

تقلیل و برآیش در فلسفه شیمی: مروری نقادانه

مرتضی شریفی*

چکیده

اخیراً در مکتوبات فلسفه علم، مقوله‌ای تحت عنوان «فلسفه شیمی» به چشم می‌خورد. بخشی از آثار به طبع رسیده در این مقوله به بیان ظرفیت‌های علم شیمی برای فلسفه علم و لزوم توجه فلاسفه علم به این علم اختصاص دارد. مسئله تقلیل (reduction) و برآیش (emergence) از مسائل فلسفه علم است که در فلسفه شیمی نیز محل بحث است و آرای بی‌انگیز در بیان اهمیت این علم در بررسی آن‌ها به چشم می‌خورد. در این مقاله به بررسی و نقد برخی از این آرا می‌پردازیم، هم‌چنین به معرفی و بررسی مفاهیم «پیچیدگی وجودشناسانه» و «پیچیدگی معرفت‌شناسانه» و رابطه آن‌ها با هم. معتقدیم خلط بین این دو مفهوم در بخشی از این آرا موجب شکل‌گیری مغالطه‌ای پنهان شده است. موضع خود را در این باره بیان و سعی می‌کنیم تا با ارائه موردکاوی‌هایی در زمینه تقلیل و برآیش در علوم، از آن پشتیبانی کنیم.

کلیدواژه‌ها: تقلیل، برآیش، فلسفه شیمی.

مقدمه

بعد از ظهور جریانی در جامعه 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 فلسفه شیمی می‌گذرد و دور از انتظار نیست که بخشی از آثار مکتوب مرتبط با این مقوله به معرفی فلسفه شیمی و بیان ظرفیت‌های آن برای فلسفه علم پردازند.

* کارشناس ارشد فلسفه علم، دانشگاه صنعتی شریف، sharifimoghaddamm@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۹

برخی دست به ترسیم تصویری کلی زدند از آنچه فلسفه شیمی قلمداد می‌کردند (Schummer 2006; Brakel 2014; Brakel 2000). برخی معتقد بودند که فلسفه شیمی نادیده گرفته شده است و به بیان علل آن پرداختند (Brakel 1999; Brakel 2006). برخی در تقلیل یافتن شیمی به فیزیک که زمانی تقریباً بدیهی قلمداد می‌شد تشکیک کردند (Brakel 2004; Scerri 2012; Scerri 2008; Primas 2004). برخی به لزوم توجه به علم شیمی در موضوع‌هایی نظیر اخلاق علم (Schummer 2001)، مسئله تبیین (Early 2003; Fisher 2003)، واقع‌گرایی علمی (Del Re 2003; Goodwin 2003; Scerri 2000; Woolley and Sutcliffe 2003)، فلسفه 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 مجال احصای تمام موارد نیست.

در این مقاله آرای مانافو، اسکری، و مک‌ایتایر را در باب اهمیت و نقش علم شیمی در مطالعه موضوع تقلیل و برآیش در فلسفه علم بررسی می‌کنیم (Scerri and McIntyre 2008; Manafu 2014).

مقاله به هفت بخش تقسیم شده است: در بخش اول، مقدمات بحث را بیان می‌کنیم: مروری بر دو موضع تقلیل‌گرایی و برآیش‌گرایی. از مسئله تقلیل شروع می‌کنیم، حدود این مفهوم را روشن می‌کنیم، و سعی می‌کنیم تصویر کلی بحث‌های درگرفته حول این موضوع در فلسفه شیمی را ارائه دهیم. با تکیه بر پیش‌فرض فیزیکیسم، پلی می‌زنیم بر مسئله برآیش و سعی می‌کنیم حدود این مفهوم را نیز روشن کنیم. آن‌گاه به رابطه این دو مفهوم با مسئله وحدت و تکثرگرایی در علم اشاره می‌کنیم؛ در بخش دوم، اشاره می‌کنیم به ظهور رسمی فلسفه شیمی، و مطبوعات مرتبط با مسئله تقلیل و برآیش را در دو دسته جای می‌دهیم. دسته‌ای از این آثار به بیان نقش علم شیمی در مسائل فلسفه علم می‌پردازد. گزارشی می‌دهیم از آرای موردنقدمان که در این دسته قرار می‌گیرند. هدف اصلی این‌ها بیان نقشی «ویژه» برای علم شیمی در مطالعه تقلیل و برآیش در فلسفه علم است. صفات «کمیت‌پذیرتر»، «اندازه‌پذیرتر»، «آزمایش‌پذیرتر» بودن خواص شیمیایی و «فراوانی مثال‌های تقلیل و برآیش» و «وابستگی مستقیم وجودشناسانه شیمی به فیزیک»، «اولین مثال و بهترین مثال تقلیل حوزه‌ای به حوزه دیگر» از مهم‌ترین مواردی است که در این‌ها در بیان نقش «ویژه» علم شیمی در مطالعه مسئله تقلیل و برآیش بر آن‌ها تکیه شده است؛ در بخش سوم، مفهوم «کمیت‌پذیری» را بررسی می‌کنیم و نشان می‌دهیم معنای محدودی از آن در نظر گرفته شده است، در صورتی که در مطالعه تقلیل و برآیش در علم معنای وسیع‌تری از آن

لحاظ می‌شود؛ در بخش چهارم، این حکم را نقد می‌کنیم: «تقلیل شیمی به فیزیک اولین و بهترین مثال تقلیل حوزه‌ای به حوزه‌ای دیگر است». به نظر ما این حکم تکیه بر مرزبندی دل‌خواهانه دارد؛ در بخش پنجم نشان می‌دهیم که نه فقط در شیمی، بلکه در فیزیک و زیست‌شناسی نیز بی‌شمار مثال از تقلیل و برآیش وجود دارد؛ در بخش ششم، تمایزی بین معنای «پیچیدگی معرفت‌شناسانه» و «پیچیدگی وجودشناسانه» برقرار می‌کنیم و معتقدیم عدم توجه به این تمایز موجب شکل‌گیری مغالطه‌ای شده است. برای پشتیبانی از موضع خود، موردکاو‌هایی از علوم ارائه می‌دهیم؛ و در بخش هفتم نتیجه‌گیری می‌کنیم.

بخش اول: مقدمات بحث

سامانه‌ای متشکل از n جزء در نظر بگیریم که هر کدام خواصی دارند مانند $p_1 \dots p_n$ که مجموعه آن‌ها را b می‌نامیم. فرض کنیم پدیده‌ای مانند الف در این سامانه مشاهده شود. می‌گوییم الف به b تقلیل پیدا می‌کند، هرگاه بتوان الف را از b استنتاج کرد. دستگاه استنتاجی شامل زبان، قواعد استنتاج و اصول موضوع است. در علم، زبان این دستگاه شامل مفاهیم علمی است، قواعد استنتاج شامل قواعد ریاضی و منطقی، و اصول موضوع غالباً همان قوانین علمی است. در علم عموماً این دستگاه را «نظریه» می‌نامیم.

نظریه الف به نظریه b تقلیل (جزئی) می‌یابد، هرگاه تمام (بخشی از) قوانین یا اصول موضوع الف را بتوان از قوانین یا اصول موضوع b استنتاج کرد. تلاش نیوتن برای استنتاج قوانین کپلر از قوانین مکانیک خود را می‌توان مصداقی از این وجه از تقلیل دانست. این وصف از تقلیل با نام ارنست نیگل (Ernest Nagel) گره خورده و البته غیرواقع‌گرایانه است؛ زیرا قوانین، نظریه، و اصول موضوع به معنایی که در فیزیک از آن‌ها سراغ داریم در زیست‌شناسی و شیمی وجود ندارد، هرچند در فیزیک نیز مشکلاتی پیش‌روی تقلیل ترمودینامیک کلاسیک به ترمودینامیک آماری، نورشناسی موجی به نورشناسی هندسی، مکانیک نیوتنی به مکانیک نسبیتی، مکانیک کوانتومی به مکانیک نیوتنی وجود دارد.^۱

در ادبیات مربوط به فلسفه شیمی در موضوع تقلیل عمدتاً بحث در مورد مبنای مفاهیم تبیین‌گر شیمی در نظریه‌های فیزیک به خصوص نظریه کوانتوم است؛ مفاهیمی مانند پیوند شیمیایی (chemical bond)، الکترونگاتیویته (electronegativity)، ایزومری ساختاری و فضایی (configurational and stereoisomer)، ساختار شیمیایی (chemical structure)، و غیره. برای مثال، مفهوم «ساختار شیمیایی» به معنای آرایش فضایی اتم‌ها در یک مولکول، یون، یا

رادیکال است. این مفهوم با نظریه ساختار شیمیایی ککوله (Kekule) در اواخر قرن ۱۹ معرفی شد. این مفهوم در امر آموزش شیمی و تبیین پدیده‌ها نقش اساسی دارد. در بررسی مبنای مفهوم ساختار شیمیایی در شیمی کوانتوم می‌توان نشان داد که اپراتور همیلتونی (hamiltonian operator) برای ایزومرهای ساختاری ممکن برای یک فرمول مولکولی تفاوتی با هم ندارند و در نتیجه معادله شرودینگر برای این ایزومرهای ساختاری یکسان است. بر این اساس، برخی بر این عقیده شدند که مفهوم ساختار شیمیایی از اساس در مکانیک کوانتومی وجود ندارد و استفاده از تقریب است^۲ که مفهوم ساختار را وارد محاسبات می‌کند (Woolley 1978)، و نیز برخی پدیده ناهم‌دوسی کوانتومی (quantum decoherency)^۳ را دخیل در بروز ساختار شیمیایی دانستند (Scerri 2011).

