



QUANGUO ZHONGXIAOXUE JIAOSHI

全国中小学教师继续教育

教材

JIXU JIAOYU
JIAOCAI

物理学中的 辩证法

教育部师范教育司组织评审

邓昭镜 主编

西南师范大学出版社



QUANGUO ZHONGXIAOXUE JIAOSHI

全国中小学教师继续教育

教材

JIXU JIAOYU
JIAOCAI

物理学中的 辩证法

教育部师范教育司组织评审

邓昭镜 主编

撰稿人 陈华林 林辛未
殷传宗 罗琬华
邓昭镜

西南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学中的辩证法/邓昭镜主编. —重庆:西南师范大学出版社, 2001.8

ISBN 7-5621-2578-3

I. 物... II. 邓... III. 物理学—自然科学史—师资培训—教材 IV. 04-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 054130 号

物理学中的辩证法

主 编: 邓昭镜

责任编辑: 李 红

封面设计: 王 煤

出版、发行: 西南师范大学出版社

(重庆·北碚 邮编: 400715)

印 刷: 重庆大学建大印刷厂

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 8.75

字 数: 220 千

版 次: 2001 年 8 月第 1 版

印 次: 2001 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 0001~5 000

书 号: ISBN 7-5621-2578-3/G·1531

定价: 13.00 元

前

言

全面推进素质教育,是当前我国现代化建设的一项紧迫任务,是我国教育事业的一场深刻变革,是教育思想和人才培养模式的重大进步。实施“中小学教师继续教育工程”,提高教师素质,是全面推进素质教育的根本保证。

开展中小学教师继续教育,课程教材建设是关键。当务之急是设计一系列适合中小学各学科教师继续教育急需的示范性课程,编写一批继续教育教材。在教材编写方面,我司采取了以下几种做法:

(1)组织专家对全国各省(区、市)推荐的中小学教师继续教育教材进行评审,筛选出了200余种可供教师学习使用的优秀教材和学习参考书。

(2)组织专门的编写队伍,编写了61种教材,包括中小学思想政治、教育法规、教育理论、教育技术等公共必修课教材;中小学语文、数学,中学英语、物理、化学、生物,小学社会、自然等学科专业课教材。上述教材,已经在1999年底以《全国中小学教师继续教育1999年推荐用书目录》(教师司[1999]60号)的形式向全国推荐。

(3)向全国40余家出版社进行招标,组织有关专家对出版社投标的教材编写大纲进行认真的评审和筛选,初步确定了200余种中小学教师继续教育教材。这批教材,目

前正在编写过程中,将于2001年上半年陆续出版.我们将陆续向全国教师进修院校、教师培训基地和中小学教师推荐,供开设中小学教师继续教育相关课程时选用.

在选择、设计和编写中小学教师继续教育教材过程中,我们遵循了以下原则:

1. 从教师可持续发展和终身学习的战略高度,在课程体系,加强了反映现代教育思想、现代科学技术发展和应用的课程.

2. 将教育理论和教师教育实践经验密切结合,用现代教育理论和方法、优秀课堂教学范例,从理论和实践两个方面,总结教学经验,帮助教师提高实施素质教育的能力和水平.

2

3. 强调教材内容的科学性、先进性、针对性和实效性,并兼顾几方面的高度统一.从教师的实际需要出发,提高培训质量.

4. 注意反映基础教育课程改革的新思想和新要求,以使教师尽快适应改革的需要.

中小学教师继续教育教材建设是一项系统工程,尚处在起步阶段,缺乏足够的经验,肯定存在许多问题.各地在使用教材的过程中,有什么问题和建议,请及时告诉我们,以便改进工作,不断加强和完善中小学教师继续教育教材体系的建设.

