

高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之三

物理学基础

上 册

胡仁芝 朱尔恭 编著

中国人民大学出版社

高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之三

物 理 学 基 础

上 册

胡仁芝 朱尔恭 编著

高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之三

物 理 学 基 础

上 册

胡仁芝 朱尔恭 编著

中国人民大学出版社出版

(北京西郊海淀路39号)

中国人民大学出版社印刷厂印刷

(北京鼓楼西大街胡同61号)

新华书店北京发行所发行

开本: 850×1168毫米32开 印张: 9

1985年4月第1版 1985年4月第1次印刷

字数: 220,000 册数: 1—10,000

统一书号: 13011·27 定价: 2.00元

说 明

这本教材是受教育部委托为高等学校哲学专业（本科）编写的，也可供自学哲学专业者参考。

哲学专业设置物理学课程的目的，是为学生系统学习马克思主义哲学原理和原著，基本上了解客观物质世界的物理图景，树立辩证唯物主义自然观，熟悉物理学理论的发展概况，掌握一些研究自然科学的方法，更深刻地领会辩证唯物主义的认识论和方法论，为将来从事哲学方面的教学和科研工作打下必备的物理学基础。

至于如何联系哲学专业的特点传授物理学知识，我们是这样考虑的：（1）在选材上注重与哲学有密切联系的内容，较少涉及物理学原理的实际应用，但仍然保持物理学本身的系统性。（2）为了避免同哲学专业高年级的后续课程重复，本课程不是讲自然辩证法或物理学中的哲学问题，而是力图用辩证唯物主义观点和史论相结合的方法去阐明物理学的基本概念和原理，因此，关于物理学史的材料选得较多。（3）鉴于文科学生高等数学课程学得较少，本课程的重点应放在物理学基本概念和原理的定性阐述上，尽可能避免艰深的数学论证，但在需要且有可能用定量计算来说明问题时，也不回避最基本的数学分析。（4）本课程力图尽量反映物理学研究的最新成果与思想，所以，现代物理学部分的内容比其他专业同类教材稍多一些。（5）尽管教学计划中的物理学课时有限，但仍要注意安排一些实验和习题，以便学生能通过亲自操作和练习更好地理解 and 巩固所学的内容。

我们曾参考国内外出版的物理学教材，于1979年编写了《物理学基础讲义》，并在中国人民大学哲学系试用了几年。1982年4月，在成都召开了全国高等学校哲学系物理学课程教学大纲及教材讨论会议，会后，我们作了改写，并在中国人民大学和北京师范大学哲学系试用了两次。最近，重写稿又承蒙北京大学沈克琦教授，北京师范大学喀兴林教授，刘辽、李平、高尚惠、卢圣治、秦光戎等副教授和史天一同志，华东师范大学张瑞琨副教授，东北工学院陈昌曙副教授，河北大学钱时惕副教授，北京师范学院申先甲副教授，中国社会科学院哲学所柳树滋副研究员，解放军政治学院贾云祥同志，厦门大学林学仁、谢维福、刘新等同志，湘潭大学吴孝云同志，山东大学李大才同志等人仔细审阅，提出了宝贵意见。在此基础上，我们又作了进一步修改。另外，我们还参考了国内外出版的许多教材和专著，在此就不一一列举了。对于前面提到的所有同志及有关教材和专著的作者，我们谨致衷心的感谢。中国人民大学哲学系教师张帆同志为全部习题答案的计算、核对做了很多工作，在此一并致谢。

限于我们的哲学和物理学水平，虽经许多专家、学者认真审阅，教材中缺点与错误在所难免，敬请广大读者提出批评意见，以便今后作进一步修改。

编著者

1984年7月

目 录

说明

绪论..... (1)

§ 1. 物理学研究对象和方法..... (1)

§ 2. 物理学发展概况..... (3)

§ 3. 物理学与哲学..... (8)

思考题..... (10)

第一编 经典力学的基本原理..... (11)

前言..... (11)

§ 1. 经典力学的研究对象..... (11)

§ 2. 经典力学的发展概况..... (12)

第一章 机械运动的描述..... (19)

