

中学物理科学思维方法

张 遥 编著



黑龙江科学技术出版社

中学物理科学思维方法

张 遥 编著

黑龙江科学技术出版社
中国·哈尔滨

责任编辑 车承棣

封面设计 赵元音

版式设计 关士军

中学物理科学思维方法

张 遥 编著

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话 (0451)3642106 电传 3642143(发行部)

印 刷 哈尔滨市龙江印刷厂

发 行 全国新华书店

开 本 850×1168 1/32

印 张 8.25

字 数 200 000

版 次 1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

印 数 1-4 000

书 号 ISBN 7-5388-3355-2/N·147

定 价 13.00 元

编者的话

作为一名工作在物理教学第一线的中学物理教师,一直想写一本能被广大青少年读者接受的物理学科学思想与科学方法的理论读物,今天,这一愿望终于实现了。自从开始了物理教学生涯,我就一直致力于对中学物理科学思想与科学方法的研究,近几年来又在所工作的学校——浙江省衢州二中的高中学生中开设了“物理科学思维方法”的选修课。今天奉献给读者的《中学物理科学思维方法》一书,就是本人在撰写和发表了许多论文及进行了大量的物理学教学实践的基础上产生的,这里不仅仅凝结了我本人的心血和操劳,也包含着众多的同行和专家们的支持、鼓励和帮助。

《中学物理科学思维方法》是向广大的青少年读者,尤其是中学生朋友们较系统地介绍物理学科学世界观和方法论的一般知识的理论读物,它以中学生所具有的物理知识为基础,向人们展示了物理学科学思想的主要观点和最基本的科学思维方法。因此,它应是广大青少年读者和中学生朋友们学习物理知识、掌握科学方法、提高学习能力、培养科学素质的良师益友,愿广大青少年朋友们能够欢迎它,喜欢它。

同时还希望,本书对正在致力于物理教学的同行们能有所裨益。本书的最后部分(第四编)是专为物理教师进行科学思想和科学方法教育而编写的,希望能起到抛砖引玉的作用。

毋庸讳言,由于本人的才疏学浅,本书不可避免地会有不当之处,敬请广大的读者、同行和专家们赐予宝贵的批评和指正。

1998年2月

前 言

物理学是研究物质运动最一般的规律和物质的基本结构的基础学科。我们在研究和学习物理知识的过程中,总要逐渐地形成对自然界的基本看法。如,我们常常要回答,为什么电磁波也是运动的物质?为什么不可能制造出不需要任何外来动力的永动机?为什么单摆在不受任何阻力时会一直摆动下去……这些问题,都与人们对自然界的总的看法有关。我们在中学物理中对自然界本来面目的正确理解,就是一种科学自然观,或者也叫物理学科学思想。它是辩证唯物主义世界观的组成部分。

世界观又是方法论。所谓方法论,指的是人们认识世界和改造世界所遵循的最一般的方法。物理学的特征,不仅表现在研究对象上,而且也表现在研究方法上。

物理学的基本研究方法就是实验和数学的结合。一般认为,自从伽利略引进了实验、数学方法,物理学才真正成为一门科学。观察与实验是物理学研究的基础;运用数学工具进行定量探讨,建立物理学的理论体系是物理学研究的核心与归宿;而进行科学理论思维,则贯穿于物理学研究的始终。伽利略把实验、数学、思维三种最基本的方法完美地结合起来,开创了近代经典物理学研究的方法体系。本书所要着重讨论的物理学科学思维方法,就是其中之一。

实验实际上是一个从具体到抽象的归纳过程。“现代实验科学的真正始祖”弗·培根就是试图对科学方法论进行哲理总结的第一个人,他强调了科学思维中归纳法的重要性,并对归纳的三种方

法——求同法、差异法和共变法作了详细的论述。另一方面,数学基本上属于演绎科学。数学家笛卡儿则特别重视演绎的作用,他深信,从不可怀疑的和确定的原理出发,用类似数学的方法进行论证,就可以达到对自然界的认识。培根和笛卡儿对科学思维中归纳法和演绎法的研究所作出的贡献是不可磨灭的,然而他们也都各有各自的片面性。物理学的科学思维方法,应该是归纳和演绎的辩证有机结合。

