فلسفهٔ علم، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ـ پژوهشی)، سال نهم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ۹۵–۱۲۳

تقلیل و برآیش در فلسفه شیمی: مروری نقادانه

مرتضی شریفی*

چکیده

اخیراً در مطبوعاتِ فلسفه‌ی علم، مقوله‌ای تحت عنوان «فلسفه شیمی» به چشم می‌خورد. بخشی از آثار به طبع رسیده در این مقوله، به بیان ظرفیت‌های علم شیمی برای فلسفه‌ی علم و لزوم توجه فلاسفه‌ی علم به علمِ شیمی اختصاص دارد. مسئله‌ی تقلیل (Reduction) و برآیش (Emergence) از مسائل فلسفه علم است که در فلسفه شیمی نیز محل بحث است و آرایی در بیانِ اهمیتِ علم شیمی در بررسی آن‌ها به چشم می‌خورد. در این مقاله، به‌نقد و بررسی برخی از این آرا می‌پردازیم. در این میان، به معرفی و بررسی مفاهیمِ "پیچیدگی وجود شناسانه" و "پیچیدگی معرفت‌شناسانه" و رابطه‌ی آن‌ها باهم می‌پردازیم. معتقدیم خلط بین این دو مفهوم در بخشی از این آرا، موجباتِ شکل‌گیری مغالطه‌ای پنهان شده است. موضعِ خود را در این مورد بیان کرده، سعی می‌کنیم با ارائه مورد کاوی هایی درزمینه تقلیل و برآیش در علوم، از آن پشتیبانی کنیم.

کلیدواژه‌ها: تقلیل، برآیش، فلسفه‌ی شیمی

مقدمه

بعد از ظهورِ یک جریان در جامعه‌ی فکری بشر در علم، فلسفه، هنر و غیره، طرفداران آن جریان، به معرفی و بیان ظرفیت‌ها و لزوم توجه مردم به آن جریان می‌پردازند. تقریباً ۲۵ سال از ظهور رسمی جریان فلسفه شیمی می‌گذرد و دور از انتظار نبود که بخشی از مطبوعاتِ تحتِ این مقوله، به معرفی فلسفه شیمی و بیانِ ظرفیت‌های آن برای فلسفه علم

* کارشناس ارشد فلسفهٔ علم، دانشگاه صنعتی شریف، sharifimoghaddamm@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٤/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۲۹

Copyright © 2018, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose

بپردازند. برخی دست به ترسیمِ تصویری کلی ازآنچه فلسفه شیمی قلمداد می‌کردند، زدند (Brakel, 2000)(Brakel, 2014) (Schummer, 2006) برخی معتقد بودند که فلسفه شیمی نادیده گرفته‌شده و به بیان علل نادیده‌گیری آن پرداختند. (Brakel, 1999) (Brakel, 2006) برخی در حکمِ تقلیل یافتن شیمی به فیزیک که زمانی تقریباً بدیهی قلمداد می‌شد تشکیک کردند، (Primas, 2004) (Scerri, 2008) (Scerri, 2012) (Brakel, 2000)، برخی به لزوم توجه به علمِ شیمی در موضوع‌هایی نظیر اخلاقِ علم (Schummer, 2001)، مسئله‌ی تبیین (Early, 2003) (Del Re, 2003) (Fisher, 2003) (Goodwin, 2003)، رئالیسم علمی (Scerri, 2000) (Woolley & Sutcliffe, 2012) فلسفه‌ی ذهن (Early, 2008)، ذات‌گرایی علمی (Weisberg, 2006)، تقلیل و برآیش (Luisi, 2002) (Manafu, 2014) (Scerri, 2008) (van Brakel, 2006) (Early, 2008) تأکید داشتند که البته مجالِ احصاء تمام موارد نیست.

در این مقاله به بررسی آرای مانافو (Manafu)، اسکری (Scerri) و مک اینتایر (McIntyre) در مورد اهمیت و نقشِ علمِ شیمی در مطالعه‌ی موضوعِ تقلیل و برآیش در فلسفه‌ی علم می‌پردازیم. (Manafu, 2014) (Scerri & McIntyre, 2008).

مقاله به ۷ بخش تقسیم‌شده است: در بخش ۱، به مقدمات بحث می‌پردازیم: مروری داریم بر دو موضعِ تقلیل‌گرایی و بر آیش گرایی. از مسئله ی تقلیل شروع می کنیم، حدود این مفهوم را روشن کرده، سعی می کنیم تصویر کلی از بحثهای در گرفته حول این موضوع در فلسفه شیمی ارائه دهیم. با تکیه بر پیش فرضِ فیزیکالیسم، پلی می زنیم بر مسئله ی برآیش و سعی می کنیم حدود این مفهوم را نیز روشن کنیم. آنگاه به رابطه ی این دو مفهوم با مسئله ی وحدت و تکثر گرایی در علم اشاره می کنیم. در بخش ۲، اشاره داریم به ظهور رسمی فلسفه شیمی و مطبوعاتِ آن درباره ی مسئله ی تقلیل و برآیش را در دو دسته جای می دهیم. دسته ای از این آثار، به بیان نقش علمِ شیمی در مسائل فلسفه علم می پردازد. گزارشی از آراء موردِ نقدمان که در این دسته قرار دارد، ارائه می دهیم. هدف اصلی این آراء، بیان نقشی "ویژه" برای علم شیمی در مطالعه تقلیل و برآیش در فلسفه علم است. صفاتِ "کمیت پذیرتر"، "اندازه پذیرتر" "آزمایشپذیرتر"، بودنِ خواص شیمیایی و "فراوانی مثال های تقلیل و برآیش" و " وابستگی مستقیم وجود شناسانه ی شیمی به فیزیک" ، "اولین مثال و بهترین مثال تقلیل یک حوزه به حوزه دیگر" از مهمترین مواردی است که در این آرا در بیانِ نقشِ "ویژه" علمِ شیمی در مطالعه ی مسئله تقلیل و برآیش بر آنها تکیه شده است. در بخشِ ۳، مفهومِ "کمیت پذیری" را بررسی کرده، نشان

می دهیم معنای محدودی از آن در نظر گرفته شده است در صورتی که در مطالعه ی تقلیل و برآیش در علم معنای وسیعتری از آن لحاظ می شود. در بخش ٤، این حکم که " تقلیل شیمی به فیزیک اولین و بهترین مثال تقلیل یک حوزه به حوزه ای دیگر است" را نقد می کنیم. به نظر ما این حکم، تکیه بر یک مرزبندی دلبخواه دارد. در بخش ۵ نشان می دهیم که نه فقط در شیمی، بلکه در فیزیک و زیست شناسی نیز بی شمار مثال از تقلیل و برآیش وجود دارد. در بخش ٦، تمایزی بین معنای" پیچیده گی معرفت شناسانه" و "پیچیده گی وجودشناسانه" ارائه می دهیم و معتقدیم عدم توجه به این تمایز، موجباتِ شکل گیری مغالطه ای شده است. برای پشتیبانی از موضعِ خود، مورد کاوی هایی از علوم ارائه می دهیم و در بخش ۷ به نتیجه گیری می پردازیم.

بخش ۱. مقدماتِ بحث

سامانه‌ای متشکل از nجزء در نظر بگیریم که این اجزا هرکدام دارای خواصی هستند مانند $p_1 \dots p_n$ که مجموعه آنها را ب می نامیم. فرض کنیم پدیده‌ای مانند الف در این سامانه مشاهده شود. می‌گوییم الف به ب تقلیل پیدا می‌کند هرگاه بتوان الف را از ب استنتاج کرد. دستگاه استنتاجی ، شامل زبان، و قواعد استنتاج و اصول موضوعه است. در علم، زبان این دستگاه شامل مفاهیم علمی است، قواعد استنتاج شامل قواعد ریاضی و منطقی و اصول موضوعه غالبا همان قوانین علمی هستند. در علم عموما این دستگاه را "نظریه" می نامیم.

نظریه‌ی الف به نظریه‌ی ب تقلیل(جزئی) می‌یابد هرگاه تمام(بخشی از) قوانین یا اصول موضوعه الف را بتوان از قوانین یا اصول موضوعه ب استنتاج کرد. تلاش نیوتن برای استنتاج قوانین کپلر از قوانین مکانیکِ خود را می‌توان مصداقی از این وجه از تقلیل دانست.این وصف از تقلیل، با نامِ ارنست ناگِل (Nagel) گره خورده و البته غیرواقع گرایانه است زیرا در زیست‌شناسی و شیمی، قوانین، نظریه و اصول موضوعه به معنایی که در فیزیک از آن‌ها سراغ داریم، وجود ندارد هر چند در فیزیک نیز مشکلاتی پیشِ روی تقلیلِ ترمودینامیک کلاسیک به ترمودینامیک آماری، اپتیک موجی به اپتیک هندسی، مکانیک نیوتنی به مکانیک نسبیتی، مکانیک کوانتومی به مکانیک نیوتنی وجود دارد.[۱]

در مطبوعاتِ فلسفه ی شیمی در موضوعِ تقلیل، عمدتا بحث در موردِ مبنای مفاهیم تبیین گرِ شیمی در نظریه های فیزیک بخصوص نظریه کوانتوم است. مفاهیمی مانندِ پیوند شیمیایی، (Chemical Bond) الکترونگاتیویته، (Electronegativity) ایزومری ساختاری و

فضایی (Configurational and Stereoisomer)، ساختار شیمیایی(Chemical Structure)و غیره. برای مثال، مفهومِ "ساختار شیمیایی" به معنای آرایش فضایی اتم‌ها در یک مولکول، یون یا رادیکال است. این مفهوم با نظریه‌ی ساختار شیمیایی ککوله، (Kekule) در اواخر قرن ۱۹ معرفی شد. این مفهوم در امر آموزش شیمی، تبیین پدیده‌های، نقش اساسی دارد. در بررسی مبنای مفهوم ساختار شیمیایی در کوانتوم شیمی، می‌توان نشان داد که اپراتور همیلتونی (Hamiltonian Operator) برای ایزومرهای ساختاری ممکن برای یک فرمول مولکولی، تفاوتی باهم ندارند و درنتیجه معادله ی شرودینگر برای این ایزومرهای ساختاری، یکسان است. بر این اساس، برخی بر این عقیده رفتند که مفهومِ ساختار شیمیایی، از اساس در مکانیک کوانتومی وجود ندارد و این استفاده از تقریب است[۲] که مفهومِ ساختار را واردِ محاسبات می‌کند (Woolley, 1978) و نیز برخی پدیده‌ی ناهمدوسی کوانتومی(Quantum decoherency)[۳] را دخیل در بروزِ ساختار شیمیایی دانستند (Scerri, 2011).

