پژوهش‌های فلسفی، شماره‌ی نوزدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۰، ص۲۳-۵۸

نقدی بر روش ایضاح مفاهیم در فلسفه‌ی علم: مطالعه‌ی موردی مفهوم وحدت‌بخشی[۱]

هادی صمدی[۲]

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه فلسفه علم، تهران، ایران.

مقدمه

روش ایضاح مفاهیم کارنپ بر این اساس پیشنهاد شد که وظیفه‌ی فیلسوف علم ابهام زدایی از مفاهیم مبهم علمی و غیرعلمیِ موجود در زبان علم و جایگزینی آنها با مفاهیمی روشن و بی‌ابهام است. نقدهای فیلسوفانی مانند استراسون، کواین، و پوپر باعث آن شد که کمتر فیلسوف علمی آشکارا از روش کارنپ حمایت کند هرچند که بخش بزرگی از فلسفه‌ی علم کماکان خود را وقف این روش کرده بود. در سال‌های اخیر برخی از فیلسوفان علم آشکارا به دفاع از پروژه‌ی کارنپ پرداخته‌اند. در نوشته‌ی حاضر به جای پرداختن به استدلال‌های له و علیه این روش، مفهوم «وحدت‌بخشی» به عنوان نمونه انتخاب شده است و نشان داده می‌شود هیچ‌کدام از تلاش‌هایی که در جهت ایضاح آن به کار گرفته شده به جایگزینی این مفهوم با مفاهیمی روشن و بی‌ابهام نیانجامیده است. دعوی مقاله این است که وظیفه‌ی اصلی فیلسوف علم نه درگیر شدن در زبان‌کاوی‌های بی‌حاصل، بلکه پرداختن به مسائل واقعی موجود در برنامه‌های پژوهشی علمی است.

واژگان کلیدی: ایضاح، وحدت‌بخشی، مفهوم، تبیین، کارنپ، کیچر.

---

۱. تاریخ وصول: ۸۷/۲/۶تاریخ تصویب: ۸۸/۳/۱۲

۲. پست الکترونیک: hadisamadi_ir@yahoo.com

روش ایضاح مفاهیم

هرچند اصطلاح ایضاحِ[1] مفاهیم را ردولف کارنپ به فلسفه‌ی تحلیلی معرفی کرد اما در میان فیلسوفان معاصر این ایده بیش از هر فیلسوفی به فرگه بازمی‌گردد.[2] از نگاه فرگه مفاهیم باید شفاف و دارای مرزهای مشخص باشند:

> تعریف یک مفهوم.... باید به نحو غیرمبهمی مشخص سازد که کدامین اشیاء ذیل آن می‌گنجند و کدام‌ها خیر.... به شکلی استعاری می‌توانیم بگوییم: مفهوم باید مرزهای دقیقی داشته باشد.[3]

برای ریاضی‌دانی همچون فرگه یافتن چنین مفاهیمی در ریاضیات کار ساده‌ای بوده است: مفهوم «مربع» دارای مرزهای دقیقی مطابق آرمان فرگه است. اگر می‌توانستیم سایر مفاهیم موجود در علم (مانند اتم، انتخاب طبیعی، میل ترکیبی،....)، فلسفه (مانند تبیین، استقرا، علیت،...)، و زبان طبیعی (مانند شانس، ذهن، آزادی،...) را به سان مفهوم «مربع» بازسازی کنیم، فلسفه و علوم طبیعی را به دقت ریاضیات در می‌آوردیم. این آرمان در سنت پوزیتویسم منطقی چنان مورد تأکید قرار گرفت که تمامی وظیفه‌ی فیلسوف به ابهام زدایی از زبان فروکاسته شد.

کارنپ در ابتدای کتاب *مبانی منطقی احتمال* «ایضاح» را چنین تعریف می‌کند:

> ایضاح مشتمل است بر تبدیل مفهومی کمابیش غیردقیق به مفهومی دقیق، یا فراتر از آن، جایگزینی اولی با دومی. ما مفهوم داده شده (یا واژه‌ای که برای

1. explication

۲ .کارنپ در ایده‌ی «ایضاح» بیش‌تر خود را وام‌دار کانت و هوسرل می‌داند؛ درحالی‌که لومیس و جوهل به تأثیرات لایب‌نیتس و هیلبرت بر کارنپ در این مورد اشاره می‌کنند. نک:

Carnap, R. *Logical Foundations of Probability*, University of Chicago Press, 1950, p.3.

Loomis, E. & Juhl, C., "Explication", in Sarkarn, S. & Pfeifer, J. (eds.), *The Philosophy of Science: an Encyclopedia*, , Routlege, 2006, 285-294, P.288.

۳. فرگه (۱۹۰۳)، به نقل از:

Popper, K., *Unended Quest, an Intellectual Autobiography*, Routlege, 2002 [1974], p.27.

آن به‌کار برده شده) را *ایضاح‌خواه*[1] و مفهوم پیشنهاد شده برای جایگزینی آن (یا واژه‌ی پیشنهادی برای آن) را *ایضاح‌گر*[2] می‌نامیم.[3]

از دید کارنپ لازم نیست که ایضاح‌گر هم‌معنای ایضاح‌خواه باشد. وی به عنوان مثال پیشنهاد می‌کند مفهوم پیشاعلمی «ماهی» نیاز به ایضاح دارد چراکه این مفهوم شامل موجودات زنده‌ی نامتجانسی می‌شود که از منظر زیست‌شناسی به دسته‌های زیستی متفاوتی تعلق دارند. ماهی قرمز که خونسرد و تخم‌گذار و دارای آبشش است و نهنگ که پستانداری خون‌گرم و بچه‌زاست هر دو ذیل مفهوم پیشاعلمی «ماهی» می‌گنجند. پیشنهاد کارنپ جایگزینی مفهوم «ماهی» با مفهوم دقیق «piscis» است که فقط شامل جانورانِ آبزیِ خونسردِ دارای آبشش است. چنان‌که در این مثال مشخص است ایضاح‌خواه، یعنی ماهی، و ایضاح‌گر، یعنی «piscis»، هم‌معنی نیستند.

هرچند کارنپ می‌گوید «ایضاح‌خواه ممکن است به زبان عادی یا به مرحله‌ی قبلی [ابتدایی] رشد زبان علمی تعلق داشته باشد»[4] اما عمده‌ی مثال‌های وی از مفاهیم موجود در فلسفه است. مفاهیمی چون «استلزام منطقی»، «صدق منطقی»، «صدق تجربی» «تحقیق‌پذیری»، «استنتاج استقرایی» از جمله مفاهیم فلسفیِ به گمان او مبهمی هستند که وی در جهت ایضاح آنها می‌کوشد. برخی مفاهیم دیگری که او به ایضاح آنها می‌پردازد مفاهیم عمومی‌تری‌اند که خارج از گفتمان فلسفی نیز یافت می‌شوند: مفاهیمی چون «معنا» و «احتمال». مفهوم «احتمال» طی فرایند ایضاح کارنپ به دو مفهوم متمایز شکسته می‌شود: «احتمال۱» برای درجه‌ی تأیید یک فرضیه و «احتمال۲» برای تواتر نسبی یک رویداد. این مثال و مثال «ماهی» بیانگر آنند که ایضاح کارنپی متمایز از تحلیل مفاهیم است. تحلیل در معنای کانتی آن شکستن یک مفهوم است به اجزاء متشکل آن و در معنای راسلی جایگزینی یک مفهوم عادی است با مفهومی به لحاظ صوری دقیق‌تر به منظور روشن‌شدن التزامات هستی‌شناختیِ مفهوم موجود در زبان عادی.[5] در هر دو معنای کانتی و راسلیِ تحلیل، تحلیل‌گر معنای موجود در مفهوم مورد تحلیل را حفظ می‌کند اما چنان‌که

1. *explicandum*
2. *explicatum*
3. Carnap, R. *Logical Foundations of Probability*, p.3.
4. Ibid.
5. Loomis, E. & Juhl, C., “Explication”, p.287.

این مثال‌های کارنپ نشان می‌دهد ممکن است حین فرایند ایضاح معنای ایضاح‌خواه تغییر کند.

سه فیلسوفی که معاصر با کارنپ بیش‌ترین حمله‌ها را به روش ایضاح مفاهیم وی وارد کردند استراسون، کواین، و پوپر بودند. استراسون معتقد بود که روش ایضاح مفاهیم در واقع ماهیت موضوع مورد بحث را تغییر می‌دهد و مسأله را به مسأله‌ای متفاوت از مسأله‌ی اصلی بدل می‌سازد. تفسیر استراسون از روش کارنپ این است که کارنپ فیلسوفان را به بازسازی مسأله‌ای فلسفی در زبانی صوری با استفاده از مفاهیم واضح و بی‌ابهام، و آنگاه حل مسأله در نظام صوری ساخته شده دعوت می‌کند؛ و از دید استراسون حل مسأله‌ی جدید به معنای حل مسأله‌ی اصلی نیست.[۱] نقد کواین معطوف به معنای «تحلیلیت» بود. کواین مدعی بود همه‌ی تعاریفی که می‌توان برای «تحلیلیت» در نظر گرفت با مشکل مواجه هستند. شاید در ظاهر امر این نقد مشکلی برای پروژه‌ی کارنپ نباشد چرا که مطابق آنچه در بالا آمد روش ایضاح مفاهیم کارنپی متمایز از روش تحلیل مفاهیم است. مشکل آنجا بود که کارنپ تمایزی میان گزاره‌های منطقی و گزاره‌های فیزیکی در نظام‌های صوری قائل بود و نقد کواین بر «تحلیلیت» این تمایز را زیر سؤال می‌برد. چنان‌که فریدمن می‌گوید کارنپ در کتاب *نحو منطقی زبان* در صدد ایضاح مفهوم «تحلیلیت» برآمد اما پس از مواجهه با مفهوم معناشناختی صدق از تارسکی در ۱۹۳۵ صراحتاً پذیرفت که دیگر ایضاحی برای مفهوم «تحلیلیت» ندارد.[۲] کواین این اعتراف کارنپ را علیه کل آرمان ایضاح منطقی به کار گرفت.[۳] دیگر فیلسوفی که به صراحت و قاطعانه در مقابل فیلسوفان زبانی[۴] طرفدار ایضاح مفاهیم ایستاد کارل پوپر بود. وی «برساختن مدل‌های مصنوعیِ زبانِ علم» را به عنوان هدف اصلی

1. Strawson, P. F., “Carnap’s Views on Constructed Systems Versus Natural Languages in Analytic Philosophy”, in Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, Open Court, La Salle, IL, 1963, pp. 503–518.
2. Friedman, M. “Logical Empricism” in Crige, E., (ed), *Routlege Encyclopedia of Philosophy*, 1998.

۳. برای مطالعه‌ی آراء کواین در این مورد ببینید:

Quine, W., “Two Dogmas of Empiricism,” in *From a Logical Point of View*. Cambridge, MA: Harvard University, 1953.
Quine, W., “Carnap and Logical Truth,” in *The Ways of Paradox and Other Essays*. New York: Random House, 1966.
4. Linguistic philosophers

کارنپ و دیگر فیلسوفان علمِ زبان‌کاو، هدفی نادرست می‌داند.[۱] استدلال اصلی پوپر علیه این دسته از فعالیت‌های فلسفی را می‌توان در یک جمله بیان کرد. در علوم تجربی مفهومی با مرزهای مشخص وجود ندارد: «... چیزی به نام ایضاح یا مفهوم واضح یا دقیق وجود ندارد.....غیرممکن است به‌توان به نحوی سخن گفت که دیگران دچار سوء برداشت نشوند.»[۲] طلب مفاهیمی که به تعبیر کویپرز «به طور کامل واضح و شفاف»[۳] باشند طلب امری است که وجود ندارد.

با وجود پاسخ‌های کارنپ، حملات به قدر کافی محکم می‌نمود که پروژه‌ی کارنپی مطرود شمرده شود؛ اما پروژه‌ی کارنپ در سنت فلسفه‌ی زبان‌کاوانانه‌ی علم کماکان گسترش یافت، هرچند که آشکارا از اصطلاح «ایضاح مفاهیم» سخنی رانده نمی‌شد. چنین امری در سال‌های اخیر برخی فیلسوفان علم را بر آن داشت تا مجددا کاستی‌های پروژه‌ی ایضاح مفاهیم را گوشزد کنند.[۴] در مقابل، طرفداران این سنت آشکارا به دفاع از پروژه‌ی کارنپ پرداختند.[۵]

در نوشته‌ی حاضر به جای بازگویی انتقادهای فیلسوفانی مانند استراسون، کواین، پوپر و برخی فیلسوفان معاصر و نشان دادن ناکاآمدی پاسخ‌های کارنپ و دیگر طرفدارن امروزین پروژه‌ی ایضاح مفاهیم که پی‌گیری این پروژه را مهم‌ترین فعالیت فیلسوفان علم می‌دانند، با پرداختن به نمونه‌ای از تلاش‌هایی که طی دهه‌های اخیر در جهت ایضاح مفاهیم در فلسفه‌ی علم انجام شده است خواهیم دید که به چه میزان چنین فعالیت‌هایی مثمر ثمر

---

1. Popper, K., *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson & Co., London; Basic Books Inc., New York, 1959, p.xxiv.
2. Popper, K., *Unended Quest, an Intellectual Autobiography*, p.29.
3. Cristal Clear
Kuipers, T. “Introduction. Explication in Philosophy of Science” in *Handbook of the Philosophy of Science: General Philosophy of Science — Focal Issues*, vii–xxiii. 2007.