在物理学研究的认识活动中,部分与整体,从来就是科学思维的一对重要范畴。在长期的物理研究实践中,人们既形成了从部分认识整体的分析型思维方法,也创造了从整体着眼的整体型思维方法。近代科学技术的发展,为人们提供了把整体分解为部分,并能深入研究各个部分的具体方法和实验手段,使分析的方法取得了卓有成效的成果,以分析为主(或按分析→综合思路进行的)分析型思维方法,一度成了最经典的科学认识手段。然而,随着科学研究领域的不断拓宽以及人们认识活动的不断深化,人们面对的研究客体常常是多层次的复杂系统,这就愈来愈多地要求人们注重从整体出发,进行整体性研究。从整体出发的(或按综合→分析→综合思路进行的)整体型思维,成了当代科学思维的热门课题。在物理学研究中,解决部分与整体关系的最基本方法,应该是分析与综合的辩证结合。

物理学研究是一种创造活动,创造性思维是人类创造活动的灵魂和核心。物理学的创造性思维,要求人们把逻辑方法与非逻辑方法辩证地统一起来,把发散性思维与收敛性思维有机地结合起来,以实现各种思维形式的高效运用。

“原天地之美而达万物之理”,用这句话来概括物理学是颇为恰当的。物理学不仅为人类提供了物质世界的结构和运动规律的

知识体系,而且还把科学思想与科学思维方法的无比魅力展示在我们的面前。

中学阶段,不仅是学习物理知识的黄金时期,也是形成科学世界观、掌握科学思维方法的大好时机。愿这一本小册子能成为中学生们的好朋友,成为同学们探索科学知识的忠实伙伴。

编者

1998年2月

目 录

第一编 物理学自然观	(1)
第一章 系统层次律	(1)
第一节 自然界是物质的世界	(1)
第二节 从力的本质属性谈物体受力分析	(6)
第三节 系统性是物质世界的普遍属性	(12)
第四节 层次性是物质系统的一个根本特征	(16)
第二章 转化守恒律	(20)
第一节 自然界的运动形式	(20)
第二节 物质运动的时空属性	(23)
第三节 自然界的转化守恒律	(32)
第四节 运用“守恒定律”,认识物质世界	(36)
第三章 循环发展律	(44)
第一节 发展是新事物的产生和旧事物的灭亡	(44)
第二节 循环式发展是自然界物质运动的普遍现象	(48)
第三节 循环发展律是否定之否定规律在自然界的表现	(51)
第四节 浅谈机械波的特征	(53)
第四章 矛盾统一律	(60)
第一节 矛盾是自然界运动发展的内在动力	(60)
第二节 吸引与排斥是物理学物质运动的基本矛盾	(61)
第三节 矛盾分析方法是最根本的认识方法	(63)
第二编 物理学逻辑思维方法	(68)
第五章 部分与整体	(68)

第一节	逻辑思维概述	(68)
第二节	分析方法	(75)
第三节	综合方法	(86)
第四节	掌握独立性原理,提高分析综合能力.....	(91)
第五节	比较法与分析综合	(99)
第六节	部分与整体的关系和物理学中的科学思维	(109)
第六章	个别与一般.....	(119)
第一节	归纳方法.....	(119)
第二节	物理学归纳方法解题浅谈.....	(130)
第三节	演绎方法.....	(134)
第四节	物理总复习与归纳演绎思维.....	(138)
第五节	类比方法.....	(144)
第六节	个别与一般的关系和中学物理中的科学思维	(161)
第七章	逻辑与历史.....	(168)
第一节	“逻辑与历史统一”的知识体系建构功能.....	(168)
第二节	“逻辑与历史统一”的方法论功能.....	(170)
第三节	“逻辑与历史统一”的思想教育功能.....	(172)
第四节	物理学科学思维的基本原则.....	(174)
第三编	物理学非逻辑思维方法	(176)
第八章	形象思维与直觉思维.....	(176)
第一节	形象思维.....	(176)
第二节	运用模型方法,解决单摆问题	(188)
第三节	直觉思维.....	(194)
第九章	创造性思维.....	(202)
第一节	创造性思维.....	(202)
第二节	联想与创造性思维.....	(216)

第四编 物理学世界观与方法论教育	(222)
第十章 物理学科学思想与科学方法教育的基本策略	 (222)
第一节 物理学科学思想教育基本策略.....	(223)
第二节 物理学科学思维方法教育基本策略.....	(227)
第三节 物理学实验方法教育基本策略.....	(231)
主要参考文献.....	(249)