اما اهمیت تقلیل شیمی به فیزیک چیست ؟ تقلیل شیمی به فیزیک گامی است به سمتِ وحدت علوم و رویای نظریه‌ی همه‌چیز! موفقیت‌های کاربردِ مکانیک کوانتوم در شیمی نویدبخش دست‌یابی به آن رؤیا بود: لینوس پائولینگ ((Linus Pauling، کاربرد مکانیک کوانتوم در شیمی را باب کرد؛ هایتلِر(Heitler) و لندن(London) مکانیک کوانتوم را در مدل کردن اتم هیدروژن را بکار بردند؛ این کاربردها در مواردی مانند پیش‌بینی زوایای پیوند مولکول‌ها و میزان پایداری و واکنش‌پذیری مولکول‌های ساده موفق بود. این موفقیت‌ها باعث شد برخی شیمی را به فیزیک تقلیل یافته بدانند: در کتابی درسی آمده بود: «تا جایی که مکانیک کوانتوم درست باشد، پرسش های شیمی، مسائلی هستند در ریاضیات کاربردی»؛ (Brakel, 2000, p. 120) رایشنباخ (Reichenbach) زمانی گفت: «امروز می‌توان گفت شیمی بخشی از فیزیک است درست به همان شکل که ترمودینامیک یا تئوری الکتریسیته جزئی از فیزیک است»(Brakel, 2000, p. 120) و به گمانِ پاتنم (Putnam) و اپنهایم (Oppenheim) «احتمال تقلیل کل علوم به میکرو فیزیک، به معنایی که به نظر امروز برای شیمی اتفاق افتاده است، ممکن است.» (Putnam & Oppenheim, 1958, p. 27) و « مکانیک کوانتومی غیر نسبیتی، نظریه‌ای ساده و تائید شده است که از اساس، رفتار تمام مواد را توضیح می‌دهد». ٤(Bedau & Humphreys, 2008, p. 210)

مجال ذکر و نقدِ تمامِ این مدعاها نیست. اما عکس‌العمل برخی دانشمندان و فلاسفه علم در مواجهه با این آراء در نوعِ خود جالب بود: پریماس(Primas) این ادعاها را

مهملاتی در لباس علم و صاحبانش را فلاسفه‌ای برج عاج نشین خطاب کرد که کمترین زحمتی برای فراگیری شیمی و فیزیک متحمل نشده‌اند. (Primas, 1983, p. 308) ون براکل(Van Brakel) با انتقاد از این نگاه‌های کاریکاتور گونه، معتقد است فلاسفه عموماً در نظریه‌پردازی در فلسفه علم، علم را نادیده یا در بهترین حالت از علوم تاریخ‌مصرف گذشته بهره می‌گیرند. (van Brakel J. , 2006, p. 198) اما برخی نیز به جریانِ کلی بحث از "تقلیل" در فلسفه علم انتقاد داشتند: ژیلت (Gillett) معتقد است بحثِ "فلسفی" در موضوع تقلیل یکی از دلایل بی‌نتیجه بودن این بحث‌ها است. به اعتقاد او، این بحث‌ها نیاز به نوسازی و به‌روزرسانی با استفاده از جریان واقعی دارد و دلیل اینکه فلاسفه زیرِ بارِ بحث علمی در مورد تقلیل و برآیش را نمی‌روند این است که عَلَم خود را درجایی دور از علم برافراشته‌اند (Gillett, 2016, pp. 7-11) مِیر(Mayr) معتقد است باید از چهارچوب فلاسفه درباره‌ی موضوع تقلیل و برآیش دوری کرد چراکه گمراه‌کننده است. (Gillett, 2016, pp. 7-11) شاید این گفته‌ها غلوآمیز باشد اما باید بدانیم:

از موفقیت‌های مکانیک کوانتوم در حل برخی مسائل، نمی‌توان حکم بر تقلیل شیمی به فیزیک کرد. به قول ردهِد(Redhead)، نباید از موفقیت مکانیک موجی در تبیین ویژگی‌های سامانه‌های ساده نظیر اتم و مولکول هیدروژن نتیجه بگیریم که همین موفقیت در تبیین سامانه‌های پیچیده‌تر نیز برقرار است زیرا برای اعمالِ مکانیک موجی بر سامانه‌های پیچیده‌تر، از تقریب استفاده می‌شود و برای محک زدن این تقریب‌ها، کار تجربی انجام می‌شود. از موفقیت مکانیک موجی در تبیین خواص سامانه‌های ساده نظیر اتم و مولکول هیدروژن نتیجه‌ای این نتیجه منطقی برنمی‌آید که کاربرد این تئوری برای سامانه‌های پیچیده‌تر موفقیت‌آمیز باشد و اتخاذ آن مبنایی جز یک پرش استقرایی از سامانه‌های ساده به پیچیده ندارد. (Redhead, 1980, pp. 156-157)

قبل از حکم کردن بر تقلیل شیمی به فیزیک، باید مسائل زیادی روشن شود مثلا:

مبنای قوانین ترمودینامیک شیمیایی در ترمودینامیک آماری چیست؟

آیا مرجعی برای مفاهیمی مانند پیوند شیمیایی (Chemical Bond)، اوربیتال (Orbital)، ساختار شیمیایی(Chemical Structure)، جفت الکترون پیوندی و تنها (Bonding and Lone Electron Pair)، پیوند پای و سیگما (Sigma and Pi Bond)، الکترونگاتیویته (Electronegativity)، آنتروپی(Entropy) و ... در نظریه کوانتوم داریم؟

آیا لفظِ "الکترون" نزدِ شیمیدان و فیزیکدان اشتراک معنوی دارد یا لفظی؟ الکترونی که نزدِ فیزیکدان به تمام اتم متعلق است و تمایز ناپذیر است، چگونه نزدِ شیمیدان، صفاتی چون " جفتِ پیوندی"، "تنها"، " لایه ی ظرفیت" و ... دارد؟ آیا برچسب گزاری روی الکترون مخالفِ اصلِ تمایز ناپذیری الکترون ها نیست؟

مبنای معادله‌های سینتیک شیمیایی در نظریه کوانتوم چیست؟ آیا مفهومِ "سرعتِ واکنش" یا "مرتبه‌ی واکنش" معادلی در مکانیک کوانتومی دارد؟!

آیا تبیین آرایش الکترونی عناصرِ جدول تناوبی به طور صریح از اصول موضوعه نظریه کوانتوم ممکن است؟ استفاده از اصولی الحاق شده به مکانیک کوانتوم مانند، اصل طرد پائولی، اصلِ حداقل انرژی و اصول مادلانگ در این تبیین‌ها چه عواقبی برای مسئله‌ی تقلیل شیمی به فیزیک دارد؟

آیا نظریه‌ی کوانتوم در مسئله پیش‌بینی مشخصه‌های گونه های شیمیایی مانند زوایای پیوند، قطبش پذیری، ایزومری ساختاری و فضایی و ... کاملا خودکفا است؟ (شریفی, ۱۳۹٦, ص. ٤۲)

آیا این مسائل حل‌شده انگاشته شده که برخی حکم به تقلیل شیمی به فیزیک دادند؟ چه پیش فرضی در صدور چنین احکامی وجود دارد؟ "فیزیکالیسم" (Physicalism) پیش فرضِ اساسی ارائه‌ی زبانی واحد برای علوم بر مبنای زبانِ علمِ فیزیک و ادعای تقلیل شیمی و علوم دیگر به فیزیک است. تنها توجیه برای این احکام ،"ایمان" داشتن صاحبانش به فیزیکالیسم و مشاهده‌ی موفقیت‌های مکانیک کوانتوم در پاره ای از مسائل باشد. این رفتارِ مومنانه، به‌ضمیمه‌ی آن پرشِ استقرایی موردِ اشاره‌ی ردهد، منشاء صدور آن احکام است.

اما فیزیکالیسم چه می‌گوید؟

فیزیکالیسم و برآیش گرایی

پیش‌فرض اساسی وحدت بخشی علوم، "فیزیکالیسم" است و دو اصلِ موضوعِ آن به این قرار است:

۱-۱هر آنچه در جهان وجود دارد، جوهر فیزیکی دارد[۵]

۲-۱با علمِ کامل به این جوهرِ فیزیکی در سطحِ بنیادی فیزیک، تمام پدیده ها چه یک نوسانگر باشد و چه هوشیاری انسان، تبیین می‌شود.

دیدگاه مقابلِ فیزیکالیسم یعنی برآیش گرایی، ۱-۱ را می‌پذیرد اما ۲-۱را منکر است. شعارِ برآیش گرایی این است: "کل چیزی بیش از اجزای آن است"[۶] یعنی برای تبیین ویژگی‌های شی ای مانندِ مولکول پروتئین، دانستن ویژگی‌ها و قوانین حاکم بر اجزای سازنده‌ی آن کفایت نمی‌کند و به‌عبارتی‌دیگر، تمام واقعیت‌های[۷] موردنیاز برای تبیین یک پدیده در میکرو فیزیک نهان نیست، بلکه در سطوح شیمی و زیستی نیز واقعیت‌هایی وجود دارد که برای تبیین ویژگی‌های یک مولکول پروتئین ، نیازمند آن هستیم. در مطبوعاتِ برآیش، چنین دیدگاهی به «برآیش گرایی وجود شناسانه»(Ontological Emergentism) موسوم است[۸].

ناتوانی تبیین برخی پدیده‌ها بر اساس دانشی که از اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی آن پدیده داریم، به‌عنوان شاهدی بر ردِ فیزیکالیسم و در عین حال شاهدی برای پشتیبانی از برآیش گرایی مطرح است؛ اما می‌توان به فیزیکالیسم ایمان داشت و ناتوانی تبیین یک پدیده را حمل بر جهلِ ما از برخی سازوکارهای سطحِ میکرو فیزیکی دخیل در وقوعِ آن پدیده دانست؛ چنین دیدگاهی در مطبوعاتِ برآیش به«برآیش گرایی معرفت‌شناسانه» (Epistemological Emergentism)[۹]موسوم است[۱۰].

فرضِ مستتر در فیزیکالیسم، این است که قوای عِلی در طبیعت، منحصراً از سطح بنیادی برخاسته است: وقتی دستِ خود را تکان می‌دهید، درواقعِ امر، این شما (اراده‌ی شما) نیستید که علتِ حرکتِ دستتان هستید؛ بلکه علت واقعی را باید در سطح نورونی مغز و ازآنجا در سطح شیمیایی مغز و ازآنجا در سطح بنیادی فیزیک جست؛ یعنی جهتِ پیکانِ عِلی، از سمت پایین به سمت بالا (Upward Causation) است. در برآیش وجود شناسانه اعتقاد بر این است که در سطوح شیمیایی و زیستی نیز قُوایی[۱۱] ظهور می‌کند[۱۲] که علاوه بر علت واقع‌شدن برای تغییر در سطحِ بالاتر از خود، علتِ تغییرهایی در سطح پایین‌تر نیز هستند (Downward Causation)؛ مثلاً اگر شبکه‌ی نورونی خاصی در مغز علت هوشیاری ما باشد، هوشیاری نیز برساختاربندی و تغییر این نورون‌ها تاثیر دارد؛ اگر ساختاربندی مولکول‌ها و پروتئین‌ها و لیپیدها و ... علتی برای شکل‌گیری نورون‌ها و کارکردهای خاصِ آن‌ها باشند، نورون‌ها نیز بر ساختاربندی مولکول‌ها و پروتئین‌ها و لیپیدها و ... تاثیر دارند.

اگر هدف علومِ طبیعی، تبیین پدیده‌ها بر اساسِ قوانین، پدیده‌ها و هویات بنیادی‌تر باشد و اگر فرض فیزیکالیسم این باشد که فیزیک دانش‌بنیادی است و تمام پدیده‌ها در علومِ

خاص را می‌توان و "بایستی" برحسبِ قوانین و هویاتِ فیزیک بنیادی تبیین کرد، آنگاه در بطنِ روشِ علم، یک برنامه‌ی تقلیل گرایانه قابل‌تشخیص است. برآیش گرایی دیدگاهی در تقابل با فیزیکالیسم و تقلیل‌گرایی[۱۳] است و اتخاذ هرکدام نتایج مهمی برای فلسفه‌ی علم به ارمغان آورد: نتایجی مانند استقلال نسبی علومِ خاص ازجمله شیمی و نیز نتایجی در مورد سرنوشت علوم؛ زیرا اتخاذ موضعِ برآیش، به معنی پذیرش تکثرگرایی علمی است؛ مثلا از نتایجِ اتخاذ موضعِ برآیش گرایی، قائل شدن به استقلال(نسبی) چهارچوبهای تبیین گر در علوم شیمی و زیست شناسی از علمِ فیزیک است و این نتیجه، به معنای پذیرش استقلال علوم شیمی و زیست شناسی از فیزیک بوده، خط بطلانی است بر رؤیاهای وحدت بخشی علوم که مثالِ بارزِ آن را تجربه گرایان منطقی در اواسط قرن بیستم در سر داشتند، می شود.