۴. به عنوان نمونه ببینید:

Boniolo, G., ‘Kant’s Explication and Carnap’s Explication: The *Redde Rationem*’, *International Philosophical Quarterly*, 43, 2003, pp.289–298.
Eagle, Antony, ‘Twenty-one Arguments Against Propensity Analyses of Probability’, *Erkenntnis*, 60, 2004, pp.371–416.

۵. به عنوان نمونه ببینید:

Maher, P., “Explication Defended”, *Studia Logica*, 86, 2007, pp.331–341.
Kuipers, T., “Introduction. Explication in Philosophy of Science”.

بوده و به تولید مفاهیمی «به طور کامل واضح و شفاف» منجر شده است. مفهوم انتخاب شده مفهوم «وحدت‌بخشی»[۱] است و نوشتار پیش رو گزارشی است از ناکارآمدی چهار تلاش متفاوت در جهت ایضاح مفهومِ «وحدت‌بخشی»: ۱. تلاش فیلیپ کیچر، ۲. تلاش اریک وبر، ۳. تلاش گرهارد شورس، و ۴. تلاش بیزگرایان.

این نظر که وحدت‌بخشی یا انسجام[۲] هدف اصلی علم است در فلسفه و فیزیک از دیر باز طرفداران زیادی داشته است.[۳] اما فقط در چند دهه‌ی گذشته برخی فیلسوفان در صدد ایضاح مفهوم «وحدت‌بخشی» برآمدند.[۴] از آنجا که سهم عمده در ایضاح مفهوم «وحدت‌بخشی» بر دوش فلیپ کیچر بوده است، به آراء او در این باب به تفصیل بیش‌تری می‌پردازیم.

وحدت‌بخشی کیچری

ایده‌ی اصلی فیلیپ کیچر در مقاله‌ی «وحدت‌بخشی تبیینی»[5] این است که ارزش علمی یک تبیین را نباید یک بار و برای همیشه، و بصورت منفرد ارزیابی کرد. از دید او یکی از ایرادهای اصلی مدل تبیین قیاسی قانونی همپل و سایر مدل‌های تبیین این است که هر تبیین را بصورت منفرد و نه در مقایسه با دسته‌ی بزرگتری از تبیین‌های موجود ارزیابی

1. unification
2. coherence

۳. به عنوان نمونه ببینید:

Whewell, W., *The Philosophy of the Inductive Science*s, 2nd edition, 2 Volumes, John W. Parker, London, 1847.
Feigl, H., ‘The Orthodox View of Theories: Remarks in Defense as well as Critique’, in: *Minnesota Studies in the Philosophy of Scienc*e, Vol. IV, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.

۴. به عنوان نمونه ببینید:

Lehrer, K., *Knowledg*e, Clarendon Press, Oxford,1974.
Friedman, M., ‘Explanation and Scientific Understanding’, *Journal of Philosophy* 71, 1974, pp. 5–19.
Kitcher, P., “Explanatory Unification”, *Philosophy of Science* 48, 1981, pp.507–11.

5. Kitcher, P., “Explanatory Unification”

می‌کنند. رابرت کلی[1] این ایده را به این صورت بیان می‌دارد که اگر مجموعه‌ی همه‌ی باورهایی که افراد یک جامعه‌ی علمی در یک زمان خاص دارند را k بنامیم، با این فرض که k به‌صورت زبانی قابل بازنمایی است، مسأله‌ی اصلی جامعه‌ی علمی آن است که چگونه k را نظام‌مند کرده و ارتباط احکام موجود در آن را بصورت سلسله مراتبی مشخص کنند. منظور از نظام‌مند کردن در نظریه‌ی کیچر آن است که تعداد کمی از جملات k را بعنوان واقعیت‌های پایه‌ای که نیازی به توضیح ندارند[2] در نظر گرفته و سپس با تعداد محدودی الگوهای استدلالی[3] بقیه‌ی جملات k را از آن مجموعه‌ی کوچک از واقعیت‌های محدود استنتاج کنیم. شهود کیچر آن است که هرچه تعداد الگوهای استدلالی کمتر باشد وحدت‌بخشی آن الگوها بیشتر بوده و لذا تبیین ارائه شده توسط آنها بهتر است. از منظر کیچر تبیین یعنی متحد کردن پدیده‌های متفرق از طریق استنتاج جملاتی که توصیف کننده‌ی آن پدیده‌ها هستند با استفاده از دسته‌ی محدودی از الگوهای استدلالی. اما «الگوهای استدلالی» چه هستند؟ الگوهای استدلالی نقش مهمی در مدل تبیینی کیچر بازی می‌کنند، و بنابراین وی در مقاله‌ی «وحدت‌بخشی تبیینی» کوششی در جهت ایضاح آن انجام می‌دهد. او الگوهای استدلالی کلی[4] را بصورت یک سه تایی مرتب تعریف می‌کند که سه مولفه‌ی آن عبارتند از ۱. استدلال شمایی[5] ۲. مجموعه‌ای از مجموعه‌های قواعد جایگزینی[6] و ۳. یک رده‌بندی[7] برای استدلال‌های شمایی.

اما هیچ‌کدام از این مفاهیم کم‌ابهام‌تر از مفاهیم «وحدت‌بخشی» و «الگوهای استدلالی» نیستند. بنابراین باید در جهت ایضاح هر کدام کوشید. «استدلال‌های شمایی» رشته‌ای از جملات شمایی را گویند، مثلاً $\langle s_1, s_2, s_3, \ldots \rangle$. جمله‌ی شمایی[8] جمله‌ای است که برخی از واژگان غیرمنطقی آن با حروف ساختگی جایگزین شده‌اند. مثلاً برای جمله‌ای مانند «همه‌ی نمک‌های سدیم در آب حل می‌شوند» جمله‌ای مانند «همه‌ی xها در y حل می‌شوند» یک

1. Klee, R., *Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford University Press, 1997, p.117.
2. brute facts or basic facts
3. argument patterns
4. general argument pattern
5. schematic arguments
6. filling instructions
7. classification
8. schematic sentence

جمله‌ی شمایی است. قواعد جایگزینی دسته‌ای از دستورالعمل‌ها هستند که می‌گویند حروف ساختگی موجود در جملات شمایی را با چه کلماتی می‌توانیم جایگزین کنیم. مثلاً نمونه‌ای از قواعد جایگزینی چنین است: در جمله‌ی شماییِ «همه‌ی xها در y حل می‌شوند»، به‌جای x، «نمک‌های سدیم» و به جای y، «آب» قرار دهید. رده‌بندی مشخص می‌کند که کدام جملات در یک استدلال شمایی مقدمه و کدام‌ها نتیجه هستند، و هم‌چنین چه قواعد استنتاجی‌ای بکار رفته است.

یک رشته از جملات وقتی یک الگوی استدلالی را متمثل می‌کند که:

۱. تعداد جملات رشته با تعداد جملات الگوی استدلال کلی برابر باشد.
۲. هر جمله موجود در رشته مطابق با مجموعه‌ای متناسب از قواعد جایگزینی از جمله‌ی شمایی متناظر خود بدست آید.
۳. این امکان وجود داشته باشد که زنجیره‌ی استدلالی‌ای بسازیم که به هر جمله، با کمک رده‌بندی، وضعیتی همسان با جمله‌ی شمایی متناظر آن نسبت دهیم.[1]

کیچر به عنوان نمونه‌ای از یک الگوی استدلالی کلی مثال زیر را ارائه می‌دهد که در این مثال الف، ب، و ج سه مؤلفه‌ی الگوی استدلالی کلی هستند:

الف) استدلال شمایی: $\langle s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 \rangle$

۱. (s_1) نیروی وارد بر α برابر است با β.
۲. (s_2) شتاب α برابر است با γ.
۳. (s_3) نیرو= جرم × شتاب.
۴. (s_4) (جرم α) × (γ) = β.
۵. (s_5) $\delta = \theta$.

ب) قواعد جایگزینی:

۱ . به‌جای α شیء مورد مطالعه را قرار دهید. (مثلاً در موردی خاص، به‌جای α «اتومبیل» قرار دهید.)
۲. به‌جای β نیرو را قرار دهید. (مثلاً در موردی خاص، به‌جای β «۵ نیوتن» قرار دهید.)

1. Kitcher, P., “Explanatory Unification”, p.571.

۳. به‌جای γ شتاب، مثلاً d^2x/dt^2، را قرار دهید. (مثلاً در موردی خاص، به‌جای γ «۴ متر بر مجذور ثانیه» قرار دهید.)

۴. به‌جای δ مؤلفه‌ی مکان را قرار دهید. (مثلاً در موردی خاص، به‌جای δ «مولفه‌ی مکان اتومبیل» قرار دهید.)

۵. به‌جای θ تابعی از زمان قرار دهید. (مثلاً در موردی خاص، به‌جای θ «$\frac{1}{2}\gamma t^2$» قرار دهید.)

ج) رده‌بندی:

۱. در استدلال شمایی بالا (s_1) و(s_2) و (s_3) مقدمه هستند.

۲. (s_4) ازروی (s_1) و(s_2) و (s_3) با صِرف جایگزینی حروف یکسان بدست می‌آید.

۳. (s_5) از روی (s_4) و با استفاده از محاسبات جبری حاصل می‌شود.

نکته‌ای که کیچر به آن اشاره دارد این است که الگوی استدلالیِ کلی همه‌ی عبارات غیرمنطقی را با حروف ساختگی جایگزین نمی‌کند. این وجه تمایزی است میان الگوی استدلالی کیچر و الگوی استدلال منطق‌دانان. این توصیه‌ی کیچر باعث می‌شود که الگوی استدلالی پیشنهادی او محدودتر و انعطاف‌ناپذیرتر از الگوهای استدلالی منطق‌دانان شود، به این معنی که نسبت به الگوهای استدلالی منطقی، مثلاً قاعده‌ی وضع مقدم، استدلال‌های کمتری الگوی استدلالی او را متمثل می‌کنند. کیچر برای این ایده‌ی خود اصطلاح انعطاف‌ناپذیری[1] را وضع می‌کند و بدون آنکه در صدد ارائه‌ی تعریف دقیقی از آن برآید، می‌گوید که انعطاف‌ناپذیری یک الگوی استدلالی توسط دو دسته از شرایط تعیین می‌شود:

۱. شرایط جایگزینی حروف ساختگی در عبارات، که توسط وجود عبارات غیرمنطقی در الگوها و قواعد جایگزینی مشخص می‌شود.

۲. شرایط ساختار منطقی که توسط رده‌بندی مشخص می‌شود.[2]

اگر این دو دسته شرایط را سهل بگیریم، یعنی محدودیت‌های کمتری برروی الگوی استدلالی اعمال کنیم، آنگاه این امکان وجود دارد که هر استدلالی شرایط الگوی استدلالی را برآورده کند و مثالی از آن الگو باشد. در این حالت می‌گوییم انعطاف‌ناپذیری الگو کم

1. stringency
2. Kitcher, P., “Explanatory Unification”, p.518.

