

The Philosophy of Chemistry and its Evolution over Time

Hamideh Haghighat 

Assistant Professor of Chemistry Department, Farhangian University, Tehran, Iran. E-mail: h.haghighat@cfu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 20 August 2022

Received in revised 1
September 2022

Accepted 8 September 2022

Published online 20 November
2022

Keywords:

philosophy of chemistry,
philosophy of science,
relationship between chemistry
and general philosophy, history
of chemistry

ABSTRACT

By some standards, chemistry is one of the largest scientific fields in the world, a science that is concerned with the "direct influence of molecules on human life" and thus raises ethical, political, philosophical and epistemological questions. In this article, with the aim of examining the development process of this science from a philosophical and historical perspective, relying on library studies and existing articles, the main issues and trends in the evolution of the philosophical view of this science, and the relationship between the philosophy of chemistry and the philosophy of science, focusing on issues in The philosophy of chemistry that caused major revisions or developments in the philosophy of science was reviewed and evaluated. Studies have shown that until recently, chemistry was practically ignored by professional philosophers of science for various reasons, such as historical neglect of chemistry, reduction of chemistry to physics, and lack of focus on the properties and structure of chemistry, and since the early 1990s, With the social organization formed in it and the expansion of scientific activities increasingly from disciplinary boundaries towards problem-oriented research, the situation changed drastically so that the philosophy of chemistry is currently one of the most flourishing fields in the philosophy of science.

Cite this article: Haghighat, Hamideh. (2022). The philosophy of Chemistry and its Evolution Over Time. *Journal of Philosophical Investigations*, 16 (40), 325-335. DOI: <http://doi.org/10.22034/JPIUT.2022.53095.3349>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/JPIUT.2022.53095.3349>

Publisher: University of Tabriz.

Extended Abstract

Introduction

Until recently, philosophers stubbornly ignored chemistry, almost as if it didn't exist. Many attempts have been made to explain this strange fact and some have given reasons for this neglect. Although recently some scientists began to draw a general picture of the philosophy of chemistry, but a common view considered the reduction of chemistry to physics (quantum mechanics) as the main obstacle to this event, and accordingly, if chemistry is only an applied branch of physics, there will be no real philosophical issues in chemistry. Indeed, some prominent theoretical physicists have reinforced this view by making reductionist claims since the early 1930s, avoiding the introduction of philosophy into chemistry. The historical reasons for the neglect of chemistry by philosophers are both profound and more mundane. First, the emergence of early-modern epistemology, both in the rationalist and empiricist branches, was closely related to the emergence of mechanical philosophy, which was strongly opposed to different types of chemical philosophy. Second, while modern physics now has its theoretical roots in analytical mechanics, the philosophical debates in the 19th century were essentially to provide a suitable scientific basis for placing the science of mechanics in the science of physics, something that by 1800 AD had become the science of science. Physics did not belong and it belonged to applied mathematics. Kant's statement that only mechanics is a science because it has a solid foundation based on mathematics was an early and influential point of view in these discussions. This made it easy for the Kantians to focus on mechanics and ignore the rest of the sciences. Third, most of the people who were very influential in creating the field of philosophy of science were the philosophically minded physicists who shaped the field. Philosophers of science's obsession with theoretical physics made them neglect not only chemistry, but every other branch of science, including experimental physics. It was not until the early 1970s that biologists first reacted to this narrow focus and established their own groups with biological philosophers. It took two decades for a similar movement to emerge in chemistry. In a way, the philosophy of science currently repeats the process of the 19th century in the expansion and professionalization of natural sciences. The only exception was the attention of some materialists to the philosophy of chemistry. In Engels' materialism debates, chemistry stood out as a case against what he called popular materialism. Since the late 1970s, theoretical chemists, working hard to develop quantum chemical models for chemical purposes, began to question the reductionist view among Western philosophers of science. The most obvious distinction between the previous period and the emergence of the philosophy of chemistry in the 1990s was its social establishment and organization. While the former scientists worked in relative isolation, the new generation sought to contact each other and exchange ideas. Since the late 1980s, chemists, philosophers, and historians of chemistry began to gather in more or less formal working groups with regular meetings in many countries. In 1994, the national meetings became a series of international conferences in London. Since 1997, international relations have enabled the formal establishment of the International Society for the Philosophy of Chemistry with annual summer symposia.

Still an important issue in the philosophy of chemistry today is the issue of reduction—not from biology to chemistry, but from chemistry to physics. Criticism of reductionism plays different roles. First, it provides

a more precise and technical understanding of the limitations of quantum mechanical approaches to chemistry, thereby defining independent domains for the philosophy of chemistry. For example, in a series of papers, Eric Skerry has convincingly argued that quantum mechanical methods are unable to calculate the exact electron configuration in atoms. Since Bohr's initial atomic theory, it has been taken for granted that the electron configuration of atoms determines the chemical properties and thus the location of each element in the periodic table. Reducing the periodic system to quantum mechanics, it was claimed that the exact electron configuration can be calculated for each atom based on quantum mechanics, so that the complete chemical order of the periodic system can be obtained from its basic principles. Since the new philosophical analysis is open to the periodic system it is now clear that this claim was too hasty. Similar arguments can be found regarding the concept of molecular structure, for which reductionist claims have already been made. Second, the critique of reductionism in lowering chemistry to quantum mechanics challenged reductionism as a general metaphysical, epistemological, or methodological position and thus contributed to general philosophy. Third, when reductionism lost its credibility to guarantee the unity of sciences, new relationships between sciences, such as structural similarities and interdisciplinarity of sciences, were subjected to philosophical and historical investigations. Since every scientific discipline has its fundamental concepts, methods and theories, the philosophy of chemistry reaches maturity when it focuses on the characteristics of chemistry, so to speak. This requires not only a double qualification in chemistry and philosophy, but also a deep understanding of the history of chemistry, because our current scientific disciplines, with all their characteristics, had historical entities during their development. Thus, in contrast to general philosophers of science, philosophers of chemistry are united with historians of chemistry to analyze basic concepts, methods, and theories in modern chemistry. A lot of work has been done in this field in the last decade. Ironically, the philosophy of chemistry emerged at a time when scientific activities were increasingly moving beyond disciplinary boundaries toward problem-oriented research. Chemistry has become so deeply involved in these activities, from environmental science to nanotechnology, that philosophers of chemistry have been challenged to take them seriously. In addition to the disciplinary boundaries of science, there are also disciplinary boundaries in philosophy that the philosophers of chemistry are on the verge of going beyond. So philosophy is a much richer field, and sciences like chemistry have more interesting, sometimes even more necessary, aspects that philosophers can address.

