

物理学教程

周汉明 姜予真 谭季麓 编

中国地质大学出版社

物理学教程

周汉明 姜予真 谭季麓 编

中国地质大学出版社

·(鄂)新登字第12号·

内 容 提 要

本书系编者根据长期教学积累的经验编写而成。在满足教学要求的前提下,切实贯彻少而精原则;比较系统地阐述了物理学的基本现象和基础知识;重点介绍大学物理的主要规律和抽象化处理实际问题的科学方法;文字力求简练、准确、易懂;所选例题和习题与课文配合得较好,有助于学生的学习。全书共十五章,包括力学、机械振动、机械波、热学、电磁学、波动光学和近代物理等。

第0章为预备知识,根据学生需要与否,可讲授也可不讲,书末附有习题答案,诺贝尔奖金物理学奖年谱简介等。

本书可作工科院校专科一般专业的日校生、函授生和学时较少的本科专业学生学习《大学物理》课程的教材,也可供同等文化程度的读者参考。

物理学教程

周汉明 姜予真 谭季麓 编

出 版 中国地质大学出版社
(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)
责任编辑 方菊 责任校对 董英
印 刷 中科院开封印刷厂
发 行 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/32 印张 15.125 字数 327 千字
1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷 印数1—2000册

ISBN 7-5625-0681-7/O·34 定价 3.45 元

前 言

我国的改革开放给教育事业带来了新的局面。为适应教学需要，积极提高教学质量，使学生在较短的时间内，掌握好物理学的基本理论、基本规律和基础知识。根据1987年国家教委颁布的高等工业专科学校《物理教学大纲》，参考《高等工业学校大学物理课程基本要求》，对使用多年校内出版的《物理学教程》教材（周汉明、姜予真编），在保持原“教程”特点的基础上，进行了修订和补充。修补时切实贯彻少而精原则；概念阐述力求清楚、简练、易懂；突出重点、分散难点；对学习中的易错、易混淆之处，加以细致的分析说明；例题较多，便于学生的学习。

书内打*号的章、节或节中的一部分内容，对学时少的专业可以不讲。考虑到有的专业可能第一学期上物理课，编入可供选用的第0章预备知识。本书讲授80—90学时，可作为大学专科一般专业的学生、函授生和学时较少的本科生的教材，也可供同等文化程度的读者参考。

在修订补充过程中，得到学校、基础部、物理教研室的支持和帮助；黄择言教授给予热情的关注和指导；刘立庆副教授和左谨平、王泰民、汤型正、李铁平等同行们提出了有益的建议；高明忠副教授在使用原“教程”的过程中提出了具体的修正意见；还收集到一部分学生的意见。这些意见和建议对本书的修订补充工作帮助很大。而且王泰民为本书提供了他收集的诺贝尔奖金物理学奖获得者的有关资料。编者均表示衷心的感谢。

本书承张国雄教授审阅,并不吝匡正,使编者深受教益.
在此表示诚挚的谢意.

这次编写的分工是:姜予真编写绪论、第一章—第五章,
谭季麓编写第六章、第十二章—第十五章,周汉明编写第0
章、第七章—第十一章、附录以及全书统稿和总的编写工作.

由于编者水平有限,书中漏误之处,敬希指正.

编者于中国地质大学

1991年12月

目 录

绪论	(1)
• 第 0 章 预备知识	(4)
§ 0-1 物理量 矢量	(4)
§ 0-2 国际单位制	(8)
§ 0-3 几个数学问题	(12)
习题	(20)
第一章 牛顿运动定律	(22)
§ 1-1 质点的运动	(22)
§ 1-2 曲线运动	(24)
§ 1-3 圆周运动	(30)
§ 1-4 牛顿三定律	(39)
§ 1-5 力的分析和牛顿定律的应用	(41)
§ 1-6 惯性系和牛顿运动定律的局限性	(48)
习题	(52)
第二章 守恒定律	(57)
§ 2-1 动量与动量定理	(57)
§ 2-2 动量守恒定律	(60)
§ 2-3 功和功率	(64)
§ 2-4 动能 动能定理	(67)
§ 2-5 保守力的功 势能	(71)
§ 2-6 动能原理 机械能守恒和转换定律	(76)
习题	(82)

