

悖论——科学问题的哲学思辨(连载六)

姜水根

陈青华

(浙江省宁波效实中学 宁波华茂外国语学校 浙江省宁波效实中学)

一、理论的自洽

我们每一个人从小学开始就受到形式逻辑的教育,形式逻辑的矛盾律要求我们在论证和分析问题的过程中不能亦此亦彼、自相矛盾,在相同的前提下,经过正确地推理,只能得到相同的结论;两个相反的命题不能同时成立,例如这样一道高考题:

如图1所示,一个质量为 m 、电量为 $-q$ 的小物体,可在水平轨道 x 上运动, O 端有一与轨道垂直的固定墙,轨道处于场强大小为 E 、方向沿 Ox 轴正向的匀强电场中,小物体以初速度 v_0 从 x_0 点沿 Ox 轨道运动,运动中受到大小不变的摩擦力 f 作用,

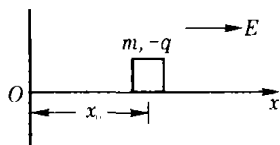


图1

且 $f < Eq$. 设小物体与墙壁碰撞时不损失机械能,求它在停止前所通过的总路程 s .

这道题可以用动能定理求解,即 $qEx_0 - fs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$,也可以用牛顿定律先求出每次运动到墙壁的路程 x_i ,再通过级数求和 $s = \lim_{n \rightarrow \infty} 2 \sum_{i=1}^n x_i - x_0$ 求解. 无论是用动能定理求解还是用牛顿定律求解,求得的结果是一样的. 多年的教育使我们拥有一个信念:对于同一个问题,虽然可以用不同的方法来解,但是用各种方法解得的结果必须是一致的. 如果用两种不同的方法解得的结果不同,那么我们便认为,其中至少有一种解法是错误的.

在逻辑论证中,反证法的运用突出地强调了理论的自洽性. 所谓反证法就是通过否定待证结论导出矛盾,来肯定待证结论的一种推理方法. 在物理学的概念、规律的分析及解题中经常用到反证法. 例如要论证“在等势面上移动电荷电场力不做功”,我们可先在等势面上任取 A 、 B 两点,把电荷从 A 点移到 B 点. 假设电场力做功(即做功不等于零),根据电势差的定义 $U_{AB} = \frac{W}{q}$ 得到, A 、 B 两点的电势差 U_{AB} 不等于零,这与

A 、 B 是等势面上的两点的题设相矛盾,故电荷从 A 点移到 B 点电场力不做功,原命题得证. 再看这样的一道竞赛题:“一个电子及一个正电子绕它们的质量中心旋转形成相对稳定的系统,这个系统有一个平均寿命,因为电子—正电子对会被湮灭,其过程是: $e^- + e^+ \rightarrow \nu$,证明 $n \neq 1$.”这个问题可用反证法证明如下:原来系统的动量为零,假设取 $n=1$,那么只有一个光子放出,其动量必不为零,这与动量守恒定律相矛盾,所以 $n \neq 1$. 反证法就是揭露矛盾,在论证过程中,逻辑地展示两个相反命题的内部矛盾,迫使人们对此进行惟一性地取舍. 反证法的运用,强化了人们对形式逻辑的信念.

我们在学校做的习题是对客观世界的一种模拟,它给出的情景是客观世界运动的反映. 我们解题的过程是根据一些概念和规律,进行推理运算得出结果,也是对世界的一种描述.

从上面的分析可以看到,在我们的思想深处,认为人们所建立的科学的理论是基于以下两个观念:第一,世界是逻辑的;第二,科学真理只有一条. 一个自洽的理论体系就是这两个观念的统一,只有这样的理论我们才认为是正确的.

人们往往认为一个自洽的理论是完美的,在这方面,欧几里得的几何体系是一个最为光辉的典范. 我们每个人在学生时代都学习欧氏几何,受到欧氏几何的熏陶. 欧氏几何的整个体系是建立在三个公理和五个公设(通常被称为几何公理)的基础上的. 公理和公设不需要证明,从公理推导到定理,再从定理推导到命题,整个体系逻辑严密,天衣无缝. 很早就有一句谚语:“几何公理触犯人的利益的时候,也是要被推翻的”. 这句话其实是说人性的缺陷,反衬了欧氏几何不可能被推翻,具有永恒的真理性.