بخش ۲

قبل از انتشارِ "فلسفه‌ی علوم زیستی"(Philosophy of Biological Science) اثرِ دیوید هول (David Hull) در ۱۹۷٤ و ظهور جریان رسمی فلسفه زیست‌شناسی ، فلسفه علم کاملاً تحت‌الشعاع فلسفه فیزیک قرار داشت. (Scerri & McIntyre, 2008, p. 214). انتقادهایی البته به گوش می‌رسید: زیست‌شناسِ سرشناس، مِیر گفت که عنوانِ کتاب‌های"فلسفه علم" گمراه‌کننده است و این عناوین باید به "فلسفه فیزیک" تغییر یابد (Griffiths, 2020). تقریباً همین داستان برای فلسفه شیمی تکرار شد: شیمیدان و فیلسوفِ علم ون براکل(van Brakel) به‌نقد جریان فلسفه‌ی علم رایج پرداخت و گفت که این جریان تحت تأثیر شدید تجربه‌گرایی منطقی است و فیزیک کانون توجه در فلسفه علم است و باید به علم شیمی نیز توجه شود. (Brakel,1999, pp. 111-113) این انتقادها نتیجه داد و در سال ۱۹۹٤ جریان رسمی فلسفه شیمی ظهور کرد.

در مطبوعات فلسفه شیمی، بخشی از آثاردر موردِ تقلیل و برآیش است. این آثار را می‌توان به دودسته تقسیم کرد: ۱- بررسی کلی این موضوع‌ها و بیان نقشی که شیمی می‌تواند در آن‌ها داشته باشد: (Scerri & McIntyre, 2008) (Early, 2008) (Luisi, 2002)(Manafu, 2014) (Schummer, 2006) و غیره. ۲- بررسی و تحلیلِ جزئیات این مسائل در شیمی: تحلیلِ مفهومِ "تقلیل" و "تقلیلِ شیمی به فیزیک" (van Brakel, 2003) بررسی مرجع مفاهیمی نظیر پیوند شیمیایی (Primas, 2004) ساختار شیمیایی (Woolley & Sutcliffe, 2012)

مبنای آرایش الکترونی عناصر جدول تناوبی در مکانیک کوانتوم (Scerri, 2011)، برآیش در شیمی (Luisi, 2002) و غیره.

ما در این مقاله آثاری از دسته اول را بررسی می‌کنیم که به قلم مانافو(Manafu)، اسکِری(Scerri) و ماکینتایر(McIntyre) است. ستون فقرات بحث، مقاله‌ی مانافو است (Manafu, 2014) و در این میان به بیان دیدگاه‌های دیگران نیز تا حد ممکن می‌پردازیم. برای ورود به جزئیات،گزارشی از آرای موردنظر در ٦ بند (۱-۲) تا (٦-۲) ارائه می‌دهیم:

۱.۲

مانافو معتقد است با در نظر گرفتن علم شیمی، می‌توان موضوع تقلیل را با وضوح «بیشتری» مطالعه کرد. (Manafu, 2014, p. 34). او با استناد به گفته‌های اِسکری و مک اینتایر و همفری (Humphreys, 2008) می‌گوید: خواص شیمیایی کمیت‌پذیرتر، اندازه‌پذیر تر و آزمایشپذیرتر نسبت به روان‌شناسی و زیست‌شناسی هستند.(Manafu, 2014, p. 34) چیبارو نیز(Chibbaro) معتقد است که شیمی و فیزیک ساده ترین اشیاء بی‌جان طبیعت را مطالعه می‌کنند و هر چه پدیده مورد نظر پیچیده‌تر باشد، توصیف صوری آن دشوارتر است. (Chibbaro, Rondoni, & Vulpiani, 2014, p. 37)

۲.۲

اِسکری و مک اینتایر معتقدند علم شیمی این مزیت را دارا است که از شک و شبهه‌های وجودِ "نیروی حیات"(Vital force) در زیست‌شناسی و هوشیاری و مسئله‌ی "حیثِ التفاتی" (Intentionality) در روانشناسی که به‌زعمِ آن‌ها مشکلاتی را در مطالعه‌ی تقلیل و برآیش در این حوزه‌ها به وجود آورده به دور است. به عقیده‌ی آن‌ها، شیمی عاری از دشواری‌هایی است که فهم ما از ماهیت ذهن و هوشیاری به آن دچار است (Scerri & McIntyre, 2008, p. 39)

۳.۲

هنری(Hendry) می‌گوید فهم رابطه بین سطح ذهن و زیست‌شناسی با سطح فیزیکی دشوارتر از رابطه بین سطح شیمی و فیزیکی است. (Hendry, 2006, p. 187) همفری

(Humphreys) بررسی رابطه شیمی و فیزیک را ساده‌تر از بررسی رابطه ذهن و زیست‌شناسی با فیزیک می‌داند زیرا در سطح شیمی و فیزیک تئوری‌های مشخصی وجود دارد به‌علاوه مطالعه در سطوح پایین‌تر از مشکلاتِ مطالعه‌ی سطوحی چون روانشناسی و ذهن به دور است. (Humphreys, 2008, p. 113)

۴.۲

مانافو با استناد به چالمرز(Chalmers) (Chalmers, 1995) معتقد است که علم شیمی از دشواری‌های پیش رو در مطالعه‌ی ذهن و مسئله‌ی دشوارِ هوشیاری به دور است. (Manafu, 2014, p. 34) او می‌نویسد : «تا به الآن بحث‌های زیادی درباره‌ی تقلیل، برآیش و علیتِ رو به پایین در فلسفه‌ی ذهن مطرح‌شده است؛ اما ذهن به‌غایت پیچیده است و مغز پیچیده‌ترین اسبابی است که تا الآن شناخته‌شده است (Manafu, 2014, p. 42)

۵.۲

اسکری و مک اینتایر با استناد به چیزی که آن را "وابستگی مستقیمِ وجود شناسانه‌ی شیمی به فیزیک"، می‌دانند، تقلیل شیمی به فیزیک را بهترین مورد کاوی در مطالعه‌ی مسئله‌ی تقلیل در فلسفه‌ی علم می‌دانند. (Scerri & McIntyre, 2008, p. 27) مانافو نیز معتقد است که شیمی علمی است که به‌نوعی نزدیک‌تر به فیزیک است و بنابراین دارای «اولین» و «بهترین» مصداق تقلیل یک حوزه به یک حوزه‌ی دیگر است. (Manafu, 2014, p. 34)

۶.۲

در موردِ اهمیتِ علم شیمی در مطالعه‌ی موضوع برآیش، لویسای (isiuL) معتقد است مصادیقِ زیادی از پدیده‌های برآیش شده در شیمی وجود دارد و شیمی تجسمِ برآیش است. (Luisi, 2002) مانافو معتقد است که برای علاقه‌مندان به مطالعه‌ی موضوع برآیش، علمِ شیمی بی‌شمار مثال ساده فراهم می‌کند و نیز علمِ شیمی بهترین و موجه‌ترین مثال‌ها را در موردِ پدیده‌ی برآیش شده ارائه می‌دهد. (Manafu, 2014, p. 39)

ما انتقاداتی به بندهای فوق داریم. در طولِ مقاله، برای جلوگیری از اطنابِ کلام، تنها به شماره بندهای فوق ارجاع می دهیم.

بخش ۳

۱.۳

حداقل دو معنا می‌توان از کمیت‌پذیر بودن یک پدیده ارائه داد؛ آن پدیده :

۱.۱.۳

قابلیت بیان به‌وسیله‌ی مدل‌های ریاضی را داشته باشد؛ مثلاً رفتار جمعی مورچه‌ها، حلقه‌های(feedback loop) بازخوردی در زیست‌شناسی[۱۴]،تواترِ ژنها و آلِل ها در مطالعه ژنتیک جمعیتی، رفتارهای معامله گران در بورس وغیره قابل مدل کردن است.

۲.۱.۳

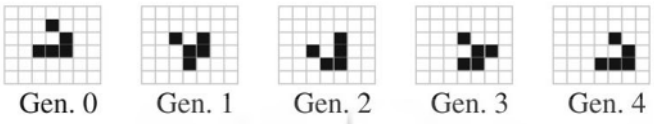
قابلیت گنجاندن در یک نظریه علمی را داشته باشد. مثلاً حرکات سیارات منظومه شمسی قابل‌بیان با نظریه‌های نسبیت عام و مکانیک نیوتنی است. در این معنا از کمیت پذیری، پدیده های زیستی کمیت ناپذیر قلمداد می شوند زیرا در زیست شناسی، نظریه به معنایی که در فیزیک سراغ داریم وجود ندارد.

دربندهای ۱-۲، ۳-۲ و ٤-۲ معنای دوم از کمیت‌پذیری (۲-۹-۲) اتخاذشده است یعنی فرض شده مطالعه‌ی برآیش و تقلیل در علم همواره در معنای دوم از کمیت‌پذیری معنا پیدا می کند. این امر موجب می شود که مسئله ی تقلیل و برآیش، تنها از دریچه ی علوم فیزیک و شیمی نگریسته شود. اما در واقع، الگوسازی و مطالعه برخی پدیده‌های برآیش شده در زیست‌شناسی در معنای اول از کمیت‌پذیری(۱-۹-۲) انجام می‌شود. یکی از ابزارهای این الگوسازی‌ها، مدلهای ریاضی اتوماتای سلولی است که به‌اجمال آن را معرفی می‌کنیم.

مدل‌های ریاضی موسوم به اتوماتای سلولی می‌توانند وسیله‌ای برای مطالعه موضوعِ تقلیل و برآیش در علوم باشند. این مدل‌ها را می‌توان یک جهان بسیار ساده در نظر گرفت. در این جهان، زمان و فضا گسسته است و اصلِ موضعیت(Locality) و موجبیت (Determinism) برقرار است. ماده‌ی این جهان را آرایه‌هایی تشکیل می‌دهند که به هرکدام سلول می‌گوییم.(شکل ۱) این آرایه‌ها می‌توانند در یک، دو، یا ابعاد بیشتر تعریف شوند. برای هر سلول، حالت‌های محدودی وجود دارد. قوانین این جهان انتزاعی، تعیین می‌کنند

که تغییر حالت‌های سلول‌ها چگونه تحت تابعی از زمان و حالت اولیه آن سلول‌ها و سلول‌های مجاور تغییر کند. برای هر سلول می‌توان دو حالت روشن و خاموش در نظر گرفت. شما آزادید هر قانونی برای این جهان وضع کنید مثلاً:

- اگر دو یا سه سلول مجاور یک سلول روشن باشند، آن سلول روشن باقی بماند و در غیر این صورت، سلول خاموش شود.
- درصورتی‌که حداقل سه سلول مجاور یک سلول خاموش روشن باشد، حالت آن سلول از خاموش به روشن تغییر کند.



