباً در سر حد کمال قرار داشت^۱. آنچه در همه گزارشهای دالتون از قلم افتاده آثار انقلابی به کار بردن دسته‌ای از مسائل و مفاهیمی در علم شیمی است که پیش از آن به فیزیک و هواشناسی انحصار داشت. این کاری است که دالتون انجام داد، و

۱. ل. ک. ناش، «مبادی نظریه شیمیایی اتمی دالتون»، در: ایسیس، چهل و هفتم (۱۹۵۶)، ۱۱۶-۱۰۱؛ L. K. Nash, «The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory», *Isis*.

نتیجه آن تجدید توجهی به میدان بود، و این تجدید توجه به دانشمندان شیمی آموخت که پرسشهای تازه‌ای طرح کنند و از داده‌های قدیمی نتایج تازه‌ای به دست آورند.

یا نیز این که نیوتون نوشت که گالیلئو این مطلب را کشف کرده است که نیروی ثابت گرانش حرکتی متناسب با مجذور زمان تولید می‌کند. در حقیقت قضیه حرکتشناختی گالیلئو زمانی به خود شکل گرفت که در قالب مفاهیم نیروشناختی خود نیوتون درآمد. بحثهای وی درباره اجسام در حال سقوط به ندرت اشاره به نیروها کرده است، و از آن کمتر به نیروی گرانشی یکنواختی که سبب سقوط اجسام می‌شود^۲. گزارش نیوتون، با نسبت دادن پاسخ يك پرسش به گالیلئو که نمونه خود گالیلئو پرسیدن آن را جایز نمی‌شمرد، اثر يك تجدید صورتبندی کوچک ولی انقلابی را در پرسشی که دانشمندان درباره حرکت و نیز در پاسخهایی که احساس می‌کردند برایشان قابل قبول است، پنهان کرده است. ولی درست همین گونه تغییر در صورتبندی پرسشها و پاسخها است که بسیار بیش از اکتشافهای اختباری تازه از انتقال از نیروشناسی ارسطویی به گالیله‌ای و از گالیله‌ای به نیوتونی حکایت می‌کند. کتابهای درسی، با پنهان کردن این تغییرات برای خطی نشان دادن پیشرفت علم، فرایندی را پوشیده نگاه می‌دارند که در قلب برجسته‌ترین حوادث پیشرفت علم قرار داشته است.

مثالهای گذشته، هر يك در متن يك انقلاب منفرد، آغازهای يك نوسازی تاریخ را نشان می‌دهد که به صورت منظم با متنهای علمی پس از انقلاب تکامل پیدا کرده بوده است. ولی در این رسیدن به کمال چیزی بیش از آنچه بدسازیهایی تاریخی در بالا مجسم کرده در کار بوده است. آن بدسازیهایی انقلاب را نامرئی می‌سازد؛ تنظیم مواد و مصالح هنوز زنده در متنها مستلزم فرایندی است که، اگر وجود می‌داشت، منکر وظیفه‌ای برای انقلابها می‌بود. چون هدف کتابهای درسی آشنا کردن سریع دانشجویان با چیزی است که جامعه علمی تصور دانستن آن را می‌کند، این کتابها تا آنجا که ممکن باشد آزمایشهای گوناگون و مفاهیم و قوانین و نظریه‌های علم جاری هنجاری را جدا جدا و به صورت رشته‌وار مورد بحث قرار می‌دهند. از لحاظ علم تعلیم و تربیت این شکل عرضه داشتن استثناناپذیر است. ولی هنگامی که با هوای غیرتاریخی نویسندگی علمی و بدسازیهایی اتفاقی آراسته بحث شده در بالا ترکیب شود، محتملا يك تأثیر نیرومند و با فشار فراوان از آن نتیجه می‌شود: علم با يك رشته از اکتشافات و اختراعات فردی به حالت کنونی خود رسیده که چون آنها را با هم جمع کنند مجموعه فنی نوینی از شناخت را تشکیل می‌دهد. عرضه

۲. برای نظر نیوتون رجوع کنید به فلورین کجوری (ویراستار)، اصول ریاضی فلسفه طبیعی سرآیزاک نیوتون و منظومه جهانی وی (برکلی، کالیفرنیا، ۱۹۰۸)، صفحه ۲۱؛ Florian Cajori (ed.), *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*; این فقره باید با بحث خود گالیلئو در کتابش، گفتگوهایی درباره دو علم جدید، ترجمه ه. کریو و ا. دوسالویو (اونستن، ایلینویز، ۱۹۴۶)، ص ۱۷۶-۱۵۴ مقایسه شود؛ *Dialogues concerning Two New Sciences*, trans, H. Crew and A. de Salvio.

داشت يك كتاب درسی از آغاز اشتغال علمی، مستلزم آن است که دانشمندان برای رسیدن به موضوعات خاصی تلاش کرده باشند که در نمونه‌های امروزی تجسم پیدا کرده است. يك به يك، در فرایندی که غالباً به افزودن آجرهایی بر یکدیگر در ضمن ساختن يك ساختمان تشبیه شده، دانشمندان واقعیت و مفهوم و قانون و نظریه‌ای را به تدریج بر مجموعه‌ای از اطلاعات افزوده‌اند که متن علمی معاصر آن را عرضه می‌کنند.

ولی راه پیشرفت و تکامل يك علم چنین نیست. بعضی از معماهای علم هنجاری معاصر تا پس از تازه‌ترین انقلاب علمی وجود نداشته است. نشانه معدودی از آنها را می‌توان در آغازهای تاریخی يك علم که اکنون در آن قرار دارند مشاهده کرد. نسلهای قدیمتر مسائل خویش را با افزارها و قوانین مسئله‌گشایی خود حل می‌کردند. و نیز، تنها مسئله‌ها نیست که تغییر پیدا کرده است. بلکه تمام شبکه واقعیت و نظریه که نمونه کتاب درسی آن را با طبیعت سازگار می‌کند جابه‌جا شده است. مثلاً، آیا ثبات ترکیبات شیمیایی يك واقعیت محض آزمایش است که شیمیدان می‌توانسته است آن را با آزمایش در داخل هر يك از جهانهایی که دانشمندان در آن کار می‌کرده‌اند اکتشاف کند؟ یا بلکه يك عنصر — و آن هم يك عنصر غیر مشکوک — در يك ساختمان جدید از واقعیت و نظریه به هم پیوسته که دالتون را شایسته انجام دادن قدیمترین آزمایش شیمیایی به صورت يك کل ساخت سبب تغییر آزمایش در آن فرایند شد؟ یا به همین گونه، آیا شتاب ثابت تولید شده به توسط يك نیروی ثابت يك واقعیت محض بود که دانشجویان نیروشناسی همیشه درباره آن به جستجو پرداخته بودند، یا جواب پرسشی بود که تنها در داخل نظریه نیوتونی پیدا شد و آن نظریه می‌توانست به وسیله مجموعه اطلاعات گردآمده پیش از پرسیده شدن آن سؤال به آن پاسخ دهد؟

این پرسشها در این جا درباره چیزی است که در ضمن عرضه شدن در يك کتاب درسی همچون واقعیهایی تدریجاً پیدا شده جلوه‌گر می‌شود. ولی آشکارا دلالت‌های ضمنی نیز برای آنچه متنها همچون نظریه عرضه می‌کنند دارد. آن نظریه‌ها البته «با واقعیت می‌خواند»، ولی این کار تنها از راه تغییر شکل دان به اطلاعات موجود به صورت واقعیهایی میسر می‌شود که، برای نمونه سابق، اصلاً وجود نداشته است. و این بدان معنی است که نظریه‌ها پاره‌پاره و به تدریج رشد نمی‌کند تا با واقعیهایی که همیشه وجود داشته است بخواند. بلکه، همراه با واقعیهایی که در نتیجه يك صورتبندی جدید سنت علمی سابق با آنها تناسب پیدا کرده است ظاهر می‌شوند، و آن سنتی است که در داخل آن ارتباط از طریق شناخت میان دانشمند و طبیعت کاملاً همان که پیشتر بوده نیست.

يك مثال دیگر این گزارش تأثیر عرضه داشت کتاب درسی را بر تصویری که از رشد علمی ساخته می‌شود، روشنتر می‌سازد. هر کتاب ابتدایی شیمی از مفهوم عنصر شیمیایی سخن می‌گوید. تقریباً همیشه، هنگامی که آن مفهوم عرضه می‌شود، آن را به شیمیدان قرن هفدهم، رابرت بویل، نسبت می‌دهند که خواننده دقیق می‌تواند در کتاب شیمیدان شكاك وی تعریف

«عنصر» را کاملاً نزدیک به آنچه امروز از آن می‌دانیم بیابد. اشاره به مشارکت بویل، تازه کاران را از آن آگاه می‌سازد که شیمی با داروهای سولفایی آغاز نشده است؛ علاوه بر این، به ایشان می‌گوید که یکی از وظایف سنتی دانشمند اختراع کردن مفاهیمی از این گونه است. نسبت دادن مطالب به کسانی که در اکتشاف یا عرضه داشتن آنها سهمی داشته‌اند، جزئی از آن زرادخانه تعلیمی است که یک شخص را به یک دانشمند تبدیل می‌کند. با وجود این، یک بار دیگر الگوی اشتباهات تاریخی را که سبب گمراه کردن دانشجو و شخص عادی هر دو در خصوص ماهیت اشتغال علمی است، مجسم می‌سازد.

بنا به گفته بویل، که کاملاً حق با او است، «تعریف» وی از عنصر چیزی بیش از شرح یک مفهوم شیمیایی سنتی نبوده است؛ بویل آن را تنها برای اثبات این مطلب عرضه کرد که چیزی به نام یک عنصر شیمیایی وجود ندارد؛ به عنوان تاریخ، روایت کتاب درسی سهم بویل در این مسئله کاملاً اشتباه است.^۳ این اشتباه البته جزئی است، و از این لحاظ عیبی بیش از هر عرضه کردن بد دیگر داده‌ها ندارد. ولی، آنچه جزئی و پیش پا افتاده نیست تأثیری است که با رواج یافتن آن در علم پس از انتشار در کتابهای درسی و به صورت جزئی از ساختار فنی آنها در آمدن بر جای می‌گذارد. مفهوم عنصر، همانند مفاهیم دیگر «زمان» و «انرژی» و «نیرو» و «ذره»، گونه‌ای از اجزاء سازنده کتابهای درسی است که غالباً از اصل اختراع یا اکتشاف نشده بوده است. ردپای تعریف مخصوص بویل را دست کم می‌توان به عقب تا ارسطو و به پیش با میانجیگری لاووازیه تا منتهای نوین پیدا کرد. ولی این سخن بدان معنی نیست که مفهوم عنصر از زمانهای قدیم در تصرف علم بوده است. تعریفهای لفظی غیر واقعی همچون تعریف بویل، چون به خودی خود در نظر گرفته شود، محتوای علمی چندانی ندارد. از لحاظ معنی خصوصیت منطقی کامل در آنها مشاهده نمی‌شود، ولی از لحاظ تعلیمی تقریباً به فهم مطالب کومک می‌کند. مفهوم علمی که به آن اشاره دارد، تنها وقتی اهمیت پیدا می‌کند که در یک متن یا وسیله عرضه داشته جز آن به مفاهیم دیگر علمی و به روشهای دستورزی و به کاربردهای نمونه‌ای ارتباط داشته باشد. از این جا نتیجه می‌گیریم که مفاهیمی همچون مفهوم عنصر به ندرت می‌تواند مستقل از یک زمینه و قرینه اختراع شود. از این گذشته، با وجود داشتن زمینه، به ندرت نیازی به اختراع کردن آنها احساس می‌شود، بدان جهت که پیش از آن وجود می‌داشته‌اند. بویل و لاووازیه هر دو از راههایی مهم اهمیت شیمیایی «عنصر» را تغییر دادند. ولی مفهوم را اختراع نکردند و صورت بیان لفظی آن را که خود به عنوان تعریف به کار می‌رفت دگرگون نساختند. نیز، چنانکه پیشتر دیدیم، اینشتین کاری به آن نداشت که مفاهیم تازه‌ای برای بیان منظور خود اختراع کند یا حتی به صورت صریح برای مفاهیم قدیمی «زمان» و «مکان» تعریفهای تازه بسازد تا این الفاظ در متن کارهای وی معانی تازه پیدا کند. پس آیا وظیفه تاریخی بویل در آن قسمت از کارش که مشتمل بر «تعریف» مشهور وی

۳. ت. س. کوهن، «رابرت بویل و شیمی ساختاری در سده هفدهم»، در ایسیس، چهل و سوم (۱۹۵۲)، ۲۹.

می‌شده، چه بوده است؟ وی رهبر يك انقلاب علمی بود که، با تغییر دادن رابطه «عنصر» با دستورزی شیمیایی و نظریه شیمیایی، آن مفهوم را به صورت افزاری درآورد که با آنچه پیش از آن بود کاملاً تفاوت داشت و در این فرایند شیمی و شیمیدان هر دورا تغییر داد^۴. انقلابهای دیگر، و از جمله آنکه لاووازیه در مرکز آن قرار داشت، از آن جهت ضرورت داشت که برای این مفهوم شکل و وظیفه نوین آن را فراهم آورد. ولی بویل مثال برجسته‌ای را هم برای فرایند دخیل در هر يك از این مراحل و هم برای آنچه برای آن فرایند در هنگام وارد شدن شناخت موجود در يك متن درسی پیش می‌آید، فراهم آورد. بیش از هر جنبه واحد دیگر علم، این صورت تعلیمی تعیین‌کننده تصویری است که ما برای خود از ماهیت علم و از نقش اکتشاف و اختراع در پیشرفت ساخته‌ایم.

۴. مری بوئز در کتابش، رابرت بویل و شیمی سده هفدهم (کیمبرج، ۱۹۵۸) در چند جا، از مشارکتهای مثبت بویل در تکامل مفهوم عنصر شیمیایی سخن گفته است.

۱۲. انحلال انقلابها

کتابهای درسی که هم اکنون از بحث درباره آنها فراغت حاصل کردیم، تنها پس از صورت گرفتن انقلابها نوشته می شود. این کتابها مبانی سنت تازه ای از علم هنجاری را تشکیل می دهد. هنگام بحث درباره مسئله ساخته شدن آنها آشکارا بحث درباره یکی از مراحل آن مورد غفلت قرار گرفت. فرایندی که به وسیله آن يك نامزد تازه نمونه شدن جایگزین سلف خود می شود چگونه است؟ هر تفسیر تازه از طبیعت، خواه يك اکتشاف باشد یا يك نظریه، نخست بر ذهن يك فرد یا معدودی از افراد خطوط می کشد. اینان هستند که نخستین بار می فهمند که باید علم و جهان را به صورتی متفاوت با صورت جاری نگاه کنند، و قابلیت آنان برای این انتقال به وسیله دو امر آسان می شود که در آنها دیگر همکاران ایشان در حرفه علمی با آنان شریک نیستند. [۱] به صورتی تغییر ناپذیر توجه ایشان متمرکز بر روی مسائل تولیدکننده بحران است؛ [۲] علاوه بر این، آنان معمولاً اشخاص جوان یا تازه آشنا شده با میدان زیر نفوذ بحران قرار گرفته اند که علاقه مندی به کار آنان را بسیار کمتر از معاصران خود نسبت به جهان بینی و قواعد تعیین شده به وسیله نمونه قدیمی متعهد ساخته است. آیا این گونه کسان چه می کنند و چگونه شایستگی آن را به دست می آورند که سراسر حرفه را زیر و زبر کنند یا زیر گروه مربوط حرفه خود را بر آن دارند که به علم و جهان به شکلی دیگر نگاه کنند؟ چه چیز سبب آن می شود که گروه از پیروی يك سنت پژوهش هنجاری به سود سنتی دیگر دست بردارد؟

برای توجه پیدا کردن به ضرورت چنین پرسشها، به خاطر بیاورید که اینها تنها نوسازیهایی است که مورخ می تواند برای آزمودن و اثبات یا ابطال نظریه های علم استقرار یافته در دسترس فیلسوف قرار دهد. آن کس که به کار پژوهش در علم هنجاری اشتغال دارد، حالت يك حل کننده معما دارد نه آزماینده نمونه ها. با آنکه امکان دارد در ضمن جستجو برای پیدا کردن راه حل يك معما، عده ای از برداشتهای متفاوت را مورد آزمایش قرار دهد، در این کار آزماینده نمونه نیست. بلکه همچون بازیکن شطرنجی است که، با قرار گرفتن در برابر يك مسئله و داشتن صفحه شطرنج

در برابر چشم یا در ذهن، گونه‌های متفاوت حرکتها را برای پیدا کردن راه حل با حرکت واقعی یا ذهنی دست مورد آزمایش قرار می‌دهد. این تلاشهای آزمایشی، خواه به توسط شطرنج‌باز صورت گرفته باشد یا دانشمند، آزمونهایی از خود آنها است نه از قواعد عمل و بازی. تازمانی امکانپذیر است که خود نمونه پذیرفته در نظر گرفته شده باشد. بنابراین آزمودن نمونه تنها پس از آن صورت می‌گیرد که شکست مستمر يك معمای جالب توجه سبب بروز بحران شده باشد. و حتی در این صورت هم آزمودن نمونه پس از آن اتفاق می‌افتد که احساس بحران نامزد گزینه‌ای را برای جانشینی نمونه سابق عرضه کرده باشد. در علوم آزمودن وضع، همچون در حل معما، تنها عبارت از آن نیست که يك نمونه منفرد را با طبیعت مقایسه کنند. به جای آن، آزمودن به صورت رقابتی میان دو نمونه رقیب برای درآوردن جامعه علمی به زیر فرمان خود صورت می‌گیرد. این صورتبندی، چون از نزدیک مطالعه شود، شباهتهای دور از انتظار و شاید مهمی با دو نظریه معاصر رایج فلسفی درباره اثبات صحت عرضه می‌دارد. معدودی از فلاسفه علم هنوز در انتظار دست یافتن به ملاکی مطلق برای اثبات صحت نظریه‌های علمی به سر می‌برند. با توجه به این امر که هیچ نظریه‌ای نمی‌تواند برای همیشه در معرض آزمونهای ممکن و دارای ارتباط با آن قرار گیرد، این سؤال را طرح نمی‌کنند که آیا صحت نظریه مورد نظر به اثبات رسیده است، بلکه از درجه احتمال صحت آن در پرتو مدارکی که فعلاً وجود دارد پرسش می‌کنند. و برای پاسخ گفتن به این پرسش، مکتب مهمی به آنجا کشانده شده است که قابلیت نظریه‌های مختلف را برای توضیح مدارکی که در دست است با یکدیگر مقایسه کند. این اصرار در مقایسه کردن نظریه‌ها همچنین آن وضع تاریخی را که يك نظریه جدید پذیرفته است مشخص می‌سازد. به احتمال قوی به یکی از جهاتی اشاره می‌کند که بحثهای آینده در خصوص اثبات صحت نظریه، باید در آن به پیش برود. ولی اثبات صحت احتمالاً تیگرانه نظریه‌ها، در اشکال متداولتر آنها، با توسل به یکی از زبانهای مشاهده خالص یا بیطرفانه که در بخش ۱۰ از آنها سخن گفتیم، صورت می‌گیرد. يك نظریه احتمالاً تیگرانه از ما می‌خواهد که نظریه علمی داده شده را با همه نظریه‌های ممکن قابل تصور دیگر برای مناسب بودن با مجموعه واحدی از داده‌های مشاهده شده مقایسه کنیم. نظریه دیگری خواستار آن است که در تخیل به ساختن همه آزمونهایی بپردازیم که يك نظریه علمی معین ممکن است در معرض آنها قرار گیرد.^۱ آشکارا چنین ساختمانی برای محاسبه احتمالات خاص، به صورت مطلق یا نسبی، ضرورت دارد، و به سختی می‌توان دریافت که چگونه چنین ساختمانی می‌تواند صورت اتمام پیدا کند. اگر، چنانکه پیشتر بیان کردم، چنین دستگاه علمی یا اختباری بیطرف از زبان یا مفاهیم نمی‌تواند وجود داشته باشد، لازم است که ساختمان پیشنهاد

۱. برای طرح مختصری از راههای رسیدن به اثبات احتمالاً تیگرانه نظریه‌ها، رجوع کنید به ارنست نگل، اصول نظریه احتمالات، جلد ۱، شماره ۶، از دایرة المعارف بین‌المللی علم یگانه شده، ص ۷۵-۶۵؛ Ernest Nagel, Principles of the Theory of Probability, Vol I, No.6, of International Encyclopedia of Unified Science.

شده از آزمون‌ها و نظریه‌های گزیدنی از درون يك سنت مبتنی بر نمونه یا سنتی دیگر برخاسته باشد. با این گونه محدود بودن، به همه آزمایش‌های ممکن یا همه نظریه‌های ممکن دسترس پیدا نمی‌شود. در نتیجه، نظریه‌های احتمالاتی‌گرانه، به همان اندازه که سبب روشن شدن وضع اثبات صحت می‌شوند به همان اندازه هم اسباب پوشیده ماندن آن خواهند بود. با آنکه وضع، چنانکه آنان اصرار می‌ورزند، وابسته به مقایسه نظریه‌ها و مدارك بسیار گسترده است، نظریه‌ها و مشاهدات موضوع بحث همیشه ارتباط نزدیکی با آنها که پیش از آن موجود بوده است خواهد داشت. اثبات صحت همچون گزینش طبیعی است: از میان گزینه‌های موجود در يك وضع تاریخی خاص آن يك را برمی‌گزیند که قابلیت بقای بیشتر داشته باشد. این که آیا گزینش بهترین گزینشی است که اگر گزینه‌های دیگر هم در دسترس قرار می‌داشتند یا اگر داده‌ها از گونه دیگر می‌بود باز هم عنوان بهترین داشت، پرسشی است که آن را نمی‌توان به شکلی سودمند پرسید. افزارهایی برای یافتن پاسخ آن در دسترس قرار ندارد.

برداشت بسیار متفاوتی از تمام این شبکه مسائل به توسط کارل ر. پوپر عرضه شده که اصلاً منکر وجود هر گونه روشی برای اثبات صحت است.^۲ به جای آن، وی درباره اهمیت ابطال، یعنی آزمونی که به سبب منفی بودن نتیجه آن ناگزیر هر نظریه استقرار یافته را طرد می‌کند، تأکید کرده است. واضح است که نقش نسبت داده شده به ابطال بسیار شبیه نقشی است که رساله حاضر برای آزمایش‌های ناهنجار قائل است، یعنی تجربه‌هایی که با برانگیختن بحران راه را برای پیدا شدن يك نظریه تازه هموار می‌سازد. ولی من در این باره که این آخری وجود داشته باشد تردید دارم. همان گونه که پیش از این به تکرار تأکید کرده‌ام، هیچ نظریه هرگز نمی‌تواند معمای را که با آن روبه‌رو شده است در زمان معین حل کند؛ و نیز راه‌حلهای پیدا شده غالباً کامل نیست. برعکس، درست همین ناتمامی و غیرکامل بودن تناسب داده‌ها با نظریه که در هر زمان وجود دارد، تعیین‌کننده بعضی از معماهایی است که از مشخصات علم هنجاری به شمار می‌رود. اگر شکست در متناسب بودن زمینه‌ای برای طرد نظریه باشد، همه نظریه‌ها می‌بایستی در همه زمانها طرد شود. از سوی دیگر، اگر تنها ناتوانی شدید در متناسب بودن، طرد نظریه را لازم سازد، در آن صورت پوپر یان به ملاکی نیاز پیدا خواهند کرد که به وسیله آن «عدم احتمال» یا «درجه ابطال» را تشخیص دهند. برای به وجود آوردن چنین ملاکی تقریباً به یقین با همان شبکه از دشواری‌ها روبه‌رو خواهند شد که هواداران اثبات صحت نظریه‌های احتمالاتی‌گرانه گوناگون با آنها روبه‌رو بوده‌اند.

از بسیاری از دشواری‌های گذشته می‌توان با اعتراف به این امر احتراز کرد که نگرش‌های غالب و متقابل با آن در خصوص منطق اکتشاف علمی که زمینه را تشکیل می‌دهد، هر دو در آن کوشیده‌اند که دو فرایند بسیار جدای از یکدیگر را به صورت يك فرایند درآورند. تجربه ناهنجار پوپر از آن جهت برای علم اهمیت دارد که سبب برانگیختن رقیبان يك نمونه موجود می‌شود. ولی

۲. ک. ر. پوپر، منطق اکتشاف علمی (نیویورک ۱۹۵۹)، به ویژه فصلهای ۴-۱؛ K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*.

ابطال، با وجود آنکه مطمئناً حاصل می‌شود، همراه با ظهور يك ناهنجاری یا مثال باطل کننده، یا به سبب آن اتفاق نمی‌افتد. بلکه نتیجهٔ فرایند جداگانه‌ای است که می‌توان آن را نیز يك اثبات صحت دانست، بدان جهت که عبارت است از پیرو شدن يك نمونهٔ تازه بر نمونه‌ای قدیمی. علاوه بر این، در فرایند آمیختهٔ اثبات - ابطال است که مقایسهٔ احتمالاتیگرانهٔ نظریه‌ها نقش مرکزی را ایفا می‌کند. چنین صورت‌بندی دو مرحله‌ای، به نظر من، خاصیت حقیقت‌نمایی دارد، و آن نیز ممکن است ما را بر آن قادر سازد که به توضیح نقش توافق (یا عدم توافق) میان واقعیت و نظریه در فرایند اثبات صحت آغاز کنیم. دست کم برای مورخ، گفتن این که اثبات صحت عبارت از استقرار بخشیدن به توافق میان واقعیت و نظریه است، معنای چندانی ندارد. همهٔ نظریه‌های مهم از لحاظ تاریخی با واقعیت‌ها توافق داشته‌اند، بعضی بیشتر و بعضی کمتر. در مقابل این پرسش که آیا و چگونه يك نظریهٔ منفرد با واقعیات درست درمی‌آید، پاسخ دقیق‌تری وجود ندارد. ولی پرسشهایی از این گونه را در آن جا می‌توان طرح کرد که نظریه‌ها به صورت دسته‌جمعی یا حتی جفت جفت در نظر گرفته شده باشند. پرسیدن این که کدام يك از دو نظریهٔ فعلی و رقیب با یکدیگر با واقعیت‌ها بهتر می‌خواند، بسیار پرمعنی است. با آنکه نظریه‌های پرستلی و لاووازیه هیچ کدام درست با مشاهدات موجود نمی‌خواند، تنها معدودی از معاصران برای چنین نتیجه‌گیری که نظریهٔ لاووازیه از میان آن دو بهتر جور درمی‌آید، بیش از يك دهه صبری نشان دادند.

ولی، این صورت‌بندی، وظیفهٔ انتخاب میان نمونه‌ها را آسانتر و آشناتر از آنچه هست جلوه‌گر می‌سازد. اگر تنها يك دسته از مسائل وجود می‌داشت، و يك جهان که در آن بر روی آنها کار کنند، و يك دسته از استانداردها برای حل آنها، در آن صورت رقابت میان نمونه‌ها ممکن بود کمابیش با فرایندی قراردادی مثلاً همچون شمردن مسائلی که هر يك از آنها حل کرده است فیصله پیدا کند. ولی، در واقع، این شرایط هرگز به صورت کامل وجود پیدا نکرده است. طرفداران نمونه‌های رقیب با یکدیگر همیشه دست کم اندکی هدفهای کاملاً متعارض با یکدیگر دارند. هیچ يك از دو طرف همهٔ فرضهای غیر اختباری را که طرف دیگر برای سامان دادن به وضع خود به آنها نیاز دارد نمی‌پذیرد. همچون پروست و برتلو که در خصوص ترکیبات شیمیایی با یکدیگر مجادله می‌کردند، معتقدان به نمونه‌های مختلف تا حدی ناگزیر از آن هستند که با یکدیگر گفتگو کنند. با آنکه هر يك امید آن دارد که طرف دیگر را به راه دیدن علم خود و مسائل آن بکشاند، هیچ يك نمی‌تواند امید آن داشته باشد که حقانیت نمونهٔ خود را به اثبات برساند. رقابت میان نمونه‌ها از آن گونه نبردها نیست که با استدلال‌ها خاتمه پیدا کند.

پیش از این به چند دلیل برای این که چرا طرفداران نمونه‌های رقیب از برقرار کردن تماس کامل با دیدگاههای یکدیگر عاجز می‌مانند، اشاره کردیم. مجموع این دلایل را به صورت همسنجش‌ناپذیری (incommensurability) سنتهای پیش و پس از انقلاب با یکدیگر توصیف کردیم، و در این جا تنها به آن نیاز داریم که بار دیگر نظری اجمالی به آن ببندازیم. در مرحلهٔ اول، طرفداران نمونه‌های رقیب غالباً دربارهٔ فهرست مسائلی که هر يك از نامزدهای نمونه شدن

می‌بایستی حل کند، با یکدیگر توافق ندارند. استانده‌ها یا تعریفهای علم در نزد آنان یکسان نیست. آیا یک نظریه درباره حرکت می‌بایستی علت نیروی جاذبه میان ذرات يك ماده را توجیه کند یا تنها باید به وجود چنین نیروهایی توجه داشته باشد؟ نیروشناسی نیوتون به صورت وسیع از آن جهت طرد شد که، برخلاف نظریه‌های ارسطو و دکارت، مستلزم آخرین پاسخ به این پرسش بود. بنابراین، هنگامی که نظریه نیوتون پذیرفته شد، در نتیجه آن يك سؤال از علم از میان رفت. ولی، آن سؤال چیزی بود که نسبت عمومی می‌تواند مفتخرانه مدعی حل کردن آن شود. یا نیز، چنانکه در قرن نوزدهم شایع شده بود، نظریه شیمیایی لاووازیه شیمیدانان را از طرح این پرسش ممنوع ساخت که چرا فلزات بسیار به یکدیگر شباهت دارند، و این پرسشی بود که شیمی فلورستونی هم آن را طرح کرد و هم به آن پاسخ داد. انتقال به نمونه لاووازیه، همچون انتقال به نمونه نیوتون، تنها نتیجه‌ای همچون نابود شدن پرسش مجاز نداشت، بلکه سبب از بین رفتن راه‌حلهای تمام‌ناشده نیز بود. ولی این نابودی همیشگی نبود. در قرن بیستم پرسشهایی درباره خواص مواد شیمیایی همراه با پاسخهای آنها بار دیگر وارد جهان علم شده است.