第三章 刚体的定轴转动	(87)
§ 3-1 刚体的基本运动.....	(88)
§ 3-2 力矩 转动定律 转动惯量.....	(93)
§ 3-3 角动量 角动量守恒定律.....	(97)
§ 3-4 力矩的功 刚体的动能定理.....	(103)
习题.....	(109)
第四章 机械振动	(113)
§ 4-1 简谐振动.....	(113)
§ 4-2 简谐振动的周期 频率 振幅 位相	(117)
§ 4-3 简谐振动的矢量图示法.....	(125)
§ 4-4 简谐振动的能量.....	(127)
§ 4-5 简谐振动的合成.....	(129)
习题.....	(137)
第五章 机械波	(141)
§ 5-1 机械波的基础知识.....	(141)
§ 5-2 平面简谐波的波动方程.....	(146)
§ 5-3 波的能量 能流.....	(152)
§ 5-4 惠更斯原理 波的衍射.....	(155)
§ 5-5 波的叠加原理 波的干涉.....	(157)
习题.....	(163)
第六章 气体分子运动论和热力学基础	(166)
§ 6-1 平衡态 理想气体状态方程.....	(167)
§ 6-2 理想气体的压强公式.....	(171)
§ 6-3 气体分子平均平动动能与温度的关系	(175)
§ 6-4 能量按自由度均分原理 理想气体的 内能.....	(176)

§ 6-5	气体分子速率分布规律	(180)
§ 6-6	系统的内能 功 热量	(182)
§ 6-7	热力学第一定律	(184)
§ 6-8	热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	(187)
§ 6-9	理想气体的热容量	(190)
§ 6-10	绝热过程	(195)
§ 6-11	卡诺循环 热机的效率	(197)
§ 6-12	热力学第二定律	(201)
	习题	(202)
第七章	真空中的静电场	(205)
§ 7-1	电荷守恒定律 库仑定律	(205)
§ 7-2	电场与电场强度	(209)
§ 7-3	电场的迭加原理 电场强度的计算	(211)
§ 7-4	电力线与电通量 高斯定理	(218)
§ 7-5	高斯定理的应用	(223)
§ 7-6	电势 电势的计算	(227)
§ 7-7	等势面 电场强度与电势的关系	(235)
	习题	(238)
第八章	静电场中的导体和电介质	(242)
§ 8-1	静电场中的导体	(242)
§ 8-2	电介质及其极化	(245)
§ 8-3	电位移矢量 有电介质时的高斯定理	(249)
§ 8-4	导体的电容 电容器及其电容计算	(256)
§ 8-5	静电场的能量	(261)
	习题	(264)

第九章 电流和电场	(267)
§ 9-1 稳恒电流 电流密度.....	(267)
§ 9-2 电动势 一段含源电路的欧姆定律.....	(272)
* § 9-3 基尔霍夫定律.....	(277)
习题.....	(279)
第十章 稳恒磁场	(281)
§ 10-1 基本磁现象 磁场 磁感应强度.....	(281)
§ 10-2 磁场中的高斯定理.....	(283)
§ 10-3 毕奥-沙伐尔定律及其应用.....	(286)
§ 10-4 安培环路定律及其应用.....	(290)
§ 10-5 安培定律及其应用.....	(297)
§ 10-6 运动电荷的磁场 磁场对运动电荷的作用力.....	(305)
§ 10-7 磁介质中的磁场 磁场强度.....	(310)
习题.....	(316)
第十一章 电磁感应和电磁场理论的基本概念	(321)
§ 11-1 法拉第电磁感应定律.....	(321)
§ 11-2 动生电动势.....	(327)
§ 11-3 自感与互感.....	(332)
§ 11-4 磁场的能量.....	(335)
§ 11-5 电磁场理论的基本概念.....	(336)
习题.....	(346)
第十二章 波动光学	(350)
§ 12-1 光的相干性 相干光.....	(350)
§ 12-2 光程 薄膜干涉.....	(356)
§ 12-3 劈尖干涉 牛顿环.....	(362)
§ 12-4 光的衍射.....	(368)