فلسفه شیمی و سیر تحول آن در گذر زمان

حمیده حقیقت

استادیار گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، رایانامه: h.haghighat@cfu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

بر اساس معیارهایی شیمی یکی از بزرگترین رشته‌های علمی در جهان است، علمی که به «تأثیر مستقیم مولکول‌ها بر زندگی انسان» مربوط می‌شود و در نتیجه سوالات اخلاقی، سیاسی، فلسفی و معرفتی را مطرح می‌کند. در این مقاله با هدف بررسی فرایند توسعه این علم از بعد فلسفی و تاریخی با تکیه بر مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات موجود، موضوعات و روندهای اصلی در تکامل دیدگاه فلسفی به این علم تشریح و رابطه بین فلسفه شیمی و فلسفه علم با تمرکز بر موضوعاتی در فلسفه شیمی که سبب تجدیدنظر یا توسعه‌های عمده در فلسفه علم شد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد تا همین اواخر، عملاً شیمی توسط فیلسوفان حرفه‌ای علم به دلایل مختلفی از قبیل غفلت تاریخی از شیمی، تقلیل شیمی به فیزیک و عدم تمرکز بر روی ویژگی‌ها و ساختار شیمی نادیده گرفته شده بود و از اوایل دهه ۱۹۹۰، با سازماندهی اجتماعی شکل گرفته در آن و گسترش فعالیت‌های علمی به طور فزاینده‌ای از مرزهای رشته‌ای به سمت تحقیقات مسئله‌محور، وضعیت به شدت تغییر کرد به طوری که فلسفه شیمی در حال حاضر یکی از پررونق‌ترین رشته‌ها در فلسفه علم است.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹

کلیدواژه‌ها:

فلسفه شیمی، فلسفه علم، رابطه شیمی و فلسفه عمومی، تاریخ شیمی.

استناد: حمیده، حقیقت، (۱۴۰۱). فلسفه شیمی و سیر تحول آن در گذر زمان. پژوهش‌های فلسفی، ۱۶ (۴۰): ۳۳۵-۳۲۵. DOI:

<http://doi.org/10.22034/JPIUT.2022.53095.3349>



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

تا همین اواخر، فیلسوفان سرسختانه شیمی را نادیده می‌گرفتند، به گونه‌ای که گویی تقریباً وجود ندارد. تلاش‌های زیادی برای توضیح این واقعیت عجیب صورت گرفت و برخی به بیان علل این نادیده گرفته شدن پرداختند (ون برکل، ۱۹۹۶: ۱۱؛ ۲۰۰۰؛ ۲۰۰۶). یکی از سوالات مهم این است که آیا فقدان «سوالات بزرگ» در شیمی، رابطه نزدیک آن با فناوری یا عملگرایی ریشه‌دار تاریخی شیمیدانان و عدم علاقه آن‌ها به مسائل متافیزیکی علل این نادیده گرفتن شدن است؟ هرچند در این اواخر برخی از دانشمندان به ترسیم تصویری کلی از فلسفه شیمی پرداختند (ون برکل، ۲۰۱۴: ۱۱؛ سومر، ۲۰۰۶)؛ اما یک دیدگاه رایج، تقلیل شیمی به فیزیک (مکانیک کوانتومی) را به عنوان مانع اصلی این رویداد می‌دانستند و بر این اساس اگر شیمی فقط یک شاخه کاربردی از فیزیک باشد، هیچ موضوع فلسفی واقعی در شیمی وجود نخواهد داشت. در واقع، برخی از فیزیکدانان نظری برجسته با طرح ادعاهای تقلیل‌گرایانه از اوایل دهه ۱۹۳۰، این دیدگاه را تقویت کرده و از ورود فلسفه به شیمی اجتناب نمودند، هر چند برخی به این ادعا شک داشتند (پریماس، ۲۰۰۴؛ اسگری، ۲۰۱۱: ۵۹؛ ۲۰۱۲؛ مانافو، ۲۰۱۴: ۳۳). شیمی علمی است که به «مولکول‌هایی با اندازه مناسب برای تأثیر مستقیم بر زندگی انسان» مربوط می‌شود (کواک، ۲۰۱۵: ۳۱۲) و در نتیجه سوالات اخلاقی، سیاسی و معرفتی را مطرح می‌کند. این سوالات هم به دانش شیمی و هم به یک رویکرد فلسفی نیاز دارد. فلسفه شیمی چندین مطالعه موردی جالب برای بحث واقع‌گرایی ارائه می‌کند، برای مثال این سؤال که آیا اوربیتال‌ها «وجود دارند» (لاباراکا؛ لامباردی، ۲۰۱۰: ۱۴۹؛ مولدر، ۲۰۱۰: ۱۷۸). فلسفه شیمی (به‌جای فلسفه علم به‌طور گسترده‌تر) حوزه‌ای نوظهور است که به پرسش‌هایی درباره چیستی شیمی مربوط می‌شود. مشخص شده است که شیمی‌دانانی که در معرض فلسفه شیمی قرار می‌گیرند دیدگاه‌های پیچیده‌تری از شیمی در آن‌ها ایجاد می‌شود (سندور و دیگران، ۲۰۱۷: ۶۰۱).

