

门捷列夫元素周期律的科学哲学研究

吴蜀江

(武汉大学哲学系, 湖北 武汉 430072)

摘要:从科学理论结构观和科学研究纲领方法论的角度,分析了门捷列夫元素周期律,发现了门捷列夫元素周期律是一个典型的案例,值得科学哲学界重视。

关键词:门捷列夫元素周期律;理论结构观;科学研究纲领方法论

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2003)12-0096-03

0 前言

科学哲学是现代哲学的一个分支,它是对科学理论的一种哲学反思。主要是探讨科学中的方法论、认识论和逻辑等问题。作为分科的科学哲学之一的化学哲学目前并没有形成象样的学科体系,其研究在国际上也不太成熟。因此,我们选择门捷列夫元素周期律进行个案研究。

1 门捷列夫周期律是一个标准的科学理论体系

1869年,门捷列夫提出化学元素按照相对原子质量的大小依次排列,元素的化学性质和物理性质能够出现周期性的变化。他称之为化学元素周期律,化学元素周期表是化学元素周期律的具体表现。在与周期表一同发表的论文中,已经包括了周期律以后几年中所详细研究的所有最重要的论点。这里扼要地提及下列几点:①元素按原子量进行排列,在性质上呈现明显的周期性;②原子量的大小决定元素的特征;③根据元素周期表,可以预知未来的元素;④已知某元素同类元素,可以校正该元素的原子量。

按照内格尔对实验定律与理论区分的三个根据:

第一,“实验定律之不同于理论的最突出的特点,也许就是这一特征在实验定律中,每个‘描述性’(亦即非逻辑的)常项与至

少一个公开程序相联系,当某些指定的条件得以实现时,这一程序用来断言这个常项具有某个可以由观察鉴定出来的特性。但一般来说,不是理论中的每个描述性常项都具有这一特征”。联系到门捷列夫理论举例来说,“周期性”这一基本词项就是所有“按照元素原子量的大小排列起来的元素”呈现出来的性质,无法与一个具体程序单独实现出来。

第二,理论不可能是只从观察资料中得出来的直接经验的概括,理论总有其“心灵的自由创造”的成份。正如门捷列夫自己所说:“单是事实的收集,哪怕收集得非常广泛;单是事实的积累,哪怕积累得毫不遗漏,都还不能使你获得掌握科学的方法,不能向你提供进一步的保证,甚至还不能使你有权照科学这个名词的高级意义来把它叫做科学”。这里的科学这个名词的高级意义即科学理论。

第三,“值得顺便提及实验定律和理论另一个引人注目的区别。一个实验定律无一例外地是用一个单一的陈述来表达的,而一个理论则几乎毫无例外地是几个相关陈述的体系”。门捷列夫理论不是单称陈述,而是包含一系列具有普遍意义的理论陈述。例如,门捷列夫在1870年的《化学元素的周期规律性》一文中是这样总结周期律的作用和范围:①用来拟定元素系统;②用来确定未被充分研究的元素的原子量;③用来确定某些未知元素的性质;④用来校正原子量的数

值;⑤用来扩充关于化学化合物的形成的知识。并得出结论说:这样一来,这个定律使我们毫不果断地建立了尽可能完整的体系。综上所述,门捷列夫元素周期律是一个标准的科学理论体系。

2 门捷列夫元素周期律的理论结构

按照内格尔的区分,科学理论有三个主要部分:①一种抽象的演算,它是该系统的逻辑骨骼,且隐含地定义了这个系统的基本概念;②一套规则,通过把抽象演算与具体的观察实验材料联系起来,这套规则实际上便为该抽象演算指定了一个经验内容;③对抽象演算的解释或模型,它按照那些或多或少比较熟悉的概念材料或可以形象化的材料使这个骨骼变得有血有肉。门捷列夫元素周期律有标准的理论结构如附表所示。

对一般科学理论来说,假说对应规则、经验内容三者关系不完全对应的話,门捷列夫元素周期表则是最恰如其分的对应规则,可以说,是对应规则最优秀的例子,甚至我们可以从中分析出以前对对应规则认识不清的地方,推动科学哲学进步。