اما اهمیت تقلیل شیمی به فیزیک چیست؟ تقلیل شیمی به فیزیک گامی است به سمت وحدت علوم و رؤیای «نظریه همه چیز». موفقیت‌های کاربرد مکانیک کوانتوم در شیمی نویدبخش دست‌یابی به آن رؤیا بود. لینوس پائولینگ (Linus Pauling) کاربرد مکانیک کوانتوم در شیمی را باب کرد. هایتلر (Heitler) و لندن (London) مکانیک کوانتوم را در مدل‌کردن اتم هیدروژن به کار 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 تقلیل‌یافته بدانند. در کتابی درسی آمده است: «تأجایی که مکانیک کوانتوم درست باشد، پرسش‌های شیمی مسائلی‌اند در ریاضیات کاربردی» (Brakel 2000: 120). رایسنباخ (Reichenbach) زمانی گفت: «امروز می‌توان گفت شیمی بخشی از فیزیک است، درست به همان شکل که ترمودینامیک یا نظریه الکتریسیته جزئی از فیزیک است» (ibid.). به‌گمان پاتنم و اپنهایم نیز «احتمال تقلیل کل علوم به میکروفیزیک، به معنایی که گویا امروز برای شیمی اتفاق افتاده است، ممکن است» (Putnam and Oppenheim 1958: 27) و «مکانیک کوانتومی غیرنسبیتی نظریه‌ای ساده و تأییدشده است که از اساس، رفتار تمام مواد را توضیح می‌دهد» (Bedau and Humphreys 2008: 210).^۴

مجال ذکر تمام این مدعاها نیست. اما عکس‌العمل برخی دانشمندان و فلاسفه علم در مواجهه با این آرا در نوع خود جالب بود: پریماس این ادعاها را مهملاقی در لباس علم و صاحبانش را فلاسفه‌ای برج عاج‌نشین خطاب کرد که کم‌ترین زحمتی برای فراگیری شیمی و فیزیک متحمل نشده‌اند (Primas 1983: 308). ون براکل (van Brakel) با انتقاد از این نگاه‌های کاریکاتورگونه معتقد است: فلاسفه عموماً، در نظریه‌پردازی در فلسفه علم،

علم را نادیده می‌گیرند یا در بهترین حالت از علوم تاریخ‌مصرف‌گذشته بهره می‌گیرند (van Brakel 2006: 198) اما برخی نیز به جریان کلی بحث از «تقلیل» در فلسفه علم انتقاد داشتند. ژیلت معتقد است بحث «فلسفی» در مورد تقلیل یکی از دلایل بی‌نتیجه‌بودن این بحث‌هاست. به اعتقاد او، این بحث‌ها نیاز به به‌روزرسانی با استفاده از جریان واقعی دارد و دلیل این‌که فلاسفه زیر بار بحث علمی درباره تقلیل و برآیش نمی‌روند این است که علم خود را در جایی دور از علم برافراشته‌اند (Gillett 2016: 7-11). میر (Mayr) معتقد است باید از چهارچوب فلاسفه درباره موضوع تقلیل و برآیش دوری کرد، چراکه گم‌راه‌کننده است (ibid.). شاید این گفته‌ها غلوآمیز باشد، اما باید بدانیم:

از موفقیت‌های مکانیک کوانتوم در حل برخی مسائل نمی‌توان حکم به تقلیل شیمی به فیزیک کرد. به قول ردهد (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 اعمال مکانیک موجی بر سامانه‌های پیچیده‌تر از تقریب استفاده می‌شود و برای محک‌زدن این تقریب‌ها کار تجربی انجام می‌شود. از موفقیت مکانیک موجی در تبیین خواص سامانه‌های ساده نظیر اتم و مولکول هیدروژن این نتیجه منطقی بر نمی‌آید که کاربرد این نظریه برای سامانه‌های پیچیده‌تر موفقیت‌آمیز باشد و اتخاذ آن مبنایی جز یک پرش استقرایی از سامانه‌های ساده به پیچیده ندارد (Redhead 1980: 156-157).

قبل از حکم‌کردن بر تقلیل شیمی به فیزیک باید مسائل چندی روشن شود، از جمله این‌که مبنای قوانین ترمودینامیک شیمیایی در ترمودینامیک آماری چیست؟ آیا در نظریه کوانتوم مرجعی برای مفاهیمی مانند پیوند شیمیایی (chemical bond)، مدار (orbital)، ساختار شیمیایی (chemical structure)، جفت‌الکترون پیوندی و تنها (bonding and Lone electron pair)، پیوند پای و سیگما (sigma and pi bond)، الکترون‌نگاتیویته (electronegativity)، یا آنتروپی (entropy) داریم؟

آیا لفظ «الکترون» نزد شیمی‌دان و فیزیک‌دان اشتراک معنوی دارد یا لفظی؟ الکترونی که نزد فیزیک‌دان به تمام اتم متعلق است و تمایزناپذیر، چگونه نزد شیمی‌دان صفاتی چون «جفت پیوندی»، «تنها»، «لایه ظرفیت» دارد؟ آیا برچسب‌زنی روی الکترون مخالف اصل تمایزناپذیری الکترون‌ها نیست؟ مبنای معادله‌های سینتیک شیمیایی در نظریه کوانتوم چیست؟ آیا مفهوم «سرعت واکنش» یا «مرتبه واکنش» در مکانیک کوانتومی معادل دارد؟ آیا تبیین آرایش الکترونی عناصر جدول تناوبی به‌صراحت از اصول موضوع نظریه کوانتوم

برمی‌آید؟ استفاده از اصول الحاقی به مکانیک کوانتوم مانند اصل طرد پائولی، اصل حداقل انرژی، و اصول مادلانگ در این تبیین‌ها چه عواقبی برای مسئله تقلیل شیمی به فیزیک دارد؟ آیا نظریه کوانتوم در مسئله پیش‌بینی مشخصه‌های گونه‌های شیمیایی مانند زوایای پیوند، قطبش‌پذیری، ایزومری ساختاری و فضایی، و مسائلی از این دست کاملاً خودکفاست؟ (شریفی ۱۳۹۶: ۴۲)

آیا این مسائل حل شده‌اند که برخی حکم به تقلیل شیمی به فیزیک می‌دهند؟ چه پیش فرضی در صدور چنین احکامی وجود دارد؟ «فیزیکالیسم» (physicalism) پیش فرض اساسی در ارائه زبانی واحد است برای علوم، بر مبنای زبان علم فیزیک و ادعای تقلیل شیمی و علوم دیگر به فیزیک. تنها توجیه برای این احکام «ایمان داشتن» صاحبانش به فیزیکالیسم و مشاهده موفقیت‌های مکانیک کوانتوم در پاره‌ای مسائل است. این رفتار مؤمنانه، به‌ضمیمه آن پرش استقرایی مورد اشاره ردهد، منشأ صدور آن احکام است. اما فیزیکالیسم چه می‌گوید؟

فیزیکالیسم و برآیش‌گرایی

فیزیکالیسم پیش فرض اساسی در وحدت‌بخشی علوم است و دو اصل موضوع آن از این قرارند:

الف) هرآنچه در جهان وجود دارد جوهر فیزیکی دارد؛^۵

ب) با علم کامل به این جوهر فیزیکی در سطح بنیادی فیزیک، تمام پدیده‌ها، چه نوسان‌گر باشند و چه هوشیاری انسان، تبیین می‌شود.

دیدگاه مقابل فیزیکالیسم، یعنی برآیش‌گرایی، الف را می‌پذیرد، اما ب را خیر. شعار برآیش‌گرایی این است: «کل چیزی بیش از اجزای آن است»؛^۶ یعنی برای تبیین ویژگی‌های شیمی‌مانند مولکول پروتئین، دانستن ویژگی‌ها و قوانین حاکم بر اجزای سازنده آن کفایت نمی‌کند و به‌عبارت‌دیگر، تمام واقعیت‌های^۷ مورد نیاز برای تبیین یک پدیده در میکروفیزیک نهان نیست، بلکه در سطوح شیمی و زیستی نیز واقعیت‌هایی وجود دارد که برای تبیین ویژگی‌های مولکول پروتئین نیازمند آنیم. در مکتوبات برآیش، چنین دیدگاهی به «برآیش‌گرایی وجود شناسانه» (ontological emergentism) موسوم است.^۸

ناتوانی تبیین برخی پدیده‌ها بر اساس دانشی که از اجزای تشکیل دهنده آن پدیده داریم به‌عنوان شاهدی بر رد فیزیکالیسم و درعین حال شاهدی برای پشتیبانی از برآیش‌گرایی

مطرح است؛ اما می‌توان به فیزیکالیسم ایمان داشت و ناتوانی تبیین پدیده را حمل بر جهل ما از برخی سازوکارهای سطح میکروفیزیکی دخیل در وقوع آن پدیده دانست. چنین دیدگاهی در آثار برآیش به «برآیش‌گرایی معرفت‌شناسانه» (epistemological emergentism)^۹ موسوم است.^{۱۰}

فرض پنهان در فیزیکالیسم این است که قوای علی در طبیعت منحصرأ از سطح بنیادی برخاسته‌اند. وقتی دست خود را تکان می‌دهید، در واقع، این شما (اراده شما) نیستید که علت حرکت دستتانید، بلکه علت واقعی را باید در سطح نوری مغز و از آن‌جا در سطح شیمیایی مغز و از آن‌جا در سطح بنیادی فیزیک جست؛ یعنی جهت پیکان علی از پایین به بالاست (upward causation). در برآیش وجودشناسانه اعتقاد بر این است که در سطوح شیمیایی و زیستی نیز قوایی^{۱۱} ظهور می‌کنند^{۱۲} که علاوه بر علت واقع شدن برای تغییر در سطح بالاتر از خود، علت تغییرهایی در سطح پایین‌تر نیز هستند (downward causation). مثلاً اگر شبکه نوری خاصی در مغز علت هوشیاری ما باشد، هوشیاری نیز در ساختاربنندی و تغییر این نورون‌ها تأثیر دارد؛ اگر ساختاربنندی مولکول‌ها و پروتئین‌ها و لیپیدها و غیره علتی برای شکل‌گیری نورون‌ها و کارکردهای خاص آن‌ها باشد، نورون‌ها نیز در ساختاربنندی مولکول‌ها و پروتئین‌ها و لیپیدها و غیره تأثیر دارند.