然而,非欧几何还是诞生了,每个人在首次接触非欧几何时都是满腹狐疑,继续读下去确实震撼人心. 非欧几何仅仅改动了欧氏几何的第五公设,接下去则与欧氏几何一样进行推理论证. 利用反证法证明等得到一些定理和命题,在论证的形式上与欧氏几何完全相

同,但是所得到的定理和命题却与欧氏几何截然相反。虽然非欧几何的内容令人不可思议,但是人们最终不得不承认,非欧几何理论同欧氏几何理论一样,是符合形式逻辑的,是自洽的,也同样是完美的。

非欧几何的诞生使人们认识到一个自洽的理论体系虽然是一个严谨的逻辑论证的体系,但终究不可能把所有的定理都用“更前面”的定理来证明,从而必然要出现逻辑论证的中断,所以最后不得不让位于实践的检验。公设、公理正是只能通过实践检验而无法在逻辑上进一步证明的东西。

非欧几何的诞生虽然在数学领域对传统观念产生了巨大的冲击,但它并没有动摇形式逻辑的根基,恰恰相反,它使数学与现实世界相联系的同时,为形式逻辑开创了新的领域。

二、悖论与形式逻辑

对于我们来说,在首次接触到悖论时,都会在思想上产生惊讶,引起强烈的兴趣,这是因为悖论与我们受到的形式逻辑的教育形成鲜明的反差。

一般来讲,悖论是从某一前提出发,推出两个在逻辑上自相矛盾的命题,或根据某一理论推出的命题与已知的科学原理或常识发生矛盾。凡是悖论都是矛盾,而矛盾不一定是悖论。比如,“张三说谎,张三没有说谎。”这是矛盾,是我们形式逻辑所不允许的。悖论则不同,它是在推理的过程中展示了矛盾。

“说谎者悖论”是一个很有名的悖论。公元前6世纪克里特岛上的哲学家埃比曼尼德说:“所有的克里特岛人都说谎”。如果埃比曼尼德说的是真话,那么根据这句话,埃比曼尼德是克里特岛人,所以他也是说谎的,那么这句话应当是假的。如果这句话是假的,那么克里特岛人不说谎,而埃比曼尼德是克里特岛人,所以他也不说谎的,那么这句话应当是真话。很显然,埃比曼尼德的这句话由它的真可以推理得到它的假,由它的假可以推理得到它的真,违反了形式逻辑的矛盾律,这就是悖论。

在庄子“两小儿辩日”的寓言中,一个小孩说太阳离我们是“中午近,早上远”,理由是太阳越近越热,另一个小孩却说太阳离我们是“中午远,早上近”,理由是近看起来大一些。两个小孩都为自己的观点在日常生活的经验中找到可靠的论据,所以连孔子也“无法决也”,这也是悖论。

最著名的还是芝诺的悖论,被许多哲学家所重视。芝诺悖论中有一个是“阿喀琉斯追不上乌龟”。阿喀琉斯是古希腊神话中跑得最快的人,但芝诺证明了阿喀琉斯永远也追不上乌龟。证明如下:阿喀琉斯从A点出发,追赶在他前面从A₁点出发的乌龟(如图2所示),他若要追上乌龟,必须先到达乌龟开始跑的位置A₁,当阿喀琉斯到达乌龟开始跑的位置A₁时,乌龟已

经前进了一段距离,到达A₂,所以阿喀琉斯要追上乌龟,又必须先到达位置A₂,等他跑到了A₂,同样的问题又摆在他的面前……所以阿喀琉斯虽然跑得快,也只能一点一点逼近乌龟,却永远也追不上乌龟。

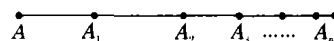


图2

芝诺的论证严密,无懈可击,假设阿喀琉斯从A跑到A₁用的时间是t₁,从A₁跑到A₂用的时间是t₂,……从A_{n-1}跑到A_n用的时间是t_n,阿喀琉斯要追上乌龟就必须经历无穷多段的时间,芝诺认为这就意味着阿喀琉斯永远也追不上乌龟。现实中,芝诺当然知道阿喀琉斯能追上乌龟,他提出这个悖论以揭露人类纯理性认识(形式逻辑)的缺陷,这个悖论涉及无穷小的概念及对时间性质的认识。无穷多段的时间是否就一定意味着无限长的时间呢?形式逻辑是不是总是有效呢?

