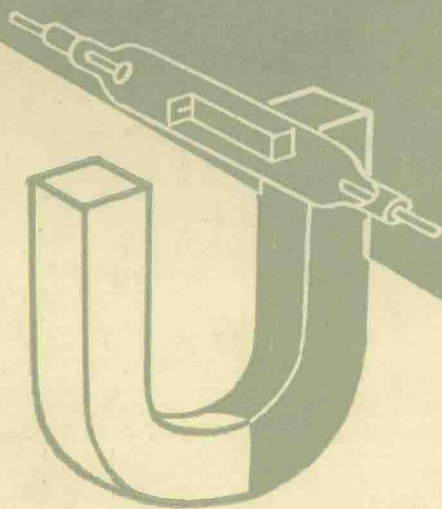


第三册

高中物理辅导员

陈培林 主编



科学普及出版社

高中物理辅导员

第三册

陈培林 主编

科学普及出版社

内 容 提 要

本套书共分三册、其顺序与现行高中物理课本(甲种本)相对应、但内容的深度则根据1986年国家教委发布的“全日制中学物理教学大纲”作了相应的修订。本书内容包括:磁场、电磁感应、交流电、电磁振荡和电磁波、光的传播、光的本性、原子结构、原子核。每章都设置了目的要求、疑难解析、课外实验、阅读材料、知识运用及补充练习等栏目。

此外,考虑到读者至此已学完中学全部物理知识,本书增加了力学、热学和电学总复习。

本书是为读者提供高中物理课程学习中所需要的指导性读物。其目的是促进读者的智力发展、提高智力水平,培养学习能力。本书可供广大高中学生、中学物理教师及自学考试的青年阅读。

(京)新登字026号

高中物理辅导员

第三册

责任编辑:刘 黎

朱桂兰

封面设计:周秀璋

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京昌平百善印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32印张: 9 字数: 200千字

1992年2月第1版 1992年2月第1次印刷

印数: 1—2 350册 定价: 6.00元

ISBN 7-110-02075-4/G·529

前 言

高中物理辅导员共分三册，它的顺序与高中物理课本（甲种本）相对应。但内容的深度则根据1986年国家教委发布的“全日制中学物理教学大纲”作了相应的修订。

这套书不是复习资料，更不是习题集，而是为读者提供的在日常学习中需要的“辅助性”材料，是具有“指导性”的读物。我的目的是：促进读者的智力发展，提高读者的智力水平，从而培养读者的学习能力。因此，不仅使读者掌握所学知识，而且要使读者掌握怎样去学。

当你看过下列栏目及其各自的作用后，对我们的设想也就不难理解了。

目的要求 每章开始，先介绍本章教材的主要内容及其在知识系统中的地位、学习目的以及应该达到的要求^①。这样，在学习之前有目标可寻，学习之后则检查有据。

疑难解析 主要是对课文中不易理解或容易产生误解之处，作较详尽的解释，对学习可能发生的疑问进行讲解，以便使读者更好地掌握课本中的知识和介绍获取这些知识的方法。

课外实验 物理学是一门实验科学。从总体上看，物理学的知识是建筑在实验上的。在日常学习中，尽量增加一些使学生动手又动脑的机会，这不仅是学习物理知识，加深理解、增强记忆所必需，同时也是对学习兴趣和能力的培养。遗憾的是，由于我们的水平和条件所限，并不是每一章都提供了课外实验。

① 其中带*号的属较高的要求。

阅读材料 这一栏内包括有：某些课内知识的加深或扩展，有关新知识和学习方法的介绍，科学家简介及物理学史的介绍等。目的是使读者更好地理解课内知识，开拓读者的知识视野，了解物理学的辩证发展，从中受到辩证唯物主义和历史唯物主义的教育，学习科学家们的科学态度和方法以及艰苦奋斗的精神，激发学习兴趣，培养学习能力。这些内容虽不作为考查的内容，但它无疑会对学习课内知识起着有益的作用。

知识运用 通过对一些问题和习题的示范性解答，不仅能使读者了解运用所学知识解决实际问题的思路和方法，同时还会通过解题对所学的知识加深理解。所选例题不可能很多，但考虑到了它应具有典型性，特别是解后的“说明”，是颇具指导意义的。如读者能认真研究、思考，定会收到举一反三之效。