شکل ۱ تحول زمانی یک مدل اتوماتای سلولی؛ برگرفته از (Rendell, 2016, p. 7)

در تحول زمانی مدل ، الگوهایی شکل می‌گیرد؛ برای برخی از حالت‌های اولیه سلول‌ها، تحول زمانی الگوها ادامه پیدا می‌کند و برای برخی دیگر، بعد از مدت کوتاهی از بین می‌رود و جهانِ ما "خاموش" می‌شود. رابطه‌ی مشخصی بین حال اولیه و حالت‌های آینده‌ی تحولِ مدل ارائه نشده است؛ افراد زیادی به‌وسیله‌ی ابزارهای پیچیده‌ی ریاضی سعی داشتند این رابطه را برقرار کنند ولی ناموفق بودند : تنها راهِ دانستنِ اینکه در مرحله‌ی nامِ تحول، چه الگویی خواهیم داشت، تحول زمانی مدل تا مرحله‌ی nام است.

این مدل‌ها، قوانین و اصول ساده‌ای دارند ولی باحال ، پیش‌بینی الگوهای پدید آمده در تحول زمانی آن‌ها تقریباً غیرممکن است. اینکه این پیش‌بینی‌ناپذیری معرفت‌شناسانه[۱۵] یا اساسی[۱۶] است موضوع دیگری است اما شکل‌گیری چنین الگوهایی، مصداق بروز یک ویژگی برآیش شده است. درواقع «حتی برنامه‌هایی با ساده‌ترین قوانین ممکن، رفتارهای پیچیده‌ای از خود بروز می‌دهند ... اگر شخصی حتی ساده‌ترین شکلِ قانون را در نظر بگیرد، تقریباً غیرممکن است بتواند چیزی در مورد رفتارهای کلی [مدل] ارائه دهد.» (Clayton, 2004, p. 70) الگوهای شکل‌گرفته در اتوماتای سلولی، برآیش شده هستند و اگر معنای مانع الجمع بودن برآیش و تقلیل را بپذیریم،[۱۷] می‌توان گفت آن‌ها غیرقابل‌تقلیل نیز هستند زیرا از ویژگی‌های اجزا و قوانین اولیه‌ی برنامه قابل استنتاج نیستند.

اما چند نکته در رابطه با مدلِ اتوماتای سلولی:

۱-۳ مدل‌های اتوماتای سلولی، به‌خودی‌خود وسیله‌ای برای مطالعه‌ی موضوع برآیش و تقلیل هستند و تمام مزیت‌های بیان‌شده در بندِ۱-۲را به‌مراتب، بیشتر دارا هستند؛ این مدل‌ها حتی روی یک برگ کاغذ نیز پیاده‌سازی می‌شوند!

۲-۳ اتوماتای سلولی در مدل‌سازی پدیده‌های علوم طبیعی از فیزیکِ سامانه‌های پیچیده تا مطالعه‌ی سامانه‌های زیستی نظیرِ رفتارِ جمعی مورچگان کاربرد دارد.

۳-۳ برای مطالعه‌ی موضوع برآیش و تقلیل، همواره نیازی به تحققِ "کمیت‌پذیری" در معنای دومِ آن(۲-۹-۲) نیست؛ بلکه گاهی این مطالعه در معنای اول از کمیت‌پذیری نیز ممکن است.

بخش ٤

در ۵-۲، وابستگی مستقیم وجود شناسانه‌ی اشیاء موردمطالعه در فیزیک و شیمی به‌عنوان دلیلی ارائه‌شده بر اینکه تقلیلِ "شیمی به فیزیک" اولین و بهترین مصداق تقلیل یک حوزه به حوزه دیگر است. منظور از "حوزه"، مرزِ اشیاء موردمطالعه در علومِ فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی است . البته حدودِ این مرز مبهم و تعیین آن دلبخواه است.

مانافو می‌گوید: «شیمی علمی است که به‌نوعی نزدیک‌تر به فیزیک است و به‌نوعی دارای «اولین» و «بهترین» مثال تقلیل یک حوزه (یا عدم تقلیل) است» (Manafu, 2014, p. 34) سپس می‌گوید: «برخی تقلیل شیمی به فیزیک را به‌عنوان یک مثال نوعی تقلیل می‌دانند»(همان‌جا) و با استناد به یک دایره المعارف فلسفه و مدخلِ «تقلیل» آن می‌افزاید : «ادعاشده است که تقلیل [یافتن] شیمی به فیزیک، یک مثال استاندارد از تقلیل است»(Manafu, 2014, p. 34) سپس نقل‌قولی از پریماس(Primas) ذکر می‌کند که: «مطبوعاتِ فلسفی در مورد تقلیل پرشده است از مهملات»(Manafu, 2014, p. 34) اسکری و مک اینتایر نیز با استناد به وابستگی مستقیمِ وجود شناسانه‌ی شیمی به فیزیک، تقلیل شیمی به فیزیک را بهترین مورد کاوی در مطالعه‌ی مسئله‌ی تقلیل در فلسفه‌ی علم می‌دانند. (Scerri & McIntyre, 2008, p. 215)

موافقیم که مهمل‌بافی‌هایی باعث شده گاهی تقلیل شیمی به فیزیک را یک مثال «استاندارد» از وقوع تقلیل قلمداد کنند؛ اما چرا بایدگمان کنیم با «اولین» و «روشن‌ترین» مثال از تقلیل یک حوزه به یک حوزه مواجه هستیم؟ وصفِ "اولین" وابسته به تعیین مرزِ مشخص بین شیمی و فیزیک است که به نظر ما تعیینِ آن غیرممکن، بیهوده و هرگونه

مرزبندی دلبخواهی است. اما در موردِ وصفِ "روشن‌ترین" چرا باید بپذیریم تقلیل شیمی به فیزیک روشن ترین مثال از تقلیل است؟ اندازه پذیری و آزمایش پذیری خواصِ شیمیایی که در ۱-۲ به آن اشاره شد باعث می شود با "روشن ترین" مثال از تقلیل مواجه باشیم؟ چرا الگوهای اتوماتای سلولی را ساده ترین مثال از تقلیل و برآیش قلمداد نکنیم؟

به عنوان یکی از چالش‌های پیش رو در مورد تقلیل شیمی به فیزیک، عدمِ استنتاجِ اصول آفبائو(Afbau)۱۸ ، طرد پائولی۱۹ (Pauli Exclusion Principle)، مادلانگ۲۰(Madelung) و هوند۲۱(Hund) از اصول مکانیک کوانتوم، به‌عنوان دلیل ارائه می‌شود. (Manafu, 2014) (Scerri, 2012) (Scerri, 2011) (Scerri, 1991) این اصول در تعیین آرایش الکترونی عناصر جدول تناوبی نقش دارند. اگر نظریه‌ی کوانتوم و آن اصول استنتاج نشده را با T^* و نظریه‌ی کوانتوم بدون الحاق این اصول را با T نشان دهیم، چرا تقلیلِ T^*به T یک مثال واضح و روشن در مورد تقلیل یا عدم تقلیل نباشد؟ حداقل به این خاطر که در اینجا مسئله به طور دقیق کمیت پذیر است و تمام مزایایی که مانافو و دیگران برای شیمی بر می شمردند اینجا وجود دارد. اگر مواردی که دربندهای ۱-۲ تا ٤-۲به‌عنوان مزایای مندرج در شیمی برای مطالعه‌ی تقلیل بیان‌شده در نظر بگیریم، آیا این موارد به‌طریق‌اولی در موردِ فیزیک برقرار نیست؟ گذار از رفتار میرایی به نامیرایی نوسانگر، مصداقی از یک پدیده ی تقلیل ناپذیر و برآیش شده معرفی شده است. (Rueger & McGivern, 2010, pp. 217-232) چرا مدعی نباشیم در اینجا با روشن ترین و ساده ترین مثال از تقلیل مواجه هستیم؟ آیا چالش عدمِ استنتاجِ اصولِ آفبائو و مانند آن از اصولِ موضوعه مکانیک کوانتوم فقط در تبیینِ ویژگی‌های جدول تناوبی وجود دارد ؟ اصل طردِ پائولی در مورد خانواده‌ی فرمیون‌ها برقرار است و الکترون یکی از این فرمیون‌ها است. اگر اصلِ طرد در تبیین جدول تناوبی اهمیت دارد به‌طریق‌اولی در فیزیک بنیادی اهمیت دارد و چالشِ عدم استنتاج آن از اصول مکانیکِ کوانتوم در همه‌ی جای فیزیک سایه افکنده است.[۲۲] به نظرِ ما، برای اینکه(۵-۲) قابل‌پذیرش باشد، بایستی فیزیک «تقلیل یافته به فیزیک» باشد. منظور این است که نظریه‌ای جامع در فیزیک موجود باشد که نظریه‌های دیگر به آن تقلیل یافته باشند. آیا چنین نظریه‌ای وجود دارد؟ آیا نظریه‌ای داریم که جامع مکانیک نسبیتی و مکانیک کوانتوم باشد؟ آیا رابطه بین مکانیک نسبیتی و مکانیک کوانتوم واضح و روشن است؟ آیا ترمودینامیک کلاسیک به ترمودینامیک آماری تقلیل یافته است؟

آیا اپتیک هندسی به اپتیکِ موجی تقلیل یافته است؟ و در یک‌کلام «آیا فیزیک به فیزیک تقلیل یافته است؟».[۲۳]

بخش ۵

عطف به ٦-۲ ، مانافو با ذکر نقل‌قولی از برود (Broad)،لویسای(Luisi) و میل(Mill) معتقد است که علمِ شیمی بی‌شمار و موجه‌ترین مثال‌ها را در برآیش ارائه می‌دهد. (Manafu, 2014, p. 39) سپس برای پشتیبانی از آن می‌گوید: «برای اکثر برآیش گرایان سنتی، برای مثال برایش گرایان مکتب برآیش انگلیسی ٢٤،(British emergentists) مثال‌های کاربردی از برآیش، ترکیبات شیمیایی هستند» (Manafu, 2014, p. 39) سپس با ارجاع به میل(Mill) می‌گوید: «میل رنگ آبی سولفات مس را مثال می‌زند که حاصل ترکیب رنگ اسیدسولفوریک (شفاف) و اکسید مس دو ظرفیتی (سیاه) نیست» (Manafu, 2014, p. 39) سپس با ارجاع به لوئیسای، (Luisi, 2002) می‌گوید "شیمی تجسم برآیش است". (Manafu, 2014, p. 39) مانافو در موردِ امکانِ وجودِ علیت رو به پایین در شیمی به گفته‌ای از هنری اشاره می‌کند. هنری می‌گوید در همیلتونی مولکولی(Molecular Hamiltonian)، اثری از ساختار شیمیایی نمی‌بینیم و این تقریب بورن- اپنهایمر(Born- Oppenheimer Approximation) است که این ساختار را به مولکول تحمیل می‌کند؛ مانافو از زبان هنری می‌گوید: «ما آن [ساختار مولکول] را به‌صورت «دستی» وارد می‌کنیم» (Manafu, 2014, p. 41) سپس می‌افزاید: «هنری مدعی است که تا میزانی که اجزای یک سامانه توسط کلِ آن سامانه تأثیر می‌پذیرند، باید این رفتار برآیش شده را یک رفتارِ دارای قوای عِلی تلقی کرد. برای هنری این‌یک مثال از علیت رو به پایین است» (Manafu, 2014, p. 41)