第一编 物理学自然观

自然观是关于自然界以及人与自然关系的总看法,总观点。它是对人类科学成果的概括和提炼。本篇从中学物理所揭示的物质世界的存在形式与运动发展的规律出发,向人们展现了自然界辩证发展的生动画面,论述了辩证唯物主义自然观的基本思想。

第一章 系统层次律

茫茫宇宙,大千世界,是由什么组成的,它以怎样的状态存在,这是人类千百年来所探索的问题,也是物理学所研究的重要课题。系统层次律正是对客观自然界存在的状态概括的描述。

第一节 自然界是物质的世界

我们的自然界,五彩缤纷,千姿百态。宇宙中有日月星辰等多种天体,地球上有山川湖海等各种物体,在微观世界,又有原子、电子、中子等各种粒子……这些,都是构成自然界的各种物质。什么是物质呢?要对物质的概念作出科学的规定,必须撇开一切事物具体形态和特殊性质,概括出它们最一般的共同本质来。物理学认为:物质是“标志客观实在的哲学范畴,这一客观实在可以被人们的感官所感知”(《简明物理学词典》第401页,上海辞书出版社,1987年版)。这一科学的定义,反映了辩证唯物主义对物质认识

的基本观点,它告诉人们,物质是既不依赖于人们的意识而独立存在,又可以为人们的认识所反映的客观存在。自然界就是一个无限多样的统一的物质世界,物理学的研究成果充分地证实了这一观点。

一、世界是物质的世界

自然界的物质形态是无限多样的,让我们先把探索的目光展向浩茫的宇宙太空吧,这里有亿万万的物质形态——天体所构成的系统,它包括:星云、行星、恒星、星系、星系团、总星系等。其中很多星系里的恒星就有一千亿颗以上。通过对恒星演化的观察,我们又发现恒星又可分为红外星、主序星、脉动星、中子星、白矮星和黑洞等不同的物质形态。在太阳系中,行星又可区分为地球、火星、金星、水星、土星、木星、天王星、海王星、冥王星等九种不同物质形态的行星。

再看宏观领域。科学实践证明,宏观物体是由分子组成的,分子是由原子组成的。目前已发现的元素已有 107 种。由于这些物质群体聚集状态不同,又可分为固态、液态、气态、等离子态、超密态等五种聚集状态。

在微观世界,人们通过对物质结构的研究,发现了大量新的物质形态。大家知道,原子是由原子核和电子组成的,原子核是由中子和质子组成的。一些科学工作者把电子、中子和质子等微观粒子称为基本粒子。迄今为止,已发现了三百多种基本粒子、它们各有不同的特征。

随着电磁学理论的发展,人们在科学实验中发现了一种不同于实物形态的新的物质形态——“场”。电荷的周围存在电场;运动电荷的周围又有磁场;太阳能吸引地球,地球也吸引太阳,表明它们之间存在传递引力作用的引力场。“场”这种物质形态与实物形态不同,它能充满整个空间,具有传递相互作用的能力。场的发现,使间断的实物之间找到了现实的、科学的联系,它使人们认识

到辽阔的宇宙太空并不是虚无缥缈的,而是充满着实物粒子或场等不同形态的物质。这就为人们认识物质结构提供了新的物质基础。场为什么也是物质呢?我们不仿以电磁场为例,对此作一科学的论证。首先,从麦克斯韦经过考察的事实告诉我们,电磁场是一种实在的东西,它不依赖于检验手段,不依赖于人们的主观意志而独立存在。一个变化的磁场总产生电场,不管有没有一根导线去检验它的存在;一个变化的电场也总产生磁场,不管有没有一个磁针去检验。麦克斯韦方程所描述的场是现实的,实在的,1888年,赫兹运用实验手段测到电磁波,并测定了它的速度等于光速,这就证实了麦克斯韦理论所描述的场是客观存在的东西。其次,近代物理的研究成果告诉我们,场具有能量、质量、动量、角动量等物质的基本属性,并遵循能量转化和守恒定律、质量守恒定律、动量守恒定律、质能联系定律等基本规律。如,当一个带电体在电磁场的作用下加速时,其机械能要增加,而这部分增加的能量,正是电磁场能量的减少而转化过来的。我们所熟悉的电磁振荡过程,就是电场能与磁场能周期性地相互转化的过程。再次,物理学的研究还证明,电磁场除了有波动性之外,还有粒子性,场也是粒子性和波动性的统一。如,电子在发生跃迁时吸收或放出的能量是一份一份的,每一份能量为 $E = h\nu$, 代表一个粒子,叫光量子。电子发射或吸收的能量总是光量子数的整数倍,其中电磁波的频率 ν 表示的仍是波的特征。可见,电磁场确实既是波又是粒子。以上事实足以说明,电磁场和实物一样,具有物质的基本特征。因此,从现代物理学所能达到的认识水平看,自然界的物质是实物与场的总和。