باید گفت که چیزی بیش از همسنگشناپذیری استانده‌ها در میان است. از آنجا که نمونه‌های جدید از نمونه‌های قدیم تولد می‌یابد، معمولاً بسیاری از واژگان و افزارهای ادراکی و دست‌ورزانه را که نمونه سنتی پیش از آن به کار می‌برد با خود همراه دارد. ولی به ندرت این عناصر به وام گرفته شده را بر روش سنتی آنها به کار می‌برند. در داخل نمونه جدید، اصطلاحات و مفاهیم و آزمایشهای قدیم روابط طرفینی تازه‌ای با یکدیگر پیدا می‌کنند. نتیجه ناگزیری چیزی است که باید آن را سوء تفاهم میان مکتبهای رقیب بخوانیم، هر چند تعبیر سوء تفاهم در این جا درست کامل نیست. مرد غیر عالمی که به گفته اینشتین در این باره که فضا «خمیده» است — چون چنین چیزی وجود نداشته — نسبت عمومی را مسخره می‌کند، تنها این نیست که سخنی نادرست گفته یا اشتباه کرده است. و نیز چنین است در مورد ریاضیدانان و فیزیکدانان و فیلسوفانی که کوشیدند تا روایتی اوقلیدسی از نظریه اینشتین به وجود آورند.^۳ آنچه پیشتر از کلمه فضا (مکان) فهمیده می‌شد، امتداد و همواری و یکنواختی و در همه جهت یکسانی و تأثیرناپذیری از وجود ماده در آن بود. اگر چنین نمی‌بود، از مکانیک نیوتونی کاری بر نمی‌آمد. در انتقال از جهان نیوتونی به جهان اینشتینی، سراسر آن بافته ادراکی را که تاروپود آن را مکان و زمان و ماده و نیرو و نظایر اینها تشکیل می‌داد، می‌بایستی از جای خود بردارند و بار دیگر آن را بر روی کل طبیعت قرار دهند. تنها

۳. برای واکنش در برابر مفهوم فضای خمیده رجوع کنید به فیلیپ فرانک، اینشتین، زندگی و زمان وی، ترجمه و ویرایش گ. روزن و س. کوزاکا (نیویورک، ۱۹۴۷)، ص ۱۴۶-۱۴۲: Philipp Frank, *Einstein, His Life* and Times, trans. and ed. G. Rosen and S. Kusaka. برای معدودی از تلاشهای صورت گرفته به منظور محفوظ داشتن سودهای نسبت عمومی در داخل فضای اوقلیدسی رجوع کنید به سی. نوردمان، اینشتین و جهان، ترجمه مکبی (نیویورک، ۱۹۲۲)، فصل ۹: C. Nordmann, *Einstein and the Universe*, trans. J. McCabe.

کسانی که روی هم رفته توانستند آن جابه‌جایی را تحمّل کنند یا چنین تحمّلی را نداشتند، شایستگی آن را دارند که آنچه را که درباره آن توافق دارند یا ندارند به دقت کشف کنند. ارتباط از طریق محل تقسیم انقلابی ناگزیر جزئی خواهد بود. برای مثالی دیگر، مردمانی را در نظر بیاورید که کوپرنیکوس را دیوانه می‌خواندند و دلیلشان آن بود که وی مدّعی متحرّک بودن کره زمین شده است. آنان در این گفته خود نه کاملاً بر حق بودند و نه کاملاً بر باطل. جزئی از چیزی که ایشان از «زمین» منظور نظر داشتند يك وضع ثابت بود. دست کم زمین ایشان نمی‌توانست متحرّک باشد. در نتیجه، نوآوری کوپرنیکوس فقط حرکت زمین نبود. بلکه يك راه تازه نگریستن به مسائل فیزیک و نجوم بود که ناگزیر هم معنی «زمین» را تغییر می‌داد و هم معنی «حرکت» را^۴. بدون آن تغییرات مفهوم زمین متحرّک احمقانه می‌بود. از سوی دیگر، پس از آنکه تغییرات صورت می‌گرفت و فهمیده می‌شد، دکارت و هویگنس هر دو متوجّه می‌شدند که حرکت زمین مسئله‌ای بدون محتوا برای علم است^۵.

این مثالها مشتمل بر اشاره‌ای به سومین و مهمترین جنبه همسنجشناپذیری نمونه‌های رقیب است. به يك لحاظ که من اکنون توانایی توضیح بیشتر آن را ندارم، هواداران نمونه‌های رقیب، به کارهای خود در جهانهای متفاوت اشتغال دارند. یکی مشتمل بر اجسام مجبوری است که به کندی سقوط می‌کنند، و در دیگری آونگه‌هایی است که حرکات خود را پیوسته ادامه می‌دهد. در یکی محلولها حالت مرکب دارد، در دیگری مخلوط. یکی در قالب صاف و هموار فضا جای دارد، دیگری در قالبی خمیده. این دو گروه از دانشمندان، از آن جهت که در جهانهای مختلف کار می‌کنند، هنگامی که از يك نقطه و در جهت واحد به يك چیز نگاه کنند، دو چیز متفاوت خواهند دید. بار دیگر باید بگویم که مقصودم آن نیست که آنان می‌توانند هر چه را که دلشان بخواهد ببینند. هر دو به جهان نگاه می‌کنند، و آنچه به آن می‌نگرند تغییر نکرده است. ولی در بعضی از پهنه‌ها چیزهای متفاوت می‌بینند، و آنها را در رابطه‌های متفاوت با یکدیگر مشاهده می‌کنند. به همین جهت است که قانونی که برای يك گروه از دانشمندان غیر قابل اثبات به نظر می‌رسد، ممکن است اتفاقاً برای گروه دیگر به صورت شهودی آشکار باشد. نیز به همین جهت است که پیش از آنکه بتوانند امید ارتباط پیدا کردن کامل با یکدیگر پیدا کنند، يك گروه یا گروه دیگر می‌بایستی آن تغییر اعتقادی را که ما به آن نام جابه‌جایی نمونه دادیم آزموده باشد. درست به جهت آنکه انتقالی در همسنجشناپذیرها است، انتقال میان نمونه‌های رقیب نمی‌تواند از طریق برداشتن يك گام در يك زمان و به نیروی منطقی و آزمایش بیطرفانه صورتپذیر شود. همچون کلید چشم انداز، می‌بایستی همه یکباره (هر چند نه بالضروره در يك لحظه) صورت بگیرد یا اصلاً صورتپذیر نشود. پس چگونه دانشمندان به آنجا می‌رسند که این تغییر وضع را به وجود آورند؟ پاسخ آن است که

۴. ت. س. کوهن، انقلاب کوپرنیکی، فصلهای چهارم و ششم. اینکه خورشید مرکزگری چیزی بیش از يك مسئله نجومی بوده، موضوع مهم بحث تمام کتاب است.

۵. ماکس جبر، مفاهیم فضا (کیمبرج، ماس، ۱۹۵۴)، ۱۱۸-۱۲۴.

ایشان غالباً به چنین جایی نمی‌رسند. کوپرنیکیگری در مدّت تقریباً يك قرن پس از کوپرنیکوس بیش از معدودی تازه‌وارد به این اعتقاد پیدا نکرد. کار نیوتون، مخصوصاً در قارّه اروپا، تا مدّتی بیش از نیم قرن پس از انتشار کتاب *اصول* از قبول برخوردار نشد.^۶ پرستی هرگز نظریّه اکسیژن را نپذیرفت، و لورد کلونین نظریّه برقاطیس را، و همچنین. دشواری تغییر عقیده دادن غالباً مورد توجه خود دانشمندان قرار گرفته است. داروین، در فقره‌ای با گیرندگی خاص در پایان کتاب *اصل انواع* خود چنین نوشته است: «با آنکه من نسبت به صحت نگرشهای عرضه‌شده در این جلد اعتقاد کامل دارم... به هیچ وجه منتظر آن نیستم که طبیعیدانان آزموده را که اذهانشان انباشته از واقعیتهای فراوان دیده شده در مدّت سالهای دراز از دیدگاهی مستقیماً مخالف با دیدگاه من است از راه خود رویگردان سازد... ولی به آینده اطمینان دارم، — به طبیعیدانان جوان و در حال رشد که می‌توانند هر دو طرف مسئله را بیطرفانه در نظر بگیرند.^۷» و ماکس پلانک، با توجه به پیشامدهای مربوط به خودش در خود زندگینامه علمی به صورتی تأسف انگیز گفته است که «يك حقیقت تازه علمی با متقاعد کردن مخالفان و روشنی را به ایشان نشان دادن پیروز نمی‌شود، بلکه بیشتر پیروزی بدان سبب حاصل می‌شود که مخالفان سرانجام می‌میرند و نسل جدیدی رشد می‌کند که با آن آشنایی دارد».^۸

این واقعیتهای و نظایر آنها را معمولاً چنان می‌شناسند که نیازمند تأکیدی بیشتر نیست. ولی احتیاج به ارزیابی مجدد دارد. در گذشته آنها را غالباً اشاره‌ای به آن می‌دانستند که دانشمندان، از آن جهت که انسانند، نمی‌توانند همیشه به خطاهای خود اعتراف کنند، حتی در آن صورت که با دلیل قاطع روبه‌رو شوند. ولی من برآنم که در این مورد نه برهان موضوع بحث است و نه خطا. انتقال وفاداری از نمونه‌ای به نمونه دیگر در حقیقت در حکم يك تغییر مذهب یا مکتب است که نمی‌تواند اجباری باشد. مقاومت تمام عمر، مخصوصاً از کسانی که کار حاصلخیز سبب سرسپردگی ایشان به يك سنت قدیمتر علم هنجاری شده، يك تجاوز از استانداردهای علمی نیست بلکه نشانه‌ای از خود ماهیت پژوهش علمی است. سرچشمه مقاومت اطمینان داشتن از آن است که نمونه قدیمی بالاخره همه مسائل خود را حل خواهد کرد، و طبیعت سرانجام در داخل جعبه‌ای که نمونه فراهم آورده است نشان داده خواهد شد. در زمانهای انقلاب، ناگزیر این اطمینان لجوجانه و یکدنده می‌نماید چنانکه در واقع گاه چنین می‌شود. ولی نیز گاه چیزی بیش از این است. همین اطمینان چیزی است که علم هنجاری یا حلال معما را علم ممکن می‌سازد. و تنها از

۶. آی. ب. کوهن، *فرنکلین و نیوتون: تحقیقی در علم آزمایشی پژوهشی نیوتون و کار فرنکلین در برق* به عنوان مثالی از آن (فیلادلفیا، ۱۹۵۶)، ص ۹۳ و ۹۴.

۷. چارلز داروین، *درباره اصل انواع*... (چاپ مجاز از روی ششمین چاپ انگلستان: نیویورک، ۱۸۸۹)، دوم، ۲۹۵ و ۲۹۶: *Charles Darwin, on the Origin of Species*.

۸. ماکس پلانک، خود زندگینامه علمی و مقاله‌های دیگر، ترجمه ف. گینز (نیویورک، ۱۹۴۹)، ص ۳۳ و ۳۴: Max Plank, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trans. F. Gaynor.

طریق علم‌هنجاری است که جامعهٔ حرفه‌ای دانشمندان به آن توفیق حاصل می‌کند که، نخست، به بهره‌برداری از تمام امکانات و دقت نمونهٔ قدیمی بپردازد و، سپس، به جدا کردن دشواریها از طریق تحقیقی اقدام کند که ممکن است از آن نمونهٔ جدیدی ظهور کند.

با این همه، گفتن این که مقاومت ناگزیری و مشروع است، و این که تغییر نمونه را نمی‌توان با دلیل موجه معرفی کرد، بدین معنی نیست که دلایلی وجود دارد یا این که دانشمندان نمی‌توانند برای تغییر طرز فکر خود اطمینان خاطر پیدا کنند. با آنکه گاه زمان يك نسل برای عملی شدن تغییر لازم می‌شود، جامعه‌های علمی مکرر در مکرر به نمونه‌های جدید تغییر مکتب داده‌اند. علاوه بر این، تغییر مکتبها نه علی‌رغم این واقعیت که دانشمندان انسانند بلکه درست به سبب آنکه چنینند صورت‌پذیر می‌شود. با آنکه بعضی از دانشمندان، مخصوصاً آنان که سالخورده‌تر و آزموده‌ترند، ممکن است به صورتی پایان‌ناپذیر مقاومت نشان دهند، اغلب آنان می‌توانند از راهی یا از راه دیگر به آن برسند. تغییر مکتب در يك زمان برای معدودی امکان‌پذیر می‌شود، تا این که پس از برداشته شدن آخرین موانع، تمام حرفه بار دیگر در زیر پرچم يك نمونه، منتها این بار با نمونه‌ای مخالف با نمونهٔ رایج سابق، به اشتغال خود ادامه خواهد داد. بنابراین باید پیرسیم که تغییر مکتب یا تغییر مذهب علمی چگونه القا شد و چگونه با مقاومت برخورد کرد.

چه پاسخی برای این پرسش می‌توانیم توقع داشته باشیم؟ درست بدان سبب که پرسش ما دربارهٔ روش اقتناع پرسیده شده، یا دربارهٔ برهان و ضد برهان در وضعی که نمی‌تواند هیچ اثباتی وجود داشته باشد، پرسشی تازه است و نیازمند گونه‌ای از تحقیق که پیش از این به آن نپرداخته بوده‌ایم. باید خود را به تحقیقی جزئی و برخاسته از تأثر انگیزخته (impressionistic) قانع کنیم. علاوه بر این، آنچه پیش از این گفتیم با نتیجهٔ این تحقیق ترکیب می‌شود و این اندیشه را به ذهن ما القا می‌کند که، هر وقت بیش از اثبات دربارهٔ اقتناع پرسش می‌شود، پرسش در خصوص ماهیت برهان علمی جواب ساده یا یکنواخت ندارد. دانشمندان به دلایل گوناگون طرفدار نمونهٔ جدید می‌شوند و معمولاً در آن واحد بنا بر وجود چند دلیل چنین می‌کنند. بعضی از این دلایل - مثلاً، خورشیدپرستی که کپلر را یکی از کوپرنیکیان ساخت - کاملاً در خارج قلمرو آشکار علم قرار دارد.^۹ بعضی دیگر وابسته به مزاج شخص و خودزندگینامه و شخصیت است. حتی ملکیت یا شهرت سابق شخص نوآور و استادان وی گاه می‌تواند نقشی مؤثر ایفا کند.^{۱۰} بالاخره، سرانجام باید بیاموزیم که پرسش خود را به شکلی دیگر طرح کنیم. در این صورت آنچه مورد توجه ما قرار

۹. برای نقش خورشیدپرستی در اندیشهٔ کپلر رجوع کنید به ای. ای. برت، مبانی مابعدطبیعی علم فیزیک جدید (چاپ تجدیدنظر شده؛ نیویورک، ۱۹۴۹)، ص ۴۹-۴۴؛ E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*.

۱۰. برای نقش شهرت، به آنچه پس از این می‌آید، توجه کنید: لورد رالی، در زمانی که شهرت وی تثبیت شده بود، مقاله‌ای به انجمن علمی بریتانیا تقدیم کرد که دربارهٔ محال‌های روانبرقشناسی نوشته بود. هنگامی که نخستین بار آن مقاله را فرستاد، بر حسب تصادف نام وی سهواً در آن نیامده بود، و آن مقاله را به عنوان اینکه کار يك آدم

می‌گیرد، دلیلی نیست که در واقع این یا آن دانشمندان به تغییر عقیده دادن برانگیخت، بلکه بیشتر گونه‌ای از جامعه است که پیوسته زود یا دیر همچون يك گروه منفرد صورت تازه پیدا می‌کند. با این همه، من مسئله را برای بخش آخر کتاب باقی می‌گذارم، و در این میان به بحث درباره بعضی از گونه‌های برهان می‌پردازم که در نبرد بر سر تغییر نمونه تأثیر خاص دارد.

محتماً ادعای بیشتر آشکار هواداران يك نمونه تازه این است که به وسیله آن می‌توانند مسائلی را که سبب بروز بحران شده است حل کنند. هنگامی که این کار به حق صورتپذیر شود، چنین ادعایی غالباً مؤثرتر از ادعاهای دیگر خواهد بود. در پهنه‌ای که در آن پیشنهاد شده، نمونه قدیمی با آشفتگی روبه‌رو شده است. آن آشفتگی به تکرار کشف شده و تلاشهایی که برای از میان بردن آن صورت گرفته، مکرر در مکرر بی نتیجه مانده است. مثلاً کوپرنیکوس مدعی آن بود که مسئله طول سال گاهشماری را که مدت‌های دراز مایه دردسر نویسندگان تقویم شده بود حل کرده است، و نیوتون ادعا می‌کرد که مکانیکهای زمینی و آسمانی را با یکدیگر سازگار ساخته است، و لاووازیه بر آن بود که مسائل مربوط به هویت گاز و روابط وزنی را حل کرده، و آینشتاین مدعی آن شد که روانبرقشناسی را با علم تجدیدنظر شده حرکت سازگار کرده است.

ادعاهایی از این قبیل در صورتی مخصوصاً توفیق پیدا می‌کند که نمونه تازه دقت کمی چشمگیری را بهتر از رقیب قدیمی خود آشکار سازد. برتری کمی زیجهای رودولفی کپلر نسبت به همه زیجهای محاسبه‌شده بنابر نظریه بطلمیوسی عامل عمده در تغییر مذهب علمی منجمان و معتقد شدن آنان به منظومه کوپرنیکی شد. کامیابی نیوتون در پیشگویی کمی از رصدهای نجومی محتملاً مهمترین دلیل برای پیروزی نظریه وی بر رقیبان مستدلتر ولی به صورت یکنواخت کیفی آن بود. و در قرن حاضر موفقیت چشمگیر قانون تشعشع پلانک و اتوم بور به سرعت بسیاری از فیزیکدانان را بر آن داشت که اینها را بپذیرند، در صورتی که چون علوم فیزیکی به صورت يك کل در نظر گرفته شود، این هر دو نظریه بیش از مسائلی که توانستند حل کنند مسائل تازه به وجود آوردند.^{۱۱}

ولی، ادعای حل کردن مسائلی که موجب بحران شده، به تنهایی به ندرت کفایت می‌کند. و نیز همیشه نمی‌تواند به صورت مشروع ساخته شود. نظریه کوپرنیکوس صحیحتر از نظریه بطلمیوس نبود و مستقیماً سبب پیدا شدن بهبودی در امر تقویم نویسی نشد. یا نیز، نظریه موجی

▷ «محال‌ساز» است، بی توجه به کناری انداختند. اندکی بعد همان مقاله که با نام نویسنده‌اش همراه بود، با اعتذار فراوان پذیرفته شد (ر. ج. استر، چهارمین بارون رالی، جان ویلیام استر، سومین بارون رالی [نیویورک، ۱۹۲۴]، ص ۲۲۸)؛ R. J. Strutt, 4th Baron Rayleigh, *John William Strutt, Third Baron Rayleigh*.

۱۱. برای مسائل ایجادشده به وسیله نظریه کوانتوم، رجوع کنید به ف. ریچ، *نظریه کوانتوم* (لندن، ۱۹۲۲)، فصلهای ۲ و ۹-۶؛ F. Reiche, *The Quantum Theory*. برای مثالهای دیگر در این بند به ارجاعات سابق در همین فصل مراجعه کنید.

نور، مدت چند سال پس از نخستین عرضه شدن آن، حتی توفیق آن نیافت که همچون رقیب جسمیکی خود آثار قطبش را که سبب اصلی بحران نور شناختی بود حل کند. گاه روش سستری که از مشخصات پژوهش فوق‌العاده است، نامزدی برای نمونه شدن عرضه می‌دارد که اصلاً کومکی به حل مسائلی که سبب بحران شده نکرده است. و هنگامی که چنین شود، مدرک و دلیل می‌بایستی از جاهای دیگر میدان فراهم شود که غالباً نیز به همین صورت است. در پهنه‌های دیگر به صورت خاص می‌توان دلایل قانع‌کننده به دست آورد، به شرط آنکه نمونه جدید اجازه پیشگویی کردن از نمودهایی را بدهد که در هنگام فرمانروایی نمونه قدیم اصلاً گمانی به آنها برده نمی‌شد.

مثلاً، نظریه کوپرنیکوس این اندیشه را تلقین می‌کرد که سیارات می‌بایستی همچون زمین باشند، و نور سیاره زهره لازم است همچون ماه زمین مراحل گوناگون (اهله) داشته باشد، و نیز آنکه جهان می‌بایستی بسیار بزرگتر از اندازه‌ای که پیش از آن فرض می‌کردند بوده باشد. در نتیجه، هنگامی که شصت سال پس از مرگ وی تلسکوپ ناگهان کوههایی را بر سطح کره ماه و مراحل مختلف تغییر نورانیت زهره و عده زیادی از ستارگانی را که پیش از آن کسی به وجود آنها گمان نمی‌برد به رصدکنندگان نشان داد، گروه کثیری، مخصوصاً از غیر منجمان، نظریه جدید را پذیرفتند.^{۱۲} در مورد نظریه موجی نور، یک منبع عمده پذیرش آن به توسط مشتغلان به حرفه علمی، از این هم شگفت‌انگیزتر بود. مقاومت فرانسویان در برابر آن ناگهان و تقریباً به صورت کامل در آن هنگام از میان رفت که فریل توانست این مطلب را ثابت کند که لکه سفیدی در مرکز سایه یک قرص دایره شکل وجود دارد. و این اثری بود که حتی خود وی آن را پیشبینی نکرده بود، ولی پواسون، که در ابتدا یکی از مخالفان بود، ثابت کرد که این یکی از نتایج ضروری نظریه فریل است.^{۱۳} براهینی از این قبیل، به سبب حالت تکانه‌دهندگی ناگهانی و نیز بدان جهت که از آغاز عنوان جزئی از نظریه تازه نبوده است، از کیفیت قانع‌کنندگی مخصوص برخوردار می‌شود. و گاه این نیرومندی خارج از اندازه را می‌توان حتی در آن صورت که نمود مورد نظر مدتهای دراز پیش از زمان عرضه شدن نظریه‌ای که بیان‌کننده آن است مشاهده شده باشد، مورد بهره‌برداری قرار داد. مثلاً، اینشتین ظاهراً پیشبینی نکرده بود که نسبیت عام می‌تواند با دقت ناهنجاری مشهود در حرکت حضیض خورشیدی سیاره عطارد را توجیه کند، و در آن هنگام که چنین توجیهی عرضه شد، وی از پیروزی متناظر با آن بهره گرفت.^{۱۴}

۱۲. ت. س. کوهن، منبع یادشده، ص ۲۲۵-۲۱۹.

۱۳. ای. ت. ویتکر، تاریخی از نظریه‌های اتر و برق، اول (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ۱۰۸.

۱۴. برای تکامل نسبیت عمومی، رجوع کنید به همان کتاب، دوم (۱۹۵۳)، ۱۸۰-۱۵۱. برای واکنش اینشتین نسبت به توافق دقیق نظریه با حرکت حضیض عطارد، رجوع کنید به نامه نقل شده در پ. ا. شلپ (ویراستار)، آلبرت اینشتین، فیلسوف - دانشمند (ایوانستن، ایلینویز، ۱۹۴۹)، ص ۱۰۱؛ P. A. Schilpp (ed), *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*.

همه براهین بحث شده تا این جا دربارهٔ پیروزی يك نمونه جدید مبتنی بر شایستگی نسبی نمونه‌های رقیب در حل مسائل بود. برای دانشمندان معمولاً این گونه دلایل مهمترین و قانع کننده‌ترین دلایل است. مثالهای یادشده شکی دربارهٔ منبع جاذبه و جلب توجه عظیم آنها باقی نمی‌گذارد. ولی به دلایلی که اندکی بعد از آنها سخن خواهیم گفت، نه به صورت فردی الزامی فراهم می‌آورند و نه به صورت جمعی. خوشبختانه، گونه دیگری از ملاحظات وجود دارد که می‌تواند دانشمندان را به طرد يك نمونه قدیمی به سود يك نمونه تازه برانگیزد. اینها عبارت است از براهینی که به ندرت به صورت کاملاً صریح بیان می‌شود و به احساس فردی زیبایشناختی اشخاص تمسک می‌جوید — از قبیل این که گفته می‌شود نظریهٔ تازه «پاکیزه‌تر»، «درخورتر»، یا «ساده‌تر» از نظریهٔ قدیمی است. محتملاً چنین براهین در علوم تأثیری کمتر از آن دارد که در ریاضیات از آن برخوردار است. روایت‌های نخستین اغلب نمونه‌های تازه خام است. با گذشت زمان جاذبهٔ کامل زیبایشناختی آنها تکامل پیدا می‌کند، در حالی که بیشتر افراد جامعه علمی از راههای دیگر به قبول آنها متقاعد می‌شوند. با این همه، اهمیت ملاحظات زیبایشناختی گاه می‌تواند قطعی باشد. با آنکه غالباً نظر معدودی از دانشمندان را به نظریهٔ تازه جلب می‌کند، پیروزی نظریه سرانجام به همین عدهٔ کم وابسته است. اگر اینان به سرعت آن را بنابر دلایل شخصی در مقام بالا نگاه ندارند، نامزد نمونگی تازه هرگز به آن اندازه رشد پیدا نمی‌کند که بتواند سبب ایجاد وفاداری در همهٔ جامعه علمی نسبت به خود شود.

برای شناختن دلیل اهمیت این ملاحظات شخصی و زیبایشناختی، باید به خاطر داشته باشید که نمونه دربارهٔ چه چیز مبارزه می‌کند. هنگامی که يك نامزد نمونه شدن نخستین بار پیشنهاد می‌شود، به ندرت بیش از معدودی از مسائل را که با آنها مواجه شده حل کرده است، و بعضی از آن راه‌حل‌ها هنوز از کامل بودن به دور است. تا زمان کپلر، نظریهٔ کوپرنیکی به ندرت دربارهٔ پیشگویی کردن مواضع سیارات بهبودی نسبت به نظریهٔ بطلمیوسی نشان می‌داد. هنگامی که لاووازیه اکسیژن را به صورت «خود هوای کامل» دید، نظریهٔ جدید وی اصلاً از عهدهٔ حل مسائلی که از طریق متعدد شدن شمارهٔ گازها پیش آمده بود، و پرستلی در ضد حملهٔ خود با موفقیت به آنها متوسل شد، برنیامده بود. حالاتی نظیر لکهٔ سفید فرنل بی اندازه نادر است. معمولاً مدتها پس از آنکه نمونه جدید تکامل پیدا کند و پذیرفته شود و مورد بهره‌برداری قرار گیرد است که براهین قطعی — آونگ فوکو برای نشان دادن دوران زمین و آزمایش فیرو برای اثبات این که نور در هوا سریعتر از آب حرکت می‌کند — به دست می‌آید و عرضه می‌شود. فراهم آوردن آنها جزئی از کار علم هنجاری است، و نقش آنها نه در مبارزهٔ نمونه‌ای بلکه در متون پس از انقلاب ایفا می‌شود. پیش از آنکه این متون نوشته شود، یعنی در آن هنگام که مبارزه هنوز ادامه دارد، وضع کاملاً متفاوت است. معمولاً هواداران يك نمونه تازه می‌توانند به حق مدعی آن شوند که آن نمونه حتی در پهنهٔ بحران هم اندکی بر رقیب سنتی خود تفوق دارد. البته با بعضی از مسائل به صورتی بهتر مواجه می‌شود و نظمهای تازه‌ای را آشکار می‌سازد. ولی نمونهٔ قدیم محتملاً می‌تواند چنان بیان

شود که از عهده این چالشها برآید، به همان گونه که از عهده چالشهای دیگری پیش از آن برآمده بود. منظومه زمینمرکزی تیکو برانه و روایتهای متأخرتر نظریه فلورستون هر دو پاسخهایی به چالشهای عرضه شده به توسط يك نامزد نمونگی بود، و هر دو کاملاً به کامیابی دست یافت.^{۱۵} علاوه بر این، مدافعان نظریه وروش سنتی تقریباً همیشه می توانند به مسائلی اشاره کنند که رقیب تازه آن را حل نکرده ولی در برابر نگرش ایشان اصلاً عنوان مسئله ندارد. تا زمان اکتشاف ترکیب آب، احتراق هیدروژن در حکم برهانی نیرومند به سود نظریه فلورستون و به زیان لائوآزیه بود. و پس از آنکه نظریه اوكسیژن به پیروزی رسید، هنوز نمی توانست فراهم آمدن يك گاز قابل احتراق را از زغال توجیه کند، در صورتی که همین نمود را پیروان نظریه فلورستون به عنوان بهترین دلیل برای تأیید نظریه خود مورد استفاده قرار می دادند.^{۱۶} حتی در پهنه بحران، کفه های برهان بودن و ضد برهان بودن در حالتی نزدیک حالت تعادل است. و در خارج پهنه، این تعادل غالباً از سنت پشتیبانی می کند. کوپرنیکوس اعتقاد به حرکت اجرام آسمانی را بر گرد زمین که همیشه مورد قبول بود از میان برد بدون آنکه چیزی جایگزین آن سازد؛ نیوتون همین کار را در مورد توضیح گرانش انجام داد، و لائوآزیه برای خواص عمومی فلزات، و نظایر اینها. خلاصه آنکه، اگر يك نامزد تازه نمونه شدن بنا می بود که از آغاز در معرض داوری مردمان سرسختی قرار گیرد که تنها قابلیت نسبی حل کردن مسائل و مشکلات را مورد توجه قرار می دهند، علم کمتر می توانست به انقلابهای بزرگ دست یابد. و اگر بر آن ضد براهینی که به وسیله آنچه پیشتر همسنجشناپذیری نمونه ها نامیدیم افزوده می شد، علم اصلاً با هیچ انقلابی روبه رو نمی شد.

ولی مبارزات نمونه واقعاً درباره قابلیت نسبی مسئله گشایی نیست، هر چند به دلایل خوبی در آن مبارزات اینها نیز در کمین نشسته باشند. بلکه، نکته در آن است که کدام نمونه می تواند در آینده راهنمای پژوهش درباره مسائلی باشد که بعضی از آنها را هیچ يك از دو نمونه رقیب تاکنون نتوانسته است به صورت کامل حل کند. پای گرفتن تصمیمی درباره به کار انداختن علم و راههایی متفاوت با یکدیگر در میان آمده است، و وضع چنان است که این تصمیم می بایستی بیش از آنکه بر مبنای دستاورد گذشته گرفته شود، متکی به وعده آینده باشد. کسی که يك نمونه تازه را در نخستین مرحله ظهور آن می پذیرد، غالباً این کار را بر خلاف مدرکی انجام می دهد که حل کردن مسئله در اختیار او قرار می دهد. یعنی این که وی می بایستی به آن ایمان داشته باشد که نمونه

۱۵. برای منظومه برانه، که از لحاظ هندسی کاملاً معادل با منظومه کوپرنیکی بود، رجوع کنید به ج. ل. ا. درایر، تاریخی از نجوم از طالس تا کپلر (چاپ دوم؛ نیویورک، ۱۹۵۳)، ص ۳۷۱-۳۵۹. برای روایتهای دیگر نظریه فلورستون و موفقیت آنها رجوع کنید به پارکینگتن و مکی، «تحقیقات تاریخی درباره نظریه فلورستون»، در سالنامه های علم، چهارم (۱۹۳۹)، ۱۴۹-۱۱۳.