۱. فلسفه شیمی تا قبل از ۱۹۹۰

دلایل تاریخی نادیده گرفتن شیمی توسط فیلسوفان هم عمیق و هم بیشتر پیش پا افتاده است. نخست، ظهور معرفت‌شناسی اولیه-مدرن، هم در شاخه عقل‌گرایی و هم در شاخه تجربه‌گرایی، ارتباط نزدیکی با ظهور فلسفه مکانیکی داشت، که به شدت با انواع مختلف فلسفه شیمی مخالف بود. دوم اینکه در حالی که هم‌اکنون فیزیک مدرن ریشه‌های نظری خود را در مکانیک تحلیلی دارد، بحث‌های فلسفی در قرن ۱۹ اساساً برای فراهم کردن بستر علمی مناسب برای قرار دادن علم مکانیک در علم فیزیک بود، چیزی که تا سال ۱۸۰۰ میلادی به علوم فیزیکی تعلق نداشت و متعلق به ریاضیات کاربردی بود. گفته کانت^۱ مبنی بر اینکه فقط مکانیک علم است، زیرا مبنای محکمی براساس ریاضیات دارد، دیدگاه اولیه و تأثیرگذار در این بحث‌ها بود. این امر تمرکز کانتی‌ها را بر مکانیک و نادیده گرفتن بقیه علوم آسان کرد. سوم، اکثر اعضای حلقه‌های وین و برلین^۲ مانند موریتز شلیک^۳، رودولف کارنپ^۴، هانس رایشن‌باخ^۵ و کارل گوستاو همپل^۶ که در ایجاد رشته‌ای از فلسفه علم بسیار تأثیرگذار بودند، فیزیکدانانی با تفکر فلسفی بودند که این رشته را شکل دادند. با تأملاتی در مورد نظریه نسبیت و مفهوم احتمال در مکانیک آماری نسل بعدی فیلسوفان علم، به ویژه در ایالات متحده آمریکا و آلمان، با پیروی از نمونه‌ای که «پدران بنیان‌گذار» خود ارائه دادند، با پایان‌نامه‌های متعدد خود در زمینه نظریه نسبیت و مکانیک کوانتومی نامی برای خود دست و پا کردند. فیلسوفان فیزیک نظری به زودی تقریباً تمام کرسی‌های تازه تأسیس در فلسفه علم را اشغال کردند - وضعیتی که از آن زمان تاکنون تغییر چندانی نکرده است.

وسواس فیلسوفان علم به فیزیک نظری باعث شد که نه تنها از شیمی، بلکه از هر شاخه دیگری از علوم، از جمله فیزیک تجربی غافل شوند. بقایای معنای قدیمی‌تر «فیزیک»، به عنوان اصطلاح عمومی برای علوم طبیعی در قرن نوزدهم، و ابهام واژه انگلیسی «فیزیک» به خلط فلسفه فیزیک با فلسفه علم عمومی کمک کرد. تا اینکه در اوایل دهه ۱۹۷۰ بود که زیست‌شناسان برای اولین بار به این تمرکز محدود واکنش نشان دادند و گروه‌های خود را همراه با فیلسوفان بیولوژیکی تأسیس کردند. بعد از آن

1. Kant

2. Vienna and Berlin

3. Moritz Schlick

4. Rudolf Carnap

5. Hans Reichenbach

6. Carl Gustav Hempel

دو دهه طول کشید تا جنبشی مشابه در شیمی پدیدار شود. به نوعی، فلسفه علم در حال حاضر روند قرن نوزدهم را در گسترش و حرفه‌ای شدن علوم طبیعی تکرار می‌کند.

۲. استثنا: فلسفه شیمی در مناظره‌های ماده‌گرایی

تنها استثنای موجود، توجه برخی ماده‌گرایان به فلسفه شیمی بود. در مناظرات ماده‌گرایی انگلس^۱ شیمی به‌عنوان موردی در برابر آنچه که او ماده‌گرایی عامیانه می‌نامید، برجسته شد. انگلس نه تنها مانند کمت^۲ مدعی شد که «پدیده‌های شیمیایی» از پدیده‌های مکانیکی، بیولوژیکی و اجتماعی متمایز است، بلکه می‌تواند قوانین جهانی دکتین او را به تصویر بکشد. برای مثال، واکنش‌های اسید و باز را می‌توان برای مثال زدن «قانون تناقضات» او مورد استفاده قرار داد و هنگامی که تیتراسیون با برخی از معرف‌های رنگی قابل انجام است، به طرز شگفت‌انگیزی «قانون تغییر از کمی به کیفی» او را مجسم می‌کند.

فیلسوفان علم در کشورهای مارکسیستی با نقش تثبیت شده خود در آموزش علوم عالی و وظیفه رسمی خود برای تفسیر حقایق، مسائل و تحولات علمی خاص در چارچوب کلی ماتریالیسم دیالکتیکی و تاریخی، مطالعات فراوانی در مورد پدیده‌ها و قوانین شیمیایی مدرن، نظریه‌ها و شکل‌گیری زیر رشته‌ها انجام دادند. بررسی مطالب در اینجا غیرممکن است، زیرا تقریباً در مورد هر موضوع فلسفی مطالعاتی وجود دارد (لائیکو، ۱۹۹۶؛ شومر، ۱۹۹۶؛ ادگلهاردی، ۱۹۷۶؛ بوربیچ، ۱۹۹۶). حداقل می‌توان گفت که چارچوب فکری انگلس در قرن ۱۹ به اندازه کافی لیبرال بود که بتواند در مورد موضوعات پیچیده‌ای مانند رابطه بین شیمی کوانتومی و مکانیک کوانتومی توضیح دهد، اما از نظر معرفت‌شناختی برای پرداختن به مفاهیم شیمیایی کوانتومی مانند ساختارهای تشدید پاولینگ بسیار ساده و خام بود.