补充练习 我们考虑到这套书的特点应该是重在“辅导”，借以理解知识、掌握方法、增长能力，而不应把读者引向“题海”中去，何况课本内习题数量已不算少，所以仅仅选编了有限的、富有启发性的练习题，以作为课内练习的补充，故称为：补充练习。为此，各章题目的类型和数量并不强求统一。

考虑到读者至此已学完中学的全部物理知识，应该对各部分知识作一个回顾和总结，对于物理方法应该有较深切的体会，为此，我们增加了力学、热学和电学的总复习（光学和原子核部分从略），主要分三个层次：知识结构、重点问题和典型例题分析，目的在于概念的深化和方法的运用。

这套书主要是为在校高中学生而写，也可供物理教师 and 自学青年参考。

参加本书编写的有陈培林、国运之、王杏村、孙宏业、
陈春雷、荣项、张学义、高志祥和朱金芳诸同志。

不妥之处，请予指正。

编 者

1988.4. 于北京

目 录

第一章 磁场	(1)
目的要求	(1)
疑难解析	(2)
阅读材料	(5)
课外实验	(8)
知识运用	(9)
补充练习	(15)
第二章 电磁感应	(23)
目的要求	(23)
疑难解析	(24)
知识运用	(30)
阅读材料	(44)
补充练习	(44)
第三章 交流电	(54)
目的要求	(54)
疑难解析	(54)
阅读材料	(59)
课外实验	(62)
知识运用	(63)
补充练习	(68)
第四章 电磁振荡和电磁波	(73)
目的要求	(73)
疑难解析	(73)
阅读材料	(85)
第五章 光的反射与折射	(89)

目的要求.....	(89)
疑难解析.....	(90)
课外实验.....	(99)
阅读材料.....	(101)
知识运用.....	(111)
补充练习.....	(114)
第六章 光的本性	(118)
目的要求.....	(118)
疑难解析.....	(118)
课外实验.....	(122)
阅读材料.....	(125)
知识运用.....	(132)
补充练习.....	(133)
第七章 原子结构	(135)
目的要求.....	(135)
疑难解析.....	(135)
阅读材料.....	(138)
知识运用.....	(140)
补充练习.....	(145)
第八章 原子核	(151)
目的要求.....	(151)
疑难解析.....	(151)
阅读材料.....	(154)
知识运用.....	(158)
补充练习.....	(162)
力学总复习	(168)
热学总复习	(185)
电学总复习	(206)
补充练习答案	(275)

第一章 磁 场

本章教材内容是在初中物理《电磁现象》和高中物理《电场》、《稳恒电流》等知识的基础上安排的。重点是介绍磁感应强度概念、磁场对电流及磁场对运动电荷的作用。此内容是学习《电磁感应》和《交流电》的基础，因而本章内容在全部电磁学知识中是处在承上启下的地位。

目 的 要 求

1. 掌握磁感应强度和磁通量的概念。
2. 掌握电流的磁场及其分布（直线电流、环形电流及通电螺线管），并能正确运用安培右手定则判断电流的磁场方向。
3. 理解磁的电本质和磁极间、磁极和电流间的相互作用都是电流之间通过其磁场相互作用的结果。
4. 掌握电流与磁场方向垂直时所受安培力的计算，其它情况能依据 $L = BIl \sin \theta$ 进行定性分析，能掌握左手定则确定安培力的方向。
5. 掌握运动电荷垂直进入磁场时所受洛伦兹力的计算，能正确运用左手定则判断正、负电荷在磁场中所受洛伦兹力的方向。
6. 掌握带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的特点（半径和周期）。

疑 难 解 析

1. 磁感应强度 (B)

磁场的基本特性是对放入其中的电流有磁场力的作用，磁感应强度就是用来描述磁场这个最基本的力的特性的一个物理量，所以它是电磁学中极关重要的一个概念。但在教学实践中常由以下所说的原因引起学生的疑难。