笔者曾经设计过一个运动悖论:在光滑水平的桌面上固定着一个半径为r的圆形的竖直挡板,挡板是不光滑的。在挡板的内侧有一个小物体,现在让小物体沿挡板做圆周运动(如图3所示),设小物体和挡板间的动摩擦因数是μ,小物体在运动过程中受到挡板的摩擦力,它的速度越来越小。试问小物体最终会不会停下来呢?

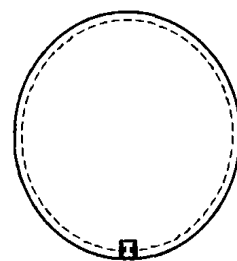


图3

设小物体在运动时,它的速度为v,则受到挡板的压力为 $N = \frac{mv^2}{r}$,从而得到挡板对小物体的摩擦力为 $f = \mu N = \frac{2\mu E}{r}$,这里E是小物体的动能,根据动能定理,可得微分方程: $dE = -\frac{2\mu E}{r} dl$,其解为 $E = E_0 e^{-\frac{2\mu}{r} l}$ 。

式中l为小物体通过的路程,E₀为初动能。

这就是说,物体的动能是关于滑过的路程以指数规律衰减的,滑过相等的路程,动能衰减的比例是相同的。若令 $\mu = \frac{\ln 2}{4\pi}$,则物体每滑过一圈,有 $E = \frac{1}{2} E_0$,即动能减少一半。运动n圈之后,小物体动能仍有原来动能的 $\frac{1}{2^n}$,运动的圈数再多,动能仍然是有的,这样小物体虽然受摩擦力作用,却能永远运动下去,这不是很奇怪吗?

悖论是人类思维领域的美丽的花朵,在人类思维方式发展的进程中,悖论以其内容和形式之间产生的冲突,尖锐地刻画了传统思维方式不能完全符合客观

世界的实际,预示着形式逻辑的思维框架必将被突破.

三、科学问题的哲学思辨

由上面我们所举的几个例子可以看出,悖论的最终形式体现为一定的逻辑矛盾的揭示,人们之所以陷入悖论,有两类原因:第一类是人们主观认识上的错误,使得人们进行推理的有关前提中包含有直接的错误.第二类是客观事物的辩证性质同人们主观思维的僵化之间的矛盾.

伽利略给亚里士多德提出的落体悖论属于第一类.在亚里士多德的体系里,物体的自然运动是轻者上浮(于天)重者下沉(为地),所以物体下落的快慢应与它们的重量有关,这是他关于落体运动推理的前提,从而推出重的物体比轻的物体下落得快.伽利略揭露了这一论断的内部矛盾:假设落体运动的情况正如亚里士多德所说,即重的物体比轻的物体下落得快,那么当一个重的物体和一个轻的物体绑在一起时,既可以说,因为重的物体比轻的物体下落得快,轻的物体就对重的物体有一个阻碍的作用,所以重的物体要比原来下落得慢.又可以说,两个物体组成的系统比原来重,所以重的物体要比原来下落得快,这就是落体悖论,揭露了亚里士多德理论的矛盾.这里,悖论产生的原因正是亚里士多德主观认识上的错误.

上面的芝诺悖论和圆运动悖论则属于第二类.芝诺悖论揭示了时空的性质,时空不仅是连续的,同时也是分立的,两物体在追及过程中存在一个量变到质变的临界点.圆运动悖论则指出运动和静止的关系,在运动速度减慢直至静止的过程中,在量变引起质变的关节点上,物体既是运动的,同时也是静止的.没有认识到事物运动的辩证性质和时空的辩证性质,就很难看出问题的症结所在.

