

物理语言的四要素

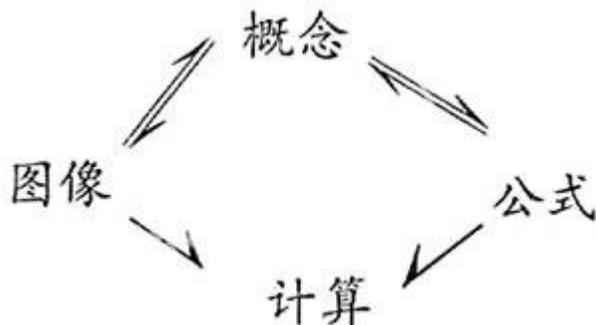
作者：冯 源

来源：《黑龙江教育·中学教学案例与研究》2009年第08期

物理学家费米曾说过这样一段话：“计算的途径有两种。第一种,是我所愿意采用的,即一幅清晰的图像。第二种是有严格的数学架构。”虽然,他的这段话是说给另外一位物理学家听的,但如果把这句话投射到中学物理教学上的话,似乎也颇有意义。在笔者看来,中学物理的教学过程中,应适当引导学生从语言学习的角度来学习物理,熟练掌握简单的物理语言,以形成基本的理科思维方式。如费米所述,物理语言的核心正是“图像”和“公式”,学生要会利用这两种语言方式围绕“概念”并结合“计算”阐明物理过程,解决物理问题。理科思维方式的形成过程是通过物理语言的反复运用来实现的,而“概念”,“图像”,“公式”和“计算”正是构成中学物理语言的四要素。接下来,我们逐一剖析。

一、概念

1.概念可以是物理语言的叙述对象,也可以是形成物理语言的基本字符。由此,概念一般可分为基本型和计算型。属于基本型的有:质点,重心,参考系,惯性,直线及曲线运动,电场,磁场等。计算型的概念有:位移,速度,加速度,摩擦力,合力,功,动能,常量(G、k)等。基本型的概念大多在于描述一个基本事实或是提供一个统一的规范,涉及一定的物理环境。计算型的概念经常是基本型概念的展开,联系具体的物理量,可以是组成公式的基本字符,参与运算,往往具有单位,二者之关系像是电脑里的“文件夹”和“文件”,是一种结构化思维。比如直线运动就包含位移、速度、加速度、时间等具体的物理量;再如电场,围绕其展开就有电场强度,电势差等。基本型的概念具有概括性、整体性。而这里要特别说明的是计算型概念,它涉及细节,更具体,常用一个英文字符来简记,即形成物理语言的每一个“字”,其目的是把定律,定理的文字描述向公式过渡。



2.拿“牛顿第一定律”来说,该节有一个要点,就是有提出把运动的概念进行细分,分成匀速运动和变速运动,前者不需要力来维持,而后者必需要力来维持。可以推测在伽利略之前的人们可能都没有认真思考过如何对运动进行分类,所以老是对力和运动的关系问题混淆不清,甚至自相矛盾。而伽利略用他那著名的理想实验捕捉到了唯一不需要力来维持的匀速直线运动,把这个特殊的运动形式排除以后就会发现,其他的运动都是需要有力参与的。后来牛顿明确了力、惯性、质量等概念,再借助于加速度(由伽利略定义),进而提出了牛顿第二定律。再如,学习万有引力定律时,万有引力和重力的异同,以及向心加速度和重力加速度的区别,都是令学生困惑的。前者要用到受力图,后者得借助运动学公式来辨析。物理概念的建立是为了解决或阐述某个物理问题,反过来,在已建立的物理概念的基础上又去研究新的问题,从而建立新的物理概念,这种链锁式的问题解决,形成了物理概念体系。

二、图像

1.中学物理公式并不算多,但题型多变,特别体现在图像上。图像能够传递物理知识信息,具有交流物理意识的作用,这也对学生的想象力提出了要求。物理想象不同于文学艺术中的想象,它比文学艺术中的想象更概括、更抽象。物理想象也不同于数学想象,它不仅需要空间想象,也需要对客观事物状态及发展过程的较为形象的想象。图像能成为学生思维的起点和路标,如果学生只对着问题“干想”就很难打开思路,而借助图像将拟题者设计的物理情景、物理过程复原出来,就使思维有了起点,图画出来了,解题的方法也有了。因为借助图像能产生形象思维,很容易由图像中的形象寻找到几何关系。联想到物理公式,再与记忆中有关的表象进行比较,找出已有的经验,从而得到解决问题的方案。

2.针对大多数的物理习题来说,使用最普遍的莫过于受力图、运动过程图、电路光路图、电磁场线图等等。而这些当中,除了电路光路图外,其他图大都属于矢量图的范畴,也是主要的难点所在,即便是它们常常被限制只能出现在二维平面中。就力学部分来讲,接触较多的有受力分析图(力的示意图)和运动过程图等。比如第一章里所涉及的“力的三要素”,“重力”、“弹力”、“摩擦力”、“力的合成、分解”等是构成受力分析图的基础。当然,以后还有诸如电场力、磁场力等新成员加入其中。对受力分析图来说,由于质点概念的引入,力的作用点往往都统一了,那么“力的三要素”中,力的方向和大小就显得更为要紧,受力图的关键就在于找好各力的方向(受力和施力),并判断其是恒力还是变力。虽然不同性质的力其方向找法不尽相同,但多数情况下,各力都会平行或垂直于题设情景中的某一平面或某一连线,以它们为参考是必要的,便捷的。而在“直线运动”里出现的习题往往就画个初始情景,甚至有的只给出文字叙述。这就要求学生能按照题设条件想象出被研究对象的大致运动过程,还有的可能包含多过程或多物体,更涉及讨论,隐含条件等,想象好之后就要表达在纸上,形成草图。在中学物理教材的大多数章节里,受力图和运动过程图几乎都有伴随(“恒定电流”等章节除外),可以说贯穿了整个中学物理的始终,是解答众多习题的法

