جستارهای فلسفی، شماره بیست و نهم، بهار و تابستان ۱۳۹۵، ص ۱۹۵-۲۳٤

بررسی امکان تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به تبیین‌های فیزیک و شیمی از منظر کلر و دوپره[۱]

محمود مژده[۲]

دانشجوی دکتری رشته فلسفه علم، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

از سال ۱۹۵۳ میلادی با کشف ساختار دی ان ای توسط واتسون و کریک گروهی از فیلسوفان علم و زیست‌شناسی را به رویکردی تقلیل‌گرایانه امیدوار کرد تا در نتیجه آن بتوانند اصول، نظریه‌ها، ویژگی‌ها، کارکردها، واژگان، مفاهیم و نهایتاً تبیین‌های زیست‌شناسی را با معادل‌های آنها در شیمی و فیزیک تقلیل دهند، چراکه معتقد بودند قدرت تبیینی و پیش‌بینی فیزیک به همراه شفافیت در تبیین‌های آن، امکان معرفت ما را افزایش می‌دهد. خانم اِولین فاکس کلر از جمله مدافعان تقلیل‌گرایی است و معتقد است تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به تبیین‌های شیمی و فیزیک در آینده علی‌الاصول ممکن است. اساس استدلال وی بر اتخاذ قرائتی تکاملی از مفهوم کارکرد استوار است. در مقابل جان دوپره معتقد است که پیچیدگی‌های حاکم بر سیستم‌های زیستی و نامتعین بودن کارکرد هستومندهای زیستی، تقلیل‌گرایی را ناممکن می‌سازد. او در دفاع از دعوی خود بر وجود ویژگی‌های نوخاسته در هستومندهای زیستی و علیت نزولی بر سیستم‌های زیست‌شناسی تأکید می‌کند و تقلیل در سطح تبیین‌ها را حتی در آینده هم ناممکن می‌داند. با نقد استدلال طرفین می‌توان نشان داد که زیست‌شناسی سیستم‌ها چگونه آنها را به هم نزدیک می‌کند. به‌نظر می‌رسد با اتخاذ روش تقلیل‌گرایی موضعی بتوان راهکاری یافت که به رشد معرفت یاری رساند.

واژگان کلیدی: تبیین، کارکرد، نوخاستگی، علیت نزولی، زیست‌شناسی سیستم‌ها، کلر، دوپره.

---

۱. تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۷/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۲

۲. پست الکترونیک: m_mozhde102@yahoo.com

مقدمه

جست‌وجو برای وحدت و سادگی در طبقه‌بندی واقعیت در علم خود را بیشتر از سایر جنبه‌های کنش‌گرانه آدمی نشان می‌دهد. از نمونه‌های فیزیکی آن می‌توان به تقلیل قوانین اجرام سماوی کپلر و حرکت اجرام زمینی گالیله به قوانین بنیادی نیوتن اشاره کرد که در پرتو این قوانین پدیده‌هایی چون جزر و مد دریاها توضیح داده شد و افرادی چون بویل و چارلز و گیلوساک هم آن قوانین را در شیمی در نظریه جنبشی گازها به‌کار بردند. نظم تناوبی جدول مندلیف به نظم موجود میان پیوندهای اتمی و درون اتمی تبدیل شد و اینها همه دستاوردهای تقلیل‌گرایی در علم است. تز تقلیل زیست‌شناسی به فیزیک و شیمی عنوان کتب بسیاری از فلاسفه علم و زیست‌شناسی هم‌چون جک اسمارت (۱۹۵۹)، فرانسیسکوآیالا(۱۹۶۸)، دوبژانسکی(۱۹۷۸)، روزنبرگ(۱۹۷۸)، کیچر(۱۹۶۸)، ارنست مِیر(۱۹۹۶) و الیسا موبر(۱۹۹۹) گشت. الوین فاکس کلر[1] و جان دوپره[2] از جمله فیلسوفان معاصر علم و زیست‌شناسی‌اند که به بحث تقلیل‌گرایی در سطح تبیین‌ها پرداخته‌اند. کلر معتقد است ابتدا بایدبه توسعه فیزیک رایج پرداخت تا مفهوم «کارکرد» را نیز دربرگیرد و سپس با در نظر گرفتن مفهوم «کارکرد» برای هستومندهای زیستی به عنوان وجه ممیزه آنها از هستومندهای غیر زیستی، به آینده تقلیل تبیین‌های زیستی به تبیین‌های شیمی و فیزیک امیدوار بود. در مقابل دوپره با باور به جایگاه مفاهیم نوخاستگی و علیت نزولی در زیست‌شناسی مخالف این مدعاست.

دعاوی مطرح شده توسط کلر و دوپره عمدتا برگرفته از کتاب مناظرات رایج در فلسفه‌ی زیست‌شناسی ویراسته ی آیالا و آرپ (۲۰۱۰) است.

1. Evelyn Fox Keller
2. John Dupre

کلر و دفاع کارکردمحور او از تقلیل‌گرایی

پاسخ مثبت فاکس‌کلر به امکان تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به تبیین‌های فیزیک و شیمی با ذکر قیدی از طرف وی همراه است. او ماتریالیست است و به تحلیل‌های غایت‌گرایانه یا ویتالیستی هانری برگسون و هانس دریش اعتقادی ندارد. وی می‌گوید شاید به نظر می‌رسید که اگر امکان تقلیل تبیین‌های زیستی به تبیین‌های فیزیکی و شیمیایی را ناممکن می‌دانست احتمالاً وی را طرفدار رویکردهای وایتالیستی می‌دانستیم اما می‌گوید که در آن صورت نیز وایتالیسم را طردشده می‌داند. (لازم به اشاره است که ویتالیسم آموزه‌ای است که بیان می‌کند انرژی حیاتی، مستقل از انرژی‌های به رسمیت شناخته شده توسط فیزیک و شیمی، در هستومندهای زیستی وجود دارد که موجد رشد و حرکت آنهاست.) به روایت ارنست میر این آموزه مردود است زیرا که نه تنها هزاران آزمایش برای اثبات وجود آن به شکست انجامید بلکه شکل‌گیری و توسعه ژنتیک مندلی و مولکولی تبیین‌های به مراتب دقیق‌تر و بهتری در این زمینه ارئه دادند.

کلر به شرط توسعه فیزیک رایج موافق تقلیل‌گرایی است. توسعه‌ای که واژگان و عبارات و مفاهیم زیستی را شامل شود که از جمله مهم‌ترین آن «کارکرد» است. او در این زمینه می‌نویسد:

> علی‌رغم موفقیت‌های رویایی که در سال‌های اخیر درباره به‌کارگیری راه‌حل‌های فیزیکی و شیمیایی در تبیین پدیده‌های زیستی شاهد بوده‌ایم، اما هنوز راه درازی را پیش‌رو داریم. پرسش اساسی ما در اصل تفاوت بین موجود زنده و غیر زنده است که هنوز بی‌پاسخ مانده است. برخلاف سیستم‌های فیزیکی و شیمیایی، سیستم‌های حیاتی بایستی با بروز یک کارکرد مشخص شوند. مفهومی که اگرچه برای سیستم‌های زیست‌شناسی

ضروری است، اما در واژگان فیزیک و شیمی وجود ندارد.[1]

کلر در دفاع از توسعه مورد نظر خود در فیزیک به نحوی که مفاهیم و واژگان جدید زیستی هم‌چون «کارکرد» را شامل شود به نیلز بور اشاره می‌کند که می‌نویسد: «مطالعه زیست‌شناسی توقع کشف قوانین جدید را در ما ایجاد می‌کند». کلر معتقد است در زیست‌شناسی قانونی وجود ندارد و این نکته‌ی مهمی در استدلال‌های او است. دلایل او در این مورد به شرح زیر اند:

۱. در زیست‌شناسی برخلاف فیزیک جزیی مشترک که در همه‌ی هستومندهای زیستی یک واحد ساختاری مشترک باشد وجود ندارد. فرض آن‌که حتی دی.ان.ای این نقش را بازی کند منتفی است چون بعضی ارگانیسم‌ها مانند ویروس اچ.آی.وی دارای آر.ان.ای هستند و برخی هم مانند پریون‌ها بدون هیچ دی.ان.ای یا آر.ان.ای خودش را بازتولید و مدیریت می‌کنند.

۲. به ارنست مِیر استناد می‌کند که در کتاب چه چیز زیست‌شناسی را بی‌همتا می‌سازد می‌نویسد: «تنها قانون در زیست‌شناسی این است که همه قوانین در زیست‌شناسی استثناء دارند». مِیر در صفحه ۳۹ همین کتاب اشاره می‌کند که در پاسخ به اختلاف نظر در بود یا نبود قوانین در زیست‌شناسی هیچ اجماعی وجود ندارد. قوانین نقش کمرنگی در زیست‌شناسی دارند و این‌که بسیاری از پدیده‌های زیستی بی‌همتایند و تکرارپذیر نیستند و به صورت موردی تبیین می‌شوند.

۳. در زیست‌شناسی گاهی از قوانین مندل یا این قانون که جهت اطلاعات همیشه از سمت دی‌ان‌ای به سوی پروتئین‌هاست صحبت می‌شود. حال آن‌که این موارد تعمیم‌اند و نه قانون.

البته کلر توضیح نمی‌دهد که تفاوت تعمیم‌ها [ی صادق] و قوانین در چیست. وی

---

1. Francisco, J., Ayala & Robert .A.R.P, *Contemporary Debates in Philosophy of Biology*, Willy Black well press, 2010.

هم‌چنین نمی‌گوید که در فیزیک، قوانین چه چیزی بیش از تعمیم‌های صادق در خود دارند که شایسته قانون نامیده شدند.

اما کلر از واژه‌ی «کارکرد» که در توسعه فیزیک مطلوبش آن را ضروری‌ترین و محوری‌ترین واژه می‌داند، چه تعبیری دارد؟ کلر به دنبال تعریفی است که به قول ویلیام ویمسات[1] این‌گونه است: «وقتی می‌گوییم هستومندی دارای کارکرد است، مثل آن است که بگوییم آن هستومند در خودتنظیمی ارگانیسمی که بخشی از آن است، دخالت دارد».[2] کلر در واقع برای تبیین هرچه بیشتر و بهتر مفهوم کارکرد بین پایداری یا ثبات یک جنبه از سیستم و پایداری کل سیستم فرق می‌گذارد. او از واژه persistency به معنای «دوام» برای سنجش و میزان پایداری[3] کل سیستم استفاده می‌کند. او معتقد است که از پایداری‌های متنوع ممکن در اجزای سازنده سیستم، توسط انتخاب طبیعی، آن پایداری‌هایی انتخاب می‌گردد که به دوام جنبه‌های کلی سیستم منجر گردد. یعنی کل سیستم هم‌سازی داشته باشد. بنابراین کارکرد یک جزء بایستی در دوامو خود تنظیمی آن سیستم نقشی مثبت داشته و مفید باشد. در واقع نکته مهم آن است که وقتی پایداری یک ویژگی به دوام کل سیستم کمک می‌کند، نوعی انتخاب، یعنی انتخاب با دوام‌ترین، به طور خودکار انجام می‌شود.

کلر می‌پذیرد که هرچند تنها تفاوت موجودات زنده و غیر زنده به مفهوم کارکرد بازنمی‌گردد اما معتقد است این مفهوم در قلب زیست‌شناسی جای دارد. وی به کانت اشاره می‌کند که در بخش دوم سنجش خرد ناب برای کارکرد هستومندهای زیستی تعریفی ارائه می‌دهد که علی‌رغم غایت‌انگاری سودمندگرایانه‌اش با تعریف کلر هم‌سو

1. W. wimsatt
2. Francisco, J., Ayala & Robert .A.R.P, *Contemporary Debates in Philosophy of Biology*, p.27.
3. stability

است. کانت از عبارت «گواینکه» استفاده می‌کند تا جهان ارگانیزم‌ها را در عالم فنومن به صورت غایت‌مند فرض کند هرچند معتقد است ما نمی‌دانیم جهان ارگانیزم‌ها فی‌الواقع و در عالم نومن چگونه است. کانت می‌گفت ما راهی نداریم جز آن‌که برای شناخت ارگانیزم‌ها آنها را غایتمند در نظر بگیریم. کلر می‌نویسد: «طبق نظر کانت تفاوت میان حیات و علوم فیزیکی دقیقاً در سازماندهی خاص موجودات زنده به شکل جزء/کل[1] یا به قول خودش "خود سامان‌ده"[2] نهفته است (اصطلاح خودسامان‌ده را اولین‌بار کانت بکار برده است)». این برداشت کانت از موجودات زنده و ارگانیسم‌ها موافق با تحلیل کلر از مفهوم کارکرد است. زیرا کانت می‌گوید:

> در موجودات طبیعی می‌توان این‌گونه فرض کرد که هر جزء، حضورش را مدیون ساماندهی همه اجزای دیگر است. از طرف دیگر هم‌چون یک وسیله هر عضو وجودش برای دیگران و کل است. جزء باید وسیله‌ای برای موجودیت اجزای دیگر باشد که هریک به سهم خود به شکل متقابل، دیگر اجزا را موجودیت می‌بخشند. فقط تحت این شرایط و با این چشم‌انداز است که چنین موجودی می‌تواند موجود خودسامان‌ده باشد و آن را یک موجود غایت‌مند در نظر گرفت.