۱۶. برای مسئله عرضه شده به توسط هیدروژن، رجوع کنید به پارکینگتن، تاریخ مختصر شیمی (چاپ دوم؛ لندن، ۱۹۵۱)، ص ۱۳۴. برای مونوکسید کربون رجوع کنید به ه. کوپ، تاریخ شیمی، سوم (برانشویگ، ۱۸۴۵)،

جدید، با وجود مسائل فراوانی که در برابر خود دارد، پیروز خواهد شد، در صورتی که تنها این را می‌داند که نمونه قدیمی تنها از حل معدودی مسئله عاجز مانده است. چنین تصمیمی تنها بسته به ایمان و اعتقاد است.

و این یکی از دلایل آن است که چرا بحران پیش از طرح نمونه جدید حایز اهمیت است. دانشمندی که آن را نیازموده باشد، به ندرت از گواهی نیرومند مسئله‌گشایی رویگردان می‌شود و به آنچه می‌توان به آسانی ثابت کرد که امید واهی است و همگان به همین صورت به آن نگاه می‌کنند روی می‌آورد. اما بحران به تنهایی کافی نیست. همچنین می‌بایستی شالوده‌ای برای مؤمن شدن به يك نامزد خاص انتخاب شده وجود داشته باشد، هر چند نیازی به آن ندارد که معقول و مستدل باشد یا این که سرانجام صحت آن مورد قبول همگان واقع شود. می‌بایستی چیزی دست کم معدودی از دانشمندان را به این احساس وادارد که پیشنهاد جدید در مسیر درست است، و گاه تنها ملاحظات زیباییشناسانه و شخصی بیان نشده است که می‌تواند چنین کند. گاه کسانی به وسیله آنها در حالی تغییر مکتب می‌دهند که اغلب بر اهین قابل بیان فنی به راهی دیگر اشاره می‌کند. نظریه نجومی کوپرنیکوس و نظریه دو بروی (De Broglie) درباره ماده هر دو مستمسکهای مهم دیگری برای تأیید داشته است. حتی امروز هم نظریه نسبیت عمومی اینشتین اصولاً بر زمینه زیباییشناسی مردمان را به خود جلب می‌کند، و این چیزی است که در خارج زمینه ریاضی معدودی از اشخاص قابلیت احساس آن را دارند.

مقصودم آن نیست که پیروزی نمونه تازه سرانجام از طریق يك زیباییشناسی عارفانه و صوفیانه است. برخلاف، معدودی از کسان هستند که تنها به این دلایل میدان قدیمی کار علمی خود را ترک می‌کنند. و غالباً کسانی که چنین می‌کنند معلوم می‌شود که گمراه شده‌اند. ولی اگر بنا باشد نمونه‌ای پیروز شود، می‌بایستی نخست چند هواخواه پیدا کند، و اینان کسانی هستند که آن نمونه را چنان تکمیل می‌کنند تا به جایی برسد که بتواند به پیدا شدن دلایل قوی بینجامد و این کار مکرر شود. و حتی در آن هنگام که این دلایل عرضه شود، هر يك از آنها به صورت فردی کارایی قطعی ندارد. از آن جهت که دانشمندان مردمان معقول و پایبند دلیل هستند، سرانجام يك دلیل یا دلیلی دیگر بسیاری از آنان را متقاعد خواهد ساخت. ولی دلیل واحدی وجود ندارد که بتواند همه ایشان را متقاعد سازد. بیش از تغییر مکتب يك گروه منفرد، آنچه اتفاق می‌افتد جابه‌جایی فزاینده‌ای در توزیع وفاداریهای حرفه‌ای است.

در آغاز کار يك نامزد تازه نمونه شدن ممکن است معدودی طرفدار داشته باشد، و در پاره‌ای از موارد امکان آن هست که انگیزه‌های طرفداران مورد بدگمانی واقع شود. با این همه، اگر آنان صلاحیت داشته باشند، به آن بهبود می‌بخشند و امکانات آن را کشف می‌کنند و چیزی را نشان می‌دهند که شبیه به کار متعلق به گروهی می‌ماند که به وسیله آن رهبری می‌شود. سپس دانشمندان بیشتری تغییر مذهب می‌دهند، و اکتشاف نمونه جدید ادامه پیدا می‌کند. رفته‌رفته شماره آزمایشها و افزارها و مقاله‌ها و کتابهای مبتنی بر نمونه افزایش می‌یابد. کسان بیشتری که از سودمندی

نگرش جدید خاطر جمعی پیدا کرده‌اند، روش جدید عمل کردن به علم هنجاری را می‌پذیرند، تا این که سرانجام تنها معدودی از سالخوردگان خود را بیرون از معرکه نگاه می‌دارند. و حتی آنان را نمی‌توانیم بگوییم که بر راه خطا رفته‌اند. با آنکه تاریخ‌نویس همیشه می‌تواند کسانی را بیابد — مثلاً، پرستلی — که بیدلیل تا آن حد که توانستند مقاومت نشان دادند، نمی‌تواند نکته‌ای را پیدا کند که مقاومت بر سر آن غیر منطقی یا غیر علمی بوده باشد. حداکثر چیزی که می‌تواند بگوید این است که فلان شخص که پس از تغییر مکتب سراسر مشغولان به حرفه خود باز هم مقاومت نشان می‌داد، عملاً دانشمندی را ترك کرد.

۱۳. پیشرفت از طریق انقلابها

در صفحات گذشته شرح اجمالی من از پیشرفت علمی تا آنجا که برای چنین رساله‌ای امکان داشت به پیش رفت. با وجود این، نمی‌تواند به صورت کامل وسیله رسیدن به نتیجه‌ای باشد. اگر چنین شرح و توصیفی اصلاً به ساختار اساسی تکامل مستمر علم پیوستگی پیدا کرده باشد، در عین حال مسائل خاصی را نیز طرح خواهد کرد: چرا مبادرت به کاری که طرح آن به صورت خلاصه پیش از این بیان شد، پیوسته از راههایی پیش می‌رود که، مثلاً، هنر و نظریه سیاسی و فلسفه در آنها سیر نمی‌کند؟ چرا پیشرفت مزیتی است که تقریباً به صورت انحصاری به فعالیتهایی که آنها را به نام علم می‌خوانیم اختصاص دارد؟ پاسخهای معمولی به این پرسش در متن این رساله مورد انکار قرار گرفته است. باید جایگزین آن را پرسیدن این مطلب قرار دهیم که آیا جانشینهایی می‌توان برای آن یافت.

بلافاصله توجه داشته باشید که بخشی از پرسش کاملاً معنیشناختی است. تا مقدار زیاد اصطلاح «علم» اختصاص به میدانهایی دارد که پیشرفت در راههایی آشکار صورتپذیر می‌شود. این مطلب در هیچ‌جا آشکارتر از آنجا نیست که مجادلاتی در این باره صورت می‌گیرد که آیا علوم اجتماعی معاصر واقعاً علم است یا چنین نیست. این جدالها مشابهاتی در دوره‌های پیش از نمونه‌دار شدن علم در میدانهایی داشته است که امروز بی‌تردید به آنها برچسب علم زده می‌شود. نتیجه آشکار همه آنها به دست آمدن تعریفی برای اصطلاح مایه ناراحتی علم است. کسانی چنین استدلال می‌کنند که، مثلاً، روانشناسی يك علم است، بدان جهت که دارای فلان و فلان خصوصیات است. کسانی دیگر بر ضد آنها چنین می‌گویند که این خصوصیات یا غیر ضروری است و یا برای ساختن يك میدان علم کفایت نمی‌کند. غالباً نیروی فراوان به مصرف می‌رسد و هوسهای بزرگی به وجود می‌آید، در صورتی که اشخاص بیرون میدان بحث متحیرند که مرافعه بر سر چیست. آیا می‌توان به يك تعریف «علم» زیاد وابستگی نشان داد؟ آیا يك تعریف می‌تواند به کسی بگوید که او دانشمند هست یا نیست؟ اگر چنین است، چرا دانشمندان طبیعی یا هنرمندان

دربارهٔ تعریف اصطلاح نگرانی نشان می‌دهند؟ ناگزیر شخص در این باره به تردید می‌افتد که نتیجهٔ حاصل از تعریف جنبهٔ بنیادی داشته باشد. پرسشهایی احتمالی همچون آنها که پس از این می‌آید، واقعاً پرسیده نشده است: چرا میدان بحث من بدان گونه پیشرفت نمی‌کند که، مثلاً فیزیک چنان می‌کند؟ چه تغییراتی در مسائل فنی و روش یا اندیشه‌ورزی ممکن است آن را شایستهٔ این پیشرفت سازد؟ ولی، اینها پرسشهایی است که با توافق با تعریف نمی‌توان به آنها پاسخ گفت. علاوه بر این، اگر سابقهٔ علوم طبیعی در نظر گرفته شود، اینها در آن هنگام که تعریفی یافته شده مورد توجه نخواهند بود، بلکه در آن هنگام که گروههایی که اکنون خود دربارهٔ وضع خود دچار تردید شده‌اند نسبت به کارهای انجام دادهٔ گذشته و اکنون خود به توافق رسیده‌اند مورد توجه قرار می‌گیرند. مثلاً، ممکن است این مطلب حایز اهمیت باشد که اقتصاددانان کمتر از مشتغلان در میدانهای دیگر علوم اجتماعی در این باره که میدان بحث ایشان علم است یا نیست به آوردن دلیل می‌پردازند. آیا این بدان سبب است که اقتصاددانان از آن آگاهند که علم چیست؟ یا بیشتر اقتصادشناسی است که دربارهٔ آن با یکدیگر توافق دارند؟

این نکته يك عکس هم دارد که، هر چند دیگر معنیشناختی نیست، ممکن است به آشکار ساختن ارتباطهای ناگستنی میان مفاهیم علم و پیشرفت کومک کند. قرنهای متوالی، هم در روزگاران باستانی و هم بار دیگر در اروپای نوین، نقاشی همچون دانشی انبوهشی به نظر می‌رسید. در آن سالها هدف هنرمند نمایش دادن و مجسم ساختن فرض می‌شد. نقادان و مورخان، همچون پلینی و وازاری (Vasari)، با احترام از رشته‌ای از اختراعات، از کوته نمایش دادن گرفته تا پرداختن به سایه روشن، سخن گفته‌اند که پس از آن متوالیاً وسیلهٔ نمایش دادن کاملتر طبیعت شد.^۱ ولی سالهایی پیش آمد که، مخصوصاً در دوران رنسانس، شکاف کوچکی میان علوم و هنرها احساس می‌شد. لئوناردو تنها یکی از چند نفر کسانی بود که آزادانه میان میدانهایی به پس و پیش می‌رفتند که بعدها از یکدیگر متمایز شناخته شدند.^۲ علاوه بر این، پس از آن که مبادلهٔ ثابت و استوار متوقف شد، اصطلاح «هنر» پیوسته هم در مورد فناوری (تکنولوژی) به کار می‌رفت و هم در مورد حرفه‌هایی که آنها را، همچون نقاشی و پیکرتراشی، به صورت پیشرونده در نظر می‌گرفتند. تنها در آن هنگام که این آخریها بدون ابهام منکر آن شدند که نمایش دادن هدف آنها باشد و به آن آغاز کردند که بار دیگر از الگوهای ابتدایی چیز بیاموزند، شکافی که ما آن را پذیرفته می‌شناسیم، ژرفایی شبیه آنچه امروز در آن مشاهده می‌کنیم پیدا کرد. و حتی امروز، اگر يك بار دیگر کلید

۱. ای. ه. گامبریچ، هنر و پندار: تحقیقی در روانشناسی نمودارهای تصویری (نیویورک، ۱۹۶۰)، ص ۱۱ و ۱۲؛

E. H. Gombrich, *Art and illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation*.

۲. همان کتاب، ص ۹۷؛ و جورجو دو سانتیلانا، «نقش هنر در رنسانس علمی»، در مسائل بحرانی در تاریخ علم،

ویرایش م. کلاگت (مدیسن، ویسکانسین، ۱۹۵۹)، ص ۳۳-۶۵؛ «The Role of

Art in the Scientific Renaissance,» in *Critical Problems in the History of Science*, ed.

M. Clagett.

میدانهای دید را بزنیم، قسمتی از دشواری دیدن تفاوت‌های ژرف میان علم و فناوری می‌بایستی مربوط به این واقعیت بوده باشد که پیشرفت و ترقی يك خصوصیت آشکار هر دو میدان است. ولی این دشواری کنونی ما را برای بازشناختن این مطلب که تمایل به آن داریم تا هر میدان را که با پیشرفت قرین است علمی بدانیم، فقط آشکار می‌سازد نه این که آن را حل کند. مسئله فهمیدن این که چرا پیشرفت باید به صورتی چنین جالب توجه خصوصیت اشتغالی باشد که با روشهای فنی و هدفهای مورد بحث قرار گرفته در این رساله هدایت می‌شود، هنوز باقی مانده است. این پرسش در آن واحد مشتمل بر چند پرسش است و ما باید هر يك از آنها را جداگانه در نظر بگیریم. ولی در همه موارد، جز آخری، حل آنها تا حدی وابسته به معکوس کردن نگرش ما درباره رابطه میان فعالیت علمی و جامعه‌ای است که به آن اشتغال دارد. باید بیاموزیم که چیزهایی را که به عنوان معلولها می‌شناختیم همچون علتهای بشناسیم. اگر بتوانیم چنین کنیم، عبارت «پیشرفت علمی» و حتی «عنیت علمی» ممکن است تا حدی حشو و زاید به نظر برسد. در واقع يك جنبه از زاید بودن را هم اکنون مجسم کردیم. آیا يك میدان از آن جهت که علم است پیشرفت می‌کند یا بدان جهت که پیشرفت می‌کند علم است؟

اکنون می‌پرسیم که چرا اشتغالی همچون علم هنجاری باید پیشرفت کند، و به آن آغاز می‌کنیم که بعضی از خصوصیات برجسته آن را به خاطر بیاوریم. معمولاً، اعضای يك جامعه علمی بالغ با يك نمونه یا با دسته به هم پیوسته‌ای از نمونه‌ها کار می‌کنند. به ندرت اتفاق می‌افتد که جامعه‌های علمی متفاوت در مسائلی عین یکدیگر به تحقیق بپردازند. در چنین حالات استثنایی گروهها دز چند نمونه عمده با یکدیگر اشتراك دارند. ولی، چون هر جامعه از درون مورد ملاحظه قرار گیرد، خواه علمی باشد یا غیر علمی نتیجه کار خلّاق همراه با کامیابی، پیشرفت است. چگونه ممکن است چیزی دیگر باشد؟ مثلاً، هم‌اکنون اشاره کردیم که در صورتی که هدف هنرمندان نمایش دادن است، نقادان و مورخان از پیشرفت و ترقی گروه ظاهراً یگانه سخن گفته‌اند. میدانهای آفریننده دیگر نیز به همین گونه ترقی را عرضه می‌دارند. عالم الاهیاتی که از جزئیات دینی سخن می‌گوید یا فیلسوفی که احکام کانتی را در معرض موشکافی قرار می‌دهد، در پیشرفت گروهی که در مقدمات با او مشارکت دارد سهیم است. هیچ مکتب خلّاق معترف به گونه‌ای از کار نیست که، از یکسو، يك کامیابی خلّاق باشد ولی، از سوی دیگر، چیزی بر دستاورد دسته‌جمعی گروه نیفزاید. اگر، همچون بعضی از کسان دیگر، در این شك داریم که میدانهای غیر علمی پیشرفت می‌کند، دلیل آن نمی‌تواند این باشد که مکتبهای فردی پیشرفت نمی‌کند. بلکه، سبب آن است که همیشه مکاتبی رقیب با یکدیگر وجود دارد که هر يك از آنها پیوسته شالوده‌های مکتبهای دیگر را در معرض پرسش و تردید قرار می‌دهد. کسی که، مثلاً، در این بحث می‌کند که فلسفه پیشرفتی نکرده است، در این باره تأکید دارد که هنوز ارسطوییگرانی وجود دارند، نه این که ارسطوییگری از پیشرفت بازمانده باشد.

ولی این گونه شکها درباره پیشرفت برای علوم نیز وجود دارد. در سراسر دوران پیش از

نمونه‌ای، در آن هنگام که عده زیادی از مکتب‌های مختلف با یکدیگر در حال رقابت هستند، یافتن نشانه پیشرفت، جز در داخل مکتبها، بسیار دشوار است. این دوره‌ای است که در بخش ۲ به عنوان دوره‌ای از آن یاد کردیم که افراد به کار علم اشتغال دارند، ولی نتایج کارهای ایشان بر علم بدان صورت که آن را می‌شناسیم افزوده نمی‌شود. و نیز، در دوره‌های انقلاب که معتقدات بنیادی يك میدان در معرض حمله قرار گرفته، به صورت مکرر در این باره تردید و شك پیش می‌آید که امکان ادامه پیشرفت، با پذیرفتن يك نمونه یا نمونه رقیب آن وجود داشته باشد. کسانی که نیوتونیگری را طرد می‌کردند، بر این عقیده بودند که اعتماد کردن به نیروهای فطری علوم را به قرون تاریک گذشته بازمی‌گرداند. آنان که با شیمی لاوآزیه مخالفت می‌کردند، بر آن بودند که طرد «اصول» شیمیایی به سود عناصر آزمایشگاهی به منزله طرد توضیح شیمیایی به دست آمده به توسط کسانی است که می‌خواهند تنها به نامهای محض پناهنده شوند. يك احساس مشابه ولی بیان شده به صورتی معتدلتر، مخالفت اینشتین و بور و دیگران با تعبیر احتمالاتیگرانه غالب مکانیک کوآنتومی است. کوتاه سخن آنکه، تنها در دوره‌های هنجاری علم است که پیشرفت هم آشکار و هم تأمین شده به نظر می‌رسد. ولی، در آن دوره‌ها، جامعه علمی نمی‌تواند ثمره کار خود را از هیچ راه دیگری مشاهده کند.

بنابراین، از لحاظ علم هنجاری، بخشی از پاسخ به مسئله پیشرفت به سادگی به چشم شخص بیننده بستگی دارد. پیشرفت علمی با پیشرفت در میدانهای دیگر تفاوتی ندارد، ولی غالباً نبود مکتبهای رقیب که هدفها و استانداردهای یکدیگر را در معرض پرسش قرار دهند، سبب آن می‌شود که ترقی علم هنجاری آسانتر دیده شود. ولی این تنها بخشی از پاسخ است و به هیچ وجه مهمترین بخش نیست. مثلاً، پیش از این گفتیم که پس از آنکه پذیرفته شدن يك نمونه عمومی جامعه علمی را از نیاز پوسته آزمودن مجدد اصول اولیه فارغ ساخت، اعضای آن جامعه می‌توانند تمام توجه خود را منحصر به دقیقترین و مرموزترین نمودهایی که با آنها روبه‌رو هستند معطوف دارند. ناگزیر از این راه هم کارایی و هم قطعیتی که گروه با آن به عنوان يك کل به حل مسائل تازه می‌پردازد، افزایش خواهد یافت. جنبه‌های دیگر زندگی حرفه‌ای در علوم این کارایی خاص را افزایش بیشتر خواهد داد.

بعضی از اینها نتایج منعزل بودن بینظیر جامعه‌های علمی از خواستهای توده مردم و زندگی جاری است. این انعزال و جدایی هرگز کامل نبوده است و ما اکنون در خصوص درجه بحث می‌کنیم. با وجود این، هیچ جامعه حرفه‌ای دیگری نیست که در آن کار خلاق فردی منحصر به نظر افراد دیگر حرفه می‌رسد و در معرض ارزیابی آنان قرار می‌گیرد. رمزیت‌ترین شاعران یا مجردترین متکلمان بسیار بیش از دانشمند به تأیید توده مردم از کار خلاق خود نیاز دارند، هر چند ممکن است به صورت کلی کمتر نیازمند تأیید بوده باشند. این تفاوت حایز اهمیت است. درست بدان جهت که دانشمند مخاطبانی همچون همکاران خود دارد که در ارزشها و باورها با او شریکند، تنها يك دسته از استانداردها را پذیرفته می‌داند. غم آن را ندارد که گروه یا مکتب دیگر چگونه

می‌اندیشد، و بنابراین بسیار سریعتر از کسانی که برای يك گروه دارای باورهای ناهمگون کار می‌کنند از حل يك مسئله فارغ می‌شود و به حل مسئله دیگر می‌پردازد. از این مهتر آنکه، انعزال جامعه علمی از اجتماع به فرد دانشمند اجازه آن می‌دهد که توجه خود را درباره مسائل متمرکز سازد که دلایل خوبی برای باور داشتن به توانایی خود نسبت به حل آنها دارد. دانشمند، برخلاف مهندس و بعضی از پزشکان و اغلب متکلمان، نیازی به آن ندارد که بدون داشتن وسایل لازم برای کار مسائلی را برای حل کردن برگزیند که حل آنها نیاز فوری و ضروری پیدا کرده است. از این لحاظ نیز، تقابل میان دانشمندان طبیعی و بعضی از دانشمندان اجتماعی آموزنده است. فرد وابسته به گروه اخیر غالباً تمایل به آن دارد که از انتخاب مسئله‌ای که برای پژوهش انتخاب کرده است — مثلاً آثار امتیاز نژادی یا علتهای رواجی و کساد بازار — به صورت عمده از جهت اهمیت حل آن دفاع کند، در صورتی که دانشمند طبیعی هرگز به این دفاع نمی‌پردازد. آیا کدام يك از این دو گروه را می‌توان توقع داشت که مسائل خود را با سرعت بیشتر حل کند؟

آثار جدایی از جامعه بزرگتر به سبب خصوصیت دیگری از جامعه حرفه‌ای علمی بسیار شدیدتر می‌شود، و آن ماهیت تمرین و تعلیم و تربیت علمی است که شخص دانشمند از آن برخوردار است. در موسیقی و هنرهای نقشی و ادبیات، شخص مشغول به کار تربیت خود را از طریق مواجهه با آثار هنرمندان دیگر، و مخصوصاً گذشتگان، کسب می‌کند. کتابهای متون، جز خلاصه‌ها و کتابهای دستی مربوط به آفرینشهای اصیل، تنها نقش درجه دوم دارد. در تاریخ و فلسفه و علوم اجتماعی متون اهمیت بیشتر دارد. ولی حتی در این میدانها هم در دوره‌های مقدّماتی دانشگاه کتابهای قرائتی اقتباس شده از متون تدریس می‌شود که بعضی از آنها عنوان کتابهای «رسمی» میدان را دارد، و بعضی دیگر گزارشهای تحقیقی معاصر فراهم آمده برای آن متون است. در نتیجه، دانشجو در هر يك از این درسها پیوسته از تنوع عظیم مسائلی که اعضای گروه آینده وی با آنها روبه‌رو هستند و از تلاشی که برای حل آنها صورت گرفته آگاه است. مهتر از این آنکه، پیوسته خود عده‌ای راه‌حلهای رقیب و ناهمسنج‌پذیر را در برابر خود دارد، و می‌بایستی سرانجام آن راه‌حلهای را برای خود ارزیابی کند.

این وضع را با وضعی که دست کم در علوم طبیعی وجود دارد، مقابله کنید. در این میدانها دانشجو به صورت عمده متکی بر کتابهای درسی است، و در سال سوم یا چهارم پژوهش خود را آغاز می‌کند. بعضی از دانشکده‌ها حتی از دانشجویان نمی‌خواهند که کتابهایی را جز آنها که مخصوصاً برای آنان نوشته شده است بخوانند. در معدودی که خواندنیهایی اضافی از قبیل مقالات و تکنگاریها (مونوگرافی) را توصیه می‌کنند، این توصیه به دانشجویان بسیار پیشرفته و به موادی اختصاص دارد که احتمالاً در متنهای درسی یا کمبودی مواجه است. تا آخرین مراحل تعلیم و تربیت يك دانشمند، کتاب درسی به صورت منظم جایگزین ادبیات علمی خلاق است که به وجود آمدن آن کتابها را میسر ساخته است. با توجه به اعتمادی که به نمونه‌ها دارند، و این راه و روش تربیتی را میسر ساخته، معدودی از دانشمندان خواستار تغییر آن می‌شوند. از همه چیز

گذشته، چرا دانشجوی فیزیک، مثلاً، می‌بایستی آثار نیوتون و فارادی و اینشتین یا شرودینگر را بخواند، در صورتی که هر چیز که نیاز به دانستن آن از این آثار دارد به صورت خلاصه‌تر و دقیقتر و منظمتر در عده‌ای از متون درسی باب روز گرد آمده است؟

بدون آنکه بخواهیم از طول مفرطی که این گونه تعلیم و تربیت گاه به آن کشیده می‌شود دفاع کنیم، نمی‌توانیم از توجه به این نکته غافل بمانیم که روی هم رفته بسیار مؤثر بوده است. البته تربیتی خشک و محدود است و از این لحاظ از هر گونه تربیت دیگر جز الاهیات بیشتر این دو خصوصیت را دارد. ولی برای کار علمی هنجاری و حل معما در محدوده سنتی که کتاب درسی تعیین می‌کند، دانشمند تقریباً به صورت کامل مجهز است. از این گذشته، وی برای وظیفه دیگری نیز کاملاً مجهز است — به وجود آوردن بحرانهای حایز اهمیت به میانجیگری علم هنجاری. هنگام بروز این گونه بحرانها، البته دانشمند به آن اندازه آمادگی کامل ندارد. حتی در صورتی که بحرانهای دوام یافته محتملاً در روش تربیتی کمتر سختگیر انعکاس پیدا کرده باشد، کارآموزی علمی چنان طرحریزی نشده است که بتواند سبب به وجود آمدن مردی شود که به آسانی برداشت تازه‌ای را کشف کند. ولی تا زمانی که کسی با نامزد تازه‌ای برای نمونه شدن پیدا می‌شود — که معمولاً مردی جوان یا کسی است که تازه به میدان مورد نظر قدم گذاشته است — زیان حاصل از انعطافناپذیری تنها به فرد تحمیل می‌شود. در نسلی که تغییر می‌تواند عملی شود، انعطافناپذیری فردی با جامعه‌ای که می‌تواند در هنگام مقتضی از نمونه‌ای به نمونه دیگر تغییر جهت دهد سازگار است. مخصوصاً هنگامی سازگار است که خود سختی و انعطافناپذیری جامعه را با عقربه حساسی مجهز کرده باشد که معلوم می‌کند چیزی در جایی نادرست کار می‌کند.

پس يك جامعه علمی، در حالت هنجاری خود، افزار بسیار مؤثری برای حل مسئله‌ها و معماهایی است که نمونه آنها را تعیین می‌کند. علاوه بر این، نتیجه حل آن مسائل ناگزیر پیشرفت است. در این جا دیگر مسئله و مشکلی وجود ندارد. و اکنون توجه خود را به بخش دوم مسئله پیشرفت در علم معطوف می‌داریم. به همین جهت با چنین توجهی پرسش خود را درباره پیشرفت از طریق علم فوق العاده طرح می‌کنیم. چرا باید پیشرفت و ترقی نیز ظاهر املازم عمومی انقلاب علمی بوده باشد؟ بار دیگر، از پرسیدن این که چه چیز دیگر می‌تواند نتیجه انقلاب بوده باشد، بسیار چیز می‌توان فهمید. انقلاب با پیروزی یکی از دو میدان رقیب به پایان می‌رسد. آیا آن گروه هرگز خواهد گفت که نتیجه پیروزی آن چیزی کمتر از پیشرفت است؟ اگر بگوید بدان می‌ماند که پذیرفته باشد که بر راه نادرست رفته و حق با مخالفان بوده است. لااقل برای آنان نتیجه انقلاب می‌بایستی ترقی باشد، و آنان در وضعی عالی قرار دارند و به یقین می‌دانند که اعضای آینده جامعه ایشان تاریخ گذشته را به همین گونه خواهند دید. در بخش ۱۱ به تفصیل از روشی که به وسیله آن این کار صورت می‌گرفت سخن رفت، و ما اکنون بار دیگر به جنبه وابسته‌ای از زندگی حرفه‌ای بازگشته‌ایم. هنگامی که يك جامعه علمی به نمونه گذشته‌ای باز می‌نگرد، و آن را همچون موضوع مناسبی برای تحقیق حرفه‌ای در نظر می‌گیرد، بیشتر کتابها و مقالاتی را که در آنها از آن نمونه

سخن رفته بود دیگر قبول ندارد. تربیت علمی از هیچ معادلی برای موزه هنرها یا کتابخانه آثار کلاسیک بهره برداری نمی کند، و نتیجه گاه تغییر عظیمی در طرز تصور دانشمند نسبت به گذشته علم خود او است. وی بسیار بیش از مشتغلان در میدانهای خلاق دیگر، آن را به صورتی می بیند که به خط مستقیم به نتیجه کنونی خود رسیده است. خلاصه این که، به آن همچون يك ترقی نگاه می کند. هنگامی که در میدان باقی می ماند، هیچ گزینه ای در دسترس او قرار ندارد.