§ 12-5	单缝衍射	(369)
§ 12-6	衍射光栅	(374)
• § 12-7	光学仪器的分辨率	(378)
§ 12-8	X射线的衍射	(381)
§ 12-9	自然光 偏振光	(383)
§ 12-10	起偏和检偏	(388)
§ 12-11	光的双折射现象	(392)
	习题	(398)
• 第十三章	狭义相对论简介	(401)
§ 13-1	狭义相对论基本原理和时空观	(401)
§ 13-2	相对论力学的两个重要结论	(409)
	习题	(411)
第十四章	原子物理学基础	(413)
§ 14-1	热辐射 普朗克量子假设	(413)
§ 14-2	光电效应 爱因斯坦方程 光的二象性	(420)
§ 14-3	氢原子光谱的实验规律 玻尔的氢原子理论	(423)
§ 14-4	实物粒子的波粒二象性	(429)
	习题	(433)
• 第十五章	原子核物理和基本粒子简介	(435)
§ 15-1	原子核的结构和基本性质	(435)
§ 15-2	原子核的衰变和衰变规律	(439)
§ 15-3	核反应	(443)
§ 15-4	基本粒子简介	(444)
	习题	(448)
附录		(449)
	附录 I 重要的物理常量和数据	(449)

附录 II 诺贝尔奖金物理学奖年谱简介·····	(451)
习题答案 ·····	(460)

绪 论

物理学研究什么 物理学所研究的对象是最基本、最普遍的物质运动形式,如:机械运动、分子运动、电磁运动、原子和原子核内的运动等。人与自然界的关系是永恒的,自然现象实际上就是物质的运动。因为自然界由物质组成,物质不停地运动,而运动有其规律,规律又是可以认识的。但是,人们认识自然界而建立的理论,总不能一劳永逸、完美无缺,这正是人们不断探索的所在,所以,物理学也就是探索物质运动最基本、最普遍的运动形式及其一般规律的自然科学。

物理课是一门基础理论课。基础理论的主要任务是认识自然,工程应用的主要任务是改造自然。数、理、化、天、地、生都是基础科学,而物理学是各基础科学的基础,无限的宇宙,微观的粒子,高速的火箭,变化的地球无不包含物理理论。学习自然科学,目的在于掌握自然规律,促进自然科学的发展,从而进一步利用自然,改造自然,使自然规律为人类服务。

物理学的研究方法 物理学的发展过程,和人类认识客观世界的过程是一致的。这就是从观察实验出发,把观察实验的结果进行分析概括,建立概念及概念之间的定量关系,从而找出反映事物实质性的基本规律(理论),最后应用它们分析和解决有关的问题。应该强调,物理理论必须与实验结果一致,否则就要考虑更深一层的理论。理论不断的改进,要靠人们的想象力和创造力,要扬弃旧的观念,跳出传统观念的牢笼,只有这样,才能解释新的实验结果。观察、实验、理论称为“科学方法”的三步曲,这个环套是由凯卜勒、伽利略和牛顿

完成的,从牛顿开始,在人类的科研方法上,就进入了一个新的时代,即“科学时代”。

物理学的成就 17世纪,进入了科学的时代,在过去的300多年中,物理学的研究揭示了自然界的基本规律,这些规律统一地解释了我们所观察到的大部分自然现象。如天体的形成和运动,宇宙的构造;微观世界的规律;物质的基本构造等,都是物理学的研究成果。近代尖端技术、激光、火箭、原子能、电子技术、计算机、超导、人造卫星、宇宙航行等等,都是在物理学的基础上发展起来的。当然,科学技术的发展,又推动着物理学的发展。