است. برعکس، اگر شرایط را بسیار سخت درنظر بگیریم استدلال‌ها کمتری مصداقی از آن الگوی استدلالی‌اند، تا جائیکه ممکن است تنها مصداقِ الگویِ استدلالیِ مورد نظر خودش باشد. در این حالت می‌گوییم که انعطاف‌ناپذیری الگو بسیار بالا است. مثلاً اگر در الگوی استدلالی بالا به‌جای (s_1)، جمله‌ی شمایی (s_1')، «نیروی وارد بر اتومبیل برابر β است» را قرار دهیم انعطاف‌ناپذیری الگوی استدلالی افزایش می‌یابد، چراکه این الگوی استدلالی را مثلاً برای توضیح حرکت یک دوچرخه یا گلوله‌ی فلزی نمی‌توان بکار گرفت.[۱]

کیچر پس از ارائه‌ی توضیحی درباره‌ی الگوهای استدلالی، از آن در الگوی تبیینی خود بهره می‌گیرد. همان‌طور که در بالا آمد k مجموعه‌ی جملات پذیرفته شده توسط دانشمندان در یک حیطه‌ی علمی خاص است. k را به اشکال مختلفی می‌توان نظام بخشید. منظور از نظام بخشیدن این است که عده‌ای از جملات k را به‌عنوان جملات پایه در نظر گیریم و با الگوهای استدلالی محدودی سایر جملات k را از جملات پایه استنتاج کنیم. از میان این اشکال مختلف، یکی از آنها به بهترین نحو k را نظام می‌بخشد، به این معنی که از تعداد الگوهای استدلالی کمتری بهره می‌گیرد. کیچر مجموعه‌ی استدلال‌هایی را که به بهترین نحو k را وحدت می‌بخشند انباره‌ی تبیینی نسبت به k[۲] می‌نامد و آن را با $E(K)$ نمایش می‌دهد. پرسش پیش روی کیچر این است که چگونه انباره‌ی تبیینی نسبت به k را مشخص کنیم؟ کیچر می‌توانست ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی را در این نقطه به پایان برد و این دعوی را طرح کند که بهترین الگوهای تبیینی بسته به شرایط مکانی و زمانی و با اجماع موقت دانشمندان فعال در برنامه‌های پژوهش علمی مشخص می‌شوند. اما وی در وسوسه‌ی ایضاح کامل مفهوم وحدت‌بخشی گرفتار است.

کیچر برای مشخص کردن $E(K)$ ابتدا چند اصطلاح را تعریف می‌کند:

۱. مجموعه استدلال‌های پذیرفتنی: مجموعه‌ای از استدلال‌ها را نسبت به k پذیرفتنی می‌نامیم که دو شرط را برآورده سازند. اول آنکه هر استدلال موجود در آن مجموعه شامل توالی مشخصی از مراحلی باشد که مطابق قواعد ابتدایی استنتاج (چه قیاسی و چه استقرایی) معتبر باشند و دوم آنکه هر مقدمه در هر

---

۱. هرچندکاملا به‌جاست که از طرفدار پروژه‌ی ایضاح مفاهیم بخواهیم از واژگان مبهمی مانند «سهل و سخت گرفتن شرایط» استفاده نکند (چرا به هیچ وجه «به طور کامل واضح و شفاف» نیستند)، اما همدلانه ادامه‌ی ایضاح کیچر را پی می‌گیریم.

2. explanatory store over k

استدلالِ متعلقِ به این مجموعه، متعلق به k باشد. کیچر این دو شرط را شروط ایده‌آل دانسته و در عمل سه شرط ساده‌تر را برای پذیرفتنی بودن مجموعه‌ای از استدلال‌ها نسبت به k کافی می‌داند: (۱) از منظرk، مقدمات این استدلال‌ها تقریباً صادق باشند. (۲) این استدلال‌ها تقریباً همانند ساختار (بخش‌هایی از) استدلال‌ها در $E(K)$ باشند. (۳) این استدلال‌ها ساده‌تر از استدلال‌های متناظر در $E(K)$ باشند.

۲. مجموعه مولد[1]: اگر Σ مجموعه‌ای از استدلال‌ها باشد، $\Sigma = \{a_1, a_2, a_3, ...\}$، آنگاه یک مجموعه‌ی مولد برای Σ، که آن‌را Π می‌نامیم، مجموعه‌ای از الگوهای استدلالی است به نحوی که هر استدلال در Σ، یعنی a_i، مثالی از برخی الگوها در Π باشد.

۳. مجموعه‌ی مولد کامل: یک مجموعه‌ی مولد برای Σ، یعنی Π، را با توجه به K کامل گویند، اگر و فقط اگر هر استدلالی که نسبت به K پذیرفتنی و مصداقی از یک الگوی استدلالی در Π است متعلق به Σ باشد.

هدف اصلی کیچر از معرفی این مفاهیم، مشخص کردن $E(K)$ است و ما را دعوت به عمل مطابق مراحل زیر می‌کند:

۱. ابتدا استدلال‌هایی را که نسبت به K پذیرفتنی هستند مشخص کنیم.
۲. برای هر دسته از استدلال‌ها مجموعه‌های مولدی را که با توجه به K کامل هستند مشخص کنیم.
۳. از این مجموعه‌ی مجموعه‌های مولد، مجموعه‌ی مولدی را انتخاب می کنیم که بیشترین قدرت وحدت‌بخشی را داشته باشد. این مجموعه را پایه‌ی[2] مجموعه‌ی استدلال‌های مورد بحث می‌نامیم.
۴. $E(K)$ نظام‌مندی‌ای است که پایه‌ی آن نسبت به ملاک قدرت وحدت‌بخشی، عمل نظام‌مندی را به بهترین نحو ممکن انجام می‌دهد. به عبارتی اگر B_k پایه‌ای باشد که بیشترین قدرت وحدت‌بخشی[3] را دارد، داریم: B_k = $E(K)$.

1. generating set
2. basis
3. unifying power

عمده‌ی مفاهیم مطرح در این بخش نیازمند ایضاح‌اند چرا که هیچ‌کدام «به طور کامل واضح و شفاف» نیستند، اما در این میان یکی از آنها، که در فرایند ایضاح مفهوم «وحدت‌بخشی» با آن مواجه شده‌ایم، بیش‌تر خودنمایی می‌کند چرا که شائبه‌ی دوری بودن[1] را نیز ایجاد می‌کند: «قدرت وحدت‌بخشی». قدرت وحدت‌بخشی چیست؟ کیچر برای پاسخ به این پرسش، و ایضاح بیشتر، ناچار به مفاهیم جدیدی متوسل می‌شود و مجموعه‌ای به نام مجموعه‌ی نتیجه[2] برای مجموعه‌ای از استدلال‌ها، Σ، تعریف می‌کند و آن را با $C(\Sigma)$ نشان می‌دهد. $C(\Sigma)$ مجموعه‌ای از جملات است که به‌عنوان نتیجه در برخی از استدلال‌های Σ ظاهر می‌شوند. وی بدون ارائه‌ی تعریفِ واضحی از قدرت وحدت‌بخشی، که البته نقطه ضعفی برای فیلسوفِ طرفدار ایضاح به حساب می‌آید، بیان می‌دارد که قدرت وحدت‌بخشی پایه‌ی B_i نسبت به K:

۱. نسبت مستقیم دارد با $C(\Sigma)$.
۲. نسبت مستقیم دارد با انعطاف‌ناپذیری الگوهایی که متعلق به B_i هستند.
۳. نسبت عکس دارد با تعداد اعضای B_i.

هدف اصلی کیچر از چنین تعاریفی ارائه‌ی دو قضیه‌ی فرعی است که به زعم او می‌توانند برخی مشکلات سنتی تبیین را حل کنند. این نتایج عبارتند از:

الف) اگر Σ و Σ' مجموعه‌هایی از استدلال‌ها باشند که هر دو نسبت به K پذیرفتنی بوده و دو شرط زیر را برآورده سازند:

(i) پایه‌ی Σ' و پایه‌ی Σ هر دو به یک اندازه خوب باشند (یعنی به لحاظ انعطاف‌ناپذیری الگوها، قلت الگوها، وجود الگوهای مرکزی، . . . شرایط مشابهی داشته باشند)

(ii) $C(\Sigma) \subset C(\Sigma')$

آنگاه: $\Sigma \neq E(K)$

ب) اگر Σ و Σ' مجموعه‌هایی از استدلال‌ها باشند که هر دو نسبت به K پذیرفتنی بوده و دو شرط زیر را برآورده سازند:

(i) $C(\Sigma) = C(\Sigma')$

---

1. circularity
2. conclusion set

(ii) پایه‌ی Σ' زیر مجموعه‌ای از پایه‌ی Σ باشد.

آنگاه: $\Sigma \neq E(K)$ [۱]

کیچر در مقاله‌ی «وحدت‌بخشی تبیینی و ساختار علّی جهان»[۲] سعی می‌کند ایضاح دقیقی از مفاهیمی مانند «انعطاف‌ناپذیری» و «الگوی تبیینی» ارائه دهد و کار ناتمام پیشین را به انجام رساند.

مطابق آنچه کیچر در مقاله‌ی ۱۹۸۱ از وحدت تبیینی ارائه داد، و شرح آن در بالا آمد، مجموعه‌ای از باورها، K، وجود دارد که می‌توان آن را به انحاء مختلفی وحدت بخشید. در این قرائت مجموعه‌ای از الگوهای تبیینی که به بهترین نحو K را وحدت می‌بخشیدند انباره‌ی تبیینی $E(K)$ نامیده می‌شد. اما در شکل پیچیده‌تر، مجموعه‌ی باورها، K، و یا زبانی که برای صورت‌بندی اعضای K مورد استفاده قرار می‌گیرد دچار تغییر می‌گردند. در این صورت وحدت‌بخشی معنای پیچیده‌تری پیدا می‌کند. کیچر به این شکل پیچیده‌تر اشاره دارد اما آنچه بیشتر به آن توجه دارد ایضاح بیشتر همان شکل ساده‌تر وحدت‌بخشی است که در آن مجموعه‌ی باورها، K، دستخوش تغییر نیست. تلاش کیچر برای ایضاح بیشتر مفهوم «انعطاف‌ناپذیری» را عمدتاً می‌توان در قسمت هفتم مقاله‌ی مفصل ۹۵ صفحه‌ای او یافت.

فرض کنید K مجموعه‌ای از گزاره‌های پذیرفته شده در مرحله‌ای از رشد علم است و L زبانی است که برای صورتبندی این گزاره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین فرض

---

۱. نکته‌ی حائز اهمیت این است که کیچر در هر دو مورد Σ که نسبت به Σ' معیارهای وحدت‌بخشی را کمتر برآورده می‌سازد، کنار می‌نهد اما در نتایج دو قضیه‌ی فرعی نمی‌گوید که $\Sigma' = E(K)$. به بیان کیچری، با پیشرفت دانش و با وحدت یافتن بیشتر، مجموعه‌های جدیدی مانند Σ'' بوجود خواهند آمد که جایگاه Σ' را در نتایج بالا گرفته و آن‌را کنار خواهند نهاد.

چنین نتیجه‌ای یادآور آراء پوپر است. مطابق نظر پوپر از میان دو فرضیه آنکه محتوای بیشتری داشته باشد ارجح است چرا که ابطال‌گرهای بالقوه‌ی بیشتری دارد. به بیان دقیق‌تر، فرضیه‌ای که محتوای کمتری دارد به نفع فرضیه‌ی پرمحتواتر کنار نهاده خواهد شد در حالی‌که فرضیه‌ی پرمحتواتر نیز در آینده به نفع فرضیه‌ای پر محتواتر از خود کنارنهاده می‌شود. پوپر بدون آنکه خود را درگیر ایضاح مفاهیم کند به سادگی ایده‌ی مشابهی را بیان کرده است.

2. Kitcher, P., 1989, “Explanatory Unification and the Causal Structure of the World”, reprinted in Balashov,Y. &Rosenberg, A. *Philosophy of Science: Contemporary Readings*, 2002, pp.71-91.

کنید S و S' دو مجموعه از استدلال‌هایی باشند که همه‌ی اعضاء آنها نسبت به K پذیرفتنی‌اند. اصلی که کیچر ما را دعوت به پذیرش آن می‌کند چنین است:

(U) فقط در صورتی S بعنوان انباره‌ی تبیینی برروی K ، $E(K)$، بر S' ترجیح دارد که قدرت وحدت‌بخشی S نسبت به K بیش از S' باشد.

قدرت وحدت‌بخشی نیز به کمی الگوهای استدلالی مورد استفاده، بزرگی مجموعه‌ی نتیجه و انعطاف‌ناپذیری الگوها بستگی دارد. اما چگونه می‌توان میان این مزایای متعارض تعادل برقرار نمود؟ کیچر اصل (O) را برای این منظور ارائه می‌دهد.

(O) فرض کنید u و u' مجموعه‌هایی از الگوها هستند. آنگاه مجموعه‌ای از الگوها مانند u^* وجود دارد به نحوی که:

(a) یک انگاشت یک‌به‌یک به نام f از u^* به u وجود دارد [$f: u^* \rightarrow u$]، و یک انگاشت یک‌به‌یک به نام f' از u^* به u' وجود دارد [$f': u^* \rightarrow u'$] به نحوی که برای هر الگوی p در u^*، p حداقل به اندازه‌ی $f(p)$ و $f'(p)$ انعطاف‌ناپذیر است.