از این ملاحظات ناگزیر چنین نتیجه می شود که اعضای يك جامعه علمی بالغ قربانی تاریخ دوباره نوشته شده به توسط قدرتهای موجود خواهند شد. علاوه بر این، چنین نتیجه گیری روی هم رفته نادرست نیست. در انقلاب علمی همان گونه که سود هست زیان نیز وجود دارد، و دانشمندان تمایل خاصی به آن دارند که نسبت به زیانها کور باشند.^۳ از سوی دیگر، هیچ توضیحی درباره پیشرفت از طریق انقلاب در این نقطه متوقف نمی شود. چنین شدن مستلزم آن است که در علوم حق (right) از قدرت (might) نتیجه شود، و این بیانی است که، اگر ماهیت فرایند و منبع قدرتی که به وسیله او انتخاب میان نمونه ها صورت گرفته است تحت فشار قرار نگرفته باشد، کاملاً نادرست نخواهد بود. اگر قدرت و اعتبار تنها، و بالخاصه قدرت غیر حرفه ای، داور در مبارزه میان نمونه ها باشد، نتیجه این مبارزه ها هنوز ممکن است انقلاب بوده باشد، ولی دیگر انقلاب علمی نخواهد بود. خود وجود علم وابسته به واگذار کردن قدرت انتخاب میان نمونه ها به اعضای نوع خاصی از جامعه علمی است. این که چنان جامعه ای، برای آنکه علم به حیات و رشد خود ادامه دهد چه خصوصیتی باید داشته باشد، از ملاحظه سستی فراوان توجه جامعه بشریت به اشتغال علمی به دست می آید. هر تمدن که از آن اسنادی در اختیار داریم، دارای فناوری و هنر و دین و نظام سیاسی و قوانین و چیزهای دیگری از این قبیل بوده است. در پاره ای از موارد این جنبه های تمدن به همان اندازه که در جامعه خود ما رشد کرده پیشرفته بوده است. ولی تنها تمدنهایی که از یونان هلنی سرچشمه گرفته، از چیزی بیش از علم بسیار ابتدایی بهره مند بوده است. مجموعه شناخت علمی حاصلی از اروپای چهار قرن اخیر است. هیچ جای دیگر و زمان دیگر نگاهبان جامعه خاصی نبوده که بارآوری علمی از آن سرچشمه گرفته باشد.

آیا خصوصیات اصلی این جامعه ها از چه قرار است؟ واضح است که پاسخ گفتن به این پرسش مستلزم تحقیق و مطالعه بیشتر است. در این پهنه تنها به دست دادن تعمیمهایی آزمایشی و موقتی امکانپذیر است. با این همه، عده ای از شرایط برای عضویت پیدا کردن در يك گروه حرفه ای علمی می بایستی پیش از آن به صورتی چشمگیر واضح و آشکار می بوده باشد. مثلاً، دانشمند لازم است با حل مسائلی درباره رفتار طبیعت سروکار داشته باشد. علاوه بر این، هر چند توجه وی به

۳. مورخان علم غالباً به صورت شگفت انگیز خاصی با این کوری روبه رو می شوند. گروه دانشجویانی که از میدان علوم به آنان مراجعه می کنند، غالباً بهترین گروهی است که در نزد ایشان درس می خوانند. ولی نیز معمولاً در آغاز مایوس کننده ترین گروه به نظر می رسد. چون دانشجویان علم «پاسخهای درست را می دانند» تحلیل يك علم قدیمی با اصطلاحات مخصوص آن برای ایشان دشواری خاص دارد.

طبیعت ممکن است از لحاظ دامنه بسیار کلی باشد، مسائلی که درباره آنها کار می‌کند، لازم است به جزئیات ارتباط پیدا کند. از این مهمتر آنکه، راه‌حلهایی که ممکن است رضایت خاطر او را فراهم آورد، نباید شخصی باشد، بلکه لازم است به راه‌حلهای مورد قبول بسیاری از همکاران او برسد. ولی، نباید گروهی که در پذیرفتن راه‌حل شریک می‌شود به صورت اتفاقی از میان کل جامعه برخاسته باشد، بلکه می‌بایستی از جامعه کاملاً تعریف شده دانشمندان حرفه‌ای همشان و همکار خود آن دانشمند به وجود آمده باشد. یکی از نیرومندترین قواعد نانوشته زندگی علمی ممنوع بودن توسل به سران کشورها یا با توده مردم در تأیید یا ترویج مسائل علمی است. اعتراف به وجود يك گروه حرفه‌ای یگانه صاحب صلاحیت و پذیرفتن نقش آن به عنوان داور انحصاری درباره دستاوردهای حرفه‌ای یکی دیگر از ضروریات است. اعضای گروه، به عنوان افراد و بنابر تمرین و تجربه مشترکی که دارند، می‌بایستی به عنوان مالکان انحصاری قواعد بازی یا مبنای معادل دیگری برای داوری بدون ابهام در نظر گرفته شوند. تردید نشان دادن درباره چنین مبانی ارزشیابی به منزله پذیرفتن وجود استانداردهای ناسازگار با یکدیگر در دستاورد علمی است. این پذیرش ناگزیر سبب پیدا شدن تردیدی در این باره است که آیا حقیقتی در علم وجود دارد یا نه. این فهرست کوچک از خصوصیات مشترک میان جامعه‌های علمی به صورت کامل از اشتغال به علم هنجاری نتیجه شده، و می‌بایستی چنین بوده باشد. یعنی نتیجه فعالیت‌هایی است که دانشمند معمولاً برای آن آموزش می‌بیند. با وجود این باید توجه داشت باشید که این فهرست، علی‌رغم کوچکی اندازه، برای آن کفایت می‌کرده است که این گونه جامعه‌ها را از گروه‌های دیگر حرفه‌ای کاملاً متمایز نشان دهد. و علاوه بر این باید در خاطر داشت که با وجود آنکه منبع آن علم هنجاری است، این فهرست جوابگوی سیماهای خاصی از واکنش گروه در انقلاب‌های علمی و مخصوصاً در دوره مبارزه‌های نمونه‌ای است. پیش از این دیدیم که گروهی از این گونه می‌بایستی يك تغییر نمونه را همچون ترقی در نظر بگیرد. اکنون می‌توانیم به این امر توجه پیدا کنیم که چنین دریافتی، از لحاظ‌های مهم، خود به خود صورت‌پذیر می‌شود. جامعه علمی يك وسیله بسیار مؤثر برای افزودن به شماره و دقت مسائلی است که از طریق تغییر نمونه حل می‌شود.

بدان سبب که واحد دستاورد علمی عبارت از مسئله حل شده است و بدان سبب که گروه به خوبی می‌داند که چه مسائلی پیشتر به حل نهایی رسیده، معدودی از دانشمندان می‌توانند به راحتی خود را آماده پذیرفتن دیدگاهی تازه سازند که بسیاری از مسائل حل شده پیش از آن رادر معرض تردید قرار می‌دهد. خود طبیعت می‌بایستی نخستین بار امنیت حرفه‌ای را از طریق مشکوک نشان دادن دستاوردهای قبلی از ریشه متزلزل سازد. علاوه بر این، در آن هنگام که چنین حادثه‌ای پیش بیاید و نامزدی برای نمونه شدن عرض وجود کند، دانشمندان برای پذیرفتن آن اکراه دارند، مگر آنکه به این امر معتقد شده باشند که دو شرط مهم صورت تحقق پیدا کرده است. نخست، نامزد جدید می‌بایستی چنان به نظر برسد که بعضی از مسائل برجسته و عموماً شناخته شده را حل کرده است که حل آنها از راهی دیگر امکان‌پذیر نیست. دوم، نمونه تازه لازم است وعده

آن را بدهد که سهم نسبتاً بزرگی در افزایش قابلیت حل مسئله که به توسط اسلاف آن به جهان علمی افزوده شده خواهد داشت. تازگی و نوظهور بودن به خاطر خود آن در علم از آن قبول و مورد اشتیاق بودن که در میدانهای خلاق دیگر دارد، برخوردار نیست. در نتیجه، با وجود آنکه نمونه‌های تازه به ندرت مالک همه قابلیت‌های اسلاف خود هستند یا اصلاً چنین قابلیت‌ها را ندارند، معمولاً مقدار فراوانی از بخشهای مجسم و ملموس دستاورد گذشته را در تصرف دارند و همیشه حل مسائل اضافی را امکانپذیر می‌سازند.

گفتن این مطالب برای القای این اندیشه نیست که قابلیت حل مسائل مبنای یگانه و بدون ابهام برای گزینش نمونه است. پیش از این گفتیم که به چه دلایل ملاکی از این گونه وجود ندارد. ولی این امر را به ذهن القای کند که جامعه متخصصان علمی هر کاری را که لازم باشد برای تأمین رشد پیوسته داده‌های فراهم آمده انجام دهد تا بتواند با دقت و تفصیل از آنها بهره‌برداری کند، به انجام می‌رساند. در این فرایند جامعه متحمل زیان‌هایی خواهد شد. غالباً لازم است بعضی از مسائل کهنه از میدان بحث خارج شود. علاوه بر این، انقلاب غالباً چشم انداز نکات مورد توجه جامعه را تنگتر می‌کند، و بر وسعت تخصص‌های آن می‌افزاید، و از ارتباط آن با گروه‌های دیگر علمی و غیر علمی می‌کاهد. با وجود آنکه علم یقیناً از لحاظ ژرفا رشد پیدا می‌کند، از لحاظ پهنا ممکن است رشدی نداشته باشد. و اگر چنین رشد عرضی فراهم شود، این پهناوری بیشتر از لحاظ شاخه شاخه شدن تخصص‌های علمی است نه از حیث یک تخصص معین تنها. ولی علی‌رغم اینها و زیان‌های دیگر که به جامعه‌های فردی می‌رسد، ماهیت این گونه جامعه‌ها تضمینی عملی برای آن است که هم فهرست مسائل حل شده به وسیله علم و هم دقت مسئله‌گشایی فردی پیوسته در حال رشد باشد. دست کم، ماهیت جامعه چنین تضمینی را فراهم می‌آورد، بدان شرط که راهی برای این فراهم آمدن وجود داشته باشد. آیا چه ملاکی بهتر از تصمیم گروه علمی می‌تواند وجود داشته باشد؟

این بندهای اخیر به جهاتی اشاره می‌کنند که باید در آنها، به اعتقاد من، به جستجوی حل ظریفتر مسئله ترقی علم برآیم. شاید نشانه‌ای از آن باشد که پیشرفت علمی آن چیزی نیست که ما آن را چنان تصور می‌کنیم. ولی در عین حال این مطلب را نشان می‌دهد که گونه‌ای از ترقی ناگزیر تا زمانی که علم وجود دارد نماینده اشتغال علمی است. در علم نیازی به آن نیست که ترقی از گونه دیگری وجود داشته باشد. برای آنکه دقیقتر سخن گفته باشیم، می‌بایستی از این مفهوم، به صورت صریح یا ضمنی، صرف نظر کنیم که تغییرات نمونه دانشمندان و کسانی را که از آنها مطالبی فرا می‌گیرند به حقیقت نزدیک و نزدیکتر می‌سازد.

اکنون وقت اشاره کردن به این مطلب است که تا چند صفحه اخیر این کتاب اصطلاح «حقیقت» در این رساله تنها به عنوان چیزی منقول از فرنسیس بیکن داخل شده بود. و حتی در آن صفحات نیز تنها منبعی برای متقاعد شدن دانشمند نسبت به این امر بود که قواعد ناسازگار با یکدیگر نمی‌تواند برای ساختن علم وجود داشته باشد جز در دوره انقلابها که وظیفه اصلی حرفه

علمی حذف کردن همه آنها جز یکی از آن میان است. روش تکاملی که در این رساله توصیف شده، فرایندی تکاملی از آغازهای ابتدایی است — فرایندی که خصوصیت مراحل متوالی آن افزایش تفصیلی و تلطیف شده فهم طبیعت است. ولی هیچ چیز از آنچه گفته شد یا گفته خواهد شد، آن را فرایند تکامل به سوی چیزی معرفی نمی‌کند. ناگزیر این نقصان موجب پریشان‌خاطری بعضی از خوانندگان شده است. ما همه به صورتی ژرف به آن معتاد شده‌ایم که علم را همچون اشتغالی در نظر بگیریم که پیوسته به طرف هدفی که طبیعت آن را از پیش فراهم آورده است نزدیکتر می‌شود. ولی آیا وجود چنین هدفی ضروری است؟ آیا نمی‌توانیم وجود علم و نیز کامیابی آن را از طریق حالت شناخت جامعه در زمانی معین توجیه کنیم؟ آیا واقعاً این طرز تخیل سودمند است که برای طبیعت توجیهی کامل و عینی و صحیح وجود دارد و این که اندازه خاص دستاورد علمی وابسته به مقداری است که ما را به هدف نهایی نزدیکتر کرده است؟ اگر بتوانیم این مطلب را بیاموزیم که به جای «تکامل به طرف آنچه می‌خواهیم بدانیم»، «تکامل از آنچه می‌دانیم» را جایگزین سازیم، عده‌ای از مسائل مایه دردسر در این فرایند از میان خواهد رفت. مثلاً، این که در نقطه‌ای از این راه پرپیچ و خم، می‌بایستی مسئله استقراء قرار بگیرد.

من هنوز نمی‌توانم به تفصیل نتایج این نظر دیگر را درباره پیشرفت علم بیان کنم. ولی به بازشناختن این مطلب کومک می‌کند که تغییر وضع مفهومی توصیه شده در این جا به چیزی بسیار نزدیک است که مغریزمین درست یک قرن پیش آن را برعهده گرفت. مخصوصاً از آن جهت سودمند است که در هر دو حالت مانع عمده در برابر تغییر وضع یک چیز بوده است. هنگامی که داروین نخستین بار نظریه خود را درباره تکامل از طریق انتخاب طبیعی در ۱۸۵۹ عرضه کرد، آنچه بیشتر مایه دردسر مشتغلان به حرفه را فراهم می‌آورد، نه مفهوم تغییر نوع بود و نه پیدایش انسان از راه تکامل میمون. دلیل بر تکامل، و از جمله تکامل انسان، از چندین دهه پیش از آن به بعد فراهم شده، و اندیشه تکامل پیش از آن عرضه شده و گسترش پیدا کرده بود. هر چند تکامل، به همان صورت که عرضه شد، با مقاومتی بالخاصه از طرف بعضی از گروه‌های دینی مواجه شد، به هیچ وجه این مقاومت بزرگترین دشواری قرار گرفته در برابر داروین نبود. آن دشواری از اندیشه‌ای سرچشمه می‌گرفت که تقریباً به خود داروین تعلق داشت. همه نظریه‌های تکامل مقدم بر داروین — از لامارک و چمبرز و اسپنسر و فلاسفه طبیعی آلمان — تکامل را همچون فرایندی متوجه به هدف تصور می‌کردند. «اندیشه» انسان و جانوران و گیاهان معاصر را چنان تصور می‌کردند که از آغاز آفرینش زندگی، شاید در ذات خدا، وجود داشته است. آن اندیشه یا نقشه، جهت و نیروی جهت‌دهنده به تمام فرایند تکامل را فراهم آورده بود. هر مرحله تازه از رشد تکاملی تحقق یافتن کاملتر نقشه‌ای بود که از آغاز وجود داشت.^۴

برای بسیاری از مردمان الغای آن گونه هدفدار تکامل مهمترین و نامطبوعترین چیزی به

۴. لارن ایزلی، قرن داروین: تکامل و مردانی که آن را کشف کردند (نیویورک، ۱۹۵۸)، فصلهای دوم، چهارم و پنجم؛ Loren Eiseley, *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It*.

شمار می‌رفت که از اظهارات داروین نتیجه می‌شد.^۵ کتاب *اصل انواع* معترف به هدفی که از طرف خدا یا طبیعت برقرار شده باشد نبود. به جای آن، گزینش طبیعی که در محیط معین و با سازواره‌های در دسترس صورت می‌گرفت، مسئول به وجود آمدن تدریجی ولی پیوسته سازواره (اورگانیزم)‌های کاملتر و مفصلتر و به صورتی وسیع تخصص یافته‌تر به شمار می‌رفت. حتی اندامهای شگفت‌انگیز تطابق یافته‌ای همچون چشم و دست در انسان — اندامهایی که طرح آنها پیش از آن براهین بسیار نیرومندی برای وجود يك سازنده متعالی و يك نقشه قبلی محسوب می‌شد — فرآورده‌های فرایندی در نظر گرفته می‌شد که به صورت پیوسته از يك آغاز به حرکت درآمده ولی به طرف هیچ هدفی در حرکت نبود. این اعتقاد که گزینش طبیعی، نتیجه شده از رقابت محض میان سازواره‌ها برای زندگی، می‌توانسته است انسان را همراه با جانوران و گیاهان به وجود آورد، دشوارترین و پراشوبترین جنبه از نظریه داروین بود. آیا «تکامل» و «تحول» و «ترقی» در غیاب يك هدف خاص چه معنایی می‌توانست داشته باشد؟ برای بعضی از مردم، این گونه الفاظ ناگهان متناقض با خود جلوه گر می‌شد.

تشابهی که تکامل سازواره‌ها را به تکامل اندیشه‌های علمی ارتباط می‌دهد، می‌تواند از این هم دورتر کشیده شود. ولی برای منظور این فصل پایانی کتاب تقریباً کامل و کافی است. فرایند توصیف شده در بخش ۱۲ زیر عنوان انحلال انقلابها، گزینشی از طریق مبارزه در داخل جامعه علمی از شایسته‌ترین راه برای به کار انداختن علم آینده است. نتیجه خالص رشته‌ای از چنین گزینشهای انقلابی، که با دوره‌هایی از پژوهش هنجاری از یکدیگر جدا می‌شود، دسته‌ای از وسایل تطابق یافته به صورتی شگفت‌انگیز است که ما آن را به نام شناخت علمی نوین می‌نامیم. مراحل پیاپی در فرایند تکامل با افزایشی در مفصلبندی (صورت بیان) و تخصص مشخص می‌شود. و تمام فرایند ممکن است، به همان گونه که اکنون برای تکامل زیستشناختی فرض می‌کنیم، بدون نتیجه دادن يك هدف نهایی یا يك حقیقت علمی تثبیت شده صورت گرفته باشد که هر مرحله آن در تکامل شناخت علمی يك مثال و الگوی بهتر است.

هر کس که بحث را تا این جا دنبال کرده باشد، هرگز به این پرسش نیاز پیدا نمی‌کند، که چرا فرایند انقلابی باید به کار بیفتد. طبیعت، و از جمله انسان، باید به چه چیز شبیه باشد تا علم اساساً امکانپذیر شود؟ چرا باید جامعه‌های علمی قابل رسیدن به اجماع استواری باشند که در میدانهای دیگر دسترس یافتن به آنها امکان ندارد؟ چرا باید اجماع در مدت برقراری يك نمونه پس از نمونه دیگر دوام پیدا کند؟ و چرا تغییر نمونه باید به صورتی تغییر ناپذیر وسیله‌ای از هر جهت کاملتر از آنها باشد که پیش از آن شناخته بود؟ از يك دیدگاه، به همه این پرسشها جز نخستین آنها پیش از این جواب داده شده است. ولی از دیدگاهی دیگر همان اندازه منتظر پاسخ است که پیش از آغاز

۵. برای آگاهی یافتن از گزارش دقیقی درباره مبارزه يك داروینی برجسته با این مسئله، رجوع کنید به ا. هانتز داپری، آساگری، ۱۸۸۸-۱۸۱۰ (کیمبرج، ماسا، ۱۹۵۹)، ص ۳۰۶-۲۹۵، ۳۸۲-۳۵۵، A. Hunter Dupree. *Asa Gray, 1810-1888*.

این رساله چنان بوده است. تنها جامعه علمی نیست که باید صورت خاص داشته باشد. جهانی که این جامعه جزئی از آن است نیز باید مالک خصوصیات ویژه بوده باشد، و ما اکنون به آنچه اینها باید بوده باشد نزدیکتر از زمانی که به شناختن آغاز کردیم نیستیم. ولی این مسئله که: جهان باید به چه چیز شبیه باشد تا انسان بتواند آن را بشناسد چیزی نیست که این رساله آن را اختراع کرده باشد. برخلاف، به اندازه خود علم قدمت دارد، و پاسخ نایافته باقی می ماند. ولی در این جا نباید به آن پاسخ داده شود. هر طرز تصور نسبت به طبیعت که سازگار با رشد علم باشد، به دلیل بانگش تکاملی علم که در این جا مورد بحث قرار گرفت، سازگار است. و چون این نگرش همچنین با ملاحظه از نزدیک زندگی علمی سازگار است، دلایل محکمی برای به کار بردن آن در تلاشهای مخصوص حل کردن مشتی از مسائل که هنوز باقی مانده است وجود دارد.

پینوشت - ۱۹۶۹

اکنون از آن زمان که این کتاب نخستین بار به چاپ رسید، نزدیک هفت سال گذشته است.^۱ در این فاصله هم پاسخ گفتن به انتقادکنندگان و هم کار بیشتر خودم در این موضوع سبب آن شده است که فهم من نسبت به عده‌ای از موضوعات مورد بحث در کتاب حاضر افزایش پیدا کند. درباره اصول، دیدگاه‌های من تقریباً بدون تغییر باقی مانده، ولی اکنون می‌دانم که چه سیماهایی از صورتبندی اصلی آن بیجهت باعث پیدا شدن دشواریها و بدفهمیها بوده است. چون بعضی از آن سوء تفاهمها از خود من سرچشمه می‌گرفته، حذف کردن آنها این شایستگی را برایم فراهم آورده است که بتوانم اساسی تازه برای روایت (version) دیگری از این کتاب طرح‌ریزی کنم.^۲ ضمناً باید به فرصتی که تجدیدنظر در اختیارم می‌گذارد تا درباره بعضی از انتقادهای تکراری چیزی بنویسم، و جهتهایی را که در آنها اندیشه من در حال حاضر در حال تکامل است نشان دهم، خوشامد بگویم.^۳

۱. این پینوشت نخستین بار به پیشنهاد دانشجویی از دوران گذشته که اکنون مدتی دراز است که با یکدیگر دوستی داریم، دکتر شیگر و ناکایاما (Dr. Shigeru Nakayama) استاد دانشگاه توکیو، برای ضمیمه شدن آن به ترجمه ژاپنی همین کتاب فراهم آمد. از ایشان به خاطر داشتن چنین اندیشه‌ای و نیز به خاطر بردباری که در انتظار دست یافتن به آن نشان دادند، و همچنین بدان سبب که اجازه دادند آن را به چاپ انگلیسی نیز ضمیمه کنم، سپاسگزارم.

۲. در این چاپ جدید به دوباره نویسی منظم کتاب نپرداختم، بلکه تنها کارم اصلاح غلطهای چاپی بود و فقط دو قسمت از نوشته‌های کتاب را دوباره نویسی کردم. یکی از آنها توصیف نقش کتاب اصول نیوتون در تکامل مکانیک سده هجدهم در صفحات ۴۳ تا ۴۶ پیش از این است و دیگری به واکنش نشان دادن در مقابل بحران در صفحه ۹۱ مربوط می‌شود.

۳. اشارات دیگری در مقاله‌های تازه من وجود دارد: «ملاحظه‌ای در خصوص انتقادکنندگان از من»، مندرج در ایمری لاکاتوس، و آلن مسگریو (ویراستاران)، نقادی و رشد شناخت (کیمبرج، ۱۹۷۰)، Imre Lakatos and Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*; و «اندیشه‌های ثانوی درباره نمونه»، مندرج در فردریک ساپ (ویراستار)، ساختار نظریه‌های علمی (ارینا، ایلینویز ۱۹۷۰ یا ۱۹۷۱):

Frederick Suppe (ed.) *The Structure of Scientific Theories* که هر دوزیر چاپ است. به اولی از این

چند نمونه از دشواریهای متن اصلی، برگرد مفهوم نمونه تجمع پیدا می کند و بحث من با آنها آغاز می شود.^۴ در بخش فرعی ۱ که در صفحات بعد آغاز می شود، در این باره بحث خواهم کرد که بهتر است مفهوم نمونه از مفهوم جامعه علمی جدا شود، و نشان خواهم داد که این خواسته چگونه می بایستی از اندیشه به عمل درآید، و نیز از نتایج این جدایی تحلیلی سخن خواهم گفت. سپس به بحث در این باره خواهم پرداخت که چون نمونه ها از طریق آزمون رفتار اعضای يك جامعه علمی از پیش تعیین شده مورد جستجو واقع شود، چه پیش خواهد آمد. این روش به سرعت آشکار می سازد که در بیشتر کتاب اصطلاح «نمونه» به دو معنی متفاوت به کار رفته است. از يك سو، نماینده مجموعه باورها و ارزشها و روشهای فنی و چیزهای دیگری از این قبیل است که اعضای يك جامعه علمی در آنها با یکدیگر شریکند. از سوی دیگر، اشاره به گونه ای از اجزاء آن مجموعه یعنی معماگشاییهای شناخته ای است که به عنوان سرمشق یا مثال به کار می رود و می تواند همچون شالوده ای برای حل معماهای باقیمانده علم جایگزین قواعد صریح حل معما شود. نخستین معنی این اصطلاح که می توانیم آن را جامعه شناختی بنامیم، موضوع بخش فرعی شماره ۲ از این پینوشت است؛ بخش دیگر ۳ به نمونه ها به عنوان مثالهایی از دستاوردهای گذشته اختصاص دارد.

دست کم از لحاظ فلسفی، این معنی دوم «نمونه» عمیقترین معنی آن است، و ادعاهایی که به نام آن کرده ام منابع اصلی اختلاف نظرها و سوء تفاهمهایی است که این کتاب به آنها اشاره کرده، مخصوصاً در این باره که علم را به آن متهم کردم که اشتغالی ذهنی و غیر استدلالی است. این مطالب در بخشهای ۴ و ۵ مورد بحث قرار گرفته است. در بخش ۴ از این سخن خواهم گفت که اصطلاحاتی همچون «ذهنی» و «شهودی» به وجه شایسته نمی تواند در مورد آن اجزاء ترکیب کننده شناخت به کار رود که از آنها به صورت ضمنی در مثالها یاد کرده ام. با آنکه چنین شناختی، بدون تغییر اساسی، نمی تواند به عنوان قواعد و ملاکها تفسیر شود، با وجود این دارای نظام خاص و آزموده شده با زمان و از لحاظی اصلاحپذیر است. بخش فرعی ۵ این برهان را در مسئله گزینش میان دو نظریه ناسازگار با یکدیگر به کار می برد و در آن به اختصار چنین نتیجه گیری می شود که اشخاصی که دیدگاههای همسنجشناپذیر دارند، باید همچون اعضای جامعه های زبانی متفاوت، و مسائل مربوط به ارتباط آنان با یکدیگر همچون مسائل مربوط به ترجمه در نظر گرفته شود. از سه بحث باقیمانده در بخشهای فرعی ۶ و ۷ سخن گفته ام. نخستین

▷ دو مقاله پس از این در پینوشت زیر عنوان «ملاحظات» اشاره خواهم کرد، و به دومی زیر عنوان «اندیشه های ثانوی».

۴. برای انتقاد شدید از نخستین اظهار نظر من درباره نمونه رجوع کنید به مارگارت مسترمن، «ماهیت يك نمونه»، در رشد شناخت و ددلی شیپر، «ساختار انقلابهای علمی»، در مجله فلسفی، هفتاد و سوم (۱۹۶۴)، ۳۸۳-۳۹۴؛ Margaret Masterman, «The Natur of a Paradigm.» in *Growth of Knowledge*; and Dudley Shapere, «The Structure of Scientific Revolutions,» *Philosophical Review*.

آنها دربارهٔ این مطلب است که گفته‌اند نگرش علم مورد بحث قرار گرفته در این کتاب سراسر نسبیتیگرانه است. دومی با این تحقیق آغاز می‌شود که آیا استدلال من، چنانکه ادعا کرده‌اند، از اشتباه شدن روشهای توصیفی و معیاری با یکدیگر آسیب می‌بیند؛ با ملاحظات مختصر دربارهٔ موضوعی که شایسته تحقیقی جداگانه است، دربارهٔ وسعت دامنهٔ موضوع بحث کتاب بحث می‌کند و از آن سخن می‌گوید که آن را تا چه اندازه می‌توان در مورد مسائل دیگر جز علم مورد تطبیق قرار داد.

۱. نمونه‌ها و ساختار جامعه

اصطلاح «نمونه» در اوایل صفحات گذشته وارد این کتاب شد، و روش ورود آن از لحاظ درونی شکل دوری داشت. يك نمونه چیزی است که اعضای يك جامعه علمی در آن با یکدیگر اشتراك دارند، و، برعکس، يك جامعه علمی تشکیل یافته از کسانی است که در يك نمونه با یکدیگر شریکند. همهٔ دورها باطل و خبیث نیست (پس از این در جایی از این پینوشته از ساختار مشابهی دفاع خواهم کرد)، ولی این یکی منبع دشواریهایی واقعی است. جامعه‌های علمی می‌توانند و باید بدون توسل به نمونه‌ها، جدا شوند؛ و این نمونه‌ها پس از آن با تحقیق و موشکافی در رفتار اعضای يك جامعه اکتشاف می‌شود. بنابراین، اگر بنا باشد که این کتاب از نو نوشته شود، با بحثی دربارهٔ ساختار جامعه علمی آغاز خواهد شد، و این چیزی است که به تازگی موضوع بحث و پژوهشی جامعه‌شناختی شده و مورخان علم نیز به جدی گرفتن آن آغاز کرده‌اند. نتایج مقدماتی، که برخی از آنها هنوز انتشار پیدا نکرده، از آن حکایت دارد که راه و روشهای فنی اختباری لازم برای اکتشاف حایز اهمیت است، ولی بعضی از آنها در دسترس است و بعضی دیگر باید تکامل پیدا کند.^۵ اغلب دانشمندان مشغول به کار علمی بی‌تردید به پرسشهای دربارهٔ انتساب جامعه خود پاسخ می‌دهند، و این امر را مسلم می‌دانند که مسئولیت در مقابل تخصصهای گوناگون جاری میان گروههایی تقسیم شده است که لااقل به صورت اجمالی عضویت‌های شناخته شده دارند. بنابراین

۵. و. او. هگسترام، جامعه علمی (نیویورک، ۱۹۶۵)، فصل چهارم؛ W. O. Hagstrom, *The Scientific Community*: د. ج. پرایس و د. د. ب. بیور، «همکاری در يك کالج نامرئی»، در روانشناس امریکایی، بیست و یکم (۱۹۶۶)، ۱۱۱۸-۱۰۱۱؛ D. J. Price and D. de B. Beaver, «Collaboration in an Invisible College», *American Psychologist*, ۲۱: ۱۱۱۸-۱۰۱۱؛ دیانا کرین، «ساختار اجتماعی در گروهی از دانشمندان: آزمونی از فرضیه 'انجمن نامرئی'»، در مجله امریکایی جامعه‌شناسی، سی و چهارم (۱۹۶۹)، ۳۳۵۲-۳۳۵۳؛ Diana Crane, «Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the 'Invisible College' Hypothesis», *American Sociological Review*, ۳۴: ۱۱۱۸-۱۰۱۱؛ سی. سی. مالینز، شبکه‌های اجتماعی در میان دانشمندان زیست‌شناس (رساله دکتری در فلسفه، دانشگاه هاروارد، ۱۹۶۶)، و «یکساختار يك انجمن نامرئی: گروه فیج» (مقاله خوانده شده در گردهمایی سالانه انجمن امریکایی جامعه‌شناسی، بوستون، ۱۹۶۸)؛ N. C. Mullins, *Social Networks among Biological Scientists*, and «The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group».