光的波动说和微粒说的矛盾发展到最高潮,是数学家泊松提出的悖论.泊松主张微粒说,他根据波的理论计算分析,得到这样的结果:如果光是波,那么在光的传播路径上放一个圆盘状障碍物,在形成的黑影的中心应当有一个亮斑.泊松认为这是不可思议的,所以波动说是不可能正确的,这就是悖论.泊松没有认识到客观事物的辩证性质,他只相信光直线传播,却不相信光也会发生衍射.当人们没有认识到光的这个辩证性质之前,泊松亮斑就是悖论,而一旦实践证明光会发生衍射,确实是一种波时,泊松亮斑就不再是悖论,而是一个合乎逻辑的正确结论.

从正确的认识要求来说,悖论是不允许存在的;从人类认识的真实情况来看,悖论又是随时会出现的,这本身就是矛盾.但这样的矛盾并不是坏事,人类正是通过不断地发现和解决矛盾,才不断地提高认识水平.

第一类悖论的提出有助于揭露前提中隐含的错误,检查推理过程的漏洞.伽利略的落体悖论就起到这

样的作用,它解放了人们的思想,为新科学的诞生打开了大门,可以说,悖论是新理论诞生的助产士.第二类悖论的提出和解决,有助于摆脱僵化思维方式的束缚,以掌握辩证的思维方式,尤其在新理论刚出现的时候,它给新理论的发展提供一种强有力的内在的逻辑力量,泊松亮斑悖论就为光的波动理论提出了一个判决性实验.所以说悖论是理论合乎规律发展的产物,是科学理论发展的源泉和动力.

悖论是对科学问题进行的哲学思辨,它具有鲜明的哲学背景和哲学意义.每一个具体的悖论,总是相对于一定的认识而言的,总是相对于一定的理论系统而言的,随着人们认识的不断发展,悖论总是可以在一定的形式下得到相对的解决,但是,悖论问题不可能在绝对的意义上被彻底解决.

根据热力学第二定律,我们知道,如果在一个绝热的封闭的箱子里,绝热隔板两边 A 和 B 的气体的温度不同,那么当打开隔板上的小孔,热量必然从温度高的一边传到温度低的一边,最后达到热平衡.麦克斯韦提出了一个思想实验:由于所有的分子都在运动,而分子

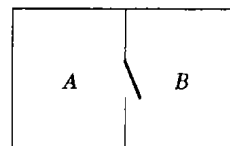


图 4

的运动速率符合正态分布,如果在隔板的小孔处放一个存在物,他有本事对分子进行挑选,让速度大的分子跑向 A,速度小的分子跑向 B,(如图 4).这样可以使本来处于热平衡的气体系统变化成非平衡系统,这样第二类永动机就可以被造出来,这是有悖于热力学第二定律的.这个存在物被人们称为“麦克斯韦妖”.

麦克斯韦妖展示的思想实验实际上是一个悖论,这个悖论解决了吗?麦克斯韦提出这个存在物的目的是“表明热力学第二定律只具有统计的确定性”,而后人则从中得到很多启示,法国物理学家布里渊将信息论与统计物理联系起来考虑,分析得出,麦克斯韦妖要对分子进行挑选,就必须得到分子速度的信息,而能量是信息的载体,所以麦克斯韦妖在操作时就必须消耗能量,从而解决了这一悖论.虽然如此,但是分子运动的可逆性悖论仍然存在.因为每个气体分子的运动都遵循牛顿的力学定律,但是牛顿定律是可逆的,而气体分子所组成的系统达到热平衡的过程是不可逆的,为什么可逆的方程偏偏要选择不可逆的解呢?这个问题至今仍然没有解决.悖论,作为对科学问题进行的哲学思辨,将永远伴随着人们在科学的道路上攀登.

主要参考文献

- 1 申先甲等.科学悖论集.长沙:湖南科学技术出版社.1998.11
- 2 吴国盛.追思自然.沈阳:辽海出版社.1998.9