

آیا قوانین بنیادین فیزیک واقع نما هستند؟

اثر: دکتر علی پایا

استادیار دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران

(ص ۳۳ تا ۵۵)

چکیده

در سال ۱۹۸۳ یک خانم فیزیکدان و فیلسوف علم آمریکایی به نام پروفیسور ناسی کارترایت کتابی منتشر کرد با عنوان چگونه قوانین فیزیک دروغ می‌گویند؟ نکته اصلی که در این کتاب مورد بحث قرار گرفته بود آن بود که قوانین بنیادین فیزیک واقع نما نیستند و به کار پیش‌بینی‌های علمی نمی‌آیند. آنچه که در کاوش برای شناخت اسرار طبیعت واقعاً مددکار دانشمندان واقع می‌شود قوانین پدیدار شناسانه است و نه قوانین بنیادین. فیلسوف علم آمریکایی این دیدگاه را در آثار مکتوب بعدی خود که در طول دو دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ به چاپ رساند کم و بیش تکرار کرده و بر این نکته تأکید ورزیده که در حیطه‌ها و حوزه‌های مختلف علمی و حتی در بخش‌های مختلف واقع در درون قلمرو یک علم خاص مانند فیزیک ذرات بنیادی، قوانین پدیدار شناسانه و مدلهای متفاوتی مورد استفاده قرار دارند و این قوانین را نمی‌توان منبعث از یک یا چند قانون بنیادی به شمار آورد.

واژه‌های کلیدی: قوانین بنیادی، قوانین پدیدار شناسانه، مدل، تفسیر

مجازی، رئالیسم صدقی.

مقدمه:

آیا قوانین بنیادین فیزیک واقع نما هستند؟

در سال ۱۹۸۳ یک خانم فیزیکدان و فیلسوف علم آمریکایی به نام پروفیسور نانسی کارترایت کتابی منتشر کرد با عنوان چگونه قوانین فیزیک دروغ می‌گویند؟
(Nancy Cartwright, *How the Laws of Physics Lie?* Clarendon Press, 1983.)

مجموعه مقالاتی که در این مجموعه درج شده بود از سه نظریه کم و بیش خلاف عرف دفاع می‌کرد. این سه نظریه عبارت بود از:

(۱) توان تبیین کنندگی بارز قوانین بنیادین، استدلالی در دفاع از صدق آن‌ها به شمار نمی‌آید.

(۲) در واقع نحوه استفاده از این قوانین در تبیین امور، استدلالی بر کاذب بودن آن‌ها به شمار می‌آید. ما با استفاده از قوانینی که با فرض ثابت بودن سایر شرایط (*ceteris paribus laws*) در نظر گرفته شده‌اند، به وسیله ترکیب علل، و به وسیله تقریب‌هایی که آنچه را قوانین بنیادین می‌گویند بهبود می‌بخشند، تبیین را به انجام می‌رسانیم. در همه این موارد، قوانین بنیادین به نحو آشکاری واقع نما نیستند.

(۳) توهم صدق، ناشی از کاربرد یک مدل نامناسب برای تبیین است، مدلی که قوانین را به طور مستقیم به واقعیت مرتبط می‌سازد. من به عنوان بدیلی در برابر این تصویر متعارف، تفسیر دیگری از تبیین، موسوم به تفسیر مجازی *simulacrum* را پیشنهاد می‌کنم. راه از نظریه به واقعیت از مسیر مدل گذر می‌کند، و از مدل به قانون پدیدارشناسانه. قوانین پدیدارشناسانه به واقع درباره اشیا موجود در واقعیت صادقند - یا می‌توانند صادق باشند؛ اما قوانین بنیادین صرفاً درباره اشیا موجود در مدل صادقند (همانجا، صص ۳ و ۴).

کارترایت به منظور موجه ساختن دعاوی سه‌گانه خود شماری از استدلال‌های فلسفی را با نمونه‌های متعدد از مثال‌های برگرفته از موارد واقعی و عملی فعالیت‌های پژوهشی در حوزه فیزیک همراه ساخت و به این ترتیب استدلال قدرتمندی در دفاع از رهیافت مختار خویش ارائه داد.

این رهیافت تازه، در واقع الگوی جدیدی از رئالیسم علمی بود که برای آن نام "رئالیسم مصداقی" (Entity realism) انتخاب شده بود تا به تمایز میان آن و رهیافت سنتی‌تر در میان رئالیست‌ها موسوم به "رئالیسم صدقی" (truth realism). (در باب تفاوت میان رئالیسم صدقی و رئالیسم مصداقی نگاه کنید به مقاله نگارنده با عنوان "دفاع ابزارانگارانه از رئالیسم علمی" که در نشریه در دست انتشار گروه فلسفه دانشگاه تهران درج شده است. زمان تقریبی انتشار: زمستان ۱۳۷۸). تأکید شود. طرفداران رهیافت تازه (صرفنظر از تفاوت‌هایی که در دیدگاه هر یک با دیگری به چشم می‌خورد) در این نکته کلی مشترک بودند که برخلاف مدافعان دیدگاه سنتی‌تر که از صدق نظریه‌های علمی و واقع‌نمایی آن دفاع می‌کردند، به واقع‌نمایی نظریه‌های علمی باور نداشتند و تنها به واقعیت هوئیاتی که به وسیله این نظریه‌ها وضع شده بود قائل بودند.

کارترایت در نخستین اثر خود ضمن خرده‌گیری از رئالیسم صدقی، به نقد یکی از مهمترین براهین مورد استفاده در این رهیافت، یعنی استنتاج متکی به بهترین تبیین (Inference to the best explanation) پرداخت و تأکید کرد که بهترین شیوه دفاع از رئالیسم علمی بهره‌گیری از نتایج عملی علم و دستاوردهای مهندسی است و نه استدلالات فلسفی.

کارترایت متذکر شد که علیرغم انتقاداتش از یکی از روایات رئالیسم علمی، و با وجود شباهت‌هایی که بعضاً در رهیافت او (از حیث تأکید بر استفاده از مدل‌ها، و یا در خصوص قوانین) با رهیافت برخی از ضد رئالیست‌ها نظیر ون فراسن vanFraassen و پاتنم Putnam به چشم می‌خورد، او را نباید یک ضد رئالیست به شمار آورد. آموزه اصلی او آن است که رئالیسم علمی باید دعوی خود را به واقع‌نما بودن قوانین پدیدارشناسانه محدود سازد و از ادعای واقع‌نمایی برای قوانین

بنیادین دست بردارد:

"من می‌گویم که قوانین (بنیادین) فیزیک توصیفی حقیقی از واقعیت ارائه نمی‌دهند. این گفته طنینی ضد رئالیستی دارد. به واقع این چنین نیز هست، اما این دعوی را اینگونه تفسیر کردن گمراه‌کننده است. زیرا دیدگاه ضد رئالیستی در فلسفه علم به طور سنتی بر دو نوع است. ون فراسن مدافع جدید یکی از این دو نوع رهیافت ضد رئالیستی است؛ هیلاری پاتنم نماینده آن دیگری. ... اما ... من مخالفتی با هویت نظری ندارم؛ و فعلاً به این کاری ندارم که چگونه این نکته را در می‌یابیم که آنها به چه نحو عمل می‌کنند. آنچه موجب ناخشنودی من است، آن است که قوانین تبیین‌کننده درباره نحوه عمل این هویت چیزی نمی‌گویند. در واقع این بخشی از نقش تبیین‌کنندگی آنهاست که در این خصوص چیزی نگویند. هیلاری پاتنم... نیز معتقد است قوانین فیزیک امور واقع (فکت‌های) (Facts) مربوط به واقعیت را ارائه نمی‌دهند. اما این بدان جهت است که (به زعم او) هیچ چیز دیگر - حتی این گفته معمولی که شیرینی‌های درون اجاق گاز دارند می‌سوزند - نیز امور واقع مربوط به واقعیت را ارائه نمی‌دهد... من معتقدم که می‌توان این نکته را پذیرفت که بسیاری از گزاره‌های ما امور واقع مربوط به واقعیت را ارائه می‌دهند... تنها قوانین تبیین‌کننده بنیادین هستند که واقع‌نما نیستند." (همان مدرک پیشین، صص ۵۵، ۵۶)

