



物理

自习与辅导

ZIXIYUFUDAO

修 订 版

(第 五 册)

袁哲诚 唐锦顺 编

上海科学技术出版社

物理自习与辅导

修订版

(第五册)

袁哲诚 唐锦顺 编

上海科学技术出版社

物理自习与辅导

修 订 版

(第 五 册)

袁哲诚 唐锦顺 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

总发行所上海发行所发行 浙江诸暨印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 9.25 字数 200,000

1984年6月第1版

1988年4月第2版 1988年4月第2次印刷

印数: 1—60,000

ISBN 7-5323-0203-7/G·28

定价: 2.25元

修订版前言

为了帮助正在进行文化学习的读者加深对物理概念、原理的理解,增强分析解决问题的能力,以提高物理学习的质量,编写了《物理自习与辅导》(共五册),已于1983年出齐。本书是第五册,适合高中文化程度的读者使用。

本书对一般的物理定律、定义、公式推导,凡教科书中已有叙述的,尽量不再重复,只是对定律、原理、公式中的要点,或容易弄错而需要特别注意的地方作较为详细的论述,指出错在哪里,如何正确理解,并对典型的例题进行分析。

本书修订过程中,考虑到考试方法的改革,试题逐渐趋向标准化,因此增加了较多的是非题、填充题、选择题。而原有的计算题对于帮助记忆、加深理解、综合运用各种物理概念和定律有相当大的作用,故仍予保留。本书共有近500道各类练习题。在每一章后附有答案,并增加了部分解题提示,便于读者检验自己掌握物理基本概念的程度和灵活应用知识的能力。有“*”的部份内容为较高要求,供参考。

编 者

1983年1月

目 录

第一章 磁场	1
一、磁场	1
(一) 直线电流有“北极”、“南极”吗? 环形电流有“北极”、“南极”吗?	1
(二) 磁感应强度就是磁通密度吗?	2
(三) 匀强磁场如何获得?	3
(四) 怎样正确使用安培定则?	4
二、磁场对电流的作用力	6
(一) 怎样理解两条平行的同向电流“相吸”、两条平行的反向电流“相斥”的现象?	6
(二) 罗兰实验中的磁针怎样偏转?	6
(三) 磁场对通电线圈具有怎样的作用?	7
三、磁场对运动电荷的作用力	11
(一) 磁场对任何带电粒子都施加作用力吗?	11
(二) 为什么洛伦兹力不对电荷做功?	12
(三) 在匀强磁场中,若带电粒子的运动方向不跟磁场垂直,它的运动径迹将是怎样的曲线?	14
四、洛伦兹力的应用	16
(一) 安培力的实质是什么?	16
(二) 电子的荷质比 e/m 是怎样测定的?	18
(三) 关于回旋加速器的两个问题	19
练习一	21
答案	29

第二章 电磁感应.....34

一、电磁感应现象.....34

(一) 怎样理解“把磁转变为电”?.....34

(二) 哪些情况会引起穿过闭合电路的磁通量发生变化?.....34

二、楞次定律及其应用.....36

(一) 感生电流产生的磁场方向总是跟引起感生电流的磁场方向相反吗?.....36

(二) 怎样理解楞次定律所说的感生电流的磁场总要阻碍引起感生电流的磁通量的变化?.....38

(三) 怎样理解“感生电流总要阻碍相对运动”?.....39

(四) 怎样正确使用左手定则与右手定则?.....43

三、法拉第电磁感应定律.....44

(一) 穿过线圈的 ϕ 越大, $\Delta\phi/\Delta t$ 也越大吗?.....44

(二) 怎样理解电磁感应现象中能的转化与守恒?.....46

(三) 公式 $\mathcal{E} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 和 $\mathcal{E} = Blv\sin\theta$ 完全等同吗?.....55

四、互感和自感现象.....62

(一) 什么是互感现象?.....62

(二) 怎样来理解自感对电流变化的阻碍作用?.....64

练习二.....66

答案.....74

第三章 交流电.....76

一、表征交流电的三个基本物理量.....76

(一) 关于交流电的瞬时值与最大值.....76

(二) 交流电的有效值为什么等于最大值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$?.....77