می‌توانم در این جا چنان فرض کنم که وسایل منظم‌تری برای بازشناختن آنها یافت می‌شود. به جای معرفی کردن نتایج مقدماتی تحقیق، بهتر آن است که از مفهوم شهودی جامعه که در زمینه فصلهای مقدماتی کتاب حاضر قرار دارد، به اختصار به صورتی مشروح‌تر سخن گفته شود. و آن مفهومی است که اکنون به صورتی گسترده دانشمندان و جامعه‌شناسان و عده‌ای از نویسندگان تاریخ علم آن را به کار می‌برند.

يك جامعه علمی، از این دیدگاه، عبارت از مجموع کسانی است که در يك تخصص علمی با یکدیگر شریکند. افراد چنین جامعه‌ای که در اغلب میدانهای دیگر نمی‌توان برای آن نظیری پیدا کرد، تعلیمات مشابهی را فرا می‌گیرند و به صورتی یکسان ورود به جامعه خود را آغاز می‌کنند؛ به مرور ایام با ادبیات فنی واحدی آشنا می‌شوند و نتیجه‌های مشابهی از آن به دست می‌آورند. معمولاً مرزهای ادبیات استانده حدود موضوع علمی مورد بحث جامعه را مشخص می‌سازد، و هر جامعه عموماً موضوع بحثی مختص به خود دارد. در علوم و جامعه‌ها مکاتب متفاوت وجود دارد که هر يك از آنها به موضوع واحد از دیدگاهی ناسازگار با دیدگاههای دیگر نظر می‌کند. ولی شماره آنها در میدان علم از میدانهای دیگر کمتر است؛ پیوسته با یکدیگر رقابت می‌کنند؛ و رقابتها معمولاً به سرعت پایان می‌پذیرد. در نتیجه، اعضای يك جامعه علمی خود را به صورت انحصاری مسئول دنبال کردن يك رشته هدفهای مشترك، و از جمله تربیت کردن جانشینان خود می‌بینند و دیگران نیز به آنان به همین گونه نظر می‌کنند. در داخل چنین گروهها ارتباط کامل برقرار است و داوری حرفه‌ای نسبتاً به اتفاق آراء صورتپذیر می‌شود. از سوی دیگر، چون توجه گروههای علمی مختلف معطوف به موضوعات متفاوت است، ارتباط حرفه‌ای از طریق گروه گاه به دشواری برقرار می‌شود و غالباً به سوء تفاهم می‌انجامد و ممکن است، در صورت ادامه پیدا کردن، سبب بروز عدم توافقهایی شود که پیشتر احتمال آنها نمی‌رفته است.

البته جامعه‌هایی از این قبیل در ترازهای متعدد وجود دارد. کلیترین آنها جامعه همه دانشمندان علوم طبیعی است. در ترازى اندك پایینتر جامعه‌های علمی حرفه‌ای قرار گرفته است: فیزیکدانان، شیمیدانان، منجمان، جانورشناسان، و نظایر ایشان. در این گروه‌بندیهای عمده، عضویت به آسانی فراهم می‌شود، جز در گروههای حاشیه‌ای. موضوع با درجه‌عالیتر و عضویت در انجمنهای حرفه‌ای و مجلات مخصوص خواندنی معمولاً بیش از حد کفایت در دسترس است. روشهای فنی مشابهی نیز سبب جدا شدن گروههای فرعی عمده می‌شود: شیمیدانان آلی، و شاید در میان آنان کسانی که درباره مواد پرتیننی کار می‌کنند، فیزیکدانان متخصص در حالت جامد و انرژی بالا، منجمان متخصص در امواج رادیویی، و نظایر اینها. تنها در تراز پایینتر بعدی است که مسائل اختباری پیش می‌آید. به عنوان مثالی از جهان معاصر، می‌توان این پرسش را طرح کرد که چگونه کسی توانسته است گروه باکتری‌خوار را پیش از ادعای عام وجود آن کشف کند؟ برای فهم اینکه چگونه گروههای بسیار تخصصی به وجود می‌آید، شخص باید در کنفرانسهای خصوصی حضور یابد و از توزیع دستنویسهای پیش از چاپ و نمونه‌های چاپی فرستاده شده برای تصحیح

پیش از انتشار آنها آگاه شود، و از همه بالاتر در ارتباطات رسمی و غیررسمی و از جمله آنها که به وسیله مکاتبه و نقل قولها صورت می گیرد سهیم باشد.^۶ به نظر من این کار لازم است لااقل برای پی بردن به وضع معاصر و بخشهای جدید تاریخی صورتپذیر شود. این گونه تحقیق به جامعه‌هایی که شاید صد عضو داشته باشند و به صورت اتفاقی ممکن است شماره از این هم بسیار کمتر باشد، تعلق پیدا می کند. معمولاً دانشمندان منفرد، و مخصوصاً شایسته‌ترین ایشان، ممکن است در چندین گروه از این قبیل، خواه در زمان واحد و خواه در زمانهای پیاپی، عضویت داشته باشند. جامعه‌هایی از این گونه واحدها هستند که در این کتاب به عنوان تولیدکنندگان و فراهم‌آوردگان حجت و اعتبار برای شناخت علمی از آنها یاد شده است. نمونه‌ها چیزهایی هستند که اعضای چنین گروهها در پذیرفتن آنها با یکدیگر شریکند. بدون اشاره به ماهیت این عناصر شرکت کننده، بسیاری از جنبه‌های علم توصیف شده در صفحات پیشین به ندرت قابل فهم می شود. ولی جنبه‌های دیگر می تواند چنین باشد، هر چند در کتاب حاضر در متن اصلی من به صورت مستقل عرضه نشده است. بنابراین شایسته توجه است که، پیش از پرداختن مستقیم به نمونه‌ها، یک رشته از مطالب که تنها نیازمند ارجاع و اشاره به ساختار جامعه است در نظر گرفته شود.

شاید جالبترین آنها چیزی باشد که پیش از این در زیر عنوان انتقال از دوره پیش از نمونه به دوره پس از آن در پیشرفت یک میدان علمی سخن گفته‌ام. این انتقال چیزی است که در بخش ۲ کتاب از آن یاد شده است. پیش از آنکه چنین انتقال صورت گرفته باشد، عده‌ای از مکتبهای مختلف برای استیلا یافتن بر یک میدان بحث معین با یکدیگر رقابت می کنند. پس از آن، به دنبال یک دستاورد جالب توجه علمی، از شماره مکاتب رقیب به شدت کاسته می شود و معمولاً یک مکتب بیشتر باقی نمی ماند، و روش علمی کارآمدتری به کار خود آغاز می کند. این روش عموماً جنبه نهانی و محرمانه دارد و متوجه به حل معما است و تنها زمانی می تواند عنوان کار گروهی پیدا کند که همه اعضای گروه شالوده‌های میدان بحث خود را پذیرفته باشند.

ماهیت انتقال به مرحله بلوغ شایسته بحثی بیش از آن است که پیش از این در کتاب حاضر آمده است، مخصوصاً در آن مورد که به توسعه علوم اجتماعی معاصر ارتباط پیدا می کند. تارسیدن به این هدف به فهم این مطلب کمک می کند که انتقال نیازی به آن ندارد (و اکنون بر این اعتقادم

۶. یوجین گریفیلد، استفاده از داده‌های منقول در نوشتن تاریخ علم (فیلادلفیا: انستیتوی اطلاعات علمی، ۱۹۶۴)، Eugene Garfield, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*; م. کسلر، «مقایسه نتایج مقارنات کتابشناختی و فهرستنگاری تحلیلی موضوعی» در مجله سندنگاری امریکایی (۱۹۶۵)، ۲۲۳-۲۲۳؛ M. M. Kessler, «Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing» *American Documentation* ۱۹۶۵، ۵۱۵-۵۱۰؛ D. J. Price, «Networks of Scientific Papers», *Science*.

که نباید) که همراه با نخستین پذیرش نمونه بوده باشد. اعضای همهٔ جامعه‌های علمی، و از جمله مکاتب دورهٔ «پیش از نمونه»، در گونه‌هایی از عناصر که من آنها را روی هم رفته زیر برچسب «يك نمونه» گرد آورده‌ام، با یکدیگر مشارکت دارند. آنچه با انتقال به دوران بلوغ تغییر پیدا می‌کند، حضور يك نمونه نیست بلکه ماهیت آن است. تنها پس از تغییر است که پژوهش معماگشایی امکانپذیر می‌شود. بنابراین، بعضی از صفات يك علم پیشرفته که قبل از این پیدایش آنها را همراه با تحصیل يك نمونه می‌دانستم، اکنون باید همچون نتایجی از وصول به گونه‌ای از نمونه در نظر گرفته شود که سبب بازشناختن معماهای چالشگر شده و برگه‌هایی برای حل آنها به دست داده و اطمینان خاطری برای آن فراهم آورده است که مشغولان به علم که حقیقتاً زیرک و هوشمند باشند موفق خواهند شد. تنها کسانی که از مشاهدهٔ نمونه‌های میدان (یا مکتب) خود شجاعت کسب کرده باشند، محتمل است این نکته را احساس کنند که چیز مهمی با تغییر فدا شده است.

مطلب دوم که دست کم برای مورخان علم بیشتر حایز اهمیت است، به یکی شمردن ضمنی جامعه‌های علمی با موضوعات بحث علمی ارتباط پیدا می‌کند. بدین معنی که من به تکرار چنان عمل کرده‌ام که گویی، مثلاً، «نور شناخت فیزیکی» و «برق» و «گرما» می‌بایستی از آن جهت نام جامعه‌های علمی باشد که نامهای موضوعات پژوهش این جامعه‌ها است. تنها گزینه‌ای که کتاب من ظاهراً مجاز شمرده آن است که همهٔ این موضوعها به جامعهٔ فیزیک تعلق دارد. ولی، یکی شمردن از این گونه معمولاً نمی‌تواند در برابر آزمایش، بدان گونه که همکاران من در تاریخ مکرر اشاره کرده‌اند، ایستادگی کند. مثلاً، جامعهٔ فیزیک تا پیش از نیمهٔ قرن نوزدهم وجود نداشت، و تنها در آن هنگام بود که از ترکیب دو جامعه که پیش از آن جدا از یکدیگر بودند، یعنی ریاضیات و فلسفهٔ طبیعی (فیزیک تجربی) چنین جامعه‌ای به وجود آمد. آنچه امروز موضوع بحث يك جامعهٔ گستردهٔ واحد است به صورتهای گوناگون در گذشته میان جامعه‌های متفاوت توزیع شده بوده است. موضوعهای محدودتر دیگر، مثلاً گرما و نظریهٔ ماده، مدتهای دراز وجود داشته است بدون آنکه در تصرف يك جامعهٔ علمی خاص بوده باشد. ولی، علم هنجاری و انقلابها عبارت از فعالیتهای مبتنی بر جامعه‌های علمی است. برای اکتشاف کردن و به تحلیل پرداختن آنها، لازم است نخست ساختار در حال تغییر جامعه‌های علمی با گذشت زمان در معرض شرح و توصیف قرار گیرد. يك نمونه، در مرحلهٔ اول، نه بر موضوع بحث بلکه بر گروه مشغولان به آن فرمانروایی می‌کنند. هر تحقیق دربارهٔ پیدایش نمونه یا زوال آن می‌بایستی با تشخیص گروه یا گروههای مسئول آن آغاز شود.

هنگامی که به تحلیل رشد علمی از این راه نزدیک شویم، بعضی از دشواریها که مرکز توجه برای خرده‌گیری است، محتملاً از میان می‌رود. مثلاً، عده‌ای از تحلیلگران با استناد به نظریهٔ ماده اشاره کرده‌اند که من در مورد اتفاق کلمهٔ دانشمندان در وفاداری نسبت به يك نمونه سخت به مبالغه سخن گفته‌ام. نیز گفته‌اند که تا همین اواخر، آن نظریه‌ها موضوع عدم توافق پیوسته و مشاجره بوده است. من با این توصیف موافقت دارم ولی آن را مثال ضد نمی‌دانم. نظریه‌های ماده،

لااقل تا حدود ۱۹۲۰، میدان خاصّ یا موضوع بحث مخصوص برای هیچ جامعه علمی نبوده، بلکه حکم افزارهایی برای عده‌ای از گروه‌های تخصصی داشته است. اعضای جامعه‌های مختلف گاه افزارهای متفاوت به کار می‌برند و انتخاب جامعه‌های دیگر را از این راه مورد انتقاد قرار می‌دهند. از این مهم‌تر آنکه، يك نظریه ماده آن گونه موضوعی نیست که بر سر آن حتی اعضای يك جامعه تنها لازم باشد با یکدیگر به توافق برسند. نیاز به توافق بسته است به این که جامعه چه کاری می‌کند. شیمی در نیمه اول قرن نوزدهم مثالی در خور در اختیار ما قرار می‌دهد. با وجود آنکه بعضی از افزارهای اساسی جامعه — نسبت ثابت و نسبت مضاعف و وزنهای ترکیب شونده — در نتیجه نظریه اتمی دالتون عنوان ملکیت مشترک پیدا کرده بود، کاملاً این امکان وجود داشت که شیمیدانان کار خود را بر روی این افزارها بنا نهند، ولی درباره وجود اتمها با یکدیگر عدم توافقی، گاه بسیار شدید، داشته باشند.

بعضی از دشواریها و سوء تفاهمهای دیگر، به اعتقاد من، به همین گونه از میان خواهد رفت. قسمتی به علت مثالهایی که برگزیده‌ام و قسمتی به سبب مبهم بودن گفته من درباره ماهیت و اندازه جامعه‌های مورد نظر، بعضی از خوانندگان این کتاب چنین نتیجه گرفته‌اند که مسئله مورد علاقه من در درجه اول، یا به صورت انحصاری، انقلابهای عمده همچون آنها بوده است که با نامهای کوپرنیکوس و نیوتون و داروین و اینشتین ذکر می‌شود. ولی، توصیف روشنتری از ساختار جامعه به آن کمک خواهد کرد که اثر متفاوتی که من در ایجاد آن تلاش کرده‌ام حاصل آید. يك انقلاب در نظر من شکل خاصی از تغییر است که مستلزم گونه‌ای از تعهدات گروه می‌شود. اما لزومی ندارد که تغییری بزرگ باشد، یا این که برای کسانی که در خارج جامعه‌ای زندگی می‌کنند که شاید شماره افراد آن به بیست و پنج نفر بالغ نمی‌شود صورت يك انقلاب پیدا کند. درست به علت همین گونه تغییر کمتر شناخته شده در ادبیات فلسفه علم و حاصل شده به مقیاس کوچکتر است که تغییر انقلابی، در مقابل انبوهی، بدین گونه ناخوشایند نیازمندیهای به فهمیدن را درگون می‌سازد. يك دگرگونی که ارتباط نزدیک با آنچه هم اکنون گفتیم دارد، ممکن است به فهم مطلب بیشتر کمک کند. عده‌ای از انتقادکنندگان در این باره تردید کرده‌اند که بحران و آگاهی عمومی جامعه علمی از این که چیزی نادرست از جایی سر برآورده است، بدان صورت تغییر ناپذیر که از آن در کتاب خود سخن گفته‌ام وجود داشته باشد. ولی باید بگویم که هیچ استدلال مهم من مبتنی بر آن نبوده است که بحران شرط لازم انقلابها است؛ تنها آن است که بحرانها عنوان مقدماتی دارند و همچون يك سازوکار (مکانیسم) اصلاح کننده خود عمل می‌کنند و حکایت از آن دارند که صلاحیت و استحکام علم هنجاری همیشه تغییر ناپذیر باقی نخواهد ماند. اسباب انقلابها ممکن است از راههای دیگر فراهم آید، ولی به اعتقاد من به ندرت چنین می‌شود. علاوه بر این، اکنون به این مطلب اشاره می‌کنم که نبودن بحث کافی درباره ساختار جامعه سبب تاریکی چه چیز پیش از این شده است؛ لزومی ندارد که بحرانها بر اثر کار جامعه‌ای که با آنها روبه‌رو است و گاه به عنوان نتیجه در معرض انقلاب قرار می‌گیرد به وجود آمده باشد. افزارهای تازه، همچون میکروسکوپ

الکترونی یا قوانین تازه همچون قانون مکسول ممکن است در يك تخصص به وجود آید و پذیرفتن آنها در تخصصی دیگر سبب به وجود آمدن يك بحران شود.

۲. نمونه‌ها به عنوان مجموعه‌ای از تعهدات گروهی

اکنون به نمونه‌ها بازمی‌گردیم و می‌پرسیم که امکان دارد چه چیز باشند. متن اصلی من پرسش مبهم یا مهمتی بر جای نگذاشته است. يك خواننده همفکر که با من در این باره که «نمونه» عناصر فلسفی این کتاب را معرفی می‌کند شریک است، يك فهرست تحلیلی جزئی فراهم آورده و چنین نتیجه گرفته بود که این اصطلاح دست کم از بیست و دو راه در این کتاب به کار رفته است.^۷ و من اکنون چنان فکر می‌کنم که اغلب آن تفاوتها نتیجه‌ای از ناسازگاریهای برخاسته از اسلوب نویسندگی است (مثلاً، قوانین نیوتون گاه يك نمونه است و گاه بخشهایی از يك نمونه و گاه منسوب به نمونه)، و آنها را می‌توان به آسانی حذف کرد. ولی، پس از صورت گرفتن این کار ویرایشی، دومورد استعمال متفاوت این اصطلاح بر جای خواهد ماند که مقتضی جدا کردن آنها از یکدیگر است. استعمال کلیتر موضوع بحث این بخش فرعی است؛ و از دیگری در بخش فرعی بعدی سخن خواهیم گفت.

پس از جدا کردن يك جامعه خاص تشکیل یافته از متخصصان بنابر روشهایی همانند آنها که هم اکنون مورد بحث قرار گرفت، ممکن است کسی این پرسش سودمند را طرح کند که: اعضای آن جامعه در چه چیز با یکدیگر شریکند که جوابگوی کامل بودن ارتباط حرفه‌ای و وحدت نسبی داوریهای حرفه‌ای ایشان می‌شود؟ برای این پرسش متن اصلی من پاسخی را مناسب می‌دانست که عبارت از يك نمونه یا مجموعه‌ای از نمونه‌ها بوده باشد. ولی برای این منظور، برخلاف منظوری که در زیر از آن بحث خواهد شد، اصطلاح نمونه نامتناسب است. دانشمندان خود خواهند گفت که در يك نظریه یا مجموعه‌ای از نظریه‌ها با یکدیگر اشتراك دارند، و من خوشحال خواهم شد که این اصطلاح بتواند سرانجام به این منظور اختصاص پیدا کند. ولی اصطلاح «نظریه» بدان صورت که اکنون در فلسفه علم به کار می‌رود، نمی‌تواند اشاره به ساختاری باشد که از لحاظ اهمیت و چشم انداز بسیار محدودتر از چیزی است که اکنون بدان نیاز داریم. تا زمانی که این اصطلاح بتواند از ملازمات جاری خود آزاد شود، باید از ابهام پذیرفتن معنایی دیگر بپرهیزد. برای منظوره‌های فعلی من تعبیر «قالب تعلیمی» را پیشنهاد می‌کنم: «تعلیمی» بدان جهت که اشاره به يك ملکیت مشترک میان مشتغلان به يك علم و تعلیم خاص دارد؛ و «قالب» بدان جهت که از عناصر تنظیم یافته‌ای از گونه‌های گوناگون تشکیل شده است که هر يك نیازمند خصوصی شدن بیشتر است. همه یا بیشتر هدفهای تعهد گروه که در متن نخستین من نمونه‌ها یا قسمتهایی از نمونه‌ها یا امور نمونه‌ای را می‌ساخت، اجزاء تشکیل دهنده قالب تعلیمی را می‌سازد و بدین

صورت يك كلّ و وظیفه را با هم به وجود می آورد. ولی آنها دیگر چنان نیستند که به صورت یکپارچه بودن قبلی مورد بحث واقع شود. نباید در این جا بکوشم که يك فهرست جامع فراهم آورم، بلکه اشاره کردن به ترکیب کننده های عمده يك قالب تعلیمی هم برای آشکار ساختن ماهیت برداشت کنونی من کفایت می کند و هم در عین حال زمینه را برای نکته اصلی مورد توجه خودم فراهم می آورد.

يك گونه از اجزاء ترکیب کننده مهم چیزی است که آن را به نام «تعمیمهای نمادی» می خوانم، و منظورم از این نام آن تعبیرهای عرضه شده بدون تردید یا اختلاف عقیده به توسط اعضای گروهها است که پیش از آن شکلی منطقی همچون $\emptyset(x, y, z)$ پیدا کرده است. اینها ترکیب کننده های صوری یا به آسانی قابل پذیرفتن صورت از قالب تعلیمی به شمار می روند. گاه پیش از آن در صورتهای نمادی وجود داشته اند، همچون: $f=ma$ یا $I=V/R$. بعضی دیگر معمولاً با الفاظ بیان می شوند، همچون این که: «عناصر بر نسبت ثابت وزنی با یکدیگر ترکیب می شوند» یا «کنش با واکنش برابر است». اگر به خاطر قبول عام عبارتها و تعبیراتی نظیر اینها نبود، نقطه هایی وجود نداشت که اعضای گروه بتوانند روش فنی نیرومند دستورزی منطقی و ریاضی خود را در کار حل کردن معماهای خود در آنجاها به کار اندازند. با آنکه مثال رده بندی چنین به ذهن القا می کند که علم هنجاری می تواند با محدودی از چنین عبارتها به پیش برود، چنان به نظر می رسد که قدرت يك علم كاملاً با شماره تعمیمهایی که مشتغلان به آن در دسترس خود دارند افزایش پیدا می کند.

این تعمیمها به قوانین طبیعت شبیه به نظر می رسد، ولی وظیفه ای که برای اعضای گروه انجام می دهد غالباً تنها این نیست. گاه، مثلاً: قانون ژول-لنتس، $H=RI^2$ است. هنگامی که این قانون کشف شد، اعضای جامعه پیش از آن H و I و R را می شناختند که از چه چیز حکایت می کند، و این تعمیمها تنها به آنان چیزی درباره رفتار گرما و جریان و مقاومتی که از پیش شناخته بود می گفت. ولی غالب اوقات، چنانکه بحث قبلی کتاب نشان می دهد، تعمیمهای نمادی در عین حال وظیفه دومی را نیز انجام می دهند، و آن وظیفه ای است که معمولاً در تحلیلهای فلاسفه علم به صورت حاد چیزی جداگانه شناخته می شود. همچون $f=ma$ یا $I=V/R$ که قسمتی به صورت قوانین عمل می کند و قسمتی به صورت تعریفهایی برای بعضی از نمادهایی که عرضه می شود. علاوه بر این، جابه جاییهای تبدیلی میان نیروی جدایی ناپذیر قانونی و تعریفی آنها با مرور زمان صورت می گیرد. در زمینه دیگر، آن نقطه ها به فراهم آمدن تحلیل تفصیلی مدد می رساند، چه ماهیت سرسپردگی به يك قانون با سرسپردگی به يك تعریف بسیار با یکدیگر متفاوت است. قوانین غالباً به صورت تدریجی قابل اصلاح است، ولی تعریفها که از تکرار کلمات به دست می آید. چنین نیست. مثلاً قسمتی از آنچه قانون اوهم خواستار آن بود، به دست دادن تعریفی تازه از «جریان» و «مقاومت» بود؛ اگر آن اصطلاحات به داشتن معنایی که پیشتر با آنها همراه بود ادامه می دادند، قانون اوهم نمی توانست درست باشد؛ و به همین جهت است که با مخالفتی چندان سخت روبه رو

شد که قانون ژول - لنتس با آن مواجه نشده بود.^۸ محتملاً این وضع کیفیتی برجسته دارد. من معمولاً بر این گمانم که همه انقلاب‌ها، در میان چیزهای دیگر، مستلزم ترك کردن تعمیم‌هایی می‌شود که نیروی آنها پیش از آن در بعضی از موارد همچون نیروی الفاظ بیش از اندازه به کار رفته است. آیا اینشتین ثابت کرد که همزمانی امری نسبی است یا این که خود مفهوم همزمانی را تغییر داد؟ آیا کسانی که از عبارت «نسبی بودن همزمانی» تنها يك محال‌نما را شنیدند به سادگی در اشتباه بودند؟ اکنون به گونه دومی از اجزاء ترکیب‌کننده قالب تعلیمی می‌پردازیم که درباره آن مقدار فراوانی در متن اصلی زیر عناوینی همچون «نمونه‌های مابعد طبیعی» یا «بخش‌های مابعد طبیعی نمونه‌ها» بحث شده است. آنچه من در نظر داشته‌ام، تعهد و سرسپردگی به اعتقاداتی از این قبیل بوده است که: گرما عبارت از انرژی جنبشی اجزاء سازنده اجسام است؛ همه نمودهای قابل مشاهده از عمل متقابل اتم‌های خنثای از لحاظ کیفی در خلأ نتیجه می‌شود. اگر بنا باشد بار دیگر این کتاب را بنویسم، این گونه تعهدات را به صورت داشتن باورهایی به الگوهای خاص توصیف خواهم کرد، و مقوله الگوها را چندان گسترش می‌دهم که گونه نسبتاً راهیابانه را نیز شامل شود، همچون این که: جریان برق را می‌توان بر گونه يك سیستم روان‌باشناختی حالت ثابت مورد ملاحظه قرار داد؛ مولکول‌های يك گاز رفتاری همچون رفتار گلوله‌های کشسان بیلیارد در حرکتی اتفاقی دارند. هر چند نیروی تعهد گروه، با نتایجی مهم، از الگوهای راهیابانه تا وجود شناختی تغییر می‌کند، همه الگوها وظایفی مشابه با یکدیگر دارند. از جمله این که برای گروه تشبیهات و استعاره‌های مرجح یا مجاز فراهم می‌آورند. از این راه به آن کومک می‌کنند که آنچه را که برای توضیح دادن یا گشودن معما می‌توان پذیرفت در اختیار مآقرار دهند؛ و از سوی دیگر، به تهیه کردن فهرست معماهای ناگشوده و ارزیابی اهمیت هر يك از آنها مدد می‌رسانند. با وجود این باید توجه داشت که اعضای يك جامعه علمی ضرورتی ندارد که حتی در ساختن الگوهای راهیابانه سهیم باشند، هر چند معمولاً به چنین کاری اقدام می‌کنند. پیش از این بدان اشاره کردم که عضویت در جامعه‌ای از شیمیدانان در نیمه اول قرن نوزدهم نیازی به معتقد بودن به وجود اتم‌ها نداشت. عنصر گونه سوم در تشکیل قالب تعلیمی چیزی است که من به نام ارزش‌ها آن را مورد توصیف قرار خواهم داد. ارزش‌ها معمولاً به صورتی وسیع‌تر از تعمیم‌های نمادی یا الگوها میان جامعه‌های مختلف جنبه اشتراك دارد، و نقش مهمی برای بخشیدن معنی جامعه به دانشمندان طبیعی به صورت يك کل ایفا می‌کند. با آنکه در همه زمان‌ها وظیفه خود را به انجام می‌رسانند، اهمیت ویژه

۸. برای اطلاع از بخش‌های مهم این حادثه رجوع کنید به: ت. م. براون، «جریان برق در علم فیزیک فرانسه اوایل قرن نوزدهم»، در تحقیقات تاریخی در علوم فیزیکی، جلد اول (۱۹۶۹)، ۶۱-۱۰۳، T. M. Brown, «The Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics», *Historical Studies in the Physical Science*; و مارتین شگرین، «مقاومت در برابر قانون اوهم» در مجله آمریکایی فیزیک، بیست و یکم (۱۹۶۳)، ۵۳۶-۴۷، Morton Schagrin, «Resistance to Ohm's Law», *American Journal of Physics*.

آنها هنگامی ظاهر می شود که لازم است اعضای جامعه خاصی يك بحران را تشخیص دهند یا، پس از آن، از میان راههای ناسازگار با یکدیگر برای شريك شدن در کار علمی خود یکی را برگزینند. محتملا از میان ارزشها آنچه ریشه دارتر است به پیشگوییها ارتباط پیدا می کند؛ این پیشگوییها باید درست باشد؛ وسعت حواشی مرزی مجاز خطا هر چه باشد، لازم است در میدان خاص به صورتی سازگار اجرا شود؛ و نظایر اینها. ولی، ارزشهایی نیز هست که برای داوری کردن درباره همه نظریه ها به کار می رود؛ اینها لازم است، در درجه اول و پیش از همه، معماگشایی و حل کردن مسئله را مجاز بدانند؛ و می بایستی تا سرحد امکان ساده و با خود سازگار و موجه و با دیگر نظریه های جاری هماهنگ باشد. (و من اکنون چنان می اندیشم که متن نخستین در این باره ضعیف بوده و در آن به این ارزشها به عنوان ملاکهای ثبات و سازگاری درونی و بیرونی در ملاحظه منابع بحران و عوامل انتخاب نظریه توجه لازم نشده بوده است.) گونه های دیگری از ارزشها نیز وجود دارد—مثلا این که آیا علم باید (یا نیازی به آن ندارد) که از لحاظ اجتماعی سودمند باشد — ولی آنچه گذشت نشان می دهد که مقصود من چه بوده است.

ولی يك جنبه از ارزشهای به کار گرفته شده نیازمند توجه خاص است. ارزشها، به درجه ای بیشتر از دیگر سازنده های قالب تعلیمی، میان کسانی مشترك است که در استعمال آنها با یکدیگر به گونه های متفاوت عمل می کنند. داورهای درباره صحت، از يك زمان تا زمانی دیگر و از يك عضو گروه خاص تا عضوی دیگر، به شکل نسبی، ولی نه به صورت کامل، ثابت است. ولی داوری درباره سادگی و استحکام و سازگاری و موجه بودن و نظایر اینها غالباً از يك فرد تا فرد دیگر به مقدار زیاد تغییر می کند. آنچه برای اینستین در نظریه قدیمی کوآنتوم يك ناسازگاری غیر قابل تحمل جلوه گر می شد، برای بُور و دیگران صورت يك دشواری داشت و انتظار آن می رفت که به میانجیگری وسایل متعارفی برطرف شود. حتی از این مهمتر آنکه، در وضعیتهایی که ارزشها می بایستی به کار برده شود، ارزشهای مختلف که تنها تنها در نظر گرفته شوند، غالباً گزینشهای مختلفی را توصیه می کنند. يك نظریه ممکن است صحیحتر باشد ولی درجه سازگاری و موجه بودن آن به پای نظریه دیگر نرسد؛ در این مورد هم نظریه قدیمی کوآنتوم مثالی در اختیار ما قرار می دهد. خلاصه آنکه، با وجود مشترك بودن ارزشها در میان دانشمندان، و با وجود این که تعهد نسبت به آنها هم ژرف و هم سازنده علم است، به کار بردن آنها گاه به صورتی چشمگیر در تحت تأثیر سیمای شخصیت فردی و زندگینامه ای قرار می گیرد که سبب پیدا شدن تفاوت میان اعضای گروه است.