§ 1.1 机械运动的绝对性和相对性..... (20)

§ 1.2 描写质点运动的几个基本概念..... (22)

§ 1.3 几种典型的质点运动..... (34)

§ 1.4 刚体的转动..... (42)

思考题和习题..... (44)

第二章 牛顿运动定律和万有引力定律..... (47)

§ 2.1 力和运动..... (47)

§ 2.2 牛顿运动三定律..... (51)

§ 2.3 牛顿万有引力定律..... (64)

§ 2.4 非惯性系中的惯性力..... (69)

§ 2.5 刚体动力学的基本规律..... (73)

§ 2.6 力学相对性原理和绝对时空观..... (78)

思考题和习题.....	(85)
第三章 机械能守恒定律.....	(90)
§ 3.1 功和功率.....	(90)
§ 3.2 动能 动能定理.....	(95)
§ 3.3 势能 保守力.....	(98)
§ 3.4 功能原理 机械能守恒定律.....	(102)
§ 3.5 刚体绕固定轴转动的动能定理.....	(107)
思考题和习题.....	(110)
第四章 动量守恒定律 角动量守恒定律.....	(113)
§ 4.1 动量和动量定理.....	(113)
§ 4.2 质点组动量定理和动量守恒定律.....	(117)
§ 4.3 碰撞.....	(121)
§ 4.4 机械运动的两种量度.....	(126)
§ 4.5 角动量守恒定律.....	(128)
§ 4.6 力学的因果律和机械决定论.....	(134)
思考题和习题.....	(135)
第五章 振动和波动.....	(138)
§ 5.1 简谐振动.....	(139)
§ 5.2 简谐振动的合成.....	(146)
§ 5.3 弹性波的产生和传播.....	(150)
§ 5.4 平面简谐波方程.....	(155)
§ 5.5 波的能量.....	(160)
§ 5.6 惠更斯原理 波的衍射.....	(162)
§ 5.7 波的干涉 驻波.....	(165)
§ 5.8 多普勒效应.....	(169)
思考题和习题.....	(172)
第二编 分子运动论和热力学基础.....	(175)
前言.....	(175)
§ 1. 分子运动论和热力学的研究对象与方法.....	(175)
§ 2. 热学发展简史.....	(178)

第六章 分子运动论.....	(184)
§ 6.1 气体的实验定律和理想气体的状态方程.....	(184)
§ 6.2 理想气体压强和温度的微观本质.....	(195)
§ 6.3 气体分子速率的统计分布规律.....	(206)
§ 6.4 能量按自由度均分定理 理想气体的内能.....	(213)
§ 6.5 物质三态变化的规律.....	(218)
思考题和习题	(227)
第七章 热力学基础.....	(230)
§ 7.1 热力学第一定律.....	(230)
§ 7.2 能量守恒和转化定律.....	(237)
§ 7.3 热力学第一定律对于理想气体的应用.....	(240)
§ 7.4 循环过程和卡诺循环.....	(250)
§ 7.5 可逆过程和不可逆过程 卡诺定理.....	(255)
§ 7.6 热力学第二定律.....	(258)
§ 7.7 熵 熵增加原理.....	(260)
§ 7.8 热力学第二定律的统计意义.....	(267)
§ 7.9 对“热寂说”的批判.....	(270)
§ 7.10 热力学第三定律.....	(275)
思考题和习题	(277)