教育部师范教育司

2000年11月1日



第一篇 物理学发展过程中的辩证法	[1]
第一章 经典物理的建立与完善	[2]
§1 人类对机械运动的认识	[2]
§2 人类对电磁运动的认识	[15]
§3 光和光的本性	[23]
§4 概率论进入物理学, 初期演化物理学的形成	[33]
§5 演化物理学与耗散结构	[44]
§6 跨学科领域的非线性科学异军突起	[46]
第二章 近代物理的建立与发展	[49]
§1 时空观的变革 相对论诞生	[49]
§2 早期量子论	[56]
§3 原子核结构之探索	[64]
第三章 量子力学中的哲学问题	[70]
§1 量子论的诞生及其发展——关于连续性和不连续性、波动性和粒子性、宏观与微观的对立和统一	[71]
§2 量子力学的建立与发展——从相对真理向绝对真理迈进	[79]
§3 两位科学巨人间的大论战	[84]

第二篇 物质结构(认识)的辩证法	[89]
第一章 关于宏观物理中一些基本概念的认识	[90]
§1 质量、能量、动量和惯性	[90]
§2 惯性定律 能量转化和守恒定律	[92]
§3 万有引力的普适性和物质性	[95]
§4 热的本质、热量和热能	[97]
§5 温度、熵和不可逆过程	[100]
§6 光微粒、光波和光子	[106]
§7 黑体辐射规律认识之演化	[111]
§8 时间-空间与相对性原理	[115]
第二章 物质微观结构认识中的辩证法	[119]
§1 物质结构的层次化和基本粒子概念	[119]
§2 夸克模型中分与离、大与小的对立统一	[124]
§3 复杂与简单 关联与不关联	[127]
§4 四种相互作用从统一到不统一再到统一的辩证过程	[129]
§5 20 世纪的“两大困惑”	[133]
§6 对称破缺和宇称不守恒——“ $\tau - \theta$ 疑难”	[136]
第三章 相平衡、有序和无序	[140]
§1 对称性, 对称破缺, 有序、无序和结构	[140]
§2 物质三态中的有序和无序	[143]
§3 晶体中的有序和无序	[147]
§4 非晶体中的有序和无序	[150]
§5 液晶中的有序和无序	[155]
§6 勒夏忒勒原理和楞茨定律	[157]
§7 铁磁体、二元合金中的有序和无序	[158]

§ 8 白矮星中的电子与氦核	[164]
第四章 物质结构中的电子和似粒子	[169]
§ 1 金属中的电子	[169]
§ 2 物质的磁性	[173]
§ 3 半导体中的电子和空穴	[177]
§ 4 晶格中的声子激发	[180]
§ 5 低温超导中声子耦合的库柏电子对	[182]
§ 6 氢分子中电子云分布状态与核间距的关系	[185]
第三篇 物质运动和演化过程中的辩证法	[189]
第一章 机械运动中的辩证形式	[190]
§ 1 振子中动能 - 势能的对立和转化	[190]
§ 2 受迫振动与临界共振	[194]
§ 3 变质量与变质量分布问题的分析	[198]
§ 4 太阳 - 行星系统的稳定与不稳定	[203]
§ 5 碰撞过程与瞬时过程	[206]
§ 6 回转轴的临界转速	[209]
第二章 相变与演化	[212]
§ 1 超流现象中相变的对立面存在形式	[212]
§ 2 玻尔兹曼演化因子中的对立因素	[215]
§ 3 电子发射过程中两极对立因素分析	[218]
§ 4 “热寂论”剖析	[222]
§ 5 “临界乳光”和“涨落关联”	[233]
第三章 动力学过程	[237]
§ 1 线性物理过程中对立面的存在形式	[237]

§ 2	贝纳花纹形成机理中的辩证过程	[241]
§ 3	激光形成的辩证过程	[246]
§ 4	物种演化中的生灭竞争	[249]
§ 5	形成湍流过程中的对立因素	[252]
参考文献		
	后记	[267]
4		