"یک سنت دامنه‌دار (در علم) قوانین بنیادین را از قوانین پدیدار شناسانه متمایز می‌سازد، و برای قوانین بنیادین رجحان قائل می‌شود. قوانین بنیادین بخودی خود صادقند؛ قوانین پدیدار شناسانه تنها به اعتبار قوانین بنیادین برقرارند. این دیدگاه نماینده یک نظریه رئالیستی افراطی درباره قوانین بنیادین تئوری‌های تبیین‌کننده اساسی است. (بنابراین دیدگاه) نه تنها این قوانین صادقند (یا در صورتی که قوانینی درست و مناسب باشند صادق خواهند بود)، که در عین حال، به یک اعتبار از قوانین پدیدارشناسانه‌ای که به وسیله آنها تبیین می‌شوند، نیز صادق‌ترند. من بر

رأی خلاف پافشاری می‌کنم.» (همانجا، ص ۱۰۰)

کتاب کارترایت با واکنش‌های موافق و مخالف فراوانی همراه شد. شش سال بعد در ۱۹۸۹، فیلسوف علم آمریکایی کتاب دیگری منتشر ساخت با عنوان *ظرفیت‌های طبیعت و اندازه‌گیری آنها* (Nancy Cartwright, *Nature's Capacities* (and their measurement, Clarendon Press, 1989). در این کتاب، کارترایت دیدگاه‌های تازه خود را که تا حدودی در آنها، در قیاس با آرای قبلی، تغییر و تعدیل به عمل آورده بود مطرح کرد. او از جمله یادآور شد که در نظر دارد از نوعی رهیافت متکی به اصالت عمل‌ورزی (در مورد این دیدگاه فلسفی نگاه کنید به: Operationalism درآمدی تاریخی به فلسفه علم، ترجمه علی پایا، انتشارات سمت، تهران ۱۳۷۸). دفاع کند که ماهیت آن چنان است که در همان حال که به دیدگاه عمومی طرفداران اصالت تجربه (Empiricism) وفادار باقی می‌ماند، با پروژه هیومی مخالفت می‌ورزد (کارترایت، ۱۹۸۹، ص ۳) کارترایت یادآور شد که برای هیوم امور واقع علی جزئی (Singular causal facts) برحسب امور واقع علی ژنریک صادقند و امور واقع علی ژنریک نیز به نوبه خود قابل تحویل به نظم‌های مکرر هستند. به عبارت دیگر در نظر هیوم روابط علی در نهایت به مقارنه‌های مستمر در میان رویدادها قابل تحویل هستند. او اعلام کرد در برابر هیوم قصد دارد از قوانین (پدیدار شناسانه) علی دفاع کند، و به این منظور از مفهوم خاصه‌های بالقوه و ظرفیت‌ها (Dispositional properties and capcties) بهره می‌گیرد:

"این کتاب با دفاعی از قوانین علی آغاز می‌شود، ... علاوه بر مفهوم قانون علی، ما به مفهوم ظرفیت نیز نیاز داریم" (همانجا، ۱۸۹۸، ص ۱۴۱)

کارترایت در کتاب نخست خود، در خصوص بهره‌گیری از مفهوم توان علی (Causal Power) به منظور توصیف نحوه عمل قوانین به این دلیل که مخالف مذاق تجربه مسلکان بود تردید داشت:

"معرفی توان‌های علی در این عصر که دوره نوعی اصالت تجربه معتدل است،

نقطه شروع چندان ثمر بخشی تلقی نخواهد شد... اگر فرض شود که قوانین طبیعت امور واقع را توصیف می‌کنند، آنگاه روایت‌های فلسفی آشنا و دقیقی وجود دارد که توضیح می‌دهد چرا یک نمونه از امور واقع با تأیید این قوانین ارتباط پیدا می‌کند، و چگونه این قوانین به ما در خصوص آنچه که در طبیعت رخ می‌دهد دانش و اطلاع می‌دهند. هر تفسیر بدیلی در این خصوص که قوانین طبیعت چه می‌کنند و چه می‌گویند می‌باید لااقل به همین خوبی از عهده برآید؛ و هیچ یک از روایت‌هایی که من در خصوص توان علی می‌شناسم، نقطه آغاز خوبی به شمار نمی‌آیند. (کارترایت، ۱۹۸۳، صص ۶۱-۶۲)

اما در دومین تألیف خود، کارترایت، ظاهراً به مدل خرسندکننده‌ای دست یافته بود که در آن، با استفاده از مفهوم ظرفیت‌ها و خاصه‌های بالقوه و توان علی، نحوه عمل قوانین توضیح داده می‌شد.

"...من می‌خواهم توجه خود را بر روی مورد خاص علل و ظرفیت‌ها، و اینکه چرا به آنها نیاز داریم، متمرکز کنم. من معتقدم آنها بخشی از تصویر علمی ما از عالم به شمار می‌آیند، و نمی‌توان آنها را از این تصویر حذف کرد... من ادعا می‌کنم که قوانین (پدیدار شناسانه) فیزیک قوانینی درباره‌گرایش‌ها یا ظرفیت‌های پایدار هستند." (همان مدرک، ص ۱) البته کارترایت به این نکته توجه داشت که فیلسوفان طرفدار اصالت تجربه به دلالت دیدگاه فلسفی‌شان نمی‌توانند با هویت نامشهود نظیر خاصه‌های بالقوه یا گرایش‌ها یا ظرفیت‌ها موافق باشند. اما کارترایت برای موجه ساختن بهره‌گیری از این هویت، بر این جنبه تأکید کرد که می‌توان از این هویت در سنجش نظم‌های علی بهره‌گرفت:

"من معتقدم که مهمترین مسأله برای یک فیلسوف طرفدار اصالت تجربه می‌باید همواره عبارت باشد از مسأله آزمون کردن. بنابراین می‌باید سؤال کنیم: آیا ظرفیت‌ها قابل اندازه‌گیری هستند؟ اما این پرسش پیشاپیش پاسخ داده شده است،... من توصیف کردم که چگونه احتمالات، گروه‌های تعامل‌کننده و کنترل‌کننده، و آزمایش‌های برساخته شده در آزمایشگاه را، به منظور آزمودن دعاوی علی

به کار بریم." (همان مدرک، ص ۱۴۲)

کارترایت تأکید کرد که مفهوم خاصه‌های بالقوه و ظرفیت‌ها، به مراتب بهتر از مفهوم قوانین علمی می‌تواند مددکار فیلسوفان علم طرفدار اصالت تجربه باشد. این فیلسوفان با استفاده از این هویات به مراتب بهتر می‌توانند فرآیند علم تجربی را توصیف کنند:

"... تجربه‌گرایان خالص می‌باید به همان اندازه از قوانین ناخرسند باشند که از ظرفیت‌ها، و قوانین نقطه توقف نامناسبی به شمار می‌آیند. مشکل می‌توان آنها را پیدا کرد: چرا استثناء بردارند - خواه استثنای کوچک و خواه بزرگ؛ چرا تنها در مدل‌های ذهنی کار می‌کنند؛ چرا برای کاربرد آنها در واقعیت (به عوض دانشمند نظری) به یک مهندس نیاز است که واجد دانش خاصی از مواد واقعی باشد و لزومی ندارد که دارای یک ذهن فوق‌العاده نظری باشد. نکته اساسی (مورد نظر من) استدلال در این خصوص است که ما می‌باید وجود ظرفیت‌ها را بپذیریم، و امید من آن است که همین که آنها را مورد استفاده قرار دادیم، از شر قوانین رها می‌شویم. ظرفیت‌ها با هزینه متافیزیکی کمتر کار بیشتری برای ما انجام می‌دهند." (همانجا، ص ۸)

در دهه ۱۹۹۰ و سومین مرحله از تحول فکری خود، کارترایت، بار دیگر به سراغ قوانین بنیادین علم رفت، اما این بار به عوض آنکه لبه تیز نقد خود را متوجه واقع‌نمایی این قوانین سازد، به حمله به دعوی کلیت و فراگیری آنها پرداخت. در مقاله‌ای تحت عنوان "بنیادگرایی در برابر تصویر کثرت‌گرایانه از قوانین"

(Nancy Cartwright, "Fundamentalism vs. the Patchwork of Laws",

Proceedings of the Aristotelian Society, 1994, pp. 279-292)

کارترایت اعلام داشت:

"چند سال قبل من کتاب چگونه قوانین فیزیک دروغ می‌گویند را تحریر کردم. آن کتاب در نظر عامه به مثابه حمله‌ای به رئالیسم تلقی شد. امروزه فکر می‌کنم که در باره دشمن دچار خطا شده بوده‌ام: این رئالیسم نیست که باید با آن مبارزه کرد بلکه بنیادگرایی است. ... نمی‌توان علم تحصّلی را بدون استفاده از استقراء به انجام

رساند، و آنجا که بتوان پدیدارهای انضمامی را به نحو مجاز از یک الگوی انتزاعی استنتاج کرد، این پدیدارها به منزله نوعی مبنای استقرایی برای آن الگو عمل می‌کنند. چگونه قوانین فیزیک دروغ می‌گویند معتبر بودن این قبیل استنتاج‌ها، و در نتیجه حمایت تجربی برای قوانین انتزاعی را مورد تردید قرار داد. من هنوز بر این باورم که این قبیل استنتاج‌ها بطور کلی کم‌اعتبارند، اما این نکته‌ای نیست که در اینجا قصد پرداختن بدان را دارم. بنابراین اجازه دهید برای ادامه بحث، عکس مطلب را فرض کنیم: یعنی اینکه استنتاج‌های مورد اشاره به نحو قیاسی صحیحند و صرفاً از مقدمات صحیح بهره می‌گیرند. سپس با قبول اعتبار استنتاج‌های استقرایی مناسب، برای پای‌بند بودن به نظریه رئالیسم مربوط به قوانین مورد بحث، دلیل موجهی در اختیار داریم. اما این امر دلیلی بر آن نمی‌شود که بنیادگرا باشیم. پذیرش این نکته که یک قانون علمی - ولو یک قانون بنیادین فیزیک یا قانونی درباره به اصطلاح ذرات بنیادین صادق است، با قبول این نکته که این قانون کلی و عام است، یعنی در همه جا برقرار است و بر همه قلمروها حکومت می‌کند، تفاوت بسیار زیادی دارد." (کارترایت، ۱۹۹۴، صص ۲۸۱-۲۸۰)

هر چند کارترایت در رهیافت تازه خود، جنبه اصلی تاکید خویش را متوجه کلیت و فراگیری قوانین بنیادین کرده بود، اما در عین حال، همچنان واقع‌نما بودن این قوانین را نیز منکر بود:

"... ما هیچ در تجربه خود هیچ دلیلی برای آنکه قوانین - ولو بنیادی‌ترین قوانین فیزیک - را کلی و عام قلمداد کنیم، در اختیار نداریم. در واقع باید بگویم بخصوص در مورد بنیادی‌ترین قوانین فیزیک، اگر مقصود از آنها قوانین ذرات بنیادی است. زیرا ما ابداً هیچ دلیل استقرایی برای آنکه این قوانین را در خارج از محیط آزمایشگاه در مورد ذرات بنیادی صادق بدانیم، در دست نداریم. البته اگر اساساً چنین ذراتی موجود باشند." (همانجا، ص ۲۹۱)

نتیجه نهایی که کارترایت از استدلالات خود اخذ کرد آن بود که لازم است دانشمندان به عوض مدل متافیزیکی سنتی در خصوص علم تجربی، مدل

متافیزیکی تازه‌ای که وی آن را "کثرت‌گرایی قانونی متافیزیکی" (Metaphysical nomological pluralism) نامید، مورد استفاده قرار دهند. در این مدل در جای قوانین بنیادین و کلی که تبیین‌کننده قوانین پدیدارشناسانه بودند، چنان فرض شده بود که در هر بخش از طبیعت قوانین محلی و مستقلی در فعالیت بودند که با قوانین دیگر در بخش‌های دیگر ارتباط نداشتند و نه قابل تحویل به آنها بودند و نه قابل تحویل به قوانین بنیادین‌تر:

"کثرت‌گرایی قانونی متافیزیکی آموزه‌ای است دایر بر اینکه طبیعت در قلمروهای گوناگون به وسیله نظام‌های متفاوت از قوانین اداره می‌شود، نظام‌هایی که ضرورتاً با یکدیگر به هیچ شیوه سیستماتیک یا یکنواخت مرتبط نیستند: ارتباط آنها همچون ارتباط قطعات یک لحاف چهل تکه است." (همان مدرک، صص ۲۸۸-۲۸۹)

"من نه تنها می‌خواهم امکان تحویل (قوانین پدیدارشناسانه) را از بالا به پایین (به قوانین بنیادین‌تر) مورد چالش قرار دهم که امکان تحویل (این قوانین) را بطور عرضی (به قوانین در عرض خود) نیز منکر هستم." (همان مدرک، ص ۲۸۱)

رهیافت خاص کارترایت به قوانین بنیادین موضع معرفت‌شناسانه او را به مواضع ضد رئالیست‌هایی مانند لائودن (Laudan) و ون فراسن نزدیک می‌سازد. این دو تن که نمایندگان دو رهیافت ضد رئالیستی پرتأثیر به شمار می‌آیند، هر یک، به شیوه‌های خاص خویش، منکر کسب معرفت نظری (معرفت نسبت به جنبه‌های نادیدنی طبیعت) به وسیله علم تجربی هستند. لائودن با ابتناء بر آموزه‌ای که به استقرای بدبینانه (Pessimistic induction) موسوم است استدلال می‌کند که چون همه تئوری‌های موفق گذشته ابطال شده‌اند، نمی‌توان از معرفت نظری سخن گفت، چرا که از یک مجموعه گزاره‌ها و دعاوی نادرست، معرفتی حاصل نمی‌شود. ون فراسن نیز بر این رای پا می‌فشارد که درباره آن بخش از مدعیات نظریه‌های علمی که به جنبه‌های غیر قابل مشاهده طبیعت مربوط می‌شود می‌باید موضعی لادری اختیار کرد.