اگر هدف علوم طبیعی تبیین پدیده‌ها براساس قوانین، پدیده‌ها، و هویات بنیادی‌تر باشد، و اگر فرض فیزیکالیسم این باشد که فیزیک دانش بنیادی است و تمام پدیده‌ها در علوم خاص را می‌توان، بلکه «باید»، برحسب قوانین و هویات فیزیک بنیادی تبیین کرد، آن‌گاه در بطن روش علم برنامه‌ای تقلیل‌گرایانه قابل تشخیص است. برآیش‌گرایی دیدگاهی در تقابل با فیزیکالیسم و تقلیل‌گرایی^{۱۳} است، و اتخاذ هرکدام نتایج مهمی برای فلسفه علم به‌ارمغان می‌آورد، نتایجی مانند استقلال نسبی علوم خاص از جمله شیمی و نیز نتایجی درباره سرنوشت علوم؛ زیرا اتخاذ موضع برآیش به‌معنای پذیرش تکثرگرایی علمی است. مثلاً از نتایج اتخاذ چنین موضعی قائل شدن به استقلال (نسبی) چهارچوب‌های تبیین‌گر در علوم شیمی و زیست‌شناسی از علم فیزیک است و این نتیجه به‌معنای پذیرش استقلال علوم شیمی و زیست‌شناسی از فیزیک است و خط بطلانی می‌کشد بر رؤیاهای وحدت‌بخشی علوم که مثال بارز آن را تجربه‌گرایان منطقی در اواسط قرن بیستم در سر می‌پروراندند.

بخش دوم

قبل از انتشار فلسفه علوم زیستی (*Philosophy of Biological Science*)، اثر دیوید هول (David Hull)، در ۱۹۷۴ و ظهور جریان رسمی فلسفه زیست‌شناسی، فلسفه علم کاملاً تحت‌الشعاع فلسفه فیزیک قرار داشت (Scerri and McIntyre 2008: 214). البته انتقادهایی به‌گوش می‌رسید. زیست‌شناس سرشناس، میر، گفت که عنوان «فلسفه علم» گم‌راه‌کننده است و باید به «فلسفه فیزیک» تغییر یابد (Griffiths 2020). تقریباً همین داستان برای فلسفه شیمی تکرار شد: شیمی‌دان و فیلسوف علم، ون براکل، به نقد جریان فلسفه علم رایج پرداخت و گفت که این جریان تحت‌تأثیر شدید تجربه‌گرایی منطقی است و فیزیک‌کانون توجه در فلسفه علم است و باید به علم شیمی نیز توجه شود (Brakel 1999: 111-113). این انتقادات نتیجه داد و در سال ۱۹۹۴ جریان رسمی فلسفه شیمی ظهور کرد.

در متون چاپی فلسفه شیمی، بخشی از آثار دربارهٔ تقلیل و برآیش است. این آثار را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱. بررسی کلی این موضوع‌ها و بیان نقشی که شیمی می‌تواند در آن‌ها داشته باشد (Manafu 2014; Luisi 2002; Early 2008; Scerri and McIntyre 2008; Schummer 2006)؛ ۲. بررسی و تحلیل جزئیات این مسائل در شیمی: تحلیل مفهوم «تقلیل» و «تقلیل شیمی به فیزیک» (van Brakel 2003)؛ بررسی مرجع مفاهیمی نظیر پیوند شیمیایی (Primas 2004)؛ ساختار شیمیایی (Woolley and 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 به‌قلم مانافو، اسکری، و مک‌ایتایر است. ستون فقرات بحث مقاله مانافو است (Manafu 2014)، هرچند تا حد ممکن دیدگاه‌های دیگران را نیز بیان می‌کنیم. برای ورود به جزئیات گزارشی می‌دهیم از آرای مدنظر در شش بند:

۲.۱ مانافو معتقد است که با در نظر گرفتن علم شیمی، می‌توان موضوع تقلیل را با وضوح «بیش‌تری» مطالعه کرد (ibid.: 34). او با استناد به گفته‌های اسکری و مک‌ایتایر و همفری (Humphreys 2008) می‌گوید: خواص شیمیایی کمیت‌پذیرتر، اندازه‌پذیرتر، و آزمایش‌پذیرترند نسبت به روان‌شناسی و زیست‌شناسی (Manafu 2014: 34). چپبارو نیز معتقد است شیمی و فیزیک ساده‌ترین اشیای بی‌جان طبیعت را می‌کاونند و هرچه پدیده مدنظر پیچیده‌تر باشد، توصیف صوری آن دشوارتر می‌شود (Chibbaro et al. 2014: 37).

۲.۲ اسکری و مک‌ایتایر معتقدند علم شیمی این مزیت را دارد که از شک و شبهه‌های وجود «نیروی حیات» (vital force) در زیست‌شناسی و هوشیاری و مسئله «حیث‌النفاتی» (intentionality) در روان‌شناسی که به‌زعم آن‌ها مشکلاتی را در مطالعه تقلیل و برآیش در این حوزه‌ها به‌وجود آورده به‌دور است. به‌عقیده آن‌ها، شیمی عاری از دشواری‌هایی است که فهم ما از ماهیت ذهن و هوشیاری به آن دچار است (Scerri and McIntyre 2008: 39).

۲.۳ هندری می‌گوید فهم رابطه بین سطح ذهن و زیست‌شناسی با سطح فیزیکی دشوارتر از فهم رابطه بین سطح شیمیایی و فیزیکی است (Hendry 2006: 187). همفری بررسی رابطه شیمی و فیزیک را ساده‌تر از بررسی رابطه ذهن و زیست‌شناسی با فیزیک می‌داند، زیرا در سطح شیمی و فیزیک نظریه‌های مشخصی وجود دارد؛ به‌علاوه، مطالعه در سطوح پایین‌تر از مشکلات مطالعه سطوحی چون روان‌شناسی و ذهن به‌دور است (Humphreys 2008: 113).

۲.۴ مانافو با استناد به چالمرز (Chalmers 1995) معتقد است که علم شیمی از دشواری‌های پیش‌رو در مطالعه ذهن و مسئله دشوار هوشیاری به‌دور است (Manafu 2014: 34). او می‌نویسد: «تا الآن بحث‌های زیادی درباره تقلیل، برآیش، و علیت روبه‌پایین در فلسفه ذهن مطرح شده است؛ اما ذهن به‌غایت پیچیده است و مغز پیچیده‌ترین اسبابی است که تا الآن شناخته شده است» (ibid.: 42).

۲.۵ اسکری و مک‌ایتایر با استناد به مفهوم «وابستگی مستقیم وجودشناسانه شیمی به فیزیک» تقلیل شیمی به فیزیک را بهترین موردکاوی در مطالعه مسئله تقلیل در فلسفه علم می‌دانند (Scerri and McIntyre 2008: 27). مانافو نیز معتقد است شیمی علمی است که به‌نوعی نزدیک‌تر به فیزیک است و بنابراین «اولین» و «بهترین» مصداق تقلیل حوزه‌ای به حوزه‌ای دیگر است (Manafu 2014: 34).

۶.۲ لویسای در مورد اهمیت علم شیمی در مطالعه موضوع برآیش معتقد است مصادیق زیادی از پدیده‌های برآیش‌شده در شیمی وجود دارد، و شیمی تجسم برآیش است (Luisi 2002). مانافو معتقد است علم شیمی برای علاقه‌مندان به مطالعه موضوع برآیش بی‌شمار مثال ساده فراهم می‌کند و نیز علم شیمی بهترین و موجه‌ترین مثال‌ها را در مورد پدیده برآیش‌شده ارائه می‌دهد (Manafu 2014: 39).

ما انتقاداتی به بندهای فوق داریم. در طول مقاله برای جلوگیری از اطناب کلام تنها به شماره بندهای فوق ارجاع می‌دهیم.

بخش سوم

دست‌کم دو معنا می‌توان از کمیت‌پذیربودن پدیده ارائه داد. پدیده باید:

الف) قابلیت بیان به‌وسیله مدل‌های ریاضی را داشته باشد؛ رفتار جمعی مورچه‌ها، حلقه‌های بازخوردی (feedback loop) در زیست‌شناسی،^{۱۴} تواتر ژن‌ها و آلل‌ها در مطالعه ژنتیک جمعیتی، رفتارهای معامله‌گران در بورس، و غیره مدل‌پذیرند؛
ب) قابلیت گنجانده‌شدن در نظریه علمی را داشته باشد. مثلاً حرکات سیارات منظومه شمسی را می‌توان با نظریه‌های نسبیت عام و مکانیک نیوتنی بیان کرد. در این معنا از کمیت‌پذیری، پدیده‌های زیستی کمیت‌ناپذیر قلمداد می‌شوند، زیرا در زیست‌شناسی نظریه به‌معنایی که در فیزیک سراغ داریم وجود ندارد.

در بندهای ۱.۲ و ۳.۲ و ۴.۲ معنای دوم از کمیت‌پذیری اتخاذ شده است؛ یعنی فرض شده است مطالعه برآیش و تقلیل در علم همواره در معنای دوم از کمیت‌پذیری معنا پیدا می‌کند. این امر موجب می‌شود مسئله تقلیل و برآیش فقط از دریچه علوم فیزیک و شیمی نگریسته شود. اما در واقع، الگوسازی و مطالعه برخی پدیده‌های برآیش‌شده در زیست‌شناسی در معنای اول از کمیت‌پذیری انجام می‌شود. یکی از ابزارهای این الگوسازی‌ها مدل‌های ریاضی «اتوماتای سلولی» است که به‌اجمال آن را معرفی می‌کنیم.

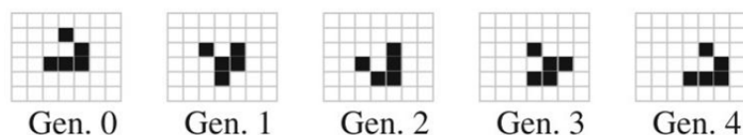
مدل‌های ریاضی موسوم به اتوماتای سلولی می‌توانند وسیله‌ای باشند برای مطالعه موضوع تقلیل و برآیش در علوم. این مدل‌ها را می‌توان جهانی بسیار ساده در نظر گرفت. در این جهان، زمان و فضا گسسته است و اصل موضعی (locality) و موجییت (determinism) برقرار است. ماده این جهان را آرایه‌هایی تشکیل می‌دهند که به هرکدام 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 حالت 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 آزادی 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؛

- در صورتی که حداقل سه سلول مجاور 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: 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 جهان ما «خاموش» می‌شود. رابطه مشخصی بین حالت اولیه و حالت‌های آینده تحول مدل ارائه نشده است. افراد متعددی با ابزارهای پیچیده ریاضی سعی کرده‌اند این رابطه را برقرار کنند، ولی ناموفق بوده‌اند. تنها راه دانستن این‌که در مرحله n ام تحول چه الگویی خواهیم داشت تحول زمانی مدل تا مرحله n ام است.

