

科学和哲学论坛

一半随缘,一半随机(连载十一)

陈青华

姜水根

(浙江宁波效实中学 浙江宁波效实中学 宁波华茂外国语学校)

在日常生活中,有些现象是有规律的,是可以预测和确定的.比如水从高处往低处流,太阳每天从东方升起,每个人都在慢慢变老.对这些现象的研究,就构成了被人们逐步掌握的自然规律.显然,自然规律在支配着世界的运转.同时,有些现象很难找到规律,比如天上云朵的形状,蝴蝶飞行的路径,人的心情等.这些现象往往受一些偶然因素的影响,使这个世界显得并不是那么的确定.

人抑或动物有没有自由意志,是哲学家们讨论的问题,有一则关于饿死的驴的故事说:驴子想吃草,附近有与驴子的距离相同的两堆草,由于驴子没有自由意志,所以无法在相距一样远的两堆草之间做出选择,最后驴子因为吃不到青草而饿死.事实上很难想象驴子会那样饿死,世界上所发生的一切都是被决定了(命中注定的),还是在其中有不确定的因素,我们现在来讨论这个问题.

一、决定论

我们在本系列稿的连载四里已经讨论了牛顿力学的决定论思想.在很多方面,牛顿力学体系确实在向人们表明,自然界所发生的一切现象都是可以预见的,都是不可避免、必然要发生的.

期检查,这种自学能力培养也将使他们终身受益.

7. 培养学生良好的心理素质是成功的关键

培养学生,不但要使他们掌握更多的物理知识,具备研究物理方法的能力,更不能忽略心理素质的教育.一个学生具有良好的心理素质在当今社会相当重要.首先,要求学生应重学习、轻名利,放下包袱,轻装上阵,鼓励学生充满信心,觉得自己有竞赛能力,尽力把题做好,发挥自己应有的水平就行了.其次,使学生具有较强的承受挫折的能力.竞赛由于各种原因,部分学生连最低等次奖项都拿不到,作为指导教师,及时做好学生的思想工作,分析失败的原因,帮助学生从失败的阴影中走出来,全力迎接高考.三是诱导、激励学生奋发向上,培养学生不怕困难、勇于挑战的精神,养成持

牛顿力学最成功的应用是在解决天体运动的问题上,海王星的发现便是有力的证明.而对我们来说,人造卫星的发射是更好的例子.人造卫星虽然是在上世纪50年代才上天的,但早在300多年前,牛顿就关于人造卫星的原理作了图解说明.根据牛顿运动定律和万有引力定律,只要被发射物体的初速度适当,它就可以成为一颗绕地球运动的卫星.被发射物的初速度决定了它后来的运动轨道,这就是决定论.根据牛顿力学的理论,我们不但能预见天体将来的运动,而且还能追溯到天体过去的情况.如在夏商周断代工程中,根据历史记载的武王伐纣时的天象,用天体力学的方法可以根据现在天体的运动情况推算出两千多年前武王伐纣的准确日期.

决定论描述了哲学上的必然性,人们常说的天命、缘份,也都表达了这一决定论的意识倾向.古希腊哲学家赫拉克利特认为一切都遵命而来,天命就是必然性,它是贯穿于宇宙实体的逻各斯,万物都根据这个逻各斯而产生.他说:“世界的转化有一个一定的秩序和一个确定的周期,适应着不可避免的必然性.”德谟克利特用原子论来说明必然性.他认为一切事物的始基是原子和虚空,原子在虚空中急剧而零乱地作直线运动,之以恒、不断探索的良好品格.教学中有意识渗入物理学史教育,将物理学家有趣的故事、物理学重大的发现过程再现给学生,使学生认识到许多物理学家的成功和许多重大科学的发现都是经过艰苦努力获得的,培养学生崇尚科学的精神和学习物理的兴趣.四是要建立一个以教师为核心的有利于学生身心健康成长的集体,竞赛辅导班的学生在学习过程中,相互之间既是竞争的对手,又是亲密的朋友,形成一个良好的集体,辅导老师也应与他们加强情感的交流,关心他们的生活,平常有空找他们谈心,用自己的言行来影响学生,培养竞赛学生互相帮助、共同提高的群体意识,形成良好健康的竞争氛围,使每个学生在这个集体中受益.