به نظر ما هیچ‌کدام از این استدلال‌ها دلیلی قانع‌کننده برای مدعای مندرج در (٦-۲) که "علمِ شیمی بهترین و موجه‌ترین مثال‌ها را در موردِ پدیده‌ی برآیش شده ارائه می‌دهد" فراهم نمی‌کند زیرا:

اینکه علمِ شیمی حاوی بی‌شمار مثال برای پدیده‌های برآیش شده است امری واضح است. (Luisi, 2002, p. 183) با آسودگی خاطر می‌توانیم مدعی باشیم که خصوصیات ترکیباتِ شیمیایی از مولکول‌های ساده‌ای نظیر دی‌اکسید کربن، متان و بنزن، تا درشت مولکول‌های پروتئینی نظیر هموگلوبین و میوگلوبین، همگی برآیش شده هستند. (Luisi, 2002) در موردِ اوصافِ "ساده و بهترین و موجه‌ترین" چه استدلالی شده است؟

به نظر ما، مانافو و لوئیسای به‌صورت ضمنی استناد به تعداد روزافزون ترکیباتی شیمیایی و اینکه سالانه میلیون‌ها ترکیب جدید سنتز می‌شود می‌کنند و می‌گویند: «شیمی تجسمی از برآیش است» ما قطعاً با این گفته‌ها همدل هستیم؛ شیمی سرشار از مثال‌هایی است که به نظر «برآیش شده» هستند. طعم استات سرب شیرین است و نه شبیه طعم سرکه و نه شبیه طعم سرب است. اما در فیزیک و زیست‌شناسی نیز با مواردِ زیادی از پدیده‌های برآیش شده مواجه هستیم. در فیزیک ما با پدیده‌هایی مواجه هستیم که از مصادیق برآیش شده قلمداد شده‌اند. پدیده‌هایی مانند رسانایی، اثر کوانتومی هال، ابررسانایی و غیره و این مثال‌ها را تا حد دلخواه می‌توان افزایش داد (Clayton, 2004, p. 67) و استدلال کرد که "فیزیک تجسم برآیش است". در زیست‌شناسی الگوهای رفتار جمعی مورچگان، رفتار لاروهای کلئوپاترا (Coleoptera) باکتری‌ها و آمیب‌ها و بسیاری مثال دیگر از مصادیق برآیش هستند؛ حال چرا مدعی نباشیم که "زیست‌شناسی تجسم برآیش است"؟ به‌مانند زیست‌شناس روتچیلد(Rothschild) که مدعی است در زیست‌شناسی مثال‌های پدیده‌های برآیش شده بی‌شمار و بیشتر از حوزه‌های دیگر علوم است (Rothschild, 2006, p. 152) و بی نهایت مثال بالقوه از برآیش در زیست‌شناسی داریم. (Rothschild, 2006, p. 158)

اما چه دلیلی ارائه‌شده که بپذیریم مثال‌های برآیش در شیمی، علاوه بر فراوانی، "بهترین و موجه‌ترین" نیز هستند؟ به‌طور صریح هیچ. اما با توجه به ۱-۲ می‌توان گفت:

۱-۵ ازآنجایی‌که خواصِ شیمیایی نسبت به زیست‌شناسی و روان‌شناسی کمی پذیر تر، اندازه‌پذیر تر و آزمایشپذیرتر هستند می‌توان گفت که مطالعه‌ی آن‌ها ساده‌ترین و بهترین و موجه‌ترین مثال‌های تقلیل و برآیش را فراهم می‌آورد. هستند.

اگرچه این استدلال ذکر نشده اما این نگرانی را دارم که با توجه به گفته ی مانافو در ۱-۲، پرشی ضمنی به ۱-۵ صورت گرفته باشد چون در غیر اینصورت دلیلی بر مدعای مانافو مبنی بر اینکه "علم شیمی بهترین مثالها و موجه ترین آنها را در اختیار می نهد" ارائه نشده است و تمام استدلال های مانافو نتیجه اش این است که "در علم شیمی باید به مسئله ی تقلیل و برآیش توجه کرد" این مطلب کاملا بدیهی و ما نیز با آن موافقیم.

البته این ظنِ ما با توجه به گفته ی چیبارو که در ۱-۲ به آن اشاره داشتیم، تقویت می شود. به هر صورت، به نظرِ ما مغالطه‌ای در استدلال ۱-۵ نهفته است که آن را در ادامه تشریح خواهیم کرد. اما لازم است قدری در مورد مفهومِ "پیچیدگی" بدانیم.

بخش ٦

در مطبوعاتِ برآیش، هستی گاهی به‌سان کیکی لایه‌لایه یا نردبان تمثیل می‌شود؛ پله اول، از ذرات بنیادی، پله بعدی از مولکول‌ها و درشت مولکول‌های پروتئینی و پله بعدی از میکروارگانیسم‌ها و موجوداتِ زنده تشکیل می‌شود. پله‌های این نردبان از پایین به بالا به ترتیب موردمطالعه‌ی علومِ فیزیک ، شیمی و زیست‌شناسی است. درروندِ حرکت به بالای این نردبان، پیچیدگی افزایش پیدا می‌کند.

کلیدواژه‌ی مهم در اینجا"پیچیدگی" است. در حد نیاز این مفهوم را در مقابل مفهوم سادگی و مفهوم پر اجزایی تحلیل می کنیم. می‌گوییم یک درشت مولکول پروتئینی از یک مولکول ساده مانند متان پیچیده‌تر است به این معنا که اولی دارای تعداد اجزای بیشتری نسبت به دومی است. این معنا از پیچیدگی را می‌توان مقوله‌ای وجود شناسانه دانست چه اینکه با توجه به دستگاهِ وجود شناسانه‌ی علمی کنونی - که حاوی موجوداتی مانند الکترون و پروتون و غیره است - حکم می‌کنیم درشت مولکول پروتئینی از مولکول متان پر اجزا تر است. همیشه پر اجزایی مرادف با پیچیدگی نیست؛ یک موجود تک‌سلولی را از یک‌تخته سنگ پیچیده‌تر می‌دانیم. این تک‌سلولی، به انحای بیشتری با طبیعت کنش دارد؛ انحایی مانندِ حرکت، متابولیسم و زادوولد، فرار از دشمن، همزیستی و غیره.پس انحای کنشِ شی با محیط اهمیت پیدا می‌کند. انحای ارتباطِ اجزای شی نیز در میزان پیچیدگی شی اهمیت دارد. در یک‌تخته سنگ، با شبکه‌ای از کانیها روبرو هستیم و اگر بخشی از آن را جدا کنیم، سنگ از "سنگ" بودن ساقط نمیشود. در یک موجود تک سلولی، اجزا دارای وظایفی تعریف‌شده هستند، مثلا میتوکندری وظیفه‌ی تولید انرژی را بر عهده دارد؛ دیواره سلولی فضای داخلی سلول را از بیرون جدا کرده و باعث پایداری محیط داخلی سلول برای امکان‌پذیر شدن واکنش های متابولیسمی و غیره می‌شود. پس مفهوم پیچیدگی وجود شناسانه با سه مفهومِ دیگر مرتبط است:۱- پر اجزایی شیء ۲- انحای ارتباط اجزاء شی ۳- انحای کنشِ شی متشکل از اجزا با محیط . این موارد را فاکتورهای پیچیدگی می‌نامیم. با این حساب، پیچیدگی وجود شناسانه‌ی یک آمیب بیش از یک مولکول آب،[۲۵] است زیرا اولی انواع و تعداد اجزای بیشتر، ارتباط‌های بیشتر بین اجزا و به انحای بیشتری با محیط کنش دارد.

گاهی از پیچیدگی و سادگی در مقوله‌ی معرفت‌شناسانه صحبت می‌شود. در اینجا پیچیدگی به معنای دشواری نزدیک می‌شود. دشواری در این معنا، در رابطه با تحصیلِ یک

هدف و هزینه‌هایی که در این راه صرف می‌شود است؛ این هدف گاهی رسیدن به حلِ یک معادله و گاهی ساختِ یک دستگاهِ آزمایشگاهی یا اندازه‌گیری عملی یک کمیت است. دشواری گاهی نظری است: مثلاً در علمِ مکانیک، پیش‌بینی یک کمیت گاهی وابسته به حل یک معادله دیفرانسیل خطی و گاهی وابسته به حل معادله‌ای غیرخطی است که حل اولی از دومی عموماً ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است. دشواری گاهی عملی است: مثلاً اندازه‌گیری طولِ پیوندِ اتم‌های یک کریستال بسی دشوارتر از اندازه‌گیری طولِ یک زمین فوتبال است زیرا در اولی ملزم به استفاده از دستگاه‌ها و تکنیک‌های پیشرفته مانند پراشِ پرتوایکس هستیم درحالی‌که در دومی چنین دشواری‌ای سراغ نداریم؛ گاهی دشواری پاسخ به پرسشی در موردِ یک شی، به مفادِ پرسش نیز وابسته است: دشواری پاسخ به پرسش از مکانِ یک پروتون، از دشواری پاسخ به پرسشی در مورد تجزیه‌پذیر بودن پروتون به اجزای بنیادی‌تر، بیشتر است زیرا در اولی احتمالاً آماده‌سازی یک اتاقکِ ابر تدارکِ اساسی لازم برای پاسخ است و در دومی، ساختِ یک شتاب‌دهنده. پس میزان پیچیدگی در معنای معرفت‌شناسانه‌ی آن، به مفادِ پرسشِ ما نیز بستگی دارد؛ مضافا بر اینکه به پیچیدگی وجود شناسانه شی نیز بستگی دارد شاهد این مطلب، گذر از مسئله‌ی دو جسم به مسئله سه جسم در مکانیک کلاسیک است؛ مسئله‌ی دو جسم دارای حل تحلیلی است اما مسئله‌ی سه جسم حل تحلیلی ندارد. (به طور کلی برای $N \geq 3$ ، که N تعداد اجسام است، مسئله حل تحلیلی ندارد) ما معتقدیم پیچیدگی معرفت‌شناسانه (Epistemological Complexity) در مطالعه‌ی یک شی، تابعی است حداقل با دو متغیرِ "پیچیدگی وجود شناسانه" (Ontological Complexity) شی و "پرسش ما" در موردِ آن شی. به نظر من اشکال اساسی (۱–۵) ، برقراری رابطه‌ای مستقیم بین پیچیدگی معرفت‌شناسانه و پیچیدگی وجود شناسانه است به این معنا که پیچیدگی وجودشناسی بیشتر، پیچیدگی معرفت‌شناسانه‌ی بیشتر را نتیجه می‌دهد. در ادامه، سعی می‌کنم مدعایم را با ذکر شواهدی از علوم تبیین کنم.

استعاره‌ی نردبان را در نظر بگیریم؛ درروند حرکت صعودی از آن ، پیچیدگی در معنای وجود شناسانه‌ی آن افزایش پیدا می‌کند. در پایین‌ترین پله‌ی این نردبان، ذرات بنیادی قرار دارند. در پله‌ی بعدی از اجتماعِ ذرات بنیادی ، عناصر و مولکول‌های شیمیایی به وجود می‌آیند. به همین ترتیب در پله‌های بعدی، درشت مولکول‌های زیستی مانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، میکروارگانیسم‌ها، پستانداران و خزندگان و ... . درحرکت صعودی به بالای «نردبان»، با افزایش فاکتورهای پیچیدگی مواجه هستیم.