در زمانی که فیلسوفان حرفه‌ای در کشورهای غربی به شیمی اهمیت نمی‌دادند، دانشمندان رشته‌های مختلف هر کدام با توجه به دیدگاه خود و با طرح پرسش‌هایی خاص از زوایای مختلف به این رشته پرداختند. به ویژه، محققان آموزش شیمی همیشه نیاز به تأمل در روش‌ها و کار بر روی شفاف‌سازی مفاهیم را تشخیص می‌دادند، به طوری که اغلب مجلات آن‌ها هنوز منبعی غنی برای فیلسوفان است. پژوهشگران شیمی‌دان معمولاً هنگام تحقیق خود با مسائل مختلف فلسفی برخورد می‌کردند که آن‌ها را به تأمل در مورد مفاهیم دریافتی یا ایده‌های روش‌شناختی به چالش می‌کشید. نمونه‌های برجسته شیمی‌دانان فلسفی در اوایل قرن بیستم عبارت بودند از بنجامین برودی^۳، فرانتیسک والد^۴، ویلهلم استوالد^۵ و پیر دوهم^۶ و فیلسوفان دیگری مانند فردریش پانت^۷ که کارهای او در مورد ایزوتوپی او را به تفکر در مورد مفهوم عناصر شیمیایی واداشت (پانت، ۲۰۰۳: ۱۱۳) و یا مفهوم علیت در شیمی از مطالعات آلوین میتاش^۸ در مورد کاتالیز شیمیایی ناشی شد (میتاش، ۱۹۴۸: ۷۴۷). مایکل پولانی^۹ در مواجهه با بی‌میلی دانشمندان شناخته شده برای پذیرش نظریه‌های خود و بر اساس تجربیات دقیق خود در علم آزمایشگاهی، روش‌شناسی عقل‌گرایی را با فراخواندن عوامل اجتماعی و نقش دانش ضمنی به چالش کشید (پولانی، ۱۹۵۸).

ادوارد تی. کالدین^{۱۰}، که مانند هر شیمی‌دان دیگری عمدتاً در آزمایشگاه کار می‌کرد، استدلال کرد که روش رایج پوپری^{۱۱} در آن زمان به سادگی نمی‌تواند نقش آزمایش‌ها در علوم تجربی و نحوه برخورد دانشمندان با نظریه‌ها را درک کند (کالدین، ۱۹۵۹: ۲۰۹؛ ۲۰۰۲: ۱۰۳).

1. Engels

2. Comte

3. Benjamin Brodie

4. Frantisek Wald

5. Wilhelm Ostwald

6. Pierre Duhem

7. Friedrich Paneth

8. Alwin Mittasch

9. Michael Polanyi

10. Edward T. Caldin

11. Popperian methodology

از اواخر دهه ۱۹۷۰، شیمی‌دانان نظری، که سخت بر روی توسعه مدل‌های شیمیایی کوانتومی برای اهداف شیمیایی کار می‌کردند، شروع به زیر سوال بردن دیدگاه تقلیل‌گرایی در میان فیلسوفان علوم غربی نمودند (دیدگاهی که اذعان می‌کرد می‌توان مفاهیم و قوانین شیمیایی را به سادگی از اصول مکانیک کوانتومی مشتق نمود). گای وولی^۱، در مقاله‌ای بنیادی، استدلال کرد که مفهوم ساختار شیمیایی را نمی‌توان از مکانیک کوانتومی استنتاج کرد (وولی، ۱۹۷۸: ۱۰۷۳). هانس پریماس^۲ (۱۹۸۱) کتابی را کاملاً به موضوع تقلیل‌گرایی اختصاص داد و استدلال کرد که کل‌گرایی مکانیکی کوانتومی اجازه نمی‌دهد که گزاره‌هایی در مورد موضوعات مربوط به شیمی بدون فرضیات بیشتر استخراج شود. جوزپه دل‌ری^۳ و کریستوف لیگنر^۴ پدیده‌های شیمیایی را در سطح بالاتری از پیچیدگی که از سطح مکانیکی کوانتومی سرچشمه می‌گیرند اما به سطح مکانیکی کوانتومی تقلیل نمی‌یابد، قرار دادند (لینگر؛ دل ری، ۱۹۸۷ الف: ۱۶۵؛ ۱۹۸۷ ب: ۲۶۹). از آنجایی که مرز بین فلسفه و تاریخ علم هرگز به وضوح ترسیم نشده است، تعجب‌آور نیست که بسیاری از مورخان شیمی با پرداختن به مسائل فلسفی گذشته به این رشته نزدیک شدند، که دو مورد از آن‌ها برای مدتی در میان موضوعات تاریخی شیمی در رتبه‌های بالایی قرار گرفته بودند. یکی مسئله متافیزیکی اتمی و دیگری مسئله پیشرفت‌های نظری در این زمینه است که نمونه آن تلقی توماس کوهن^۵ از «انقلاب شیمی» است. البته هر دو موضوع بسیاری از فیلسوفان را نیز به خود جذب کردند، به ویژه موضوع دوم، که آغازگر همکاری و رقابت و سیل مطالعات موردی بود. مطالعات موردی فیلسوفان که به دلیل سختگیری تاریخ‌نگاری همکارانشان به چالش کشیده شده بودند، اغلب تفاوت چندان با آثار تاریخی نداشتند، مگر به دلیل جاه‌طلبی بیشتر آن‌ها برای اینکه آن‌ها را به عنوان یک مورد موافق یا مخالف یک موضع کلی مطرح کنند، مانند طرفداران یا مخالفان پوپر^۶، کوهن^۷، لاکاتوس^۸ و غیره. با این حال، انتخاب رویدادهایی در شیمی به‌عنوان شواهدی برای روش‌شناسی کلی در علم، به سختی یک استدلال قطعی است و نمی‌تواند به عنوان فلسفه شیمی به حساب آید.