由于速度大而碰撞,形成了原子旋涡运动,原子结合在一起就形成世界万物。一切都由必然性产生,涡旋运动既然是一切事物形成的原因,这在他就被称为必然性。斯宾诺莎更明确地提出了一个由必然律所决定的自然(实体),斯宾诺莎认为,在自然中所发生的一切,在实体看来,都是像“三角形中的三个内角和等于两直角”一样确定无疑的。

哲学家们的这种决定论思想,显然影响了后世的科学家对自然的看法。在牛顿力学盛行的18、19世纪,机械决定论曾一度成为科学上的主流思想。即便是到了20世纪,这种决定论的世界观还存在于一些科学家的思想深处。爱因斯坦就是其中一个最典型的例子。爱因斯坦受斯宾诺莎决定论思想的影响,深信“上帝不掷骰子!”爱因斯坦认为,自然规律是客观的规律,不以人的意志为转移,世界遵循它的客观规律而运动,这样的运动是一个有秩序的、能为人们所掌握的、可以预见将来的运动,这样的运动显然只能是决定论性质的。虽然爱因斯坦的相对论是那样地具有革命性,但是我们还是可以把他的相对论看做是经典物理的集大成,爱因斯坦的相对论把世界几何化了,把牛顿的引力问题转变为四维时空的几何问题,但是相对论并没有改变牛顿力学体系所描绘的由因果律决定的世界体系,而是把它描绘得更精致了。爱因斯坦是最后一位经典物理学家。

二、随机事件

最能体现机遇作用的事情,是形形色色的抽奖活动。以买彩票为例,每个人在买彩票的时候都希望自己能够中大奖,但是如果排除人为因素而假设每次开奖都是公正的,那么没有人在开奖之前能够确定中奖的号码是多少,一个号码是否中奖,其结果只能到开奖的时候才知道,在开奖之前是完全不可预见的。这就是中奖的偶然性,我们称之为机遇的东西。

在哲学家当中,认为世界的本质是偶然的并不多。柏拉图则认为,现实世界只是理念世界的影子,在现实中偶然性是支配一切的,偶然性和上帝在一起,统治人世的一切。偶然性在科学研究中的起步是比较晚的,早期的科学研究排斥偶然性,而认为只有研究那必然的完全确定的事物才是有意义的。而在数学上,对偶然事件的研究在16世纪就开始了。在数学上我们常用概率来表示一个偶然事件可能发生的机会的大小。比如抛出一个硬币,它落到地面上后可能出现两种情况,一种是正面朝上,另一种是正面朝下,古典概率理论告诉我们,硬币落地后正面朝上的概率是二分之一。在硬币抛出之前,谁也无法预料硬币是正面朝上还是正面朝下,我们只能确定它有一半的机会是正面朝上的。

人们很容易把偶然性归咎于人类知识的不完善,比如哲学家德谟克利特就认为偶然性只是由于人们无知而虚构出来的主观观念,“人们捏造了‘碰巧’这个偶像,借以掩盖自己的轻率。”但是偶然性在现实生活中是确实存在的,我们可以设计这样的一个实验:在光滑的水平面上有两个完全相同的弹性小球A和B靠在一起,另有一完全相同

的弹性小球C沿这两个小球球心的连线的中垂线运动而来,如图1所示。设想小球C与小球

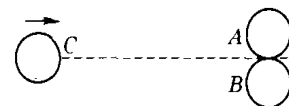


图1

A、B发生碰撞,根据动量守恒定律和能量守恒定律,完全可以把碰后各小球的运动状态确定下来。但是经仔细分析,可以发现,碰后小球的运动状态可能有三种,对应三种相碰的情况分别是:①C球同时与A球、B球发生碰撞;②C球先与A球发生碰撞,再与B球发生碰撞;③C球先与B球发生碰撞,再与A球发生碰撞。第一种情况要求C球严格沿中垂线运动,是十分理想的情况,实际发生的往往是后面两种情况,但是到底发生第二种还是第三种,这就取决于C球在实际的运动过程中是略微向左偏还是向右偏,这一微小的差别将导致两种不同的后果。偶然因素在这里显然起了不可忽视的作用,由于偶然因素的作用,在这里各个小球相碰后的运动状态就不能预先决定,虽然它在相碰的时候遵循相同的物理规律。