کلر علم سایبرنتیک را نمونه بارزی از تلاش در برآورده کردن آرزوی کانت می‌داند. سایبرنتیک علمی است که تمایز میان ارگانیسم و ماشین را از میان می‌برد، یعنی تمایزی که مفهوم خود سامانی کانت بر آن استوار است. کلر سوای تحقق ایده کانتی مفهوم کارکرد، جهت ایضاح مفهوم کارکرد از دیدگاه خودش ماشین‌های برنارد را شرح می‌دهد. اشاره‌ی وی به کلود برنارد، اندام‌شناس معروفی است که بیشترین آثار را در مورد عوامل «هم‌ایستا»[3] دارد. اساس ماشین برنارد بر مفهوم هم‌ایستایی استوار است که معنی آن این

1. Part-whole
2. Self-organization
3. Home ostasis

است که اجزای یک سیستم در ارتباط‌های بازخوردی نسبت به یکدیگر قرار دارند و از واپاشی سیستم جلوگیری می‌کنند و نتیجه‌ی تعاملشان حفظ دوام و بقاء سیستم است. در اینجا کلر دو نمونه از طبیعت را که می‌توان بر اساس ماشین‌های برنارد توضیح داد ذکر می‌کند. مثال اول کلر، عمل کموتاکسی باکتریایی است. این عمل یعنی توانایی باکتری‌ها در تشخیص و حرکت به سمت یک جاذب مثل ماده غذایی و یا دفع یک ماده سمی مثل فضولات باکتری است. در واقع کموتاکسی باکتریایی را می‌توان محصول زیست‌شناسی سیستم‌ها دانست. ساختاری که امکان کموتاکسی را فراهم کرده است، خودش از عناصر و سازه‌های به نسبت پیچیده تشکیل یافته است. جزء اصلی باکتری در اینجا تاژک و حس‌گرهاست. تاژک‌ها همان رشته‌های متحرک‌اند که مانند موتور سیستم عمل می‌کنند و حس‌گرها مانند یک گیرنده‌ی شیمیایی عمل می‌کنند. نمونه‌ی آن تاژک در باکتری ای‌کولای[۱] است. هر باکتری دارای چند تاژک است که این تاژک‌ها می‌توانند به‌صورت ساعتگرد یا پاد ساعتگرد عمل کنند. با توجه به ساختار مارپیچی تاژک‌ها، حرکت پادساعتگرد باعث حرکت در مسیر مستقیم می‌شود. از سوی دیگر، حرکت ساعت‌گرد باعث می‌شود باکتری در جای خود جست و خیز کند. نتیجه این فرآیند آمیزه‌ای تصادفی ازحرکت‌های مستقیم و غلطشی است، اما با افزودن یک بازخورد ساده بین حس‌گرها و تاژک‌ها که جهت حرکت را طبق غلظت شیمیایی تنظیم می‌کنند، حرکتی هدفمند به‌وجود می‌آید. باکتری ای‌کولای از سازوکاری که امکان مقایسه فیزیکی غلظت‌ها را فراهم می‌کند، همراه با نظام حرکتی به شکلی استفاده می‌کند که زمان بین جست‌وخیزها در صورتی که باکتری در حال حرکت در مسیر مناسب باشد، کمترین

۱. اسم این باکتری ای. کولای (Escherichia ichia coli) است. این باکتری در دستگاه گوارش ما زندگی می‌کند و وقتی که یک محصول لبنی می‌خوریم این باکتری فعال می‌شود. این باکتری‌ها با ساختن آنزیم‌های لازم که برای جذب و تجزیه لاکتوز (قند شیر) لازم هستند، از این قند به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند.

گردد. به این ترتیب، واکنش کموتاکسی مستقیم تری نسبت به آن‌چه در حال عادی انتظار می‌رود، به وجود آید. در طول سال‌ها تکامل، حلقه‌های فیدبک‌دار بیشتری به نظام باکتری‌ای کولای اضافه شده و باعث ایجاد وسیله‌ای مستحکم و بسیار کارامد جهت حفظ محیط مطلوب باکتری شده است. این محیط مطلوب شامل جذب غذا برای باکتری یا دفع مواد سمی برای آن است.

کارکرد باکتری ای کولای مثال بارز ماشین برنارد است. محیط پیرامون باکتری آن را با جابجا کردن ارگانیزم تا هنگام دسترسی به شرایط مطلوب موضعی تنظیم می‌کند. یعنی اینجا می‌توانیم کارکرد باکتری‌ای کولای و کلا عمل کموتاکسی باکتری‌ها را با کارکرد ترموستات مقایسه کنیم. کلر از این مقایسه می‌خواهد نگاه مکانیستی و فیزیک محور خود به زیست‌شناسی را تقویت کند. این ماشین با سلسله مراتب حلقه‌های فیدبک‌دار بین سیستم حس‌گر آن و سیستم حرکتی‌اش کار می‌کند که اکنون به‌طور کارآمد با استفاده از فرایندهای فیزیکی و شیمی تبیین شده‌اند. شکل‌گیری این ماشین بر پایه فیدبک‌دار بودن آن است و به طور خاص، فیدبک بین تنوع موجود در فرایندهای شیمیایی و تغییر در محیط فیزیکی مادی که این تنوع به آن منجر می‌شود، و هم‌چنین تغیر در فشار تکاملی انتخاب شده بر پیامدهای شیمیایی ایجاد شده به وسیله تغییر محیط فیزیکی قرار دارد. در اینجا کارکرد با نوعی انتقال تکاملی و تعاملات بین واکنش‌های شیمیایی و دینامیک فیزیکی و متغیرهای زمانی/مکانی/مادی که در آن واکنش‌ها رخ می‌دهند، ایجاد می‌شود. همان‌طور که ترموستات براساس دما عمل می‌کند و کار قطع و وصل آن را می‌توان با اصول فیزیکی توضیح داد، کارکرد باکتری ای کولای براساس عمل حسگر مکانیکی آن، یعنی سنسورها یا گیرنده‌ها براساس اصول فیزیکی قابل تبیین است. محیط باکتری همان عوامل زمانی/مکانی/مادی می‌باشد که در حال تغییر است. از این رو فشارهای تکاملی به گونه‌ای بر سیستم باکتری وارد می‌شود که در بین تنوع موجود در محیط شیمیایی و فیزیکی‌اش به بهترین نحو عمل می‌کند تا به سازگاری با محیط رسیده و بقاء داشته باشد.

مثال دوم کلر عمل لانه‌سازی موریانه‌هاست. آن‌چه در این لانه‌سازی اهمیت دارد نحوه تنظیم گاز دی اکسید کربن در لانه است. کلر مسأله حفظ ثبات در لانه موریانه‌ها راجهت تنظیم گاز دی اکسید کربن به بیان خود ترنر توضیح می‌دهد:

دستگاه عملکرد موریانه شامل دو مرحله است. برداشتن دانه‌های خاک از روی زمین و چسبانیدن آنها به بدنه لانه. این‌که کدام فعالیت انجام شود، به میزان گاز دی اکسید کربن موجود در لانه دارد. احتمالاً این عملکرد به این گونه است که با بالارفتن درصد غلظت گاز دی اکسید کربن، موریانه‌ها دانه‌های خاک را از دهانه لانه بر می‌دارند تا درصد گاز کم شود و چنان‌چه این روند ادامه یابد با گذاشتن و چسبانیدن مجدد دانه‌های خاک، غلظت گاز را افزایش می‌دهند. مشابه کموتاکسی باکتری‌ها، هر موریانه دارای حسگری مکانیکی است که در ارتباط مستقیم با نوع فعالیتی است که موریانه انجام می‌دهد. رابطه میان فعالیت موریانه و سطح دی اکسید کربنی که حسگر گزارش می‌دهد، ساخت کلونی را به گونه‌ای هدایت می‌کند که سرعت جریان هوا با نیازهای متابولیکی جمعیت موریانه هماهنگ باشد. به این معنی می‌توان کلونی را دارای کارکرد دانست که عبارت از حفظ ثبات فضای لانه در سطح مطلوب گاز دی اکسید کربن است. ما می‌توانیم این کارکرد را «اتمسفروستات»[1] بنامیم. البته، این کارکرد بدون هدف است و شکل‌گیری آن صرفا وابسته به کار موریانه‌های بی فکری است که فقط می‌دانند با چه سرعتی و آن هم بر اساس مقدار گاز دی اکسید کربن موجود در کلونی، دانه‌های خاک را بردارند و به همدیگر در دهانه لانه بچسبانند. نتیجه کار موریانه‌ها به گونه‌ای است که تونل هوا در کلونی جریان یابد و نیازهای تنفسی کلونی موریانه‌ها برطرف گردد. این پیوند ساده حسگر و عملکرد موریانه پیچیده‌تر از عملکرد کموتاکسی باکتری‌ها نیست. در اینجا هم ما شاهد حلقه‌های فیدبک‌داری هستیم که به این گونه عمل می‌کند که

۱. اصطلاحی که کلر از تلفیق اتمسفر لانه با ترموستات بنا می‌نهد.

ساختمان لانه دی اکسید کربن مناسب برای فضای لانه را تعیین می‌کند. نحوه توزیع دی اکسید کربن، فعالیت موریانه‌ها و در واقع نحوه ساخت لانه را معین می‌کند. مجدداً فعالیت موریانه‌ها سطح دی اکسید کربن موجود در لانه را بالا می‌برد. پیامد نهایی این فیدبک‌ها، تشکیل سه گانه تنظیم کننده گاز دی اکسید کربن/ ساختمان کلونی/ فعالیت موریانه‌هاست که در واقع با همان منطق ترموستات کار می‌کند. با این تفاوت که ترموستات هدفمند طراحی شده است ولی کلونی موریانه بی‌هدف.

در دو مثال ارائه شده توسط کلر، او تلاش می‌کند تبیینی کاملاً مکانیستی براساس قوانین فیزیک و شیمی از رفتار باکتری‌ها و موریانه‌ها ارائه دهد. مقایسه کلونی موریانه‌ها و کموتاکسی باکتری‌ها با ترموستات بر همین اساس است. کلر سعی دارد رابطه متقابلی بین سنسور (حسگر مکانیکی) و رفتار مناسب با آن را در قالب کارکردی که به آن احتیاج است نشان دهد. او این رابطه متقابل را تحت فشارهای تکاملی می‌داند که این رابطه را Emerge می‌کند. این رابطه به وسیله تعاملات میان واکنش‌های شیمیایی و دینامیزم‌های فیزیکی/مادی/مکانی مربوط به آن صورت می‌گیرد. تنوع‌های به وجود آمده در این محیط، ناشی از تنوع‌های شیمیایی اولیه و تغییرات متأثر از فشارهای تکاملی محیط است. این تنوع‌ها چیزی می‌باشند که در اثر فشار انتخاب طبیعی برای بقای باکتری‌ها و موریانه‌ها انتخاب می‌گردند.

