

对极端条件下物理问题的思考

闫迎利

(安阳师范学院物理系 河南安阳 455002)

随着科学技术的进步,人们对客观世界的研究已由对其自然状态下的分析研究,变成在极端条件下的实验研究。物理现象的极端问题包含两个方面的意思:一是人类认识客观世界的物质条件的顶点,即特定时期实验手段的顶点表现,也就是说人们认识客观世界越深入需要的实验条件越高、手段越先进,而实验手段是受到当时科技条件限制的;二是人类认识客观世界的理论顶点,即某一时期对某一物理现象的认识顶点,也就是说已有的物理规律是有使用条件和适用范围的,我们学习的理论是相对真理。极端是某一历史阶段的极端,因此我们应把研究物理现象的极端问题看作一个过程而不应该看作成为一个任何时候都不能达到的理想化的顶点。

在物理学中,许多物理规律是科学家在观察、实验等科学研究方法的基础上,经过他们的理性思维得出的结论,是物理现象在某一历史阶段的结论。由于物理规律是物理现象在某一历史阶段的极端状况下的结论,所以我们很有必要对物理现象的极端问题进行深入的讨论和研究,以便能得出普遍性的规律。下面就物理现象中的几个极端事例来说明研究物理极端问题的重要性及其方法。

一、研究对象所受阻力 $\rightarrow 0$ ——惯性定律的建立

第一个问题:惯性问题。水平面上的物体在不受外力的作用的情况下将保持静止或匀速直线运动。提出了物理学中非常重要的概念:惯性。

第二个问题:自由落体运动问题。什么是自由落体运动呢?自由落体运动是物体只受重力作用而从静止状态开始降落运动。

关于惯性,在伽利略以前,人们所信奉的是亚里士多德(Aristotle,公元前389~322)的力决定物体的运动速度,作用于物体的力越大(小),则物体的运动速度越大(小),没有力的作用,物体将静止不动。从表面上看,这个观点似乎可以解释一些日常现象。而伽利略首先批判了亚里士多德的力学观点,分析了斜面实验来说明惯性。他得出的结论是:当一个物体在一个水平平面上运动,没有遇到任何阻碍时,它的运动就将是匀速的,并将无限地继续下去。在伽利略得出结论的表述中,我们看到了一个与日常

现象、实验不可能符合的表述,即:一个物体在一个水平平面上运动,没有遇到任何阻碍,即:研究对象所受阻力 $\rightarrow 0$ 。这句表述既是伽利略斜面实验得出正确结论的根本所在。也就是说,伽利略的理想实验是他得出正确结论的先决条件,只有在理想实验中才能有研究对象所受阻力 $\rightarrow 0$ 。

关于加速度,伽利略从自由落体的研究入手,批判了亚里士多德重物下落的快,轻物下落的慢的错误观点。在没有真空泵的16世纪,伽利略的根据他的逻辑推理和理想实验(假定空气阻力 $\rightarrow 0$)。引进了新的物理概念——加速度,即只受重力作用而从静止状态开始降落的物体的运动具有相同的加速度——重力加速度,从而建立了自由落体运动规律。

伽利略从斜面实验、理想实验中得出了两个重要的物理概念:惯性和加速度。他的观察与实验,物理思想与数学工具结合起来的方法也是他对物理学的重大贡献。即伽利略的功绩,就是把科学的思维和实验研究正确地结合在一起,从而为力学的发展开辟了一条正确的道路。

结论:对于直线运动:阻力 $\rightarrow 0$ ——惯性 ——匀速直线运动 ——惯性定律;而对于自由落体运动:阻力 $\rightarrow 0$ ——加速度 ——自由落体运动规律 ——匀加速直线运动。

二、研究对象所处温度 $\rightarrow 0$ ——BSC 超导理论的建立

1908年荷兰莱顿大学的物理学家K·奥涅斯(Kamerlingh Onnes)成功地将氦气液化,获得4.2K的低温,再经过减压,温度可低至1K。实现了这样极端的低温后,1911年奥涅斯和他的学生测量汞的电阻率,发现汞在4.15K处电阻突然降到仪表无法检测的程度,他们发现,一旦汞处于4.15K以上,汞的电阻又得到恢复。他们经过两年的精心实验验证,确认汞在低于4.15K以后,电阻突然消失,是进入一种完全新的状态,这种状态称为“超导态”。具有超导电性的物质称作超导体,超导体的电阻突然消失时的温度称为临界温度,通常以 T_c 来表示。当金属处于 T_c 以上温度时,超导体和正常金属一样,