绪 论

§1. 物理学研究对象和方法

我们周围的自然界无限广袤，气象万千。目前我们所认识到的自然界的范围，从空间上看，远至约二百亿光年^①的宇宙天体，小至半径只有 10^{-18} 米的基本粒子，相差达 10^{44} 倍；从时间上看，我们已经可以观测的时间尺度长的达到 10^{10} 年（我们目前观测到的宇宙的年龄），短的只有 10^{-24} 秒（某些共振态粒子的寿命），相差也在 10^{40} 倍左右。在这样一个浩瀚无垠的时空范围内，存在着各种各样错综复杂的物质客体及其运动，以及它们之间不停的相互作用和相互转化。例如，作为物质的一种形式——实物的结构，根据其大小和质量的不同分为不同的层次：总星系、星系、恒星、行星、地面上的物体（以上为宏观世界）、分子、原子、原子核、基本粒子、夸克（层子）（从分子到夸克为微观世界）等等。物质的另一种形式——场，也有引力场、电磁场等等。另一方面，从自然界物质运动形式来说，也是多种多样的，从物体位置的移动（机械运动），一直到最复杂的生命运动和人类思维运动。这些不同层次的物质及其不同的运动形式不仅具有量的不同，而且具有由其内部矛盾特殊性所决定的质的差异，也就是说具有特殊的规律性。对各种不同的物质层次及不同运动形式的客观规律的

① 研究恒星间的距离常用光年作为单位。一光年是光传播一年所走过的距离，大约是 9.5×10^{16} 米。

研究,形成了各门不同的自然科学。物理学就是基本的自然科学部门之一。

“物理学”一词的英文 Physics 出自希腊文 $\tau\acute{\alpha}$ φυσικά (关于自然界的科学, 由 ἡ φύσις——“自然界”一词而来)。汉语中“物理”一词则出自公元前二世纪的《淮南子》一书。在《淮南子·览冥训》中说:“故耳目之察,不足以分物理”,“物理”指的就是自然界存在的各种事物的道理。晋代杨泉的《物理论》,明清之际方以智(1611—1671)著的《物理小识》,其中所讲的“物理”都包括了人对自然界的各种知识。可见,物理学研究的范围极为广泛。今天我们可以把物理学定义为研究自然界物质的最基本的结构、属性、相互作用和运动规律的科学。它目前的研究对象,包括了宇宙天体、地面上的物体(固体、液体、气体、等离子体等)、分子、原子、原子核、基本粒子和引力场、电磁场等不同形式和层次的物质的结构,包括引力、电磁、强和弱等自然界四种基本的相互作用,包括机械、声、热、电、磁、光等一系列互相关联和互相转化的运动形式的规律。

生产实践和科学实验是物理学发展的基础和动力。人们的物质生产活动、工程技术活动提出了物理学研究的需求,也提供了物理学研究的工具和资料。科学实验则是物理学研究,尤其是近代物理学研究的直接源泉。从落体定律的建立到三百多种基本粒子的发现,都是科学实验的成果。物理学的许多基本定律,如能量守恒和转化定律、万有引力定律、电磁感应定律,都是在观察、实验的基础上总结出来的。数学是物理学研究的重要工具,是物理理论的表述形式。物理学是一门定量的科学,它的定律往往都需要用精确的数学方程来描述,例如经典力学中的牛顿方程,电磁学中的麦克斯韦方程,量子力学中的薛定谔方程等等,都采用了严格的微分方程式来描述物理运动的规律。精密的实验测量和严格的

数学分析相结合,是近代物理学研究的重要特点。另外,在物理学发展中还有一些常用的基本的研究方法(也是科学方法),如建立理想模型或理想实验的理想化方法、比较和分类、类比、归纳和演绎、分析和综合、假说等。总之,物理学的研究方法一般是在观察和实验的基础上,运用理论思维对大量的实验数据及结果进行分析、抽象和概括,提出假说,建立模型,运用数学工具进行演算,得出结论,再进一步在实践中验证,从而逐步形成定律和理论体系。物理学的研究方法又都是在一定的理论思维指导下进行的。因此,善于辩证地思考对物理学研究具有重要的作用,这就需要哲学的指导和帮助。

§2. 物理学发展概况

物理学的发展源远流长,大体上可以分为三个阶段:物理学的萌芽时期,经典物理学时期,现代物理学时期。

人类从开始制作第一把石刀的时候,就开始认识到锐利的刃部可以集中较大的力(压力),领悟到锋刃和尖劈的作用。由于运输、灌溉、粉碎、举重物、狩猎的需要,人们逐步使用了杠杆、滑轮、斜面等装置,制作了车、船、弓箭、标枪等,这样就逐渐孕育了力学知识的萌芽。距今60万年的北京猿人已学会对火的利用和保存。磨擦生火的发现使人类第一次掌握了一种伟大的自然力。以后,随着冶炼金属、制陶等技术的发展,积累了不少对热现象的知识,人类开始了对热的本质的探求。