۳. ظهور فلسفه شیمی از سال ۱۹۹۰: سازماندهی اجتماعی

بارزترین تمایز بین دوره قبل و ظهور فلسفه شیمی در دهه ۱۹۹۰، استقرار و سازماندهی اجتماعی آن بود. در حالی که دانشمندان سابق در انزوا نسبی کار می‌کردند، نسل جدید به دنبال تماس با یکدیگر و تبادل نظر بودند. از اواخر دهه ۱۹۸۰، شیمی‌دانان، فیلسوفان و مورخان شیمی شروع به گردهمایی در گروه‌های کاری کم و بیش رسمی با جلسات منظم در بسیاری از کشورها کردند. علاوه بر این، در زمانی که وجهه عمومی از شیمی در بدترین حالت خود بود، از صنایع شیمیایی فراخوانی برای ایجاد پل‌هایی بین شیمی و علوم انسانی وجود داشت (میتل استراو، ۱۹۹۲؛ ماسکوف، ۱۹۹۳).

در سال ۱۹۹۴، جلسات ملی به یک سری کنفرانس‌های بین‌المللی در لندن تبدیل شدند. از سال ۱۹۹۷، روابط بین‌المللی تأسیس رسمی انجمن بین‌المللی فلسفه شیمی با سمپوزیوم‌های تابستانی سالانه را امکان‌پذیر کرد (برادفورد، انگلستان، ۱۹۹۷؛ کمبریج، بریتانیا، ۱۹۹۸؛ کلمبیا و ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۹؛ یونان، ۲۰۰۰؛ لهستان، انگلستان، ۲۰۰۱؛ واشنگتن، دی سی، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲). دو مجله راه‌اندازی شد، هایل^۹، مجله بین‌المللی فلسفه شیمی از سال ۱۹۹۵ و مجله مبانی شیمی^{۱۰} از سال ۱۹۹۹ که در مورد جنبه‌های فلسفی، تاریخی، آموزشی، فرهنگی و مفهومی شیمی مطالبی ارائه می‌دهند. ظهور موازی فناوری‌های اینترنتی که اساساً به ایجاد یک جامعه جدید و جذب مخاطبان گسترده‌تر کمک می‌کرد برای اهداف بسیاری به کار گرفته شدند

۴. کشف مجدد آثار کلاسیک فلسفی

1. Guy Woolley

2. Hans Primas

3. Giuseppe Del Re

4. Christoph Liegener

5. Thomas Kuhn

6. Popper

7. Kuhn

8. Lakatos

9. Hyle

10. Foundations of Chemistry

در تعداد زیادی از مطالعات اخیر مشاهده شده است که غفلت تاریخی از شیمی تا حدی ساخته مورخان فلسفه است که به سادگی آنچه را که کلاسیک‌های فلسفی درباره شیمی می‌گفتند نادیده گرفتند. یک نمونه بارز آخرین اثر کانت است که قبل از اوایل قرن بیستم منتشر نشد. این اثر حاوی بازبینی کاملی از فلسفه نظری سابق او در زمینه شیمی جدید لاووازیه بود (واسکونی، ۱۹۹۹). همچنین نوشته‌های هگل^۱ در مورد شیمی که اخیراً مورد بررسی‌های علمی قرار گرفته است جزء مشهورترین کتاب‌های او است (انگلهارت، ۱۹۷۶).

۵. مبارزه با تقلیل گرایی

هنوز یک موضوع مهم در فلسفه شیمی امروزی موضوع تقلیل - نه از زیست‌شناسی به شیمی، بلکه از شیمی به فیزیک - است. نقد تقلیل‌گرایی نقش‌های متفاوتی را بازی می‌کند. اول، درک دقیق‌تر و فنی‌تری از محدودیت‌های رویکردهای مکانیکی کوانتومی به شیمی ارائه می‌دهد و از این طریق حوزه‌های مستقلی را برای فلسفه شیمی تعریف می‌کند. به عنوان مثال، در یک سری از مقالات، اریک اسکری^۲ (۱۹۹۱) به طور قانع‌کننده‌ای استدلال کرده است که روش‌های مکانیکی کوانتومی قادر به محاسبه پیکربندی الکترونی دقیق در اتم‌ها نیستند. از زمان نظریه اتمی اولیه بور، مسلم انگاشته شده است که پیکربندی الکترونی اتم‌ها خواص شیمیایی و در نتیجه مکان هر عنصر را در جدول تناوبی تعیین می‌کند. تقلیل سیستم تناوبی به مکانیک کوانتومی بر این اساس ادعا شد که پیکربندی الکترونی دقیق را می‌توان برای هر اتم براساس مکانیک کوانتومی محاسبه کرد، به طوری که نظم شیمیایی کامل سیستم تناوبی را می‌توان از اصول اولیه آن به دست آورد. از آنجایی که تحلیل فلسفی جدید برای سیستم تناوبی باز است اکنون معلوم شده است که این ادعا بسیار عجولانه بوده است. استدلال‌های مشابهی را می‌توان در رابطه با مفهوم ساختار مولکولی یافت، که قبلاً ادعاهای تقلیل‌گرایانه‌ای برای آن مطرح شده بود.