(b) فرض کنید s^*, s', s مجموعه‌هایی از استدلال‌ها باشند که مثال‌های کاملی از u^*, u', u نسبت به K باشند: آنگاه مجموعه‌های نتایج $c(s^*), c(s'), c(s)$ چنان‌اند که $c(s'), c(s)$ هر دو زیرمجموعه‌هایی (و نه ضرورتاً زیرمجموعه‌های سره‌ای) از $c(s^*)$ هستند.[1]

در اینجا عبارت (a) به ما می‌گوید که u^*، نسبت به ضوابط انعطاف‌ناپذیری و کمی الگوها، حداقل به خوبیِ هر کدام از رقیبانش است و(b) به ما می‌گوید که u^* حداقل به اندازه‌ی u و u' پیامدهایی را که آنها تولید می‌کنند، تولید می‌کند. اگر (O) درست باشد (و یا (O) برای مجموعه‌ای از باورها که مورد توجه ما هستند درست باشد) آنگاه مشکل تهاتر[2] نگران‌کننده نیست چرا که در شرایطی که نظام‌مندی‌های رقیب معانی متفاوتی دارند ما می‌توانیم هر دوی آنها را به نفع نظام‌مندی ثالثی که شایستگی‌های هر دوی آنها را شامل است کنار نهیم. کیچر می‌گوید نمی‌داند که (O) درست است یا خیر، اما می‌توانیم شرط قدرت وحدت‌بخشی مقایسه‌ای مجموعه‌ای از الگوها را به نحوی روشن صورت‌بندی کنیم.

1. Kitcher, P.,"Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", pp.478.
2. trade offs

(C) فرض کنید u و u' مجموعه‌ای از الگوها بوده و S و S' مثال‌های کاملی از آنها با توجه به K باشند. آنگاه u قدرت وحدت‌بخشی بیشتری از u' دارد اگر یک (یا دو) شرط زیر برآورده شود.

(c_1) $c(s')$ زیر مجموعه‌ای از $c(s)$ باشد، هر چند که ضرورتاً زیرمجموعه‌ی سره نباشد، و یک انگاشت یک‌به‌یک f از S به S' وجود داشته باشد به‌طوری‌که برای هر الگوی P در S، الگوی P حداقل به اندازه‌ی f(p) انعطاف‌ناپذیر و چنان باشد که یا f تابعی یک‌به‌یک است یا تابعی پوششی، و حداقل یک الگوی p در s چنان وجود دارد که p انعطاف‌ناپذیرتر از f(p) باشد.

(c_2) $c(s')$ مجموعه‌ای سره از $c(s)$ است و انگاشت یک‌به‌یک f از S به S' چنان وجود دارد که برای هر p در s، p حداقل به اندازه‌ی f(p) انعطاف‌ناپذیر است.[1]

(c_1) وقتی بکار می‌رود که S الگوهای انعطاف‌ناپذیر کمتر یا بیشتری برای تولید نتایج همانند (S') تولید کند؛ و (c_2) وقتی بکار می‌رود که S با ملاک‌های انعطاف‌ناپذیری و قلت الگوها به خوبی S' عمل کرده و قادر باشد دسته‌ی بزرگ‌تری از نتایج را تولید کند.

حال که کیچر مقدمات لازم برای ایضاح مفهوم انعطاف‌ناپذیری را فراهم کرده است می‌گوید که یک الگوی استدلالی به دو روش ممکن است انعطاف‌ناپذیرتر از الگوی استدلالی دیگر باشد. او این دو روش را (T) و (R) می‌نامد. کیچر در روش (T) برای ایضاح مفهوم انعطاف‌ناپذیری از مفهومی به نام تنگی[2] بهره می‌گیرد و ابتدا به توضیح درباره‌ی اینکه تنگی چیست می‌پردازد و در نهایت رابطه‌ی بین این دو مفهوم را مشخص می‌سازد.

(T) فرض کنید $\langle s,i\rangle$ یک زوج مرتب است که عضو اول آن یک جمله‌ی شمایی و عضو دوم آن یک قاعده‌ی جایگزینی برای آن جمله است و $\langle s',i'\rangle$ نیز زوج مرتب دیگری با همین خصوصیات است. باز فرض کنید که S و S' شکل منطقی مشابهی دارند. g یک انگاشت است از بیانات غیرمنطقی (یا حروف شماتیک) S به بیانات غیرمنطقی (یا حروف شماتیک) متناظر آنها در S'. برای هر حرف شماتیک t که در s ظاهر می شود $\langle s,i\rangle$ تنگ‌تر[3] از $\langle s',i'\rangle$ نسبت به t است فقط اگر مجموعه‌ی مثال‌های

1. Kitcher, P.,"Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", pp.479.
2. tightness
3. tighter

جایگزینی[۱] که i برای t مجاز می‌داند زیر مجموعه‌ی سره‌ای از مجموعه‌ی مثال‌های جایگزینی باشد که i برای g(t) مجاز می‌دارد. $\langle s,i\rangle$ حداقل به اندازه‌ی $\langle s',i'\rangle$ نسبت به t بسته است فقط در صورتی که مجموعه‌ی مثال‌های جایگزینی که i برای t مجاز می‌داند زیرمجموعه‌ای از مجموعه‌ی مثال‌های جایگزینی باشد که i' برای g(t) مجاز می‌داند. $\langle s,i\rangle$ فقط در صورتی تنگ‌تر از $\langle s',i'\rangle$ است که (i) برای هر حرف شماتیک که در s ظاهر شده است، $\langle s,i\rangle$ حداقل به اندازه‌ی $\langle s',i'\rangle$ نسبت به آن حرف شماتیک تنگ باشد. (ii) حداقل یک حرف شماتیک در s وجود داشته باشد که نسبت به آن حرف $\langle s,i\rangle$ تنگ‌تر از $\langle s',i'\rangle$ باشد یا یک عبارت غیرمنطقی[۲] e که در s ظاهر می‌شود به نحوی که g(e) یک حرف شمایی باشد، و (iii) برای هر حرف شماتیک t که در s ظاهر می‌شود، g(t) یک حرف شماتیک باشد. فقط اگر شرایط (i)و(iii) ارضاء شوند، آنگاه $\langle s,i\rangle$ تنگ‌تر از $\langle s',i'\rangle$ است.

فرض کنید p و p' الگوهای استدلال کلی باشند که طبقه‌بندی یکسانی دارند. اگر $\langle p_1,\dots p_n\rangle$ و $\langle p'_1,\dots p'_n\rangle$ توالی‌هایی از جملات شمایی و قواعد جایگزینی متعلق به p و p' باشند آنگاه p وقتی از p' انعطاف‌ناپذیرتر است که برای هر j $(1\le j\le n)$، p_j حداقل به اندازه‌ی p'_j تنگ باشد و یک k به نحوی وجود داشته باشد که p_k تنگ‌تراز p'_k باشد.[۳]

اما به روش دیگری نیز ممکن است یک الگوی استدلالی انعطاف‌ناپذیرتر از دیگری باشد. همان‌طور که گفته شد کیچر نام این روش را R می‌گذارد:

(R) فرض کنید p و p' الگوهای استدلال کلی باشند چنانکه توالی جمله‌های شمایی و قواعد جایگزینی p برابر است با $\langle p_1,\dots p_n\rangle$ و توالی جمله‌های شمایی و قواعد جایگزینی p' برابراست با $\langle p_1,\dots p_r, q_1,\dots q_s, p_{r+1},\dots p_n\rangle$. همچنین فرض کنید که نظام‌مندی‌های [p و p'] فقط از این نظر تفاوت دارند که برای p یک یا چند تا از p_{r+j} از اعضاء قبلی توالی با استنتاج‌هایی که شامل برخی اصول دیگر از یک نوع کلی

1. set of substitution instances
2. nonlogical expression
3. Kitcher, P.,“Explanatory Unification and the Causal Structure of the World”, pp.479.

G است بدست می‌آیند، در حالی‌که برای p' آن یک یا چند p_{r+j} از اعضاء قبلی توالی و یا از برخی از q_k به‌وسیله‌ی گزاره‌های استنتاجی خاصی بدست می‌آیند. و فراتر از این مفروضات فرض کنید که در هر مورد تفاوت مجموعه‌ی زیر استنتاج‌های مجاز داشته شده توسط p' زیر مجموعه‌ای از مجموعه‌ی زیر استنتاج‌های مجاز داشته شده توسط p باشد و حداقل در رابطه‌ی آنها از نوع شمول کامل باشد. اگر همه‌ی این شرایط برآورده شود p' از p انعطاف‌ناپذیرتر است.[۱]

بنابراین کیچر تمامی سعی خود را به کار می‌برد که مبهم‌ترین مفهوم در نظریه‌ی وحدت‌بخشی ۱۹۸۱ خود را که همانا مفهوم انعطاف‌ناپذیری است تا حد ممکن در مقاله‌ی ۱۹۸۹ تحلیل و در جهت ایضاح آن بکوشد. پرسش این است که آیا در این مرحله و پس از معرفی انبوهی از مفاهیم جدید (از جمله: الگوی استدلالی، انعطاف‌ناپذیری، قدرت وحدت‌بخشی، تنگی، ...) و انبوهی از مفروضات با مفهومی واضح و بی‌ابهام از «وحدت‌بخشی» روبرو هستیم؟ کیچر خود اعتراف می‌کند که تلاش او کامل نبوده است.[۲]

به یاد آوریم که کیچر در ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی با مفاهیم دیگری مواجه شد که هر کدام خود نیازمند ایضاح بودند. مفهوم «الگوهای استدلالی» از آن جمله بود. مثال ۱۹۸۱ او از الگوی استدلالی همانی است که در بالا شرح آن رفت اما در ۱۹۸۹ کیچر با ذکر هفت مثال دیگر در قسمت‌های مختلف مقاله سعی دارد با ذکر مثال‌های بیشتر منظور خود را از «الگوهای استدلالی» روشن‌تر بیان کند. توسل کیچر به مثال‌های متعدد گواهی است که وی به واژگانی بی‌ابهام که بی‌نیاز از ایضاح بیش‌تر باشند دست نیافته است. چهار مثال اول او از ژنتیک است: ژنتیک مندلی (۱۹۰۰)[۳]، مدل بازبینی شده آن (۱۹۱۰-۱۹۰۲)[۴]، مدل ژنتیکی مورگان (۲۰-۱۹۱۰)[۵] و بالاخره مدل DNA واتسون و کریک[۶]. دو مثال بعدی او مثال‌هایی از نظریه‌ی تکامل داروین است: هومولوژی[۷] و انتخاب ساده[۱] و بالاخره مثالی از شیمی (نظریه‌ی اتمی دالتون) ارائه می‌دهد:

1. Kitcher, P.,“Explanatory Unification and the Causal Structure of the World”, pp.480.
2. Ibid.
3. Ibid, p.439.
4. Ibid, p.440.
5. Ibid, pp.440-1.
6. Ibid, pp.441-2.
7. Homology

(۱) ترکیب Z بین X,Y چنان وجود دارد که واجد فرمول اتمی X_pY_q است.
(۲) وزن اتمی X برابر x و وزن اتمی Y برابر y است.
(۳) نسبت وزنی X به Y در Z به صورت $p_x : q_y$ (یعنی m:n) است.

قواعد جایگزینی: Z,Y,X توسط نام مواد شیمیایی جایگزین می‌شوند؛ p و q توسط اعداد طبیعی جایگزین می‌شوند؛ y,x توسط اعداد حقیقی جایگزین می‌شوند.

نظام‌مندی: (۱)و(۲) مقدمه هستند، (۳) از (۱)و(۲) استنتاج می‌شود.[۲]

با ذکر یکی دیگر از مثال‌های کیچر به سراغ برخی دیگر از تلاش‌هایی که در جهت ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی صورت گرفته خواهیم رفت.