在古代,由于生产水平低下,人们对自然规律的认识,除了直接的生产实践经验的积累之外,主要靠对自然界的观察,并在归纳、概括这些观察、经验的基础上进行直觉的、思辨的猜测。在这个时期,除了在静力学、几何光学、静电和静磁学、声学等方面积累了不少具体的知识和发现了一些简单的定律之外,关于客

观物质世界的本源、结构和相互作用，也提出了不少天才的猜测。古代中国和西方的自然哲学家们陆续提出过象原子论、元气说、阴阳五行说、四元素说、以太说，乃至日心说、地动说等假说。这些对后来物理思想的发展都产生了深远的影响。

总之，这个时期的物理学处于萌芽时期，它包括了当时人类所有的关于自然界的知识，又是自然哲学的一个组成部分。例如古希腊的亚里士多德（公元前384—322）写的《物理学》一书，论述了有形物体的东西的学问，其中的自然科学知识和哲学观点就是紧密联系在一起。观察和思辨是这个时期科学研究的主要方法。与这种状况相适应，在自然科学家当中占统治地位的自然观，是原始的唯物论和朴素的辩证法。

在漫长的中世纪（从公元四世纪到十四世纪），欧洲大陆被宗教神学所统治，物理学和其他科学一样，成了神学的侍女和奴婢，科学发展受到了严重的阻碍。在这个时期，中国和阿拉伯各国在科学上还是有很大贡献的，可是因种种原因，没能发展成系统的科学理论。尽管如此，这个时期的社会生产力仍然在迂回曲折中缓慢地向前发展。到了文艺复兴前后，由于人们思想上的解放，从面向上帝转而面向自然界，积极探索自然规律，加上当时在封建社会内部逐步孕育、诞生了新的生产关系，出现了资产阶级和无产阶级。“资产阶级为了发展它的工业生产，需要有探索自然物体的物理特性和自然力的活动方式的科学”^①，物理学开始以神奇的速度发展起来。在这一时期，工业生产的进步给自然科学提供了新的实验工具和手段，“真正有系统的实验科学，这时候才第一次成为可能”^②；同时，也因为数学的进步，对数、解析几何、微积分、概率和统计方法相继诞生，使当时的物理学家有可能将科学实验仪器和

① 《马克思恩格斯选集》第3卷，第390页。

② 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第163页。

精确的数学计算作为认识大自然的锐利武器。从此以后,物理学才逐步从自然哲学中分化出来,成为一门独立的科学。从十六世纪到十九世纪末,经典力学、热力学和统计物理学、电磁学和电动力学相继建立起来。由牛顿(1642—1727)集其大成而建立起来的经典力学,首先把天体和地面物体的运动统一起来,实现了人类对物理学认识的第一次大的综合。由迈尔(1814—1878)、焦耳(1818—1889)、克劳修斯(1822—1888)、玻尔兹曼(1844—1906)、吉布斯(1839—1903)等人建立起来的热力学和统计物理学,发现了热运动和其他各种运动形式的相互联系和转化,建立起能量守恒和转化定律,并开始找到了宏观现象与微观客体运动之间的联系,实现了物理学的第二次大的综合。以法拉第(1791—1867)和麦克斯韦(1831—1879)为主要创始人的电磁学和电动力学,把过去互不联系的电、磁、光等现象统一起来,完成了物理学的第三次大综合。这样就逐步形成了完整的经典物理学理论体系。

在经典物理学理论的基础上,大多数物理学家形成了一种机械的、形而上学的同时又是唯物论的自然观。由于经典物理学的各个部门基本上都是以经典力学理论为基础建立起来的,因此某些物理学家存在着把一切运动都归结为机械运动的倾向,企图用机械的“质”或“力”来说明和解释所有质上完全不同的复杂的物理现象。由于他们基本上坚持了唯物主义立场,所以总的说来他们的理论对科学发展曾起过一定的积极作用。但是,在他们看来,各种不同的自然现象、不同的运动形式之间没有什么质的区别,复杂的高级的运动形式都可以归结为简单的机械运动,而这是与客观事实不符的,所以到了后来,这种观点对科学的发展起了一定的阻碍作用。