一个非常能说明偶然因素在起作用的实例就是天气预报。大气的运动是有规律的,气象学家洛伦兹(不是物理学家洛伦兹)曾通过研究得到一个关于大气运动的洛伦兹方程组。洛伦兹原本希望通过这个方程组确定以后大气运动的长期行为,使得预报天气能像预报日食和月食那样准确可靠。但是通过运算洛伦兹发现,虽然他的方程组能够确定大气运动长期行为,但是如果在输入大气初始情况的数据时即使发生很小的改动,也会使改动后的结果随着时间的推移而与原来的结果截然不同。这种情况正好说明天气预报的特点,即短期的天气预报可以相当准,但是长期的天气预报总是不准的。事实上,长期的天气预报的困难在于影响大气运动情况的因素非常多,有一些原本十分微小的影响在大气的长期运动中会逐渐放大,最后产生非常大的影响。洛伦兹在20年后的一次演讲中这样问道:“一只蝴蝶在巴西扇动翅膀会在美国的得克萨斯引起龙卷风吗?”这种由随机事件引起的影响因此被称为蝴蝶效应。

三、两眼世界

东方的佛教对世界的看法是一切随缘,命里有的

终归有,命里没的莫强求。近代西方文化与此相反,它对世界的看法是一切随机,生活处处充满了机会,人的一切都要靠努力奋斗,不断抓住机会。这个问题涉及到康德的第四个二律悖反,(见本系列稿连载七)以上两种看法把必然性和偶然性对立起来,认为一切要么都是必然的,要么都是偶然的。我们认为只用必然的眼光或只用几率的眼光来看世界都是片面的。必然性和偶然性在现实世界中都是存在的,世界的本质既不是必然的,也不是偶然的,而是必然与偶然的对立统一。

亚里士多德关于必然性和偶然性有这样的论述:

“一个事件在一些关系上是必然的,而在另一些关系上却是偶然的,比如‘降雨并非为了使谷物生长,而是出于必然性,上升了的水蒸气冷却了,被冷却了的水蒸气就成为雨水落下来,谷物因此而茂盛起来,那乃是偶然的。正如假定谷物因此受害,也不是雨点为了使他们受害而落下,雨点不过是无意造成灾害而已’”。显然,亚里士多德已经意识到必然性与偶然性之间的辩证关系。伊壁鸠鲁在坚持德谟克利特原子论关于原子直线运动思想的同时,提出了原子运动偏离说,这种偏离直线运动打破了天命的束缚,故是偶然的,他认为偶然性是事物本身所固有的内在属性,即伊壁鸠鲁认为原子的运动是同时具有必然性(直线运动)和偶然性(偏离直线运动)的。对于必然性和偶然性关系,我们也可以

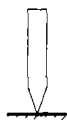


图 2

通过一个简单的事例来说明,把一根削得很尖的铅笔竖直地立在水平桌面上,如图 2 所示,我们知道,由于重力的作用,铅笔的将要倒下是必然的,是事先可以确定的。但是铅笔向哪个方向倒下呢?这是我们事先不能确定的。如果我们发现铅笔向东倒下,这完全是偶然的,如果重复这一实验,我们会发现铅笔可以向各个方向倒下。我们认为在倒下之前,铅笔向每个方向倒下的可能性都是存在的,并且每个方向的概率是相同的,当铅笔倒下之后,倒下的方向就被确定了。

在研究热学时,鉴于组成物质的分子数目非常巨大,人们采用统计的方法进行研究。统计是建立在偶然性的基础上的,如果我们能跟踪单个分子的行踪,那么我们会发现单个分子的运动几乎完全是随机的,布朗运动就是分子的这种随机行为的间接反映。虽然经典物理学的理论认为,单个粒子运动的随机性是该粒子与其他粒子频繁碰撞的结果,原则上,只要人们对系统具有充分的认识,根据力学规律,各粒子的运动还是可以完全确定的,但是在研究的时候人们并不关心也无需关心个别粒子的运动,这样做尽管使得人们无法确定系统中每个粒子的运动状态,却还是可以根据统计的方法确定系统的状态。所谓的温度,就是组成物体的

