

物理与化学符号体系的对比 及其对教学的启示*

李锡均 庄浩丽 肖凯龙

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2017-07-05)

摘要:从符号角度出发,以化学学科为参照,分析物理符号体系的特点.通过比较物理、化学在符号基本单元、符号关系两个层次上的异同,分析出两个学科在教法、学法上的区别与联系,并借鉴了化学方程网络图的优点,构建出了物理核心公式图,同时也给出了相应的教学建议.

关键词:对比研究 符号体系 高中物理

符号是近代自然科学理论的重要工具,在科学理论的论述中使用符号有着诸多优点.符号不仅能使科学理论以简洁、优雅的方式进行阐述,而且也使世界各地的人们能够跨越语言的障碍,促进学术的国际交流^[1].

物理与化学有着紧密的联系,是自然科学中的两个姐妹学科,也是高中生理科学学习的两个重点科目.这两个学科都有一套属于自己的符号系统,两套系统既有联系也有区别.对于化学符号体系的研究目前在中国知网上已能搜索到不少^[2~4],然而物理方面对此却鲜有研究.

古语有云:“以人为镜,可以明得失”.本文拟从符号的角度出发,以化学符号为“镜”,对两个学科的高中内容所涉及到的符号系统进行对比研究,借此对物理学科的本质和内涵有更深入的理解,对高中物理的教和学有所帮助.

1 符号基本单元的对比研究

1.1 联系

符号单元是组成符号体系的基本要素,通过对比可发现,物理和化学的符号单元皆为字母,且有着相同的选取原则,即取学科概念名称的首字母作为

对应符号.

如化学中的碳 C - Carbon,氢 H - Hydrogen 等,以及物理中的速度 v - velocity,质量 m - mass 等.与在数学中随意设未知数 x, y, z 等不同,这种做法能让符号在使用上具有规范性而国际统一性,并减小了学科理论在国际学术交流中的语言障碍,从而方便国际的学术交流和作.

1.2 区别

尽管物理和化学的符号表面上有一定程度的相似性,其内在的性质和内涵却仍有一定的不同.

1.2.1 对应对象及使用范围的不同

化学符号单元对应的碳、氢等在本质上是一种元素,或者是一种物质,因此化学符号的使用具有较强的针对性,如在有机领域会大量使用碳符号 C,讨论氧化还原问题时会大量使用氧符号 O 等.

另一方面,物理符号单元对应的速度、质量等本质是上则是物质的一个物理量.因此物理符号的使用则具有较大的广泛性,理论上无论在讨论力学、电学、光学、热学等问题的时候,都会用到质量 m ,速度 v 等符号.

1.2.2 符号组合方式上的不同

不同符号单元间的结合可以产生新的符号形

* 系广东省教育科研“十二五”规划 2015 年度研究项目“中学物理知识结构化教学策略实施研究”资助.

式,并用以表示更多的其他概念.

化学符号的结合通常是以不同符号单元以及数字间的排列组合进行的,以用于表示某种物质的元素构成,如在表示化合物二氧化碳、水等物质时,采用以C,H,O及数字相结合的 CO_2 、 H_2O 等,这种组合方式的命名法有良好的概括性,比如在以往单对硝酸钾这一种化合物,就有硝石、钾硝石、火硝、土硝等多个俗称,但通过化学符号组合成的化学式,只需 KNO_3 就可以进行表示了.

而物理符号的结合则通常在物理概念的互相定义中出现.通过学科分析,不难发现物理中很多物理量的概念是通过其他概念的四则运算定义法得出的,如动量被定义为是速度与质量的乘积,即 $p = mv$,而加速度则被定义为是速度对时间的求导,即

$a = \frac{dv}{dt}$ 等,皮亚杰在其《结构主义》一书中评论道,“物理学家用其中一些概念来给另一些概念下定义,以求保留某些守恒性原理,表示其有前后一贯性”^[5].而另一方面,这种定义的方式还能使诸多物理量所对应的单位符号不会过于庞杂,如动量的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$,而加速度 a 的单位则是 m/s^2 ,因此,学生在学习物理的时候,只要记住国际基本单位,便可以对各个物理量的单位有一个较好的把握了.

1.2.3 物理符号还有希腊字母

如表示密度用 ρ 来表示,机械效率用 η 表示等,这是因为与之相关的浮力定律以及机械构造都是古希腊科学家阿基米德所研究的内容.

通过上述讨论,两个学科符号基本单元间的区别与联系可用表1进行归纳.