کارترایت ظاهراً در پاسخ به این انتقاد می‌تواند یادآور شود که وی در رهیافت

خاص خود اولاً مخالفتی با وجود هویت نظری ندارد، و بنابراین از این حیث موضعش با موضع فلاسفه ضد رئالیست متفاوت است. و ثانیاً منکر واقع‌نمایی قوانین پدیدارشناسانه محلی و موضعی نیست. تنها چیزی که نمی‌تواند بر آن صحنه بگذارد آن است که ما واجد معرفت عام و فراگیر در قالب قوانینی عام و فراگیر و بنیادین هستیم.

اما چنین به نظر می‌رسد که این پاسخ‌آنگونه که باید خرسندکننده نیست و برخی دشواری‌های جدی فلسفی را به همراه می‌آورد. یکی از مثال‌هایی که خود کارترایت در نخستین تألیفش در دفاع از اهمیت قوانین پدیدارشناسانه و رد ضرورت قوانین بنیادین مطرح ساخته بود، مربوط به پدیداری موسوم به میرایی یا استهلاک تشعشی (Radiative damping) است، که در آن اتم‌های برانگیخته و تحریک شده، به حالت اولیه خود باز می‌گردند و در این فرآیند از خود فوتون‌هایی تشعشع می‌کنند که تواترشان به تراز انرژی اتم تحریک شده بستگی دارد ($E_1 - E_2 = h\nu$). مشاهدات نشان می‌دهد که طیف نور فوتون ساطع شده در دستگاه طیفنگار (Spectroscope) یک خط بسیار باریک و تیز نیست بلکه دارای عرض محدودی است. فیزیکدانان در توضیح این پدیده به تأثیر میدان تشعشع بر روی اتم اشاره کرده‌اند. به این معنی که زمانی که اتم از حالت تحریک شده به موقعیت اولیه بازمی‌گردد یک کوانتوم انرژی به میدان تشعشع تابش می‌کند. ممکن است این انرژی تابش شده مجدداً به وسیله خود اتم جذب شود. واکنش میدان تشعشع بر روی اتم در این حالت موجب عریض شدن طیف نوری فوتون ساطع شده می‌شود. کارترایت توضیح می‌دهد که فیزیکدانان برای محاسبه میزان عریض شدن طیف نوری اتم شش مدل ریاضی متفاوت فراهم آورده‌اند که همگی از چارچوب کلی نظریه کوانتومی استفاده می‌کنند، اما هر کدام یک نوع معادله شرودینگر را که با معادله مورد استفاده در مدل دیگر تفاوت دارد، مورد استفاده قرار می‌دهند. هر یک از این مدل‌ها نیز به نوبه خود برای شرایط خاصی که با شرایط مدل‌های دیگر تفاوت دارد، مناسب است. (کارترایت، ۱۹۸۳، ۷۹-۸)

اما اگر مدل‌هایی که دانشمندان برای توضیح رفتار یک هویت خاص (در این مورد اتم‌های تحریک شده) به کار می‌برند با یکدیگر به کلی متفاوتند، در آن صورت چگونه می‌توان مدعی شد که این مدل‌های متفاوت همگی با یک هویت واحد سروکار دارند؟ کارترایت کوشیده تا در قالب نقد دعوی رئالیست‌های صدقی به این پرسش پاسخ دهد.

در دومین دهه قرن بیستم ژان پرن (Jean Perrin) فیزیکدان تجربی فرانسوی با دقتی اعجاب‌انگیز و با استفاده از سیزده روش تجربی کاملاً متفاوت که در هر یک قوانین پدیدارشناسانه مختلفی به کار گرفته شده بود، عدد آووگادرو (6×10^{23} یعنی شماره مولکول‌ها در یک مدل گرم از یک سیال) را مشخص سازد (پرن از جمله از حرکت براونی، تشعشع جسم سیاه، تفرق پرتو ایکس، استحاله ذرات آلفا و الکتروشیمی، برای تعیین عدد آووگادرو استفاده کرده بود). موفقیت پرن از یکسو وجود اتم‌ها را تثبیت کرد و از سوی دیگر صحت محاسبات نظری آووگادرو را تأیید نمود. کارترایت در خصوص دستاورد پرن می‌گوید:

"در نظر بسیاری، نحوه استدلال پرن نمونه‌اعلای الگوی استنتاج بر اساس بهترین تبیین است؛ و اعتبار این الگو را نمایش می‌دهد. من فکر می‌کنم که این قضاوت نوعی تشخیص نادرست درباره ساختار استدلال پرن است. پرن از استنتاج بر اساس بهترین تبیین، که در آن تبیین مشتمل است بر هر چیز از قوانین نظری گرفته تا توصیف دقیق این نکته که امر نیازمند تبیین چگونه به دست آمده است، استفاده نکرده. او به عکس از نوع مقیدتری از استنتاج، یعنی استنتاج محتملترین علت، بهره‌گرفته است. یک آزمایش خوب طراحی شده به این منظور بر ساخته می‌شود که به ما اجازه دهد خصوصیت علت را از خصوصیت مشهودترین معلوم‌هایش استنتاج کنیم."

نکته‌ای که کارترایت در مورد آزمایش‌های خوب طراحی شده می‌گوید البته کاملاً صحیح است اما پرسش اساسی این است که چه چیز دانشمندی را که یک سلسله آزمایش خوب طراحی شده با ساختارهای کاملاً متفاوت را به مورد اجرا

گذارده - آزمایش‌هایی که در هر یک از آنها خاصه‌های علی مختلفی از یک هویت غیر قابل مشاهده مورد استفاده قرار می‌گیرد - مجاز می‌دارد که مدعی شود در همه این آزمایش‌های متفاوت، با یک هویت واحد سروکار داشته است. به عبارت دیگر ملاک اینهمانی و وحدت مصداق در این آزمایش‌های متفاوت چگونه احراز می‌شود.

انتقادی که در بند پیشین مطرح شده مشابه نقدی است که به رهیافت دانشمندان و فلاسفه علم طرفدار علم ورزی (Operationalism) وارد می‌آید. این گروه از فلاسفه به اقتضای پرسشی بریجمن (Precy Bridgeman) فیزیکدان آمریکایی بر این باور بودند که هر کمیت فیزیکی به وسیله روشی که برای اندازه‌گیری آن ارائه می‌شود تعریف می‌گردد. به عنوان مثال تعریف طول براساس نحوه اندازه‌گیری آن به دست می‌آید. اما اینجا این سوال پیش می‌آید که اگر کسی طول را با استفاده از متر پارچه‌ای اندازه‌گیری کرد و دیگری با استفاده از تئودولیت، و سومی به مدد پرتو لیزر، در آن صورت بر مبنای آموزه بریجمن، سه تعریف متفاوت برای طول به دست می‌آید که نمی‌توان بسادگی و به طور سراسر در خصوص یکسان بودن آنها اظهار نظر کرد.

واقعیت آن است که آزمایشگران در آزمایش‌هایی که برای سنجش توان علی‌هویات به انجام می‌رسانند تنها در پرتو یک نظریه وحدت بخش می‌توانند از اینهمانی هویات مورد استفاده در این آزمایش‌ها سخن بگویند. مثال این آزمایشگران، مثال کسانی است که در تاریکی به اعضاء مختلف بدن فیل دست می‌مالیدند و هر یک از فیل شناخت خاصی حاصل کرده بودند. تنها در پرتو یک نظریه وحدت بخش است که می‌توان این شناخت‌های مختلف را شناخت از هویت واحدی قلمداد کرد.