门。而就一般中学生来说,这种想象能力的培养和训练可谓困难重重,其重要性自是不言而喻,教学当中要尽量督促学生动起手来。当然,还有其他诸如电场图,磁场图,电路图,实验装置图,物理现象图和一些用于记录数据的图表等,不同的图像有着不同的用途和不同的细节,这里不多阐述。

三、公式

1.公式是物理定律,定理,以及物理概念的抽象表达,其重要性显而易见。此外,物理定律有着令人惊讶的普适性,这也正是它吸引人的地方。曾经有人问李政道,乍一接触物理学,有什么东西给他印象最深。他毫不迟疑地回答说,是物理法则普适性的概念深深地打动了他。我们知道,有些公式来自于实验事实,如牛顿第二定律、欧姆定律等;有的来自于推导,如动能定理、动量定理等。教材会用最简单的方式引入它们,但由于普适性的缘故,它们可以适用于更多、更复杂的问题,这就让出题者拥有了几乎无限的发挥空间。学生总是感觉看得懂教材、听得懂讲解,但真正考试的时候总是束手无策,看到答案的时候又感慨不已:原来还是关于那些基本公式的应用。这就要求学生对公式能有较高的熟练度、敏感度。熟练度可以从习题练习中得到,敏感度则是经验的积累。公式其实就是文字语言的简记形式,等于是构成物理语言的“句”,其中的各字符都有相应的物理意义,大多属于计算型概念的范畴。当然,正如房子是由砖砌成,但砖并不代表房子一样,由定律所演化出的各种公式或推导出的各类定理并非字符或概念的机械累积,而是代表着自然界的法则,宇宙的“程序”,有着客观的内部结构。

2.对于公式的应用,仅在中学物理范畴,一个“ $F_{合}=ma$ ”似乎就具有无穷的潜力;一个动能定理也能得以横行无忌。我们需要做到的是,清楚定律的来龙去脉以及适用范围,掌握定理的推导过程,结合物理情景,牢记于心;然后抓准每个字符(即计算型概念)的物理意义,熟悉其常见的扩展形式。要给学生指出,公式里头有些字符特别活跃,易出状况,常为命题者所钟爱。比如“ $F_{合}=ma$ ”里的“ $F_{合}$ ”和“ a ”,再如动能定理里的“ $W_{总}$ ”和“ v_0 ”,“ vt ”,单摆周期公式里的“ g ”和“ l ”等。它们常作为方程的扩展点,起着纽带的作用,实现方程之间的“通信”,也是解题的线索。关注这些字符,可以很清楚地看到数据处理的流程,就像是在看一列面向过程的计算机程序一样,这也是平时所谓的“解题思路”。处理一些例题的时候,要尽量把题上的方程还原回原始的公式,进而让学生熟悉其常见的变化形式(这个过程也常涉及图像)。在做计算题时,牵涉到很多东西,有受力分析、过程分析、隐含条件的挖掘、变量分析、特殊量的应用等等,每一个环节都需要习题来巩固。

四、计算

1.中学物理的计算说来很基本,就无非加、减、乘、除、乘方、开方、基本函数、数列等,要强调的是,三角函数,二次函数,数列和平面几何等数学内容渗透于物理过程是不可避免的,这也常常令学生忐忑不安,且多数时候还是在做字符运算,更是让人心乱如麻。所以,除了熟悉基本的数学知识外,学生能尽快从数字计算过渡到字符运算也是相当重要的,这一过程尤其需要时间和精力。从物理语言角度来说,这一过程好比是在连句成“篇”,而关键的问题在于,该怎么个连法,即如何解方程。

2.这里需要提示学生的就是,在读完题以后,往往第一件事情就是把已知量,特殊量和未知量等“翻译”成字符形式,公式一旦被应用到具体问题中,就形成方程,如同读文章有时要咬文嚼字一样,写方程时就应该注意哪些字符是已知,哪些未知,哪些可能会在过程中被消去,对每个“字”都要“咬准”。而引入下一个方程的线索,或是方程组的求解,也往往来自于这样的字符分析。字符方程组的求解看似复杂,实则简单,所谓字符的运算在多数时候其实就是一种“搬运”,比如提公因式、代入消元;又或等式两边同乘、同除等。很显然,在计算前作好字符分析,锁定好未知量是解决这类计算问题的关键所在。

五、总结

四要素中,“图像”和“公式”无疑是骨架结构,“概念”和“计算”起着基础和关联的作用,四者紧密结合,互相渗透,教学时不可孤立或只片面强调某一方面,而要注意彼此的关联性。就这样,汇“字”成“句”,连“句”成“篇”,再配以“图”,即构成了基本而颇具特色的物理语言。要说明一下,在物理语言当中,除了符号语言、图像语言外,还有就是文字,但这里并没有把文字语言作为要素,因为它是几乎所有学科的前提和基础,是一个通用的平台,而并非是物理语言的自身特点。