دوپره و موضع ضد تقلیل‌گرایانه او

پاسخ او علی‌الاصول منفی است. دوپره معتقد است نه تنها نمی‌توان از تقلیل در سطح تبیین‌های زیستی به تبیین‌های فیزیک و شیمی سخن گفت، بلکه اصل این نوع تقلیل‌گرایی در دو علم ژنتیک مندلی و ژنتیک مولکولی در دامنه خود زیست‌شناسی هم مردود است. زیرا طبق بحث سنجش‌ناپذیر بودن مفاهیم در علوم مختلف که میراث آموزه فلسفی تامس کوهن است به اختلاف مفاهیم و واژگان موجود در دو علم ژنتیک

مندلی و مولکولی می‌پردازد و نشان می‌دهد علی‌رغم این گفته دیوید هال که ژنتیک مندلی با ژنتیک مولکولی رابطه «خیلی خیلی» دارند، ولی محوری‌ترین واژه در این دو علم _یعنی ژن_ تنها اشتراک لفظی دارند. ژن در ژنتیک مولکولی پروتئین‌ها را رمزگذاری می‌کند حال آن‌که در سنت ژنتیک مندلی ژن‌ها عامل تفاوت یا عدم تفاوت در یک خصیصه مانند رنگ مو یا چشم هستند. نکته مهم در الگوی مندلی ژن، این بود که ژن‌ها تفاوت‌سازاند. به گونه‌ای که می‌شود نتیجه گرفت که هر جایی اگر تغییری در نوعی از ویژگی ارگانیسم موجود نیست، پس لزوما ژنی هم وجود ندارد. این در حالی است که حتی اگر بخواهیم تعریف کارکردی از ژن و ژنتیک مندلی را برای ژنتیک مولکولی بیان کنیم با مانعی به نام junk مواجه‌ایم که اساساً تبیین هرگونه کارکرد برای ژن در ژنتیک مولکولی را با مشکل مواجه می‌کند. ضمن آن‌که ژن اصلاً بیانی سیمنتیکال در ژنتیک مولکولی است که حتی در اطلاق تعریفی مشخص به آن توافقی وجود ندارد. رافائل فارک در کتاب خودتعاریف متعددی از ژن ارائه می‌دهد. اما با نشان دادن مشکلات و نارسایی‌های هر تعریف، نشان می‌دهد که حتی دستیابی به تعریفی جامع و مانع بر سر اساسی‌ترین مفهوم ژنتیک ناممکن است تا چه رسد به آن‌که بخواهیم به فصل مشترکی عمومی _ به اعتقاد کلر_ در زیست‌شناسی برسیم و سخن از تبیین آن و تقلیل آن تبیین شود. دوپره ضمن نشان دادن اساس نارسایی‌ها و موانعی از این دست در خود زیست‌شناسی و هستومندها و ارگانیسم‌های زیستی ارجاع می‌دهد که بر اساس آن کار تقلیل‌گرا را در امر تقلیل‌دهی تبیین‌ها با مشکلات زیادی روبه‌رو می‌بیند. حتی با یک دیدگاه دترمنستیک در مورد فعالیت ژن‌ها و در جست‌وجو برای علت تفاوت در رنگ چشم‌ها، متوجه می‌شویم که ژنی که در یک ارگانیسم تأثیر دارد در ارگانیسم موجود دیگری ممکن است با تأثیری کاملاً متفاوت ظاهر گردد. وجود ژن برای چشم قرمز خیلی دور از ذاتی بودن یک ویژگی برای یک ذره شیمیایی است. در اینجا دوپره غیر

مستقیم به کاربرد ژن‌ها و اهمیت کانتکسی که ژن در آن به کار می‌رود اشاره می‌کند. نکته کلیدی این اظهارنظر دوپره بکارگیری عبارت intrinsic feature است. تأکید او بر عدم وجود یک ویژگی ذاتی و متعاقبا کارکرد برای یک‌ژن را می‌توان با آزمایشی که در سال ۲۰۰۴م توسط ریدلبرگ انجام شد، توضیح داد. ژنی را که عامل قرمزی در چشم مگس سرکه بود، در سیستم آزمایشگاهی حذف کردند. طبیعتاً باید رنگ قرمز چشم در نوزاد آن حذف می‌شد. ولی در بعضی نمونه‌های نوزادان مگس سرکه، چشم قرمزی دیده می‌شد. توجیه منطقی در مورد این پدیده فعال شدن ژن‌های Junk بودند که کار ژن‌های حذف شده را انجام می‌دادند. این پدیده را چطور می‌توان با نگاه منفردانه تقلیل‌گرایانه توضیح داد؟ دوپره برای آن‌که نشان دهد تقلیل‌گرا برای تبیین یک پدیده زیستی دچار چه دردسرهایی است، مثالی از عملکرد آنزیم‌ها می‌زند که طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها در سلول را به عهده دارند. آنزیم‌ها نقش کاتالیزور را در واکنش‌های مولکولی بازی می‌کنند، در همان حال همانند یک پروتئین عمل می‌کنند، هم‌چنین دارای این ظرفیت‌اند که در نقش RNA عمل کنند، در پیکربندی فضایی پروتئین دخالت کنند، الگوی شارژ الکتریکی پروتئین را تغییر دهند و فعالیت‌های دیگری از این قبیل. به‌طور مثال آنزیم تری گلیسیرین فسفات آن قدر فعالیت‌های مختلفی دارد که آن را House Keeping یعنی همه فن حریف، همه کاره (مثل یک زن خانه‌دار) در نظر می‌گیرند. بنابراین معرفتی کامل در مورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اجزای ارگانیسم، نهایتاً همه کارهایی که آن ارگانیسم بتواند انجام دهد را به ما نخواهد گفت. دوپره هسته اصلی و مرکزی انتقاد اولیه‌اش به تقلیل‌گرایی را در تمایز بین این‌که «یک ارگانیزم چگونه کارش را انجام می‌دهد؟»[1] و این‌که «یک ارگانیزم چه کاری انجام می‌دهد؟»،[2] قرار داده بود. این انتقادی است که دوپره در سال۱۹۹۳ در کتاب خود تحت عنوان *The disorder of things* به

1. How something dose what it does?
2. What it does?

تقلیل‌گرایی داشت. او پاسخ به سؤال اول را وظیفه علم شیمی می‌داند، اما معتقد است مشکل در پاسخ به سؤال دوم است. آن‌چه زیست‌شناسی را پیچیده می‌کند پدیده نوظهوری یا نوترکیبی است و به همین علت است که شیمی و بالطبع فیزیک نمی‌تواند مشخص کند که یک ارگانیسم چه کاری انجام می‌دهد؟ در هر ارگانیسم به عنوان یک واحد معرف زیستی، ضمن وجود پیچیدگی‌های منحصر به فرد آن، ارتباط‌هایی بین آن ارگانیسم و سایر ارگانیسم‌ها برقرار است که در نگاه سیستمی، کارکرد آن ارگانیسم را متعین می‌کند. اگر سخن از تقلیل‌گرایی تبیین ویژگی‌ها و کارکردهای آن ارگانیسم باشد، تقلیل‌گرا چه مکانیزمی و چه روندی را برای تبیین این ارتباط‌های ارگانیک ارائه می‌دهد؟ سعی در تبیین منفردانه یک ارگانیسم‌زیستی منهای ارتباط‌های آن با سایر ارگانیسم‌ها و ویژگی‌هایی که در پی این ارتباط‌ها بر آن ارگانیسم مترتب می‌شود، این‌گونه به ذهن متبادر می‌کند که گویی ما آن ارگانیسم را قیچی کرده و در نگاه میلیکانی به بررسی آن می‌پردازیم، حال آن‌که کلر واجد نگاه کامینزی به ارگانیزم‌ها و کارکرد آنهاست و در این نگاه آن‌چه بررسی می‌گردد درگیر با شبکه مفهومی است که در ارتباط با آن است. دوپره نتیجه می‌گیرد: این واقعیت که زیست‌شناسی به عنوان یک علم با مفاهیمی کار می‌کند که آن مفاهیم به سیستم‌های بزرگ‌تری وابسته‌اند، و خود نیز بخشی از آن سیستم‌ها می‌باشند، ما را به این نتیجه می‌رساند که علم زیست‌شناسی یک مخالفت جدی در برابر رویکرد تقلیل‌گرایی است.[1]

دوپره بیماری سیستیس فابریوس[2] را مثال می‌زند که نتیجه یک جهش خاص در یک ژن خاص نیست، بلکه نتیجه تعداد زیادی جهش‌ها در یک توالی دی‌ان‌ای است. اگر هر دو کپی موجود از ژن، کارکردهای غیر معمول داشته باشند، این بیماری شکل می

1. Dupre, J., *The Disorder of Things, Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, Harward Univercity Press, 1993, p.50.
2. Cystic fibrosis

گیرد. بالغ بر هزار جهش برای این بیماری کاتالوگ شده است. هرچه تعداد این جهش‌ها بیشتر باشد شدت بیماری بیشتر می‌گردد. اما همه جهش‌ها کارکرد غیرعادی ارائه نمی‌دهند و باعث بیماری نمی‌گردند. این‌که کدام جهش‌ها عامل بیماری می‌شوند و یا کدام قطعه از توالی دی‌ان‌ای، سیستیس فابریوس است یا نه، فقط به وسیله کارکرد آنها در داخل ارگانیسم مشخص می‌گردد. این دقیقاً یک نگاه سیستمی را می‌طلبد تا عملکرد ژن‌ها در این نوع بیماری را توضیح دهد. کارکرد سیستمی چیزی است که زمینه و کابرد در آن حائز اهمیت است. دوپره بعد از طرح و بررسی ژنتیک مندلی و نگاه سیستمی به آن و نشان دادن وابستگی کارکرد ژن به کانتکس[1] به ژنتیک مولکولی می‌پردازد.

در ژنتیک مولکولی ژن‌ها را توالی مخصوص از نوکلوئیدها می‌دانند. دی‌ان‌ای الگویی است که به پروتئین ترجمه می‌گردد و آن پروتئین هم کارکرد خاصی دارد. ممکن است در پروتئین‌سازی تغیراتی رخ دهد ولی کارکرد آن نهایتاً ثابت بماند. در این دیدگاه فانکشنالیستی، تناظر یک‌به‌یک تغییرات در سطح ژن/تغییرات در کارکرد پروتئین زیر سؤال می‌رود.[2] آن‌چه مورد انتخاب انتخاب طبیعی قرار می‌گیرد، ساختار یا اجزای ارگانیزم نیست، بلکه کارکرد آن است. در این شرح کارکردگرایانه، آن‌چنان که دوپره به ما می‌گوید، قلب مصنوعی همان کارکرد قلب طبیعی را دارد و لذا با نگاه «هم زمانی» دوپره مطابقت دارد که بگوییم قلب مصنوعی همان کارکردهای قلب طبیعی را دارد و می‌تواند همان پمپاژخون را انجام دهد و در نتیجه قلب به دلیل طبیعی بودن یا مصنوعی

1. context

۲. در آزمایشی که بیدل و تیتوم، در سال ۱۹۴۰ بر روی قارچی به نام کپک نوروسپوراکراسا، انجام دادند به این نتیجه رسیدند که هر ژن از طریق تولید یک آنزیم تأثیر خود را در پروتئین‌سازی اعمال می‌کند. آنها این کشف را نظریه یک ژن- یک آنزیم نام نهادند. این نظریه حدود یک دهه رواج داشت. اما بعدها مشخص شد که بسیاری از ژن‌ها، پروتئین‌هایی را به رمز درمی‌آورند که آنزیم نمی‌باشند. از طرفی برخی پژوهش‌ها مشخص کرد که بسیاری از پروتئین‌ها از چند زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده است که تولید هر زنجیره را یک ژن خاص رهبری می‌کرده است. پیامد این یافته‌ها نقض نظریه یک ژن- یک زنجیره پروئین می‌باشد.