دوم، نقد تقلیل‌گرایی در پایین آوردن سطح شیمی به مکانیک کوانتومی، تقلیل‌گرایی را به عنوان یک موضع کلی متافیزیکی، معرفت‌شناختی یا روش‌شناختی به چالش کشید و بدین ترتیب به فلسفه عمومی کمک کرد.

سوم، هنگامی که تقلیل‌گرایی اعتبار خود را برای تضمین وحدت علوم از دست داد، روابط جدید بین علوم، مانند شباهت‌های ساختاری و بین رشته‌ای بودن علوم، مورد بررسی‌های فلسفی و تاریخی قرار گرفت (دانا، ۱۹۸۸؛ جانچ؛ پساروس، ۱۹۹۸؛ رینهارت، ۲۰۰۱).

۶. تجزیه و تحلیل ساختار شیمی

از آنجایی که هر رشته علمی مفاهیم، روش‌ها و نظریه‌های بنیادی خود را دارد، فلسفه شیمی زمانی به مرحله بلوغ می‌رسد که به اصطلاح روی ویژگی‌های شیمی تمرکز داشته باشد. این امر نه تنها مستلزم داشتن صلاحیت مضاعف در علم شیمی و فلسفه است، بلکه به درک عمیق تاریخ شیمی نیز نیاز دارد، زیرا رشته‌های علمی کنونی ما، با همه ویژگی‌هایشان، طی روند توسعه موجودیت‌های تاریخی داشتند. بنابراین، بر خلاف فیلسوفان عمومی علم، فیلسوفان شیمی با مورخان شیمی یکی شده تا مفاهیم، روش‌ها و نظریه‌های اساسی در شیمی مدرن را تحلیل کنند. در دهه گذشته کارهای زیادی در این زمینه انجام شده است که می‌توان فهرست مختصری از مهم‌ترین موضوعات را در اینجا ارائه داد. تحلیل‌های فلسفی و تاریخی چندین مفهوم اساسی از جمله عنصر شیمیایی، ماده خالص، گونه‌های شیمیایی، ترکیب، میل ترکیبی، واکنش شیمیایی، اتم، ساختار مولکولی و آروماتیک بودن را پوشش داده‌اند (ون برکل، ۲۰۰۰؛ پساروس، ۱۹۹۹؛ شومر، ۱۹۹۶؛ براش، ۱۹۹۹). اخیراً روش‌های شیمیایی بر روش‌های عملی، مانند آزمایش و استفاده از ابزار دقیق (باپرد، ۱۹۹۳؛ لور، ۲۰۰۰)، سنتز شیمیایی (شومر، ۱۹۹۷؛ ۱۹۹۶) و همچنین بر روش‌های ادراکی، مانند زبان تصویری شیمی (لازلو، ۲۰۰۳) و استفاده از اشکال و مدل‌های مختلف متمرکز داشته‌اند. با توجه به نظریه‌های شیمیایی، ساختارهای ریاضی محوری فیزیک با اعتبار ظاهراً جهانی‌شان، فیلسوفان را از پذیرش آنچه شیمیدان‌ها، عملاً بدون هیچ تفاوتی در معنا،

¹. Hegel

². Eric Scerri

نظریه‌ها، مدل‌ها یا قوانین می‌نامند، بی‌میل کرد. بنابراین، به جز مطالعات فوق در مورد مدل‌های شیمی، بیشتر کارهای حاضر در مورد نظریه‌های شیمیایی به شدت به سمت تئوری یا شیمی کوانتومی و شیمی فیزیک است (نای، ۱۹۹۳؛ گاوروگلو، ۲۰۰۰).

۷. فراتر از مرزها

از قضا، فلسفه شیمی در زمانی ظهور کرد که فعالیت‌های علمی به طور فزاینده‌ای از مرزهای رشته‌ای به سمت تحقیقات مسئله‌محور فراتر رفتند. شیمی به شدت درگیر این فعالیت‌ها شد، از علم محیط‌زیست گرفته تا فناوری نانو، به طوری که فیلسوفان شیمی برای جدی گرفتن آن‌ها به چالش کشیده شده‌اند. علاوه بر مرزهای رشته‌ای علوم، مرزهای رشته‌ای نیز در فلسفه وجود دارد که فیلسوفان شیمی در آستانه فراتر رفتن از آن‌ها هستند. اگر «فلسفه علم» به معنای تأمل فلسفی در علم است، نیازی نیست که آن را به استدلال معرفت‌شناختی، روش‌شناختی و متافیزیکی محدود کنیم، همانطور که فیلسوفان فیزیک انجام داده‌اند. فلسفه حوزه بسیار غنی‌تری است و علمی مانند شیمی جنبه‌های جالب‌تر، گاهی حتی ضروری‌تری دارند که فیلسوفان می‌توانند به آن‌ها بپردازند. به عنوان مثال، اگرچه موضوعات اخلاقی در مورد شیمی به طور واضح در مجامع عمومی مورد بحث قرار گرفته است، از سلاح‌های شیمیایی گرفته تا مسائل زیست محیطی، اما اولین مجموعه مقالات در مورد اخلاق شیمی تا سال ۲۰۰۱ منتشر نشد (شومر، ۲۰۰۲-۲۰۰۱) و اگرچه به خوبی مشخص است که شیمیدان‌ها می‌توانند از انواع ابزارهای تجسم، از نقاشی‌های ساده گرفته تا واقعیت مجازی استفاده زیادی کنند، ولی تحقیقات سیستماتیک نقش زیبایی‌شناسی در تحقیقات شیمیایی تنها در سال ۲۰۰۳ انجام شد (شومر، ۲۰۰۳). بنابراین زمانی حیطة فلسفه در شیمی به رسمیت شناخته شد که موضوعات مختلف در فلسفه شیمی به وفور پدید آمدند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه اکثر فیلسوفان علم بر این باور بودند که شیمی به فیزیک تقلیل یافته است و اعتقاد داشتند که شیمی «ایده و سوال بزرگی» برای مقایسه با مکانیک کوانتومی و فرضیه نسبیت در فیزیک ندارد و با توجه به عدم علاقه نسبی آن‌ها به آزمایش و علوم تجربی، بر خلاف علوم نظری، دور از انتظار نبود که فیلسوفان تمایل به نادیده گرفتن علوم تجربی مانند شیمی را داشته باشند. شکل‌گیری اندیشه‌ها و دیدگاه‌های جدید در مورد شیمی سبب شد تا در طول ده‌های گذشته، علاقه واقعی به حوزه فلسفه شیمی افزایش پیدا کند. تمام تصورات نادرست زیر سوال رفته و فیلسوفان علم اکنون متوجه شده‌اند که در حالی که توجه زیادی به فیزیک و بعد از آن به زیست‌شناسی داشته‌اند، تقریباً به طور کامل علم شیمی را نادیده گرفته‌اند.