این مدل‌ها قوانین و اصول ساده‌ای دارند؛ با این حال، پیش‌بینی الگوهای پدیدآمده در تحول زمانی آن‌ها تقریباً ناممکن است. این‌که این پیش‌بینی‌ناپذیری معرفت‌شناسانه^{۱۵} یا اساسی^{۱۶} است موضوع دیگری است؛ اما شکل‌گیری چنین الگوهایی مصداق بروز یک ویژگی برآیش شده است. در واقع، «حتی برنامه‌هایی با ساده‌ترین قوانین ممکن رفتارهای پیچیده‌ای از خود بروز می‌دهند... اگر شخصی حتی ساده‌ترین شکل قانون را در نظر بگیرد، تقریباً غیرممکن است بتواند چیزی در مورد رفتارهای کلی [مدل] ارائه دهد» (Clayton 2004: 70). الگوهای شکل‌گرفته در اتوماتای سلولی برآیش شده‌اند و اگر معنای مانع‌الجمع بودن برآیش و تقلیل را بپذیریم^{۱۷} می‌توان گفت تقلیل‌ناپذیر نیز هستند، زیرا نمی‌توانند از ویژگی‌های اجزا و قوانین اولیه برنامه استنتاج شوند.

اما چند نکته در مورد مدل اتوماتای سلولی:

۱. مدل‌های اتوماتای سلولی به‌خودی‌خود وسیله‌ای برای مطالعه موضوع برآیش و تقلیل‌اند، و تمام مزایای بیان‌شده در بند ۱.۲ را به‌مراتب بیش‌تر دارند. این مدل‌ها حتی روی یک برگ کاغذ نیز پیاده‌سازی می‌شوند!
۲. اتوماتای سلولی در مدل‌سازی پدیده‌های علوم طبیعی، از فیزیک سامانه‌های پیچیده گرفته تا مطالعه سامانه‌های زیستی نظیر رفتار جمعی مورچگان، کاربرد دارد؛
۳. برای مطالعه موضوع برآیش و تقلیل همواره نیازی به تحقق «کمیت‌پذیری» در معنای دوم آن نیست، بلکه گاهی این مطالعه در معنای اول از کمیت‌پذیری نیز ممکن است.

بخش چهارم

در ۵.۲ وابستگی مستقیم وجودشناسانه اشیاى مورد مطالعه در فیزیک و شیمی دلیلی شد بر این که تقلیل شیمی به فیزیک اولین و بهترین مصداق تقلیل حوزه‌ای به حوزه دیگر است. منظور از «حوزه» مرز اشیاى مورد مطالعه در علوم فیزیک، شیمی، و زیست‌شناسی است. البته حدود این مرز مبهم و تعیین آن دلخواهانه است.

مانافو می‌گوید: «شیمی علمی است که به نوعی نزدیک‌تر به فیزیک است و به نوعی «اولین» و «بهترین» مثال تقلیل یک حوزه (یا عدم تقلیل) است» (Manafu 2014: 34). او ادامه می‌دهد: «برخی تقلیل شیمی به فیزیک را مثال نوعی تقلیل می‌دانند» (ibid.) و با استناد به یک دایرةالمعارف فلسفه و مدخل «تقلیل» آن می‌افزاید: «ادعا شده است که تقلیل شیمی به فیزیک مثال استاندارد تقلیل است» (ibid.); سپس نقل قولی از پریماس می‌آورد: «مطبوعات فلسفی در مورد تقلیل پر شده است از مهمالات» (ibid.). اسکری و مک‌اینتایر نیز، با استناد به وابستگی مستقیم وجودشناسانه شیمی به فیزیک، تقلیل شیمی به فیزیک را بهترین مورد کاوی در مطالعه مسئله تقلیل در فلسفه علم می‌دانند (Scerri and McIntyre 2008: 215).

موافقیم که مهملبافی‌هایی باعث شده است گاهی تقلیل شیمی به فیزیک را نمونه‌ای «استاندارد» از تقلیل قلمداد کنند. اما چرا باید گمان کنیم با «اولین» و «روشن‌ترین» مثال از تقلیل حوزه‌ای به حوزه دیگر مواجهیم؟ وصف «اولین» وابسته به تعیین مرز مشخص بین شیمی و فیزیک است که به نظر ما تعیین آن ناممکن و بیهوده است و هرگونه مرزبندی دلخواهانه است. اما راجع به وصف «روشن‌ترین»، چرا باید بپذیریم تقلیل شیمی به فیزیک روشن‌ترین مثال تقلیل است؟ اندازه‌پذیری و آزمایش‌پذیری خواص شیمیایی که در ۱.۲ به آن اشاره شد باعث می‌شود با روشن‌ترین مثال از تقلیل مواجه باشیم؟ چرا الگوهای اتوماتای سلولی را ساده‌ترین مثال تقلیل و برآیش قلمداد نکنیم؟

برای نمونه، یکی از معضلات پیش‌روی تقلیل شیمی به فیزیک عدم استنتاج اصول آفبائو^{۱۸} (afbau)، طرد پائولی^{۱۹} (Pauli exclusion principle)، مادلانگ^{۲۰} (madelung)، و هوند^{۲۱} (hund) از اصول مکانیک کوانتوم است (Scerri 1991; Scerri 2011; Scerri 2012; Manafu 2014). این اصول در تعیین آرایش الکترونی عناصر جدول تناوبی نقش دارند. اگر نظریه کوانتوم و آن اصول استنتاج‌نشده را با T^* و نظریه کوانتوم بدون الحاق این اصول را با T نشان دهیم، چرا تقلیل T^* به T مثال واضح و روشن از تقلیل یا عدم تقلیل نباشد؟

حداقل به این دلیل که در این جا مسئله به طور دقیق کمیّت پذیر است و تمام مزایایی که مانافو و دیگران برای شیمی برمی‌شمرند وجود دارد. اگر مواردی که در بندهای ۱.۲ تا ۴.۲ به عنوان مزایای شیمی برای مطالعه تقلیل بیان شده در نظر بگیریم، آیا این موارد به طریق اولی در مورد فیزیک برقرار نیست؟ گذار از رفتار میرایی به نامیرایی نوسان‌گر مصداقی از پدیده تقلیل ناپذیر و برآیش شده معرفی شده است (Rueger and McGivern 2010: 217-232). چرا مدعی نباشیم در این جا با روشن‌ترین و ساده‌ترین مثال از تقلیل مواجهیم؟ آیا چالش عدم استنتاج اصول آفائو و مانند آن از اصول موضوع مکانیک کوانتوم فقط در تبیین ویژگی‌های جدول تناوبی وجود دارد؟ اصل طرد پائولی در مورد خانواده فرمیون‌ها برقرار است و الکترون یکی از این فرمیون‌هاست. اگر اصل طرد در تبیین جدول تناوبی اهمیت دارد، به طریق اولی در فیزیک بنیادی اهمیت دارد و چالش عدم استنتاج آن از اصول مکانیک کوانتوم در همه‌جای فیزیک سایه افکنده است.^{۲۲} به نظر ما، برای این که ۲.۵ قابل پذیرش باشد، باید 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 روشن است؟ آیا ترمودینامیک کلاسیک به ترمودینامیک آماری تقلیل یافته است؟ آیا اپتیک هندسی به اپتیک موجی تقلیل یافته است؟ در یک کلام: «آیا فیزیک به فیزیک تقلیل یافته است؟»^{۲۳}.

بخش پنجم

عطف به ۲.۶، مانافو با ذکر نقل قولی از برود (Broad)، لویسای (Luisi)، و میل (Mill) معتقد است علم شیمی بی‌شمار و موجه‌ترین مثال‌ها را در برآیش ارائه می‌دهد (Manafu 2014: 39). سپس برای پشتیبانی از آن می‌گوید: «برای اکثر برآیش‌گرایان سستی، برای مثال برآیش‌گرایان مکتب برآیش انگلیسی^{۲۴} (british emergentists)، مثال‌های کاربردی از برآیش، ترکیبات شیمیایی اند» (ibid.). سپس با ارجاع به میل می‌گوید: «میل رنگ آبی سولفات مس را مثال می‌زند که حاصل ترکیب رنگ اسید سولفوریک (شفاف) و اکسید مس دو ظرفیتی (سیاه) نیست» (ibid.). سپس با ارجاع به لویسای (Luisi 2002) می‌گوید: «شیمی تجسم برآیش است» (ibid.). مانافو در مورد امکان وجود علیت روبه‌پایین در شیمی به گفته‌ای از هندری اشاره می‌کند: در همیلتونی مولکولی (molecular hamiltonian) اثری از ساختار شیمیایی

نمی‌بینیم و این تقریب بورن - اپنهاইمر (Born-Oppenheimer approximation) است که این ساختار را به مولکول تحمیل می‌کند؛ مانافو از زبان هندری می‌گوید: «ما آن [ساختار مولکول] را به صورت «دستی» وارد می‌کنیم» (ibid.: 41). سپس می‌افزاید: «هندری مدعی است که تا میزانی که اجزای یک سامانه از کل آن سامانه تأثیر می‌پذیرند، باید این رفتار برآیش شده را دارای قوای علی تلقی کرد. برای هندری این مثالی از علیت روبه‌پایین است» (ibid.).