第

一

篇

物理学发展过程中的辩证法

物理学的发展史充满着两种势力、两种思想、两种观念和两种学说之间的激烈斗争。物理学就是在这个斗争中迂回曲折地发展着的。在其发展中每当一个新观点、新学说从旧观点、旧学说中派生出来时,往往要遭受旧观念、旧学说的维护者——统治权力、学术权威和习惯势力的怀疑、阻挠、抵制和扼杀。而且每一种新的相对正确的学说建立起来后,很快就被权势者和权威者们所把持,并使之片面化、绝对化,促使该学说逐渐走向它的反面,成为阻碍新的更正确的学说发生和发展的桎梏。物理学正是在新旧认识的反复较量中,历史地建立起一座座里程碑,每一座里程碑都铭刻着多少人杰的丰功伟绩。其中对物理学发展影响最大的有:1. 牛顿力学的建立,把天上的行星运动和地上的物体运动统一起来;2. 麦克斯韦经典电磁场理论,把电、磁、光三种运动形式统一起来;3. 克劳修斯的熵增原理和玻尔兹曼的气体动力论,在决定论统治的物理学中引入了不确定性的概率论,建立了物理学中初级演化论——趋向平衡;4. 爱因斯坦相对论,产生了时-空观的变革,把时间、空间和物质运动联系起来;5. 量子理论建立,将波和粒子统一起来,建立了著名的不确定性原理;6. 普利高津耗散结构理论建立,初步探知了有序之源。

第一章 经典物理的建立与完善

§1 人类对机械运动的认识

(一) 经典力学的诞生

力学是物理学中发展最早的一个分支. 它最早起源于希腊和古代中国. 公元前三百多年, 我国古代的春秋战国时期, 以《墨经》为代表作的墨家, 对时空关系、运动相对性, 力的概念、杠杆平衡、斜面应用、滚动以及惯性等现象均有描述. 公元前二百多年古希腊的阿基米德(公元前 287~公元前 212)证明了杠杆原理, 讨论了浮力. 古希腊力学被系统地总结在亚里士多德(公元前 384~公元前 332)的物理学中. 物理学的产生与古代天文学息息相关, 物理学的一些特殊概念都可以在早期天文体系中追根溯源. 亚里士多德的宇宙理论偏重于物理上的理解而不是数学计算, 在近代科学诞生以前的中世纪, 广泛地被人们接受. 亚里士多德认为, 每一种实际物质都是由土、水、气、火四种元素构成的混合物. 每一种元素都具有一个达到它原来静止的“天然位置”的趋势. 土在最底层(即宇宙的中心), 土上面是水, 水上面是气, 火则在最上层. 物体如果处于天然位置, 它就继续保持稳定而静止. 一旦离开天然位置, 物体就具有返回天然位置的运动趋势, 这种返回天然位置的运动叫天然运动. 亚氏认为, 物体的天然运动取决于组成该物体的各元素所占的比例以及所占优势的元素的多少. 例如, 大石块和小石块都含土元素, 它们的天然运动都要使它们回到地上. 由于大石块含土元素比小石块多, 它回到地面的运动要快些, 所以重物下落时比较物要

快些.对于物体的非天然运动,亚氏认为是由某些外部作用引起的,他称为强制运动,即推一推,动一动,不推就不动,所以力是产生和维持运动的原因.亚里士多德还假定在月亮下方区域以外有一种元素——以太(拉丁文的含意是第五种元素).天就是由它构成的.以太是纯净和永远不变的,它有适合自身本性的天然运动,那是一种无始无终的、永远不离其天然位置的运动,即圆周运动.天体绕地球的运动也是天然运动^[1].在欧洲,由于继希腊之后建立起的强大的罗马帝国没有继承希腊的科学成果,使希腊的科学遗产被伊斯兰人所继承.从7世纪到8世纪初,阿拉伯人建立了庞大的帝国,使伊斯兰科学文化传到了阿拉伯.在当时的欧洲,随着农业、手工业和商业的发展,促进了城市的兴建,航海技术的发展和贸易的兴盛.从11世纪至12世纪,在这些实践活动扩大的过程中,思辨活动以首创的大学为中心而复兴起来.同时,伊斯兰文化和以伊斯兰文化为媒介的希腊著作传入欧洲,对亚里士多德形而上学进行了研究.由于教会及天主教的学院对亚里士多德的学说的阉割和改造,使亚里士多德的哲学符合宗教的教义.正如列宁所说:“僧侣主义枪杀了亚里士多德学说中活生生的东西,而使其中僵死的东西万古不朽.”这种经改造加工过的哲学称为中世纪的经院哲学,它成为仅次于宗教教义的权威,对科学的发展产生了深重的影响.