مندل (۱۹۰۰)

(۱) ۲ آلیل وجود دارند: a,A . A بارز است و a نهفته.
(۲) افراد AA (وAa) دارای ویژگی p هستند و افراد aa دارای ویژگی p' .
(۳) ژنوتیپ افراد موجود در شجره‌نامه به شرح زیر است: $G_1، i_1$ است، و $G_2، i_2$است و $G_N, i_N ...,$ است.{(۳) با این توضیح همراه می‌شود که (۲)(۳) با نسبت دادن فنوتیپ‌ها به والدین سازگار است.}
(۴) برای هر فرد x و هر آلیل yz، اگر x دارای yz است آنگاه احتمال اینکه x، y را به یکی از فرزندانش منتقل کند $\frac{1}{2}$ است.
(۵) توزیع مورد انتظار ژنوتیپ فرزندان حاصل آمیزش i_k, i_j برابر است با D؛ توزیع مورد انتظار ژنوتیپ فرزندان حاصل آمیزش . . . . . {این جمله را برای آمیزش همه‌ی زوج‌ها تکرار می‌کنیم}
(۶) توزیع مورد انتظار فنوتیپ فرزندان حاصل آمیزش i_k, i_j برابر است با E، توزیع مورد انتظار فنوتیپ فرزندان حاصل آمیزش . . . . . {این جمله را برای آمیزش همه‌ی زوج‌ها تکرار می‌کنیم}

قواعد جایگزینی: a وA توسط نام آلیل‌ها جایگزین می‌شوند. p و p' با نام ویژگی فنوتیپ‌ها جایگزین می‌شوند، $i_N ,..., i_2 , i_1$ با نام افراد والد جایگزین می‌شوند، $G_N ..., G_2 , G_1$با نام

1. Simple selection
2. Kitcher, P.,“Explanatory Unification and the Causal Structure of the World”, pp.446.

ترکیب آلیل‌ها (مثلاً AA، Aa یا aa) جایگزین می‌شوند، D با یک ویژگی مشخص و بارز از یک تابع که فراوانی‌های مربوطه را به ژنوتیپ‌ها نسبت می‌دهد جایگزین می‌شود (ترکیب‌های آلیل‌ها). [منظور توابعی مانند توابع زیر است:
$P(AA)=\frac{1}{4}, P(Aa)=\frac{1}{2}, P(aa)=\frac{1}{4}$] و بالاخره E با یک ویژگی مشخص و بارز از یک تابع که فراوانی‌های مربوطه را به فنوتیپ‌ها نسبت می‌دهد جایگزین می‌شود [مثلاً تابعی که به فنوتیپ رنگ چشم آبی عدد ۲/. و به رنگ چشم تیره عدد ۸/. را نسبت می‌دهد].
نظام‌مندی: (۱) و (۲) و (۳) مقدمه هستند؛ توضیحی که به ادامه‌ی (۳) اضافه شده نشان می‌دهد که برای هر فرد i در والدین فنوتیپ نسبت داده شده به i بوسیله‌ی ترکیب (۲) و (۳) همان است که به والدین نسبت داده شده است؛ (۴) مقدمه است؛ (۵) با استفاده از (۳) و (۴) و اصول احتمالات بدست می‌آید؛ (۶) از (۵) و (۲) بدست می‌آید.[۱]

هرچند دانشمندان نظریه‌های خود را به این شکل صوری که کیچر مثال‌های خود را ارائه داده است، ارائه نمی‌دهند اما باید اذعان کرد ایضاحی که با ارائه‌ی این مثال‌ها بدست می‌آید بسیار بیش از زبان‌کاوی‌های بی‌حاصلی است که کیچر خود را بدان مشغول کرده است. در برنامه‌های پژوهشی علمی استفاده از زبان عادی به عنوان فرازبانی که فرمول‌های ریاضی، نمودارها، و سایر بازنمایی‌های علمی در آن زبان ارائه می‌شوند، بی آنکه به سوءتفاهم‌های زبانی حل ناشدنی بیانجامد، امر کاملاً مرسوم است.

طرفدار پروژه‌ی زبان‌کاوی علم می‌تواند شکست کیچر را به حساب ناتوانی وی گذارد و نه به حساب کل پروژه؛ و بهره‌ی حاصل از پیگیری این پروژه را به میزانی بداند که ارزش تلاش بیش‌تر را داشته باشد. بنابراین نگاهی اجمالی به سه تلاش دیگر در ایضاح مفهوم «وحدت‌بخشی» خواهیم داشت.

وحدت‌بخشی اریک وبر

اریک وبر[۲] نیز همانند کیچر در تلاشی که در جهت ایضاح مفهوم «وحدت‌بخشی» بکار می‌گیرد ابتدا تمهیداتی می‌اندیشد. او میان دو شیوه‌ی توصیف واقعیت‌های کیفی تمایز قایل

1. Kitcher, P.,"Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", pp.439.

۲. تمامی این بخش تنها با مراجعه به مقاله‌ی ۱۹۹۹وبر تنظیم شده است:

می‌شود: احکامی به شکل «شیء A در زمان t دارای ویژگی P است» که آن را می‌توان به شکل $P(a,t)$ نشان داد و احکامی مستقل از زمان به شکل P_a مانند این حکم که «شیء a ویژگی P را دارد».

وبر از دو نوع احکام کلی در باب واقعیات کیفی استفاده می‌کند: احکامی به شکل $(\forall x)(Px \to Qx)$ و احکامی به شکل $(\forall x)[P(x,t) \to Q(x,t+i)]$. احکام شکل اول نوع خاصی از احکام شکل دوم هستند که در آنها بازه‌ی زمانی i برابر صفر است. وبر می‌گوید تمام احکامی که به این دو شکل هستند لزوماً قوانین کیفی نیستند. برای اینکه این احکام قوانین کیفی باشند باید چهار شرط ارضاء شود:

۱- حکم نباید همان‌گویی یا تحلیلی باشد.

۲- حکم نباید تهی باشد: $(\forall x)(Px \to Qx)$ قانون نیست مگر اینکه $(\exists x)Px$.

۳- حکم نباید یک تعمیم تصادفی باشد.

۴- باید میان مقدم و تالی رابطه‌ای برقرار باشد.

در این میان شرط شماره‌ی سه نیاز به تدقیق بیشتری دارد و وبر برای روشن شدن معنای آن مثال یک بخت‌آزمایی را طرح می‌کند. گردانندگان یک بخت‌آزمایی چند عمل انجام می‌دهند از جمله اینکه: بلیط‌های شماره‌دار می‌فروشند؛ جوایزی را از طریق سازوکارهای تصادفی به اعداد موجود بر روی بلیط‌ها نسبت می‌دهند؛ به کسانی که بلیط‌های مربوطه را داشته باشند جایزه می‌دهند؛ و غیره. فرض کنید که سازوکار علّی ذکر شده دارای این ویژگی‌ها باشد: هیچ کس نمی‌تواند بیش از یک بلیط بخرد؛ به هر بلیطی که به ۴۴۴ ختم شود یک اتومبیل جایزه داده می‌شود؛ به هر بلیطی که به ۴۴۴۴ ختم شود ۱۰۰۰۰۰ دلار جایزه داده می‌شود؛ و این جوایز به دیگر بلیط‌ها تعلق نمی‌گیرد. حال فرض کنید که در جهان واقعی مشاهده کرده‌ایم که انتظام‌های زیر درست هستند:

(ق۱) هرکس بلیطی خریده است که به ۴۴۴ ختم می‌شود اتومبیلی دریافت می‌کند.

(ق۲) هرکس بلیطی خریده است که به ۴۴۴۴ ختم می‌شود ۱۰۰۰۰۰ دلار دریافت می‌کند.

(ق۳) هر کس اتومبیلی دریافت کرده بلیطی داشته است که به ۴۴۴ ختم شده است.

(ق۴) هرکس ۱۰۰۰۰۰ دلار دریافت کرده بلیطی داشته است که به ۴۴۴۴ ختم شده است.

(ق۵) هرکس که ۱۰۰۰۰۰ دلار دریافت کرده اتومبیلی نیز دریافت کرده است.

Weber, E., "Unification: What Is It, How Do We Reach it and Why Do We Want it?" *Synthese* 118, 1999, pp.479–499.

از آنجایی که (ق۱) تا (ق۵) در جهان واقعی درست بوده‌اند، حداقل، تعمیم‌هایی تصادفی هستند. به آسانی می‌توانیم جهان‌های ممکنی را تصور کنیم که سازوکارهای علّی درنظر گرفته شده توسط گردانندگان ویژگی‌های توصیف شده در بالا را داشته باشند اما کسان دیگری بلیط‌هایی را که به ۴۴۴۴ ختم شده‌اند خریده باشند. در این جهان‌ها نیز تعمیم‌های (ق۱) تا (ق۵) درست خواهند بود. بنابراین این تعمیم‌ها صرفاً تعمیم‌های تصادفی نیستند بلکه قوانین هم‌بودی[1] نیز هستند. به‌طور کلی حکمی تعمیم تصادفی است که در جهانی بالفعل صادق باشد و نه در تمامی جهان‌های ممکن مربوطه. شرط سوم توسط قوانین کیفی‌ای برآورده می‌شود که نه تنها در جهان بالفعل بلکه در تمامی جهان‌های ممکن مربوطه صادق باشند. منظور وبر از جهان‌های ممکن مربوطه جهان‌های ممکنی است که سازوکارهای علّی آن همانند جهان بالفعل باشند.

این حکم که «مردانی که قرص ضد بارداری مصرف می‌کنند حامله نمی‌شوند» هر سه شرط اول را ارضاء می‌کند اما قانون نیست چرا که شرط چهارم را برآورده نمی‌سازد. $(\forall x)(Px \to Qx)$ فقط در صورتی قانون است که $(\forall x)[(Px \wedge Qx) \to Rx]$ نادرست و یا صرفاً یک تعمیم تصادفی باشد.

وبر پس از ذکر این مقدمات قوانین را به دسته‌های زیر تقسیم می‌کند:

۱- قوانین هم‌بودی: احکامی به شکل $(\forall x)(Px \to Qx)$ که هر چهار شرط بالا را ارضاء می‌کنند.

۲- قوانین توالی[2]: قوانینی به شکل $(\forall x)[P(x,t) \to Q(x,t+i)]$ که علاوه بر چهار شرط بالا این شرط را نیز برآورده می‌کنند که $i \neq 0$.

هر کدام از این دو دسته از قوانین را می‌توان به سه زیر گروه زیر تقسیم کرد:

الف) قوانین علّی: مثلاً (ق۱) و (ق۲) قوانین علّی هستند زیرا توصیفی از رابطه‌ی کفایت علّی را بیان می‌دارند.

ب) قوانین نشانه‌ای[3]: مثلاً (ق۳) و (ق۴) قوانین نشانه‌ای هستند زیرا از حضور یک معلول پی به وجود علتی می‌بریم.

1. laws of coexistence
2. lows of succession
3. symptom

ج) قوانین توصیف کننده‌ی معلول‌های همبسته: (ق۵) از این دسته است زیرا توصیف کننده‌ی همبستگی میان دو معلول متفاوت است که یک علّت واحد دارند.

تبیین‌های هم‌بودی و توالی به این ترتیب تعریف می‌شوند:

تبیین هم‌بودی برای Qa استدلالی قیاسی به شکل زیر است:

(U) $(\forall x)[(P_1x \wedge P_2x \wedge \ldots \wedge P_nx) \rightarrow Qx]$

(S) $P_1a \wedge P_2a \wedge \ldots \wedge P_na$

(E) Qa

در اینجا (U) یک قانون هم‌بودی است.

یک تبیین توالی برای $Q(a,t_e)$ استدلالی قیاسی به شکل زیر است:

(U) $(\forall x)[(P_1(x,t_a) \wedge P_2(x,t_a) \wedge \ldots \wedge P_n(x,t_a)) \rightarrow Q(x,t_e)]$

(S) $P_1(a,t_a) \wedge P_2(a,t_a) \wedge \ldots \wedge P_n(a,t_a)$

(E) $Q(a,t_e)$

که در اینجا (U) یک قانون توالی است.

مثلاً تبیین زیر یک تبیین هم‌بودی است.

(U) تمامی انسان‌هایی که به دسته‌ی $I^AI^A \times I^AI^O$ تعلق دارند دارای گروه خونی A هستند.

(S) مریم انسان است و به دسته‌ی $I^AI^A \times I^AI^O$ تعلق دارد.

(E) مریم گروه خونی A دارد.

تبیین‌های وحدت‌بخشی به شکل زیر تعریف می‌شوند:

یک تبیین وحدت‌بخشی شامل (الف) یک تبیین هم‌بودی یا تبیین توالی، و (ب) استنتاجی از یک قانون کیفی (U) به‌کاررفته در این تبیین است.

مثال زیر مثالی از یک تبیین وحدت‌بخشی است که وبر آن را متناظر با مثال کیچر انتخاب کرده است:

توالی جملات استنتاج

(۱) برای هر شخص w که متعلق به گونه‌ی S است، و برای هر دو آلیل X وY : اگر w دارای XY باشد آنگاه احتمال آنکه w آلیل X را به هر کدام از فرزندانش منتقل کند برابر ۵/. است.