به نظر ما هیچ‌کدام از این استدلال‌ها دلیلی قانع‌کننده برای مدعی مندرج در ۶.۲ (علم شیمی بهترین و موجه‌ترین مثال‌ها را برای پدیده برآیش شده ارائه می‌دهد) فراهم نمی‌کند، زیرا واضح است که علم شیمی حاوی بی‌شمار مثال برای پدیده‌های برآیش شده است (Luisi 2002: 183). با آسودگی خاطر می‌توانیم مدعی باشیم که خصوصیات ترکیب‌های شیمیایی از مولکول‌های ساده‌ای نظیر دی‌اکسید کربن، متان، و بنزن تا درشت‌مولکول‌های پروتئینی نظیر هموگلوبین و میوگلوبین همگی برآیش شده‌اند (ibid.). اما درباب اوصاف ساده و بهترین و موجه‌ترین چه استدلالی شده است؟

به نظر ما، مانافو و لوئیسای به صورت ضمنی استناد می‌کنند به تعداد روزافزون ترکیب‌های شیمیایی و این که سالانه میلیون‌ها ترکیب جدید سنتز می‌شود و می‌گویند: «شیمی تجسمی از برآیش است». ما قطعاً با این گفته‌ها هم‌دلیم. شیمی سرشار از مثال‌هایی است که به نظر «برآیش شده‌اند». طعم استات سرب شیرین است، نه شبیه طعم سرکه و نه شبیه طعم سرب. اما در فیزیک و زیست‌شناسی نیز با موارد فراوانی از پدیده‌های برآیش شده مواجهیم؛ مثلاً در فیزیک می‌توان به پدیده‌هایی مانند رسانایی، اثر کوانتومی هال، ابررسانایی، و غیره اشاره کرد و این مثال‌ها را تا حد دل‌خواه افزایش داد (Clayton 2004: 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 برآیش‌اند. حال چرا مدعی نباشیم که «زیست‌شناسی تجسم برآیش است»؟ به‌مانند روچیلد زیست‌شناس که مدعی است در زیست‌شناسی مثال‌های پدیده‌های برآیش شده بی‌شمار و بیش‌تر از حوزه‌های دیگر علوم است (Rothschild 2006: 152) و بی‌نهایت مثال بالقوه از برآیش در زیست‌شناسی داریم (ibid.: 158).

اما چه دلیلی ارائه شده است که بپذیریم مثال‌های برآیش در شیمی، علاوه بر فراوانی، «بهترین و موجه‌ترین» نیز هستند؟ به‌طور صریح هیچ. اما با توجه به ۲.۱ می‌توان گفت:

۱.۵ از آن‌جا که خواص شیمیایی نسبت به زیست‌شناسی و روان‌شناسی کمی‌پذیرتر، اندازه‌پذیرتر و آزمایش‌پذیرترند، می‌توان گفت مطالعه آن‌ها ساده‌ترین، بهترین و موجه‌ترین مثال‌های تقلیل و برآیش‌اند.

اگرچه این استدلال ذکر نشده است، اما این دغدغه هست که باتوجه به گفته مانافو در ۱.۲ پرشی ضمنی به ۱.۵ صورت گرفته باشد؛ چون در غیر این صورت دلیلی بر مدعای مانافو مبنی بر این‌که «علم شیمی بهترین مثال‌ها و موجه‌ترین آن‌ها را در اختیار می‌نهد» ارائه نشده است و تمام استدلال‌های مانافو نتیجه‌اش این است که «در علم شیمی باید به مسئله تقلیل و برآیش توجه کرد». این مطلب کاملاً بدیهی است و ما نیز با آن موافقیم.

البته این‌ظن ما باتوجه به گفته چیارو که در ۱.۲ به آن اشاره شد تقویت می‌شود. به نظر ما مغالطه‌ای در استدلال ۱.۵ نهفته است که آن را در ادامه تشریح خواهیم کرد. اما لازم است قدری درباره مفهوم «پیچیدگی» بدانیم.

بخش هشتم

در متون مرتبط با برآیش، هستی‌گاهی به‌سان کیکی لایه‌لایه یا نردبان تمثیل می‌شود؛ پله اول از ذرات بنیادی، پله بعدی از مولکول‌ها و درشت‌مولکول‌های پروتئینی، و پله بعدی از میکروارگانیسم‌ها و موجودات زنده تشکیل می‌شود. پله‌های این نردبان از پایین به بالا به ترتیب مورد مطالعه علوم فیزیک، شیمی، و زیست‌شناسی است. در روند حرکت به بالای این نردبان پیچیدگی افزایش پیدا می‌کند.

کلیدواژه مهم در این‌جا «پیچیدگی» است. در حد نیاز، این مفهوم را در مقابل مفهوم سادگی و مفهوم «پراجزایی» تحلیل می‌کنیم. می‌گوییم یک درشت‌مولکول پروتئین از مولکول ساده‌ای مانند متان پیچیده‌تر است، به این معنا که اولی تعداد اجزای بیش‌تری از دومی دارد. این معنا از پیچیدگی را می‌توان مقوله‌ای وجودشناسانه دانست، چه این‌که باتوجه به دستگاه وجودشناسانه علمی کنونی، که حاوی موجوداتی مانند الکترون و پروتون و غیره است، حکم می‌کنیم درشت‌مولکول پروتئینی از مولکول متان پراجزاتر است. همیشه پراجزایی مرادف با پیچیدگی نیست، کم‌این‌که تک‌سلولی را از تخته‌سنگ پیچیده‌تر می‌دانیم. تک‌سلولی به‌انحای بیش‌تری با طبیعت کنش دارد، مانند حرکت، متابولیسم و زادوولد، فرار از دشمن، هم‌زیستی، و غیره. پس انحای کنش شیء با محیط اهمیت پیدا می‌کند. انحای ارتباط اجزای شیء نیز در میزان پیچیدگی شیء اهمیت دارد. در تخته‌سنگ، با شبکه‌ای از کانی‌ها روبه‌رویم و اگر بخشی از آن را جدا کنیم، سنگ از «سنگ» بودن ساقط

نمی‌شود. در تک‌سلولی، اجزا وظایف تعریف‌شده دارند؛ مثلاً میتوکندری وظیفه تولید انرژی را برعهده دارد؛ دیواره سلولی فضای داخلی سلول را از بیرون جدا می‌کند و باعث پایداری محیط داخلی سلول برای امکان پذیر شدن واکنش‌های متابولیکی و غیره می‌شود. پس مفهوم پیچیدگی وجودشناسانه با سه مفهوم دیگر مرتبط است: ۱. پراجزایی شیء؛ ۲. انحای ارتباط اجزای شیء؛ ۳. انحای کنش شیء متشکل از اجزا با محیط. این موارد را عوامل پیچیدگی می‌نامیم. با این حساب، پیچیدگی وجودشناسانه آمیب بیش از مولکول آب^{۲۵} است؛ زیرا اولی انواع و تعداد اجزای بیش‌تر، ارتباط‌های بیش‌تر بین اجزا داشته و به‌انحای بیش‌تری با محیط کنش دارد.

گاهی از پیچیدگی و سادگی در مقوله معرفت‌شناسانه صحبت می‌شود. در این جا پیچیدگی به معنای دشواری نزدیک می‌شود. دشواری در این معنا معطوف به تحصیل یک هدف و هزینه‌هایی است که در این راه صرف می‌شود. این هدف گاهی رسیدن به حل معادله و گاهی ساخت دستگاه آزمایشگاهی یا اندازه‌گیری عملی کمیت است. دشواری گاهی نظری است: مثلاً در علم مکانیک، پیش‌بینی یک کمیت گاهی وابسته به حل 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 طول پیوند اتم‌های کریستال بسی دشوارتر از اندازه‌گیری طول زمین فوتبال است، زیرا در اولی ملزم به استفاده از دستگاه‌ها و فنون پیش‌رفته مانند پراش پرتو ایکس هستیم، درحالی‌که در دومی چنین دشواری‌ای در کار نیست. گاهی دشواری پاسخ به پرسشی راجع به یک شیء به مفاد پرسش نیز وابسته است؛ مثلاً دشواری پاسخ به پرسش درباره مکان یک پروتون از دشواری پاسخ به پرسشی درباره تجزیه‌پذیر بودن پروتون به اجزای بنیادی‌تر کم‌تر است؛ زیرا در اولی احتمالاً آماده‌سازی «اتاقک ابر» تدارک اساسی برای پاسخ است و در دومی ساخت یک شتاب‌دهنده. پس میزان پیچیدگی در معنای معرفت‌شناسانه آن به مفاد پرسش نیز بستگی دارد، مضاف بر این‌که به پیچیدگی وجود شناسانه شیء نیز بستگی دارد. شاهد این مطلب گذر از مسئله دو جسم به مسئله سه جسم در مکانیک کلاسیک است. مسئله دو جسم دارای حل تحلیلی است، اما مسئله سه جسم حل تحلیلی ندارد (به‌طور کلی برای $N \geq 3$ ، که N تعداد اجسام است، مسئله حل تحلیلی ندارد). ما معتقدیم پیچیدگی معرفت‌شناسانه (epistemological complexity) در مطالعه یک شیء تابعی است حداقل با دو متغیر «پیچیدگی وجودشناسانه» (ontological complexity) شیء و «پرسش ما» درباره آن شیء. به‌نظر ما اشکال اساسی ۱.۵ برقراری رابطه‌ای مستقیم بین پیچیدگی معرفت‌شناسانه و

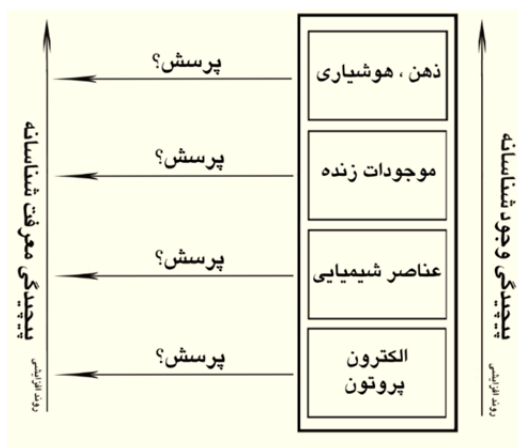
تقلیل و برآیش در فلسفه شیمی: مروری نقادانه ۱۰۳

پیچیدگی وجودشناسانه است، به این معنا که پیچیدگی وجودشناختی بیش تر پیچیدگی معرفت‌شناسانه بیش تر را نتیجه می‌دهد. در ادامه سعی می‌کنم مدعایم را با ذکر شواهدی از علوم تبیین کنم.

استعاره نردبان را در نظر بگیریم. با بالا رفتن از آن، پیچیدگی در معنای وجودشناسانه آن افزایش پیدا می‌کند. در پایین‌ترین پله این نردبان ذرات بنیادی قرار دارند. در پله بعدی، از اجتماع ذرات بنیادی، عناصر و مولکول‌های شیمیایی به وجود می‌آیند. به همین ترتیب، در پله‌های بعدی درشت‌مولکول‌های زیستی مانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، میکروارگانیسم‌ها، پستان‌داران، خزندگان، و مابقی. در حرکت صعودی به بالای «نردبان» با افزایش عوامل پیچیدگی مواجهیم.