3 门捷列夫元素周期律研究纲领

正如象牛顿研究纲领中的运动三定律和万有引力定律有坚韧的硬核一样,门捷列夫元素周期律研究纲领的硬核是:原子量的大小决定元素的特征,正像质量的大小决定

收稿日期:2003-06-09

作者简介:吴蜀江(1963-),武汉大学哲学系研究生,主要从事科学哲学的研究。

附表

门捷列夫元素周期

假说	按照元素原子量的大小排列起来的元素, 呈现出明显的性质上的周期性
对应规则	门捷列夫元素周期表
经验内容	①原子量的大小决定元素的特征 ②人们应该预料到许多未知单质的发现 ③当我们知道了某元素的同类元素以后, 有时可以修正该元素的原子量 ④元素的某些同类元素将按它们原子量的大小而被发现

复杂物质的性质一样。元素的性质, 周期地随着它们的原子量而改变。

1869年2月17日(俄历3月1日), 在化学和整个物质学说的历史上出现了一个最伟大的发现, 这一天, 门捷列夫发现了化学元素周期律。这个发现是门捷列夫按照元素原子量的顺序变化, 一个挨着一个地写出来, 并且比较了元素的全部自然族, 从而发现元素在这种排列下, 其化学性质呈现周期性的重复, 由此发现了周期律。其主要内容是: “按原子量大小排列的元素, 性质上表现出明显的周期性”。1903年, 门捷列夫继续发挥这一思想, 他在《元素属性和原子质量的关系》一文中写到: 在我自己致力于物质研究时, 我在它那里看到两种这样的特征或性质: 质量——它占有空间, 并且表现在引力中, 而最明显和最实在地表现在重量上; 特性——它表现在化学变化中, 而最明显地以化学元素概念表现出来。当考虑物质的时候, 除了关于物质原子的一切观念以外, 对于我们来说, 不能回避两个问题: 给出多少和给出什么物质, 使得质量和化学作用的概念与之相适应……。因此无意中就产生了这样的思想, 即在元素质量和化学特性之间必然存在着联系, 既然物质的质量……最终在原子形式中表现出来, 那么就应当寻找元素的个别性质和元素原子量之间的函数关系”。可见, “元素的性质是由原子量来标志的, 并会随它们的原子量而周期性地改变”成了门捷列夫元素周期律的“硬核”。

牛顿的研究纲领中启发法是一套包括微积分在内的描述自然界严格按因果方式运行的数学工具, 而门捷列夫的研究纲领中的启发法正是体现在周期律的元素周期表中。这些方法论规则又分为反面启发法和正面启发法。正面启发法是从肯定的方面积极推进纲领发展的一整套策略性提示或程序。反面启发法则从否定的方面告诉我们要避

免哪些研究道路, 尤其是禁止通过否定后件式来对准纲领的“硬核”。也就是说正面启发法是进攻策略, 反面启发法则是防御策略, 后者直接保护硬核。门捷列夫写道: “在相似元素的对比中, 依我看来, 包含着一个能使我的先行者一样, 也采纳了那些相似元素的族, 但我的目的是要研究这些族的相互关系中的规律性。这样我就得出上述的一般原则, 这个原则适用于所有元素并能包括过去所发表的同属。并且还能产生过去不可能产生的后果”。可见, 成功的研究纲领是在竞争中发展起来的。而在门捷列夫公布了他的元素周期律后的1870年, 迈耶尔提出一个稍有区别的元素系统时, 仍然总结性地写道: 如果在这些不可靠的基础上, 来变动现在通用的原子量, 恐怕是过于早些。门捷列夫以全然不同的态度来对待这个问题。他深信自己发现了自然的最重要规律之一, 并在对已有的实验数据作评价时大胆地把它作为基础。为了显示周期律的严整性, 就必须不顾当时已知的某些元素的原子量的数值, 来排列某些元素(Os, Ir, Pt, Au, Te, I, Ni, Co); 必须改变其他元素(In, La, Y, Er, Ce, Th, U)原子量的数值; 最后, 还必须容许多尚未发现的元素有存在的可能性。这段话简直就像拉卡托斯论述反面启发法时的口气。“反面启发法规定纲领的‘硬核’, 根据纲领的支持者的方法论决定, 这一硬核是不可反驳的”。门捷列夫元素周期律硬核已经形成, 为了保护硬核, 就要不顾当时已知的元素原子量的数值, 按自身纲领来排列某些元素, 甚至改变原子量或发现新的元素来填空。