برای بسیاری از خوانندگان فصلهای گذشته، این خصوصیات عمل ارزشهای مشترك همچون يك ضعف عمده برای نوشته من جلوه گر شده است. به جهت اصرارم در این خصوص که آنچه مشترك میان دانشمندان است برای آن کفایت نمی کند که موافقتی درباره موضوعاتی همچون انتخاب از میان نظریه های رقیب و تشخیص میان يك ناهنجاری معمولی و آنچه مایه به وجود آمدن بحران است فراهم شود، گاه مرا به آن متهم کرده اند که به ترویج ذهنیت و حتی نامعقول سخن

گفتن پرداخته‌ام.^۹ ولی این واکنش دو خصوصیت عرضه شده به توسط داورهای ارزشی را در هر میدان مورد غفلت قرار داده است. نخست این که ارزشهای مشترک می‌تواند تعیین‌کننده‌های مهم رفتار گروه بوده باشد، حتی اگر همه اعضای گروه آنها را از يك راه به کار نبرند. (اگر چنین نمی‌بود، دیگر مسائل فلسفی خاصی درباره نظریه یا زیباییشناسی وجود نمی‌داشت.) هنرمندان همه در آن زمان که عرضه داشت دارای ارزش درجه اول بود، به يك صورت نقاشی نمی‌کردند، ولی الگوی رشد هنرهای تجسمی در آن هنگام که این ارزش کنار گذاشته شد، به صورتی شدید تغییر پیدا کرد.^{۱۰} تصور آن را بکنید که اگر بنا بود سازگاری و ثبات عنوان ارزش درجه اول را داشتن از دست می‌داد، چه اتفاقی می‌افتاد. دوم، تغییرپذیری فردی استعمال ارزشهای مشترک ممکن است در خدمت وظایف اساسی علم قرار گیرد. نقاطی که می‌بایستی ارزشها در آن به کار گرفته شود، به صورتی تغییرناپذیر همانها است که در آنها خطر می‌کنند. بسیاری از ناهنجاریها از طریق وسایل هنجاری حل می‌شود؛ نادرستی بسیاری از نظریه‌های تازه پیشنهاد شده به ثبوت می‌رسد. اگر همه اعضای يك جامعه به هر ناهنجاری همچون منبعی از بحران نگاه می‌کردند یا هر نظریه پیشنهادشده به توسط يك همکار را با آغوش باز می‌پذیرفتند، جریان علم قطع می‌شد و دیگر علمی وجود نمی‌داشت. از سوی دیگر، اگر هیچ کس در مقابل ناهنجاریها یا نظریه‌های تازه پرداخته از راههای مخاطره‌آمیز واکنشی نشان نمی‌داد، کمتر انقلاب صورت می‌گرفت یا اصلاً انقلابی به وجود نمی‌آمد. در موضوعاتی از این قبیل، توسل به ارزشهای مشترک به جای قوانین مشترک حاکم بر انتخاب فردی می‌تواند راه توزیع کردن خطر و تأمین کردن موفقیت پردوام پرداختن به آن بوده باشد.

اکنون به عنصر گونه چهارم از قالب تعلیمی نه به عنوان گونه‌ای دیگر بلکه همچون نوع اخیری که باید در این جا مورد بحث قرار گیرد می‌پردازم. برای آن اصطلاح «نمونه» هم از لحاظ زبان‌شناسی و هم از لحاظ خود زندگینامه‌ای شایستگی دارد؛ این يك جزئی از تعهدات مشترک گروه است که نخستین بار مرا به انتخاب آن اصطلاح برانگیخت. ولی، اکنون که بر این اصطلاح عمری گذشته، می‌خواهم در این جا لفظ مثالواره (exemplary) را جایگزین آن سازم. مقصودم از آن، در درجه اول، مسئله گشاییهایی ملموس است که دانشجویان از آغاز تربیت علمی خود، در آزمایشگاهها یا در امتحانات یا در پایان فصول در متنهاي درسی با آنها روبه‌رو می‌شوند. ولی لازم است بر این مثالها دست کم بعضی از مسئله‌گشاییهای فنی موجود در مجلات نیز افزوده شود که

۹. مخصوصاً رجوع کنید به: ددلی شپیر، «معنی و تفسیر علمی» در عقل و جهان: تحقیقاتی در علم و فلسفه معاصر، دانشگاه پیتسبورگ رشته فلسفه علم، سوم (پیتسبورگ، ۱۹۶۶)، ۸۵-۴۱، Dudley Shapere, «Meaning and Scientific Change», in *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and philosophy*; اسرائیل شفلر، علم و ذهنیت (نیویورک، ۱۹۶۷) Israel Scheffler, *Science and Subjectivity*; و مقالاتی از پیر کارل پوپر و ایمره لاکاتوس در رشد شناخت.

۱۰. به بحث آغاز بخش ۱۳ پیش از این رجوع کنید.

دانشمندان در دوران پژوهشهای پس از تحصیل از آنها آگاهی حاصل می کنند و به ایشان از طریق مثال خبر می دهد که کار خود را چگونه باید به انجام برسانند. تفاوت های موجود میان مثالواره ها، بیش از هر جزء دیگر از اجزاء ترکیب کننده قالب تعلیمی، جامعه علم را با ساختار ظریف علم آشنا می سازد. مثلاً، همه فیزیکدانان، با آموختن مثالواره یکسان کار خود را آغاز می کنند: مسائلی همچون سطح شیب دار و آونگ مخروطی و مدارهای کپلری؛ آلاتی همچون ورنیه و گرماسنج و پل ویتستون. ولی، به تدریج که آموزش دیدن آنان پیشتر می رود، تعمیم های نمادی که در آنها شرکت می جویند، به صورتی فزاینده با مثالواره های مختلف تجسم پیدا می کند. با آنکه دانشمندان فیزیک حالت جامد و نظریه میدان در معادله شرودینگر با یکدیگر شریکند، تنها کاربردهای ابتدایتر آن میان هر دو گروه مشترک است.

۳. نمونه ها همچون مثالهای مشترک

نمونه به عنوان مثال مشترک آن عنصر مرکزی است که من اکنون آن را تازه ترین و کم فهمیده شده ترین جنبه این کتاب می دانم. بنابراین، مثالواره ها بیش از هر جزء دیگر از اجزاء سازنده قالب تعلیمی به آن نیاز دارد که مورد توجه بیشتر واقع شود. فیلسوفان علم معمولاً درباره مسائلی که دانشجو در آزمایشگاه ها یا در متون علمی با آنها روبه رو می شود، کمتر به بحث می پردازند، بدان جهت که به اینها همچون پرداختن به کاربرد چیزهایی نظر می کنند که دانشجو پیشتر آنها را می دانسته است. گفته می شود که او نمی تواند اصلاً مسائل را حل کند، مگر این که نخست نظریه و بعضی از قواعد به کار بردن آنها را فرا گرفته باشد. شناخت علمی مندرج در نظریه و قواعد است؛ مسئله ها برای آن است که دانشجو به آسانی بتواند نظریه و قواعد را به کار ببرد. ولی من کوشیده ام تا در این خصوص سخن بگویم که فرض کردن چنین جایی برای محتوای شناختی علم درست نیست. پس از آنکه دانشجو به حل بعضی از مسائل پرداخت، تنها تسهیلاتی اضافی برای حل مسائل بیشتر پیدا می کند. ولی در آغاز و تا مدتی پس از آن، حل مسئله به معنی فراگرفتن چیزهای بسیار مهمی درباره طبیعت است. در غیاب چنین مثالواره ها، قوانین و نظریه هایی که وی پیش از آن آموخته است، محتوی اختباری چندانی ندارد.

برای فهم آنچه من در اندیشه دارم، به اختصار به تعمیم های نمادی باز می گردم. یک مثال بسیار مورد اشتراك قانون دوم نیوتون است که معمولاً به صورت $f=ma$ نوشته می شود. جامعه شناس یا زبان شناسی که، مثلاً، چنین اکتشاف می کند که عبارت متناظر با آن بدون شبهه و ابهام بیان شده و مورد پذیرش اعضای یک جامعه قرار گرفته، نمی تواند بدون تحقیق اضافی فراوان، چیزی درباره این عبارت یا اصطلاحات به کار رفته در آن بیش از آنچه دانشمندان جامعه از لحاظ پیوستگی این عبارت با طبیعت بیان کرده اند اظهار کند. در حقیقت این واقعیت که آنان این عبارت را می پذیرند و آن را همچون نقطه ای به کار می برند که باید از آنجا دستورزی منطقی و ریاضی خود را وارد کار کنند، به خودی خود مستلزم آن نیست که آنان اصلاً درباره این موضوعات از حیث معنی و کاربرد

توافق داشته باشند. البته به مقدار زیاد با یکدیگر توافق می کنند، یا این واقعیت به سرعت از گفتگوهای بعدی ایشان با یکدیگر آشکار می شود. ولی بهتر آن است که پرسیده شود در چه نقطه و به کدام وسایل آنان به این توافق رسیده اند. چگونه آموخته اند که در هنگام مواجهه با يك وضع آزمایشی، نیروها و جرمها و شتابهای مناسب را انتخاب کنند؟

در عمل، با آنکه این جنبه از وضعیت کمتر مورد توجه قرار می گیرد یا اصلاً چنین نمی شود، آنچه دانشجویان باید بیاموزند حتی از این هم پیچیده تر است. مطلب کاملاً بدین صورت نیست که دستوری منطقی و ریاضی به صورت مستقیم در مورد $f=ma$ به کار گرفته شود. در ضمن امتحان معلوم می شود که این عبارت طرح يك قانون است. به تدریج که دانشجو یا دانشمند از وضع مواجهه با يك مسئله به وضع مشابه بعدی می پردازد، آن تعمیم نمادی که این دستورها را درباره آن

به کار می رود تغییر پیدا می کند. در مورد سقوط آزاد، $f=ma$ به صورت $mg=m \frac{d^2s}{dt^2}$ درمی آید؛ برای آونگ ساده به صورت $mg \sin \theta = -ml \frac{d^2\theta}{dt^2}$ برای يك جفت نوسان

همانگ شکل دو معادله را پیدا می کند که نخستین آنها را می توان بدین صورت نوشت:

$$m_1 \frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1 s_1 = k_2 (s_2 - s_1 + d)$$

و برای وضعیتهای پیچیده تر، همچون ژيروسکوپ،

صورت‌های دیگری پیدا می کند که اکتشاف شباهت آنها با $f=ma$ از این هم دشوارتر است. با وجود این، هنگامی که دانشجو می فهمد که نیروها و جرمها و شتابها را در اوضاع فیزیکی گوناگونی تشخیص دهد که پیشتر با آنها مواجه نشده بود، این را نیز می فهمد که روایت درست $f=ma$ را که نماینده ارتباط آنها با یکدیگر است پیدا کند، و این روایت غالباً روایتی است که پیشتر با معادل حرفی آن روبه‌رو نشده بوده است. از کجا دریافته است که چگونه چنین کند؟

نمودی آشنا برای دانشجویان علم و مورخان علم برگه‌ای برای یافتن پاسخ به دست می دهد. دانشجویان به صورت منظم گزارش می دهند که آن را در فصلی از کتاب درسی خوانده و معنی آن را کاملاً فهمیده اند، ولی با وجود این در حل مسائلی که در پایان همان فصل آمده با دشواری روبه‌رو هستند. معمولاً این دشواریها نیز به همان راه از میان برداشته می شود. دانشجو، به تنهایی یا به مدد مربی خود، این را می آموزد که به مسئله همانند مسئله‌ای نگاه کند که پیشتر با آن مواجه شده بوده است. با دیدن این مشابهت و توجه به شباهتهای موجود میان دو یا چند مسئله متمایز از یکدیگر، می تواند روابط میان نمادها را پیدا کند و آنها را به طبیعت به همان گونه پیوند دهد که پیش از آن مؤثر واقع شده بود. طرح قانونی، مثلاً $f=ma$ ، همچون افزاری به کار می افتد و دانشجو را از آن آگاه می سازد که به چه شباهتها باید نظر کند تا آن صورت چشم اندازی (گشتالت) را که وضع موجود باید بدان گونه دیده شود پیدا کند. قابلیت حاصل شده برای مشابه یکدیگر دیدن اوضاع گوناگون، در مورد $f=ma$ یا تعمیمهای نمادی دیگر، به اعتقاد من، امری است که دانشجو با حل

مسائل مثالواره به دست می‌آورد، خواه این حل مسئله با يك مداد و كاغذ ساده صورتپذیر شده باشد و خواه به وسیله کار کردن در يك آزمایشگاه بسیار مجهز. پس از آنکه عده‌ای از این کارها را به صورت کامل انجام داد، که البته از يك دانشجو تا دانشجوی دیگر بسیار تفاوت پیدا می‌کند، در هنگام رسیدن به مقام دانشمندی نیز اوضاعی را که با آنها روبه‌رو می‌شود به همین صورت چشم‌اندازی همچون اعضای دیگر گروه تخصصی خود در نظر می‌گیرد. برای وی دیگر وضع بدان صورتی نیست که تمرین خود را تازه آغاز کرده بود. در این فاصله به راه دیدن آزموده با زمان و مورد قبول گروه دسترس پیدا کرده است.

نقش روابط شباهتی به دست آمده همچنین آشکارا در تاریخ علم خود را نشان می‌دهد. دانشمند معماها را با الگو قرار دادن معماگشاییهای قبلی و غالباً با کمترین مدد گرفتن از تعمیمهای نمادی حل می‌کند. گالیلئو این واقعیت را کشف کرد که گلوله غلطان بر روی يك سطح شیبدار آن اندازه سرعت پیدا می‌کند که در پایان می‌تواند بر سطح شیبدار دیگر پیوسته به دنبال سطح اولی، با هر شیب که داشته باشد، تا ارتفاعی به اندازه ارتفاع سقوط بر سطح نخستین بالا رود، و این را فهمید که آن وضع آزمایشی را شبیه وضع يك آونگ با يك جرم نقطه‌ای به عنوان وزنه لنگر آن در نظر بگیرد. هویگنس پس از آن مسئله مرکز نوسان يك آونگ فیزیکی را از راه این تخیل که جسم دارای ابعاد آونگ فیزیکی ترکیبی از آونگهای نقطه‌ای گالیلئو است حل کرد. پس از آنکه قیدهای موجود در مقابل حرکت آونگ فیزیکی برداشته شود، آونگهای نقطه‌ای آزادانه نوسان پیدا می‌کنند، ولی گرانیگاه مجموع آنها در آن هنگام که هر يك از آنها به بیشترین ارتفاع خود رسیده است، همچون آونگ گالیلئو، تنها تا آن ارتفاع بالا خواهد رفت که گرانیگاه آونگ سقوط خود را از آنجا آغاز کرده بود. و سرانجام، دانیل برنولی این مطلب را کشف کرد که جریان بیرون آمدن آب از يك دهانه چگونه به آونگ هویگنس شباهت دارد. اندازه نزول گرانیگاه آب را در مخزن و فواره در فاصله بینهایت کوچکی از زمان اندازه‌گیری کنید. سپس چنان در نظر بیاورید که هر ذره از آب پس از آن جداگانه با سرعتی که در آن فاصله زمانی کسب کرده است به بالاترین ارتفاع قابل رسیدن به آن بالا می‌رود. صعود گرانیگاه ذرات جدا از یکدیگر بایستی برابر با نزول گرانیگاه آب در مخزن بوده باشد. از این نگرش مسئله سرعت جریان که مدتها دربارۀ آن جستجو صورت گرفته بود یکبارۀ به دست آمد.^{۱۱}

۱۱. برای مثال رجوع کنید به: رنه دوگا، تاریخی از مکانیک، ترجمۀ ج. ر. مادوکس (نوشاتل، ۱۹۵۵)، ص ۱۳۵-۳۶، ۱۸۹-۹۳، و دانیل برنولی، روانابشناسی... (استراسبورگ ۱۷۳۸)، بخش ۳، René Dugas, A History of Mechanics, trans. J. R. Maddox and Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii opus academicum*

برای آگاهی یافتن از دامنه پیشرفت مکانیک در نیمۀ اول قرن هجدهم از طریق استفاده از يك نمونه حل مسئله در حل مسئله دیگر، رجوع کنید به کلیفورد تروسل، «واکنشهای مکانیک باروک متأخر در برابر کامیابی و حدس و خطا و شکست در اصول نیوتون» در *فصلنامه تکزاس*، دهم (۱۹۶۷)، ۲۳۸-۵۸، Clifford Truesdell, «Reac-

این مثال شاید به آشکار ساختن این مطلب آغاز کند که مقصود من از گفتن این که دانشمندان از روی مسئله‌ها می‌آموزند تا اوضاع را مشابه یکدیگر در نظر بگیرند و آنها را در معرض کاربرد يك قانون یا طرح قانون قرار دهند چه بوده است. در عین حال معلوم می‌شود که چرا من به شناخت بسیار مهم طبیعت که در ضمن آگاه شدن از روابط شباهتی اشاره کرده‌ام که پس از آن در شکل‌نگریستن به اوضاع فیزیکی بیش از قاعده‌ها و قانون‌ها تجسم پیدا می‌کند و آشکار می‌شود. سه مسئله موجود در این مثال، که همه آنها مثالواره‌هایی برای مشتغلان به مکانیک قرن هجدهم است، تنها يك قانون طبیعت را عرضه می‌کند. این قانون که به نام اصل نیروی زنده (به لاتینی: *vis viva*) خوانده می‌شد، معمولاً حکایت از آن می‌کرد که: «سقوط فعلی برابر با صعود بالقوه است.» کاربرد این قانون به توسط برنولی از مهم و نتیجه‌بخش بودن آن به خوبی خبر می‌دهد. خود بیان لفظی آن نیز در حقیقت، حایز اهمیت است. آن را به يك دانشجوی فیزیک معاصر عرضه کنید که همه کلمات را می‌داند و می‌تواند همه این مسائل را حل کند ولی اکنون وسایل دیگری را به کار می‌گیرد. سپس تصور کنید که اگر این کلمات، با وجود شناخته بودن، به کسی گفته می‌شد که از مسئله‌ها آگاهی نداشت، چه پیش می‌آمد. برای وی تعمیم‌هنگامی به کار کردن آغاز می‌کند که وی به شناخت معانی «سقوط فعلی» و «صعود بالقوه» به عنوان اجزاء ترکیب‌کننده طبیعت آشنا شده باشد، یعنی پیش از قانون چیزی درباره اوضاعی که طبیعت عرضه می‌کند یا عرضه نمی‌کند بداند. این شکل از دانش به وسایل منحصرأ لفظی حاصل نمی‌شود. بلکه با عرضه کردن توأم کلمات و طبیعت به وسیله نمونه‌هایی ملموس که نشان می‌دهد در عمل چه پیش می‌آید، امکانپذیر می‌شود؛ طبیعت و کلمات با هم فهمیده می‌شوند. با وام گرفتن بار دیگر از گفته سودمند می‌کائل پولانی (Michael Polanyi) باید بگوئیم که آنچه از این فرایند نتیجه می‌شود «شناخت ضمنی» است که بیش از آنکه از تحصیل قواعد عمل کردن به علم دست‌آید از خود عملی کردن علم نتیجه می‌شود.

۴. شناخت ضمنی و علم شهودی

این اشاره به شناخت ضمنی و طرد قواعد مسئله دیگری را برجسته می‌کند که اسباب زحمت بعضی از انتقادکنندگان بر کتاب من شده و چنان به نظر ایشان رسیده که همین مطلب می‌تواند دستاویز متهم کردن من به ذهنیت و غفلت از توجه به عقل و استدلال بوده باشد. برخی از خوانندگان چنان احساس کرده‌اند که من در آن کوشیده‌ام تا اساس علم را به جای قرار دادن بر منطق و قانون بر دریافتهای شهودی فردی غیر قابل تجزیه و تحلیل قرار دهم. ولی این طرز تعبیر از دو لحاظ اساسی گمراه‌کننده است. نخست، اگر اصلاً از شهودها سخن گفته باشم، آنها فردی نبوده است. بلکه از متعلقات آزموده و مشترك اعضای يك گروه موفق بوده است که تازه کاران آنها

را به عنوان جزئی از کارهای لازم مخصوص آماده شدن برای عضویت گروه انجام می‌دهند. دوم، آنها اصولاً غیرقابل تجزیه و تحلیل نیستند. برخلاف، من معمولاً با يك برنامه حسابدگری (کومپوتری) ریخته شده برای رسیدگی به خواص آنها در ترازوی ابتدایی آنها را مورد آزمایش قرار می‌دهم.

درباره آن برنامه چیزی برای گفتن در این جا ندارم،^{۱۲} ولی حتی ذکر آن ممکن است نکته اساسی مورد نظر من بوده باشد. هنگامی که از شناخت تجسم یافته در مثالواره‌های مشترك سخن می‌گویم، مقصودم گونه‌ای از شناخت نیست که از شناخت حاصل از قاعده‌ها و قانونها و ملاکهای بازشناسی نظم و سامان کمتر دارد یا از لحاظ تحلیلی‌پذیری به پای آن نمی‌رسد. به جای آن چیزی که در نظر دارم گونه‌ای از شناخت است که اگر با اصطلاحات قواعدی بیان شود که از مثالواره‌ها انتزاع پیدا کرده و پس از آن به جای آنها عمل می‌کند، مایه بدفهمی خواهد شد. یا، برای آنکه منظور خود را به صورتی دیگر بیان کرده باشم، هنگامی که می‌گویم از مثالواره‌ها این شایستگی رابه دست می‌آوریم که بدانیم وضع مورد نظر مشابه يك وضع مشاهده شده در گذشته و غیرمشابه با وضعهای دیگر است، مقصودم بیان این مطلب نیست که آن وضع بالقوه از طریق سازوکارهای عصبی-دماغی کاملاً قابل بیان نیست. به جای آن می‌خواهم بگویم که توضیح، بنابر طبیعت خود، نمی‌تواند پاسخ پرسش «مشابه از چه لحاظ؟» را بدهد. این پرسش درخواستی برای يك قاعده است، و در این مورد برای یافتن ملاکی که به وسیله آن اوضاع خاص در ضمن دسته‌های مشابه گروه‌بندی می‌شوند، و من بر آنم که در برابر وسوسه دست یافتن به ملاک (یا لااقل يك دسته) در این حالت باید مقاومت نشان داده شود. ولی آنچه من با آن مخالفت می‌کنم سیستم نیست، بلکه گونه خاصی از سیستم است.

برای بهتر فهمیدن مطلب لازم است مقداری از بحث منحرف شوم. آنچه پس از این خواهد آمد به نظر من بدیهی می‌رسد، ولی اشاره پیوسته در متن اصلی به عبارت «جهان تغییر می‌کند» حکایت از آن دارد که پیوسته چنین نبوده است. اگر دو نفر در يك جا بایستند و در يك جهت نگاه کنند، هر کس از ترس آنکه نگویند گرفتار خودگری (solipsism) است، [یعنی به آن اعتقاد دارد که نمی‌تواند از جز تجربه‌ها و حالات شخص خود اطلاعی به دست آورد]، چنین نتیجه می‌گیرد که آن دو نفر چیزهای مشابهی را مشاهده خواهند کرد. (اگر هر دو چشمهای خود را در يك محل قرار دهند، محرکها مشابه یکدیگر خواهد بود). ولی افراد با هم نمی‌بینند؛ شناخت ما از آنان نظری و مجرد است. به جای آن احساساتی دارند، و ما هیچ اجباری برای این گونه فرض کردن نداریم که احساسهای دیداری آن دو نفر بیننده یکسان بوده باشد. (شکاکان باید به خاطر بیاورند که از کوررنگی تا پیش از جان‌دالتون که در ۱۷۹۴ به آن اشاره کرده است، در هیچ جا سخنی نرفته بود.) برخلاف، قسمت عمده‌ای از مقدمات احساس، در فاصله میان دریافت انگیزه احساس

۱۲. بعضی از اطلاعات مربوط به این موضوع را می‌توان از «اندیشه ثانوی» به دست آورد.

و آگاهی از آن صورت‌پذیر می‌شود. از جمله چیزهایی که در این خصوص با اطمینان از آن آگاهی داریم، اینها است: این که انگیزه‌های بسیار متفاوت ممکن است احساسات مشابهی ایجاد کند؛ این که انگیزه واحد می‌تواند احساسات متفاوت به وجود آورد؛ و بالاخره، این که راه از انگیزه تا احساس تا حدی به تربیت و تمرین بستگی دارد. افرادی که در جامعه‌های متفاوت تربیت شده باشند، در مقابل انگیزه واحد به گونه‌ای رفتار می‌کنند که گویی چیزهای متفاوتی را دیده‌اند. اگر گرفتار این وسوسه نباشیم که انگیزه‌ها را يك به يك عین احساسها بدانیم، باید قبول کنیم که عملاً چنین می‌کنند.

حال چنان تصوّر کنید که دو گروه، که اعضای هر يك در مقابل انگیزه واحد با اعضای گروه دیگر احساس متفاوتی دارند، از لحاظ احساسی در دو جهان متفاوت زندگی می‌کنند. ما وجود انگیزه‌ها را برای توضیح دریافت‌های خود از جهان، و تغییرناپذیری آنها را به خاطر گریز از خودگری فردی و اجتماعی فرض می‌کنیم. درباره هیچ يك از دو فرض کمترین حق شرط شده‌ای برای خود مدعی نیستیم. ولی جهان ما در درجه اول محلّ اجتماع انگیزه‌ها نیست بلکه جایگاه چیزهایی است که آنها را احساس می‌کنیم، و ضرورتی ندارد که اینها از فرد به فرد یا از گروه به گروه عین یکدیگر بوده باشد. البته تا آنجا که افراد به گروه واحد تعلّق داشته باشند و بنابراین تربیت و زبان و تجربه و فرهنگ مشترك داشته باشند، دلیل پسندیده‌ای برای این فرض داریم که احساسهای آنان یکسان است. اگر چنین نباشد، از چه طریق دیگر می‌توانیم تمامیت ارتباط و مشابهت واکنشهای آنان را در برابر محیط توجیه کنیم؟ می‌بایستی از راههای مشابهی چیزها را ببینند و انگیزه‌ها را آماده کنند. ولی برای فهم این که اختلاف و ویژگی گروهها در کجا آغاز می‌شود، دلیل مشابهی که بتواند تغییرناپذیری احساس را توجیه کند، در اختیار نداریم. من نسبت به این فرض که راه از انگیزه به احساس برای افراد همه گروهها یکسان باشد، حسن ظنی ندارم. اکنون به مثالواره‌ها و قاعده‌ها باز می‌گردیم که پیش از این، در آن می‌کوشیدم تا از طریق مقدماتی آنها را چنین معرفی می‌کنم. یکی از روشهای بنیادی که به وسیله آن اعضای يك گروه، خواه از يك فرهنگ کامل یا يك گروه فرعی تخصصی در داخل آن، از طریق آن می‌آموزند که در هنگام روبه‌رو شدن با انگیزه‌های مشابه چیزهای مشابه ببینند، نشان دادن مثالهایی از اوضاعی است که پیشینیان ایشان در گروه قبل از آن آموخته بودند که آنها را همانند یکدیگر و متفاوت با اوضاع دیگر ببینند. این اوضاع مشابه ممکن است نمایشهای حسی متوالی شخص واحد، مثلاً يك مادر باشد که سرانجام كودك او می‌تواند تفاوت‌های وی را با پدر و یا خواهر تشخیص دهد. اینها ممکن است نمایشهایی از افراد خانواده‌های طبیعی مثلاً قوها از يك طرف و غازها از طرف دیگر باشد. یا ممکن است، برای افراد گروههای تخصّص یافته‌تر، مثالهایی از وضع نیوتونی در میان اوضاعی بوده باشد که از جهت موضوع روایتی از شکل نمادی $f=ma$ بودن مشابه یکدیگرند و، مثلاً، از لحاظ اوضاعی که طرح قانونی نور شناخت باید درباره آنها به کار رود با یکدیگر اختلاف دارند.

حال فرض می‌کنیم که چیزی از این قبیل اتفاق افتاده باشد. آیا باید بگوییم که آنچه از مثالواره‌ها به دست آمده عبارت از قاعده‌ها و قابلیت به کار بردن آنها است؟ این توصیف از آن جهت وسوسه‌انگیز است که وضع را همچون اوضاعی مشاهده می‌کنیم که پیش از آن وجود داشته و می‌بایستی نتیجه کار آماده کردن احساس به توسط اعصاب بوده باشد که کاملاً در زیر فرمان قوانین فیزیکی و شیمیایی است. از این لحاظ، پس از این که يك بار انجام دادن آن را آموختیم، بازشناختن شباهت همان اندازه می‌بایستی نظم کامل داشته باشد که زدن قلبهای ما چنان است. ولی همین شباهت این اندیشه را به خاطر می‌آورد که بازشناختن نیز می‌بایستی غیرارادی یعنی به صورت فرایندی باشد که هیچ سلطه و اختیاری درباره آن نداریم. اگر چنین است، دیگر نباید آن را همچون چیزی تصور کنیم که با به کار بردن قواعد و ملاکهای خودمان آن را اداره می‌کنیم. سخن گفتن از آن بدین گونه مستلزم این است که ما به گزینه‌ها دسترس داشته باشیم و بتوانیم، مثلاً، از پذیرش يك قاعده تخلف ورزیم، یا ملاکی را به صورت نادرست به کار بریم، یا راههای دیدن دیگر را مورد آزمایش قرار دهیم.^{۱۳} اینها، به اعتقاد من، درست چیزهایی است که انجام دادن آنها از عهده ما بیرون است.