مغالطه نهفته در استدلال مطرح‌شده در بند ۱.۵ برقراری تلویحی رابطه‌ای مستقیم بین افزایش پیچیدگی وجودشناسانه در نردبان طبیعت و افزایش پیچیدگی معرفت‌شناسانه در فعالیت علمی است. این مغالطه نتیجه می‌دهد:

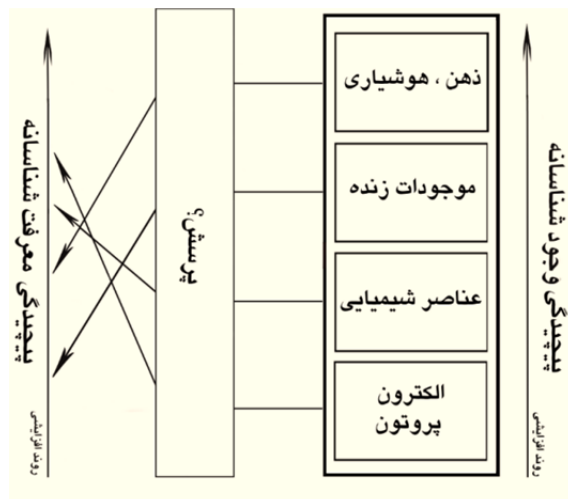
پیچیدگی معرفت‌شناسانه در مطالعه شیمی در پله سوم و چهارم نردبان خیلی بیش تر از شیمی در پله دوم است. یعنی با استناد به جایگاه پایین‌تر اشیای مورد مطالعه در علم شیمی نسبت به اشیای مورد مطالعه در علوم زیست‌شناسی و روان‌شناسی نتیجه گرفته می‌شود که پیچیدگی معرفت‌شناسانه در علم شیمی کم‌تر از زیست‌شناسی و روان‌شناسی است. پیچیدگی معرفت‌شناختی کم‌تر مرادف است با سهولت بیش تر در مطالعه مسئله تقلیل و برآیش و هر مسئله علمی دیگر.



شکل ۲. رابطه مستقیم بین پیچیدگی وجودشناسانه و پیچیدگی معرفت‌شناسانه

تمام سخن ما این است که رابطه بین پیچیدگی وجودشناسانه و معرفت‌شناسانه سراسر است و خطی نیست. فرض کنید می‌خواهیم رفتار جمعی مورچگان را به‌عنوان مسئله‌ای در زیست‌شناسی بررسی کنیم. می‌خواهیم بدانیم آیا رفتار جمعی مورچگان به رفتار انفرادی آن‌ها تقلیل داده می‌شود یا پدیده‌ای برآیش‌شده است. مطالعه رفتارهای جمعی موجودات با مدل‌سازی رفتارهای فردی آن‌ها با اتوماتای سلولی ممکن است. حال فرض کنید می‌خواهیم بدانیم آیا می‌توان خواص پروتون را به خواص ذرات سازنده آن تقلیل داد یا خیر؟ برای پاسخ به این پرسش علاوه بر کارهای نظری به استفاده از شتاب‌دهنده‌های گول‌پیکر نیاز است. اما بنابر توصیه فلاسفه ما مطالعه تقلیل و برآیش در حوزه زیست‌شناسی به مراتب دشوارتر از مطالعه این دو موضوع در حوزه فیزیک بنیادی است. فکر می‌کنم بپذیرید که دشواری‌های ساخت شتاب‌دهنده بسیار بیش‌تر از الگوسازی رفتار مورچگان در اتوماتای سلولی باشد! پس رابطه بین پیچیدگی وجودشناسانه و معرفت‌شناسانه خطی و سراسر نیست؛ یعنی ممکن است هویتی از پایین‌ترین پله نردبان هستی (پیچیدگی وجودشناسانه کم‌تر) انتخاب کرده (پروتون) و در مطالعه آن به پیچیدگی معرفت‌شناسانه به مراتب بیش از موردی رسید (مورچه) که از بالای پله‌های نردبان (پیچیدگی هستی‌شناسانه بیش‌تر) برای مطالعه انتخاب کرده‌ایم و البته این مثال‌ها را به‌دل‌خواه می‌توان افزایش داد.

زیست‌شناس استنفوردی، خانم دبورا گوردون (Deborah Gordon) رفتار مورچگان در کلونی‌هایشان را بررسی کرده است. او متوجه شد که رفتار جمعی مورچگان به هیچ‌وجه از رفتار فردی آن‌ها استنتاج‌شدنی نیست. کلونی مورچگان قابلیت سازگاری با زیستگاه را دارد. آن‌ها حتی دارای «شخصیت» اند: بعضی کلونی‌ها زودتر به‌خشم می‌آیند و برخی دیرتر! جالب است که عمر این کلونی‌ها می‌تواند بالغ بر ده سال باشد، درحالی‌که عمر یک مورچه حدود یک سال است (Clayton 2004: 72-73). این مثال نشان می‌دهد رفتار کلونی مورچگان برآیش‌شده است و از رفتار تک‌تک مورچه‌ها استنتاج نمی‌شود.



شکل ۳. رابطه بین پیچیدگی وجودشناسانه و پیچیدگی معرفت‌شناسانه مستقیم نیست، بلکه وابسته به پرسش ماست

مانافو و دیگران در ۲.۲ تا ۴.۲ وجود هوشیاری و حیثیت التفاتی را چالشی قلمداد کردند برای تحقیق در باب تقلیل و برآیش در علوم ذهن. ما قبول داریم که ردگیری تمام فعل و انفعالات الکتریکی و شیمیایی و زیستی تمام نورون‌های مغز کاری ناممکن است. اما آیا برای مطالعه تقلیل و برآیش در ذهن همواره به چنین تسلیحات سنگینی نیاز است؟ بررسی آزمایش بنجامین لیبِت (Benjamin Libet) در مورد شکل‌گیری امواج آنسفالوگراف مرتبط با اراده در مغز شخص مورد آزمایش و اراده آن شخص می‌تواند آموزنده باشد. این آزمایش در مسئله تقلیل‌پذیر بودن (یا برآیشی بودن) خصوصیات ذهنی بر خصوصیات مغزی اهمیت دارد.

اگر احکام ۲.۲ تا ۴.۲ و ۱.۵ را بپذیریم، درک امکان طرح و انجام آزمایش لیبِت به دلیل پیچیدگی وجودشناسانه فوق‌العاده بیش‌تر شیء مورد آزمایش، یعنی مغز، نسبت به اشیای مورد آزمایش در شیمی و فیزیک و هم‌چنین وجود هوشیاری و حیث التفاتی بسیار دشوار و تقریباً غیرممکن است؛ اما در واقع امر چنین نیست. آزمایش لیبِت حدود ۵۰ سال پیش انجام شد و بعد از آن به‌انحای مختلف تکرار شد (Haynes 2011: 87) و بصیرت‌های فراوانی در مورد ماهیت اراده به محققان علوم ذهن داد. لیبِت قصد نداشت تمام فعالیت‌های تک‌تک نورون‌های مغز را رصد کند. او یک پرسش مطرح کرد: رابطه میان حالت ذهنی اراده و فعالیت‌های الکتریکی مربوط به آن در مغز چگونه است؟ (Koch 2009: 46). او بر همین

اساس آزمایشی طراحی کرد. این پرسش همان بُعد معرفت‌شناسانه مسئله است. براساس این پرسش، ما بخشی از شیء مورد مطالعه را بررسی می‌کنیم؛ مثلاً رابطه اراده با سیگنال بخش‌های مختلف مغز.

در مثال کلونی مورچگان می‌پرسیم: آیا رفتار کلونی مورچه‌ها از رفتار تک‌تک مورچه‌ها استنتاج‌شدنی است یا با پدیده‌ای برآیش شده مواجهیم؟ این پرسش مشخص می‌کند که باید به چه وجهی از شیء مورد مطالعه توجه کنیم؛ برای مثال، به جهت حرکت مورچه، به عکس‌العملشان در برخورد با هم، و غیره. در این مطالعه نیاز به بررسی دستگاه عصبی مورچه، شمارش تعداد اجزای بدن مورچه، و غیره نداریم.^{۲۶}

با این‌که در بند ۲.۲، ۳.۲، ۴.۲ مانافو و دیگران هوشیاری و حیث‌التفاتی را سد راه مطالعه مسئله برآیش و تقلیل در حوزه ذهن می‌دانند، به نظر ما نمی‌توان با این قاطعیت سخن گفت. حداقل در مورد آزمایش لیبیت وجود شخصی هوشیار که دارای اراده و حیث‌التفاتی است لازم و بخشی از طراحی آزمایش است.^{۲۷}

توجه به مدل‌سازی در علم نیز به فهم موضوع کمک می‌کند. ساخت مدل برای مطالعه پدیده علاوه بر شیء مورد مطالعه به پرسش ما در مورد شیء نیز وابسته است؛ مثلاً در پیش‌بینی خسوف یا کسوف، زمین و خورشید و ماه را کره‌هایی صلب در نظر می‌گیریم، بدون توجه به تکامل زیستی و وجود عوامل هوشیار و غیره در زمین یا واکنش‌های هسته‌ای در خورشید یا جنس هسته ماه! پرسش ما این اقتضا را دارد تا به اجزای داخلی زمین و ماه و خورشید توجه نکنیم و آن‌ها را کره‌هایی صلب در نظر بگیریم. محتوای این پرسش باعث می‌شود بخشی از پیچیدگی وجودشناسانه شیء مورد بررسی نادیده گرفته شود و مسئله شکل ساده‌تری به خود بگیرد. اما اگر رابطه پیچیدگی معرفت‌شناسانه شیء مورد بررسی و پیچیدگی وجودشناسانه آن شیء را مستقیم فرض کنیم، بدون توجه به پرسشی که در مورد شیء مطرح می‌کنیم، کره زمین از نظر وجودشناسانه پیچیده‌ترین شیء است، زیرا شامل انواع زیستی، جانوری، شیمیایی، و از همه مهم‌تر موجودی هوشیار به نام انسان است و با این حساب با پیچیدگی معرفت‌شناسانه بسیار زیادی مواجهیم، به طوری که شاید هیچ‌گاه نتوانیم کسوف یا خسوفی را پیش‌بینی کنیم!