مغالطه‌ی نهفته در استدلال مطرح‌شده در بندِ ۱–۵، برقراری تلـویحی رابطـه‌ای مسـتقیم بین افزایش پیچیدگی وجود شناسانه در نردبان طبیعت و افزایش پیچیدگی معرفـت‌شناسـانه در فعالیت علمی است. این مغالطه نتیجه می‌دهد:

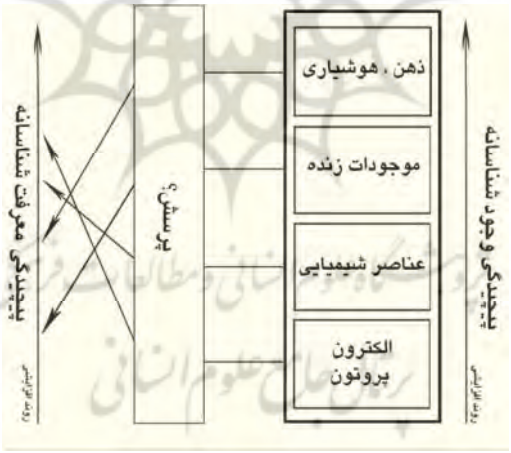
پیچیدگی معرفت‌شناسانه در مطالعه‌ی شیء ای در پله‌ی سوم و چهـارم نردبـان ، خیلـی بیشتر از شیء ای در پله‌ی دوم است. یعنی با استناد به جایگاه پایین تره اشـیاء موردمطالعـه در علمِ شیمی نسبت به اشیاء موردمطالعه در علـوم زیسـت‌شناسـی و روان‌شناسـی، نتیجـه گرفته می‌شود که پیچیـدگی معرفـت‌شناسـانه در علـمِ شـیمی، کمتـر از زیسـت‌شناسـی و روان‌شناسی است. پیچیده گی معرفت شناسی کمتـر، مـرادف اسـت بـا سـهولت بیشـتر در مطالعه ی مسئله تقلیل و برآیش و هر مسئله ی علمی دیگر.

شکل ۱ : رابطه‌ی مستقیم بین پیچیدگی وجود شناسانه و پیچیدگی معرفت‌شناسانه

تمـامِ سـخنِ مـا ایـن اسـت کـه رابطـه بـین پیچیـدگی وجـود شناسـانه و پیچیـدگی معرفت‌شناسانه سرراست و خطی نیست. به‌عنوان‌مثال فرض کنید می‌خواهید رفتـارِ جمعـی مورچگان را به‌عنوان مسئله‌ای در زیست‌شناسی بررسی کنیم. می خواهیم بـدانیم آیـا رفتـارِ جمعی مورچگان بر رفتار انفرادی آنها قابل تقلیل است یا پدیـده ای بـرآیش شـده اسـت. مطالعه‌ی رفتارهای جمعی موجودات با مدل‌سازی رفتارهای فردی آن‌ها با اتوماتـای سـلولی ممکن است. حال فرض کنید می خواهیم بدانیم آیا خواصِ پروتون را می تـوان تقلیـل بـر خواص ذرات سازنده ی آن داد؟ برای پاسخ بـه ایـن پرسـش، عـلاوه بـر کارهـای نظـری، به‌کارگیری شتاب‌دهنده‌های غول‌پیکر نیاز است؛ اما بنا بـه توصـیه‌ی فلاسـفه‌ی مـا، مطالعـه تقلیل و برآیش در حوزه‌ی زیست‌شناسی به‌مراتب دشوارتر از مطالعه‌ی ایـن دو موضـوع در

حوزه فیزیک بنیادی است. فکر می‌کنم بپذیرید که دشواری‌های ساخت شتاب دهنده بسیار بیشتر از الگوسازی رفتار مورچگان در اتوماتای سلولی باشد! پس رابطه بین پیچیدگی وجود شناسانه و معرفت‌شناسانه خطی و سرراست نیست یعنی ممکن است هویتی از پایین ترین پله‌ی نردبان هستی (پیچیدگی وجود شناسانه‌ی کمتر) انتخاب کرده (پروتون) و در مطالعه‌ی آن به پیچیدگی معرفت شناسانه‌ی به مراتب بیش از موردی که (مورچه) از بالای پله های نردبان (پیچیدگی هستی شناسانه‌ی بیشتر) برای مطالعه انتخاب کردیم رسید و البته این مثال‌ها را به‌دلخواه می‌توان افزایش داد.

زیست‌شناس استنفوردی، خانمِ دبورا گوردون (Deborah Gordon) رفتار مورچگان در کلونی‌هایشان را بررسی کرد. او متوجه شد، رفتار جمعی مورچگان، به‌هیچ‌وجه از رفتار فردی آن ها قابل استنتاج نیست: کلونی مورچگان قابلیت سازگاری با زیستگاه را دارد؛ آن ها حتی دارای "شخصیت" هستند: بعضی کلونی ها زودتر به خشم می آیند و برخی دیرتر! و جالب اینجاست که عمر این کلونی‌ها می‌تواند بالغ‌بر ده سال باشد درحالی‌که عمرِ یک مورچه حدود یک سال است. (Clayton, 2004, pp. 72-73) این مثال نشان می دهد که رفتار کلونی مورچگان، برآیش شده است و از رفتار تک تک مورچه ها قابل استنتاج نیست.



شکل ۲ : رابطه بین پیچیدگی وجود شناسانه و پیچیدگی معرفت‌شناسانه به نحوِ مستقیم نیست، بلکه وابسته به پرسشِ ما است.

مانافو و دیگران در ۲-۲ تا ٤-۲، وجود هوشیاری و حیثیت التفاتی چالشی برای مطالعه‌ی تقلیل و برآیش در علومِ ذهن قلمداد کرده اند.

ما قبول داریم که ردگیری تمام فعل‌وانفعالات الکتریکی و شیمیایی و زیستی تمام نورون‌های مغز کاری غیرممکن است. اما برای مطالعه‌ی تقلیل و برآیش در ذهن همواره به چنین تسلیحاتِ سنگینی نیاز است؟ بررسی آزمایشِ لیبت (Libet) در موردِ شکل‌گیری امواج آنسفالوگراف مرتبط با اراده در مغزِ شخصِ موردِ آزمایش و اراده‌ی آن شخص می‌تواند آموزنده باشد. آزمایش لیبت در مسئله‌ی تقلیل پذیر بودن (یا برآیشی بودن) خصوصیاتِ ذهنی بر خصوصیات مغزی اهمیت دارد.

اگر احکام ۲-۲ تا ٤-۲ و ۱-۵ را بپذیریم، درکِ امکانِ طرح و انجام آزمایشِ لیبت، به دلیل پیچیدگی وجود شناسانه‌ی فوق العاده بیشترِ شی مورد آزمایش، یعنی مغز، نسبت به اشیا مورد آزمایش در شیمی و فیزیک و همچنین وجود هوشیاری و حیث التفاتی، بسیار دشوار و تقریباً غیرممکن است؛ اما درواقع امر چنین نیست. آزمایشِ لیبت حدود ۵۰ سال پیش انجام شد و بعدازآن به انحای مختلف تکرار شد (Haynes, 2011, p. 87) و بصیرت‌های زیادی در موردِ ماهیتِ اراده به محققانِ علوم ذهن داد. لیبت قصد نداشت تمام فعالیت تک‌تک نورون‌های مغز را رصد کند. او یک پرسش مطرح کرد: رابطه‌ی میان حالت ذهنی اراده و فعالیت‌های الکتریکی مربوط به آن در مغز چگونه است؟ (Koch, 2009, p. 46) و بر این اساس، آزمایشی طراحی کرد. این پرسش، همان بعدِ معرفت‌شناسانه‌ی مسئله است. بر اساس این پرسش، ما بخشی از شی مورد مطالعه را بررسی می کنیم. مثلا رابطه ی اراده را با سیگنالهای بخشهای مختلف مغز بررسی می کنیم.

در مثال کلونی مورچگان، ما می پرسیم آیا رفتار کلونی مورچه ها از رفتار تک تک مورچه ها قابل استنتاج است یا با پدیده ای برآیش شده مواجه هستیم؟ این پرسش مشخص می کند که ما به چه وجهی از شی مورد مطالعه باید توجه کنیم؛ به عنوان مثال جهت حرکت مورچه، عکس العمل مورچه ها در برخورد با هم و غیره را بررسی می کنیم. در این مطالعه نیازی به بررسی دستگاه عصبی مورچه، شمارش تعداد اجزای بدن مورچه و غیره نداریم.[۲۶]

ضمن اینکه در بندِ ۲-۲، ۳-۲، ٤-۲، مانافو و دیگران، هوشیاری و حیث التفاتی را سدِ راهِ مطالعه‌ی مسئله‌ی برآیش و تقلیل در حوزه‌ی ذهن می دانند. به نظر ما نمی توان با این قاطعیت سخن گفت. حداقل در موردِ آزمایش لیبت، وجودِ شخصی هوشیار که دارای اراده و حیث التفاتی است لازم و بخشی از طراحی آزمایش است.[۲۷]

توجه به مدل سازی در علم نیز به فهم موضوع کمک می کند: ساختِ مدل برای مطالعه یک پدیده ، علاوه بر شی مورد مطالعه، وابسته به پرسش ما در موردِ شی نیز است ، مثلاً در پیش بینی خسوف یا کسوف، زمین و خورشید و ماه را کره‌هایی صلب در نظر می‌گیریم بدون توجه به تکاملِ زیستی و وجودِ عوامِلِ هوشیار و غیره در زمین یا واکنش‌های هسته‌ای در خورشید یا جنس هسته ماه! پرسِشِ ما این اقتضا را دارد که به اجزای داخلی زمین و ماه و خورشید توجه نکنیم و آنها را کره هایی صلب در نظربگیریم. محتوی این پرسش، باعث می شود که بخشی از پیچیده گی وجودشناسانه ی شی موردِ بررسی نادیده گرفته شود و مسئله شکلِ ساده تری به خود بگیرد. اما اگر رابطه‌ی پیچیدگی معرفت‌شناسانه شی مورد بررسی و پیچیدگی وجود شناسانه آن شی را مستقیم فرض کنیم- بدون توجه به پرسشی که در مورد شی مطرح می کنیم- کره ی زمین از نظر وجودشناسانه، پیچیده ترین شی است زیرا شامل انواع زیستی، جانوری، شیمیایی و از همه مهمتر موجودی هوشیار به نام انسان است و با این حساب با پیچیده گی معرفت شناسانه ی بسیار زیادی مواجه هستیم به طوری که شاید هیچ‌گاه نتوانیم کسوف یا خسوفی را پیش‌بینی کنیم!

بخش ۷

به قولِ رام هره (Rom Harre)علومِ مختلف مانندِ روش‌های مختلفِ رنگ‌آمیزی یک سلول در زیست‌شناسی است. هرکدام از این روش‌ها، بخشی از واقعیت را پیشِ چشمِ زیست‌شناس قرار می‌دهند. (Early, 2003, p. ix) بررسی این "روش‌های رنگ‌آمیزی"، شاخه‌های مختلفِ فلسفه‌ی علوم را تشکیل می‌دهد. فلسفه‌ی علم، مانندِ جورچینی است که اجزاء آن را، فلسفه‌های ریاضی، فیزیک، شیمی و زیست تشکیل می‌دهد. برای ارائه‌ی تصویری واقعی از علم، حضور و قرارگیری درستِ تمامِ این اجزا در کنار هم لازم است. ما کاملا موافقیم که علمِ شیمی در مطالعه ی مسائل تقلیل و برآیش اهمیت دارد؛ در واقع تمام علوم در این مطالعه اهمیت دارند.