یا، به صورتی دقیقتر، آنها چیزهایی است که از عهده انجام دادن آنها بر نمی‌آییم مگر پس از آنکه احساسی از دریافت چیزی داشته باشیم. سپس غالباً در صدد یافتن ملاکها بر می‌آییم و آنها را مورد استفاده قرار می‌دهیم. آنگاه امکان دارد که به کار تفسیر و تعبیر پردازیم که فرایندی مدبرانه است و به وسیله آن به انتخاب کردن از میان گزینه‌ها می‌پردازیم در صورتی که در خود دریافت چنین نمی‌کنیم. شاید، مثلاً، درباره چیزهایی که دیده‌ایم امری شگفت‌انگیز وجود داشته است (مسئله ورقهای بازی ناهنجار را به خاطر بیاورید). چون به گونه‌ای بچرخیم، مادر را می‌بینیم که در حال داخل شدن به يك فروشگاه است در صورتی که می‌بایستی در آن هنگام در خانه بوده باشد. چون خوب به آنچه دیده‌ایم دقیق شویم، ناگهان دچار تعجب می‌شویم و با خود می‌گوییم: «مادر نبود، چون گیسوانی سرخ داشت!» و چون به داخل فروشگاه درایم بار دیگر آن زن را می‌بینیم و نمی‌توانیم بفهمیم که چه شد تا او را به جای مادر گرفتیم. یا، شاید پره‌ای دم يك مرغ آبی را می‌بینیم که مشغول به دست آوردن خوراکی از ته يك آبگیر پایاب است. آیا غاز است یا قو؟ آنچه را که دیده‌ایم مورد تأمل قرار می‌دهیم و پره‌ای دیده شده را در ذهن با پره‌ای دم غاز و قو که پیشتر دیده‌ایم مقایسه می‌کنیم. یا، شاید، از آن جهت که مراحل مقدّماتی دانشمندی را می‌گذرانیم، تنها این را می‌خواهیم بدانیم که از مشخصات عمومی اعضای يك خانواده طبیعی که پیشتر به آسانی می‌توانستیم آن را تشخیص دهیم (مثلاً قوها) چه چیزها در آن دیده می‌شود. در این صورت نیز،

۱۳. اگر همه قانونها شبیه قانون نیوتون و همه آیینها همچون «ده فرمان» می‌بود، به این گفتگو هرگز نیازی پیدا نمی‌شد. در آن صورت اصطلاح «قانونشکنی» اصلاً معنایی نداشت، و طرد قاعده چنان نمی‌نمود که فرایندی نه در زیر فرمان قانون بوده باشد. متأسفانه، قوانین راهنمایی و رانندگی و فرآورده‌های مشابه قانونگذاری می‌تواند شکسته شود، و این خود چنین اشتباهی را امکانپذیر می‌سازد.

آنچه را که بیشتر ادراک کرده‌ایم مورد تأمل قرار می‌دهیم، و در صدد یافتن چیزی برمی‌آییم که میان او و خانواده معینی از پرندگان مشترک است.

اینها همه فرایندهای تدبیری است، و در آنها است که به جستجو و گسترش ملاکها و قاعده‌ها برمی‌آییم. یعنی در آن می‌کوشیم که احساسهای دریافت‌شده پیش از آن را تفسیر کنیم و آنچه را که برای ما عنوان معلوم (داده) داشته است در معرض تحلیل قرار دهیم. با وجود آنکه چنین می‌کنیم، فرایندهای وارد در کار سرانجام عصبی است و بنابراین در زیر فرمان همان قوانین فیزیکی شیمیایی است که بر ادراک از یک سو و بر زدن قلب ما از سوی دیگر حکومت می‌کند. ولی این واقعیت که سیستم در هر سه حالت از قوانین واحدی پیروی می‌کند، دلیلی برای این فرض فراهم نمی‌آورد که جهاز عصبی ما چنان برنامه‌ریزی شده باشد که به شکل واحدی در تفسیر و نیز در ادراک، یا در هر یک از آنها به صورت زدن قلب عمل کند. بنابراین آنچه در این کتاب با آن مخالفت کرده‌ام، تلاش سنتی شده از زمان دکارت به بعد و نه پیش از آن برای تحلیل ادراک (دریافت) به عنوان یک فرایند تفسیری و یک روایت ناخودآگاهانه از کاری بوده است که پس از ادراک انجام می‌دهیم.

آنچه تمامیت و درستی ادراک را شایسته تأکید می‌سازد، البته این است که تجربه گذشته چندان زیاد در جهاز عصبی تجسم پیدا کرده است که انگیزه‌ها را به احساسها تغییر شکل می‌دهد. یک سازوکار ادراکی برنامه‌ریزی شده به صورت شایسته ارزش ادامه حیات دارد. گفتن این که اعضای گروههای مختلف ممکن است در مواجهه با انگیزه‌های مشابه دریافتهای متفاوت داشته باشند، مستلزم آن نیست که اصلاً دریافتهایی داشته باشند. در بسیاری از محیطهای زندگی، گروهی که نتواند گرگ را از سگ بازشناسد، نمی‌تواند باقی بماند. همچنین افراد گروهی از دانشمندان هسته‌ای امروز، اگر نتوانند آثار ذرات آلفا و الکترون را بازشناسند، نمی‌توانند عنوان دانشمندی خود را حفظ کنند. درست به سبب کمی فراوان راههای دیدن است که آنان که طاقت مقاومت در برابر آزمایشهای مورد استفاده گروه دارند شایسته آنند که از نسلی به نسل دیگر انتقال پیدا کنند. به همین گونه، تجربه و شناخت طبیعت که در راه از انگیزه به احساس تجسم پیدا می‌کند، از آن جهت برگزیده شده که بر زمان تاریخی غلبه پیدا کرده است.

شاید «شناخت» کلمه‌ای نادرست باشد، ولی دلایلی برای به کار بردن آن وجود دارد. آنچه در فرایند عصبی ساخته می‌شود و انگیزه‌ها را به احساسها تبدیل می‌کند، دارای خصوصاتی از این گونه است: از راه تعلیم و تربیت انتقال پیدا کرده؛ در نتیجه آزمایش مؤثرتر از رقبای خود در محیط جاری یک گروه شناخته شده؛ و بالاخره، هم از طریق تعلیم و تربیت بیشتر و هم از راه اکتشاف عدم تناسبهای آن با محیط، در معرض تغییر است. اینها از خصوصیات شناخت (معرفت) است و بنابراین معلوم می‌شود که چرا این اصطلاح را برگزیده‌ام. ولی کاربردی عجیب است، بدان جهت که خصوصیتی دیگر را ندارد. دسترسی مستقیم به این که آنچه می‌دانیم چیست نداریم، و قواعد یا تعمیمهایی که به وسیله آنها این شناخت را بیان کنیم در اختیار ما نیست. قواعدی که بتواند معلوم

کند دست یافتن به انگیزه اشاره دارد نه به احساس، و این که انگیزه را از طریق نظریه ساخته و پرداخته شده می‌توانیم بشناسیم. در غیاب چنین چیزی، شناخت تجسم یافته در راه از انگیزه به احساس به صورت ضمنی باقی می‌ماند.

با آنکه اشاره به احساس آشکارا به صورت مقدماتی است و نیازی به آن ندارد که از لحاظ جزئیات صحیح باشد، باید بگوییم که مقصود از آن در آنچه بیشتر گفته شد همان تعریف معمولی و تحت اللفظی این کلمه است. فرضیه‌ای دربارهٔ رؤیت وجود دارد که ممکن است در معرض پژوهش آزمایشی قرار گیرد، هر چند محتملا نمی‌تواند به صورت مستقیم مورد رسیدگی واقع شود. ولی سخن گفتن دربارهٔ دیدن و احساس در این جا به صورت استعاری برای سخن گفتن دربارهٔ وظایف به کار گرفته شده، به همان گونه که در متن کتاب نیز چنین بوده است. ما الکترون‌ها را نمی‌بینیم، بلکه آثار آنها یا به صورت دیگر حبابهای بخار را در اطاق ابر مشاهده می‌کنیم. جریان برق را به هیچ وجه نمی‌بینیم، بلکه حرکت عقربهٔ آمپر سنج یا گالوانومتر را می‌بینیم. با این همه در صفحات گذشته، مخصوصاً در بخش ۱۰، به تکرار چنان سخن گفته‌ام که گویی امور نظری همچون جریانها و الکترونها و میدان را ادراک می‌کنیم، و بدان می‌ماند که از آزمودن مثالواره‌ها این طرز سخن گفتن را فرا گرفته‌ایم، و گویی در این حالات نیز عوض کردن سخن دربارهٔ دیدن با سخن دربارهٔ ملاکها و تفسیرها کار درستی نیست. استعاره‌ای که سبب انتقال معنای «دیدن» در زمینه‌هایی از این قبیل می‌شود، به ندرت برای داشتن چنین ادعاها کفایت می‌کند. اگر این استعمال ادامه پیدا کند، نیاز به آن دارد که به سود توجه به معنای تحت اللفظی در سخن گفتن از آن صرف نظر شود.

برنامهٔ حسابگری که در بالا به آن اشاره شد، به این آغاز کرده است که راههایی را که از آنها چنین کاری ممکن است صورتپذیر شود به ما پیشنهاد کند، ولی نبودن جای کافی در این کتاب و نیز اندازهٔ وسعت فهم کنونی من در این خصوص مرا به آن رخصت نمی‌دهد که از این استعاره در این جا صرف نظر کنم.^{۱۴} در عوض تلاش خواهم کرد تا برای آن حصار محدودکننده‌ای فراهم

۱۴. برای خوانندگان «اندیشه‌های ثانوی»، ملاحظات رمزی آینده ممکن است راهنما باشد. امکان بازشناختن بیواسطهٔ اعضای خانواده‌های طبیعی، پس از تهیهٔ مقدمات عصبی، وابسته به وجود فضاهای ادراکی خالی در میان خانواده‌هایی است که باید تشخیص داده شود. اگر، مثلاً، یک پیوستار ادراک شده‌ای از مرغهای آبی از غازها تا قوها وجود می‌داشت، ناگزیر از آن می‌شدیم که برای تشخیص آنها از یکدیگر یک ملاک خاص وارد کار کنیم. دربارهٔ چیزهای غیر قابل مشاهده نیز اجرای چنین طرحی لازم است. اگر یک نظریهٔ فیزیکی پذیرفتن چیز دیگری مانند جریان برق را قبول نکند، در آن صورت شمار اندکی از ملاکها که ممکن است از حالتی تا حالت دیگر بسیار تغییرپذیر باشد، برای بازشناختن جریانها کفایت می‌کند، هر چند مجموعه‌ای از قواعد وجود ندارد که به شرایط لازم و کافی برای این بازشناختن اختصاص داشته باشد. این نکته نتیجهٔ موجهی را پیشنهاد می‌کند که ممکن است بسیار مهم بوده باشد. در صورت موجود نبودن شرایط لازم و کافی برای بازشناختن یک امر نظریه‌ای، آن امر می‌تواند از وجودشناسی یک نظریه از طریق جانشین حذف شود. ولی، در غیاب چنین قواعدی، دیگر این امر قابل حذف نخواهند بود؛ در این صورت نظریه به وجود آنها نیازمند است.

آورم. دیدن قطره‌های کوچک آب یا دیدن حرکت عقربه در برابر ارقام يك صفحه مدرج يك آزمایش ادراکی ابتدایی برای شخصی به شمار می‌رود که با اطاق ابر یا آمپرسنج آشنایی ندارد. این کار مستلزم مشاهده و تحلیل و تفسیر (یا به عبارت دیگر، دخالت قدرتهای خارجی) پیش از آن زمان است که به نتایجی درباره الکترون‌ها یا جریان‌ها دسترس پیدا شود. ولی وضع کسی که درباره این افزارها اطلاعاتی دارد و به آزمایشهای مشابهی با این اسبابها پرداخته وضعی بسیار متفاوت است، و به همین گونه تفاوت‌های مشابهی نیز در طریق آماده کار کردن انگیزه‌های رسیده به وی از آنها وجود دارد. هنگامی که به بخار بیرون آمده از دهان خود در يك روز سرد زمستان نگاه می‌کند، ممکن است احساس او همان احساس شخص غیر دانشمند در چنین موردی بوده باشد، ولی در نگرستن به اطاق ابر دیگر قطره‌ها را نمی‌بینند (در این جا به معنی تحت اللفظی) بلکه ردپای الکترون‌ها و ذرات آلفا و نظایر اینها را مشاهده می‌کند. این ردپاها یا گذرگاهها، اگر دوست داشته باشید، ملاک‌هایی است که همچون علامتهایی از حضور ذرات متناظر با آنها خبر می‌دهد، ولی این گذرگاهها هم کوتاهتر از آنها است که شخص تفسیر کننده قطره‌ها در نظر دارد و هم با آنها متفاوت است.

یا شخص دانشمندی را در نظر بگیرید که مشغول رسیدگی به درجه‌ای است که عقربه آمپرسنج در برابر آن قرار گرفته است. شاید احساس او شبیه به احساس يك فرد عادی بوده باشد، مخصوصاً اگر پیش از آن اسبابهای اندازه‌گیری دیگری را در کار آزموده بوده است. ولی وی اسباب را در زمینه تمام مدار دیده بوده (باز هم به معنای تحت اللفظی) و چیزی درباره ساختمان درونی آن می‌داند. برای وی وضع قرار گرفتن عقربه به يك ملاک است، ولی تنها برای ارزش جریان. به منظور تفسیر کردن آن لازم است معلوم شود که اسباب اندازه‌گیری بنابر چه مقیاسی خوانده شده است. از سوی دیگر، برای مرد غیر دانشمند، وضع عقربه ملاک برای هیچ چیز جز خود آن نیست. برای تفسیر کردن آن، وی می‌بایستی از نقشه ساختمانی همه سیمهای درونی و بیرونی و آزمایش با باتریها و مغناطیسها و نظایر اینها آگاه بوده باشد. در استعمال استعاری همچون در استعمال تحت اللفظی اصطلاح «دیدن» تفسیر در آن هنگام آغاز می‌شود که ادراک به پایان رسیده باشد. این دو فرایند یکی نیستند، و آنچه دریافت و ادراک برای تفسیر شدن بر جای می‌گذارد که آن را تمام کند، سخت به ماهیت و مقدار آزمایش و تمرین قبلی بستگی دارد.

۵. مثالواره‌ها، همسنجشناپذیری، و انقلابها

آنچه هم‌اکنون گفته شد شالوده‌ای برای توضیح دادن جنبه دیگری از این کتاب است: و آن ملاحظات من درباره همسنجشناپذیری و نتایج آن برای دانشمندانی است که در انتخاب نظریه‌های متوالی با یکدیگر اختلاف نظر و منازعه دارند.^{۱۵} در بخشهای ۱۰ و ۱۲ از آن سخن

۱۵. از این نکات با تفصیل بیشتر در بخشهای ۵ و ۶ از «تفکرات» سخن گفته‌ام.

گفتم که طرفین دعوا ناگزیر بعضی از اوضاع مشاهده‌ای یا آزمایشی را که هر دو به آن متمسک شده‌اند به صورت‌هایی متفاوت با یکدیگر می‌بینند. چون واژگانی که با آن دربارهٔ يك وضع با یکدیگر سخن می‌گویند، به صورت غالب از اصطلاحات متشابهی به وجود آمده، می‌بایستی هر يك از آن دو به صورتی مخصوص به خود و متفاوت با دیگری این اصطلاحات را به طبیعت ربط داده باشد، و ارتباط آنان با یکدیگر تنها به صورت جزئی است. در نتیجه، اولویت يك نظریه نسبت به نظریهٔ دیگر چیزی است که آن را نمی‌توان در ضمن مشاجره به اثبات رسانید. به جای آن، من در آن اصرار ورزیدم که هر طرف باید از طریق قانع کردن طرف دیگر عقیدهٔ او را تغییر دهد. تنها فیلسوفان به صورتی جدی مقصود مرا در این قسمت‌های از بحث من بد فهمیده‌اند. ولی، شماری از ایشان، چنان استنتاج کرده بودند که باور من از این قرار است:^{۱۶} طرفداران نظریه‌های همسنجشناپذیر اصلاً نمی‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند؛ و در نتیجه، در منازعه بر سر گزینش نظریه نمی‌تواند توسل به دلایل خوب صورت‌پذیر شود؛ به جای این کار می‌بایستی نظریه به استناد دلایلی که شخصی و ذهنی هستند پذیرفته شود؛ گونه‌ای از ادراک رازورانه (mystical) مسئول تصمیمی است که گرفته خواهد شد. بیش از هر بخش دیگر از این کتاب، فقراتی که در آنها این تعبیر نادرست آمده سبب شده است که مرا به تهمت ناعقلانی بودن و استدلال‌ناپذیری متهم سازند.

نخست ملاحظات مرا درباره دلیل مورد ملاحظه قرار دهید. نکته‌ای که می‌خواسته‌ام توجه خواننده را به آن جلب کنم، نکته‌ای ساده و آشنای در فلسفه علم بوده است. منازعه دربارهٔ گزینش نظریه را نمی‌توان در قالبی ریخت که عیناً به اثبات منطقی یا ریاضی شباهت داشته باشد. در اثبات ریاضی مقدمات قیاس و قواعد استنتاج از آغاز بحث شرط و مقرر شده است. اگر عدم توافقی دربارهٔ نتایج وجود دارد، طرفین دعوا می‌توانند گام‌های پیموده شده را يك به يك دوباره ترسیم کنند و هر يك را با در نظر گرفتن شرط قبلی مورد بررسی قرار دهند. در پایان این فرایند یکی یا هر دو طرف باید به این امر تسلیم شود که اشتباهی مرتکب شده و برخلاف قاعده‌ای که از پیش پذیرفته بوده عمل کرده است. پس از این تسلیم شدن دیگر مرجع توسلی ندارد و در این صورت دلیل طرف مخالف او برای وی الزام‌آور است. تنها در آن صورت که معلوم شود اختلاف آنان دربارهٔ معنی یا کاربرد قواعد مقرر شده است، توافق قبلی آنان شالودهٔ کافی برای دلیل نخواهد بود، و منازعه ایشان ناگزیر شکلی را پیدا می‌کند که در دوران انقلاب‌های علمی مشاهده می‌شود. این منازعه دربارهٔ مقدمات استدلال است و مرجع تمسک آن قانع کردن طرف مقابل به امکان استدلال است. هیچ چیزی دربارهٔ این موضوع نسبتاً آشنا مستلزم آن نیست که دلایل خوبی برای قانع شدن وجود نداشته باشد یا این که دلایل سرانجام برای گروه قطعیت ندارد. و نیز حتی مستلزم آن نیست

۱۶. به منابعی که در حاشیهٔ شمارهٔ ۹ همین بخش و نیز به مقاله‌ای از استیفن تولمین در رشد شناخت رجوع کنید،
Stephan Toulmin in *Growth of Knowledge*.

که دلایل برای گزینش با آنها که معمولاً فلاسفه علم فهرست آنها را به دست می‌دهند متفاوت است: صحت، سادگی، ثمر بخشی، و نظایر اینها. ولی آنچه باید به ذهن القا کند، این است که آن دلایل می‌بایستی به عنوان ارزشها عمل کنند و این که بتوانند از این راه به شکلی متفاوت، خواه به صورت فردی و خواه جمعی، به توسط کسانی به کار گرفته شوند که بر سر بزرگداشت آنها با یکدیگر توافق دارند. اگر، مثلاً، دو نفر دربارهٔ ثمر بخش بودن نسبی نظریه‌های خود موافقت ندارند، یا این که چنین توافقی در میان ایشان هست ولی دربارهٔ اهمیت نسبی ثمر بخش بودن و چشم انداز دست یافتن به یک گزینش اختلاف نظر دارند، هیچ يك از آن دورا نمی‌توان به اینکه اشتباه کرده است محکوم کرد. و نیز نمی‌توان گفت که نظریکی از دو طرف غیر علمی است. روش عمل بیطرفانه برای گزینش و نیز راه تصمیم گرفتن منظمی وجود ندارد که چون درست به کار گرفته شود هر فرد را در گروه به تصمیم واحدی رهبری کند. از این لحاظ باید گفت که به جای فرد فرد اعضای جامعهٔ دانشمندان خود این جامعه است که تصمیم نهایی را می‌گیرد. برای فهمیدن این که چرا علم به صورتی که مشاهده می‌شود به پیش می‌رود، نیازی به روشن کردن جزئیات زندگینامه و شخصیتی وجود ندارد که هر فرد را به یک گزینش خاص رهبری می‌کند، هر چند موضوع مورد نظر جاذبه و فریبندگی گسترده داشته باشد. ولی، آنچه باید بدانیم، روشی است که بنابر آن دسته‌ای از ارزشهای مشترك با آزمایشهای اشتراکی جامعه‌ای از متخصصان در یکدیگر عمل می‌کند و سبب تأمین این واقعیت می‌شود که اغلب اعضای يك گروه سرانجام يك دسته از براهین را بیش از دسته‌ای دیگر قاطع بدانند.

این فرایند همان اقناع و متقاعد شدن است، ولی مسئلهٔ ژرفتری را عرضه می‌کند. دو نفر که وضع واحدی را به دو صورت متفاوت ادراک می‌کنند و در عین حال واژگان واحدی را در بحث خود به کار می‌برند، می‌بایستی الفاظ را به معانی متفاوت به کار برده باشند، یعنی از چیزی سخن می‌گویند که من آن را به نام دیدگاههای همسنجشناپذیر خواندم. چگونه می‌توانند حتی امید درست سخن گفتن با یکدیگر داشته باشند تا چه رسد به این که بتوانند یکدیگر را از این راه متقاعد سازند. حتی یافتن پاسخی مقدماتی برای این پرسش مستلزم بحث بیشتر دربارهٔ ماهیت این دشواری است. به نظر من، دست کم تا حدی، این بحث به صورتی است که بلافاصله پس از این بیان خواهم کرد.

اشتغال به علم هنجاری وابسته به قابلیت حاصل آمده از طریق مثالواره‌ها، برای گروه‌بندی اشیاء و اوضاع به صورت شباهتهای دسته‌جمعی است که چون گروه‌بندی بدون پاسخ گفتن به پرسش «مشابه از چه لحاظ؟» صورت گرفته، این شباهتها ابتدایی است. پس، يك جنبهٔ مرکزی هر انقلاب عبارت از آن است که بعضی از روابط شباهتی تغییر پیدا کند. چیزهایی که پیش از آن در يك گروه دسته‌بندی شده بود، پس از آن در گروههای متفاوت دسته‌بندی خواهد شد، و بالعکس. دربارهٔ خورشید و ماه و مریخ و زمین پیش از کوپرنیکوس و پس از وی بیندیشید؛ نیز دربارهٔ سقوط آزاد و حرکت آونگی و سیاره‌ای پیش و پس از گالیلئو؛ یا از املاح و همبسته‌ها و مخلوط گوگرد و

براده آهن پیش و پس از دالتون. چون اغلب چیزها حتی در داخل دسته‌های دگرگون شده به گروهبندی با یکدیگر ادامه می‌دهند، نامهای دسته‌ها معمولاً محفوظ می‌ماند. با وجود این، انتقال يك زیردسته عموماً جزئی از يك تغییر بحرانی در شبکه روابط متقابل میان آنها است. انتقال یافتن فلزات از دسته ترکیبها به دسته عناصر نقشی اساسی در ظهور نظریه جدید احتراق و خاصیت اسیدی و ترکیب فیزیکی و شیمیایی ایفا کرد. خلاصه این که آن تغییرات در سراسر شیمی گسترش یافت. بنابراین مایه تعجب نیست که هنگام پیدایش چنین تقسیمبندی مجدد، دو نفر که بحث ایشان درباره امور مربوط به شیمی با تفاهم کامل صورت می‌گرفت، ناگهان خود را در وصفی مشاهده کنند که در برابر انگیزه واحد به دادن توضیحات و به دست آوردن تعمیمهای ناسازگار با یکدیگر می‌پردازند. این دشواریها در همه پهنه‌های مکالمات علمی آنان احساس نمی‌شود، ولی به صورتی شدید در پیرامون نمودهایی پدید می‌آید و با یکدیگر خوشه‌وار جمع می‌شود که گزینش يك نظریه به صورت اساسی وابسته به آنها است.

این گونه مسائل، با آنکه نخستین بار در ارتباط شفاهی آشکار می‌شود، تنها دشواریهای زبانشناختی نیست، و آنها را نمی‌توان با وضع مقررات و قیودی در تعریفهای مربوط به اصطلاحات مایه دردسر حل کرد. به سبب آنکه کلماتی که دشواریها گرداگرد آنها جمع می‌آید به صورت جزئی از کاربرد مستقیم مثالواره‌ها فرا گرفته می‌شود، شرکت کنندگان در يك فرو ریختگی ارتباط نمی‌توانند بگویند که «ما کلمه 'عنصر' (یا 'مخلوط' یا 'سیاره' یا 'حرکت غیر اجباری') را از راهی به کار می‌بریم که ملاک ذیل آن را تعیین نکرده است.» یعنی نمی‌توانند متوسل به زبان بیطرفی شوند که هر دو آن را به يك صورت به کار می‌برند و برای بیان نظریه‌های هر دو طرف یا حتی نتایج اختباری آن نظریه‌ها کفایت می‌کند. قسمتی از اختلاف مقدم بر استعمال زبانی است که با وجود این در آن انعکاس پیدا کرده است.

ولی، کسانی که با چنین تلاشی شدن و فرو ریختن ارتباط روبه‌رو شده‌اند، می‌بایستی به چیزی متوسل شوند. انگیزه‌هایی که با آنها مواجهند همانها است که پیش از آن هم وجود داشته است. دستگاه عصبی عمومی ایشان نیز، با وجود آنکه به صورتی دیگر برنامه‌ریزی شده، به همین گونه است. علاوه بر این، جز در پهنه كوچك ولی مهمی از تجربه حتی برنامه‌ریزی عصبی آنان تقریباً یکسان است، چه، علاوه بر گذشته بلاواسطه، تاریخی مشترك دارند. در نتیجه، هم کلمات به کار گرفته شده روزانه و هم اغلب کلمات علمی و نیز جهان ایشان مشترك است. چون دارای مشتركات فراوانی با یکدیگر هستند، شایستگی آن را دارند که چیزهای فراوانی درباره این که چگونه با یکدیگر متفاوتند کشف کنند. ولی، راه و رسمهای لازم برای این اکتشاف، نه سر راست است و نه راحت و نه قسمتهایی از وسایل کار دانشمند هنجاری را تشکیل می‌دهد. دانشمندان به ندرت از کم و کیف آنها آگاهند، و به ندرت آنها را بیش از آن اندازه که برای القای تغییر عقیده یا متقاعد ساختن خود به این که چنین چیزی حاصل نخواهد شد، به کار می‌برند.

خلاصه آنکه، کاری که شرکت کنندگان در يك فرو ریختگی ارتباط می‌توانند بکنند این است

که یکدیگر را اعضای جامعه‌هایی متکلم به زبانهای متفاوت تصور کنند و سپس همچون مترجمان به کار برخیزند.^{۱۷} با در نظر گرفتن این امر که تفاوت میان بحث‌های درون‌گروهی (intragroup) و میان‌گروهی (intergroup) خود موضوعی برای تحقیق است، می‌توانند نخست در اکتشاف این واقعیت بکوشند که اصطلاحات و تعبیراتی که در داخل يك جامعه بدون ایجاد اشکال به کار می‌رود، در هنگام به کار رفتن برای بحث‌های میان‌گروهی مایه ایجاد پریشانی و زحمت می‌شود. (تعبیراتی که موجب ایجاد چنین دشواریها نباشد، با هماهنگی قابل ترجمه است.) پس از جدا کردن چنین پهنه‌های دشواری در ارتباط علمی، می‌توانند به واژگان هر روزی مشترك متشبث شوند و با تلاشی بیشتر پریشانیهای خود را از میان بردارند. یعنی هر کس باید در آن بکوشد تا این مطلب را کشف کند که دیگری در آن هنگام که با انگیزه‌ای روبرو شود که واکنش زبانی خود وی نسبت به آن با او تفاوت دارد، چه چیز را خواهد دید و چه خواهد گفت. اگر بتوانند به اندازه کافی از بیان کردن يك رفتار ناهنجار به عنوان نتیجه محض يك خطا یا دیوانگی خودداری کنند، در زمان شایسته به صورت پیشگویان رفتار یکدیگر درخواهند آمد. هر کس خواهد آموخت که نظریه شخص دیگر و نتایج آن را به زبان خود ترجمه کند و در عین حال با زبان خود به توصیف جهانی که نظریه در آن قابل به کار بردن است بپردازد. این کاری است که مورخ علم به صورت منظم، در آن هنگام که با نظریه‌های علمی غیر باب روز و از رواج افتاده مواجه می‌شود، انجام می‌دهد.

بدان جهت که ترجمه، چون ادامه پیدا کند، به شرکت کنندگان در يك فروریختگی ارتباط اجازه آن را می‌دهد که به میانجیگری يك جانشین از محاسن و معایب دیدگاه‌های یکدیگر آگاه شوند، افزار نیرومندی برای اقناع و تغییر دادن عقیده به شمار می‌رود. ولی حتی اقناع مستلزم موفقیت آن نیست، و اگر چنین شود، ضرورتی ندارد که در پی آن تغییر عقیده صورتپذیر شود. این دو آزمایش یکی نیستند، و من تا همین اواخر از این تمایز آگاهی کامل نداشتم.

قانع کردن يك نفر، به اعتقاد من، متقاعد کردن او به این امر است که نگرش شخص دیگر برتر از نگرش او است و بنابراین بایستی جای آن را بگیرد. تا این اندازه گاه بدون متوسل شدن به چیزی همچون ترجمه صورت می‌گیرد. در غیاب آن بعضی از توضیحات و گزارش‌های مربوط به مسئله که به توسط افراد يك گروه علمی روشن و قابل توصیف است برای گروه دیگر تیره و تار می‌نماید. ولی هر جامعه زبانی معمولاً می‌تواند از آغاز معدودی از نتایج ملموس پژوهش را فراهم

۱۷. منبع مورد قبول برای اغلب جنبه‌های مناسب ترجمه، فصل‌های ۱ و ۲ از کتاب کلمه و شیء نوشته و. ا. کوئین (کیمبریج، ماسا، و نیویورک، ۱۹۶۰) است، W. V. O. Quine, *Word and Object*. ولی چنان می‌نماید که کوئین این گونه فرض کرده است که دو نفر که انگیزه واحدی را می‌بینند يك احساس دارند و به همین جهت درباره دامنۀ قابلیت يك مترجم برای توصیف جهانی که زبان ترجمه شدنی به آن تعلق می‌گیرد، کمتر سخن گفته است. برای این نکته اخیر، رجوع کنید به و. ا. نیدا، «زبان‌شناسی و نژادشناسی در مسائل ترجمه» مندرج در دل هایمز (ویراستار)، *زبان فرهنگ در اجتماع* (نیویورک، ۱۹۶۴)، ص ۹۷-۹۰. Del Hymes (ed.), *Language and Culture in Society*.