大量分子平均动能的标志,平均动能就是一个统计量。又如,当气体向真空的膨胀,从微观上看完全是偶然的,而从宏观上看,却又是必然的。不难看出,气体的这种宏观行为的必然性正是建立在微观行为的偶然性的基础上。

黑格尔对必然性与偶然性的关系有着非常精辟的论述,他说:“可能与现实的统一,就是偶然。偶然的東西,因为它是偶然的,所以没有根据;同样也因为它是偶然的,所以有一个根据。偶然的東西是必然的,必然性本身规定自身为偶然性,必然性通过偶然性为自己开辟向前发展的道路。”科学的发展越来越显示出自然界的这种辩证关系。

贝克勒尔发现了放射性现象,随后在人们对放射性进行定量研究时,发现一个令人惊奇的现象。当放射性物质比较多时,物质的放射性是很有规律的,表现为放射性的强度稳定,并与放射性物质的多少成正比,经过一定的时间,放射性的强度随时间按指数规律减弱,所谓半衰期,就是一定物质的放射性强度从初值减弱到一半所经历的时间;但是当放射性物质比较少的时候,放射性的强度就变得不稳定,尤其是当放射性物质很少的时候,人们用探测器探测放射性时,根本无法确定什么时候会有射线放出来,放射性变成只是一种偶然现象,探测器只能是偶然地探测到射线。我们知道,各种放射性元素都有自己的半衰期,各种元素的半衰期都是相当稳定的。比如我们可以根据 ^{14}C 的半衰期,测定一些出土文物的准确年代。如果不明白偶然与必然的辩证关系,就很难想象这样一个有规律的放射性现象是基于偶然性的。

经典的物理学,虽然在热学中采用了基于偶然性的统计方法,但是显然在过去没有一个物理学家会认为物理规律可以以偶然性为基础,因为在经典的统计物理中,偶然并不是没有原因,而是大量小的原因叠加的结果,人们相信将来会有一种更为深入的分析 and 更强有力的计算方法可揭露在表面上是随机的现象的背后的决定论。因此科学规律作为规律,在本质上是不能具有偶然性的,否则它们就不是科学规律了,科学规律一定是建立在必然性的基础上,这使得科学规律有了预见功能,也有了追溯功能。而这样的自然观同时也不可避免地带来宿命论,即宇宙中现在发生的和将来要发生的一切都是早已事先被决定了,现实世界的所有一切就像放电影一样,不过是已然确定的命运的依次显现。

量子理论的发展改变了这种情况,量子理论在实验上的成功足以表明这一理论的客观性,但是整个量子理论却是建立在一个一些科学家认为是非常脆弱的

基础上,即量子力学的概率解释.爱因斯坦对此十分不满,在他有生之年不断地对此提出疑难,设计一些实验以证明概率解释的荒谬.玻尔则坚持概率的立场,并提出了对待微观粒子的运动的两个有效的方法,一个是互补原理,即微观粒子的粒子性与波动性是互补的,另一个是对应原理,即随着粒子数目(或量子数)的增多,物质的运动的规律就会从量子化过渡到经典的情况.玻尔与爱因斯坦在量子力学的完备性上进行了二十多年的争论,其焦点就是量子力学的概率解释.

爱因斯坦并不反对量子力学,他也是量子力学发展的推动者,光的量子性是爱因斯坦提出来的,光子说一举解决了光电效应的问题.他所不能接受的是在量子力学的基础中存在着非决定论的东西,他认为即便是单个微观粒子的运动也是受必然律支配的.但是海森堡的不确定关系表明,我们不可能准确地知道单个粒子的运动情况,在原则上人们无法同时精确地知道一个物体(微观粒子)的位置和动量,这与经典物理的粒子概念是有根本区别的.我们可以通过光的衍射现象来理解光子的位置和动量的关系:当我们通过缩小缝的宽度使得光子的位置变得更精确时,光子的动量的不确定性将增大,即此时光屏上中央亮条纹的宽度将增大.