بودن آن نیست که حائز اهمیت است، بلکه به دلیل کارکرد آن است که مورد انتخاب طبیعی قرار می‌گیرد و این یعنی آن‌که در اینجا به جای قلب طبیعی می‌توان قلب مصنوعی را که یک اندام زیستی نیست و مانند یک شیء بی‌جان است کار گذاشت و نتیجه مورد نظر کلر را گرفت. به باور دوپره کلر باید توضیح دهد چگونه قلب مصنوعی مشمول تکامل قرار می‌گیرد در حالی‌که یک اندام زیستی نیست ولی همان کارکرد قلب طبیعی را انجام می‌دهد. اما در نگاه «در زمانی» نمی‌توان این‌گونه داوری کرد. قلب طبیعی و کارکرد آن، محصول میلیون‌ها سال تکامل است و لذا کارکرد آن، در بستر تکاملی آن تعریف می‌شود. در ژنتیک ملوکولی اصلی جزم‌گرایانه به عنوان اصلی مرکزی[1] در تبیین پدیده‌های زیست‌شناسی حاکم بود و مطابق با آن تصور می‌شد که هر کدام از ژن‌های توالی دی‌ان‌ای برای تولید رشته مخصوصی از توالی‌های آمینواسیدی بکار می‌رود. اما این نگاه ساده‌انگارانه‌ای بود. زیرا کشف شد که ژن‌ها توالی‌های کددار و رمزداری می‌باشند که کدهای آنها قابل شکسته شدن و رمزگشایی می‌باشند. این توالی‌های کددار شامل دو قسمت به نام آکسون[2] و اینترون[3] می‌باشند. آکسون‌ها رشته‌های کددار و اینترون‌ها غیرکددار می‌باشند که در همدیگر پراکنده‌اند. این رشته‌های آکسونی و اینترونی از رویآران‌ای کپی می‌شوند. بعد از کپی شدن اینترون‌ها، آنها به وسیله اسباب مخصوصی، قیچی شده و منقطع می‌شوند.[4] این فرآیند قیچی کردن را می‌توان به این صورت توضیح داد که در توالی‌های بزرگ دی‌ان‌ای، ما با پدیده Junk روبه‌رو هستیم. در این پدیده تمام توالی رشته‌ها دی‌ان‌ای مورد استفاده برای ساخت پروتئین قرار نمی‌گیرد، بلکه فقط اینترون‌ها بکار می‌روند. قطعاتی از توالی ژن‌ها، که

1. Central dogma
2. exons
3. introns
4. Excision process

استفاده نمی‌شوند و به صورت Junk در می آیند، اکسون‌ها می‌باشند. بنابراین اگر توالی ژنی را به صورت ردیفی از ژن‌های به هم چسبیده در نظر بگیریم، این نوار ژنی در فرآیند قیچی شدن، تبدیل به آکسون و اینترون می‌شوند. آکسون‌ها دور انداخته شده و اینترون‌ها به هم چسبانیده می‌شوند و توالی آمینواسیدی را به وجود می‌آورند که از درهم پیچیده شدن و تاب خوردن این رشته‌ها به دور همدیگر، پروتئین به وجود می‌آید. فرآیند قیچی کردن توالی‌های ژنی و انقطاع آنها، نحوه پیچ و تاب خوردن آمینواسیدها و این‌که هر کدام از این موارد در هر مرحله چگونه انتخاب می‌شوند، به تولید طیفی از پروتئین‌های مختلف با کارکردهای متفاوت ختم می‌گردد. در هر کدام از مراحل فوق برای پروتئین‌سازی، تنوع زیادی وجود دارد. مثلاً فرآیند قیچی کردن، روش‌های متفاوتی دارد که به آن «قیچی کردن جایگزین یا پیرایش متناوب»[1] می‌گویند، که هر روش آن منجر به تولید یک نوع پروتئین می‌گردد. این‌که در هر مرحله تولید پروتئین کدام قطعات ژنی، به junk تبدیل می‌شوند، نامشخص است. نظریه‌ای وجود دارد که این فرآیند را به ژن‌های تنظیم‌کننده نسبت می‌دهد. اما این فقط یک نظریه اثبات نشده است. بنابراین در فرآیند پروتئین‌سازی انتخاب‌ها و پیچیدگی‌های زیادی وجود دارد. اگر نحوه کار بیست‌وسه هزار ژنی را که در ژنتیک ملوکولی فرض گرفته می‌شود، بخواهیم برای تولید میلیون‌ها پروتئین توضیح دهیم با پیچیدگی‌های بسیار زیادی روبه‌رو می‌شویم. می‌توان حدس زد این پیچیدگی‌ها تا چه میزان کار یک تقلیل‌گرا را برای تحقق ایده‌اش با مشکل مواجه می‌کند. دوپره از ژن‌های معنی‌دار[2] و ژن‌های بی‌معنا[3] نام می‌برد. این اصطلاحات اشاره به ژن‌هایی دارد که به همدیگر درآمیختگی پیدا می‌کنند. در نحوه قیچی کردن و بعد پدیده چسب زدن، ممکن است که ژن‌هایی از توالی‌های دی‌ان‌ای با یکدیگر مشترک باشند. این قسمت‌های مشترک می‌تواند دخالت هم‌زمان ژن‌ها را در چند پدیده زیستی

1. Alternative splicing
2. Sense genes
3. Anti-sense genes

توضیح دهد. مانند این‌که ژن‌های مربوط به رنگ مو قسمتی مشترک با ژن‌های موجود در رنگ چشم داشته باشند. ژن‌هایی که فقط در یک پدیده زیستی دخیل‌اند ژن‌های بی‌معنا و ژن‌هایی که به صورت هم‌زمان در چند پدیده زیستی دخیل‌اند ژن‌های بامعنا نامیده می‌شوند. دوپره تأکید می‌کند همه این پیچیدگی‌ها فقط در عملکرد ژن‌ها وجود دارد و اگر ما بخواهیم پدیده‌های نوظهور را در عملکرد ارگانیزم‌ها و پدیده‌های زیستی در نظر بگیریم در آن صورت آیا می‌توان درک یکسانی از مفهوم ژن یا عملکرد ژن در ژنتیک مولکولی پیدا کرد؟ فلاسفه‌ای مانند گریفتیس[1] و استوز[2] برای دستیابی به تعریفی واحد از مفهوم ژن تحقیقی انجام داده‌اند که در آن این دو فیلسوف قطعه‌ای از توالی دی‌ان‌ای را در نظر گرفته و از بزرگ‌ترین ژنتیک‌دان‌های عصر خود می‌خواهند که تعداد ژن موجود در آن را معین کنند. البته هرکدام از ژنتیک‌دان‌ها برای تعین تعداد ژن موجود در این توالی قسمت‌های مختلفی از آن را به عنوان ژن در نظر گرفته و جواب خود را ارائه دادند. وقتی جواب‌های آنها مورد بررسی قرار گرفت مشخص شد که از طرف ژنتیک‌های طراز اول مولکولی، اجماع خیلی کمی بر روی تعریف واحد ژنی وجود دارد. این اختلاف نظر به حدی است که دوپره ترجیح می‌دهد در مواردی از این قبیل باب بحث باز بماند. حتی رافائل مارک نتیجه می‌گیرد که با توجه به نارسایی‌های موجود در تعریف ژن و عدم توانایی ما در دستیابی به تعریفی جامع و مانع بهتر آن است که این مفهوم بنیادی و کلیدی را از دامنه واژگان زیست‌شناسی حذف کرد. اما دوپره با این پیشنهاد مخالف است. چرا که می‌نویسد: «دیدگاه شخصی من این نیست که ژن‌ها وجود ندارند بلکه ما باید ژن‌ها را در ارتباط با کارکردهایشان که در توالی‌ها و دنباله‌های موجود در هر سلول ارائه می‌دهند، از همدیگر متمایز و شناسایی کنیم. بنابراین به‌طور مشخص تقسیم‌بندی واحدی از ژنوم‌ها در ژن‌ها وجود ندارد. مفهوم‌سازی از ژنوم به‌مثابه یک ابژه مورد مطالعه

1. Griffiths
2. Stotz

با قابلیت تقسیم به اجزای کارکردی آن، به کانتکسی که فعل و انفعالات داخل آن مورد بررسی قرار می‌گیرد، احتیاج دارد».[1]

دوپره با بررسی مفهوم ژن در ژنتیک مندلی و در ژنتیک مولکولی نشان می‌دهد که پیچیدگی‌های موجود در این دو به حدی است که نه تنها نمی‌توان به این راحتی به تعریف مشخص از مفاهیم اولیه زیست‌شناسی رسید، بلکه آموزه تقلیل‌گرایی به دلیل وجود این پیچیدگی‌ها و وابستگی‌اشان به کارکردی که در محیط خاص ارائه می‌دهند، عملا مردود است. هم‌چنین دوپره با بررسی این دو نوع علم ژنتیک، نشان می‌دهد که چگونه با در نظر گرفتن کانتکس مورد نظر برای فعالیت ژن، می‌توان به شناختی موضعی و دم‌دستی از تعریف ژن رسید. چیزی که می‌تواند به ما در فهم کارکرد آنها کمک کند. ولی اگر بخواهیم از آن تعریفی نظری ارائه کنیم، آن‌گاه دچار سردرگمی‌های حیرت‌آور می‌شویم.

اما با همه سعی و تلاشی که دوپره در نشان دادن موانع و مشکلات موجود بر سر راه تقلیل‌گرا می‌کند، او دو علت اصلی برای ادعای علی‌الاصول بودن در عدم امکان تقلیل تبیین‌های زیستی به تبیین‌های فیزیکی و شیمی ارائه می‌کند. نوخاستگی یا نو ترکیبی در هستومندهای زیستی وقتی به صورت سیستمی عمل می‌کنند و بحث علیت نزولی در ارگانیسم‌های حیاتی.

دوپره اصلی را برای تقلیل‌گرا در نظر می‌گیرد که معتقد است اساس کار تقلیل‌گرایی است و آن اصل R.P است. در بحث علیت نزولی دوپره در مورد نحوه عملکرد غیر قابل فهم و مجهول ژن‌ها، بحث علیت را پیش می‌کشد. این که ژن‌ها و پروتئین‌ها و سلول‌ها و ارگانیسم‌ها طبق چه سازوکار علی کار می‌کنند. آیا نظام علی بر آنها حاکم است یا نه و اگر بلی چگونه این نظام سازماندهی می‌گردد؟ دوپره جست‌وجو درباره رویکرد تقلیل‌گرایی بیولوژیکی را به‌وسیله جست‌وجوی شهودی درباره علیت

1. Dupre, *Is Biology Reducible to the Laws of Physics?* p.55.

دنبال می‌کند. او یکی از شهودهای بنیادین تفکر تقلیل‌گرایی را این می‌داند که رفتار اجزاء می‌تواند رفتار ارگانیسم را، به صورت علی تبیین کنند (اصلR.P). اما دوپره به علیت نزولی[1] در ارگانیزم ها اعتقاد دارد و این‌که با دانش به ویژگی‌ها و رفتار کل می‌توان ویژگی‌ها و رفتار اجزاء را تبیین کرد. پیش‌فرض اعتقاد به علیت نزولی، لایه لایه دیدن جهان است که معتقد باشیم لایه‌های در سطوح بالاتر بر لایه‌های در سطوح پایین‌تر تأثیر می‌گذارند. او علیت نزولی را روش خیلی طبیعی فکرکردن به عمده چیزهایی می‌داند که در زیست‌شناسی مولکولی ذکر می‌شود. آن‌چه که باعث می‌شود ژنوم انسانی به شیوه خاصی عمل کند، مثلاً تنوع رشته‌های کپی شده یا کپی نشده در مقدارهای متغیر یا تطبیق‌سازی و نسبت فضایی کروموزوم‌ها و رفتارهایی از این قبیل که در سرتاسر محیط سلول پراکنده است، همگی را می‌توان با علیت نزولی و بررسی تأثیر رفتار کل بر جزء توضیح داد. این رویکرد که دوپره مدافع آن است، رویکرد سیستم‌بیولوژی است که در مقابل رویکرد مکانیکی است. رویکردهای مکانیکی صرفاً نگاه از پایین به بالا[2] دارند، حال آن‌که در رویکردهای سیستم بیولوژی، نگاه از بالا به پایین[3] هم وجود دارد. یعنی علیت نزولی در آنها برای متعین کردن رفتار اجزاء بکار می‌رود. از نمونه‌هایی که دوپره در اینجا می‌آورد، تا علیت نزولی را در یک ارگانیزم نشان دهد، پدیده تا خوردن[4] پروتئین است. در زیست‌شناسی مولکولی پروتئین‌ها به ساختارهای پیچیده و عجیب و غریبی تا می‌خورند و خم می‌شوند تا شکل‌های سه بعدی فضایی پیدا کنند. توپولوژی این ساختار برای کارکرد مناسب پروتئین ضروری است. اما واقعیت این است که با دانستن خواص شیمیایی و ارتباط بین آمینواسیدهای وراثتی، توپولوژی آن متعین نمی‌شود. برای به وجود

1. Downward causation
2. Bottom-up
3. Top-down
4. Protein-folding

آمدن این کمپلکس بزرگ پروتئینی، به پروتئین‌های دیگری به نام پروتئین‌های اسکورت کننده[1] نیاز است. مثلاً در هموگلوبین حدود ۱۱۰ رشته آمینواسید مورد نیاز است تا با یکدیگر تا خورده و خم شوند. ساختار فضایی که بدین گونه بدست می‌آید، باید به گونه‌ای باشد که امکان ترکیب آن با اکسیژن را بدهد. این نوع تا خوردن که منجر به چنین امکانی شود، به کمک پروتئین‌های اسکورت کننده انجام می‌شود. اگر این پروتئین‌های اسکورت کننده یا مشارکتی نباشند، چنین ساختاری برای ملوکول هموگلوبین اصلاً شکل نمی‌گیرد. در اینجا صرفاً با دانستن روابط بین توالی‌های آمینو اسیدی و آگاهی به ویژگی‌های آنها، نمی‌توان پدیده تا خوردن پروتئین را پیش‌بینی یا وجود پروتئین‌های اسکورت‌کننده را توضیح دادکرد چه رسد که بتوان آن را با اصول فیزیک و شیمی توضیح داد. کارکرد پروتئین، در ارتباط با عملکرد پروتئین‌های اسکورت کننده است و این هر دو در ارتباط با توالی‌های آمینو اسیدی می‌باشند. نکته مهم، عمل تاخوردن پروتئین است. این تا خوردن باید بگونه‌ای خاص صورت پذیرد که تحت تأثیر رفتار کل پروتئین به عنوان یک ارگانیزم است. یعنی کارکرد پروتئین نوع تا خوردن آن را متعین می‌کند و این همان علیت نزولی مورد نظر دوپره است.