(三) 什么是角频率?它与频率有怎样的关系?.....81

(四) 怎样理解交流电的相、初相以及相差?.....81

(五) 交流电有哪几种表达方式?.....84

二、交流电路.....86

(一) 欧姆定律适用于交流电路吗?	88
(二) 怎样理解感抗、容抗跟交流电频率的关系?	90
(三) 为什么在纯电感电路和纯电容电路中电流和电压间有 $\pi/2$ 的相差?	92
(四) 什么是交流电视在功率的物理意义?	98
(五) 为什么在用电器上并联一个电容器就能提高功率因数?	103
三、变压器	108
(一) 变压器能不能用来改变直流电压?	108
(二) 实际变压器存在电能损耗的原因有哪些?	110
(三) 原、副线圈匝数相等的变压器具有什么意义?	112
(四) 为什么在远距离输电时要采用高电压?	115
四、整流和滤波	116
(一) 怎样画桥式整流电路?	116
(二) 三种常用的整流电路各有哪些特点?	117
(三) 如果桥式整流电路中有一个二极管接反了将会怎样?	120
(四) 为什么说交流电经晶体二极管整流后其中还有交流成分?	121
(五) 电容滤波和电感滤波的实质是什么?	121
五、三相交流电	124
(一) 有没有二相交流电?	124
(二) 三相交流电和对称的三相交流电有什么不同?	126
(三) 三相电源采用星形连接时,线电压与相电压有怎样的关系?	128
(四) 对称的三相负载采用星形连接时,为什么可用三相三线制输电?	129
(五) 在负载的三角形连接中,三相负载相等时,为什么线电流是相电流的 $\sqrt{3}$ 倍?	131
(六) 为什么感应电动机的任意两根相线互换一下,就会使	

电动机倒转?	131
练习三	132
答案	139
第四章 电磁振荡和电磁波	141
一、电磁振荡	141
(一) LC 电路中是怎样产生电磁振荡的?	141
(二) 怎样来理解电磁振荡的周期公式的物理意义?	144
二、电磁场和电磁波	149
(一) “假定存在的电流”是指什么电流?	149
(二) 怎样来理解电磁波在某一时刻的波的图象?	150
(三) 电磁波具有哪些特点?	151
练习四	152
答案	154
第五章 光的反射和折射	156
一、光的反射	156
(一) 能看见光线吗?	156
(二) 发生镜面反射时反射光的强度与入射角的大小是否有关?	157
(三) 平面镜总是成虚像吗?	158
(四) 不平行于凹镜主轴的平行光线经凹镜反射后将会聚在哪里?	159
(五) 为什么说对于近轴光线, 球面镜的焦距等于球半径的一半?	160
(六) 不用屏幕反射, 能直接观察到实像吗?	160
二、光的折射	161
(一) 如果媒质不均匀, 光线还会沿直线传播吗?	161
(二) 密度越大的透明物质, 绝对折射率也越大吗?	162
(三) 光线通过两面平行的玻璃板后的侧移距离与什么有关?	162

(四) 怎样理解全反射现象?	165
(五) 透镜成像公式的符号法则	166
(六) 凸透镜成像作图的方法	168
三、放大镜的放大倍数	172
练习五	174
答案	183
第六章 光的本性	192
一、光的微粒说和波动说	192
二、光的色散	197
三、光的干涉	199
(一) 频率相同的光源相差一定恒定吗?	199
(二) 杨氏双缝干涉图样具有哪些特点?	201
(三) 用白光做干涉实验, 为什么会得到彩色的干涉条纹?	202
四、光的衍射	206
(一) 光线通过很窄的缝时, 为什么也会出现明暗相间的条纹?	203
(二) 单缝衍射图样具有什么特点?	207
(三) 单缝衍射具有怎样的规律?	208
(四) 衍射现象和干涉现象的联系和区别	212
五、光的偏振	216
(一) 怎样理解光波是横波?	216
(二) 为什么普通光源发出的光不是偏振光?	216
(三) 为什么说反射光和折射光都是偏振光?	217
六、光电效应	220
(一) 怎样用实验来观察光电效应现象?	220
(二) 怎样用图象来表示光电效应规律?	222
(三) 怎样用光子学说解释光电效应?	224
练习六	231
答案	238