经典物理学完成以后,不少物理学家认为,物理学的大厦已经基本落成,人类对自然界基本规律的认识已经到了尽头,剩下

的事情不多了。但是十九世纪末二十世纪初的科学实验却进一步揭示了许多经典物理学所无法解释的现象，特别是微观世界和高速领域许多新现象的发现，导致了物理学的一场伟大而深刻的革命。这场革命的直接结果是相对论和量子力学的诞生。爱因斯坦（1879—1955）建立的相对论，把物质、运动、时间、空间统一起来，形成了新的时空理论，被称为是物理学的第四次大综合。由普朗克（1858—1947）、玻尔（1885—1962）、海森堡（1901—1976）、德布罗意（1892—）、薛定谔（1887—1961）等人建立起来的量子力学，进一步把实物和场统一起来，揭示了物质的波粒二象性，找到了微观世界运动的共同规律，是物理学的第五次大综合。这两门学科的建立标志着物理学进入了现代物理学阶段。

二十世纪以来，以量子力学和相对论为理论基础的现代物理学形成了一个庞大的理论体系，渗透到自然科学的各个领域，出现了许多分支学科。现在物理学的基础理论，包括经典力学、电动力学、热力学和统计物理学、相对论和量子力学五大部分。物理学的分支学科，按物质结构层次和研究对象的不同，可以区分为天体物理学、凝聚态（固体、液体）物理学、分子物理学、原子物理学、原子核物理学、粒子物理学、光学、等离子体物理学等门类。物理学和其他自然科学之间，出现了数学物理、物理化学、生物物理学、地质力学、环境物理学等边缘学科。物理学应用于工程技术，出现了一系列应用物理学科，如无线电电子学、声学、半导体物理学、激光理论等等。

总之，物理学所研究的物质运动形式具有极大的普遍性。物理学是许多自然科学和技术科学的理论基础，是工程技术的强大支柱，为它们提供理论工具和方法。在数学、物理学（包括力学）、化学、天文学、地学和生物学这六大基础自然科学部门中，物理学占有特殊重要的地位。

但是,物理学的发展并没有到此结束。目前,它的触角正朝着自然界的深度和广度不断地挺进。在微观领域,比基本粒子更深一个层次的夸克(层子)模型假说有了很大进展。关于夸克(层子)可能具有的种类及其某些性质,近年来有了许多新的发现。目前的一些实验和理论预测,还有比夸克(层子)更下一个层次的物质结构,亚层子模型、轻子模型正在酝酿过程中。美国著名粒子物理学家格拉肖(1932—)主张把这一新的层次的粒子命名为“毛粒子”,以纪念毛泽东倡导物质具有无限可分性的功绩。总之,新的发现必将进一步证明列宁的著名预言:电子和原子一样,也是不可穷尽的。相对论和宇宙论相结合,正在研究我们目前所探测到的整个宇宙的结构和演化,提出了大爆炸模型、黑洞理论、振荡模型等不同的假说,进一步探索宇宙的无限和有限的辩证关系。另一方面,物理学的理论和方法正被用来研究越来越复杂的对象和运动,从分子、凝聚态到化学反应,乃至寻求生命过程的奥秘。人的认识已从研究平衡态到研究近平衡态直到研究远离平衡态的各种现象。研究远离平衡态的有序现象的耗散结构理论和协同学等,近年来有了很大进展。物理学的理论工具和方法甚至已开始渗透到社会经济领域。自然科学和社会科学相互渗透的苗头开始出现。

总之,自然界从广度和深度上都是无限的,作为研究自然界物质不同层次的结构、相互作用和运动规律的基础科学的物理学的发展也是无限的。理论物理学的发展没有也不可能达到自己的尽头。随着人类科学实践活动的进展,物理学的内部和物理学与其他学科之间将日益分化出许多新的分支,揭示新的领域的运动规律。