6世纪的哲学家斐罗波诺斯首先拒绝了亚里士多德关于抛体运动的解释.事实上,按强制运动的理论,抛体运动只有在不断受到外力作用时才能产生,因此亚里士多德确认是空气阻力起了推动物体运动的作用.而斐罗波诺斯却认为,空气只起阻碍物体运动的作用,而不起推动物体运动的作用.法国的比里当(1300~1358)支持斐罗波诺斯对强制运动论的批判,接受运动来自物体自身的思想,并提出了冲力理论.比里当认为,使动者将冲力嵌入到受动者内使之运动,使动者停止作用后,受动者就是靠这个嵌入的冲力

使抛射体继续运动的.但冲力理论没有摆脱经院哲学的框架,在超越冲力理论而达到近代力学的过程中,开普勒(1571~1630)对行星运动的考察起了极其重要的作用^[2].

开普勒是哥白尼(1473~1543)日心说的拥护者.哥白尼在他的伟大著作——《天体运行论》里,提出了地球和行星围绕固定不动的太阳旋转的学说,对托勒密(公元2世纪)的地心说进行了抨击.哥白尼的行星运行体系,提供了所有行星都必须以确定方式遵从的确定图示,并用行星的轨道周期来确定诸行星的轨道排列次序,这比托勒密体系要求各行星有各自独立的运行结构更为合理且简洁.虽然教会曾以哥白尼体系作为历法的天文计算基础,但这个体系却违背了地球不动和地球处于宇宙中心的教义,遭到了教会的咒骂和反对,《天体运行论》一书被罗马天主教列入禁书目录中.1600年布鲁诺因宣传哥白尼体系而惨死在宗教裁判所的火刑柱上.可以说哥白尼的日心说开辟了行星运动与“普通”力学(即地球上的力学)定律相结合的道路.开普勒在他的老师第谷·布拉赫(1546~1601)死后,继续根据第谷留下的浩瀚的天文观察数据探求理论解释,并以“无比喜悦的心情”注视着日心说的和谐与简洁.为了使日心说达到完善的境地,他经过4年的计算发现,根据新观察到的数据算出的火星轨道比哥白尼式的图线刚好大 $8'$,而第谷明察秋毫的慧眼和颇为精密的仪器所记录过的此行星位置,其误差却远小于 $8'$.他以科学家面对定量事实的一丝不苟的态度,没有用一些假设去掩盖这一不可避免的矛盾.对开普勒来说,这 $8'$ 误差意味着哥白尼的同心球和本轮图解不能解释通过精确观测的火星运动.于是他提出了“行星沿椭圆形路径运动,太阳位于椭圆的焦点上”的理论,这就是开普勒第一定律.该定律修改了哥白尼的日心理论,以简单的椭圆代替了描述行星轨道的复杂的本轮和偏心轮的组合.为了得到行星运动与轨道之间的关系,开普勒还用了三个不正确的假设推导出了正确的结果.他假设行星受到太阳

发出的一种磁力作用,驱使行星在其轨道上运动,这个磁力与行星到太阳的距离成反比.这种关系当然是错误的.可是,试图用力去说明天体运动的观点就意味着抛弃了以“位置”为根基的自亚里士多德以来的运动论.这正是开普勒推导的正确结果,即他的第二定律.第二定律的内容是:行星与太阳的连线在任何地点所扫过的面积相等.按发现顺序排列,第二定律应在第一定律之前,1609年开普勒在他的《新天文学》一书中发表了这两个定律.到那时为止,每颗行星似乎都已有了它自己的椭圆轨道和速率.有没有适合所有行星运行的总体法则呢?开普勒怀着对自然的单纯性和一致性的信念,确信会找到一种简单的法则,他甚至在音乐领域中去寻找过这种法则.又经过10年的艰苦思索,他的最后一部伟大著作——《世界的和谐》于1619年问世.书中阐述了他的第三定律:任一恒星的周期的二次方跟该恒星的平均半径的三次方成正比.其比例常数值对于所有恒星都是相同的.开普勒利用第谷的观察数据、自己的实验结果以及他的三条定律,编制了一个精确的行星运行表,这个表能在长达100年之间均行之有效^[2].