物理学与生产技术的关系 从历史上看,物理学的发展,促进生产技术的发展。如从牛顿力学到工业革命,经过了200年,而从相对论和量子力学的提出到一系列现代科学技术的出现,仅用了几十年。社会愈进步,应用物理学的范围愈广泛。现代物理与技术的发展越来越快,关系越来越密切,这对发展社会生产力,为人类认识自然与利用自然将有更大的贡献。

物理在高校教学中的地位与作用 物理学是一切自然科学和工程技术的基础,所以是理工科院校必设的一门基础课。因为许多学科都是从物理的某一个领域发展起来的,如力学、电工学、热力学、无线电、应用光学、气象学等等。又如,研究地震的原因、地球内部的结构、资源的分布,也要有坚实的物理基础和应用物理勘探的方法。

另外,物理学采用的“研究方法”能引导人们不断地去揭示自然界的玄秘,使对自然界的认识日益深化,日益完善。特别是对于培养人的认识能力、分析问题和解决问题的能力,物理学采用的“研究方法”也是十分重要的。

现代物理学的发展 现代物理学有三个明显的发展方向。一是从微观上正在揭示物质的基本构造,研究物质是由

什么样的粒子构成的？粒子是由什么样的力联系在一起的？二是从宏观上，作为物理学的重要分支之一的天体物理在研究宇宙的形成，宇宙的去、现在和将来等问题，正在吸引越来越多的人的注意；三是物理学与其它学科之间的多方面、多层次的联系与应用日益广泛，如凝聚态理论。

恩格斯早就指出：我们的自然科学的极限，直到今天仍然是我们的宇宙，而在我们的宇宙以外的无限多的宇宙，是我们认识自然界时所用不着的。这就在无限宇宙和我们的宇宙（即我们观测所及的巨大天区，又叫总星系，现在已观测到的半径是一百亿光年）当中划上了一条明确的界限。我们根据观测所及的天区内所获得的信息进行研究、分析的时候，不能无条件地推广到无限宇宙去。

我们深信，今后的物理学将会产生更多的成就，更会令人激动和兴奋！

* 第 0 章 预备知识

§ 0-1 物理量 矢量

物理量 矢量与标量 每个物理概念都要以某种量度方法对它作严格规定。例如，规定密度为单位体积内的质量，规定电流强度为单位时间内流过导体横截面的电量。这种用量度方法严格规定的量称为物理量。速度、密度、电流强度、磁感应强度等等都是物理量。

物理量常包含着数字与单位两部分。例如，只说“某物长为 3.5，质量为 7.6”是毫无意义的，必须同时说出各量的单位才有意义。

有些物理量不仅具有数值大小(包括数字与单位)，还具有方向性。例如速度、加速度、力等。凡是必须同时用数值大小和方向两者方能表明的物理量称为矢量。(严格地说还要满足：合成时，必须符合平行四边形法则。这样的物理量才被定义为矢量。)速度、力、电场强度、磁感应强度等都是矢量。凡是只具有数值大小而无方向性的物理量称为标量，例如，质量、密度、温度、功和能量等都是标量。

矢量加法——矢量合成 设矢量 V_1 和矢量 V_2 合成的矢量为 V ，常将矢量合成的关系用矢量式表示为：

$$V = V_1 + V_2 \quad (0-1)$$

下面介绍几种矢量合成的方法。

(1) 矢量合成的平行四边形法 以 V_1 与 V_2 作邻边(已知夹角为 θ)组成的平行四边形 $OACB$ 的对角线 OC ，就是合

矢量 V , 其长短就是合矢量的数值, 其方向由 O 指向 C , 如图 0-1 所示. 设 V 与 V_1 的夹角为 φ , 常用下述三角公式计算 V 与 φ 之值.

$$V^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2\cos\theta \quad (0-2)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{V_2\sin\theta}{V_1 + V_2\cos\theta} \quad (0-3)$$

矢量加法包含了代数加法. 如当 V_1 与 V_2 方向相同, 即 $\theta = 0$ 时, 则(0-2)式变为 $V = V_1 + V_2$; 当 V_1 与 V_2 方向相反, 即 $\theta = \pi$ 时, (0-2)式变为 $V = V_1 - V_2$. 所以, 矢量加法是代数加法的发展, 代数加法是矢量加法的某种特殊情况.