当前物理学的发展又出现了另一个趋势,这就是力图实现物理学的新的综合,将自然界四种基本相互作用统一起来。例如二十世纪六十年代后期,物理学家温伯格(1933—)、萨拉姆

(1926—)和格拉肖等人提出了电磁和弱相互作用统一的理论。到了1983年,这个理论由于 W^+ 和 Z^0 粒子的发现得到了证实。现在,不少物理学家正在研究如何把弱、强、电磁三种相互作用统一起来的理论,甚至还在探索能够把弱、强、电磁、引力四种基本相互作用都统一起来的超对称理论。这些理论如果获得证实和成功,将为哲学所说的世界的统一性在于它的物质性这一唯物主义的基本原理提供新的有力的论据。

§3. 物理学与哲学

哲学是自然科学、社会科学和思维科学的概括和总结,它和各部门科学之间存在着一般和特殊的关系。物理学研究的是自然界最基本、最普遍的运动规律,因此与哲学的关系极为密切。哲学的发展水平是与物理学的发展程度相适应的,在物理学发展的不同阶段,相应地产生了不同的自然观。在古代,物理学是自然哲学的一个组成部分。与物理学的萌芽阶段相适应,产生了原始的唯物论和朴素的辩证法的自然观。十六世纪以后,物理学从哲学中分化了出来,但二者之间仍然没有明确的界限,例如牛顿写的关于力学的经典著作就叫做《自然哲学的数学原理》。在经典力学的基础上,形成了形而上学的、机械的同时又是唯物的自然观。十九世纪,在物理学揭示了自然界不同运动形式之间的相互联系和相互转化的规律的基础上,辩证唯物主义的自然观诞生了。二十世纪以来,随着以相对论、量子力学为理论基础的现代物理学的产生,辩证唯物主义自然观也在不断丰富和发展。事实证明,物理学是哲学的最重要的自然科学基础之一。

学习物理学,对于学习马克思主义哲学,树立辩证唯物主义世界观和方法论,有十分重要的作用。恩格斯说过:“要确立辩证的同时又是唯物主义的自然观,需要具备数学和自然科学的知

识。”^①我们知道，要理解辩证唯物主义的物质观、运动观、时空观、因果观、认识论、真理观、科学方法论等等，就必须懂得：物理学中关于物质结构的理论和运动规律的学说，相对论中关于时间、空间的看法，统计物理学中说明的动力学规律和统计规律的关系，宏观现象和微观过程的区别与联系，以及物理学的研究方法等等。于是，就需要系统地学习物理学的基本理论，关心物理学的新的发现，这样才能把辩证唯物主义的自然科学建立在牢固的科学基础之上，并且使它不断地得到丰富和发展。在这方面，恩格斯给我们树立了光辉的榜样。他曾用了八年时间深入研究了当时自然科学各个领域的最新成就，用他自己的一句十分风趣的话来说，就是尽可能地使自己在数学和自然科学方面来一个彻底的“脱毛”。由于恩格斯掌握了十九世纪中叶以细胞学说、能量守恒定律、进化论为代表的自然科学最新发现，他才能写出象《自然辩证法》、《反杜林论》、《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》这样一些不朽的哲学经典著作，为辩证唯物主义自然观的确立作出巨大的贡献。今天，我们同样要刻苦地为学好马克思主义哲学的基本原理和经典著作打下牢固的物理学基础。

物理学也离不开哲学。物理学要认识和研究自然界的规律，离不开理论思维的帮助和认识论的指导。没有理论思维，就连两件简单的事实也联系不起来，更不用说建立定律、原理，构成完整的理论了。哲学是关于思维的科学，恩格斯说过：“理论思维仅仅是一种天赋的能力。这种能力必须加以发展和锻炼，而为了进行这种锻炼，除了学习以往的哲学，直到现在还没有别的手段。”^②哲学应当从世界观和方法论两个方面对物理学提供指导和帮助。哲学可以给物理学本身建立起来的理论提供准则，并且

① 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第8页。

② 恩格斯：《自然辩证法》，第27页。