表1 物理化学学科符号单元的对比

学科	符号类型	符号选取	例	对应对象	使用范围	组合方式
化学	字母	英语首字母	H,C	物质	特定	排列组合
物理		或希腊字母	m, v	物理量	普遍	四则运算

总的来说,化学符号由于对应的是物质,而且通过排列组合的方式进行结合,这使得化学符号具有很强的准确性和单义性^[6],即一个化学式只对应一种化合物等.不允许一个符号代表几个意义,这样就保证了符号不像文字那样模糊且容易引起歧义.但另一方面,由于化学世界中有成千上万种物质,因此在表示种类如此庞大的物质时,便需要使用元素周期表中上百个元素符号,配以数字互相排列组合,从而构建出各种各样的化学式.因此学生在学习各种各样的化学物质及其化学式时,需要花一定的精力对此进行记忆与梳理.

而物理符号则对应的是物理量,由于物理量是所有物体共有的,因此理论上每个物理符号都能应用于所有物理情境,其使用范围具有广泛性.然而,尽管物理量的种类及数量不如化学式那样浩如烟海,但用26个拉丁字母来表示的时候还是会显得不足,目前在物理中只能是尽量保证在同一物理学分支中不会出现一个符号对应多个物理量的情况,但在不同物理学分支间,这种情况就无法避免了,如字

母 f 在力学中表示摩擦力(friction),在电学中则表示频率(frequency),而在光学中则表示焦距(focal distance)等^[7].

对此,假如在物理情境中涉及到的物理量发生了对应符号的重合时,一般有以下补救方法:

(1) 用字母的大小写来加以区分,如压强用大写 P 表示,而动量则用小写 p 表示等.

(2) 在符号中加下标以示区别,如在电动力学问题中用 E 表示表示场强,对于动能和势能,则用 E_k 和 E_p 来表示等.

(3) 改用与英语字母相似的希腊字母进行表示,如在电学中同时涉及到电动势和电场强度时,仍用 E 表示电场强度,而电动势则用希腊字母 ϵ 来表示等.

以上的区别措施都是需要在进行符号运算之前就完成的.

针对物理符号的这一特点,教师在讲授物理概念的时候可注重引导学生对符号重合的物理概念进行辨析,避免发生记忆混淆.

2 符号关系式的对比研究

符号基本单元的使用,简化了对其对应对象的表示方式,而多个符号一同构成的符号关系式,则能直观、快速地描述学科的各种现象或规律.符号关系式是学科符号系统的第二个层次,也是更高级的一个层次.

在符号关系式上,两学科也有如下联系与区别.

2.1 联系:皆为方程等式的形式

无论是化学的化学方程式,还是物理的物理方程,都在形式上有着极高的相似性,即代数学方程的形式,这背后和历史上数学的发展进程有着密不可分的联系.

17世纪以前,欧几里得的几何学对自然科学界有着根深蒂固的影响,不过韦达、笛卡尔等数学家发展了符号代数学,而18世纪的数学大师欧拉则成为了符号代数学的集大成者,他在1770年编写出版了一本权威的符号代数学教材《关于代数的全面指南》(Vollständige Anleitung zur Algebra)^[7],此书对自然科学家们有着重要的影响.

1788年,拉格朗日出版了名著《分析力学》,在此书中他用运动方程的形式重新阐述了牛顿的经典力学理论(此前牛顿在其著作《自然哲学的数学原理》中采用的是几何方法),成为力学理论发展的里程碑^[9].而在1813年,瑞典化学大师贝采里乌斯在杂志《哲学年鉴》上发表的文章中首次使用了拉丁字母的化学符号(此前化学界使用的是图形符号)^[10],从而为化学方程式的书写铺平了道路.

化学方程式的出现是化学学科发展中的重大进步,用贝采里乌斯的名言来说,即:“式子一下就说清楚需要好几行言辞表述的东西”,因此对于“将铁单质放入硫酸铜溶液中,会发生置换反应,铁的表面会析出铜单质,而硫酸铜溶液则变成了硫酸亚铁溶液”这一化学反应现象,只需用 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$ 就可以直接表示完毕了.

而贝采里乌斯的名言也同样适用于物理学,如牛顿在其著作《自然哲学的数学原理》^[11]中对牛顿第二定律的原始表述是“运动的变化永远跟所加的外力成正比,而且是沿着外力作用的直线方向发生

的”,而到了今天,我们使用的 $F=ma$ 在形式上则变得更为简洁.

由此可见,带有方程形式的符号关系式对两个学科都有着重要的意义.

2.2 区别:描述的内容不同

两个学科符号关系式的区别与其符号单元所对应的对象不同有关.由于化学符号对应的是一种物质,因此由多个符号组成的化学方程式所描述的内容,便是一个由这些物质参与的化学现象.由于化学世界有着丰富多彩的化学现象,对应的化学方程式也是琳琅满目.因此,高中生在学习化学的时候,常常需要以主题的形式对一类相关的化学方程式进行归类梳理,最后以网络图的形式呈现出来.

如图1即为以硫元素S为主题的一个化学方程式归纳图^[12].