(1) 在中学难以用实验来严格说明磁感应强度可以用 F 和 IL 的比值定义 B 的原因，即使是用电流天平，也只能说明该方法适用于匀强磁场，对非匀强磁场则无能为力。课本（乙种本图3-16或甲种本图1-2）的实验，只能粗略地让同学们体会一下 B 、 F 、 I 和 L 之间的关系。因此 B 的定义就只能采取直接说明的办法或者采用“想象实验”的办法。前一种办法难以使同学们对 B 的概念形成形象的印象和深刻的理解，后一种办法需要有较强的想象能力和逻辑推理能力，这样就给同学增加了难度，造成部分同学对此重点概念模糊不清。因此，在学习中应引起我们的重视，并应充分发挥想象能力，弄清 B 的定义方法和含义。

(2) 磁感应强度与磁场强度的区别。在教学过程中同学们常发生这样的疑问：“在电场中为了描述电场中某点电场力的特性，是用电荷 q 放在电场中某点受力 F 与 q 之比即 F/q 定义为该点的电场强度。那么在磁场中用来描述磁场中某点力的特性的物理量 F/IL ，为什么不定义为磁物强度。却定义为磁感应强度？这两个概念有无区别。”为了解答这个疑难问题，现粗略说明如下。

由于磁场是电流或运动电荷引起的，而磁介质在磁场中发生磁化对磁场也有影响，因此在充满均匀磁介质的情况

下，包括了介质因磁化而产生的磁场在内，故用磁感应强度这个概念来表示；单纯由电流或运动电荷所引起的场则用磁场强度来表示，其符号为 H ，单位是安〔培〕每米。

关于 B 的定义，除教材中所说方法外，尚可用通电闭合小线圈在磁场中受到的最大力矩 M 和 IS 的比来定义。 S 为线圈面积，即 $B = \frac{M}{IS}$ ； B 的方向为线圈转到平衡位置时（即力矩为零时），线圈的正法线的指向。还可以用运动电荷的速度 v 与 B 垂直时所受洛伦兹力 f 与 qv 的比来定义，即 $B = \frac{f}{qv}$ ，其方向由左手定则判定。

2. 运动电荷在磁场中的受力方向

关于运动电荷在磁场中受力方向问题，教材中（乙种本107页）有一段文字是：“运动电荷在磁场中的受力方向也用左手定则来判定。但是应该注意我们规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。电子是带负电的粒子，电子流的方向与电流方向相反。”根据这段文字，我们在判定正电荷在磁场中运动时受力方向与电流相同，判定负电荷在磁场中运动时的受力方向将会有如下两种具体方法。

（1）先将运动的负电荷视为正电荷，仍用左手定则进行判定。即伸出左手，让四指指向负电荷的运动方向，磁力线穿过掌心，此时与左手拇指相反的方向，就是负电荷的受力方向。

（2）因负电荷的运动方向与电流方向相反，由此可根据负电荷的运动方向，确定出“相当于电流”的方向。然后再应用左手定则进行判定。

在应用方法（1）时，负电荷受力方向是与拇指方向相反，

在应用方法(2)时,拇指方向是负电荷受力方向,不是“相当于电流”的正电荷的受力方向。这是应该特别注意的,否则将会造成混乱,出现判断错误。举例分析说明如下:

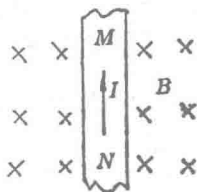


图 1-1

如图1-1匀强磁场中,放有导体 MN ,当有如图电流方向通过 MN 时,因磁场对运动电荷的作用, MN 的左右两侧将会出现电势差(霍耳效应)。试判定 MN 的哪一侧电势高?