در عین حال، چندین شیمیدان و مفسر، کتاب‌ها و مقالاتی عمیقاً تأمل برانگیز به رشته تحریر در آورده‌اند که در آن‌ها ماهیت اساسی شیمی و شیوه‌های شیمی‌دانان و شیوه خاص تفکر آن‌ها را بررسی می‌کند. از جمله آثار تولید شده توسط فیلسوفان شیمی، تحلیل انتقادی از مسئله تقلیل شیمی به فیزیک (اسکری؛ مک اینتایر، ۱۹۹۷) است، چیزی که به نظر می‌رسد از سوی نسل قبلی فیلسوفان به عنوان نتیجه‌ای روشن از پیش‌تلقی می‌شد. اصطلاح تقلیل، به دیدگاه رو به افزایشی اشاره دارد که تأثیر زیادی بر شیمی داشته است، مبنی بر اینکه همه سؤالات عمیق در علم را می‌توان با تکیه به نظریه‌های اساسی‌تر موجود در فیزیک حل کرد. به طور مشابه، بسیاری از حوزه‌های دیگر شیمی، از طریق اصول فیزیکی به جای تمرکز بر جنبه‌های کیفی و تنوع پدیده‌های مشاهده شده مورد بررسی قرار می‌گرفتند. با این حال، در مورد شیمی، حداقل دو مسئله این رویکرد شامل تقلیل شیمی به فیزیک را بسیار مشکل‌ساز می‌کند. اولاً، به هیچ وجه روشن نیست که شیمی دارای قوانین دقیق مشابه قوانین حرکت نیوتن یا سایر قوانین فیزیکی است. ثانیاً، با توجه به فقدان نسبی نظریه‌های ریاضی دقیق در علوم شیمی، به نظر می‌رسد که بدیهی‌سازی مفهوم شیمی نسبتاً ضعیف است. به همین دلیل است که فیلسوفان شیمی رویکرد جایگزینی را اتخاذ کرده‌اند و میزان قابل پیش‌بینی بودن داده‌های شیمیایی را از اصول اولیه مورد بررسی قرار دادند؛ اما در حال حاضر مشخص است که شیمی قوانینی دارد، با این حال، قوانین آن با قوانین معمول در فیزیک متفاوت است.

در سال‌های اخیر تعدادی از فیلسوفان و دانشمندان شیمی بر روی فلسفه شیمی تمرکز کرده‌اند؛ فیلسوف هلندی، جاپ ون برکل^۱، که فلسفه شیمی را در ۲۰۰۰ میلادی به رشته تحریر درآورد و همچنین فیلسوف-شیمی‌دان مالتی؛ اریک اسکری^۲، سردبیر

¹. Jaap van Brakel

². Eric Scerri

مجله «مبانی شیمی»^۱ و مؤلف فلسفه هنجاری و توصیفی علم و نقش شیمی در فلسفه شیمی در ۲۰۰۴ میلادی؛ از فیلسوفان این زمینه هستند؛ همچنین لازم است ذکر شود که اسگری به طور خاص به بنیان‌های فلسفی جدول تناوبی و این که چه طور فیزیک و شیمی در ارتباط با آن با هم در ارتباط هستند، علاقه‌مند است؛ چیزی که وی استدلال می‌کند صرفاً مسئله‌ای مربوط به علم نیست، بلکه مربوط به فلسفه نیز است.