德布罗意提出任何微观粒子都有波粒二象性,薛定谔由此出发建立了量子力学的波动形式,根据波动力学,所有微观粒子的波动性都可以用波函数表示,波函数应满足薛定谔方程.所以我们可以从薛定谔方程求得表示粒子运动的波函数.波动力学的形式是微分方程,与经典力学方程很相似,所以很快就被物理学家们接受了.但是该波函数的意义是什么呢?粒子的波动性在波函数中已经得到体现,但是他的粒子性体现在哪里呢?玻恩提出了概率波概念,波函数确定了在空间某点发现粒子的概率.概率波不同于宏观的波,两者之间的最大区别就是,宏观的波必须通过大量粒子的运动才能体现出来,而概率波是单个粒子就具有的特性.概率波的概念比较难理解,我们试从光的干涉实验来了解一下这一作为量子力学基础之一的概念.

大量光子显示出光的波动性,所以当光强比较强的时候,我们用处理机械波干涉的方法来处理光的干涉就能得到正确的结果.但是当光强很弱,以至于光子只能一个一个通过狭缝时,我们应该怎样来理解光子的波动性呢?我们用胶片来记录光子的位置,当一个光子通过狭缝时,他打在胶片上的位置是不确定的,我们只能确定它打在胶片上某处的概率是多少,他打到哪里都是偶然的,直到光子打在了胶片上,我们才能确

定光子打在胶片上的位置.第二个光子也是同样的情况,这样下去,当依次进来的光子数目不多时,我们会发现,胶片上留下一些杂乱无章的斑点,并没有显示出干涉的条纹来,也就是说我们看不出光子有波动性.但是随着时间的推移,打到胶片上的光子数目增多,胶片上就出现了干涉条纹,即显示出波动性.在这里我们是让光子一个一个进来,每个光子打在胶片上各点的概率都是由波函数决定的,所以光子在胶片上的分布是遵循统计规律的,显然少数的光子位置显示不出统计分布的特点,正如有限次的抛硬币,出现正面朝上的次数一般并不是总次数的二分之一.当光子数足够多时,统计分布的特点也即波动性就显现出来了.波动性和粒子性都是粒子的根本属性,并不因为少数的粒子显示粒子性时就没有波动性了.少数粒子到大量粒子的过渡,也是物质运动从偶然性发展到必然性.

有趣的是,在双缝干涉实验中,如果我们关闭一条缝,那么光子在胶片上的概率分布就发生了改变.问题是当单个的光子通过一条缝时,光子如何知道另一条缝是开着还是关着呢?又当单个的光子打在半透膜上时,光子会穿过半透膜呢,还是被半透膜反射?

在量子力学中,玻尔的对对应原理不仅是联系宏观和微观的桥梁,同时也是从偶然性(随机)到必然性(随缘)的过渡.根据统计规律,单个粒子运动的不确定性并不影响宏观系统的确定的性质.只是这样一来,我们的自然规律从根本来说,都是统计意义上的规律,也就是说,我们的科学规律是建立在偶然性的基础上,这种偶然性中包含了必然性.

达尔文的进化论,也体现了这一原理.物种在遗传的时候发生变异,这是必然的,但发生什么样的变异则是偶然的,有的变异使物种更能适应环境,有的变异则不然.研究发现,虽然大多数的变异对物种的生存是不利的,但是生物的进化却走着一条从低级向高级发展的路,这又是必然的,这种必然性是基于变异的偶然性,通过自然选择而实现的.

中国哲学的思想深处保持着辩证思维的灵魂,即使在最具有宿命论思想的词汇“命运”中也保持这样的神韵.这里的“命”是“必然性”,天命不可违;这里的“运”是“偶然性”,人人都可以撞大运.“命运”一词正是必然性和偶然性的统一,它预示了事物的发展一半随缘,一半随机.

参考文献

- 1 北京大学哲学系、外国哲学史教研室编译.古希腊罗马哲学.上海:三联书店,1957
- 2 黑格尔著,贺麟译.小逻辑.北京:商务印书馆,1996