دوپره در نهایت با خوانشی ضعیف از رابطه ابتناء برای فهمی آنتولوژیکال از تقلیل‌گرایی موافق است حال آن‌که در خوانش قوی از این رابطه تقلیل‌گرایی وارد می‌کند. رابطه ابتناء را اولین بار توماس هر بکار برد. او از این اصطلاح برای نشان دادن رابطه میان ویژگی‌های اخلاقی و ویژگی‌های طبیعی استفاده کرد. رابطه ابتناء بیان می‌دارد که اگرمجموعه‌ای از ویژگی‌های الف بر مجموعه‌ای از ویژگی‌های ب از نظر وجودی مبتنی باشد، هر تغیری در الف نمی‌تواند بدون تغییر در ب رخ دهد.[2] خوانش ضعیف آن که خوانش موجهه آن است، به این شرح است که مجموعه ویژگی‌های A بر ویژگی‌های B

1. chaperones

۲. همتی مقدم، احمد رضا، نظریه‌های مادی انگارانه ذهن، پژوهشگاه علوم و فرهنگ اسلامی، ص۱۷۳.

مبتنی است اگر و تنها اگر، ضرورتا به ازای هر x که ویژگی F را در A دارد، ویژگی G در B وجود داشته باشد به گونه‌ای که x هم ویژگی G را خواهد داشت و هر چیزی که G را دارد، F را نیز خواهد داشت.[۱] دوپره معتقد است که این خوانش ضعیف با تقلیل‌گرایی هم‌نواست. به نظر می‌رسد این ادعای او در راستای همان مطلبی است که بیان می‌کرد پرسش از چگونگی انجام کار قابل تبیین توسط قوانین و اصول شیمی و فیزیک است. اما این در صورتی است که فقط سخن از ویژگی‌ها باشد. وقتی در مورد کارکرد یک ارگانیزم یا ویژگی‌هایی از آن که در ارتباط با ویژگی‌های دیگر است بحث به میان آید، دیگر نمی‌توان با خوانش ضعیف ابتناء آنها را تقلیل داد. او ابتناء بیولوژیکال را واجد اصولی می‌داند که می‌تواند سطوح پایین‌تر را به سطوح بالاتر ارتباط دهد و می‌نویسد: بیولوژی به فیزیک وابسته است به این معنی که برای هر سیستم بیولوژیکال یک وضعیت فیزیکی وجود دارد که آن را تشکیل دهد. هر جا ما وضعیت فیزیکی معینی پیدا کنیم، یک وضعیت بیولوژیکال برای آن مشخص می‌گردد.[۲] اما او بلافاصله می‌نویسد: این موضع من را نگران می‌کند. شاید این تز تقلیل‌گرایی اشیاء برای هر سیستم بیولوژیکال محدودی درست باشد، اما واقعیت آن است که هیچ سیستم بیولوژیکال محدود و بسته‌ای وجود ندارد. هویت سیستم‌های بیولوژیکال که بر وضعیت فیزیکی‌شان باند شده‌اند، مبتنی نمی‌باشند. زیرا سیستم‌های بیولوژیکال به کانتکس خودشان بستگی دارند و نه به وضعیت فیزیکی‌شان.[۳] از این رو دوپره ابتناء را وضعیت عمل‌گرایانه ضد تقلیل‌گرایی می‌داند، زیرا وقتی صحبت از کارکرد یک سیستم زیستی است، هیچ‌گونه رابطه ابتناء موجودی، نمی‌تواند آن را به سطح فیزیک و شیمی تقلیل دهد. بنابراین در سطح ویژگی‌ها می‌توان از رابطه ابتناء در خوانش ضعیف آن سخن گفت، اما در سطح کارکرد یک واحد

1. Dupre, J., *Is Biology Reducible to the Laws of Physics?*, p.179.
2. Ibid, p.63.
3. Ibid, p.64.

زیستی نمی‌توان با تکیه بر هیچ‌گونه رابطه ابتنایی از تقلیل‌گرایی دفاع کرد. پیامد آن رابطه ابتناء در موضعی پراگماتیک، موافق ایده ضد تقلیل‌گرایی است. در هر رابطه ابتنای بیولوژیکالی می‌توان از تقلیل سیستم بیولوژیکال به وضعیت فیزیکی متناظر آن سخن گفت به شرط آن‌که بتوان سیستم بیولوژیکال بسته‌ای را در نظر گرفت. این در حالی است که به باور دوپره چنین سیستم بیولوژیکال محدود و بسته‌ای وجود ندارد. هر سیستمی به کانتکس خود وابسته است و هیچ کانتکسی محدود و بسته نیست. سیستم‌های بسته، سیستم‌هایی می‌باشند که با محیط خود تبادل انرژی، اطلاعات و ماده نداشته باشند. اما در سیستم‌های بیولوژیکی و برای هر ارگانیزمی تبادل انرژی یا ماده شرط حیات و زنده بودن آن است. میر هم در صفحه ۴۰ کتاب خود به این موضوع اشاره می‌کند و معتقد است که سیستم‌های زیستی، سیستم‌های باز هستند. یعنی اصل آنتروپی در مورد آنها صدق نمی‌کند.

موارد اشتراک و اختلاف آرای دو فیلسوف

هر دو فیلسوف تقلیل‌گرایی متافیزیکی، را قبول دارند. یعنی قبول دارند که هستومندهای زیستی را در نهایت می‌توان به لحاظ اجزای سازنده آنها و مواد متشکله‌شان به مواد سازنده و بنیادی فیزیک تقلیل داد. ماتریالیست و از این رو ضد غایت انگار و ضد ویتالیسم هستند. علاوه بر آن: ۱. هر دو فیلسوف علیت نزولی[1] را قبول دارند. ۲. هر دو فیلسوف براین باورند که زیست‌شناسی را باید _علی‌رغم نبود قوانین در آن_ به صورت علم یا حداقل حیطه‌های علمی[2] و یا سنت‌های پژوهشی[3] در نظر گرفت. به این معنی هر دو نفر نسخه‌های کلاسیک تقلیل‌گرایی را مردود می‌شمارند که در آن انتظار می‌رفت قوانین فرضی زیست‌شناسی قیاساً از قوانین فیزیک و شیمی قابل استنتاج‌اند. ۳. هر دو

1. downward causation & systems biology
2. scientific domains
3. traditions of inquiry

فیلسوف وجود پیچیدگی[1] و نوپدیداری یا نوخاستگی[2] را در سیستم‌های زیستی قبول دارند. اگرچه دوپره آن را مانعی در راه تقلیل‌گرایی و کلر آن را قابل حل در آینده می‌داند. اما مهم‌ترین وجه اشتراک دیدگاه هر دوفیلسوف در اعتقاد به زیست‌شناسی سیستم‌ها[3] است. بررسی سیستمی هستومندهای زیستی و ویژگی‌هایی که در سطح سیستمی بروز و ظهور می‌کنند و اعتماد به تکنولوژی و کامپیوترهای قدرتمند و پیشرفته در جهت ایضاح مفاهیم زیستی و تحلیل پیچیدگی‌های حاکم بر آن نگاه مشترک هر دو فیلسوف را به آینده سیستم بیولوژی دوخته است. کلر در مورد زیست‌شناسی سیستم‌ها می‌نویسد: توافق گسترده‌ای در این نگاه سیستمی به پدیده‌های زیستی وجود دارد. در سیستم‌هایی که تعداد اجزا زیادند، رفتارهایی بوجود می‌آیند که دانستن ویژگی‌های تک‌تک اجزا و آگاهی به نقش هر کدام، برای فهم رفتار کلی آن اجزا کافی نیست. از جمله این ویژگی‌های زیستی، که در سطح سیستمی در پدیده‌های بیولوژیک ظهور می‌کند انعطاف‌پذیری،[4] تکامل‌پذیری[5] و حساس بودن[6] به حد نصاب‌ها در یک سیستم است. منظور از حساس بودن به حد نصاب‌ها واکنش یک ارگانیسم به تغیرات مقدار معین داده است. مثلاً بدن نسبت به دمای ۳۷ درجه تنظیم می‌شود و اگر دمای بدن یک یا دو درجه زیاد شود، آدمی تب می‌کند یا اگر قند خون بدن از مقدار معینی بیشتر شود بدن دچار بحران می‌گردد. این موارد در سطوح سیستمی ظاهر می‌شوند و در سطح منفرد اجزای یک سیستم ظهور نمی‌کند.

این در حالی است که زیست‌شناسی سیستم‌ها از نگاه دوپره به گونه‌ای دیگر معنا

1. complexity
2. emergence
3. systems biology
4. robustness
5. Evolvability
6. Quorum sen

می‌یابد. هدف سیستم بیولوژی، از نگاه دوپره فراهم کردن فهمی یکپارچه از کارکرد ارگانیزم‌هاست. در کل طرفداران زیست‌شناسی سیستم‌ها علیت از پایین به بالا را قبول دارند ولی برخی همانند کلر و تقلیل‌گراها علیت از بالا به پایین را رد می‌کنند. دوپره به مقالات و آثار اولیه‌اش ارجاع می‌دهد که در آن تمایز بین علیت از پایین به بالا و علیت نزولی را بررسی کرده است. او بیان می‌کند که علیت نزولی از طرف تقلیل‌گراها نیاز به اصول عمومی‌تری برای پذیرفته شدن دارند. او این دوگانگی را خام می‌پندارد و می‌نویسد: اجماع عام در میان بیولوژیست‌ها براین است که در این پروژه‌ها، برای آن‌که سیستم بتواند موفق عمل کند، در برخی موارد ترکیبی از هر دو نگاه مورد نیاز است. منظور او ترکیبی از دو نگاه از پایین به بالا و بالا به پایین است. دوپره در دفاع از رویکرد علیت نزولی و مقایسه آن با علیت از پایین به بالا چنین نتیجه می‌گیرد که نگاه از بالا به پایین در تبیین رفتار کل و سیستم‌های پیچیده موفق‌ترند. حال آن‌که نگاه از پایین به بالا برای توصیف رفتارهای میان اجزایی و شرح واکنش‌های آنها بازده بهتری دارد. دوپره به موازات دفاع از رویکرد علیت نزولی به بحث مکانیسم[1] در پدیده‌های زیستی و ارگانیزم‌ها می‌پردازد. او می‌نویسد: حرکت تأثیرگذار در فلسفه علم اخیر تلاش‌هایی است که برای توصیف سیستم‌های زیستی در قالب مکانیسم انجام می‌گیرد.