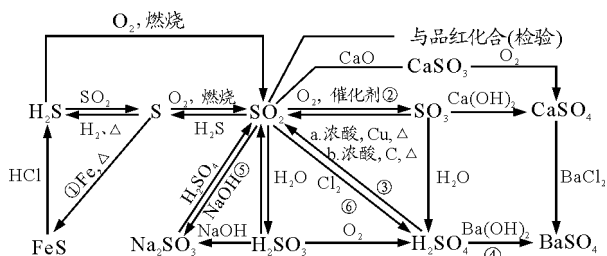


图1 硫元素相关化合物化学方程式归纳图

而物理方面则由于其符号对应的是物理量,因此由物理量组成的物理方程式,其描述对象是一个物理规律,而物理规律所对应的,是一类物理现象.

布鲁纳在《教育进程》一书中举了一个很有代表性的例子:对于自由落体,科学家无需记忆此过程中不同时间点上物体下落的距离,而只需掌握 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 这一公式,便可在具体情境中代入相应数值,从而得到对应的细节.布鲁纳将物理学符号关系式的这种特性称为是“可再生”的^[13],即把握住物理学方程后,其所对应的细节内容可通过符号运算而“生长”出来.

如图2所示,对于这种特性,皮埃尔·迪昂在其《物理学理论的目的与结构》一书中表示,这是一种“知识的经济”^[14]:正如之前提到的例子一样,我们只要记住一定的理论($h = \frac{1}{2}gt^2$)就能记住大量的

物理现象(如物体自由落体中各个时间点的位置),更进一步来讲,这些理论还可以通过“二次精简”,从而被归纳成少数更为基础的理论,如 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 这一物理公式还可以被归入更为基础的运动学方程 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 之中。

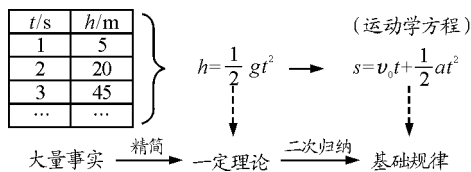


图2 “知识的经济”示意图

2.3 物理公式网络图构建

在了解物理这一特点后,不难发现对于高中物理而言,处理绝大部分物理问题时,真正需要我们掌握的,其实只是少量的核心公式。

既然化学方面能通过网络图的方式将各个化学方程式有机地联系在一起,那物理方面是否也能相应的构建一个物理核心公式网络图呢?对此,本文进行了以下操作。

如图3所示,以人教版高中《物理·必修1》教材^[15]为例,对于第一章“运动的描述”和第二章“匀变速直线运动的研究”,其核心内容为运动学方程(式①),而在第三章“相互作用”中,其核心内容为力的合成与分解,即式③,到了第四章“力与运动”,其核心自然是把力和运动联系起来的牛顿第二定律

(式②)了。

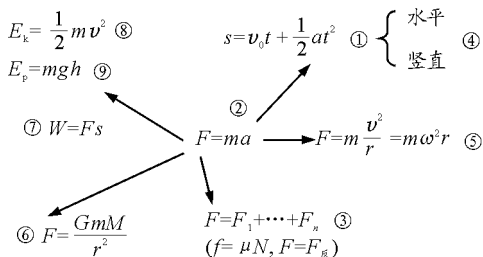


图3 人教版必修1,2核心公式网络图

必修2的第五章“曲线运动”,其核心内容为运动的合成与分解,即对①式在水平、竖直两个方向上的运用,因此核心公式仍为①式,而对于圆周运动的内容,其向心力公式(式⑤)为牛顿第二定律的变式,即向心加速度 a 的表达变成了 $\frac{m v^2}{r} = m \omega^2 r$,第六章“万有引力”中的核心内容为万有引力定律(式⑥),第七章“机械能守恒定律”的核心公式则为式⑧和式⑨,同时还可将此两式通过力做功公式(式⑦)和牛顿第二定律(式③)联系起来。

由此我们得到了如图3所示的物理·必修内容的符号关系式网络图,当然这绝不是说图3中的内容就是两本必修书的所有知识,而是在处理绝大部分必修内容的物理问题(力学问题)时,学生需要掌握的核心公式无外乎图2中所呈现的符号关系式。