研究纲领的正面启发法与硬核之间存在着深刻的联系。正面启发法作为策略性的示向原则能提供一系列的建议或暗示来充实研究纲领, 为的是使研究纲领能对所研究对象作出合理的说明和预言, 它告诉我们需要寻求哪些道理, 告诉我们怎样设计有可能将其明显的反证据挽救出来的辅助假说, 也就是应当怎样去修正和精练保护带。门捷列夫不仅假定了某些还未被发现的元素的存在, 他并且根据周期律推算出了这些元素的详细的化学特征。门捷列夫从关于元素周期性的核心假说中, 直接引申出自己独特的正面启发法。他对此论述如下: 如某一族中有元素 R_1, R_2, R_3 , 同时在某一排中包含了这些

元素中的一个元素如 R_2 , 而 R_2 的前面是元素Q, 后面是元素T, 那根据 R_1, R_3, Q, T 等元素的性质, 就可以确定元素 R_2 的性质。 R_2 的原子量就等于 $1/4(R_1+R_3+Q+T)$ 。例如硒是在第6族中硫($S=32$)和碲($Te=127$)之间, 而在第5排中硒的前面是砷($As=75$), 后面是溴($Br=80$); 因此, 硒的原子量= $1/4(32+127+75+80)=78.5$ P这个数字与实际值很相近。就这样, 门捷列夫将元素周期律的抽象的纲领性思想, 一下子转变成具体可操作的方法论程序了。

所谓的保护带则主要由辅助假说组成, 根据这些辅助假说可确立初始条件。反面启发法规则是禁止反常事实的矛头通过将否定后件式对准“硬核”; 而正面启发法规则是“不受‘反常’困扰, 通过运用我们的独创性来阐明甚至发明辅助假说系统地、有计划地应用辅助假说来消解‘反常’, 发展自己的研究纲领。门捷列夫对于元素周期律硬核, 除了根据周期表结合元素的比重及化合物化学性质等的辅助假说的保护带进行保护外, 同时还通过周期表的设置空位来进行预测, 从而展示研究纲领和硬核的启发力量。比如门捷列夫按自身纲领来排列其元素周期表, 为当时未发现的元素留出不少空位, 并根据周期表对原子量的大约44, 68和72的三种元素的性质作最详细的预言。1871年, 门捷列夫在《元素的自然体系和运用它指明某些元素的性质》一文中讲到: “在这一族第五列元素中, 紧接在铟后面应具有原子量接近68的一个元素。因为这个元素在第III族, 紧接在铝的下面, 所以我们称它为类铝。……这个金属的性质向铟的性质过渡, 完全可以设想, 这个金属将比铝具有较大的挥发性, 因此它将有希望在光谱的研究中被发现”。1875年法国化学家布瓦邦德郎发现了一个新元素, 他把它命名为镓(Ga), 其原子量为69.7, 4年后瑞典化学家尼尔森和克里夫又分离出原子量为45.1的元素, 称为铈。最后于1886年德国化学家芬克勒发现了锗(Ge), 并指明它的原子量为72.6。随后, 对于这三种元素及其化合物的研究, 发现了在实验上所找到的性质和门捷列夫预测的非常符合。总之, 对硬核的保护, 除了通过周期表的设置空位, 还根据周期表结合元素的比重及化合物等化学性质的辅助假设保护带进行预测。正如芬克勒在自己的论文中写道:

“无可怀疑的,这个新发现的元素不是别的,正是门捷列夫在15年前所预言的类砷。恐怕不能找到比发现了假设的类砷元素那样更为惊人的关于周期性学说的正确性的证明吧。这不是单纯地证明了这个勇敢的学说:我们在这里看到了化学领域的显著扩展以及知识领域内伟大的迈进”。

换言之,通过保护带,不仅构成了理论上进步的问题转换,也产生了一个被观察到的新事实,构成了经验上进步的问题转换,最终实现整体的进步的问题转换。形成了进步的“门捷列夫元素周期律研究纲领”。