与开普勒同时代的意大利科学家伽利略(1564~1642)在使日心说最终成为举世公认的天体运行理论的研究中是功不可没的.1589年伽利略被聘担任比萨大学数学讲座教授,主讲数学和天文学,同时,他仍热衷于运动问题的研究,并对亚里士多德的落体定律和运动原因提出了质疑.1590年他写出了长篇论文《论运动》的手稿,在文中把冲力叫做嵌入力,显然当时他还是冲力论的信奉者,实际上威尼斯的数学家贝尼德蒂(1530~1590)这位著名的冲力论者对伽利略的影响很大.贝尼德蒂在1585年出版了《力学论》一书,以重物和轻物缚在一起下落为例,运用逻辑推理的方法,驳斥了亚里士多德的落体论.按亚氏理论,一方面,由于重物受轻物牵制,它们一起下落的速度必定介于它们各自下落的速度之间;另一方面,它们缚在一起的重量应比重物更重,它们一起下落的速度

又应当比其中任一个物体的速度都大.由此可见,亚里士多德的落体理论是自相矛盾的.而一些介绍伽利略发现落体定律的文章却常将此理想实验误说成是伽利略首先提出.据伽利略的学生维维尼安 1654 年出版的《伽利略传》所载^[2]:1590 年伽利略曾经在比萨斜塔上做过有名的落体实验.对此事件,研究物理学史的学者们却持有不同的看法.不管是非怎样,伽利略在比萨期间确实做过落体实验,这在他的《论运动》中有过描述.当时他仍相信,同样大小的物体在空气中下落时,较重的比较轻的快,而不是快慢相同,只是他与亚里士多德的解释不一样.他用落体的速率取决于物体重量和媒质重量的差值来反驳亚氏的物体的速率取决于越重的物体分开媒质的本领越大的观点.这说明伽利略的落体定律的形成经历了曲折的摸索过程.1591 年,伽利略受聘担任帕多斯大学数学教授,讲授欧几里得数学、托勒密天文学和亚里士多德哲学.由于威尼斯位于亚德里亚海之滨,远离罗马教庭,受教会控制较少,而帕多斯大学素以提倡自由研究和自由思想驰誉欧洲,为伽利略卓越才能的发挥提供了充分的机会,在威尼斯的 18 年是伽利略科学生涯中的黄金时期.在力学研究方面,伽利略继续了对落体运动的研究,并走出了他过去在这个问题上的误区.在 1609 年前后,伽利略得出了物体下落速度与时间成正比的关系,从而推证了路程与时间的二次方成正比这个重要假定.为了进一步从实验上证明这个假定的正确性,他利用斜面减缓落体运动的速度,精确地证明了落体定律的正确性.伽利略在维护和发展哥白尼学说和对天文学实验观测的研究方面是划时代的.1609 年 7 月,伽利略根据荷兰人利泊希将两片透镜适当组合在一起可以放大远处景物的传闻,制作了第一架放大率为 3 倍的望远镜,并把它献给了威尼斯大公爵.为了表彰他的功绩,大公爵封他为帕多氏大学的终身教授.1609 年底,伽利略把他的望远镜的放大率提高到了 32 倍,并首先将望远镜对准了浩瀚的星空,开创了用望远镜研究天体运动的新