در این مقاله به بررسی و نقد آرای برخی فلاسفه در مورد اهمیت علمِ شیمی در موضوعِ تقلیل و برآیش در علم پرداختیم. آنچه این آرا در پی آن بودند، تصویر کردنِ نقشی "ویژه" برای شیمی در مطالعه ی برآیش و تقلیل در علم بود. ما نیز انتقاداتی طرح کردیم ؛ شاید نقدهای ما سختگیرانه بود اما هدفی جز تنقیح مسئله نداشتیم. فلسفه ی شیمی هنوز

در ابتدای راه است. امید است فلاسفه علم و اصحابِ شیمی بـه ایـن حـوزه ی بِکـر توجـه بیشتری داشته باشند تا شاهدِ پربارتر شدن آن باشیم.

۸. نتیجه‌گیری

بعد از ظهور جریان رسمی فلسفه شیمی در ۱۹۹٤ میلادی، بخشی از آثار منتشرشده در ایـن جریان، به بیان ظرفیت‌های علم شیمی برای مسائل فلسفه علم و بخشی بـه تبیـینِ مسـئله‌ی استقلالِ نسبی شیمی از فیزیک اختصاص یافت. در این مقاله به برسـی و نقـد آراء برخـی فلاسفهَ در بیانِ اهمیت توجه به علم شیمی در مطالعه‌ی موضوع تقلیـل و بـرآیش پـرداختیم. این آرا، مشتملَ بر استدلال‌هایی برای وجودِ نقشی "ویژه" بـرای علـمِ شـیمی در مطالعـه‌ی موضوعِ تقلیل و برآیش در فلسفه علم بود. علاوه بر نقدهایی که بـر آرای منـدرج در (۱-۲) تا (٦-۲) داشتیم، نگرانی عمده ما این بود که طرحِ آنهـا، ایـن شـبهه را پـیش مـی آورد کـه مطالعه‌ی تقلیل و برآیش در علوم ذهن و زیست‌شناسی دشوار و غیـر ممکـن اسـت. دقـت کنید ما حکم نمی کنیم این مطالعه دشوار است یا نیست، بلکه می گـوییم ایـن دشـواری بـه پارامترهایی وابسته است. در واقع سخن ما این است که" نمـی‌تـوان" بـه طـور سرراسـت "تنها" با اتکا بر جایگاه اشیاء موردبررسی یک علم در نردبان هستی (استعاره‌ای کـه مطـرح کردیم) در مورد دشواری یا آسانی مطالعه‌ی مسائل مرتبط با آن شی (مـثلا مسـئله تقلیـل و برآیش ویژگی های آن شی) حکم کرد." پیچیدگی معرفت‌شناسانه‌ی" مطالعه‌ی یک شـی، تابعی به واقع پیچیده از "پیچیدگی وجود شناسانه" آن شی و "پرسش ما" در مورد آن شـی است. البته امکان وجود پارامترهای دیگر در این تابع نفی نمی کنیم. به هر صورت معتقـدیم که استدلال‌های موردبررسی (۱-۲ تا٦-۲)، چیزی بیش از این نمی گوید که :

۱. در مطالعه‌ی موضوع برآیش و تقلیل در علم و فلسفه، باید به علم شیمی توجه کرد.
۲. در شیمی با مصادیق برآیش روبرو هستیم.
که قویاً موردپذیرش ما نیز است.

سپاسگزاری

* دوست عزیزم علیرضا کاووسی، کارشناس ارشد فیزیک مـاده چگـال از دانشـگاه صـنعتی اصفهان، نسخه‌ای از این مقاله را خواند و نکات مفیدی را گوشزد کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. یکی از روشهای بررسی تقلیل ، مطالعه ی حدِ $\lim_{\delta\to 0} T_f = T_c$ است که در آن، T_f معمولا نظریه با محتوی بیشتر و T_c نظریه با محتوی کمتر است. منظور از محتوی، پدیده هایی است که نظریه تبیین و پیش بینی می کند. دراین روش، ملاک تقلیل پذیری، پیوستگی است. ناپیوستگی مرادف با تقلیل ناپذیری است. بر این اساس نسبیت خاص به مکانیک نیوتنی در $\frac{v}{c} \to 0$ و نسبیت عام به نسبیت خاص در $\frac{Gm}{ac^2} \to 0$ تقلیل می یابد. که v سرعت جسم، c سرعت نور، G ثابت جهانی گرانش و a طول جسم است. معادلات دینامیک سیالات ویسکوز در $\frac{1}{R_e} \to 0$ به معادلات دینامیک سیالات غیر ویسکوز تقلیل نمیابد. مکانیک آماری در $\frac{1}{N} \to 0$ به ترمودینامیک کلاسیک تقلیل نمی یابد. اپتیک موجی به اپتیک هندسی در$\frac{\lambda}{a} \to 0$ تقلیل نمی یابد. مکانیک کوانتوم به مکانیک کلاسیک در $\frac{h}{S} \to 0$ تقلیل نمی یابد. دینامیک نوسانگر میرا به نوسانگر نامیرا در $\varepsilon \to 0$ تقلیل نمی یابد زیرا در این حدها، ناپیوستگی وجود دارد. در این روابط، R_e عدد رینولدز(Reynolds)، N تعداد میکروذرات در واحد حجم، λ طول موج، a واحد طول، h ثابت پلانک، S انتگرال لاگرانژی تحول سیستم در زمان و ε فاکتور میرایی نوساگر است. (Chibbaro, Rondoni, & Vulpiani, 2014, p. 33) اگر چه در این روش مکانیک نیوتنی به مکانیک نسبیتی تقلیل می یابد، اما ایرادات کوهن و فایرابند در مورد قیاس ناپذیر بودن مفاهیمی مانند جرم در نسبیت خاص و جرم در مکانیک نیوتنی اهمیت دارد.

۲. به طور مشخص تقریب بورن –اپنهایمر Born- Oppenheimer Approximation: اساس این تقریب، جرمِ بسیار بیشتر پروتون نسبت به الکترون است. از این رو، سرعت حرکت پروتون نسبت به الکترونِ در حال گردش بسیار کمتر است. به زبان فیزیک کلاسیک، در چرخش یک دور حرکت الکترونَ به دور پروتون، مکان پروتون تقریبا ثابت است. در این تقریب، پروتون ثابت فرض شده و الکترونها در چهارچوب مرجعی که در مکان پروتونها ثابت شده در حرکتند. ثابت فرض کردن مکان پروتون در حل معادله شرودینگر موجب ساده تر شدن محاسبه می شود.

۳ Quantum decoherency از پاسخ‌هایی است که به مسئله‌ی اندازه‌گیری در مکانیک کوانتوم داده شده است. ادعا بر این است که ویژگی‌های کلاسیک سیستم کوانتومی، ناشی از برهم‌کنش آن سیستم و محیط اطراف آن است و اندازه‌گیری نیز یکی از این برهم‌کنش‌ها است. در مورد تبیین ساختار شیمیایی مولکول بر این اساس گفته می شود ساختار شیمیایی یک ویژگی کلاسیک است که از برهم‌کنش سیستم کوانتومی مولکول با محیط بروز می‌کند.

٤. منظور از«از اساس» و "مواد" چیست؟ آیا می توان عناصر جدول تناوبی را برخی از این "مواد" برشمرد؟ برای تبیین آرایش عناصر جدول تناوبی، اصولی به مکانیک کوانتومی "ضمیمه" شدند. با توجه به این نکته، بازهم می توان گفت مکانیک کوانتوم "از اساس" رفتار تمام موارد را توضیح

می‌دهد؟ تقریب‌های فراوان مورداستفاده در محاسبات، خدشه‌ای بر این "از اساس" نمی‌اندازند؟ به نظر ما این مدعاها بسیار مبهم است.

۵. بیانگرِ موضعِ تک جوهری یا مونیسم (Monism) است. مونیسم، التزامی به نوعِ جوهر ندارد؛ بر این اساس، دیدگاهِ بارکلی (Berkeley) که تمام آنچه هست را ایده‌های ذهنی می‌دانست نیز یک موضعِ مونیسمی است.

6. The Whole, is more than its parts

۷. در مطبوعات برآیش کلمه‌ی "Fact" برای اشاره به آن‌ها آمده است .

۸. وجه‌تسمیه "وجود شناسانه" از فرضِ وجود واقعیت‌هایی در سطوح شیمیایی و زیستی و ... است که برای تبیین پدیده‌ها، دانستن آن‌ها نیاز است. به "برآیشِ قوی"(Strong Emergence) نیز موسوم است.

۹. به "برآیشِ ضعیف"(Weak Emergence) نیز موسوم است.

۱۰. وجه‌تسمیه "معرفت‌شناسی" از فقدان "معرفت" موردنیاز در تبیین یک پدیده است.

۱۱. به‌صورت نکره آوردیم چون منظور از این قوا از نویسنده به نویسنده متفاوت است . الیس (Ellis) در (Ellis, 2016, pp. 53-63) ۵ قسم ازآنچه تحت عنوانِ Downward Causation می‌داند ، معرفی می‌کند.

۱۲. البته اگر برای اراده‌ی شما درحرکت دستتان به‌گونه‌ای قوه‌ی علّی مستقل از سطح بنیادی قائل باشیم. در موضعِ فیزیکالیسم چنین دیدگاهی رد می‌شود. نگاه کنید به‌نقد کیم (Kim) به علیتِ رو به پایین در (Kim, 2006) او با ارائه یک استدلال متافیزیکی(با اتکا به اصل بستار و اصل جهت کافی)، امکان علیت رو به پایین را رد می‌کند. الیس (Ellis)، فیزیکدان و اخترشناس، قویاً از وجود علیت رو به پایین در طبیعت دفاع می‌کند. (Ellis, 2016, pp. 325-345). تأثیر ذهنِ فاعلِ شناسا در فروپاشی تابع موج در آزمایش ذهنی دوستِ ویگنر(Wigner's friend) را شاید بتوان مصداقی از علیت رو به پایین دانست.

۱۳. در برآیش وجود شناسانه این تقابل بنیادی و در برایش معرفت‌شناسانه این تقابل موقتی است.

۱٤. در برخی سامانه‌ها ، برخی اجزاء سامانه بر نحوه‌ی کار سامانه تأثیرگذار است . این تأثیرگذاری غالبا در جهت بهینه‌سازی نحوه عملکرد سامانه است . این پدیده بانام "حلقه‌های بازخوردی" شناخته می‌شود. مثلا محصولِ یک واکنش آنزیمی در سلول، می‌تواند باعث غیرفعال شدن کاتالیزور واکنش شود و واکنش متوقف شود. در مقیاس ماکرو، تولدِ نوزادِ جانوران، می‌تواند باعث توقفِ جریان زادوولد در آن‌ها شود.

۱۵. ناشی از جهلِ ما

۱۶. ناشی از یک اساسِ نظری است. مثلا اندازه‌گیری همزمانِ مکان و سرعت یک‌ذره بر اساس اصل عدم قطعیت، امکان ندارد.

۱۷. مانافو این موضوع را به‌طورکلی می‌پذیرد:«*تقلیل و برآیش نسبت به هم مانع الجمع هستند البته نه همیشه*» (Manafu, 2014, p. 39) یعنی اگر پدیده‌ای تقلیل پذیر به دانش زمینه‌ای باشد، برآیش شده نیست و اگر پدیده‌ای برآیش شده باشد، تقلیل پذیر نیست.

۱۸. این اصل بیان می‌دارد که در ترتیب پر شدن اوربیتال‌های یک اتم در حالت پایه، الکترون ابتدا وارد اوربیتال باانرژی پایین‌تر می‌شود.