物质的形态是多种多样的,然而它又是统一的。通过光谱分析,以及近几十年来由于射电望远镜、宇宙火箭、人造卫星、天空实验室及红外线观测学新技术运用于天文观测所得到的结果,可以证明,宇宙天体的化学元素组成与地球上的物质组成是一致的。这就说明,宇宙中的万物在化学元素上是统一的。又如,物质的多

种形态在基本粒子上也是统一的。在中学物理中,我们对原子和原子核结构的理论已经有了初步的了解。进一步地探索还可以知道,随着电子、质子和中子的发现,加上爱因斯坦发现的光子,人们得到了一个新的认识:质子、中子和电子是组成一切客观物体的实物粒子;光子组成了场。这四种粒子似乎就成了构成自然界所有物质的基本粒子。因而,自然界各种宏观物质形态在这四种粒子上也是统一的。另外,实物和场这两种基本物质形态尽管不同,但它们之间也是相互联系、相互转化的。任何实物粒子都离不开有关的场而独立存在,任何场都是某种实物之间相互作用的场。总之,从物质形态上看,自然界是一个既多样又统一的物质世界。

二、联系是物质的联系

自然界的物质形态之间是相互联系,相互作用的。物质本身以各种物质形态的相互联系形式而存在。自然界的一切联系都是物质间的相互联系,也就是物质间的相互作用。不是物质的相互作用也是不存在的。如“力是物体对物体的作用。”这是中学物理中对力的定义,它告诉我们,离开了物体(物质),就不会有这种相互作用,物质性是力的根本属性。如,物体以初速 V_0 沿光滑的斜面向上作匀减速运动。有人认为,既然物体沿斜面向上运动,必然受到一个使物体向上运动的作用力;也有人认为,既然物体作减速运动,物体肯定受到一个沿斜面向下的使物体减速的“下滑力”。其实,这两种力都是不存在的,因为不存在产生这种相互作用的施力物质。物体之所以向上运动,是由于物体具有惯性,物体之所以作减速运动,是由于重力对它的减速作用。可见,力的物质性是我们分析物体受力情况的基本出发点。常常看到有的同学分析物体受力情况时认为,作简谐振动的单摆,除了受摆球的重力和摆线对摆球的拉力外,还受一个回复力;作圆周运动的圆锥摆,除了受重力和线的拉力外,还受一个向心力,等,这些都是对力的物质性缺乏认识的表现。就目前物理研究成果表明,自然界的所有相互

作用可归纳为四种：万有引力、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用。在中学物理中，我们着重学习了万有引力 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 、电场力 $F = qE$ 、磁场力 $F = qBV$ 。从上述各力的表达式也可看出，力是物质间的相互作用；质量 m_1 与 m_2 、电荷 q 与场强 E 、运动电荷 qV 与磁感应强度 B ，都是相互作用的物质的属性。可见，自然界的相互作用，都是客观存在的物质间的，相互作用。

三、运动是物质的运动

同世界是物质的世界，联系是物质的联系一样，运动也是物质的运动。恩格斯曾经指出：“这些物体是相互联系的，这就是说，它们是相互作用着的，并且正是这种相互作用构成了运动。”（《马克思恩格斯选集》第3卷，第492页）我们肯定物质形态的运动是它们之间相互作用的表现方式，也就肯定了运动是物质自己的运动。自然界没有不是物质的运动，物质是一切运动的主体。我们所遇到的一切物理现象，都是运动着的物质的各种表现形式。

如，机械运动是物体之间位置的改变，人们常常用抽象的模型——质点来代表运动的物体。质点与数学上几何点的根本区别就在于，质点是一个具有质量的点，它具有物质性，它代表的是一个作机械运动的实际客体，而不仅仅是对空间位置变化伸长性的描述。