بخش هفتم

به قول رم هره (Rom Harre) علوم مختلف مانند روش‌های مختلف رنگ‌آمیزی یک سلول در زیست‌شناسی است. هرکدام از این روش‌ها بخشی از واقعیت را پیش چشم

زیست‌شناس قرار می‌دهند (Early 2003: ix). بررسی این «روش‌های رنگ‌آمیزی» شاخه‌های مختلف فلسفه علوم را تشکیل می‌دهد. فلسفه علم مانند جورچینی است که اجزای آن را فلسفه‌های ریاضی، فیزیک، شیمی، و زیست تشکیل می‌دهد. برای ارائه تصویری واقعی از علم، حضور و قرارگیری درست تمام این اجزا در کنار هم لازم است. ما کاملاً موافقیم که علم شیمی در مطالعه 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 علم شیمی در موضوع تقلیل و برآیش در علم پرداختیم. آنچه این آرا در پی آن بودند تصویرکردن نقشی «ویژه» برای شیمی در مطالعه برآیش و تقلیل در علم بود. ما نیز انتقاداتی طرح کردیم. شاید نقدهای ما سخت‌گیرانه باشد، اما هدفی جز تنقیح مسئله نداشتیم. فلسفه شیمی هنوز در ابتدای راه است. امید است فلاسفه علم و اصحاب شیمی به این حوزه بکر توجه بیشتری کنند تا شاهد پربارتر شدن آن باشیم.

۸. نتیجه‌گیری

بعد از ظهور جریان رسمی فلسفه شیمی در ۱۹۹۴، بخشی از آثار منتشر شده در این جریان به بیان ظرفیت‌های علم شیمی برای مسائل فلسفه علم و بخشی به تبیین مسئله استقلال نسبی شیمی از فیزیک اختصاص یافت. در این مقاله به بررسی و نقد آرای برخی فلاسفه در بیان اهمیت توجه به علم شیمی در مطالعه موضوع تقلیل و برآیش پرداختیم. این آرا مشتمل بر استدلال‌هایی برای وجود نقشی «ویژه» برای علم شیمی در مطالعه موضوع تقلیل و برآیش در فلسفه علم بود. علاوه بر نقدهایی که بر آرای مندرج در ۱.۲ تا ۶.۲ داشتیم، نگرانی عمده ما این بود که طرح آن‌ها این شبهه را پیش بیاورد که مطالعه تقلیل و برآیش در علوم ذهن و زیست‌شناسی دشوار و ناممکن است. دقت کنید که ما حکم نمی‌کنیم این مطالعه دشوار است یا نیست، بلکه می‌گوییم این دشواری به پارامترهایی وابسته است. در واقع سخن ما این است که «نمی‌توان» به‌طور سراسر «تنها» با اتکا بر جایگاه اشیای مورد بررسی یک علم در نردبان هستی (استعاره‌ای که مطرح کردیم) در مورد دشواری یا آسانی مطالعه مسائل مرتبط با آن شیء (مثلاً مسئله تقلیل و برآیش ویژگی‌های آن شیء) حکم کرد. پیچیدگی معرفت‌شناسانه مطالعه یک شیء تابعی به‌واقع پیچیده از پیچیدگی وجودشناسانه آن شیء و پرسش ما در مورد آن شیء است. البته امکان وجود پارامترهای

دیگر در این تابع را نفی نمی‌کنیم. به هر صورت معتقدیم که استدلال‌های مورد بررسی ۱.۲ تا ۶.۲ بیش از این نمی‌گویند که:

۱. در مطالعه موضوع برآیش و تقلیل در علم و فلسفه باید به علم شیمی توجه کرد؛
۲. در شیمی با مصادیق برآیش روبه‌رویم.
که قویاً مورد پذیرش ما نیز هست.

سپاس‌گزاری

* دوست عزیزم علی‌رضا کاووسی، کارشناس ارشد فیزیک ماده چگال از دانشگاه صنعتی اصفهان، نسخه‌ای از این مقاله را خواند و نکات مفیدی را گوش زد کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. یکی از روش‌های بررسی تقلیل مطالعه حد $\lim_{\delta \rightarrow 0} T_f = T_c$ است که در آن، T_f معمولاً نظریه با محتوای بیش‌تر و T_c نظریه با محتوی کم‌تر است. منظور از محتوا پدیده‌هایی است که نظریه تبیین و پیش‌بینی می‌کند. در این روش، ملاک تقلیل‌پذیری پیوستگی است. ناپیوستگی مرادف با تقلیل‌ناپذیری است. بر این اساس نسبت خاص به مکانیک نیوتنی در $v \rightarrow 0$ و نسبت عام به نسبت خاص در $\frac{Gm}{ac^2} \rightarrow 0$ تقلیل می‌یابد، که v سرعت جسم، c سرعت نور، G ثابت جهانی گرانش، و a طول جسم است. معادلات دینامیک سیالات ویسکوز در $\frac{1}{Re} \rightarrow 0$ به معادلات دینامیک سیالات غیرویسکوز تقلیل نمی‌یابد. مکانیک آماری در $\frac{1}{N} \rightarrow 0$ به ترمودینامیک کلاسیک تقلیل نمی‌یابد. اپتیک موجی به اپتیک هندسی در $\frac{\lambda}{a} \rightarrow 0$ تقلیل نمی‌یابد. مکانیک کوانتوم به مکانیک کلاسیک در $\frac{h}{S} \rightarrow 0$ تقلیل نمی‌یابد. دینامیک نوسان‌گر میرا به نوسان‌گر نامیرا در $\varepsilon \rightarrow 0$ تقلیل نمی‌یابد؛ زیرا در این حدها ناپیوستگی وجود دارد. در این روابط، Re 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 نوسان‌گر است (Chibbaro et al. 2014: 33). اگرچه در این روش مکانیک نیوتنی به مکانیک نسبیتی تقلیل می‌یابد، اما ایرادات کوهن و فایراند در مورد قیاس‌ناپذیری مفاهیمی مانند جرم در نسبت خاص و جرم در مکانیک نیوتنی اهمیت دارد.

۲. به‌طور مشخص تقریب بورن - اپنهایمر (Born- Oppenheimer approximation): اساس این تقریب جرم بسیار بیش‌تر پروتون نسبت به الکترون است. از این‌رو، سرعت حرکت پروتون نسبت به الکترون در حال گردش بسیار کم‌تر است. به‌زبان فیزیک کلاسیک، در چرخش یک دور حرکت الکترون به دور پروتون، مکان پروتون تقریباً ثابت است. در این تقریب، پروتون ثابت فرض شده و الکترون‌ها در چهارچوب مرجعی که در مکان پروتون‌ها ثابت شده در حرکت‌اند. ثابت فرض کردن مکان پروتون در حل معادله شرودینگر موجب ساده‌تر شدن محاسبه می‌شود.

۳. Quantum decoherency از پاسخ‌هایی است که به مسئله 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 برهم‌کنش‌هاست. درباره تبیین ساختار شیمیایی مولکول بر این اساس گفته می‌شود ساختار شیمیایی یک ویژگی کلاسیک است که از برهم‌کنش سیستم کوانتومی مولکول با محیط بروز می‌کند.

۴. منظور از «ازاساس» و «مواد» چیست؟ آیا می‌توان 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، آیا باز هم می‌توان گفت مکانیک کوانتوم از اساس رفتار تمام موارد را توضیح می‌دهد؟ تقریب‌های فراوان مورد استفاده در محاسبات خدشه‌ای بر این «ازاساس» وارد نمی‌کند؟ به نظر ما این مدعاها بسیار مبهم است.

۵. بیان‌گر موضع تک‌جوهری یا مونیزم (monism) است. مونیزم التزامی به نوع جوهر ندارد. بر این اساس، دیدگاه برکلی (Berkeley) که تمام آن‌چه را هست ایده‌های ذهنی می‌دانست نیز موضع مونیزیستی است.

6. The whole is more than its parts

۷. در مکتوبات برآیش کلمه «fact» برای اشاره به آن‌ها آمده است.

۸. وجه تسمیه «وجودشناسانه» از فرض وجود واقعیت‌هایی در سطوح شیمیایی و زیستی و غیره است که دانستن آن‌ها برای تبیین پدیده‌ها نیاز است. به «برآیش قوی» (strong emergence) نیز موسوم است.

۹. به برآیش ضعیف (weak emergence) نیز موسوم است.

۱۰. وجه تسمیه «معرفت‌شناسانه» از فقدان «معرفت» مورد نیاز در تبیین یک پدیده است.

۱۱. به صورت نکره آوردیم، چون منظور از این قوا از نویسنده به نویسنده متفاوت است. الیس در (Ellis 2016: 53-63) پنج قسم از آن‌چه را downward causation می‌داند معرفی می‌کند.

۱۲. البته اگر برای اراده شما در حرکت دستتان به‌گونه‌ای قوه علی مستقل از سطح بنیادی قائل باشیم. در موضع فیزیکی‌الیسم چنین دیدگاهی رد می‌شود نگاه کنید به نقد کیم به علیت روبه‌پایین (Kim 2006). او با ارائه استدلالی متافیزیکی (با اتکا بر اصل بستار و اصل جهت کافی) امکان

علیت روبه پایین را رد می‌کند. ایس، فیزیک‌دان و اخترشناس، قویاً از وجود علیت روبه پایین در طبیعت دفاع می‌کند (Ellis 2016: 325-345). تأثیر ذهن فاعل شناسا در فروپاشی تابع موج در آزمایش ذهنی دوست و یگنر (Wigner's friend) را شاید بتوان مصداقی از علیت روبه پایین دانست. ۱۳. این تقابل در برآیش وجودشناسانه بنیادی است و در برآیش معرفت‌شناسانه موقت است.

۱۴. در برخی سامانه‌ها برخی اجزای سامانه بر نحوه کار سامانه اثرگذار است. این اثرگذاری غالباً در جهت بهینه‌سازی نحوه عمل کرد سامانه است. این پدیده با نام «حلقه‌های بازخوردی» شناخته می‌شود. مثلاً محصول یک واکنش آنزیمی در سلول می‌تواند باعث غیرفعال شدن کاتالیزور و واکنش شود و واکنش متوقف شود. در مقیاس ماکرو، تولد نوزاد جانوران می‌تواند باعث توقف جریان زادوولد در آن‌ها شود.

۱۵. ناشی از جهل ما.