具有一定的电阻,超导体处于正常态,当金属处于 T_c 以下温度时,电阻消失,处于超导态。物质由超导态转变到正常态,或由正常态转变到超导态是一种可逆的相变,这种转变是在一定的温度间隔内实现的。

超导理论是巴丁(J. Bardeen)、库柏(L. N. Cooper)、施里弗(J. R. Schrieffer)三人在1956~1957年提出的。这一超导理论称为“BCS理论”。该理论认为,金属中电子在一定条件下会结为电子对,由于电子间集体相互作用,使成对的电子有相同的总动量,超导体处于最低能态,会导致电子的超流动。后来约瑟夫森(B. D. Josephson)又用量子隧道作用发展了BCS超导理论。

超导问题:对于超导问题来说,临界温度 T_c 就是超导现象的温度极端问题。对于不同的研究对象临界温度 T_c 其是不相同的。

结论:温度 $\rightarrow 0$ ——超导现象——超导(概念)——假说(超导电性起因于电子与晶格振动的相互作用)——超导的微观理论(BCS理论)

三、研究对象的速度 $\rightarrow c$ ——狭义相对论的建立

关于“相对论”的考虑爱因斯坦从16岁时就已经开始,那时他考虑过:如果我以速度 c (光速)追随一条光线运动,那么就on应该看到这样一条光线就好像一个在空间里振荡着而停滞不前的电磁场(问题的起因是相对速度变化的渐进过程)。从这样一个观察者的观点来判断,一切都应当像一个相对于地球是静止的观察者所看到的那样按照同样的一些定律进行,因为第一个观察者怎么会知道或者能够判明他是处在均匀的快速运动状态中呢?

由于爱因斯坦深受奥地利物理学家兼哲学家马赫的“一切运动都是相对的”思想的影响,并考虑了麦克斯韦电磁理论(包括光速 c 是常数的结论),相对性原理与伽利略变换之间的矛盾,认为“光速不变”和“相对性原理”比伽利略变换更根本。提出了“光速不变原理”和“相对论的相对性原理”,从而建立了狭义相对论。

爱因斯坦的相对论认为,不存在绝对的时间与空间,它们都是相对的,时间和空间不可分割,是一个整体,称为四维时空。并且还认为,光速是绝对的,在任何惯性系中光速都相同。

结论:光速是物体运动的极限速度,“以太”失效——爱因斯坦假说(光速不变原理,相对论的相对性原理)——狭义相对论的建立——预见新的相对

论效应。

四、当研究对象的线度——宇观尺度 ——广义相对论的建立

狭义相对论建立以后,爱因斯坦并没有止步。他认为狭义相对论还有许多问题没有解决。例如:为什么一切物体在引力场中下落都具有同样的加速度?刚刚经受住考验的狭义相对论,为什么一用到引力场中就遇到了矛盾?爱因斯坦在1907年认识到,“在狭义相对论的框子里,是不可能有人满意的引力理论的。”爱因斯坦1933年在《广义相对论的来源》一文中写道:“在引力场中一切物体都具有同一加速度,这条定律也可以表述为惯性质量与引力质量相等的定律,它当时就使我认识到它的全部重要性。我为它的存在感到极为惊奇,并猜想其中必定有一把可以更加深入地了解惯性和引力的钥匙。”从上述内容可知,广义相对论的应用主要是在宇观领域,即宇宙学和天体物理学方面,研究对象的线度是宇观尺度。

爱因斯坦经过1911年到1916年的艰苦工作,他借助于异乎寻常的数学手段——黎曼的张量几何,建立了引力场方程。他由引力方程求出了一些近似解。提出了三个检验广义相对论的实验:引力红移、光线偏折、轨道进动。后来,这三项都得到实验的验证。爱因斯坦还证明了牛顿理论可以作为相对论引力理论的第一级近似,即宏观尺度下的牛顿理论是宇观尺度下的广义相对论引力理论的第一级近似,这种把宇观尺度理论与宏观尺度理论的统一也间接证明了广义相对论的正确性。

结论:宇观尺度——引力问题——爱因斯坦提出新假说——广义相对论的建立——预见新的相对论效应,证明与牛顿理论的关系。

五、当研究对象的线度——微观尺度 ——量子力学的建立

由于科学家在用经典物理理论研究黑体辐射问题时遇到“紫外发散灾难”。普朗克(Planck,1900)在瑞利-金斯公式和维恩经验公式的基础上,提出能量量子假说,使黑体辐射问题理论上得到了圆满解释。因此,普朗克的量子假说被看作近代物理学的起点。继后,爱因斯坦解释光电效应提出光子说,德布罗意提出实物粒子的波粒二象性,这些都是在微观尺度下才能发现的物理现象。