برسش مهم دیگری که می‌توان برای کارترایت مطرح ساخت آن است که چرا می‌باید برخی از قوانین پدیدارشناسانه قادر باشند پدیدارهایی از جنس‌های گوناگون یا متشکل از عناصر متفاوت را تفسیر کنند و نحوه عملشان را توضیح

دهند. به عنوان مثال در سال ۱۹۰۸ ریتز Ritz فرمول کلی برای محاسبه خطوط طیفی شمار قابل توجهی از اتم‌های جدول تناوبی ارائه داد. این فرمول، فرمول‌های جزئی تری را که در گذشته به وسیله بالمر، پاشن، و لایمن پیشنهاد شده بود در خود جای داده بود. (فرمول‌های مورد بحث چنین بودند:

$$\text{Ritz: } k = 1 \setminus = R(1/m^2 - 1/n^2), n = 1, 2, 3, \dots; m > n.$$

$$k = \text{عدد موج} = \text{طول موج} \cdot R = 10967757.6 + - 1.2m^{-1}$$

$$\text{Lyman: } k = 1 \setminus = R(1/1^2 - 1/n^2).$$

$$\text{Balmer: } k = 1 \setminus = R(1/2^2 - 1/n^2).$$

$$\text{Paschen: } k = 1 \setminus = R(1/3^2 - 1/n^2).$$

توجه کنید که صرف متوسل شدن به ظرفیت‌ها و خاصه‌های بالقوه و مکانیزم‌های مولد (Productive Mechanisms) (توان علی) بدون استفاده از یک مقدمه مضمّر یا صریح در این خصوص که میان این مواد و عناصر مختلف، یگانگی ساختاری برقرار است، نمی‌توان این پدیدار و موفقیت فرمول وحدت بخش ریتز را توضیح داد. دقیقاً همین وحدت ساختار است که به دانشمندان اجازه می‌دهد تا قوانینی را پیشنهاد کنند که میان پدیدارهای به ظاهر متفرق وحدت ایجاد می‌کند. نیلزبور (Neils Bohr)، به عنوان مثال، با استفاده از مدل اتمی خود، و فرض همین وحدت ساختار، نه تنها توانست فرمول ریتز را به عنوان یکی از نتایج ارائه دهد، که در عین حال موفق شد معضل سری پیکرینگ (Pickering) متعارف زیمان را حل کند و اثر استارک (Stark effect) و اثر متعارف زیمان را (Zieman normal effect) توضیح دهد.

پاسخ به نکته دوم کارترایت نیازمند توضیح مفصل تری است. کارترایت چنانکه پیشتر اشاره شد طرفدار استفاده از مکانیزم‌های مولد و ساختارهای با توان علی موثر (Causally efficacious structures) و ظرفیت‌ها و گرایش‌ها و خاصه‌های بالقوه است. اما به نظر می‌رسد تفسیر خاص او از نقش و کارکرد این هوئیات و نحوه اعمال توان علی از سوی آنها، وی را به قرائتی ضد رئالیستی از قوانین بنیادین سوق داده

است. او در چگونگی قوانین فیزیک دروغ می‌گویند متذکر شده بود: "... قانون جاذبه عمومی نیوتن ادعا می‌کند که دو جسم واجد این توان هستند که نیرویی معادل Gmm'/r^2 تولید کنند. اما آن دو جسم همواره در اعمال این نیرو توفیق نمی‌یابند. (کارترایت، ۱۹۸۳، ص ۶۱) در مقاله سال ۱۹۹۴ خویش نیز در بحث از قانون دوم نیوتن یعنی $F=ma$ ، کارترایت یادآور شده بود، "اغلب ما که در یک فضای (با تلفی) بنیادگرایانه (نسبت به قوانین عام) پرورش یافته این رابطه به صورت یک سور کلی قرائت می‌کنیم: برای هر جسم در هر موقعیت، شتاب حاصل برابر است با نیرویی که به آن جسم در آن موقعیت اعمال می‌شود تقسیم بر جرم آن. من به عکس می‌خواهم این رابطه را، چنانکه معتقدم در مورد همه قوانین پدیدار شناسانه باید عمل کرد، به صورت قانونی قرائت کنم که با قید با فرض یکسان بودن دیگر شرایط همراه است.:: برای هر جسم در هر موقعیت، اگر چیز دیگری مداخله نکند، شتاب حاصله برابر خواهد بود با نیرویی که بر آن وارد می‌شود تقسیم بر جرم آن." (کارترایت، ۱۹۹۴، ص ۲۸۲)

رتالیست‌ها با تفاوتی که کارترایت میان سیستم بسته (محیط آزمایشگاه)، و سیستم باز (طبیعت آزاد) قائل است کاملاً موافقت: قید با فرض یکسان بودن دیگر شرایط تنها در سیستم‌های بسته می‌تواند برقرار باشد و در خارج از محیط آزمایشگاه که آزمایشگر کنترلی بر عوامل دخیل در آزمایش ندارد نمی‌توان از احراز آن اطمینان حاصل کرد. اما به نظر می‌رسد، تفسیر کارترایت از نحوه ظاهر شدن توان علی‌خاصه‌های بالقوه و ظرفیت‌های موجود در هیوات، به گونه‌ای غیر ضروری پیچیده و ناموجه است. در مقام مثال از تفسیر او چنین نتیجه می‌شود که الاغ مشهور بوریدان Buridan برای آنکه در دو جهت کشیده شود، عملاً می‌باید در هر دو جهت (بطور همزمان) به راه افتد! حال آنکه می‌توان تفسیری موجه‌تر از نحوه عمل این ظرفیت‌ها به دست داد. به این معنی که در مثال نیروی جاذبه، می‌توان این نکته را پذیرفت که هر دو جسم M و M' نیرویی بر یکدیگر وارد می‌آورند، صرف‌نظر از آنکه چه نیروهای دیگری بر هر یک از آن دو اثر می‌کند. کمکی که سیستم بسته به

آزمایشگر می‌کند آن است که به او اجازه می‌دهد تا این نیروی خاص را که میان این دو جسم اعمال می‌شود، اندازه‌گیری کند.

کارترایت در بخشی از مقاله سال ۱۹۹۴ خود ظاهراً این تفسیر را در مورد خاصه‌های بالقوه و ظرفیت‌ها می‌پذیرد: "ماهیت یک نیرو عبارتست از تولید شتاب به میزان مورد انتظار، این امر بدان معناست که به شرط یکسان بودن دیگر شرایط، این نیرو شتاب تولید خواهد کرد. اما حتی در زمانی که نیروهای دیگر نیز در کارند، این نیرو می‌کوشد تا همان شتاب را به وجود آورد. ... نسبت دادن یک نوع رفتار به ماهیت یک هویت، معادل مطرح ساختن این مدعاست که این رفتار، می‌تواند به خارج از قید به شرط یکسان بودن دیگر شرایط، صادر شود. هر چند که (در این حال) غالباً به صورت یک "گرایش" یا نوعی "کوشش" (ظاهر می‌شود). دامنه و گستره قابلیت صادر شدن متغیر است. برخی از ماهیات بسیار با ثباتند (در قلمرو گسترده‌ای کاربرد دارند)؛ برخی از دامنه بسیار محدودی برخوردارند." (همانجا، صص ۲۸۶-۲۸۷) اما کارترایت در ادامه، باز هم به همان موضع سابق بازگشته و مدعی شده است: "نکته اینجاست که نمی‌باید یک ماهیت با قلمرو گسترده را، با قبول عام قانونی که تحت قید به شرط یکسان بودن دیگر شرایط، کاربرد دارد، خلط کنیم. پذیرش این امر که نیروها به این گرایش دارند که شتاب تجویز شده را تولید کنند (و به واقع این کار را تحت شرایط مناسب انجام می‌دهند) با پذیرش این مطلب که رابطه $F=ma$ به نحو عام و کلی صادق است، تفاوت بسیار زیادی دارد." (همانجا) اما چرا باید به چنین تفاوتی قائل شد؟ چنانکه توضیح داده شد بنابر تفسیر رئالیست‌ها توان‌های علی، ظرفیت‌ها، و خاصه‌های بالقوه در همه جا فعال هستند و اثر خود را اعمال می‌کنند. اما در عمل و در درون سیستم‌های باز به دلیل حضور شمار بسیار زیادی از عوامل مختلف (نظیر توان‌های علی و ظرفیت‌های گوناگون) شرایط بسیار پیچیده‌ای به وجود می‌آید که تشخیص اثر یک عامل (توان علی یا ظرفیت) مورد نظر را دشوار و احیاناً غیر ممکن می‌سازد. اما دشواری تشخیص یک عامل به معنای عدم فعالیت آن عامل در شرایط سیستم باز (طبیعت آزاد) نیست. اگر قرار

