

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

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

(北京鼓楼西大石桥胡同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

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

下册

胡仁芝 朱尔赫 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

(北京鼓楼西大石桥胡同61号)

新华书店北京发行所发行

开本：850×1168毫米32开 印张：13

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

字数：321,000 册数：10,000

统一书号：13011·28 定价：2.85元

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

下 册

胡仁芝 朱尔恭 编著

中國人民大學出版社

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，北京师范大学申先甲副教授，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. 物理学的研究对象和方法..... (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)

目 录

第三编 电磁学的基本原理	(281)
前 言	(281)
§ 1. 电磁学的研究对象和特点	(281)
§ 2. 电磁学的发展概况	(283)
第八章 静电场	(290)
§ 8.1 电荷 电荷守恒定律	(290)
§ 8.2 库仑定律	(294)
§ 8.3 电场 电场强度	(297)
§ 8.4 电力线 高斯定理	(304)
§ 8.5 静电场的环路定律 电势	(313)
§ 8.6 静电场中的导体	(322)
§ 8.7 静电场中的电介质 电极化强度	(326)
§ 8.8 电位移矢量 有介质时的高斯定理	(332)
§ 8.9 电场的能量	(335)
思考题和习题	(337)
第九章 电流和磁场	(340)
§ 9.1 电流的基本规律	(340)
§ 9.2 电源 电动势	(346)
§ 9.3 电流的磁场	(350)
§ 9.4 磁场的基本规律	(363)
§ 9.5 磁场对运动电荷及载流导线的作用	(368)
§ 9.6 磁介质存在时静磁场的基本规律	(375)
思考题和习题	(380)
第十章 电磁感应 电磁场	(385)

§ 10.1 电磁感应现象	(385)
§ 10.2 电磁感应定律	(388)
§ 10.3 感应电动势	(391)
§ 10.4 互感和自感 磁场的能量	(397)
§ 10.5 电磁场	(405)
§ 10.6 电磁波	(413)
思考题和习题	(419)
第十一章 光的波动性	(423)
§ 11.1 历史上关于光的本性的争论	(423)
§ 11.2 光的干涉	(429)
§ 11.3 光的衍射	(437)
§ 11.4 光的偏振现象	(443)
思考题和习题	(447)
第四编 现代物理学的基础知识	(449)
前言	(449)
§ 1. 经典物理学的完成和机械自然观的局限	(449)
§ 2. 物理学的伟大革命和现代物理学发展的概况	(452)
第十二章 相对论——关于时间、空间和引力的理论	(456)
§ 12.1 狭义相对论建立的背景	(457)
§ 12.2 狭义相对论的基本原理和洛仑兹变换式	(466)
§ 12.3 同时的相对性	(471)
§ 12.4 钟慢和尺缩效应	(476)
§ 12.5 狭义相对论的时空观	(485)
§ 12.6 速度变换公式和物质运动的极限速率	(492)
§ 12.7 狭义相对论的质量、动量和能量	(495)
§ 12.8 广义相对论和时空弯曲	(509)
思考题和习题	(525)
第十三章 早期量子论和光的波粒二象性	(528)
§ 13.1 热辐射现象及其规律	(528)
§ 13.2 普朗克的量子论——能量的不连续性理论	(532)

§ 13.3 光电效应和光子说 光的波粒二象性	(538)
§ 13.4 康普顿效应——光的粒子性又一证明	(547)
§ 13.5 电子的发现 原子的核型结构	(550)
§ 13.6 氢原子光谱 玻尔的氢原子模型	(558)
思考题和习题	(568)

第十四章 量子力学的基本概念 (571)

女二. 4.5. 11. § 14.1 实物粒子的波粒二象性	(571)
女三. 2.3. 4. § 14.2 波函数及其统计解释	(577)
女四. 1.4. 5. § 14.3 测不准关系式	(580)
女五. 1.4. 6. 7. 11. § 14.4 薛定谔方程	(584)
§ 14.5 薛定谔方程在几个简单问题中的应用	(587)
§ 14.6 量子力学对氢原子的应用	(595)
§ 14.7 多电子原子的结构 元素周期表	(601)
§ 14.8 有关量子力学的几个哲学问题	(609)
思考题和习题	(616)

第十五章 原子核结构和基本粒子 (618)

§ 15.1 天然放射性现象	(618)
§ 15.2 原子核的组成——质子和中子 同位素	(624)
§ 15.3 核衰变的位移定则 放射性同位素在地质学、考古学中的应用	(630)
§ 15.4 核力 原子核的结合能	(634)
§ 15.5 宇宙线和研究基本粒子的实验工具	(639)
§ 15.6 其他基本粒子发现的概况	(643)
§ 15.7 基本粒子的性质、相互作用及其分类	(653)
§ 15.8 对称性和守恒定律	(660)
§ 15.9 基本粒子的结构问题	(668)
思考题和习题	(677)

附录 I 基本粒子 (稳定 and 亚稳定粒子) 表	(680)
----------------------------------	-------

附录 II 常用物理学基本常数表	(682)
------------------------	-------

习题答案	(684)
------------	-------

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 τὰ 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具体知识，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，需要有探察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