量子力学的是反映微观尺度下粒子(分子、原子、原子核、基本粒子等)运动规律的理论。该理论

是许多科学家在总结大量实验事实和旧量子论的基础上,并引进一些基本假定后建立起来的。量子力学已经是物理学中的基础理论之一。

结论:微观尺度——能量子(新概念、新模式)——实物粒子的波粒二象性——量子理论。

从上述问题可知,物理学中的极端问题因时代不同而不同,它是一个变化的过程,在这个过程中,极端的物理问题(应用方面、理论解释方面)是奇异处,也就是数学中的拐点。从奇异处可以得出物理现象的变化将是突变的、非线性的。因此,正确认识奇异处的物理现象应具有非线性的、非逻辑性的、跳跃性的思维方法。

物理学极端问题的解决主要需解决两个方面的问题:一是从实验上去发现极端现象或去证实极端理论的预言,二是对极端现象进行科学的理论解释或从理论上提出预见。不论是从实验中建立新理论还是从理论中预见新问题,两种情况都可以使研究者有很大的收获。同时,物理工作者还应注意解决新现象的数学方法问题,不同的物理问题需用不同的数学理论来解决。如:力学引用矢量;量子力学中力学量用厄米算符表示;广义相对论引用张量;热现象理论引用概率与统计学;数字电路引用逻辑代数等。

总之,极端问题因历史时代不同、科学技术水平不同、实验室实验条件不同而变化。对于研究基础理论的工作者来说,应具有非线性的理性思维头脑,着重研究各个分支的极端问题,这样做将会在该分支方向中有重大建树。

从上述的极端问题讨论可知,对物理学的基础理论研究有重大贡献的物理学家一般具有以下特点:

(1) 当这些物理学家遇到物理难题时,由于他们具有非线性的、非逻辑性的、跳跃性的思维方法,所以能够提出新的物理概念,建立新的、适宜的物理模型,并会用适用的数学方法建立新的物理理论体系。

(2) 这些物理学家能够从实验方面去实现极端问题的要求,从实验上把握极端问题的特殊性和复杂性,从实验中发现自然现象及其规律。

(3) 这些物理学家能够从理论方面去解释极端问题,他们提出的物理理论不仅能很好解释已知的物理现象还应有科学的预见性,能预见新的物理现象。

结论:研究物理极端问题——发现新的物理现象——用非线性的思维方法提出可以解释新现象的物理概念——建立新的物理模型——用适用的数学方法,建立新的物理理论体系。

当今世界科学技术迅猛发展,而许多中国科学家正在向诺贝尔奖冲刺。从以上对物理学的极端问题的讨论可知,用非线性的思维方法来研究极端问题(其他学科也是这样)而得到的科学发现和发明,一般具有划时代的意义。这样也必将会更早的实现我们的梦想。

作为物理工作者应有清醒的认识,人类对客观世界的认识是没有界限的,一旦发现“认识危机”,实际上是传统观念的危机和新认识的起点。近代物理学史表明:任何人也不能给人类设置一个永恒的认识界限,无论传统的惯性力量多么顽固,都无法阻挡科学技术的新发展。

科苑快讯

蜘蛛为什么能在天花板上爬行

美国和瑞士科学家小组成功地查明,蜘蛛是怎样很好地保持在光滑垂直的墙壁甚至在天花板上爬行。

在实验过程中科学家仔细研究了 *Evarcha arcuata* 蜘蛛脚爪的结构,所据《每日科学》引用《Smart Materials and Structures》杂志内容时指出,原来发现在蜘蛛每只脚爪上长有一个由极细纤毛组成的不大部位,每根纤毛同样由几万根更细的刚毛组成,这些刚毛能借助于范德瓦尔斯力——分子间作用力与表面发生作用。范德瓦尔斯力具有非常小的能量(约为 40 千焦/克分子),在较强力作用背景下常常不会表现出来。虽然每根单独的刚毛不能产生

所需的附着力,但是数以万计刚毛吸引力的总和却相当大。特别是,60 万根细刚毛能使蜘蛛悬挂在天花板上,能支撑超过蜘蛛体重 170 倍的重量。

科学家这一发现将来能帮助研制原理上全新的材料,这样的新材料能用来生产登山手套、超强粘力胶带、包扎伤口特殊膏药和宇航服。应该指出的是,蜘蛛并不是地球上能利用范德瓦尔斯力移动的唯一生物,例如小壁虎的脚爪也长有类似的吸盘,上面覆盖有数以百万计的细刚毛,这些细刚毛能借助于范德瓦尔斯力在分子力水平上与表面结合在一起。

(周道其译自俄《计算机在线》2004/5/5)