باشد در درون سیستم‌های باز تاثیر یک یا چند عامل مورد نظر اندازه‌گیری شود نیاز به داشتن اطلاعات گسترده‌ای در خصوص شرایط اولیه و مرزی و نحوه عمل عوامل دیگر هستیم. به همین دلیل است که برای ساده کردن کار به سراغ سیستم‌های بسته (شرایط آزمایشگاهی) می‌رویم که در آنها قید به شرط یکسان بودن دیگر شرایط، برقرار است. این نکته که نظریه‌های کلی ما به ما اجازه می‌دهند در شرایط سیستم بسته، میزان تاثیر عوامل مورد نظر را اندازه‌گیری کنیم بی‌نهایت بسیار قدرتمندی است در خصوص صدق (تقریبی) نظریه‌ها از یک سو و فعالیت مستمر و دائم عوامل مورد نظر از سوی دیگر.

این نحوه تفسیر از نقش توان‌های علی و ظرفیت‌های موجود در طبیعت به ما امکان می‌دهد تا تبیین خرسندکننده‌تری از پدیده‌های طبیعی به دست دهیم. برای توضیح مطلب می‌توان از مثالی که خود کارترایت در مقاله سال ۱۹۹۴ خویش ذکر کرده استفاده کرد. کارترایت در بحث از یک اسکناس ۱۰۰۰ دلاری که در میدان سنت استفن به دست باد به اینسو و آنسو رانده می‌شود می‌نویسد:

"علم مکانیک هیچ مدلی برای این شرایط ارائه نمی‌دهد. ما احیاناً می‌توانیم حرکت این اسکناس را با استفاده از دینامیک سیالات تبیین کنیم، اما دینامیک سیالات بخشی از فیزیک بنیادین نیست. این رشته بخشی از مهندسی است. بنابراین، مهندسی و نه قوانین بنیادین، ابزار مناسبتری برای تفسیر پدیده‌ها ارائه می‌دهند." (همانجا، ص ۲۸۵-۲۸۳)

اما در پرتو آنچه گذشت می‌توان استدلال کرد که حرکت اسکناس ۱۰۰۰ دلاری برآیند عمل شمار زیادی از مکانیزم‌های مولد، توان‌های علی، و خاصه‌های بالقوه نظیر نیروی جاذبه نیروهای ترمودینامیک، الکترواستاتیک، و احیاناً عوامل دیگر است. البته، اگر قرار باشد تاثیر هر یک از این نیروهایی را که فرض کرده‌ایم مشاهده کنیم یا اندازه بگیریم، می‌باید اثر دیگر نیروها و عوامل را حذف کنیم. و به همین دلیل است که در بررسی فرضیه‌های خود نیاز به استفاده از شرایط آزمایشگاهی داریم. شرایطی که در آن می‌توان برخی عوامل را حذف کرد تا اثر برخی دیگر از

عوامل برجسته‌تر و مشخص‌تر گردد. اما هر نوع مداخله در نحوه عمل طبیعت و جرح و تعدیل در نیروها و عوامل مؤثر در آن، با استفاده از تصویری که نظریه‌های بنیادی در اختیار ما می‌گذارند به انجام می‌رسد. و فرض اساسی در کاربرد این نظریه‌ها آن است که هم در درون آزمایشگاه و داخل سیستم‌های بسته صادقند و هم در بیرون از آزمایشگاه و در درون سیستم‌های باز، به عبارت دیگر، برای این قبیل نظریه‌ها اعتبار کلی و عام در نظر گرفته می‌شود.

نکته‌ای که اشاره شده نیاز به توضیح دارد. اولاً، تأکید بر کلی و عام بودن نظریه‌های بنیادین به این معنی نیست که برای آنها صدق قطعی و یقینی قائل شده‌ایم. بلکه هر نظریه علمی، چنانکه فلاسفه علمی نظیر پاپر به تفصیل توضیح داده‌اند، چیزی نیست جز حدس و فرضی که ما برای فهم ساختار عالم پیشنهاد می‌کنیم و آن را به محک تجربه می‌زنیم. هر نظریه علمی می‌باید با تجربه درافتد، برخلاف نظریه‌های غیر علمی، مثلاً نظریه‌های متافیزیکی، در افتادن با عالم به این معناست که نظریه باید پیشاپیش شرایطی را مشخص سازد که در صورت وقوع آنها، نظریه ابطال می‌گردد. نظریه‌های کلی به این نیت پیشنهاد می‌شوند که برخی جنبه‌های مثبت را توضیح دهند. اما بسط معرفت نظری و تجربی، دانشمندان را به درک جنبه‌های تازه‌تری رهنمون می‌شود، که احیاناً از دید دانشمندی که نظریه قبلی را صورتبندی کرده بود، پنهان بود. توجه به این جنبه‌های جدید، به تلاش برای صورتبندی نظریه‌های فراگیر جدیدتر و با کفایت می‌شود.

ثانیاً، نکته مورد اشاره، برخلاف آنچه کارترایت مدعی شده، با فعالیت‌های مرسوم که در علم تحت عنوان "تقریب" (Approximation) و "ایده‌آل‌سازی" (Idealization) جریان دارد کاملاً سازگار است. قوانین بنیادین در علم یا به نحو مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند یا از طریق یکی از نظریه‌هایی که از آنها استنتاج شده است. به این اعتبار اغلب نظریه‌ها و قوانینی که فیزیکدانان مورد استفاده قرار می‌دهند، یعنی قوانین پدیدار شناسانه که کارترایت منکر تحویل پذیری آنها به یکدیگر و به قوانین بنیادین شده است، در واقع متکی به قوانین

بنیادی و قابل استنتاج از آنها هستند. در این خصوص دو جنبه را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

الف) ما یک قانون بنیادین در اختیار داریم و به واسطه موفقیت‌های آن در عمل از این اطمینان نسبی برخورداریم که این قانون کم و بیش در مسیر صحیح قرار دارد. در عین حال می‌دانیم نتایج دقیق حاصل از این قانون تنها در شرایط سیستم‌های بسته قابل مشاهده است. ما در به کارگیری این قانون در خصوص شرایط پیچیده و در هم تنیده طبیعت آزاد و سیستم‌های باز، از مدل‌های ایده‌آل شده‌ای استفاده می‌کنیم که جنبه اصلی آنها، همان جنبه‌هایی از طبیعت است که مورد علاقه ماست. از این گذشته ما با استفاده از روش تقریب همه جنبه‌هایی را که کمتر به غرض خاص ما ارتباط دارند کنار می‌گذاریم و یا از آنها صرف‌نظر می‌کنیم. به این ترتیب می‌کوشیم تا حد ممکن در شرایط سیستم باز، شرایطی مشابه آنچه را که در آزمایشگاه برقرار است ایجاد کنیم. نتیجه این شیوه آن خواهد بود که به روایتی از نظریه بنیادین اولیه دست می‌یابیم که نوعی "استنتاج تقریبی" (Approximate derivation) آن به شمار می‌آید. این نام‌گذاری مناسب است زیرا هر چند از فرض‌های ساده شده استفاده کرده‌ایم، اما همواره میان مدل ساده شده و نظریه اولیه جامع مشترکی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که به ما اجازه می‌دهد از "استنتاج" مدل از نظریه سخن به میان آوریم و ابطال پیش‌بینی‌های مدل را دلیل محکمی بر ابطال نظریه اصلی بگیریم.