纪元. 1610年1月7日, 伽利略从望远镜中发现木星有卫星, 卫星绕木星缓慢旋转, 这是天文学史上的重要发现. 这一图景很像哥白尼体系中的小太阳系的画面. 同年3月, 他把上述观察结果和对哥白尼学说的阐述写成了《星界信使》一书, 并在威尼斯公开发表, 引起了天文学界的轰动. 当时开普勒对此书给予了高度评价, 确也是相信伽利略的陈述的“唯一的一个人”. 1610年9月, 伽利略回到了阔别18年的佛罗伦萨, 成为宫廷数学家与哲学家, 继续他的天文学和力学的研究. 1616年2月26日, 伽利略因拥护和宣传哥白尼体系, 受到了宗教法庭的审判, 警告他不准用语言和文字维护哥白尼学说. 在这期间, 教会中反对和仇视他的人加紧了对他攻击, 伽利略忍无可忍, 决定进行反击. 从1624年起, 他花了6年时间, 用意大利文写成了不朽名著《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(简称《对话》). 《对话》里反驳了亚里士多德的“天不变”、“天地有别”的错误观点; 论证了地球的周日运动, 驳斥了地球不动的观点; 讨论了地球的周年运动和潮汐形成的原因. 首版书销售一空, 足见该书影响之大, 但那些反对伽利略的人却向教皇巫告《对话》是讽刺教皇的. 1632年10月, 宗教法庭传伽利略赴罗马受审. 1633年1月, 重病在身的伽利略被担架抬着去罗马受审, 宣判《对话》是禁书, 禁止出版发行, 判决他在教会的监视下终身监禁, 使他的身心受到了很大的摧残. 虽然他在监管他的大主教皮科洛米尼(也是他的学生)的鼓励下振作起来, 决心把毕生的研究成果整理出来, 但在获悉他心爱的女儿去世的消息后, 便感到失去了晚年生活中最大的慰藉. 就在他心灰意懒, 失去生活和工作信心的时候, 突然传来令他振奋的消息, 《对话》被译成拉丁文、英文并在欧洲广为流传. 1635年, 一部总结了他一生中力学研究成果的科学巨著《关于力学和局部运动的两门新科学的谈话和数学证明》脱稿(简称《谈话》), 1638年该书在荷兰出版. 《谈话》概括了伽利略全部工作的重要成果以及所采用的研究方法(数学演绎法)的精髓, 讨论

了自由落体运动的规律,并在理想斜面实验中进一步提出了他的惯性定律^[3]:当物体在水平面上运动没有遇到阻力时,物体的运动是匀速运动;当平面无限延展时,物体就无限制地一直运动下去;当平面无限延展并变为地球表面时,物体就作匀速圆周运动.在这里他未接受开普勒椭圆轨道的观点,像哥白尼一样,把匀速圆周运动看成是至善至美的运动形式.1642年1月8日,这位为真理战斗了一生的科学家与世长辞.“只要木星的光芒在天空中闪耀,地球上的人就永远不会忘记伽利略”(引自乌尔班八世1624年给费迪南德大公爵的信)^[2~3].

在伽利略辞世那一年的圣诞节,另一位科学巨人——牛顿(1642~1727)诞生于林肯郡的小村子里.从伽利略到牛顿这段时期,笛卡儿(1596~1649)和惠更斯(1629~1695)的研究工作,对经典力学的建立功不可没.牛顿在剑桥大学三一学院学习期间,在巴罗(1630~1677)指导下研究了笛卡儿的《几何学》.由于这本书创立了将数学与物理学相结合的新方法,所以牛顿的宇宙论和物质运动的基本原理的主要特征可以说是由笛卡儿确立的.1644年笛卡儿发表了他的主要著作《哲学原理》,试图用物质和运动的概念建立一个关于世界的完整理论.在这本书里,笛卡儿对伽利略的惯性定律作了补充,提出了三条定律,分别叫做自然的第一、第二、第三定律^[4].其中第一定律讲述了没有外因作用时,物体不会改变自己的运动状态;第二定律强调了作惯性运动的物体永远不会使自己趋向曲线运动,只有继续作直线运动的倾向.笛卡儿已经认识到惯性定律是解决力学问题的关键,并将其视为整个自然观的哲学基础,这对后来牛顿的综合工作有深远的影响.笛卡儿的第三定律为讨论物体的碰撞过程打下了基础^[4].但由于他提出的碰撞规则与经验不符,惠更斯于1625年开始构建新的碰撞理论,以纠正他父亲的密友笛卡儿在碰撞理论中的错误.惠更斯的碰撞理论于1656年以前已经完成,他与另外两位科学家沃利斯和雷恩同时响