其答案有:

①左侧电势高。根据磁场对电流和在磁场中运动的正电荷受力方向相同,用左手定则判定,受力方向向左。因而在运动过程中正电荷将向 MN 的左侧积聚,造成左正右负,故左侧电势高于右侧。

②右侧电势高。因导体 MN 中实际在运动的是带负电的自由电子(正电荷不能定向运动),当 MN 中的电流方向向上时,实际上 MN 中的自由电子是在向下运动,因此不管用上述哪种方法判定,所受磁场力的方向均向左。不过这个向左的力是作用在实际上运动的负电荷上,所以 MN 的左右两侧将出现左负右正。右侧电势高于左侧。

上述两个答案②是正确的,答案①是错误的。错在把导体中电流受力方向误为是正电荷的受力方向。实际上导体中电

流受力方向是导体中自由电子受力的宏观表现。

在研究运动电荷受力方向时，可结合教材（乙种本）中图3-24演示电子束在磁场中的偏转进行仔细分析。

3. 安培力、洛仑兹力、电场力特点对比

为了从比较中加以鉴别，从而加深对它们的认识和理解，列表如下：

		安培力	洛仑兹力	电场力
不同情况点	受力条件	电流不平行于磁场方向时才受力的作用	静止电荷不受力 运动电荷： $v \parallel B$ 不受力 v 与 B 不平行才受力	静、动电荷都受力
	受力大小	$F = BIL \sin \theta$	$f = Bqv \sin \theta$	$F = Eq$ (与电荷运动速度无关)
	受力方向	与 I 的方向垂直	与 v 的方向垂直	与场的方向平行 (同向或反向)
	做功情况	对通电导线可以做功可改变导线的动能	对运动电荷不做功，不能改变电荷的动能	电荷运动方向不垂直电场方向时电场力对电荷做功能改变电荷动能
相同点		三种力都是通过场来作用的三种力通常都有反作用力 (作用在场源上)		

阅 读 材 料

1. 关于洛仑兹力不做功问题

由于洛仑兹力总是跟电荷的运动方向垂直，所以洛仑兹力对运动电荷是不做功的，当然也就没有能量转化问题。但将一根导线，用外力使其垂直于磁场方向运动时如图1-2所示，则导线中的自由电子因受洛仑兹力的作用，确实会沿导线产生瞬间运动（产生感生电动势，有能量转化）。那么此时应如何理解洛仑兹力不做功呢？就此问题分析如下。

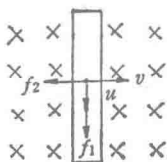


图 1-2

为了论述方便, 仅就图1-2导线中的负电荷(自由电子)进行分析。由于导线在外力作用下以速度 v 向右运动, 此时导线中的负电荷受洛仑兹力的方向向下(与正电荷方向相反), 大小为 $f_1 = Bqv$ 。设负电荷向下的移动速度为 u , 则在 Δt 的时间内洛仑兹力 f_1 所做的功为 W_1 , $W_1 = Bqv \cdot u \cdot \Delta t$ 。但由于负电荷在磁场中还具有向下的速度 u , 它还将受到一个洛仑兹力 f_2 的作用, f_2 的方向向左、大小为 $f_2 = Bqu$ 。在相同的 Δt 时间内, f_2 所做的功为 W_2 , 如以向左为正, 则 $W_2 = Bqu \cdot (-v\Delta t)$ 。

由以上分析可知洛仑兹力所做的总功为 W , $W = W_1 + W_2 = Bqv \cdot u \cdot \Delta t + Bqu(-v\Delta t) = 0$ 。因此, 洛仑兹力对运动电荷不做功的问题, 应理解为洛仑兹力对运动电荷所做的总功为零。有时说洛仑兹力做功不为零是指运动电荷受到的一个洛仑兹力做功不为零。两种说法并不矛盾。

上述的洛仑兹力 f_2 是阻碍导线在磁场中做切割磁力线运动的, 为了维持导线能以速度 v 匀速运动, 需加外力克服 f_2 做功。在 Δt 时间内, 外力所做的功为 $Bquv\Delta t$, 也就是说消耗了 $Bquv\Delta t$ 的机械能, 获得了同样多的电能。也就是说机械能通过洛仑兹力做功转变为电磁能。