又如，机械波是机械振动在介质中的传播，这是一种特殊的运动形式。产生机械波的条件是，一要有振源，这是产生振动的物质，二要有介质，这是传递运动的物质。可见，机械波的运动离不开物质。

我们再来看电流的形成吧。电流是电荷的定向移动。要产生电流，必须要有能够自由运动的电荷——自由电荷，它是电流这种物质运动的主体；同时还要有能使自由电荷作定向运动的物质——电场，它的存在是产生电流的必要条件。因此，只有处在电场

中的导体才能产生电流。

或许有人会说,电磁波不同于机械波,它的传播不需要介质,在真空中也能传播,这种运动是否与物质无关呢?其实,如前所述,电磁波本身就是一种物质,它是电磁场在空间的传播,当然也是一种物质的运动。

我们所熟悉的分子运动论,从分子群体这一个物质层次,对自然界的物质性作了科学的描述。分子运动论告诉我们:物质是由分子组成的,分子永不停息地作无规则运动,分子间存在着相互作用的引力和斥力。这一论述不仅表明,分子是物质的具体形态,而且说明,它们之间的相互作用以及由此所引起的运动情况都是客观存在的物质——分子的行为。

综上所述,从自然界的物质形态看,世界是物质的世界,从自然界的联系方式看,联系是物质的联系,从自然界的运动形式看,运动是物质的运动。总之,自然界是一个物质的世界,物质性是自然界的本质属性。

第二节 从力的本质属性谈物体受力分析

正确分析物体受力情况是解决力学问题的首要条件。所谓对物体进行受力分析,其实质是确定:有几个力作用在研究对象上?这几个力是什么性质的力?并根据力的三要素作出正确的受力图,这是受力分析的最终成果。

怎样正确地进行受力分析呢?认识力的本质属性,加深对力的概念的理解,是进行受力分析的先决条件,也是受力分析的根本出发点。

“力是物体对物体的作用”,力的这一定义告诉我们,力是物质之间的一种普遍的相互作用。力既具有物质性又具有相互作用的性质,这是概念内涵所反映的力的本质属性,是我们进行受力分析的根本依据。世界上有各种性质的力,它们的作用效果反映在物

体的形变和运动状态的变化上,牛顿第三定律是它们相互作用的规律,这些概念的外延,为我们提供了受力分析的重要线索。

一、物质性与相互作用性是受力分析的根本出发点

自然界是由相互联系、相互作用的各种物质组成的,力的作用离不开物质,物质是产生力的客观基础。因此,不管什么力,必有施力物体和受力物体,这是我们确定有无力作用的前提。

如图 1-1 所示,圆锥摆的摆球在水平面上作匀速圆周运动,有人认为,摆球所以做圆周运动是由于摆球除受重力和摆线的拉力外,还受到一个向心力的作用;也有人认为,摆球所以会偏离平衡位置,是由于受到一个离心力的作用。其实,上述所说的两种力由于没有施力物体都是不存在的。

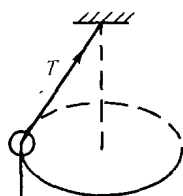


图 1-1

摆球的向心力其实是拉力和重力的合力,可以认为是拉力和重力的等效力,并不是物体实际受到的力,摆球的离心运动是由于物体的惯性所致。因此,离开了对力的物质性的认识,凭主观臆测,往往会导致分析上的错误。

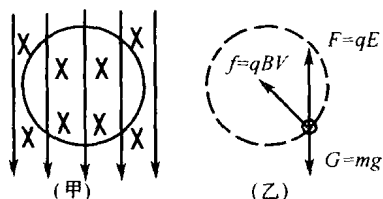


图 1-2

除了实物以外,场是物质的又一种形式。力的物质性,也表现在场对物体的作用。例如带电体在图 1-2(甲)所示的相互正交的匀强电场与匀强磁场中作匀速圆周运动,显然,带电体除了受到电场力 $F = qE$,

磁场力 $f = qBv$,还受到重力 $G = mg$,并且重力与电场力必等值反向,其受力情况如图 1-2 中(乙)所示。

例 1. 图 1-3(甲)所示,磁铁 A、B 的质量均为 m ,弹簧秤 C 的读数为 mg ,若 A 对 B 的弹力为 N ,竖直向上为正方向,则:

(A) $N = 0$; (B) $N > 0$; (C) $N \geq 0$; (D) 无法确定。