این نوع "استنتاج" به نحو گسترده‌ای در علوم و مهندسی کاربرد دارد. سخن زیر که از یک کتاب مهندسی برق اخذ شده یک نمونه نوعی در این زمینه است:

"یک مسأله فیزیکی هیچگاه به نحو دقیق تحلیل نمی‌شود. این امر هم نتیجه ناتوانی ما در توصیف شرایط فیزیکی به نحو کامل است و هم ناشی از ازدیاد درجه پیچیدگی تحلیل به میزان بالا رفتن میزان دقت مورد نظر. ما به یک مسأله که مشتمل بر رویدادهای جهان واقعی است همواره با استفاده از فرض‌های ساده‌کننده‌ای که صرفاً به نحو تقریبی صادقند، برخورد می‌کنیم و به این وسیله مدلی از رویدادهای

مورد بررسی به وجود می‌آوریم،... رهیافتی مبتنی بر کسب راه حل‌های تقریبی برای این قبیل مسائل متشکل از دو مرحله است: ۱- ما دستگاه‌های فیزیکی را به صورت ایده‌آل در می‌آوریم. این کار را با تعریف یک مجموعه از عناصر اساسی با محدودیت‌های ولتاژ - جریان ایده‌آل آنها به انجام می‌رسانیم. این عناصر به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر می‌توانند تقریبی از مشخصه‌های واقعی دستگاه فیزیکی در محدوده ولتاژها و جریان‌های مورد علاقه، ارائه دهند. ۲- ما مجموعه به هم پیوسته‌ای از این عناصر را بسیار شبیه به همان حالتی که دستگاهها در مورد مسأله واقعی به یکدیگر مرتبند بوجود می‌آوریم، و فرض می‌کنیم قوانین کشف دقیقاً برای ولتاژها و جریان‌های موجود در این مجموعه به هم پیوسته از عناصر ایده‌آل شده ارضاء می‌شود. (A. Bose and K.Stevens, *Introductory Network Theory*,

MIT Press, 1965) نمونه‌ها و موارد بسیار زیادی را می‌توان از کاربرد این نوع روش استنتاج تقریبی در مورد قوانین بنیادین شاهد مثال آورد. نمونه زیر، یک مثال بسیار ساده از این قبیل موارد است: در تعیین دوره گردش (پریود) زمین به دور خورشید، از نیروهایی که به وسیله دیگر سیارات منظومه شمسی بر زمین و خورشید وارد می‌شود صرف‌نظر می‌گردد و تنها تأثیر زمین و خورشید بر روی یکدیگر در نظر گرفته می‌شود. به علاوه فرض می‌شود که میدان جاذبه در میان این دو کره یکنواخت است. مدار گردش زمین و خورشید را به دور مرکز جرم مشترک خویش دایره کامل فرض می‌کنیم و خورشید را در حال سکون در نظر می‌گیریم. به علاوه فرض می‌کنیم که صفحه گردش زمین به دور خورشید همواره ثابت باقی می‌ماند. دو کره را نیز به صورت جرم‌های نقطه‌ای M و m در نظر می‌گیریم. با استفاده قوانین مکانیک می‌توان رابطه ذیل را نوشت: $Gmm/(R+r^2)=mw^2r$. می‌توان با فرض $R \gg r$ و بنابراین صرف‌نظر کردن از R ، رابطه به دست آمده را باز هم ساده‌تر کرد، یعنی: $Gm = w^2r^3$. از اینجا رابطه مورد نظر به دست می‌آید که عبارت است از:

$$T^2 = 4\pi^2 r^3 / GM$$

ب - در نوع دوم از تقریب ما در مدل اصلی تغییراتی اعمال می‌کنیم تا آن را به

شرایط واقعی نزدیکتر کنیم. در اینجا برخلاف حالت قبل ممکن است تغییراتی که در مدل داده می‌شود، آن را بسیار پیچیده‌تر کند. یک نمونه از این نحوه فعالیت که در مهندسی و تکنولوژی کاربرد بسیار زیادی دارد و از قضا به وسیله خود کارترایت به تفصیل بحث شده (کارترایت، ۱۹۸۳، ص ۱۰۷-۱۱۲)، یک دستگاه آمپلی فایر است که با استفاده از یک نقشه کلی که با کمک آموزه‌های مهندسی الکترونیک تهیه شده، ساخته می‌شود. اما وقتی همه اجزای دستگاه نظیر سلف‌ها و خازن‌ها و مقاومت‌ها و ترانزیستورها و ... که بر مبنای محاسبات نظری مقادیرشان تعیین شده، در جای خود قرار گرفتند، در اکثریت قریب به اتفاق موارد دستگاه کار نمی‌کند. دلیل این امر آن است که محاسبات بر مبنای مدل‌های ایده‌آل صورت گرفته‌اند، حال آنکه عناصر واقعی که با مواد شیمیایی مختلف ساخته شده‌اند عیناً مشابه نمونه‌های ایده‌آل عمل نمی‌کنند. در این قبیل موارد یک مهندس یا تکنیسین خبره که از شم لازم برخوردارست می‌تواند با اعمال تغییراتی در عناصر مدار و کم و زیاد کردن مقادیر آنها و یا اضافه و کم کردن برخی عناصر، دستگاه را به کار اندازد. نکته حائز اهمیت در این میان آنکه هر چند در مهندسی و تکنولوژی عموماً از قوانین بنیادین استنتاج شده‌اند. این امر نیز چنانکه از سخن زیر که برگرفته از همان کتاب مقدماتی در مهندسی برق است، بر می‌آید، نکته‌ای است که مورد توافق همه دست‌اندرکاران امور علمی است:

"هیچ دستگاه فیزیکی وجود ندارد که برای آن روابط ولتاژ جریان با روابطی که ما برای عناصر ایده‌آل مدار نظیر مقاومت‌ها، سلف‌ها یا خازن‌ها تعریف می‌کنیم، همانند باشد. ... نظریه شبکه‌ها (که نظریه‌ای پدیدارشناسانه است) نظریه‌ای است که با مطالعه مدل‌ها، یعنی عناصر ایده‌آل و منابع و ارتباط آنها با یکدیگر سروکار دارد. به این اعتبار این نظریه، مسائل مربوطه به ... فراهم آوردن یک تفسیر فیزیکی برای متغیرهای ولتاژ و جریان که رفتار مدل‌های شبکه را توصیف می‌کند، در بر نمی‌گیرد. این قبیل مسائل نیازمند کاربرد مفاهیم مربوط به میدان الکترومغناطیس هستند. ... تنها پس از یک چنین مطالعه‌ای است که ما قادر خواهیم بود این نکته را