کلر از امکان تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به فیزیک و شیمی سخن می‌گوید و مسأله او بیشتر تقلیل است. اما دوپره اساسا معتقد به وجود تبیین در زیست‌شناسی نیست تا بتوان آن را تقلیل داد. بر این اساس سخن دوپره در جایی که با زیست‌شناسی سیستم‌ها موافق است، آن است که شاید با کمک آن بتوان تبیینی از سیستم‌های زیستی و هستومندهای آن به‌دست داد و حال آن‌که درک کلر از بحث زیست‌شناسی سیستم‌ها روشن کردن تکلیف این مسأله است که آیا می‌توان تبیین‌های زیستی را به فیزیک و شیمی تقلیل داد یا نه؟ دوپره اصل دعوا بین خود و کلر را در اصل R.P می‌داند که مطابق

1. Mechanism

آن با متعین بودن رفتار اجزاء می‌توان رفتار کل را متعین کرد. اما خود او با خوانش قوی از ویژگی‌های نوظهور یا نوخاسته[1] با این اصل مخالفت می‌کند. دوپره معتقد است وجود ویژگی‌های نوخاسته نه تنها امکان تعین رفتار کل را توسط اجزاء به هم می‌زند، بلکه حتی پیش‌بینی احتمالی رفتارهای کل هم میسر نیست. او مشکل اصل R.P را عبارت علی الاصول می‌داند و براین باور است که این عبارت نه تنها راه حل تقلیل‌گرایی نیست بلکه از آن انواع ضد تقلیل‌گرایی نیز حاصل می‌شود. منظور از اصول در اینجا چیست؟ اگر منظور اصول مشترک بین فیزیک و شیمی و زیست‌شناسی است در آن صورت تقلیل‌گرا باید به سؤالات زیر پاسخ دهد:

- وقتی کلر به عنوان تقلیل‌گرا ادعا می‌کند در زیست‌شناسی حتی دی‌ان‌ای هم نتوانست به عنوان ساختار بنیادی در عالم هستومندهای زیستی عمل کند، بنابراین حتی در هستومندها و بالطبع در اصول حاکم بر سیستم‌های زیستی هم قلمرو مشترکی وجود ندارد. پس چگونه می‌توان قلمرو مشترکی بین این سه علم حاصل کرد؟

- اگر بتوان اصول مشترک بین این سه علم حاصل کرد، این اصول مشترک درچه حالتی به وجود می‌آید؟ اگر بنا باشد به پیشنهاد کلر فیزیک توسعه یابد، مرزهای این توسعه تا کجاست؟ و در آن صورت معنی تقلیل‌گرایی چه خواهد بود؟ یا اساساً چه نیازی به تقلیل‌گرایی خواهد بود؟

- ساختار قوانین و اصول و نظریه‌ها در فیزیک علّی و مکانیکال است. حداقل قوانین فیزیک در شرایط غیر مرزی ضرورت دارند. اما انتظام های تعمیم‌پذیر موجود در زیست‌شناسی به گفته کلر، ضروری نیستند و حتی در معرض خوانش ضعیف از نوپدیداری‌اند که کلر آن را قبول دارد.

- کلر معتقد است توسعه فیزیک باید واژه‌ای چون کارکرد را شامل شود. اما دوپره

1. Strong emergence

با بررسی ساختارهای دی‌ان‌ای و فرایند پروتئین‌سازی نشان می‌دهد که عناصر ژنی کارکرد معینی ندارند و یا می‌توانند junk باشند و یا به صورت House Keeping عمل کنند. بنابراین وارد کردن مفهوم کارکرد کمکی به تبیین بحث تقلیل‌گرایی در زیست‌شناسی نمی‌کند.

وجود نوپدیداری یا نوترکیبی علت اصلی دوپره در رد مدعای تقلیل‌گرایی و نقض اصل R.P است. کلر آن را به صورت تلویحی و در خوانش ضعیف آن قبول دارد. اما معتقد است با شکل‌گیری زیست‌شناسی سیستم‌ها و نگاه سیستمی[1] وجود این پدیده ها قابل تبیین خواهد شد. ظهور کامپیوترهای قدرتمند با سرعت و توان بالای محاسبات، پیشرفت آنالیزهای ریاضیاتی و رشد و توسعه تکنولوژی کلر را به این باور رسانیده است. اما دوپره برخلاف کلر چنین نگاهی نه به نوخاستگی دارد و نه به زیست‌شناسی سیستم‌ها. در اساس دو نوع نوخاسته‌گرایی وجود دارد.[2] نوخاسته‌گرایی یا نوترکیبی معرفت‌شناختی و نوخاسته‌گرایی یا نوترکیبی وجودشناختی. در نوترکیبی معرفت‌شناختی نبود توانایی‌ها در پیش‌بینی و تحلیل پدیده‌های زیستی ناشی از نبود تکامل فعلی علوم بنیادی و خاص بر اثر ضعف دستگاه‌های محاسباتی یا ضعف سیستم‌های شناختی انسان‌هاست. اما چنان‌چه این نبود توانایی را علی‌الاصول ناشی از ماهیت ویژگی‌های نوساخته تلقی کنیم به جمع طرفداران نوخاستگی وجودشناختی خواهیم پیوست. نوخاسته‌گراهای وجود شناختی نگاه سیستمی دارند و تحویل‌ناپذیری یا ضدتقلیل‌گرایی را قبول دارند. در اینجا به نظر می‌رسد آنجا که کلر تلویحا نوخاستگی را قبول دارد، نوخاستگی معرفت‌شناختی است. اما دوپره وقتی از نوخاستگی حرف می‌زند نوخاستگی وجودشناختی را قبول دارد. البته همین دیدگاه دوپره خود در معرض چون و چراهایی است.

1. System theory

۲. همتی مقدم، نظریه‌های مادی انگارانه ذهن، ص۲۵٤.

اختلاف دیگر بین کلر و دوپره برداشت متفاوت آن دو از واژه علیت معکوس است. کلر مدعی است که استفاده از این واژه طیف وسیعی از تأثیرات عمومی که ویژگی‌های اجزاء بر همدیگر دارند را شامل می‌شود و این تأثیرات نه تنها فعالیت ژن‌ها را در بر می‌گیرد بلکه حتی هویت آنها را هم متعین می‌کند. به عنوان مثال ویژگی‌های سلول حداقل به وسیله رونوشت و کپی[1] آن از دی‌ان‌ای مشخص می‌گردد و این در حالی است که در عوض ویژگی‌های عمومی سلول است که تقریباً متعین می‌کند که کدام توالی دی‌ان‌ای باید کپی گردد. این نظر کلر در مورد علیت نزولی، این فرض را به ذهن متبادر می‌کند که کلر علیت نزولی را با علیت دوری[2] معادل در نظر می‌گیرد. یعنی به باور کلر در سیستم‌های زیستی علیت نزولی به صورت تأثیر کل بر اجزاء عمل نمی‌کند بلکه به صورت تأثیرهای علّی اجزاء بر هم در متعین شدن کارکردهایشان عمل می‌کند. دوپره معتقد است مفهوم علیت نزولی که در روند انتخاب طبیعی اتفاق می‌افتد، تأثیری است که کارکرد متناسب با کل بر ویژگی‌ها و رفتارهای اجزاء می‌گذارد. دوپره برداشت کلر از علیت نزولی را در ارتباط بودن ویژگی‌ها با یکدیگر می‌داند و معتقد نیست که در واقع مفهوم علیت نزولی فقط همان علیت دوری یا سیکلی باشد. در پدیده تا خوردن پروتئین، به‌عنوان مثال علیت نزولی، دوپره، سازوکار توپولوژی و هندسه فضایی مناسبی که پروتئین پیدا می‌کند را شرح می‌دهد. اما مهم‌ترین تفاوتی که بین دوپره و کلر وجود دارد، تمایزی است که دوپره بین زمینه و موقعیت[3] و میان کنش‌ها[4] قائل است. این تمایز را کلر قبول ندارد و آن را مصنوعی[5] می‌داند. کلر تمایزی را که در همین راستا دوپره بین پروتئین‌های اسکورت کننده و پروتئین‌های تنظیم‌کننده می‌نهد رد می‌کند و آن را ناشی از

1. Transcription
2. circular causation
3. Context
4. Interaction
5. artificial

خلط مبحث بین دو مفهوم فوق می‌داند. به باور کلر چون تعاملات میان عوامل و مولکول‌ها به راحتی قابل فهم و تشخیص نیست، لذا دوپره آنها را کانتکس می‌نامد. حال آن‌که این تعاملات مبهم است و دوپره نمی‌تواند آنها را کانتکس بنامد. از دید کلر خود کانتکس‌ها جزئی از میان کنش‌ها هستند. کلر در واقع با این نقد خود غیر مستقیم علیت نزولی مورد نظر دوپره را زیر سؤال می‌برد. دوپره عملکرد پروتئین‌های اسکورت کننده[1] را زمینه‌ساز پدیده تا خوردن پروتئین می‌دانست که متناسب با آن کارکرد مناسب پروتئین حاصل می‌شود. اما کلر این فرایند را جزیی از پروتئین‌سازی می‌داند و نه فراهم کننده کانتکس مناسب برای ساخت پروتئین. دوپره در ضمیمه مقاله‌اش می‌نویسد:

من از کلمه کانتکس استفاده کرده‌ام برای ارجاع به ویژگی‌های محیط یک هستومند که برای بالفعل کردن ظرفیت‌ویژه آن هستومند ضروری است. واکنش‌های میان اجزای یک ارگانیسم را به‌طور ساده می‌توان اعمال چنین ظرفیت‌هایی در ارتباط با بعضی هستومندهای دیگر در نظر گرفت. این واکنش‌های میان‌اجزایی، می‌تواند بین اجزاء و محیط هستومند هم باشد.

دوپره نهایتاً قبول می‌کند که این تمایز ممکن است ذهنی باشد و بر خلاف کلر آن را تفاوت اساسی بین خود و کلر نمی‌بیند. اما کلر و دوپره با همدیگر اختلاف نظرهای جدی‌تر و اساسی‌تری هم دارند که عبارتند از:

الف: نوع نگاه آنها به مبحث زیست‌شناسی سیستم‌ها[2]

ب: نقد ماشین انگاری کلر از ارگانیسم‌ها و سیستم‌های زیستی توسط دوپره.

ج: مفهوم در ارتباط بودن ویژگی‌های هستومندهای زیستی[3]

سیستمی دیدن هستومندهای زیستی باعث بررسی ویژگی‌هایی در آنهاست که فقط

1. Chaperones
2. System Biology
3. Relational Properties

در صورت سیستم بودن قابل بررسی است. ازجمله این ویژگی‌ها انعطاف‌پذیری،[۱] حساسیت متغیرهای یک سیستم به حد نصاب‌ها[۲] و تکامل‌پذیری[۳] است. بروز این ویژگی‌ها در سطح سیستمی از یک طرف و توانمندی تحلیل پیچیدگی‌های زیستی به کمک کامپیوترهای قدرتمند و آنالیزهای ریاضی از طرفی دیگر، اکثر فلاسفه زیست‌شناسی را به سیستم بیولوژی علاقه مند کرده است. اما نگاه سیستمی دوپره تفاوت‌هایی با نگاه سیستمی کلر دارد. نگاه کلر یک نگاه در- زمانی است. در این نگاه کلر به بررسی ویژگی‌های سیستمی اجزاء و هستومندهای زیستی در طول تکامل می‌پردازد. از این رو برای کلر پایداری سیستم[۴] چیزی است که در مدل‌های متفاوتی وجود دارد و انتخاب طبیعی، آن پایداری را انتخاب می‌کند که به حفظ[۵] و دوام یک سیستم زیستی[۶] کمک می‌کند. این دوام در طول تکامل انتخاب شده و لذا وقتی از کارکرد قلب صحبت می‌شود، باید کارکرد تکاملی قلب مورد نظر باشد. به همین دلیل وقتی کلر تعریف کامیینزی از کارکرد را می‌پذیرد، کارکرد هر جزء از کل را در نقشی[۷] که آن جزء در خودساماندهی[۸] و خودتنظیمی[۹] کل دارد، تعریف می‌کند. البته از نگاه کلر این تعریف از کارکرد در دل زیست‌شناسی سیستمی همراه با یک تبیین از پالایش پیشرونده انتخاب طبیعی[۱۰] است که منجر به افزایش پایداری سیستم می‌گردد. اما نگاه دوپره به سیستم بیولوژی یک نگاه هم - زمانی است یعنی از منظر دوپره کارکرد قلب به

1. Robustness
2. quorum Sensing
3. evolvability
4. stability
5. maintaining
6. persistence
7. Contribute
8. self -organized
9. self -regulation
10. progressive finements

عنوان جزئی از بدن بایستی اکنون مد نظر قرار گیرد یعنی آن‌که قلب الان در چه ارتباط‌هایی با دیگر اعضاء است و سوای کارکرد تکاملیش، الان قلب چه نقشی را به عهده گرفته است به همین دلیل دوپره در مقاله خود ذکر می‌کند که وقتی می‌خواهیم از ظرفیت‌های اجزاء[1] صحبت کنیم با رویکرد از پایین به بالا[2] آنها را توضیح می‌دهیم. زیرا ظرفیت‌ها، ویژگی‌های بالقوه‌ای هستند که در ارتباط با کانتکس و اندرکنش‌ها به فعلیت می‌رسند. ولی وقتی می‌خواهیم رفتار ظرفیت بالفعل شده را توضیح دهیم رویکرد از بالا به پایین مورد نیاز است.[3] این دو رویکرد تلاقی هم-زمانی دارند و نه در-زمانی. یعنی توضیح و تبیین یک ظرفیت بالقوه که در حال فعلیت یافتن است مستلزم دید سیستمی تکاملی نیست، بلکه باید در سیستم موجود هستومند تبیین شود.