۱۶. ناشی از یک اساس نظری است. مثلاً اندازه‌گیری هم‌زمان مکان و سرعت ذره براساس اصل عدم قطعیت امکان ندارد.

۱۷. مانافو این موضوع را به‌طور کلی می‌پذیرد: «تقلیل و برآیش نسبت به هم مانع‌الجمع‌اند، البته نه همیشه» (Manafu 2014: 39). یعنی اگر پدیده‌ای تقلیل‌پذیر به دانش زمینه‌ای باشد، برآیش شده نیست و اگر پدیده‌ای برآیش شده باشد، تقلیل‌پذیر نیست.

۱۸. این اصل بیان می‌دارد که در ترتیب پرشدن اربیتال‌های اتم درحالت پایه الکترون ابتدا وارد اربیتال با انرژی پایین‌تر می‌شود.

۱۹. این اصل بیان می‌دارد که هیچ دو الکترونی در یک اتم یافت نمی‌شود که تمام اعداد کوانتومی شان یکسان باشد.

۲۰. این اصل بیان می‌دارد که ابتدا اربیتال‌های با اعداد کوانتومی اصلی کم‌تر از الکترون اشغال می‌شود. این اصل تا عدد اتمی ۲۰ معتبر است. اصل آفائو صورت کامل‌تر این اصل است.

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

۲۲. سخن پائولی در این باره قابل توجه است: «در مقاله اصلی خودم بیان کرده‌ام که از آوردن دلیل منطقی یا استنتاج از اصول کلی برای اصل طرد ناتوان بودم. همیشه این احساس را داشته‌ام و هنوز هم دارم که این کاستی است. البته در ابتدا امیدوار بودم مکانیک کوانتومی جدید که با کمک آن امکان استنتاج تعدادی از قواعد نیمه تجربی میسر شد بتواند استنتاجی [از اصول] هم برای اصل طرد ارائه دهد. این احساس که سایه گونه‌ای ناتمامیت بر موفقیت‌های درخشان مکانیک کوانتومی جدید افکنده شده است به نظر من اجتناب‌ناپذیر است (شریفی ۱۳۹۶: ۵۹).

برگرفته از سخن‌رانی ولفگانگ پائولی برنده نوبل فیزیک سال ۱۹۴۵ در مراسم اعطای جایزه

۲۳. خواندن کتاب *تقلیل، برآیش، و سطوح واقعیت (Reduction, Emergence, and Levels of Reality)* در این خصوص توصیه می‌شود (Chibbaro et al. 2014)، به چند دلیل مضاف بر سادگی و روانی: ۱. ارائه بحث علمی و به دور از گمانه‌زنی، چیزی که میر و ژیلت و واینبرگ به آن انتقاد داشتند. ۲. بنیادی فلسفی و علمی درستی دارد که نه فیلسوف و نه دانشمند را در فهم مطالب خود ناکام نمی‌گذارد.

۲۴. بحث امروزی درباره موضوع برآیش در ادامه میراث مکتبی است که امروزه آن را «مکتب انگلیسی برآیش» می‌شناسیم. محتوای نظریات این مکتب اگرچه اختلافاتی باهم دارند، هم‌گرایی نیز دارند، به نحوی که ما آن را امروزه به‌منزله یک مکتب می‌شناسیم. از زمان معرفی واژه برآیش توسط جی. اچ. لویس (G. H. Lewis) حدود ۱۴۰ سال می‌گذرد. سیر تکامل این مفهوم به شکل تقریباً امروزی با کتاب *نظامی از منطق (A System of Logic)* اثر جان استیوارت میل (John Stuart Mill) شروع شد و با کارهای افرادی مانند لویس، مورگان، الکساندر، سی. دی برود (C. D. Broad) ادامه یافت.

۲۵. اگر به جای «مولکول آب» بگوییم «لیوان آب»، تعداد اجزای «لیوان آب» از آمیب بیش‌تر است. در این جا دو عامل دیگر اهمیت می‌یابد و نتیجه کلی به نفع آمیب است. ما قصد ارائه تعریف کمی از پیچیدگی نداریم، اما شهوداً هم آمیب را از لیوان آب پیچیده‌تر است.

۲۶. فکر می‌کنم این دیدگاه به رویکرد کارکردگرایی (functionalism) در فلسفه ذهن نزدیک باشد.

۲۷. در آزمایش لیت از شخص خواسته می‌شود حرکت دایره‌ای نقطه‌ای روی اسیلوسکوپ را نگاه کند. محیط دایره به ۶۰ قسمت مدرج شده است. از شخص خواسته می‌شود دکمه‌ای را فشار دهد؛ در ضمن شخص باید به حرکت نقطه توجه کند و هر موقع اراده فشردن دکمه را داشت، مکان نقطه روی اسیلوسکوپ را گزارش کند. در آزمایش لیت سه زمان نشانه‌گذاری می‌شود: زمان شکل‌گیری امواج آنسفالوگراف در مغز مرتبط با اراده شخص، زمانی که شخص در خود اراده فشردن دکمه را حس می‌کند، و زمانی که دکمه فشرده می‌شود. مشخص شده است که امواج آنسفالوگراف قبل از لحظه‌ای که شخص در خود اراده را حس کند شکل می‌گیرد؛ این واقعیت در مسئله اراده آزاد (free will) اهمیت پیدا می‌کند.

کتاب‌نامه

شریفی، مرتضی (۱۳۹۶)، *فلسفه شیمی: استقلال و مسائل مهم*، تهران: دانشگاه صنعتی شریف.

Bedau, M. and P. Humphreys (2008), "Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science", in: *Scientific Perspectives on Emergence*, M. Bedau, and P. Humphreys (eds.), Massachusetts: MIT press.

- Brakel, J. (1999), "On the Neglect of the Philosophy of Chemistry", *Foundations of Chemistry*, vol. 1.
- 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", in: *Philosophy of Chemistry*.
- Chalmers, D. (1995), "Facing up to the Problem of Consciousness", *Journal of Consciousness Studies*, vol. 2, no.3.
- Chibbaro, S., L. Rondoni, and A. Vulpian, (2014), *Reductionism, Emergenc and Levels of Reality: The Importance of Being Borderline*, Dordrecht: Springer.
- Clayton, P. (2004), *Mind and Emergenc*, Oxford: Oxford University Press.
- Del Re, G. (2003), "Reaction Mechanisms and Chemical Explanation", in: *Chemical Explanation*, J. Early (ed.), New York: New York Academy of Science.
- Early, J. (2003), *Chemical Explanation: Characteristics, Devolopment, Autonomy*, New York: New York Academy of Science.
- Early, J. (2008), "How Philosophy of Mind Needs Philosophy of Chemistry", *HYLE*, vol. 14, no. 1.
- Fisher, G. (2003), "Explaining Explanation in Chemistry", in: *Chemical Explanation*, J. Early, New York: New York Academy of Science.
- Goodwin, W. (2003), "Explanation in Organic Chemistry", in: *Chemical Explanation*, J. Early (ed.), New York: New York Academy of Science.
- Griffiths, P. (2020), *Philosophy of Biology*, E. N. Zalta, (ed.), *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: *Conscious Will and Responsibility*, L. Nadel, F. Schauer, and W. S. Armstrong (eds.), Oxford: Oxford University Press.
- Hendry, R. F. (2006), "Is There Downward Causation in Chemistry?", in: *Philosophy of Chemistry*, E. Scerri, D. Baird, and L. McIntyre (eds.), Dordrecht: Springer.
- Humphreys, P. (2008), "How Properties Emerge", in: *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*, P. Humphreys and M. Bedau (eds.), Cambridge: MIT Press.
- Koch, C. (2009), "Free Will, Physics, Biology, and the Brain", in: *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, N. Murphy, G. Ellis, and T. O'Connor (eds.), Berlin: Springer.
- Luisi, P. (2002), "Emergence in Chemistry: Chemistry as Embodiment of Emergence", *Foundations of Chemistry*.
- Manafu, A. (2014), "How Much Philosophy in the Philosophy of Chemistry?", *Philos Sci*, vol. 45.
- 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*, vol. 19, no. 12.
- Putnam, H. and P. Oppenheim (1958), "Unity of Science as a Working Hypothesis", *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 2.

- Redhead, M. (1980), "Model in Physics", *British Journal of Philosophy of Science*, vol. 31.
- 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: *The Re-Emergence of Emergence*, P. Clayton and P. Davis (eds.).
- Rueger, A. and P. McGivern (2010), "Emergence in Physics", in: *Emergence in Science and Philosophy*, A. Corradini and T. O'Connor (eds.), New York: Routledge.
- Scerri, E. (2008), "Just How ab-initio id ab-initio in Quantum Chemistry?", in: *Collected papers on Philosophy of Chemistry*, London: Imperial College Press.
- Scerri, E. (1991), "The Electronic Configuration Model, Quantum Mechanics and Reduction", *British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 49.
- Scerri, E. (2000), "Have Orbitals Really Been Observed?", *Chem Educ*, vol. 77.
- 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*, vol. 14.
- Scerri, E. (2012), "Has the Periodic Table Been Successfully Axiomatized?", in: *Handbook of the Philosophy of Science*, A. Woody, R. F. Hendry, and P. Needham (eds.), Oxford: Elsevier.
- Scerri, E. and L. McIntyre (2008), "The Case for the Philosophy of Chemistry", in: *Collected papers on Philosophy of Chemistry*, E. Scerri (ed.), London: Imperial College Press.
- Schummer, J. (2001), "Ethics of Chemical Synthesis", *HYLE*, vol. 7, no. 2.
- Schummer, J. (2006), "Philosophy of Chemistry", in: *Encyclopedia of Philosophy*, D. Borchert (ed.), Second Edition, 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: *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*, Davis Baird and Eric Scerri Lee McIntyre (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 242, Springer.
- Weisberg, M. (2006), "Water Is Not H₂O", in: *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*, Davis Baird, Eric Scerri Lee McIntyre, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 18, no. 242, Springer.
- Woolley, R. G. (1978), "Must a Molecule Have a Shape?", *American Chemical Society*, vol. 100, no. 4.
- Woolley, R. G. and B. Sutcliffe (2012), "Atoms and Molecules in Classical Chemistry and Quantum Mechanics", in: *Handbook of the Philosophy of Science*, A. Woody, R. F. Hendry, and P. Needham (eds.), Oxford: Elsevier.