References

- Baird, Davis. (1993). "Analytical chemistry and the "Big" scientific instrumentation revolution, *Annals of Science*, 50(3), 267–290.
- Brush, S.G. (1999). Dynamics of theory change in chemistry, parts 1 & 2. *Studies in History and Philosophy of Science* 30A, 21–79, 263–302.
- Burbidge, John W. (1996). *Real Process: How Chemistry and Logic Combine in Hegel's Philosophy of Nature*, Toronto: Toronto University Press.
- Caldin, Edward Francis. (1959). Theories and the development of chemistry. *British Journal for the Philosophy of Science*, 10: 209–222.
- Caldin, Edward Francis. (2002). "The Structure of Chemistry in Relation to the Philosophy of Science", *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 8: 103-121.
- Danaher, William J. (1988). *Insight in Chemistry*, University Press of America.
- Engelhardt, Dietrich von. (1976). *Hegel und die Chemie: Studie zur Philosophie und Wissenschaft der Natur um 1800*, Wiesbaden: Pressler.
- Gavroglu, Kostas. (2000). *Theoretical chemistry in the making: appropriating concepts and legitimising techniques*. Special issue of *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 31(4).
- Janich Peter, Psarros Nikolaos. (1998). *The Autonomy of Chemistry: 3rd Erlenmeyer-Colloquy for the Philosophy of Chemistry*, Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Kovac, Jeffrey. (2015). Ethics in Science: the unique consequences of chemistry. *Accountability in Research*, 22(6): 312–329.
- Labarca, Martin M. & Lombardi, Olimpia. (2010). Why Orbitals Do Not Exist? *Foundations of Chemistry*, 12(2): 149-57.
- Laitko, Hubert. (1996). Chemie und Philosophie: Anmerkungen zur Entwicklung des Gebietes in der Geschichte der DDR. in: Psarros, N., Ruthenberg, K., and Schummer, J. (eds.), *Philosophie der Chemie: Bestandsaufnahme und Ausblick*. Würzburg: Königshausen & Neumann, 37–58.
- Laszlo, P. (2003). Foundations of Chemical Aesthetics. *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9: 11–32.
- Liegner, Ch. and Del Re, G. (1987a). Chemistry versus physics, the reduction myth, and the unity of science. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 18: 165–174.
- Liegner, Ch. and Del Re, G. (1987b). The relation of chemistry to other fields of science: atomism, reductionism, and inversion of reduction. *Epistemologia*, 10, 269–283.
- Manafu, Alexandru. (2014). How Much Philosophy in the Philosophy of Chemistry? *Journal for General Philosophy of Science*, 45: 33–44.
- Mauskopf, Seymour H. (1993). *Chemical Sciences in the Modern World*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Mittasch, Alwin. (1948). Von der Chemie zur Philosophie, *J. Ebner Verlag, Ulm*, 747-759.
- Mittelstraß, Jürgen; Stock, Gunter. (1992). Chemie und Geisteswissenschaften: Versuch einer Annäherung. *Akademie-Verlag*.
- Mulder, Peter. (2010). On the Alleged Non-Existence of Orbitals. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41: 178-182.
- Nye, Mary Jo. (1993). *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800–1950*, University of California Press.

¹. Foundations of Chemistry

- Paneth, F.A. (1962). The epistemological status of the chemical concept of element, parts I & II. *British Journal for the Philosophy of Science*, 13(49): 1-14, 13 (50): 144-160. (This was reprinted in *Foundations of Chemistry*, 5(2): 113-145.)
- Polanyi, Michael. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*. University of Chicago Press.
- Primas, Hans. (1981). *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism: Perspectives in Theoretical Chemistry*, Berlin: Springer.
- Primas, Hans. (2004). Can we reduce chemistry to physics? *The World and I*, 19(12).
- Psarros, Nikolaos. (1999). *Die Chemie und ihre Methoden. Eine philosophische Betrachtung*, Wiley-VCH.
- Reinhardt, Caresten. (2001). *Chemical Sciences in the Twentieth Century: Bridging Boundaries*, Wiley-VCH.
- Sendur Gulden, Polat Merve, Kazancı Coskun. (2017). Does a course on the history and philosophy of chemistry have any effect on prospective chemistry teachers' perceptions? The case of chemistry and the chemist. *Chemistry Education Research and Practice*, 18 (4): 601–629.
- Scerri, Eric R.; McIntyre, Lee. (1997). *Synthese*, 111: 213–232.
- Scerri, Eric R. (2012) Top-down causation regarding the chemistry-physics interface: a sceptical view. *Interface Focus*, 2(1): 20-25.
- Scerri, Eric Robert. (2011). What is an element? What is the periodic table? And what does quantum mechanics contribute to the question? *Foundations of Chemistry*, 14(1), 69–81.
- Scerri, Eric Robert. (2012). Has the Periodic Table been Successfully Axiomatized? in A. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham, *Handbook of the Philosophy of Science*, 91–105, Oxford: Elsevier.
- Scerri, Eric Robert. (1991). The electronic configuration model, quantum mechanics and reduction. *British Journal for the Philosophy of Science*, 42, 309–325.
- Scerri Eric Robert. (1994). Has chemistry been at least approximately reduced to quantum mechanics? *PSA Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1: 160–170
- Schummer, Joachim (1996) *Realismus und Chemie. Philosophische Untersuchungen der Wissenschaft von den Stoffen*, Ko'nigshausen & Neumann.
- Schummer, Joachim. (1997). Scientometric studies of chemistry, parts 1-2, *Scientometrics* 39, 107–123, 125–140.
- Schummer, Joachim (ed.) (2001–2002). *Ethics of Chemistry, Special Issue of Hyle*, 7(2); 8(1).
- Schummer, Joachim; Spector, T. (2003). *Aesthetics and visualization in chemistry*, special issue of Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry, 9(1-2).
- Schummer, Joachim. (2003). The philosophy of chemistry, *Endeavour*, 27(1), 37-41.
- Schummer, Joachim. (2006). Philosophy of Chemistry, in D. Borchert, *Encyclopedia of Philosophy* (2 ed.). New York: Macmillan.
- Vasconi, Paola. (1999). *Sistema delle Scienze Naturali e Unita` del la Conoscenza nell'ultimo Kant*, Firenze, Olschki.
- Van Brakel, Jaap. (1999). On the Neglect of the Philosophy of Chemistry. *Foundations of Chemistry*, 1(2): 111–174.
- Van Brakel, Jaap. (2006). Kant's Legacy for the Philosophy of Chemistry, in: D. Baird, E. Scerri; L. McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry*, Netherlands: Springer, 242: 69-91.
- Van Brakel, Jaap. (2000). *Philosophy of Chemistry: between the Manifest and the Scientific Image*, Leuven: Leuven University press.
- Van Brakel, Jaap. (2014). Philosophy of Science and Philosophy of Chemistry. *Hyle: an International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 20(1):11-57.
- Woolley, R.Guy. (1978). Must a molecule have a shape? *Journal of the American Chemical Society*, 100(4): 1073–1078.