2.4 与常规知识结构图的区别

常规的高中物理概念图或思维导图的呈现方式以文字表述为主,如图4所示。

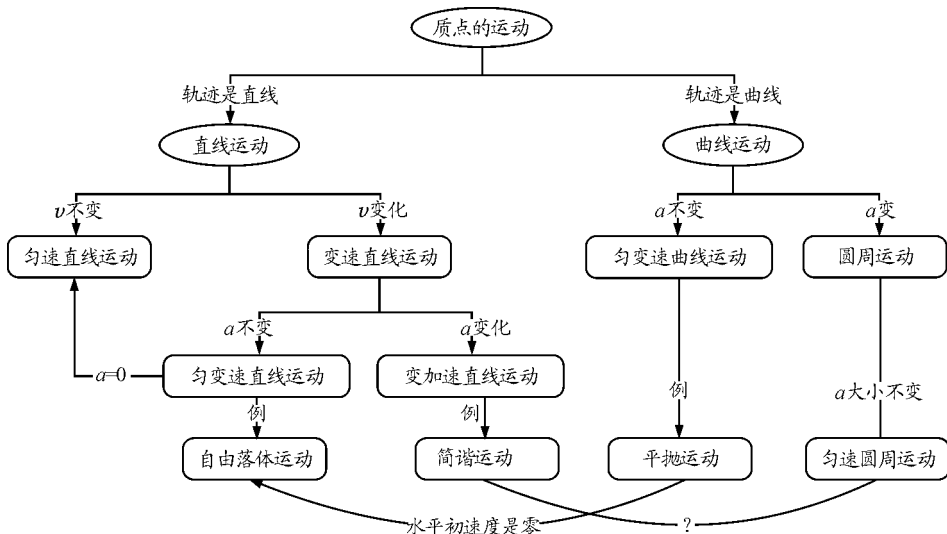


图4 常规概念图样例

本文中的核心公式网络图,则重点通过物理学科中的各种符号关系搭建出来,文字能使知识网络表述得更为详尽、充实,但符号关系式却更加简洁概括、易于记忆.因此,若能将两者结合使用,长处互补,将有更好的教学效果.

总的来说,在通过借鉴化学方程网络图而做出的物理核心公式网络图中,不难发现学生在学习物理时,对于公式的记忆,只要能对公式网络进行梳理,就不需要再花太多的精力了,但相应的在对公式背后意义的理解,以及运用公式计算解决问题的能力上,对学生却有着更高的要求.

3 结语

化学作为物理的姐妹学科,对其进行对比研究,在加深对物理学科的理解上有着重要意义.本文从符号及符号关系的角度出发,对比分析了物理学公式的特点,并通过借鉴化学的化学方程网络图,构造出了物理公式网络图,由此化繁为简,有助于学生对学科脉络进行较为清晰的把握,同时也能一定程度上减轻一些学生对物理学科的恐惧心理.若能在教学中注重引导学生构建核心公式网络图,将会对其学习有所帮助.

然而,学生在学习化学时,绝不是说掌握了化学方程网络图,就可以轻松应付考试.同样的,单纯掌握物理公式网络图是远远不够的,因为和化学学科一样,作为一门理科学科,在物理学习中,更注重学生的物理思想^[16]、分析思维^[17]以及计算能力.

因此教师在教授高中物理时,还应注重引导学生避免机械式的记忆知识,并在理解上帮助其建立物理思想,在问题的解决上锻炼其数学推理及物理分析能力,从而提升其学习效果.

参考文献

1 付勇.化学符号在中学生化学问题解决中的作用研究:

[硕士学位论文].扬州:扬州大学,2006

2 迟少辉.化学符号认知规律的微观研究:[硕士学位论文].上海:华东师范大学,2011

3 黄静.初中生化学符号学习的调查及评测研究:[硕士学位论文].上海:华东师范大学,2011

4 康晓燕.化学符号意义建构的调查分析.山西师范大学学报(社会科学版),2004,(S1):148~151

5 皮亚杰.结构主义.商务印书馆,1984

6 郭保章.论化学命名法和化学符号的历史演变.北京师范大学学报(自然科学版),1991(03):41~47

7 许瑞琪.物理量与物理符号之浅议.晋中师范高等专科学校学报,2000(04):27~28

8 Euler L. Vollständige Anleitung zur Algebra. St. Petersburg. Kayserliche Akademie der Wissenschaften, 1771

9 Scott J F. A History of Mathematics. London: Taylor & Francis, 1958

10 许国良,王兵,陈占华.化学语言史研究(I)——化学符号的产生与发展.东北师范大学学报(自然科学版),1991(04):75~80,92

11 牛顿.自然哲学之数学原理.北京:北京大学出版社,2006

12 刘淑花.促进知识结构化的高三化学复习教学研究:[硕士学位论文].济南:山东师范大学,2013

13 Bruner J S. The process of education. Massachusetts: Harvard University Press, 2009

14 皮埃尔·迪昂.物理理论学的目的与结构.李醒民译.北京:商务印书馆,2005

15 人民教育出版社课程教材研究所.高中物理·必修1.北京:人民教育出版社,2010

16 卞志荣.加强原始问题教学提升学生思维品质.物理教师,2016,37(04):6~9

17 徐斌.分析与综合思维在物理教学中的渗透.物理教师,2017,38(01):93~96

18 阮胜磊.物理理论的结构对物理教学的意义:[硕士学位论文].上海:上海师范大学,2013