第七章 原子结构	241
一、原子的核式结构模型	241
二、玻尔理论	245
(一) 为什么氢原子各能级的能量值都是负数?	245
(二) 玻尔理论的一些应用	245
练习七	255
答案	258
第八章 原子核	261
一、天然放射现象	261
(一) 为什么说原子核也是可分的?	261
(二) 怎样鉴定 α 粒子就是氦原子核?	262
(三) 放射性元素的衰变具有怎样的规律?	263
(四) 测定放射性元素的半衰期的应用	266
二、原子核的人工转变	268
(一) 实现原子核的人工转变具有什么重大意义?	268
(二) 为什么说 β 射线是从原子核中放射出来的?	271
三、原子核的结合能, 原子核能的释放	272
(一) 原子核的结合能与原子结合能的区别	272
(二) 为什么重核裂变和轻核聚变能释放大量的原子核能?	275
练习八	278
答案	284

第一章 磁 场

一、磁 场

(一) 直线电流有“北极”、“南极”吗? 环形电流有“北极”、“南极”吗?

关于这个问题可从奥斯特实验来进行分析。

(1) 奥斯特实验 电流周围存在着磁场, 这是丹麦科学家奥斯特的一项重大发现。它的重要意义在于使人们认识到电现象和磁现象的联系。

一根很长的直导线, 放在磁子午面内, 在导线的正下方放一磁针, 当在导线上通以电流时, 发现磁针将发生偏转, 而且当磁针离导线很近时, 磁针最后平衡时的位置几乎跟导线垂直(如图 1-1(a)); 若将磁针放在导线的正上方, 则磁针的偏转方向相反; 当磁针的位置离导线较远时, 则磁针偏离磁子午面的角度将小于 90° 。

根据以上的实验事实, 得出如下结论:

① 直线电流周围存在着磁场。

② 直线电流的磁场中的磁力线

分布在垂直于电流方向的平面上, 是以直线电流为圆心的一系列封闭的同心圆。这个磁场中磁力线的走向和电流方向有

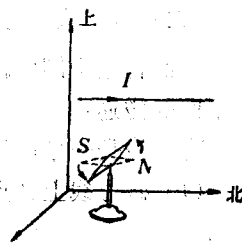


图 1-1(a)

关，可用安培定则表示。在这里正由于磁力线并不表现为集中地从哪里出来和从哪里进去，因此直线电流的磁场不存在北极和南极。

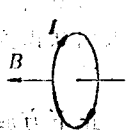
③ 直线电流的磁场中某点的磁感应强度 B 的大小跟电流 I 成正比，跟该点离直线电流的距离 r 成反比，

$$B = k \frac{I}{r}$$

式中 k 是比例常数，在 SI 制中， $k = 2.0 \times 10^{-7}$ 牛顿/安培²。

④ 由于作用力是相互的，既然电流的磁场能对磁针施加作用，那么磁铁的磁场也必然会对电流施加应用。

(2) 叠加原理的应用 无限长的直线电流磁场不存在



N 极和 S 极。如果是一个环形电流，由于在环内的磁场方向相同，叠加的结果使得这个环如同一个小磁体，在磁力线穿出的一面相当于磁体的 N 极，在磁力线进入的一面相当于磁

体的 S 极 (如图 1-1(b))。

(二) 磁感应强度就是磁通密度吗？

要回答这个问题，首先得知道什么是磁力线，什么是穿过某个面的磁通量。

磁力线是一条曲线，它具有下列性质。

(1) 磁力线上各点的切线方向就是各该点的磁感应强度 B 的方向。

(2) 磁场中两条磁力线不可能相交。

(3) 磁力线从磁铁或通电线圈的 N 极出发，经过空间到达 S 极，在磁体内部又从 S 极回到 N 极，磁力线是封闭曲线。

均匀磁场区域中的磁力线应是一系列分布均匀而且平行

的直线。

从磁场中磁力线的走向可以了解磁感应强度的方向改变。怎样从磁力线在磁场中的分布疏密程度来表示磁场的强弱呢？这里我们可以从匀强磁场的例子来进行讨论。

首先我们要建立磁通量的概念。把穿过磁场中某一个面的磁力线数定义为穿过这个面的磁通量，用 Φ 表示，并且规定在磁感应强度 $B=1$ 特斯拉的地点垂直穿过 1米^2 面积上的磁通量为1韦伯，于是在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，穿过垂直于磁场方向、面积为 S 的某一个面的磁通量 Φ 可以写成