此外尚须注意的是: 功是相对量, 对不同的参照系, 做功的数值是不同的。这个问题在此不再扩展了。

2. 关于洛仑兹力的反作用力问题

带电体之间的作用、磁体之间的作用、磁体与电流和电流与电流之间的作用，它们都是相互的。自然就会联想到洛仑兹力是否也是相互的？它的反作用力作用在哪儿？

我们知道，任何物理规律一般都有其适用范围。例如：胡克定律只能适用在弹性限度内；库仑定律的成立条件是静止的电荷，虽可以推广到静止源电荷对运动电荷的作用，但不能推广到运动电荷间的作用。因为库仑力是通过“场”来传递的，场的传递需要时间，由此产生推迟效应，在传播过程中，两运动电荷所受的作用和反作用虽然不可能时时大小相等，方向相反，也就是说牛顿第三定律失效。牛顿定律是建立在瞬时、超距作用的基础上的。只有对静止的电荷、闭合载流导线等能指出互为作用和反作用的两个受力物时才有意义。否则追问作用和反作用是无意义的。

“场”是“近距作用”的“相互作用”的工具。引入场，可以这样来认识“相互作用”行为。“首先”是场源在整个所能达到的空间里建立起自己的场，“然后”这场作用在其空间各点上的接受者。这里用“首先”、“然后”是因为场是以有限速度传播的，场的建立同它的接受者是否存在毫无关系，正像无线电台发射消息与你是否打开收音机无关一样。这就是说，两个相互作用的物体都建立起自己的场，而相互作用的对方只是场的接受者。至于场源怎样“产生”场，接受者怎样“吸收”场等等，目前尚未最后解决。

如果所讨论的问题是局限在中学阶段，磁场是恒定的，运动的电荷是低速的，那么洛仑兹力的反作用力就是作用在场源上，在此牛顿第三定律尚可适用。但应指出：当今物理学中，以能量和动量为基本概念的能量表象才是对物质的运

动及其相互作用具有普遍意义的描绘。

课 外 实 验

1. 通电线圈磁感应强度决定因素的研究

(1) 实验目的: 了解决定通电线圈磁感应强度的三个要素(电流强度、线圈匝数和铁芯)。

(2) 实验器材: 有抽头带铁芯线圈一只(可用J2423型可拆变电器的副线圈)。6伏直流电源一个、滑动变阻器(50欧)一只、安培表(3安)一只、测力计(500克)一只、铁块一块。

(3) 实验步骤: ①将挂有铁块的测力计悬吊起来; ②按图1-3连接电路。在接通电路前滑动变阻器应放在电阻最大位置, 并将有铁芯的线圈放在悬吊铁块的下方刚好接触; ③接通电路逐渐增大电流, 观察不同的电流值将铁块被拉离线圈时测力计示数的变化; ④改变线圈匝数重复步骤③; ⑤将线圈的铁芯拔出和插入观察测力计示数变化。

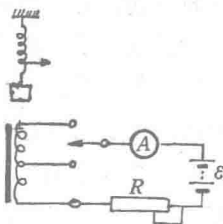


图 1-3

(4) 思考题: 铁芯在实验中的影响是什么? 为什么?

2. 观察洛伦兹力

(1) 实验目的: 加深对洛伦兹力的认识, 并验证左手定则。

(2) 实验器材:

①用示波器观察需要的器材：示波器一台（J2459型）、磁铁一块（条形或马蹄形）。

②用液体导电观察需要的器材：直径10~15厘米圆形玻璃容器一个（可用瓷盘代替），与容器直径等大的金属圆环（高1.5厘米左右）一只，50克的铜砝码一个，食盐水少许（浓度大点），一节干电池。

（3）实验步骤

①用示波器观察：a.接通示波器，使电子聚焦在荧光屏中央，这时见到一个静止不动的亮点（注意亮度不要太强）；b.把磁铁靠近亮点，并在其附近移动，观察亮点位置变化；c.用亮点位置的变化来验证左手定则。

②用液体导电观察：a.将金属环放在容器内使环与器壁靠紧，铜砝码放容器中央，将盐水倒入容器内；b.按图1-4连好电路，观察通电后的现象（为便于观察可向液面投放2~3个小纸屑）；c.用观察到的现象来验证左手定则。

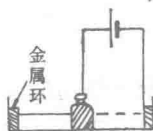


图 1-4

（4）思考题：在图1-4的实验中，若电源反接将如何？盐水导电时是什么电荷在定向运动？盐水通电后，它在磁场力的作用下会旋转，如何具体地用磁场对运动电荷（正、负）的作用力来解释呢？

知 识 运 用

【例1】A、B两个通电圆环，环的半径相等，都直立 在