نگاه در-زمانی بودن/هم-زمانی بودن به تمایز دوم نگاه دوپره و کلر می‌انجامد و آن ویژگی‌ها در ارتباط با هم[4] هستند. دوپره معتقد است که آن‌چه تقلیل‌گرا می‌تواند از تقلیل آن سخن بگوید ویژگی‌ها و ظرفیت‌های ذاتی[5] اشیاء و هستومندهای زیستی است و نه ظرفیت‌ها و ویژگی‌های در ارتباط با هم آنها. زیرا هر ظرفیت در ارتباط با ظرفیت دیگر و هر ویژگی مرتبط با ویژگی دیگر، در نگاه منفردانه خود را نشان نمی‌دهد. بلکه در نگاه سیستمی بروز و ظهور می‌کند. این به فعلیت رسیدن در ارتباط با سایر ویژگی‌هاست و از این رو تقلیل‌گرا برای فروکاست یک ویژگی در هستومند زیستی مجبور خواهد بود کثیری از ویژگی‌های در ارتباط با آن را تقلیل دهد و این کاری است که با توجه به پیچیدگی‌های حاکم بر سیستم‌های زیستی و نیز وجود پدیده نوترکیبی کار تقلیل‌گرا را بسی مشکل و چه بسا از دید دوپره ناممکن می‌کند. اما کلر این تمایزها را مصنوعی می‌داند و این نظر دوپره را قبول ندارد. در هر صورت نگاه سیستم‌بیولوژی باعث باز تعریف خیلی از مفاهیم

1. capacities
2. bottom-upapproache
3. top-down
4. relational properties
5. intrinsic

زیستی شده و ایده‌های هر دو سر طیف را به هم نزدیک و هم‌سو کرده است. نهایتاً آن‌چه مورد نقد دوپره قرار می‌گیرد، نگاه خانم کلر به ماشین برنارد است. دوپره معتقد است ماشین‌انگاری سیستم‌های زیستی و فرض مکانیسم حاصل بر آنها اگر چه قدرت پیش‌بینی را به ما می‌دهد، اما اساساً با یک پیش‌فرض همراه است و آن وجود نظم در هر دو می‌باشد. اما این پیش‌فرض خود مشکلات زیادی را دارد. زیرا از یک سو نظم موجود در ماشین‌ها از پیش تعبیه شده و مصنوعی است حال آن‌که نظم موجود در ارگانیسم‌ها محصول میلیون‌ها سال تکامل است و از دیگر سو ماشین‌ها پیشرفت خطی به سوی خراب شدن دارند حال آن‌که ارگانیسم‌ها مدام بازاحیاء و جایگزین[1] می‌شوند. ارگانیسم‌ها چرخه حیات دارند در حالی که ماشین‌ها فاقد این ویژگی‌اند. نظم موجود در ماشین‌ها به کمک انواع ابتکارات و وسایل کمکی پیش‌بینی شده در آن حاصل می‌آید و یک مانع ممکن است کارکرد کل ماشین را متوقف کند. اما ارگانیسم‌ها نظم را با آرایش ترکیبات پیچیده‌شان در واکنش‌های بین اجزای خود ایجاد می‌کنند. ارگانیسم‌ها نظم را حفظ می‌کنند و این حفظ کردن نظم به وسیله هم افزایی دوجانبه[2] بین سطوح مختلف ارگانیسم‌ها صورت می‌گیرد و این نکته مهمی است که دلالت بر اختلافی بنیادی بین ماشین و ارگانیسم می‌کند و مانعی بزرگ در معادل فرض کردن ارگانیسم‌ها با ماشین‌هاست. به باور دوپره، تقلیل‌گرا با شهودی غلط و اشتباه می‌خواهد از این نظم، تقلیل‌گرایی مطلوب خود را نتیجه بگیرد. لذا تشبیه ماشین برنارد و عملکرد ترموستاتی لانه‌سازی موریانه‌ها و کموتاکسی باکتری‌ها، نمی‌تواند نظم موجود در آنها را با تقلیل ظرفیت‌های غیرقابل تغییر اجزای میکروسکوپی‌اش به ساختار محدود و دقیقی برای مطالعه تقلیل دهد.

1. renew and replace
2. synergic

انتقادها بر مواضع فلسفی دو فیلسوف و اتخاذ راهکاری موضعی

عنوان مقاله کلر و دوپره حاوی پرسش زیر است که سعی آن دو پاسخ بلی/خیر به آن است: «آیا امکان تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به فیزیک و شیمی وجود دارد؟» این پرسش خود حاوی چهار نکته قابل بحث و تأمل می‌باشد که به آنها می‌پردازم. وقتی از امکان صحبت می‌کنیم منظورمان چیست؟ تعریف ما از «تقلیل» چیست؟ کدام یک از الگوهای تبیین نظیر الگوی DN یا الگوی سمُن یا الگوی کیچر یا موارد دیگر مورد نظر دو فیلسوف مورد نظر است؟ اگر قبول کنیم شیمی را می‌توان به فیزیک تقلیل داد، آن‌گاه وقتی از فیزیک صحبت می‌کنیم منظورمان دقیقاً از فیزیک چیست؟

مسأله‌ی امکان : وقتی از امکان صحبت می‌کنیم اگر معنای منطقی امکان را در نظر بگیریم می‌توانیم موافق تقلیل‌گرایی باشیم. زیرا ممکن بودن امری یعنی آن‌که در آینده فیزیک بتواند پیچیدگی‌های زیستی را تبیین کند و یا آن‌که جهان ممکنی را در نظر بگیریم که قوانین فیزیک در آن به گونه‌ای باشد که مفاهیم زیستی را تبیین کند.این که وقوع امری در آینده محتمل باشد چیزی است که کسی نمی‌تواند به طور قطع از عدم یا وجود آن خبر دهد. بلکه باب بحث باز می‌ماند مگر آن‌که بپذیریم موانعی در زیست‌شناسی وجود دارد. کسی که ادعا دارد در معنای منطقی تقلیل‌گرایی ناممکن است باید بتواند وجود این موانع را تبیین کند. موانعی که علی‌الاصول قابلیت تقلیل تبیین‌های زیستی به فیزیکی را ناممکن می‌کنند. مثل مفهوم توراث که باید دید آیا آن را می‌توان با بیوشیمی توضیح داد یا نه؟

بحث تقلیل: نکته دوم بحث تقلیل است. هیچ‌کدام از دو فیلسوف اشاره نمی‌کنند منظور آنها از تقلیل چیست؟ البته معمولاً تقلیل را با تقلیل مدل ناگلی همسان می‌گیرند. اگر منظور از تقلیل مدل ناگلی آن باشد که عملاً این مسأله امکان ندارد. زیرا در مدل ناگلی تقلیل یکی از شروط تقلیل آن است که دامنه واژگان و مفاهیم نظریه T به طور مناسبی با دامنه واژگان و مفاهیم نظریه H در ارتباط باشد. این در حالی است که

فیلسوف طرفدار تقلیل‌گرایی، یعنی خانم کلر، خود اظهار می‌کند که اساسی‌ترین واژه زیستی یعنی کارکرد که وجه ممیزه هستومندهای زیست‌شناسی از اشیای فیزیکی است اصلاً در دامنه لغات و واژگان زیست‌شناسی وجود ندارد. به هر حال از رهگذر بحث تقلیل باید مسأله تبیین را برای بحث تحلیل کرد.

مسأله تبیین: بنابر آن‌چه گفته شد چهار مدل از مدل‌های تبیین را اختیار کرده و برای مسأله تقلیل‌گرایی مورد بررسی قرار می‌دهیم. این مدل‌ها عبارتند از: مدل قیاسی- قانونی همپل یا مدل D.N[1]، مدل سمن[2]، مدل کیچر و مدل ون فراسن[3].

الف: مدل همپل.[4] در مدل قیاسی- قانونی ما یک تبیین‌گر و یک تبیین‌خواه داریم. تبیین‌گر دارای یک قانون طبیعی کلی و یک سری شرایط اولیه. این مدل به‌کار تقلیل‌گرا نمی خورد .

زیرا فرض تقلیل‌گرا آن است که ما بتوانیم تبیین‌های زیستی را به تبیین‌های فیزیکی تقلیل دهیم. در این صورت ما باید برای هر پدیده زیستی دل‌خواهی بتوانیم طبق مدل قیاسی- قانونی تبیین زیستی داشته باشیم تا از تقلیل آن به تبیین فیزیکی صحبت کنیم. اما شرط تبیین زیستی آن است که ما در تبیین‌گر قوانینی زیست‌شناختی داشته باشیم حال آن‌که خود فاکس کلر ادعا می‌کند که در زیست‌شناسی قوانین زیست‌شناسی وجود ندارد و آن‌چه وجود دارد تنها انتظام‌های تعمیم‌پذیر است.

ب: مدل سمن. در این مدل بحث علت وارد تبیین می‌شود. سمن دو مدل برای تبین ارائه داد که مدل اول وی مدل ربط آماری (S.R) و مدل دوم او علیت مکانیکی (C.M) بود. سمن فاکتور C را علت ظهور پدیده E می‌داند که در آن علت مشترک وقوع

1. Deductive-nomologycal
2. Salmon
3. Vanfrasan

٤. اکاشا، سمیر، فلسفه علم، ترجمه هومن پناهنده، فرهنگ معاصر، تهران، ۱۳۸۷ش، ص۵۲.

چند پدیده است. مدل تبیین سمن به این شرح است که وقتی توسط مدل ربط آماری علل محتمل وقوع یک یا چند پدیده را پیدا کردیم، آنها را در جدولی لیست می‌کنیم. در این جدول مواردی که ارتباط کمتر یا تأثیر علی کمتری دارند را حذف یا به تعبیر خود سمن screen off کرده و مابقی را نگاه می داریم. سپس به دنبال علت مشترک برای آن پدیده‌ها می‌گردیم. این مدل به ما نشان می‌دهد که می‌توان از آن برای تقلیل‌گرایی استفاده کرد. به دلیل آن‌که وقتی به دنبال آن هستیم که شبکه علّی از علل مربوط محتمل برای پدیده ای را لیست کنیم، می‌توانیم این شبکه علّی را آن‌قدر گسترده در نظر بگیریم که برای تبیین هر هستومند زیستی قوانین و نظریه‌های فیزیکی را وارد کنیم. این به آن معناست که این مدل حداقل امکان بیان تقلیل‌گرایی را فراهم می‌کند و تقلیل‌گرا می‌تواند از آن بهره گیرد. در مدل سمن مکانیسم علّی حاکم بر شبکه علی هم به توسط ما تشریح می‌شود. در واقع اینجا هم دست تقلیل‌گرا به نوعی باز است تا این مکانیسم را به سود اموزه تقلیل‌گرایی تعیین کند. این مدل با ارزوی کلر در توسعه فیزیک سازگار است. زیرا می‌توان شبکه علّی آن را بر نقاط اشتراکی فیزیک و شیمی استوار کرد و سپس تبیینی فیزیکی برای پدیده‌ای زیستی داد. جست‌وجوی علت مشترک و حذف مابقی علل چیزی است که از رهگذران می‌توان به علت‌های مشترک فیزیک و شیمی و زیست‌شناسی امیدوار بود. مثلاً در همین مثال کلر می‌توان تبیین کرد که باز کردن در بر اثر افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن به دلیل بالا رفتن دمای بدن موریانه در اثر ترشح یک هورمون خاص در خون اوست.

مدل کیچر: وحدت‌بخشی حاکم در این الگو به سمت تقلیل‌گرایی میل می‌کند. زیرا اگر بتوان با چند فرمول و قانون ساده فیزیکی علاوه بر پدیده‌های فیزیکی، پدیده‌های زیستی با آن حجم از پیچیدگی را توضیح داد، مسلماً وحدت‌بخشی مد نظر کیچر حاصل شده است. جالب آنجاست که خود کیچر و دوپره ضد تقلیل‌گرا می‌باشند.