4 总结

通过前面门捷列夫元素周期律的理论结构分析和门捷列夫元素周期的研究纲领方法论研究,我们发现,门捷列夫周期律实质上是科学史上十分罕见的作为科学哲学中科学方法论研究的绝妙的典型案例。然而,由于种种复杂的历史原因,门捷列夫元素周期律研究纲领并没有引起科学哲学研究者应有的重视,它并没有像亚里士多德物理学、哥白尼天文学、伽利略近代物理学、牛顿力学、麦克斯韦电磁理论、爱因斯坦相对论和量子力学那样得到很好的对待。国内外虽有门捷列夫学的研究,确认门捷列夫周期系理论诞生以来,已有3条基本发展线索,从化学和物理学的角度,深化与完善元素周期系理论的工作,主要是由莫斯莱、薛定谔、西博格等西方学者完成的。从科学史与科学创造心理学的角度,创立以详尽考证与剖析门捷列夫的理论及其他学术遗产,发掘其科学与哲学意义为学术使命的门捷列夫的工作,主要是由苏俄学者凯德洛夫、特里福洛夫等人完成的;从方法论与交叉科学的角度,提炼出门捷列夫理论中的方法论内核,并将其系统移植于技术史、元素演化理论和出版学等一系列领域,由此开辟出门捷列夫学说从理论层次发展到方法论层次的研究方向,则主要是由中国学者王克强及其课题

组进行的。但是,第一条线索是从化学和物理学的角度进行,第二条线索是从科学史与科学创造心理学的角度进行,只有第三条是从方法论与交叉科学的角度进行。有学者认为王克强等人的工作是在自然辩证法传统中,在科学史上从方法论、认识论的高层次上拓展了著名科学家的理论研究成果,由此开辟将科学步步推向前进的科学发展道路的研究方向是一致的,因而值得重视。这第三条线索重点在方法论与交叉科学的角度,沿“门捷列夫周期系方法及其移植与提高”方向,创造性地提出《技术周期系图表》,“全息封面方法”、《教学书周期系图表》等新构想。

可是,作为科学哲学研究者群体中的一员,我们注意到,真正从科学哲学视角,尤其是在改革开放以来我国青年一代学者已经熟悉的科学哲学框架下,利用包括形式的分析,非形式的概念分析和历史的分析等方法的工作几乎还没有做。正如拉卡托斯所言,在撰写一个历史上的案例研究时,应采取下述步骤:①作出合理重建;②尝试将合理重建同实际历史进行比较,并对合理重建的缺乏历史真实性和实际历史的缺乏合理性作出批评。因此,在任何历史研究之前,必须先研究启发法:“没有科学哲学的科学史是盲目的”。

本文正是在这样的指导思想指引下,从科学理论的结构观出发,具体分析门捷列夫理论结构和门捷列夫元素周期律研究纲领方法论的形成过程。

只有这样才能更

好地研究门捷列夫周期律理论在化学和物理学上的扩展、科学和哲学意义以及“门捷列夫周期系方法及其移植与提高”。更进一步的意义是把门捷列夫元素周期律理论作为一个可研究其精细结构的典型科学哲学案例,推动科学哲学向纵深方向发展并与国际接轨。

参考文献:

- [1][美]内格尔.科学的结构[M].徐向东译.上海:上海译文出版社,2002.99-105.
- [2][苏]涅克拉索夫.普通化学教程[M].北京:人民教育出版社,1956.105.
- [3][美]内格尔.科学的结构[M].徐向东译.上海:上海译文出版社,2001.107.
- [4][苏]凯德洛夫.化学元素概念的演变[M].北京:科学出版社,1985.135.
- [5][苏]扎布罗茨基.门捷列夫的世界观[M].上海:三联书店,1959.
- [6]凌永乐.化学概念和理论的发现[M].北京:科学出版社,2001.155.

(责任编辑:焱 焱)



Study of Mendeleev Law From the View of Philosophy of Science

Abstract: According to the analysis of Mendeleev law from the View of the structure of theory and scientific research programmes. It shows that Mendeleev law is a good sample of philosophy of science.

Key words: mendeleev law; view of structure of scientific theories; methodology of scientific research programmes