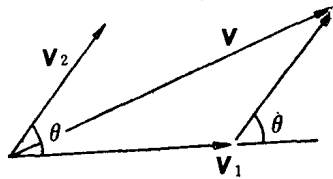
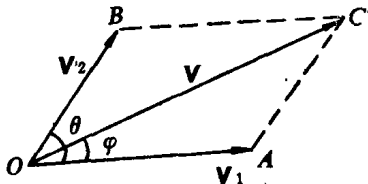


图 0-1 矢量合成的平行四边形法 图 0-2 矢量合成的三角形法

(2) 矢量合成的三角形法 如图 0-2 所示. 其方法是在矢量 V_1 的末端接着画矢量 V_2 , 首尾相接(即将 V_2 平移到使 V_2 的始端与 V_1 的末端相接的位置), 则从 V_1 的始端引向平移后的 V_2 末端的矢量即是合矢量 V .

(3) 矢量合成的多边形法 例如, 图 0-3(a) 中有四个力矢量作用于 O 点, 在求合力矢量 R 时, 可把各力矢量分别平移到首尾相接的相应位置, 然后, 从第一个矢量的始端起到最后一个矢量的末端为止, 画一个矢量 R . 则:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

注意, 合矢量 R 的矢尖点是和最后一个矢量的矢尖点相接的, 其他矢量都是首尾相接.

矢量的正交分解与合成 解析法 合成矢量的计算方法

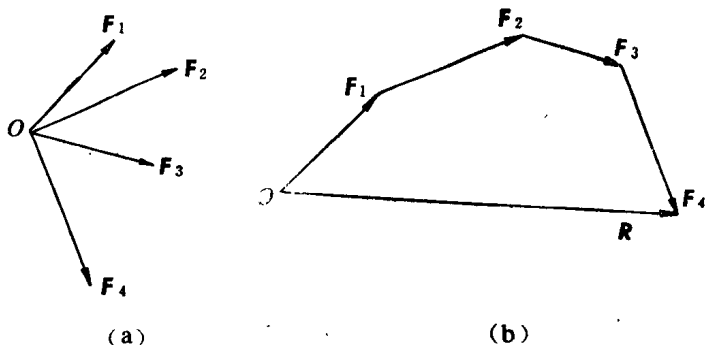


图 0-3 矢量合成的多边形法

常用解析法。把任一矢量 V 按直角坐标轴的方向分成两个

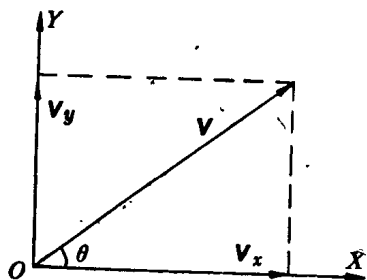


图 0-4 矢量的正交分解与合成

大小及其方向。即：

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad \theta = \text{tg}^{-1} \frac{V_y}{V_x}$$

这称为正交矢量的合成。

矢量的标积与矢积

(1) 两个矢量的标积 矢量 a 与矢量 b 的标积定义为 $a \cdot b$ ，并且规定：

$$a \cdot b = ab \cos \theta \quad (0-4)$$

其中 a, b 分别为矢量 a, b 的数值， θ 为 a, b 之间的夹角。如

分矢量 V_x 和 V_y ，显然它们的数值就是矢量 V 在两个坐标轴上的投影。若 θ 为矢量 V 与 X 轴的夹角，则由图 0-4 可知：

$$V_x = V \cos \theta \quad V_y = V \sin \theta$$

这称为矢量的正交分解。反之，如果给出了分量 V_x 和 V_y ，就能得到矢量 V 的