(۲) برای هر شخص w که متعلق به گونه‌ی S است، و برای هر آلیل X: اگر w دارای XX باشد آنگاه احتمال آنکه w آلیلX را به هر کدام از فرزندانش منتقل کند برابر ۱ است.
(۳) هر انسان (یعنی هر عضو گونه‌ی H) دقیقاً دارای یکی از این ژنوتیپ‌ها است: $I^AI^A, I^AI^B, I^AI^O, I^BI^B, I^BI^O, I^OI^O$.
(۴) تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^AI^A دارای گروه خونی A هستند، تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^AI^B دارای گروه خونی AB هستند، تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^AI^O دارای گروه خونی A هستند، تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^BI^B دارای گروه خونی B هستند، تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^BI^O دارای گروه خونی B هستند، تمامی انسان‌های دارای ژنوتیپ I^OI^O دارای گروه خونی O هستند.
(۵) $P_H(A|I^AI^A \times I^AI^O) = P_H(I^AI^A|I^AI^A \times I^AI^O) + P_H(I^AI^O|I^AI^A \times I^AI^O)$
(۶) برای تمام گونه‌های S و تمام آمیزش‌های از نوع $XX \times XY$:
$$P_s(XX|XX \times XY) = 0.5, P_S(XY|XX \times XY) = 0.5, P_S(YY|XX \times XY) = 0$$
(۷) برای تمام آمیزش‌های از نوع $XX \times XY$:
$$P_H(XX|XX \times XY) = 0.5, P_H(XY|XX \times XY) = 0.5, P_H(YY|XX \times XY) = 0$$
(۸-۱) $P_H(I^AI^A|I^AI^A \times I^AI^O) = 0.5$
(۸-۲) $P_H(I^AI^O|I^AI^A \times I^AI^O) = 0.5$
(۹) $P_H(A|I^AI^A \times I^AI^O) = 1$ یعنی تمامی انسان‌هایی که متعلق به گروه $I^AI^A \times I^AI^O$ هستند دارای گروه خونی A می‌باشند.

طبقه‌بندی استنتاج

(۱) - (۴) مقدمه هستند. (۵) از (۳) و(۴) توسط حساب احتمالات قابل استنتاج است. (۶) از یک و دو توسط حساب احتمالات قابل استنتاج است. (۷) مثالی از (۶) است. (۸-۱) و (۸-۲) از (۷) با ساده‌سازی قابل استنتاج‌اند. (۹) از طریق جای‌گذاری از (۵) ،(۸-۱) و (۸-۲) قابل استنتاج است.

ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی از دیدگاه وبر شامل سه لایه است. وی در سطح پایه تعریف زیر را از وحدت‌بخشی ارائه می‌دهد:

دو رویداد کیفی E و E' با یکدیگر وحدت می‌یابند اگر و فقط اگر (الف) برای هر دو رویداد یک تبیین قابل قبول از نوع هم‌بودی یا پیایی داشته باشیم که در آن (U) یکسان

باشد و یا (ب) برای هر دو رویداد یک تبیین قابل قبول وحدت‌بخشی بشناسیم که دارای مقدمات کلی یکسان باشد.

وبر به تعریف بالا از وحدت‌بخشی که به رابطه‌ی میان دو رویداد می‌پردازد دو تعریف زیر را می‌فزاید:

الف) درجه‌ی وحدت‌بخشی یک رویداد E تعداد رویدادهایی است که E با آنها وحدت می‌یابد.

ب) درجه‌ی وحدت‌بخشی مجموعه‌ای از رویدادها نسبت جمع درجات وحدت‌بخشی اعضا آن مجموعه به تعداد اعضای آن مجموعه است.[یعنی میانگین وحدت‌بخشی اعضای آن مجموعه]

پرسشی که وبر باید به آن پاسخ گوید این است که چگونه باید تعداد رویدادهایی را که E با آنها وحدت می‌دهد تعیین کرد. شهود اولیه‌ی ما از وحدت‌بخشی این است که از میان دو نظریه‌ی رقیب آنکه پدیده‌های بیش‌تر و متنوع‌تری را تبیین می‌کند دارای وحدت‌بخشی بیش‌تر است و با فرض یکسان بودن سایر شرایط پذیرش چنین نظریه‌ای ارجح است بر نظریه‌ی رقیب. وبر نه نشان می‌دهد این شهود نادرست است و نه چیزی به آن می‌افزاید. اگر می‌توان خرده‌ای بر فهم شهودی از ایضاح گرفت که چگونه باید تنوع و تعداد پدیده‌های تبیین‌خواه را اندازه گیریم این پرسش کماکان در تعاریف وبر باقی است. تنها پیشنهاد قابل تأمل وبر ارائه‌ی دسته‌بندی جدیدی است برای قوانین طبیعت که موضوعی است خارج از موضوع این مقاله.

وحدت‌بخشی شورس

مطابق دیدگاه شورس[1] در هر فرایند تبیینی چهار عنصر دخیل‌اند:

۱. سؤالی از چرایی یک امر (P)
۲. وضعیت شناختی پرسش کننده (C)
۳. پاسخ A
۴. وضعیت شناختی پرسش‌کننده پس از شنیدن پاسخ (C+A)

---

۱. تمامی این بخش تنها با مراجعه به مقاله‌ی ۱۹۹۹ شورس تنظیم شده است:
Schurz, G. “Explanation as Unification”, *Synthese* 120,1999, pp.95–114.

تبیین‌های واقعی بایستی علاوه بر این عناصر شرایط زیر را نیز برآورده سازند:

۱. پاسخ A باید به این شکل باشد: P به دلیل، یا با توجه به مقدمات، Prem . یعنی باید در پاسخ خود دلیلی مانند Prem را برای وقوع P ارائه دهیم.

۲. دلیل Prem باید درست باشد.

۳. استنتاج P از Prem ($prem \Rightarrow P$) استنتاجی قیاسی یا احتمالاتی باشد.

۴. حالت شناختی C+A باید وحدت یافته‌تر از C باشد.

شورس در پاسخ به این پرسش که «وحدت یافته‌تر» به چه معنا است مقیاسی برای وحدت‌بخشی معرفی می‌کند.

شورس، همانند کیچر و وبر، برای ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی ابتدا به معرفی واژگانی می‌پردازد که خواهان بکارگیری آنها در نظریه‌ی وحدت‌بخشی خود است. وی حالت شناختی را با C، و عامل شناختی را با AG نشان می‌دهد و می‌گوید هر حالت شناختی C دارای دو جزء است: (الف) عناصر مرتبط با معرفت‌شناسی AG که آن را با K نشان می‌دهد و (ب) معرفت استنتاجی AG که آن را با I نشان می‌دهد. K مجموعه‌ی پدیده‌های شناخته شده (یا باورهای) AG است و I مجموعه‌ی استنتاج‌هایی که AG بر آنها تسلط دارد. بنابراین هر حالت شناختی زوج مرتبی است که دو مولفه‌ی آن K و I هستند: $C = \langle K, I \rangle$. استنتاج‌های I را به شکل کلی $prem \Rightarrow Con$ نشان می‌دهیم که در آن Prem بیانگر مجموعه‌ی مقدمات و Con بیانگر نتیجه است. هر پاسخ کامل و واضح A برای هر پدیده‌ی تبیین‌خواه P به شکل یک زوج مرتب نوشته می‌شود که مؤلفه‌ی اول آن توصیفی و مؤلفه‌ی دوم آن استنتاجی است: $A = \langle prem, prem \Rightarrow P \rangle$.

با بازبینی K در سایه‌ی Prem و با افزودن $prem \Rightarrow P$ به I می‌توان C+A را از C بدست آورد:

$$C + A = \langle K^* prem, I \cup \{prem \Rightarrow P\} \rangle$$

اگر پاسخ A پاسخی حشوی[1] باشد به این معنا است که بخش‌هایی از A قبلاً در C موجود بوده‌اند. اما اگر قرار است وحدت‌بخشی افزایش یابد بخش‌هایی از A نسبت به C جدید باشد.

1. redundant

شورس می‌گوید حالات شناختی، $C = \langle K, I \rangle$، حالت‌هایی از نظام‌های اطلاعاتی[1] هستند. عناصر K واحدهای اطلاعاتی‌اند[2] و استنتاج‌های موجود در I اطلاعات را جذب[3] می‌کنند.

فرض کنیم «نظام‌ها و واحدهای اطلاعاتی» نیاز به ایضاح ندارند (فرضی که البته نقاد این پروژه نقطه ضعفی بر آن در نظر می‌گیرد) اما مفهوم «جذب» از آنجا که به لحاظ مفهومی ارتباط محکمی با وحدت دارد نیازمند ایضاح فزون‌تر است. شورس آگاه از این نکته تلاشی برای ایضاح آن انجام می‌دهد و پدیده‌های [گزاره‌های] موجود در K را بر حسب حالتِ جذبِ آنها در چهار دسته قرار می‌دهد.

۱. جذب واقعی: این نوع جذب پیش‌بینی‌پذیری یک پدیده، یا قابل انتظار بودن آن پدیده بر اساس یک قانون را بیان می‌کند. اگر X زیر مجموعه‌ای از K باشد:

۱-۱ جذب قوی: پدیده‌ی P در K نسبت به X قویاً جذب می‌شود اگر استنتاجی قیاسی یا احتمالاتی (با احتمال بالا) در I وجود داشته باشد، $prem \Rightarrow P$، به نحوی که prem زیرمجموعه‌ای از X باشد. نظریه‌های تبیین در سنت همپل (۱۹۶۵) صرفاً به این نوع از جذب می‌پردازند. [یعنی از آنجا که داریم $prem \subset X \subset K$ و $prem \Rightarrow P$ لذا P قویاً در X و در نتیجه در K جذب می‌شود.]

۲-۱ جذب تقریبی: پدیده‌ی P در K نسبت به X به‌صورت تقریبی جذب می‌شود اگر استنتاجی قیاسی در I وجود داشته باشد، $prem \Rightarrow P^*$، به نحوی که prem زیر مجموعه‌ای از X باشد و P^* تقریباً همان P باشد. کسانی که به نظریه‌ی تقلیل می‌پردازند عموماً با این نوع جذب سروکار دارند. در اینجا P^* به‌صورت قوی نسبت به X جذب می‌شود و P به نحوی تقریبی.

۲. جذب بالقوه:

۱-۲ جذب تصادفی: اگر رویدادی در C به‌عنوان یک رویداد تصادفی به رسمیت شناخته شده باشد، هرچند که احتمال وقوع آن پایین باشد، در صورت وقوع، از وقوع آن تعجب نخواهیم کرد، مانند واپاشی هسته‌های رادیواکتیو. شورس می‌گوید جفری و سمن دلایل متقاعدکننده‌ای ارائه داده‌اند که مطابق آن استدلال‌هایی که در آنها احتمال پایینی برای P در نظر گرفته می‌شود نیز می‌توانند فهم P را برای ما ممکن سازند، مشروط برآنکه سازوکار

1. information states
2. information units
3. assimilate

علّی در استدلال مشخص باشد. پدیده‌ی P_a را در K به‌صورت تصادفی نسبت به $C=\langle K,I\rangle$ جذب شده می‌دانیم مشروط برآنکه استنتاجی احتمالی، ولو با احتمال پایین، از نوع $prem \Rightarrow P_a$ در A وجود داشته باشد به نحوی که prem زیر مجموعه‌ای از K بوده و $p(P_x|F_x)=r$ در prem به نحو علّی کامل باشد به این معنی که هیچ بازبینی‌ای از F_x همانند F_x^* وجود نداشته باشد که بتواند احتمال شرطی P_x را مطابق قوانین احتمالاتی علّی K تغییر دهد.

۲-۲ جذب راهنمایی کننده: در جذب‌های راهنمایی کننده پدیده‌ها از نظریه‌هایی مانند T در K و با کمک شرایط اولیه یا حدی، Cd، استنتاج می‌شوند و باور بر آن نیست که این پدیده‌ها حتماً درست هستند بلکه صرفِ معقول بودن آنها با توجه به K، و یا در تعارض نبودن آنها با K، کافی است. از دید شورس این نوع از جذب نقش مهمی در علم بازی می‌کند. مثلاً موفقیت نظریه‌ی تکامل داروین در توانایی بالفعل آن در فراهم آوری تبیین‌هایی برای فرایند تکامل نیست بلکه این موفقیت بیشتر ناشی از آن است که نظریه به ما می‌گوید اگر شرایط اولیه و حدی شناخته شوند نظریه قادر به تولید چنین تبیین‌هایی است. شورس مفهوم در تعارض بودن با K را چنین تعریف می‌کند: پدیده‌ی منفرد P در تعارض با K است اگر به‌صورت تصادفی جذب نشود و یک استنتاج احتمالاتی، با احتمال پایین، مانند $prem \Rightarrow P$ در I وجود داشته باشد به نحوی که prem زیر مجموعه‌ی K باشد (شورس این تعریف را ایضاحی مناسب برای رویداد «غیر منتظره» نیز می‌داند). یک پدیده‌ی کلی (یک قانون)، L، در تعارض با K است اگر K شامل نظریه‌ای مانند T باشد به نحوی که T بسیار کلی‌تر از L بوده اما شامل یک قید استعجالی نیز باشد به نحوی که بدون این قید استعجالی، L به لحاظ منطقی ناسازگار با T است. بنابراین L توصیف کننده‌ی پدیده‌ای است که نسبت به یک نظریه‌ی کلی در K ، مانند T، استثنایی است. پدیده‌ی P به‌صورت راهنمایی کننده نسبت به K جذب می‌شود اگر نظریه‌ای مانند T در K، و مجموعه‌ای از شرایط اولیه یا مرزی مانند Cd وجود داشته باشند که هیچ کدام از آنها در تعارض با K قرار نگرفته و در ضمن $T \cup Cd \Rightarrow P$ در I وجود داشته باشد.