مدل ون‌فراسن : مدلی عمل‌گرایانه است و به دنبال پاسخ به why-question

است.. در مدل ون‌فراسن هدف کفایت تجربی است. لذا با توجه به همین معیار در مدل تجربی ون‌فراسن، تبیین یک پدیده ، تبیین‌خواه و تبیین‌گر به کانتکس مورد نظر بستگی دارند. مثلاً پدیده‌ای مثل بیولوژی مولکولی را برای چه کسی و در چه زمینه‌ای و با چه هدفی توضیح می‌دهیم؟ این توضیح دادن می‌تواند در لایه‌های مختلف و مستقل از هم صورت گیرد و لذا قابل فروکاست به یکدیگر نمی‌باشد. نتیجتاً به باور ون‌فراسن سطوح مختلف علم زیست‌شناسی لایه‌های مستقل علم‌اند که با هدف مشخص و برای افراد معین توضیح داده می‌شود و مستقل از فیزیک با کانتکس و هدف و زمینه و کاربرد مشخص آن است و لذا در مورد ون‌فراسن بحث تقلیل‌گرایی مردود است.

نقد بیان فیزیکی

کلر در ابتدای مقاله‌اش به خانم نانسی کاروایت استناد می‌کند و به کتاب او تحت عنوان فیزیک دروغ می‌گوید. البته این‌که وقتی شرایط اولیه را در بکارگیری یک قانون فیزیکی لحاظ کنیم، آن‌گاه ضرورت و عمومیت آن زیر سؤال می‌رود. این نقدی است که در این کتاب به فیزیک وارد است و قوانین فیزیک، قوانین آیدیالایزشده است. سوای این نقد به فیزیک وقتی انتظار داریم تبیین‌های زیست‌شناسی قابل تقلیل به فیزیک باشد در واقع درک ما از فیزیک چیست؟ مقصود از فیزیکی بودن یک تبیین یا یک شیء چیست؟ دنیل استولجر[1] میان دو تلقی از محمول فیزیکی بودن فرق می‌گذارد. این تمایز بر اساس دو تلقی فیزیکی بودن بر اساس نظریه و فیزیکی بودن بر اساس شیء است. در تلقی بر اساس نظریه تعریف فیزیکی بودن را این‌گونه بیان می‌کند:[2]

ویژگی الف فیزیکی است، اگر و تنها اگر الف نوعی ویژگی باشد که در نظریه‌های

1. Stoljar

۲. همتی مقدم، نظریه‌های مادی ذهن.

فیزیکی از آن سخن به میان می‌آید یا آن‌که الف به طور متافیزیکی بر دسته‌ای از ویژگی‌ها مبتنی باشد که در نظریه‌های فیزیکی از آنها سخن گفته شود. در این تلقی از فیزیک که نظریه‌محور است مقصود از نظریه‌های فیزیکی صرفاً فیزیک در معنای خاص آن نیست بلکه نظریه‌های شیمی و زیست‌شناسی هم در زمره نظریه‌های فیزیکی تلقی می‌گردند. استولجر سپس در ادامه تلقی دیگری از فیزیکی بودن را تلقی معطوف به شیء می‌داند: ویژگی الف فیزیکی است، اگر و تنها اگر الف نوعی ویژگی باشد که برای تبیین کامل ماهیت درونی نمونه‌های اصلی اشیای فیزیکی و اجزای تشکیل‌دهنده آنها مورد نظر باشد. به نظر می‌رسد با در نظر گرفتن این دو تلقی از فیزیک تقلیل‌گرا دچار مشکلات و معضلات جدی خواهد بود.

دوپره در نقد مواضع تقلیل‌گرایی وجود نوخاستگی در هستومندهای زیستی را مانع تقلیل تبیین‌های زیست‌شناسی به فیزیک و شیمی می‌داند. قبلاً گفته شد که دو خوانش معرفت‌شناختی و وجودشناختی از نوظهوری وجود دارد که کلر مدافع اولی و دوپره مدافع دومی است. اما آیا ویژگی‌های نوخاسته توانایی‌های علی جدا از توانایی‌های ویژگی‌ها سطح پایه‌دارند؟ آیا پذیرش نوخاستگی منجر به پدیده چند علیتی برای یک رویداد نخواهد بود؟ آیا ویژگی‌های نوخاسته تأثیر علی بر جهان فیزیک دارند یا نه؟ در صورت پاسخ مثبت آیا می‌توان ادعا کرد که به دلیل وجود این تأثیرات علی از ویژگی‌های نوظهوری آن‌گاه جهان فیزیک بسته نیست؟ از طرف دیگر آیا باور به جهان زیست‌شناسی به نحوی که وجود ویژگی‌های نوظهور امکان هرگونه قانون زیستی یا متعین کردن رفتار کل توسط اجزا را نفی کند، باعث بوجود آوردن پیچیدگی‌های مضاعف در عالم معرفت ما نیست؟ و آیا اساسا با اصل سادگی در علم تناقض ندارد؟ آیا بهتر نیست هم‌چون کلر به آینده تقلیل‌گرایی خوش‌بین باشیم تا آن‌که پیچیدگی‌های حوزه معرفتی‌مان را افزایش دهیم؟ در مورد استدلال کل در مورد وارد کردن مفهوم کارکرد در دامنه واژگان و مفاهیم فیزیک و توسعه فیزیک، می‌توان این پرسش را مطرح کرد که در مورد هستومندهای فاقد

کارکرد آیا کلر باز این راهکار را کارگشا می‌داند؟ در پدیده موتاسیون یا جهش مواردی وجود دارد که اسیدهای متوالی از روی بازهای متوالی خوانده می‌شوند. لذا اگر در اثر یک موتاسیون یک زوج باز دی‌ان‌ای وارد شود می‌تواند معنی هر بازی را در پایین‌تر از موتاسیون ایجاد شده تغییر دهد. این نوع موتاسیون را موتاسیون فریمشیفت می‌نامند و معمولاً موجب تولید یک پروتئین کاملاً بی‌مورد و فاقد کارکرد می‌شود. نوع دیگر موتاسیون آن است که یک سه گانه‌ای را که از قبل رمزگذاری شده تبدیل به کدون «ایست» می‌کند. این قطعه پروتئینی نیز احتمالاً فاقد کارکرد است.[۱] حال وجود مفهوم کارکرد در فیزیک و توسعه آن به هر صورت چه تأثیری در تقلیل تبین زیستی در اینجا دارد؟ بنابراین راهکار کلر حداقل برای هستومندهای فاقد کارکرد جواب نمی‌دهد.

نتیجه

موضع تقلیل‌گرایی روشمند می‌تواند راهکار اتخاذی مؤثر در زمینه‌ی حل اختلاف دو فیلسوف باشد. از تقلیل‌گرایی روش‌شناختی می‌توان سه قرائت را مد نظر قرار داد:

در فلسفه زیست‌شناسی خوانش سوم مهم‌تر است. در این حالت کلمه روش ان قدر اهمیت ندارد بلکه کانتکس مورد بحث ما اهمیت دارد. در روش اول از تقلیل‌گرایی شناختی باید به این امیدوار بود که روش‌های بکارگرفته شده در علوم زیستی نهایتاً با مرور زمان به همان روش‌های فیزیک و شیمی تقلیل خواهد کرد. قرائت دوم از تقلیل‌گرایی روش‌مند از روش‌هایی در فلسفه علم حرف می‌زند مانند I.B.E که بحث تقلیل در آن راه ندارد و کمتر در فلسفه زیست‌شناسی کاربرد دارد. اما قرائت سوم از تقلیل‌گرایی روشی، قرائتی است که در آن بحث بر روی خود روش کمرنگ شده و در عوض آن‌چه اهمیت می‌یابد آن است که ما از آموزه تقلیل‌گرایی در چه موضعی، در کجا

۱. ریدلی، مارک، تکامل، عبدالحسین وهاب زاده، جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۱ش، ص ۴۳.

و به چه هدفی سخن می‌گوییم.معنی این نوع نگرش آن است که تقلیل‌گرایی را به عنوان تزی عام در نظر نگیریم، بلکه با آموزه تقلیل‌گرایی لوکال و موضعی برخورد کنیم. این انتظار گاهاً ممکن است باعث رشد معرفت ما شود و یا آن‌که ما را در جامعه‌ای با مسؤولیت‌های انسانی‌مان مقید کند به این معنا می‌توان مسأله اخلاق را در جامعه انسانی به عنوان مثال درنظر گرفت. بر اساس فلسفه زیست‌شناسی می‌توان به تأثیر ژنتیک در رفتارها و اخلاق‌های فرد فرد آدمی معتقد بود وبه اصطلاح اخلاق ژن‌محور را قبول داشت و این البته نتایجی را به بار می‌آورد. نتایج ژن‌محور بودن اخلاق‌های آدمی سلب مسؤولیت از افراد جامعه را به بار می‌آورد. اما این مسأله و پیامد آن‌که به‌صورت لااوبالی‌گری اخلاقی است، اگر که کانتکس ما جامعه انسانی باشد نتایج ارزشمند و مفیدی را به بار نمی‌آورد. ولی ما در بدو امر ایده ژنتیک‌محور بودن رفتار انسانی را به کناری نمی‌نهیم، بلکه به بحث و بررسی در آن در حوزه فلسفه زیست‌شناسی و اخلاق می‌پردازیم تا از رهگذر آن رشد معرفت برای ما حاصل آید. نهایت آن‌که در سطح یک برنامه زیست‌شناسی/روان‌شناسی به نتیجه خاصی نمی‌رسیم. بنابراین، ما نیز تکلیف خودمان را با تز تقلیل‌گرایی روشن کنیم و بدانیم از این آموزه فلسفی و علمی چه انتظاری و در چه سطحی و در چه کانتکسی داریم. در این‌که «جهان چگونه است» و «من جهان را چگونه درک می‌کنم» باید بنابر اصل زندگی انسانی ما به جهانی که درک می‌کنم بپردازم و در عین حال با آموزه تقلیل‌گرایی _در صورت امکان_ به جهان آن‌گونه که است نزدیک گردم. معنی این حرف در مورد همان مثال اخلاق ژن‌محور/جامعه‌محور آن است که وقتی می‌بینیم ژن‌محور بودن رفتارهای آدمی جامعه را به هرج و مرج می‌کشاند، رفتار ژن‌محوری را بازنگری کنیم. البته ژن‌محوربودن یا جامعه محور بودن رفتار _مثل هر دوگانگی دیگر در زندگی_ صرفاً رفتارهای ما را سودار و جهت‌دار می‌کند ولی رفتارهای ما را متعین نمی‌کند. ما می‌توانیم معتقد باشیم چون در سطح زیراتمی عدم تعین وجود دارد، این عدم تعین می‌تواند به سطوح بالاتر زندگی ما تراوش کند و خود را بازنمایی کند

لذا وظیفه انسانی ما بر ما حکم می‌کند که دستاوردهای علمی و فلسفی ما زندگی را برای ابناء بشر قابل اعتماد و امید و آرامش کند. بنابراین اموزه تقلیل‌گرایی صرفاً می‌تواند به ما بفهماند _طبق تقلیل‌گرایی روشی با قرائت سوم آن_ از لجاجت و تعصب و اصرار به باورهای علمی و دگم شدن در آن اجتناب کنیم و سعی نماییم آموزه‌های خود را در جهت رشد معرفت به کار ببریم.

منابع

اکاشا، سمیر، فلسفه علم، ترجمه هومن پناهنده، فرهنگ معاصر، تهران، ۱۳۸۷ش.

روزنبرگ، الکساندر، درآمدی معاصر بر فلسفه زیست‌شناسی، پریسا صادقیه، نشر پیام امروز، تهران، ۱۳۹۲ش.

ریدلی، مارک، تکامل، عبدالحسین وهاب زاده، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱۳۹۱ش.

گیلیس، دانالد، فلسفه علم در قرن بیستم، ترجمه حسن میانداری، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۸۱ش.

مایر، ارنست، چه چیزی زیست‌شناسی را بی‌همتا می‌سازد؟، ترجمه کاوه فیض‌اللهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱۳۸۸ش.

ورث، چارلز و برایان و دبورا، تکامل، عبد المجید مهدوی دامغانی، نشر بصیرت، تهران، ۱۳۹۰ش.

همتی مقدم، احمد رضا، نظریه‌های مادی انگارانه ذهن، پژوهشگاه علوم و فرهنگ اسلامی، قم، ۱۳۹۱ش.

DuprE, J, *The Disorder of Things, Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, Harward Univercity Press, 1993,

Dupre, J., *Is Biology Reducible to the Laws of Physics?*, American Scientist, 2007.

Francisco, J., Ayala & Robert .A.R.P, *Contemporary Debates in Philosophy of Biology*, Willy Black well press, 2010.

Keller, E, *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors, and Machines*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2002.

Lange, M., *Philosophy of Science*, Black well press, 2007.
Psilos, S, *Philosophy of Science A-Z*, Edinburgh University press, 2002.