$$\Phi = BS。$$

从以上的规定可知，在磁感应强度越大的磁场中，穿过垂直于磁场方向的单位面积上的磁力线数越多。从这个意义来说，磁感应强度 B 的大小可以写成

$$B = \frac{\Phi}{S}，$$

称为磁通密度。它表示了穿过垂直于磁场方向的单位面积上的磁力线数。

必须注意，磁通密度只是形象地用磁力线分布的疏密程度来说明磁场的强弱。它的数值等于磁感应强度 B 的大小。

磁通密度 $B = \frac{\Phi}{S}$ 是一个标量，而磁感应强度 B 则是矢量，所以

以这两者是有区别的，因此课本上说“磁感应强度也常叫做磁通密度”（高中物理甲种本第三册第14页）是一种粗略的说法。

（三）匀强磁场如何获得？

磁场中磁感应强度 B 都相同的区域，叫做匀强磁场。譬如蹄形磁铁的磁极间有一部份区域可认为是匀强磁场。为了获得范围较大的匀强磁场，常利用通电螺线管或亥姆霍兹线

圈。

(1) 一个通电螺线管的磁场分布之所以类同一根条形磁铁，是由于每一匝环形电流的磁场叠加的结果。当电流恒定时，在通电螺线管内部的磁场可看成是一匀强磁场。这个匀强磁场的磁感应强度 B 的大小正比于通过螺线管的电流 I 和单位长度上的匝数 n (即密绕程度)。

(2) 两个相同的半径为 R 的圆形线圈，使它们彼此保持平行而且同轴，如图 1-2。这两个线圈上的绕线有相同的绕

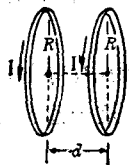


图 1-2

向、相同的匝数，并且是串联的。当通以电流时，在两个线圈间有磁场分布。理论证明，当两线圈平面间的距离 $d = R$ 时，在线圈之间的区域内是一匀强磁场。这种间距等于圆半径的一对共轴圆线圈，称为亥姆霍兹线圈。在高中物理甲种本第三册的封二彩色图版 1 中，

用以观察电子射线在磁场作用下变成圆形的装置中，在电子射线管的两侧，有两个同轴圆线圈即是亥姆霍兹线圈。用它可提供一个范围足够大的匀强磁场。

(四) 怎样正确使用安培定则？

在表示直线电流的磁场时，是以右手伸直的大拇指的指向跟电流方向一致、而跟大拇指垂直的自然弯曲的四指来表示这一直线电流产生的磁场中的磁力线方向。而在表示通电螺线管的磁场时，则以右手弯曲的四指的指向跟螺线管上的电流方向一致、跟四指垂直的大拇指却表示了通电螺线管内部中心轴线上的磁场方向。这样的规定完全是为了方便。法则不是定律，它并不反映事物变化的规律性，因此法则的规定常带有人为的随意性。这里反映电流和它的磁场方向关系的安培定则应该是统一的，并不存在两个不同的定则。如图 1-3 所

示,若(a)中的封闭圆表示一条磁力线,则通过圆心的直线按安培定则就表示电流的方向;而若(b)中的封闭圆表示一个环形电流,在这个圆上取出一小段看作直线电流,

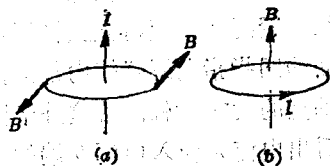


图 1-3

用相同的法则,可以同样表示出电流及其磁场的方向关系,如图1-4所示。这种统一的表示方法对于理解安培提出的分子电流的假说也是有利的。

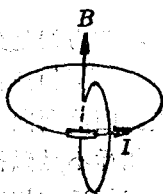


图 1-4

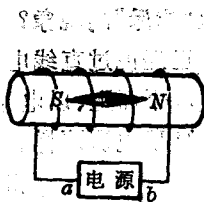


图 1-5

【例题】 在一个空心的通电螺线管内部放一小磁针,当它平衡时,磁针 N 极的指向如图1-5所示,试判断直流电源 a 、 b 两端的极性。

解 从螺线管内部平衡着的小磁针 N 极的指向可知,通电螺线管内部的磁场方向是由左向右的。根据通常应用的通电螺线管的安培定则,即用大拇指表示螺线管内部的磁场方向,以跟大拇指垂直的,并自然弯曲的四指表示线圈中的电流方向,则可知在螺线管上外半圈导线中的电流方向是自上而下的,再由线圈的绕向可以看出电流是从 b 端流入电源,所以电源的 a 端是正极, b 端是负极。