۳. پدیده‌های جذب نشده: پدیده‌های جذب نشده معما گونه یا ناهنجاری‌هایی هستند که حتی نمی‌دانیم چه نوع تبیین‌هایی برای آنها یافت خواهد شد. این پدیده‌ها در مقابل همه‌ی تلاش‌هایی که برای جذب آنها در نظریه‌های پذیرفته شده صورت می‌گیرد مقاومت می‌کنند. پارادوکس EPR مثال خوبی است. پدیده‌ای مانند P را نسبت به K جذب نشده می‌دانیم

اگر در تعارض با K بوده و برای هر نظریه‌ی T در K و برای هر مجموعه‌ی Cd از شرایط اولیه و مرزی، اگر $T \cup Cd \Rightarrow P$ استنتاجی در I باشد، حداقل یکی از گزاره‌های موجود در Cd در تعارض با K است.

۴. پدیده‌های پایه: اینها پدیده‌هایی هستند که نه بصورت بالفعل و نه بصورت بالقوه جذب یا عدم جذب نمی‌شوند. در نظام‌های شناختی علمی تنها پدیده‌های پایه نظریه‌های بنیادین هستند چرا که هر واقعیت یا قانون تجربی در قلمرو نظریه‌ای قرار می‌گیرد و بنابراین در آن جذب یا عدم جذب می‌شود.

طبقه‌بندی وحدت‌بخشی K به معنای افراز K به چهار زیر مجموعه‌ی K_d, K_b, K_p, K_a است. K_a برای پدیده‌های بالفعل جذب شده، K_p برای پدیده‌های بالقوه جذب شده، K_b برای پدیده‌های پایه و K_d برای پدیده‌های جذب نشده.

شورس پس از ارائه‌ی توضیحات بالا زمینه را برای ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی آماده می‌بیند. او وحدت‌بخشی بیشتر را به این معنا می‌داند که هرچه در K پدیده‌های از سنخ K_d یا K_b کمتر باشد و پدیده‌های از نوع K_a یا K_p بیشتر باشد K وحدت یافته‌تر است. او بلافاصله به کافی نبودن این تعریف اعتراف می‌کند و می‌افزاید برای سنجش وحدت‌بخشی صرفاً کافی نیست که تعداد پدیده‌ها را بشماریم، چراکه همه‌ی پدیده‌های موجود در K دارای وزن یکسانی نیستند. از نظر او هر پدیده‌ی P دارای یک وزن ذاتی است، w(P)، که این وزن ذاتی بیانگر پیچیدگی‌های شناختی[1] آن پدیده است. برای آنکه وزن ذاتی پدیده‌ها به‌صورتی قاعده‌مند و فارغ از دلخواسته‌های افراد تعیین شود شورس قواعدی را معرفی می‌کند. قاعده‌ی حداقلی w(P) آن است که پیچیدگی شناختی یک پدیده‌ی کلی بیش از یک پدیده‌ی منفرد و پیچیدگی شناختی یک پدیده‌ی نظری بیش از پدیده‌ی مشاهدتی است.

اگر پدیده‌ی P به K_b اضافه شود وزن آن کاسته خواهد شد، چیزی که آن را هزینه‌ی ذاتی[2] گفته و با w(P)- (یعنی وزن منفی) نشان می‌دهیم. اگر P جذب شود، بسته به میزان جذب، این هزینه یا پرداخت نمی‌شود و یا به مقدار کمی پرداخت می‌شود اما اگر P جذب نشود این هزینه به مقدار قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

1. cognitive complexity
2. intrinsic cost

$-w_a(P)$ ، $-w_p(P)$ و $-w_d(P)$ به ترتیب بیانگر هزینه‌های جذب بالفعل، جذب بالقوه، و عدم جذب پدیده‌ی P هستند. با توجه به ارزش‌های مطلق داریم: $w_d(P)\rangle\rangle w(P)\rangle\rangle w_p(P)\rangle w_a(P)\rangle 0$. در مواردی که جذب به صورت قیاسی انجام شود $w_a(P)$ برابر صفر خواهد بود و در مواردی که جذب تقریبی یا با احتمال بالا صورت پذیرد $w_a(P)$ عددی کوچک اما غیر صفر است. فقط داده‌ها در K دارای سود ذاتی[1] هستند. برای سادگی سود ذاتی یک داده، D، را با وزن ذاتی(مثبت) آن مشخص می‌کنیم و آن را با w(D) نشان می‌دهیم. این بدان معنا است که افزودن داده‌های پایه‌ای و جدید به K به شرط آنکه بر دیگر بخش‌های K تأثیری نداشته باشد هزینه یا سودی به همراه نخواهد داشت.

در رویکرد شورس، وحدت‌بخشی دو مجموعه‌ی شناختیِ C و C^* را می‌توان با استفاده از روش انتقال نمودارها مقایسه کرد. شورس مدعی است این روش به ما اجازه می‌دهد که رابطه‌ی وحدت‌بخشی میان C و C+A را صرفاً با در نظر گرفتن پدیده‌هایی که حالت وحدت‌بخشی آنها در حین انتقال از $K=\langle K_d,K_b,K_p,K_a\rangle$ به $K^*_{prem}=\langle K^*_d,K^*_b,K^*_p,K^*_a\rangle$ تغییر کرده است تعیین کنیم. وی سه نوع انتقال معرفی می‌کند: الف) پدیده‌ی P می‌تواند به مجموعه‌ی K_x اضافه شود($x\in\{d,b,p,a\}$) که در این صورت آن را با P_{+x} نشان می‌دهیم. ب) P می‌تواند از K_x کم شود که در این حالت آن را با P^*_{-x} نشان می‌دهیم. ج) و یا P می‌تواند از K_x به K_y جابه‌جا شود که این حالت را با $P_{x\to y}$ نشان می‌دهیم. هر جابه‌جایی را می‌توان به یک تفریق و یک جمع تجزیه کرد: $P_{x\to y}=(P_{-x},P_{+y})$.

شورس هزینه یا سود یک انتقال را ارزشِ وحدت‌بخشی و یا به طور خلاصه ارزشِ u (u-value) می‌نامد. هزینه‌ها دارای ارزش u منفی و سودها دارای ارزش u مثبت هستند. وی مدعی است ارزش وحدت‌بخشی کلی یک توالی از انتقال‌ها ($s_1,\dots,s_n$) را که ارزش u متناظر با آنها $\langle u\rangle:=(u_1,\dots,u_n)$ است و C را به C^* تبدیل می‌کند می‌توان با یک اصل ساده محاسبه کرد: اگر هر ارزش u منفی موجود در $\langle u\rangle$، یعنی u_i، با ارزش u مثبت در $\langle u\rangle$، یعنی u_j در تعادل قرار گرفته و ارزش مطلق u_j بیشتر یا مساوی u_i باشد، مطابق قواعد وزن‌دهی، وحدت‌بخشی کاهش نیافته است؛ اگر در این افزودن حداقل یکی از u_jها از

1. intrinsic gain

مطابَق خود در u_i بیشتر بوده و یا اصلاً مطابَقی در u_i نداشته باشد آنگاه وحدت‌بخشی افزایش می‌یابد.

کیچر کوشید تا ابهام‌های ایجاد شده ضمن فرایند ابهام زدایی را در انتهای مقاله‌ی خود با ارائه‌ی مثال هایی برطرف کند. اما شورس می‌پندارد اصلی که وی برای محاسبه‌ی ارزش وحدت‌بخشی معرفی کرده است ساده است و قابل به کارگیری در عمل و بنابراین برخلاف کیچر مثالی ارائه نمی‌دهد. آیا شورس به دانشمندان کمک کرده است با مفهوم بی‌ابهام و روشنی از «وحدت بخشی» مواجه باشند؟ شأن معرفت‌شناختی قواعد وزن‌دهی چیست؟ آیا این قواعد در عمل کارا هستند؟ کافی است نگاهی به پرسش آخر بیاندازیم. مطابق قواعد وزن‌دهی شورس «اگر پدیده‌ی P به K_b اضافه شود وزن آن کاسته خواهد شد». به یاد آوریم که K_b پدیده‌هایی هستند که نه بصورت بالفعل و نه بصورت بالقوه جذب یا عدم جذب نمی‌شوند. اما چگونه می‌توان مشخص کرد که پدیده‌ای **بالقوه** جذب یا عدم‌جذب نمی‌شوند؟ آیا شورس می‌تواند به چیزی جز اجماع دانشمندان توسل جوید؟ و اگر چنین کند با این نقد روبرو خواهد شد که دانشمندان چرا باید خود را درگیر زبان‌کاوی‌های شورس کنند و در انتها برسر جذب یا عدم جذب یک پدیده به اجماع برسند و از ابتدا به فهم عرفی خود در باب مفهوم وحدت‌بخشی اعتماد نکنند؟

وحدت‌بخشی بیزی

در سال‌های اخیر تلاش‌های دیگری در جهت ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی صورت گرفته است. ازجمله‌ی این تلاش‌ها مقالاتی است که میرولد[1] و مک‌گرو[2] نگاشته‌اند و در آنجا سعی کرده‌اند روایتی بیزی از وحدت‌بخشی ارائه دهند.[3] در اینجا فقط به معرفی وحدت‌بخشی بیزی بسنده می‌کنیم.

1. Myrvold, W. C., "A Bayesian Account of the Virtue of Unification", *Philosophy of Science* 70, 2003, pp.399–423.
Myrvold, Wayne C., "Bayesianism and Diverse Evidence", *Philosophy of Science* 63, 1996, pp.661–665.
2. McGrew, T., "Confirmation, Heuristics, and Explanatory Reasoning", *British Journal for the Philosophy of Science* 54, 2003, pp.553–567.
۳. لانگ سعی کرد با ارائه‌ی مثال‌های نقضی نادرستی روایت مک‌گرو و میرولد را نشان دهد و شوپ باخ نیز به مثال‌های نقض لانگ پاسخ گفته و از قرائت مک‌گرو و میرولد دفاع کرد:

مک‌گرو فرضیه‌ای مانند H_1 رابه شرطی واجد قدرت وحدت‌بخشی می‌داند که نامساوی زیر برقرار باشد:

$$P(e_1 \& \ldots \& e_n | H_1) \rangle P(e_1|H_1) \times \ldots \times P(e_n|H_1)$$

و فرضیه‌ای مانند H_2 که تساوی زیر را صادق سازد فاقد قدرت وحدت‌بخشی است:

$$P(e_1 \& \ldots \& e_n | H_2) = P(e_1|H_2) \times \ldots \times P(e_n|H_2)$$

او سپس با استفاده از قاعده‌ی بیز به این نتیجه می‌رسد که قدرت وحدت‌بخشی H_1 بیش از H_2 است، اگر و فقط اگر، نامساوی زیر برقرار باشد:

$$P(H_1|e_1 \& \ldots \& e_n) \rangle P(H_2|e_1 \& \ldots \& e_n)$$

میرولد می‌گوید وحدت‌بخشی در واقع توانایی یک فرضیه است در نشان دادن اینکه پدیده‌هایی که در بدو امر و برپایه‌ی شواهد اولیه مستقل از هم به نظر می‌رسیده‌اند، در واقع مستقل نبوده و به لحاظ اطلاعاتی وابسته‌ی به یکدیگر بوده‌اند. وی برای روشن‌تر شدن منظور خود ابتدا اصطلاح وابستگی اطلاعاتی[1] را برای مجموعه‌ای از شواهد مانند $e_1,\ldots,e_n$ چنین تعریف می‌کند:

$$I^{(n)}(e_1,\ldots,e_n) = \log_2\left[\frac{P(e_1 \& \ldots \& e_n)}{P(e_1)\times \ldots \times P(e_n)}\right]$$

و سپس با استفاده از مفهوم وابستگی اطلاعاتی، مقیاسی برای وحدت‌بخشی ارائه می‌دهد:

$$U^{(n)}(e_1,\ldots,e_n;H) = I^{(n)}(e_1,\ldots,e_n|H) - I^{(n)}(e_1,\ldots,e_n)$$
$$= \log_2\left[\frac{P(e_1 \& \ldots \& e_n|H)}{P(e_1|H)\times \ldots \times P(e_n|H)}\right] - \log_2\left[\frac{P(e_1 \& \ldots \& e_n)}{P(e_1)\times \ldots \times P(e_n)}\right]$$

حال اگر مقیاس وحدت‌بخشی میرولد را با نامساوی مک‌گرو ترکیب کنیم خواهیم داشت:

$$U^{(n)}(e_1,\ldots,e_n;H_1) \rangle U^{(n)}(e_1,\ldots,e_n;H_2)$$

و به عبارت دیگر:

$$\log_2\left[\frac{P(e_1 \& \ldots \& e_n|H_1)}{P(e_1|H_1)\times \ldots \times P(e_n|H_1)}\right] \rangle \log_2\left[\frac{P(e_1 \& \ldots \& e_n|H_2)}{P(e_1|H_2)\times \ldots \times P(e_n|H_2)}\right]$$

(اگر H_2 فاقد قدرت وحدت‌بخشی باشد مطابق قرائت مک‌گرو طرف دوم این نامساوی صفر خواهد بود و داریم:

Lange, M., "Bayesianism and Unification: A Reply to Wayne Myrvold", *Philosophy of Science* 71, 2004, pp.205–215.