۱۹. این اصل بیان می‌دارد که هیچ دوالکترونی در یک اتم یافت نمی‌شود که تمام اعداد کوانتومی آن‌ها یکسان باشد.

۲۰. این اصل بیان می‌دارد که ابتدا اوربیتال‌های با اعداد کوانتومی اصلی کمتر از الکترون اشغال می‌شود. این اصل تا عدد اتمی ۲۰ معتبر است. صورتِ کامل‌تر این اصل، اصلِ آفبائو است.

۲۱. این اصل بیان می‌دارد که در اعداد کوانتومی یکسان، الکترون ابتدا وارد اوربیتال‌هایی می‌شود که حداکثر چندگانگی(Multiplicity) ایجاد شود.

۲۲. سخن پائولی در این مورد قابل‌توجه است: "در مقاله‌ی اصلی خودم بیان کرده‌ام که از دادن یک دلیل منطقی یا یک استنتاج از اصول کلی برای اصل طرد ناتوان بودم. همیشه این احساس را داشتم و هنوز هم دارم که این یک نقص و کاستی است. البته در ابتدا امیدوار بودم که مکانیک کوانتومی جدید که با کمک آن امکان استنتاج تعدادی از قواعد نیمه تجربی میسر گردید، بتواند استنتاجی [از اصول] هم برای اصل طرد ارائه دهد. این احساس که سایه‌ی گونه‌ای ناتمامیت بر موفقیت های درخشان مکانیک کوانتومی جدید افکنده شده است، به نظر من غیرقابل اجتناب است. (شریفی, ۱۳۹۶, ص. ۵۹)

برگرفته از سخنرانی ولفگانگ پائولی برنده ی جایزه نوبلِ فیزیک سال ۱۹۴۵، در مراسم اعطای جایزه

۲۳. خواندن کتابِ "تقلیل و برایش و سطوحِ واقعیت"(Reduction, Emergence and Levels of Reality) (Chibbaro, Rondoni, & Vulpiani, 2014) در این مورد توصیه می‌شود به چند علت مضافاً بر سادگی و روانی: ۱- ارائه بحثِ علمی و به‌دوراز گمانه‌زنی ؛ چیزی که مِیر و ژیلت و واینبرگ به آن انتقاد داشتند ۲- کتاب دارای بنیادی فلسفی و علمی به نسبتی درست است که نه فیلسوف و نه دانشمند را در فهمِ مطالبِ خود ناکام نمی‌گذارد.

۲۴. بحث امروزی در موردِ موضوعِ برآیش، در ادامه‌ی میراث مکتبی است که امروزه آن را بانام «مکتبِ انگلیسی برآیش» می‌شناسیم. محتوی نظریات این مکتب اگرچه اختلافاتی باهم دارند اما دارای همگرایی‌هایی است، به‌نحوی‌که ما آن را امروزه به‌عنوان یک مکتب می‌شناسیم. از زمانِ

معرفی واژه‌ی برآیش توسط جی.اچ لوئیس(G.H. Lewis)، حدودِ ۱۴۰ سال می‌گذرد. سیرِ تکامل این مفهوم به شکل تقریباً امروزی، با کتاب «نظامی از منطق»(A System of Logic) اثرِ جان استیوارت میل(John Stuart Mill) شروع شد و باکارهای افرادی مانند لِویس(Lewis) ، مورگان(Morgan) ، الکساندر(Alexander) ، سی.دی برود(C.D. Broad) ادامه یافت.

۲۵. اگر بجای یک "مولکول آب" بگوییم یک "لیوان آب"، تعداد اجزای "لیوان آب" از آمیب بیشتر است . در اینجا دو فاکتور دیگر اهمیت می‌یابد و نتیجه‌ی کلی به نفعِ "آمیب" است. ما قصدِ ارائه تعریفِ کمی از "پیچیدگی" نیستیم اما شهودا هم یک آمیب را از یک لیوان آب پیچیده‌تر است.

۲۶. فکر می کنم این نقطه نظر، به رویکرد فانکشنالیزم Functionalism در فلسفه ذهن نزدیک است.

۲۷. در آزمایش لیبت از شخص خواسته می‌شود حرکت دایره‌ای یک نقطه روی اسیلوسکوپ را نگاه کند. محیط دایره به ۶۰ قسمت مدرج است. از شخص خواسته می‌شود دکمه‌ای را فشار دهد ضمناً شخص باید به حرکت نقطه توجه کند و هر موقع اراده فشردن دکمه را داشت، مکان نقطه روی اسیلوسکوپ را گزارش کند. در آزمایش لیبت سه زمان نشانه‌گذاری می‌شود: زمانِ شکل‌گیری امواج آنسفالوگراف در مغز مرتبط باارادهٔ شخص، زمانی که شخص در خود ارادهٔ فشردن دکمه را حس می‌کند و زمانی که دکمه فشرده می‌شود. مشخص‌شده که امواج آنسفالوگراف قبل از لحظه‌ای که شخص در خود اراده را حس می‌کند، شکل می‌گیرد؛ این واقعیت در مسئله‌ی اراده‌ی آزاد(Free Will) اهمیت دارد.

کتاب‌نامه

شریفی, م. (۱۳۹۶). *فلسفه‌ی شیمی: استقلال و مسائل مهم*. تهران: دانشگاه صنعتی شریف.

Koch, C. (2009). Free Will, Physics, Biology, and the Brain. In N. Murphy, G. Ellis, & T. O'Connor (Eds.), *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*. Berlin: Springer.

Bedau, M., & Humphreys, P. (2008). Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science. In M. Bedau, & P. Humphreys (Eds.), *Scientific Perspectives on Emergence* (pp. 209-219). Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology.

Brakel, J. (1999). On the Neglect of the Philosophy of Chemistry. *Foundations of Chemistry, 1*, pp. 111–174.

Brakel, J. (2000). *Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image.* Leuven: Leuven University Press.

Brakel, J. (2006). Kant's Legacy for the Philosophy of Chemistry. *242*, 69–93.

Chalmers, D. (1995). Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies, 2*(3), 200-219.

Chibbaro, S., Rondoni, L., & Vulpiani, A. (2014). *Reductionism, Emergenc and Levels of Reality: The Importance of Being Borderline.* Dordrecht: Springer.

Clayton, p. (2004). *Mind and Emergence.* Oxford: Oxford University Press.

Del Re, G. (2003). Reaction Mechanisms and Chemical Explanation. In J. Early, *Chemical Explanation* (pp. 133–140). New York: New York Academy of Science.

Early, J. (Ed.). (2003). *Chemical Explanation: Characteristics, Devolopment, Autonomy.* New York: New York Academy of Science.

Early, J. (2008). How Philosophy of Mind NeedsPhilosophy of Chemistry. *HYLE, 14*(1), pp. 1–26.

Fisher, G. (2003). Explaining Explanation in Chemistry. In J. Early, *Chemical Explanation.* New York: New York Academy of Science.

Goodwin, W. (2003). Explanation in Organic Chemistry. In J. Early, *Chemical Explanation* (pp. 141–153). New York: New York Academy of Science.

Griffiths, P. (2020). *Philosophy of Biology.* (E. N. Zalta, Ed.) Retrieved from The Stanford Encyclopedia of Philosophy: https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=biology-philosophy

Haynes, J. D. (2011). Beyond Libet: Long-term Prediction of Free Choices from Neuroimaging Signals. In L. Nadel, F. Schauer, & W. S. Armstrong (Eds.), *Conscious Will and Responsibility* (pp. 85-96). Oxford: Oxford University Press.

Hendry, R. F. (2006). Is there Downward Causation in Chemistry? In E. Scerri, D. Baird, & L. Mcintyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry* (pp. 173-189). Dordrecht: Springer.

Humphreys, P. (2008). How properties emerge. In P. Humphreys, & M. Bedau (Eds.), *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science.* Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Luisi, P. (2002). Emergence in Chemistry: Chemistry as Embodiment of Emergence. *Foundations of Chemistry*, pp. 183–200.

Manafu, A. (2014). How Much Philosophy in the Philosophy of Chemistry? *Philos Sci, 45*, pp. 33–44.

Primas, H. (1983). *Chemistry, Quantum Mechanics, and Reductionism: Perspectives in Theoretical Chemistry.* Berlin: Springer-Verlag.

Primas, H. (2004). Can we reduce chemistry to physics? *The World and I, 19*(12).

Putnam, H., & Oppenheim, P. (1958). Unity of Science as a Working Hypothesis. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science, 2*, 3-36.

Redhead, M. (1980). Model in Physics. *British Journal of Philosophy of Science, 31*, 145-163.

Rendell, P. (2016). *Turing Machine Universality of the Game of Life* (Vol. 18). Dordrecht: Springer.

Rothschild, L. (2006). The Role of Emergence in Biology. In P. Clayton, & P. Davis (Eds.), *The Re-Emergence of Emergence* (pp. 151-165).

Rueger, A., & McGivern, P. (2010). Emergence in Physics. In A. Corradini, & T. O'Connor, *Emergence in Science and Philosophy* (pp. 213–232). New York: Routledge.

Scerri. (2008). Just How ab-initio id ab-initio in Quantum Chemistry? In E. Scerri, *Collected papers on Philosophy of Chemistry* (pp. 143–167). London: Imperial College Press.

Scerri, E. (1991). The Electronic Configuration Model, Quantum Mechanics and Reduction. *British Journal for the Philosophy of Science, 49*, pp. 302–325.

Scerri, E. (2000). Have orbitals really been observed? *Chem Educ, 77*, pp. 1492–1494.

Scerri, E. (2011). Top-down causation regarding the chemistry-physics interface: a sceptical view. *Interface Focus, Published Online*, 1-6. doi:10.1098/rsfs.2011.0061

Scerri, E. (2011). What is an element? What is the periodic table? And what does quantum mechanics contribute to the question? *Found Chem, 14*, pp. 69–81.

Scerri, E. (2012). Has the Priodic Table been Successfully Axiomatized? In A. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham, *Handbook of the Philosophy of Science* (pp. 91–105). Oxford: Elsevier.

Scerri, E., & McIntyre, L. (2008). The Case for the Philosophy of Chemistry. In E. Scerri, *Collected papers on Philosophy of Chemistry* (pp. 25–44). London: Imperial College Press.

Schummer, J. (2001). Ethics of Chemical Synthesis. *HYLE, 7*(2), pp. 103–124.

Schummer, J. (2006). Philosophy of Chemistry. In D. Borchert, *Encyclopedia of Philosophy* (2 ed.). New York: Macmillan.

van Brakel, J. (2003). The ignis fautuus of reduction and unification: Back to the rough. In *Chemical Explanation*. New York: New York Academy of Science.

van Brakel, J. (2006). Substances: The Ontology of Chemistry. In Davis Baird, Eric Scerri Lee McIntyre, *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline (Boston Studies in the Philosophy of Science, 242)* (pp. 192–229). Springer.

Weisberg, M. (2006). Water is Not H2O. In Davis Baird, Eric Scerri Lee McIntyre, *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline (Boston Studies in the Philosophy of Science, 242)* (Vol. 18, pp. 337–345). Springer.

Woolley, R. G. (1978). Must a Molecule Have a Shape? *American Chemical Society, 100*(4), pp. 1073–1078.

Woolley, R. G., & Sutcliffe, B. (2012). Atoms and Molecules in Classical Chemistry and Quantum Mechanics. In A. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham, *Handbook of the Philosophy of Science* (pp. 387–426). Oxford: Elsevier.