我们也可以用直线电流中通常应用的安培定则来判断。

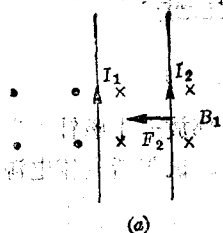
可取出螺线管上的任意一匝来进行研究。譬如取最右端的一匝线圈的外半圈，把它看成是一段直导线，然后把右手自然弯曲的四指指向螺线管内部的磁场方向（即向右），于是跟四指垂直的大拇指就沿着这外半圈导线指向下，这样就可以同样看出电流是流入电源 b 端的。

二、磁场对电流的作用力

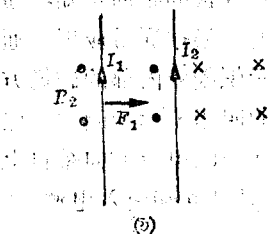
（一）怎样理解两条平行的同向电流“相吸”、两条平行的反向电流“相斥”的现象？

前面已经说过直线电流的磁场中，磁力线是分布在垂直于直导线的平面上，以电流为中心的一系列同心圆，所以直线电流不象环形电流那样有 N 极和 S 极。因此同向电流的相吸

和反向电流的相斥不是磁极间的相互作用。这种相互靠近或相互离开是由于电流受到安培力作用的结果。如图 1-6 所示，两条平行的同向直线电流， I_2 处在 I_1 的磁场中，每单位长度 Δl 上所受的安培力 $F_2 = I_2 B_1 \cdot \Delta l$ (图 a)，而 I_1 处在 I_2 的磁场中，每单位长度 Δl 上所受的安培力 $F_1 = I_1 B_2 \cdot \Delta l$ (图 b)，由于 F_1 和 F_2 的方向相反，因此表现为电流的“相互吸引”。但这种吸引并不是磁极间的相互作用。



(a)



(b)

（二）罗兰实验中的磁针怎样偏转？

罗兰实验证明了运动电荷确实产

生磁场，进一步揭示了磁现象的电本质。图 1-7 是罗兰实验的示意图。设橡胶圆盘上带上大量负电荷，当圆盘沿逆时针方向转动时，悬挂在圆盘边缘上方的小磁针磁极的连线将向着指向圆盘中心的方向转动。因为带电的圆盘转动时，这些电荷跟随圆盘一起转动形成了若干同心的环形电流，电流方向将沿顺时针方向。由安培定则可知这些电流产生的磁场中的磁力线将从圆盘的下方穿出，从圆盘的上方进入（如图 1-8 (a) 所示）。而在磁针所在的平面内的磁场方向将沿着水平方向指向圆盘中心（如图 1-8 (b) 所示）。在这一磁场的作用下将使磁针的 N 极指向圆盘中心。若圆盘所带的电是正电荷，当圆盘向逆时针方向转动时，磁针的 S 极将指向圆盘中心。

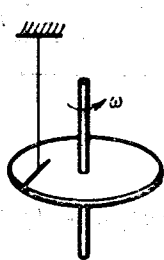
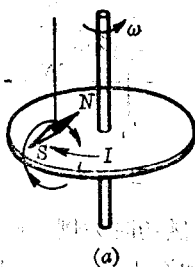
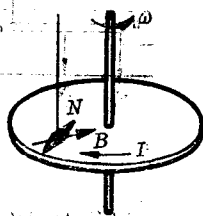


图 1-7



(a)



(b)

图 1-8

(三) 磁场对通电线圈具有怎样的作用？

(1) 具有对称轴的通电矩形线框在匀强磁场中受到力偶矩的作用。

如图 1-9 所示，表示通电矩形线框 $abcd$ 从线框平面平行于磁场的位置，转动到与磁场垂直的位置的过程中，作用于线框 ab 边和 cd 边的两个同方向的力矩是逐渐变小的。在转动过程中线框的其他边虽然也受到磁力的作用，但是它们