1. information relevance

$$\log_2\left[\frac{P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H_1)}{P(e_1|H_1)\times ... \times P(e_n|H_1)}\right]\rangle 0$$

یعنی آنکه:

$$\left[\frac{P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H_1)}{P(e_1|H_1)\times ... \times P(e_n|H_1)}\right]\rangle 1$$

و یا:

$$P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H_1)\rangle P(e_1|H_1)\times ... \times P(e_n|H_1)$$

و از آنجا که این همان تعریف مک‌گرو از وحدت‌بخشی است لذا تعاریف مک‌گرو و میرولد هم‌ساز هستند.)

اگر بخواهیم وحدت‌بخشی را از منظر بیزگرایی به نحوی بسیار خلاصه و ساده بیان کنیم خواهیم گفت:

الف) فرضیه‌ای ماندH، وقتی مجموعه‌ای از شواهد، مانند $e_1,...,e_n$ را وحدت می‌بخشد که داشته باشیم:

$$P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H)\rangle P(e_1|H)\times ... \times P(e_n|H)$$

ب) فرضیه‌ای ماندH برای مجموعه‌ای از شواهد، مانند $e_1,...,e_n$ فاقد قدرت وحدت‌بخشی است اگر داشته باشیم:

$$P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H) = P(e_1|H)\times ... \times P(e_n|H)$$

ج) (وحدت‌بخشی مقایسه‌ای) فرضیه‌ی H_1 نسبت به مجموعه‌ای از شواهد، مانند $e_1,...,e_n$ دارای قدرت وحدت‌بخشی بیشتری از فرضیه‌ی H_2 است اگر داشته باشیم:

$$\frac{P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H_1)}{P(e_1|H_1)\times ... \times P(e_n|H_1)}\rangle \frac{P(e_1 \,\&\, ... \,\&\, e_n|H_2)}{P(e_1|H_2)\times ... \times P(e_n|H_2)}$$

آنچه در این تعاریف می‌بینیم بازگویی فهم عرفی دانشمندان از «وحدت‌بخشی» با زبانی صوری است. بزرگ‌ترین حسن این تعاریف وارد نشدن در بازی‌های زبانی‌ای است که با معرفی ده‌ها مفهوم جدید که به لحاظ روشنی وضعیت بهتری از خود «وحدت‌بخشی» ندارند گمان آن دارند که دانشمندان را در رسیدن به مفاهیمی روشن و عاری از ابهام یاری می‌رسانند. ایراد آن این است که پاسخی بدون ابهام برای این پرسش که چگونه می‌توان احتمالات موجود در فرمول‌ها را محاسبه کرد، وجود ندارد. اگر از اجماع دانشمندان بهره

گیریم باید بدانیم بی‌شک آنان از ابتدا می‌دانند که مثلاً H_1 از H_2 قدرت وحدت‌بخشی بیش‌تری دارد وگرنه بر چه اساسی بر صحت نامساوی بالا صحه می‌گذارند؟
بنابراین، تعاریف فوق در عمل اضافی‌اند و کاربردی در برنامه‌های پژوهشی علمی ندارند.

نتیجه

فلسفه‌ی هر عصر باید به مسائل واقعی موجود در جامعه در آن عصر بپردازد و بنابراین فلسفه‌ی علم نیز باید به مسائل واقعی موجود در برنامه‌های پژوهشی علمی توجه نشان دهد. هنگامی که فیلسوفان مدرسی بر سر آنکه چند فرشته بر نوک یک سوزن می‌گنجند، با یکدیگر بحث می‌کردند به زعم خود در حل مسأله‌ای واقعی می‌کوشیدند. چنین وضعیتی در بخش‌هایی از فلسفه‌ی علم امروزین نیز مشاهده می‌شود. فیلسوفانی که تمامی تلاش خود را بر ایضاح مفاهیم، از جمله مفهوم وحدت‌بخشی، قرار داده‌اند به دلیلی ساده در مسیر نادرستی گام می‌نهند: در کدامین برنامه‌ی پژوهشی علمی دانشمندان بر سر میزان وحدت‌بخشی دو نظریه اختلاف نظر داشته‌اند که دستاوردهای فلسفی فیلسوفانی که در ایضاح مفهوم وحدت‌بخشی کوشیده‌اند در حل اختلاف یاری رسانده باشد؟

پوپر در پاسخ به این پرسش که اگر وضوح و دقت بیشتری برای مفاهیم مورد نیاز بود چه باید کرد، می‌گوید هر نوع افزایش وضوح و دقت باید به شکلی موقت و گام‌به‌گام صورت گیرد. اگر عدم وضوح و شفافیت به بدفهمی منجر شود تلاش برای ساختن مبانی محکم و دقیق و چارچوب‌های مفهومی عاری از ابهام تلاش بیهوده‌ای است؛ کاری که باید انجام داد صورت‌بندی مجدد و موقتی جملات به شکلی است که تا حد امکان جلوی بروز بدفهمی را بگیرد، اما نکته‌ی مهم این است که غیرممکن است به نحوی صورت‌بندی مجدد را ارائه داد که مانع بروز هر نوع بدفهمی شود. کار فیلسوف حل مسائل است و اگر «دقت بیشتری مورد نیاز است تنها به این دلیل است که مسأله‌ی مورد نظر آن را طلب می‌کند». توصیه روش‌شناختی پوپر این است:

> به سادگی تمام تلاش خود را برای حل مسائل به کار گیرید و پیشاپیش سعی نکنید مفاهیم یا صورت‌بندی‌های خود را دقیق‌تر سازید به این امید واهی که این سعی شما زرادخانه‌ای را در آینده در اختیار شما قرار دهد که به پشتوانه‌ی آن در رویارویی با مشکلاتی که هنوز به وجود نیامده‌اند پیروز می‌شوید. *ممکن است چنین مشکلاتی هرگز ایجاد نشوند*؛ تکامل نظریه‌ها

ممکن است تمامی تلاش شما را هدر دهد. ممکن است اسلحه‌های نظری مورد نیاز در آینده بسیار متفاوت با چیزی باشد که در زرادخانه‌ی کنونی شما موجود است.[۱] [تأکید از پوپر است]

اگر در حال حاضر مفهوم «وحدت‌بخشی» ابهامی برای دانشمندان ایجاد نمی‌کند فیلسوف علم بیهوده می‌کوشد مفهوم را چنان دقیق سازد که از ابهام‌های آتی جلوگیری کند. آنچه به حل مسائل کمک می‌کند ایده‌های جدید است و نه ایضاح مفاهیم. پوپر می‌پندارد تا قبل از آنکه آینشتاین با مسأله‌ی «هم‌زمانی» مواجه شود، تلاش برای ایضاح این مفهوم کاری عبث می‌بود و پس از مواجه نیز، مسأله با ارائه‌ی ایده‌ای جدید حل شد و نه با ایضاح مفهوم «هم‌زمانی».[۲]

پوپر معتقد است وقتی دانشمندان و فیلسوفان به هنگام پرداختن به مسأله‌ای، مفهومی را مبهم یافتند باید در جهت رفع ابهام بکوشند، اما در ضمن باید آگاه باشند که این فعالیت آنها، که وی نام دیالیز[۳] را بر آن می‌نهد تا از آنالیز زبان‌کاوان متمایز شود، ۱. امری موقتی است، که ۲. به تنهایی نمی‌تواند به حل مسأله بیانجامد.[۴] اگر یکی از گویش‌گران به هنگام گفت‌وگو مفهومی را مبهم یافت می‌تواند تقاضای دیالیز آن را داشته باشد. طرفین گفت‌وگو باید با این پیش‌فرض روش‌شناختی وارد بحث شوند که اولا واژگان معنای عرفی خود را دارند مگر کاربر به صراحت آنها را در معنایی متمایز از معنای عرفی به کار برد و ثانیاً دیالیز نوعی ایضاح و ابهام‌زدایی **موقتی** است برای جلوگیری از بدفهمی به هنگام گفت‌وگو درباره‌ی مسأله‌ی اصلی؛ و تقاضای ابهام‌زدایی کامل از مفاهیم، مانعی است بر سر ادامه‌ی گفت‌وگو و پرداختن به مسأله‌ی اصلی.

1. Popper, K., *Unended Quest, an Intellectual Autobiography*, p.29.
2. Ibid, p.30.
3. dialysis
4. Ibid, p.30.

منابع

1. Boniolo, G., "Kant's Explication and Carnap's Explication: The Redde Rationem", *International Philosophical Quarterly*, 43, 2003, pp.289–298.
2. Carnap, R. *The Logical Syntax of Language*, London: Routledge and Kegan Paul, 1937.
3. Carnap, *Logical Foundations of Probability*, University of Chicago Press, 1950.
4. Eagle, A., "Twenty-One Arguments against Propensity Analyses of Probability", *Erkenntnis*, 60, 2004, pp.371–416.
5. Feigl, H., "The Orthodox View of Theories: Remarks in Defense as well as Critique", *Minnesota Studies in the Philosophy of Scienc*e, Vol. IV, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.
6. Friedman, M. "Explanation and Scientific Understanding", *Journal of Philosophy* **7**1, 1974, pp.5–19.
7. Kitcher, P. "Explanatory Unification", *Philosophy of Science* 48, 1981, pp.507–11.
8. Kitcher, P., "Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", Kitcher, P. & Salmom, W. (eds.) *Scientific explanation*, Regents of the University of Minnesota, 1989, pp.410-93.
9. Klee, R., *Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford University Press, 1997.
10. Lange, M., "Bayesianism and Unification: A Reply to Wayne Myrvold", *Philosophy of Science* 71, 2004, pp.205–215.
11. Lehrer, K., *Knowledg*e, Clarendon Press, Oxford, 1974.
12. Loomis, E. & Juhl, C., "Explication", in Sarkar, S. & Pfeifer, J. (eds.), *The Philosophy of Science: an Encyclopedia*, Routlege, 2006, 285-294.
13. McGrew, T., "Confirmation, Heuristics, and Explanatory Reasoning", *British Journal for the Philosophy of Science* 54, 2003, pp.553–567.
14. McGrew, T., "Confirmation, Heuristics, and Explanatory Reasoning", *British Journal for the Philosophy of Science* 54, 2003, pp.553–567.
15. Myrvold, W. C., "A Bayesian Account of the Virtue of Unification", *Philosophy of Science* 70, 2003, pp.399–423.
16. Myrvold, W. C., "Bayesianism and Diverse Evidence", *Philosophy of Science* 63, 1996, pp.661–665.
17. Popper, K., *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson & Co., London; Basic Books Inc., New York, 1959.
18. Popper, K., *Unended Quest, an Intellectual Autobiography*, Routlege, 2002 [1974].
19. Quine, W., "Two Dogmas of Empiricism," in *From a Logical Point of View*, Harvard University Press, 1953.
20. Quine, W., "Carnap and Logical Truth" in *The Ways of Paradox and Other Essays*, Random House, 1966.

21. Schurz, G. “Explanation as Unification”, *Synthese* 120, 1999, pp.95–114.
22. Strawson, P. F., “Carnap’s views on constructed systems versus natural languages in analytic philosophy”, in Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, Open Court, La Salle, IL, 1963, pp.503–518.
23. Weber, E., “Unification: What Is It, How Do We Reach it and Why Do We Want it?” *Synthese* 118, 1999, pp.479–499.
24. Whewell, W., *The Philosophy of the Inductive Science*s, 2nd edition, 2 Volumes, John W. Parker, 1847.