موجه سازیم که چرا و در چه هنگام مدل‌های شبکه راه حل‌های مفیدی در تحلیل مسائل فیزیکی ارائه می‌دهند." (همان مدرک یادداشت شماره ۴۶، صص ۲-۳. تأکید (ایرانیک) از ماست)

این نحوه اتکای قوانین پدیدارشناسانه به قوانین بنیادین، چنانکه تأکید شد در همه حوزه‌های علمی رواج دارد و در همه جا محققان می‌کوشند تا قوانینی را که احیاناً به شیوه سعی و خطا یافته‌اند و در قلمروهای محدودی کاربرد دارند، در درون نظریه‌های عام‌تر درج کنند و از این رهگذر به فرآیند وحدت بخشی علم مدد رسانند. به عنوان نمونه در همان زمان که شیمی دانان با بهره‌گیری از قوانین پدیدارشناسانه مربوط به پیوندهای بین اتم‌ها به بررسی نحوه واکنش‌های شیمیایی اشتغال دارند، همکاران آنان که رویکردی نظری‌تر دارند، در تلاشند تا این قبیل قوانین را به شیوه‌های "تقریبی" از همان سنخ که توضیح داده شده، از نظریه کوانتوم الکترو دینامیک QED "استنتاج" کند.

ریشه مخالفت کارترایت با قوانین بنیادین علم را باید در پیش فرض‌های اساسی دیدگاه‌های نظری او جستجو کرد. او از یکسو با شعار "علم همان (فعالیت) اندازه‌گیری است" (کارترایت، ۱۹۸۹، ص ۱) به شیوه ضد رئالیست‌ها معرفت علمی را با معرفت کاربردی و تکنولوژیک و مهندسی یکی می‌گیرد. و از سوی دیگر، بر مبنای یک مدل متافیزیکی خاص، مدعی می‌شود که در عالم صرفاً نظم‌های محلی و در محدوده‌های کوچک برقرار است و مکانیزم‌های مولد و هویتی که دارای توان علی هستند در قلمروهای محدودی رفتار مشابه و قانون پذیر از خود ظاهر می‌سازند و نمی‌توان از نظم‌های کلی و یا هویتی با خاصه‌های ثابت Invariant که در همه جا مسئول شکل دادن به پدیدارها هستند، سخن به میان آورد.

نتیجه‌گیری:

این هر دو پیش فرض رانمی‌توان بدون بررسی نقادانه، به عنوان اقوالی صادق، اختیار کرد. فرض اول قابل قبول نیست زیرا معرفت علمی (نظری) و معرفت

تکنولوژیک و کاربردی از دو سنخ متفاوتند که گرچه لازم و ملزوم یکدیگر به شمار می‌آیند و هر چند که ترسیم مرزی دقیق میان آن دو ممکن نیست، اما در عین حال اما یکی دانستن آن دو نیز موجه نیست. زیرا اولاً هدفی که در هر یک از این دو حوزه دنبال می‌شود با هدف آن دیگری متفاوت است. هدف معرفت نظری فهم عالم و شناخت جنبه‌های ناشناخته طبیعت است، در حالیکه هدف معرفت تکنولوژیک و کاربردی تسلط بر طبیعت کنترل و پیش‌بینی پدیده‌های آنست.

علاوه بر تفاوت در هدف و غرض، این دو حوزه از حیث معیارهایی که برای سنجش و ارزیابی پیشرفت مورد استفاده قرار می‌دهند با یکدیگر تفاوت دارند. در معرفت نظری، معیار پیشرفت نزدیک شدن به حقیقت نهایی و کشف رازهای نهایی عالم طبیعت است. حال آن‌که در مهندسی و تکنولوژی ملاک پیشرفت تولید و ساخت وسایل و تجهیزات و دستگاه‌های دقیقتر، با کفایت‌تر و مؤثرتر است، و همه این موارد در زمره معیارهای پراگماتیستی به شمار می‌آیند.

از این گذشته این دو حوزه در روش‌ها نیز با یکدیگر تفاوت دارند. در علم شیوه انقلابی عرضه هر چه بیشتر فرض‌های جسورانه و تلاش برای ابطال آنها پیشنهاد می‌شود. در مهندسی و تکنولوژی به عکس نهایت اهتمام صورت می‌پذیرد تا محصولات نهایی از هر حیث کامل و بی‌نقص باشند و بنابراین روحیه و رهیافت محافظه‌کارانه و محتاطانه ترویج می‌شود. انفجار سفینه‌ای نظیر شاتل یا سقوط یک پل یا بد عمل کردن کامپیوتری که یک شبکه عظیم را اداره می‌کند، از دیدگاه فعالیت‌های تکنولوژیک رخدادهایی بسیار خسارت‌بار است که می‌باید حتی المقدور از آنها پرهیز شود.

نوع معرفت نظری علمی و معرفت تکنولوژیک و مهندسی نیز با یکدیگر تفاوت دارد. معرفت نظری از خاصیت انباشتی بودن و ازدیاد تدریجی برخوردار است. دانش نظری نسل‌های گذشته که در کتاب و اسناد برجای مانده مضبوط است قابل احیا شدن و فراگیری است. این امری است که مورخان علم با آن به خوبی آشنا هستند. در عوض معرفت‌های تکنولوژیک و مهندسی عموماً از نوعی هستند که

مایکل پولانی Michael Polanyi به آن نام "معرفت شخصی"، یا "معرفت ضمنی" (Tacit knowledge) را داده بود و بیشتر از ماهیت نوعی شمه و قابلیت و شگرد و تکنیک برخوردارند که در نوعی ارتباط استاد و شاگردی انتقال می‌یابد و با از بین رفتن یک حلقه ارتباط، یا سپری شدن دوران نوعی تکنولوژی خاص، آن نوع شگرد و دانش فنی نیز از یاد می‌رود و منسوخ می‌گردد و اعاده آن غیر ممکن می‌شود.

پیش فرض دوم کارترایت دایر براینکه: "طبیعت در قلمروهای مختلف به وسیله سیستم‌هایی از قوانین مختلف اداره می‌شود." به وضوح آموزه‌ای متافیزیکی است و اظهار آن از سوی فیلسوفی که مدعی پیروی از مشی مدافعان اصالت تجربه است و تأکید دارد که به عنوان معرفت تنها آنچه را که قابل اندازه‌گیری است می‌پذیرد، تعجب برانگیز است. اما صرف‌نظر از اینکه موجه ساختن این آموزه با اعتنا به موازین اصالت تجربه (استقراء از موارد جزئی) امکان پذیر نیست، این پرسش را می‌توان مطرح کرد که آیا این آموزه، اساساً در قیاس با آموزه متافیزیکی رقیب که از قوانین عام و کلی و نظم‌های فراگیر دفاع می‌کند، مطلوب‌تر است یا نه.

پاسخ به این پرسش در گرو یافتن پاسخی خرسندکننده برای این سؤال اساسی است که: "به منظور آنکه معرفت ما از عالم نه تنها امکان پذیر گردد، بلکه رشد آن نیز حداکثر شود، عالم چگونه می‌باید باشد؟" اما پرسش اخیر که مشابه پرسشی است که کانت در فلسفه نقادانه‌اش برای یافتن جواب آن کوشش کرده بود، خود چنان بنیادین است که عرضه پاسخی در خور برای آن در مجال تنگ مقابله حاضر میسر نیست و می‌باید در نوشتاری مستقل بدان پرداخت (رک: مقاله در دست انتشار نگارنده با عنوان "نقش اصول فلسفی در رشد معرفت علمی").