آورد که، هر چند با جمله‌هایی مفهوم به صورت واحد به توسط هر دو گروه قابل توصیف است، با وجود این نمی‌تواند با اصطلاحات مخصوص جامعه دیگر بیان شود. اگر دیدگاه جدید مدّتی دوام کند و به ثمربخشی خود ادامه دهد، شماره نتایج پژوهش قابل بیان از این راه محتملاً افزایش خواهد یافت. برای بعضی از اشخاص همین نتایج به تنهایی قطعی خواهد بود. آنان می‌توانند بگویند: نمی‌دانیم چگونه طرفداران نگرش جدید به موفقیت دست یافته‌اند، ولی باید آن را بیاموزیم؛ آنچه ایشان می‌کنند، آشکارا درست است. این گونه واکنش نشان دادن مخصوصاً برای کسانی آسان است که تازه وارد حرفه علمی شده باشند، چه هنوز واژگان ویژه و تعهدات هیچ يك از گروهها را فرا نگرفته‌اند.

ولی، براهین قابل بیان با واژگانی که هر دو گروه آن را به يك شکل به کار می‌برند، لااقل تا مرحله متأخری از تکامل نگرشهای مخالف یکدیگر، معمولاً قاطع نیست. در میان کسانی که پیش از آن در حرفه علمی پذیرفته شده بوده‌اند، معدودی بدون مقداری توسّل به مقایسه‌های گسترده‌ای که ترجمه‌پذیر است، قانع و متقاعد می‌شوند. هر چند بهایی که باید پرداخته شود جمله‌های غالباً بسیار دراز و بسیار پیچیده است (به اختلاف نظر پروست-برتوله که بدون توسّل به اصطلاح «عنصر» ادامه پیدا کرده بود توجه داشته باشید)، بعضی از نتایج اضافی پژوهش می‌تواند از زبان يك جامعه علمی به زبان جامعه دیگر ترجمه شود. علاوه بر این، با پیشرفت کار ترجمه، بعضی از اعضای هر جامعه ممکن است به فهم آن آغاز کند که چگونه يك گزاره که پیش از آن تیره و تار می‌نمود، می‌تواند همچون توضیحی برای افراد گروه مخالف جلوه گر شود. البته، درست بودن روشهای فنی از این قبیل، متقاعد شدن گروه مخالف را تضمین نمی‌کند. برای اغلب اشخاص ترجمه يك فرایند تهدیدکننده به نظر می‌رسد، و کاملاً نسبت به علم هنجاری بیگانه است. ضدّ برهانها، در هر مورد، همیشه در دسترس است، و هیچ قواعدی معین نمی‌کند که تعادل باید چگونه برقرار شود. با وجود این، به تدریج که برهانی به برهان دیگر ضمیمه می‌شود و چالشی پس از چالش دیگر با کامیابی خود را عرضه می‌کند، تنها لجاجت کور می‌تواند پاسخگوی ادامه یافتن مقاومت بوده باشد.

و چون چنین است، جنبه دیگری از ترجمه که مورخان علم و زبان‌شناسان مدّت درازی است با آن آشنایی دارند، اهمیت قطعی پیدا می‌کند. ترجمه کردن يك نظریه یا جهانبینی به زبان خود شخص آن را نظریه یا جهانبینی آن شخص نمی‌سازد. برای چنین شدن لازم است که وی نسبت به زبان آن نظریه بومی باشد و با آن زبان بیندیشد و به کار برخیزد، نه این که با زبانی که پیشتر بیگانه بوده است چنین کند. ولی این انتقال چیزی نیست که بتواند با دقت و غوررسی و گزینش آن را عملی کند یا از عملی شدن آن جلوگیری به عمل آورد، و هر چه هم که دلایل وی برای این خواسته نیرومند باشد باز چنین است. به جای آن، در مرحله‌ای از فرایند آموزش ترجمه کردن، به این نکته توجه پیدا می‌کند که انتقال صورت گرفته و بدون تصمیم گرفتن ناگهانی به درون زبان نفوذ راه یافته است. یا این که، همچون بعضی از کسان که نخستین بار، مثلاً، با نسبیت یا مکانیک

کوانتومی در سالهای میانه خود آشنا می‌شوند، خود را کاملاً نسبت به نگرش تازه متقاعد شده احساس می‌کنند ولی این قابلیت را ندارند که آن نظریه‌ها را به درون خود جذب و درست در جهانی که از آنها شکل می‌گرفت زندگی کنند. چنین کسی از لحاظ عقلی گزینش خود را انجام داده، ولی مؤثر بودن تغییر عقیده از او گریزان بوده است. ممکن است نظریه تازه را به کار برد، ولی همچون یک شخص بیگانه ساکن در محیطی بیگانه نسبت به خود عمل می‌کند، و یک گزینه تنها از آن جهت در دسترس او قرار دارد که پیش از وی بومیانی در آن محیط وجود داشته‌اند. کار وی نسبت به کارهای آنان حالت انگلی دارد، زیرا که وی فاقد آن مجموعه‌های ذهنی است که اعضای آینده جامعه از طریق تعلیم و تربیت تحصیل می‌کنند.

بنابراین، آزمایش تغییر عقیده که من آنرا به یک کلید زدن چشم انداز تشبیه کردم، در مرکز فرایند انقلاب باقی می‌ماند. دلایل خوب برای گزینش سبب پیدا شدن انگیزه‌هایی برای تغییر عقیده و محیطی خواهد شد که در آن به احتمال قوی این تغییر عقیده صورت‌پذیر می‌شود. علاوه بر این، ترجمه می‌تواند نقطه‌های ورودی برای برنامه‌ریزی عصبی فراهم آورد که، هر چند در این زمان پوشیده و مرموز است، زمینه‌ای برای تغییر عقیده خواهد شد. ولی دلایل خوب و ترجمه هیچ کدام تغییر عقیده را تشکیل نمی‌دهد، و این همان فرایندی است که برای فهم گونه‌ای اساسی از تغییر علمی باید به توضیح آن بپردازیم.

۶. انقلاب و نسبیت‌گری

یک نتیجه از وضعی که هم اکنون طرح مختصر آن را بیان کردیم، دستاویزی برای اعتراضات عده‌ای از انتقادکنندگان بر کتاب من بوده است.^{۱۸} آنان دیدگاه مرا، بالخاصه بدان صورت که در بخش آخر کتاب عرضه شده، نسبیت‌گرانه یافته‌اند. ملاحظات من درباره ترجمه دلایل این اتهام را آشکار می‌سازد. طرفداران نظریه‌های متفاوت به اعضای جامعه‌هایی با فرهنگ و زبان متفاوت شباهت دارند. باز شناختن شباهتها این فکر را القا می‌کند که از لحاظی امکان آن وجود دارد که حق با هر دو گروه باشد. در تطبیق با فرهنگ و رشد آن، چنین وضعی نسبیت‌گرانه است.

ولی در تطبیق با علم چنین نیست و به هر صورت از نسبیت‌گری محض از یک لحاظ که انتقادکنندگان نتوانسته‌اند متوجه آن شوند، بسیار دور است. کسانی که در علوم پیشرفته کار می‌کنند، چون به صورت گروه یا گروهها در نظر گرفته شوند، به گفته من به صورت بنیادی حل‌کنندگان معماها هستند. هر چند ارزشهایی که گاه به گاه در انتخاب نظریه عرضه می‌کنند، از جنبه‌های دیگر کارایشان نیز متفرع می‌شود، قابلیت اثبات شده برای حل معماهای عرضه شده به توسط طبیعت، در آن حالت که تعارضی در ارزش به وجود آید، عمده‌ترین ملاک برای اعضای یک گروه علمی است. قابلیت معماگشایی، همچون هر ارزش دیگر، در کاربرد آن ابهام‌آمیز به نظر

۱۸. شیر، «ساختار انقلاب‌های علمی»، و پوپر در رشد شناخت، Shapere, «Structuré of Scientific Revolution,» and Popper in *Growth of Knowledge*.

می‌رسد. دو نفر که در آن با یکدیگر سهیمند، در داوریهایی که از کاربرد آن استخراج می‌کنند ممکن است با یکدیگر اختلاف داشته باشند. ولی رفتار جامعه‌ای که برای آن اولویت قائل است، با جامعه دیگری که چنین نباشد بسیار متفاوت است. در علوم، به اعتقاد من، ارزش بالایی که به شایستگی برای معماگشایی داده می‌شود، دارای نتایج ذیل است.

پیش خود چنان تصوّر کنید که يك درخت انقلابی نمایش‌دهنده پیدایش و رشد تخصّصهای علمی جدید از مبادی عمومی آنها، مثلاً، در فلسفه طبیعی ابتدایی و حرفه‌ها بوده باشد. خطی که از پایه يك شاخه بر تنه درخت به سر آن کشیده شده باشد بر رشته‌ای از نظریه‌ها که به صورت نزولی به یکدیگر پیوستگی دارند می‌گذرد. چون دو تا از چنین نظریه‌ها را از نقاطی مورد ملاحظه قرار دهیم که به مبدأ آنها بسیار نزدیک نباشد، تهیه کردن فهرستی از ملاکها که بتواند به يك ناظر غیرمتعهد قابلیت تشخیص دادن نظریه جدیدتر را بر حسب زمانهای متفاوت بدهد، آسان می‌شود. از میان چنین ملاکها سودمندترین آنها عبارت است از: صحت پیشگویی، مخصوصاً پیشگویی کمی؛ تعادل میان موضوعهای مرموز و متعارفی؛ و شماره مسائل مختلف حل شده. ارزشهایی کمتر سودمند برای این منظور، و در عین حال تعیین‌کننده حیات علمی، ارزشهایی همچون سادگی و وسعت چشم‌انداز و سازگاری با تخصّصهای دیگر است. این فهرستها هنوز آنها که مورد نیاز است نیست، ولی در این تردید نداریم که تکمیل خواهد شد. اگر چنین شود، در آن صورت رشد علمی، همچون رشد زیستشناختی، فرایندی یکجته و انعکاس‌پذیر خواهد شد. نظریه‌های علمی متأخرتر از آنها که قدیمتر است، در محیطهای غالباً متفاوتی که به کار گرفته می‌شود بهتر می‌تواند معماگشایی کند. این يك وضع نسبیتی‌گرانه نیست، و جهتی را نشان می‌دهد که به اعتقاد من پیشرفت علمی در آن سیر می‌کند.

ولی، در مقایسه با مفهوم پیشرفت که بیشتر در میان فلاسفه علم رایج است، این وضع فاقد يك عنصر اساسی است. يك نظریه علمی معمولاً چنان احساس می‌شود که بر نظریه مقدم بر خود تنها از این لحاظ برتری ندارد که وسیله بهتری از سلف برای یافتن و حل کردن معماها است، بلکه از این جهت نیز بر آن تفوق دارد که بهتر می‌تواند به ما بفهماند که طبیعت به چه چیز شبیه است. غالباً شنیده می‌شود که نظریه‌های متوالی در رشد خود پیوسته به حقیقت نزدیکتر می‌شوند. ظاهراً تعمیمهایی از این قبیل بیشتر اشاره به معماگشایی و پیشگویی آشکار استخراج شده از يك نظریه است تا به وجودشناسی آن و به رقابتی که میان موجودات اسکان یافته به توسط نظریه در طبیعت و آنچه «حقیقتاً در آنجا» وجود دارد برقرار است.

شاید راه دیگری برای نجات دادن مفهوم «حقیقت» به منظور به کار بردن آن در همه نظریه‌ها وجود داشته باشد، ولی از این يك چنین کاری بر نمی‌آید. به گمان من، راه مستقل از يك نظریه برای ساختن تعبیر «حقیقتاً در آنجا» وجود ندارد؛ مفهوم رقابت میان وجودشناسی يك نظریه و نسخه بدل «حقیقی» آن در طبیعت، اکنون به نظر من اصولاً پنداری و غیر حقیقی می‌نماید. علاوه بر این، به عنوان يك مورخ، سخت بر این اعتقادم که چنین نگرشی پسندیده نیست. مثلاً، در این

باره شکی ندارم که مکانیک نیوتون بر مکانیک ارسطو، و مکانیک اینشتین بر مکانیک نیوتون از آن جهت برتری داشته که بهتر می‌توانسته است معماگشایی کند. ولی من نمی‌توانم در توالی آنها جهتی سازگار با رشد وجودشناختی مشاهده کنم. برخلاف، از بعضی لحاظ‌های مهم، و نه البته در همه آنها، نظریه نسبیت عمومی اینشتین به نظریه ارسطو نزدیکتر از هر يك از آن دو نسبت به نیوتون است. با این که وسوسه توصیف کردن چنین وضعی به صورت نسبیتیگرانه قابل فهم است، این توصیف به نظر من نادرست است. برعکس، اگر وضع نسبیتیگرانه باشد، گمان نمی‌کنم شخص نسبیتیگر چیزی را که برای جوابگویی به طبیعت و رشد علم لازم است از دست داده باشد.

۷. ماهیت علم

بحث را با سخنی درباره دو واکنش نسبت به متن اصلی خود به پایان می‌رسانم که اولی جنبه انتقادی و دومی جنبه مساعد دارد، ولی هیچ يك از آن دو کاملاً درست نیست. با آنکه این دو هیچ ارتباطی با آنچه تاکنون گفته شده و نیز با یکدیگر ندارد، هر دو به اندازه کافی چندان شایع شده است که لااقل دادن پاسخی را ایجاب می‌کند.

معدودی از خوانندگان متن نخستین من به این نکته اشاره کرده‌اند که من به کرات میان روش‌های بیان توصیفی و معیاری به پیش و پس رفته‌ام، و این انتقالی است که مخصوصاً در فقراتی بیشتر جلب توجه می‌کند که با جمله «ولی این کاری نیست که دانشمندان می‌کنند» آغاز می‌شود و با این که دانشمندان نباید چنین کنند پایان می‌پذیرد. بعضی از انتقادکنندگان نوشته‌اند که من توصیف (description) را با دستور (prescription) اشتباه کرده و به این حکم فلسفی پیوسته مورد احترام همه زمانها تجاوز کرده‌ام که: «هست» نمی‌تواند مستلزم «باید» باشد.^{۱۹}

این حکم، در عمل، حکم يك بازیچه را پیدا کرده و دیگر همه‌جا مورد احترام نیست. عده‌ای از فیلسوفان معاصر زمینه‌های مهمی را اکتشاف کرده‌اند که در آنها توصیفی و معیاری به صورتی ناگشودنی با هم آمیخته‌اند.^{۲۰} «هست» و «باید» به هیچ وجه هرگز آن اندازه که به نظر می‌رسد از یکدیگر جدا نیستند. اما هیچ توسل به موشکافیهای فلسفه زبانشناختی معاصر برای کشف کردن آنچه درباره این جنبه از وضع من مشوش به نظر می‌رسید، ضرورت ندارد. صفحات گذشته دیدگاه یا نظریه‌ای را درباره ماهیت علم عرضه می‌دارد، و همچون دیگر فلسفه‌های علم، این نظریه نتایجی دارد حاکی از این که دانشمندان برای آنکه در اشتغال خود کامیاب شوند، چگونه رفتاری می‌باید داشته باشند. هر چند، همچون هر نظریه دیگر، ضرورتی ندارد که درست باشد، شالوده‌شروعی برای «بایدها» و «شایدها»ی تکرار شده فراهم می‌آورد. برعکس، يك دسته از دلایل برای جدی گرفتن نظریه آن است که دانشمندان، که روشهای آنان تکامل پیدا کرده و برای

۱۹. برای یکی از چند مثال رجوع کنید به مقاله ب. ک. فیرابند (P. K. Feyerabend) در رشد شناخت.

۲۰. استانی کیول، آیا باید قصدی برای آنچه می‌گوییم داشته باشیم؟ (نیویورک، ۱۹۶۹)، Stanley Cavell, *Must We Mean What We say?*

کامیابی ایشان برگزیده شده، در واقع چنان رفتار می کنند که گویی نظریه می گوید باید چنان کنند. تعمیمهای توصیفی من دقیقاً بدان جهت دلیلی برای نظریه است که آنها را نیز می توان از آن استنتاج کرد، در صورتی که در نگرشهای دیگر طبیعت آنها رفتار ناهنجار را تشکیل می دهند. دوری بودن این برهان، به تصور من، از گونه دور باطل نیست. نتایج دیدگاه بحث شده با ملاحظات دربارۀ آنچه از آغاز بر آن قرار گرفته بود، به پایان نرسید. حتی پیش از آنکه این کتاب نخستین بار به چاپ رسید، به این حقیقت واقف شدم که بخشهایی از نظریه که این کتاب عرضه می کند، افزار سودمندی برای اکتشاف رفتار و تکامل علمی است. مقایسه این پینوشت با صفحات متن اصلی ممکن است ما را به این اندیشه بیندازد که به ایفای آن نقش ادامه می دهد. دیدگاه دوری محض نمی تواند فراهم آورنده این گونه راهنمایی باشد.

به آخرین واکنش نسبت به این کتاب، پاسخ من باید از گونه ای دیگر باشد. برای عده ای از کسان که از خواندن کتاب بهره ای گرفته اند، این بهره مندی بیش از آنچه مربوط به پرتوافکندن آن بر علم بوده باشد، مربوط به آن بوده است که نتایج بحثهای آن را قابل تطبیق بر میدانهای دیگر نیز یافته اند. من می دانم که منظورشان چیست و نمی خواهم مایه دلسردی آنان را در تلاشی که برای گستردن وضع کرده اند فراهم آورم، ولی واکنش آنان برای من به صورت يك معما درآمده است. تا آن جا که این کتاب تکامل علمی را به صورت توالی دوره های وابسته به سنتی مجسم می سازد که با بریدگیهای غیرانبوهشی از یکدیگر جدا شده اند، نتیجه گیریهای آن بدون شک کاربردپذیری گسترده دارد. ولی می بایستی چنین بوده باشد، بدان جهت که از میدانهای دیگر نیز چیزهایی وام گرفته است. تاریخنویسان ادبیات و موسیقی و هنر و رشد سیاسی و بسیاری از فعالیتهای دیگر بشری، مدتها است که موضوعات مورد بحث خود را به همین گونه توصیف کرده اند. تقسیم به دوره ها به میانجیگری برشهای انقلابی در سبک و ذوق و ساختار نهادی از جمله افزارهای استانده ایشان بوده است. اگر کار من از لحاظ مفاهیمی نظیر اینها جنبه اصالت داشته باشد، بیشتر به لحاظ مورد تطبیق قرار دادن آن ملاکها در مورد علوم است، چه پیش از این به صورت گسترده چنان تصور می شد که رشد علوم از راهی دیگر است. آشکارا مفهوم نمونه همچون يك دستاورد ملموس و يك مثالواره سهم دیگری از کار من در این زمینه است. مثلاً، گمان من آن است که، مقداری ازدشواریهای فراهم آمده در پیرامون مفهوم سبک در هنر به این گونه از میان برود که نقاشیها را بیش از آنکه محصولاتی فراهم آمده هماهنگ با قوانین مجرد سبک بدانیم، الگوبرداری شده از روی یکدیگر تصور کنیم.^{۲۱}

ولی هدف این کتاب نکته ای از گونه دیگر نیز بوده که آشکارا برای بسیاری از خوانندگان آن

۲۱. برای این نکات و نیز برای آگاهی یافتن از بحثی مفصل دربارۀ مختصات علم، رجوع کنید به ت. س. کوهن، «تفسیر [دربارۀ روابط میان علم و هنر]»، در تحقیقات مقایسه ای در فلسفه و تاریخ، یازدهم (۱۹۶۹)، ۱۲-۴۰۳.

T. S. Kuhn, «Comment [on the Relations of Science and Art,]» *Comparative Studies in Philosophy and History*.

کمتر قابل رؤیت مانده است. با آنکه تکامل علمی ممکن است شباهتی بیش از آنچه تصور می‌شود به تکامل در زمینه‌های دیگر داشته باشد، در عین حال به صورتی چشمگیر با آنها متفاوت است. مثلاً، گفتن این مطلب که علوم، لااقل در نقطه معینی از رشد و تکامل آنها، در راهی پیشرفت می‌کنند که میدانهای دیگر چنان نمی‌کنند، نمی‌تواند، با هر تفسیری که برای پیشرفت در نظر گرفته شود، گفته‌ای نادرست باشد. یکی از هدفهای این کتاب مطالعه این تفاوتها و آغازی برای بیان علت‌های آنها بوده است.

برای مثال تأکید مکرر شده پیش از این را درباره غیاب یا، چنانکه اکنون باید بگویم، ندرت نسبی مکتب‌های رقیب در علوم پیشرفته در نظر بیاورید. یا ملاحظات مرا در خصوص این امر که وسعت دامنه‌ای که اعضای يك جامعه علمی برای بحث‌های خود فراهم می‌آورند و تنها به مخاطبان و داوران کار آن جامعه اختصاص پیدا می‌کند، مورد تأمل قرار دهید. یا بار دیگر در خصوص ماهیت ویژه تعلیم و تربیت علمی درباره معماگشایی به عنوان يك هدف و در خصوص سیستمی که گروه علمی در دوره‌های بحران و گرفتن تصمیم رواج می‌دهد بیندیشید. این کتاب سیماهای دیگری از همین قبیل را جدا کرده است که لزوماً به علم تنها اختصاص ندارد، ولی مجموع به هم پیوسته آنها يك فعالیت جداگانه را معرفی می‌کند.

درباره همه این سیماهای علم هنوز مقدار فراوانی چیز هست که می‌بایستی آموخته شود. با نوشتن این پینوشت و آغاز کردن آن با تأکید درباره نیاز به تحقیق در خصوص ساختار جامعه‌ای علم، می‌توانم آن را با تأکید درباره نیازمندی مشابهی، و بالاتر از همه، برای تحقیق مقایسه‌ای جامعه‌های متناظر در میدانهای دیگر خاتمه دهم. چگونه فردی برای عضویت جامعه، خواه علمی و خواه جز آن، برگزیده می‌شود، و چگونه اعضای دیگر را برای عضویت برمی‌گزینند؟ فرایند و مراحل اجتماعی شدن در يك جامعه از چه قرار است؟ گروه به عنوان يك کل و روی هم رفته چه چیزها را هدف‌های خود می‌داند؟ چه انحراف‌های فردی یا گروهی را می‌تواند تحمل کند؛ و چگونه انحراف غیرمجاز را در تحت کنترل قرار می‌دهد؟ فهم کاملتری از علم وابسته به پاسخهایی است که به گونه‌های دیگر پرسشها باید وارد شود، ولی پهنه دیگری وجود ندارد که در آن انجام دادن کارهای بسیار زیادتری مورد نیاز باشد. شناخت علمی، همچون زبان، از لحاظ درونی یا ملك مشترك گروه است یا اصلاً هیچ چیز نیست. برای فهمیدن آن به دانستن خصوصیات ویژه گروه‌هایی که آن را به وجود می‌آورند و به کار می‌برند نیازمندیم.

واژگان فارسی-انگلیسی

معادل انگلیسی بعضی از کلمات فارسی که در متن کتاب آمده و ممکن است برای بعضی از مترجمان محترم کتابهای علمی سودمند باشد، در این جا آمده است.

coherence	انسجام		آ
isolation	انعزال	experiment	آزمایش
rigidity	انعطافناپذیری	experimental	آزمایشی
irreversible	انعکاسناپذیر	test	آزمون
motivation	انگیزش		ا
motive	انگیزه		
hydrostatics	ایستابشناسی	verification	اثبات صحت
electrostatical	ایستائبرقی	consensus	اجماع
statics	ایستشناسی	probabilistic	احتمالاتیگرانه
		empirical	اختباری
	ب	perception	ادراك، دریافت
recognition	بازشناسی	value	ارزش
stereotype	باسمه، باسمةای	standard	استانده
misconstruction	بدسازی	myth	اسطوره
impressionistic	برخاسته از تأثیر	persuasion	اقناع
approach	برداشت	theologian	الاهی، متکلم
electrification	برقش	theology	الاهیات، علم کلام
electromagnetism	برقاطیس	model	الگو
electromagnetic	برقاطیسی	trial	امتحان، آزمایش
electrician	برقگر	cumulative	انبوهشی
clue	برگه	abstract	انتزاع کردن
argument	برهان	resolution	انحلال
fundamental	بنیادی	ideology	اندیشه‌ورزی

tension	تنش	adiabatic	بی‌دررو
orientation	توجیه	baconianism	بی‌کی‌نگری
directed	توجیه شده		
description	توصیف		
			پ
		diffraction	پراش
		research	پژوهش
	ج	hindsight	پسبینی
sociological	جامعه‌شناختی	illusive	پنداری
corpuscule	جسمک، ذره	occult	پنهان، مرموز
corpuscularism	جسم‌کی‌گری	breadth	پهنا
impetus	جنبامیه	areas	پهنه‌ها
worldview	جهانبینی	pioneering	پیشسازی
cosmological	جهان‌شناختی	postscript	پینوشت
orientation	جهت‌یابی، توجیه		
			ت
	چ	impressionistic	تأثرانگیزه
challenge	چالش	historiographic	تاریخ‌نگارانه
challenging	چالش‌انگیز	experience	تجربه
scope	چشم‌انداز	abstraction	تجرید
density	چگالش، چگالی	analyst	تحلیلگر
		specialization	تخصص
	ح	deliberation	تدبیر
authority	حجیت و اعتبار	level	تراز
antiperistalsis	حرکت ضد‌مرمجب	concept	تصور، مفهوم
computer	حسابگر	generalization	تعمیم
legitimacy	حقانیت، مشروعیت	commitment	تعهد
truth	حقیقت	derivation	تفرع
verisimilitude	حقیقت‌نمایی، حقیقت‌مانندی	avocational	تفنی
		calendar making	تقویم‌نویسی
	خ	monography	تکنگاری، تکنگاشت
condenser	خازن (برقی)	monograph	تکنگاشت
superstition	خرافه	genetic	تکوینی
consciousness	خودآگاهی	integrity	تمامیت، درستی
autobiography	خودزندگینامه	undivided	تمرکز یافته

	ز	solipsism	خودگری
geocentric	زمین مرکزی	self-contradictory	خودمتناقض
		heliocentric	خورشید مرکزی
	ژ		د
depth	ژرفا	data	داده‌ها
		scientist	دانشمند
	س	integrity	درستی، تمامیت
structure	ساختار	intergroup	درون‌گروهی، درون‌گروه
organism	سازواره	isotropic	در همه جهت یکسانی
mechanism	سازوکار	achievement	دست‌آورد
tradition	سنت	prescription	دستور
aspect	سیما	manipulative	دست‌ورزانه
		manipulation	دست‌ورزی
		alteration	دگرگونی
	ش	arbitrary	دلیخواه، مَن‌عندی
fission	شکافت	circularity	دور، دوری بودن
knowledge	شناخت، معرفت، علم	viewpoint	دیدگاه
intuition	شهود		
intuitive	شهودی		
			ذ
		atom	ذره، اتم
	ص	atomism	ذریگری، اتمیگری
formulation	صورتهندی	subjectif	ذهنی
articulation	صورت‌بیانی		
formal	صوری		
			ر
		mystical	راز‌ورانه
		heuristic	راه‌یابانه
	ض	esoteric	رمزی، باطنی
counterargument	ضد‌برهان	chromatography	رنگنگاری
tacit	ضمنی	hydrodynamics	روانابشناسی
		electrodynamics	روانبرق
		version	روایت
	ط	methodological	روش‌شناختی
conception	طرز‌تصور	elucidation	روشنگری

alternative	گزینه	عرض صور	ع
		عرضه داشت	
	ل	علم‌هنجاری	
inert	لخت	عینیت	
	م	غیر عقلانی و غیر استدلالی بودن	غ
nature	ماهیت، طبیعت	irrationality	
theologian	متکلم، الهی		
self-contradictory	متناقض با خود، خودمتناقض		ف
counterinstance	مثال ضد	product	فرآورده
exemplary	مثال‌واره	process	فرایند
positivistic	مثبتگرانه	breakdown	فروریختگی
positivism	مثبتگری	innate	فطری
abstract	مجرد	dephlogisticated	فلوژیستونزدوده
paradox	محال‌نما	technology	فناوری
paradoxe	محال‌نما ساز		
scholastic	مدرسیگر		ق
scholastic	مدرسیگرانه	disciplinary matrix	قالب تعلیمی
scholasticism	مدرسیگری	polarization	قطبش
idiosyncrasy	مزاج و روحیه شخصی		
problem-solving	مسئله‌گشایی		
legitimacy	مشروعیت، حقانیت		لذ
materials	مصالح	application	کاربرد
knowledge	معرفت، شناخت، دانش	applicability	کاربردپذیری
jigsaw-puzzle	معمای آره کمانی	aberration	کجراهی
semantics	معنیشناسی	elastic	کشسان
normative	معیاری	tide	کشند (جزرومد)
notions	مفاهیم	gestalt switch	کلید چشم انداز
concept	مفهوم، تصور		
category	مقوله		گ
school; schools	مکتب، مکاتب	gravitation	گرانش
implications	ملازمات	thermodynamics	گرمانیر و شناسی
criterion	ملاک	statement	گزاره
concrete	ملسوس، عینی	selection	گزینش

	ه	coherent	منسجم
alloy	همبسته، آلیاژ	arbitrary	مین‌عندی، دلخواه
incommensurability	همسجشن‌پذیری	intergroup	میانگروهی، میانگروه
equivalent	همسنگ، معادل		
popular	همگانی		ن
popularized	همگانیده		ناهمسازگار
normal	هنجاری، بهنجار	incompatible	ناهنجاری
pneumatics	هواشناخت	anomaly	نسبیت
pneumatic	هواشناختی	relativity	نسبیتیگر
		relativist	نسبیتیگرانه
		relativistic	نگرش
	ی	view	نماد
unidirectional	یک‌جهته	symbol	نمادی
		symbolic	نمود (بدیده)
		phenomenon	نمود شناختی
		phenomenological	نمونه
		paradigm	نوافلاطونیگری
		neoplatonism	نوآور
		innovator	نوآوری
		innovation	نورابرقی
		photoelectric	نورشناخت
		optics	نهاده‌ها
		institutions	نهادی
		institutional	نیر و شناسی
		dynamics	
			و
		rebounding	واجهش
		vocabulary	واژگان
		fact	واقعیت
		divergent	واگرا
		divergence	واگرایی
		ontological	وجودشناختی
		ontology	وجودشناسی
		editorial	ویرایشی

