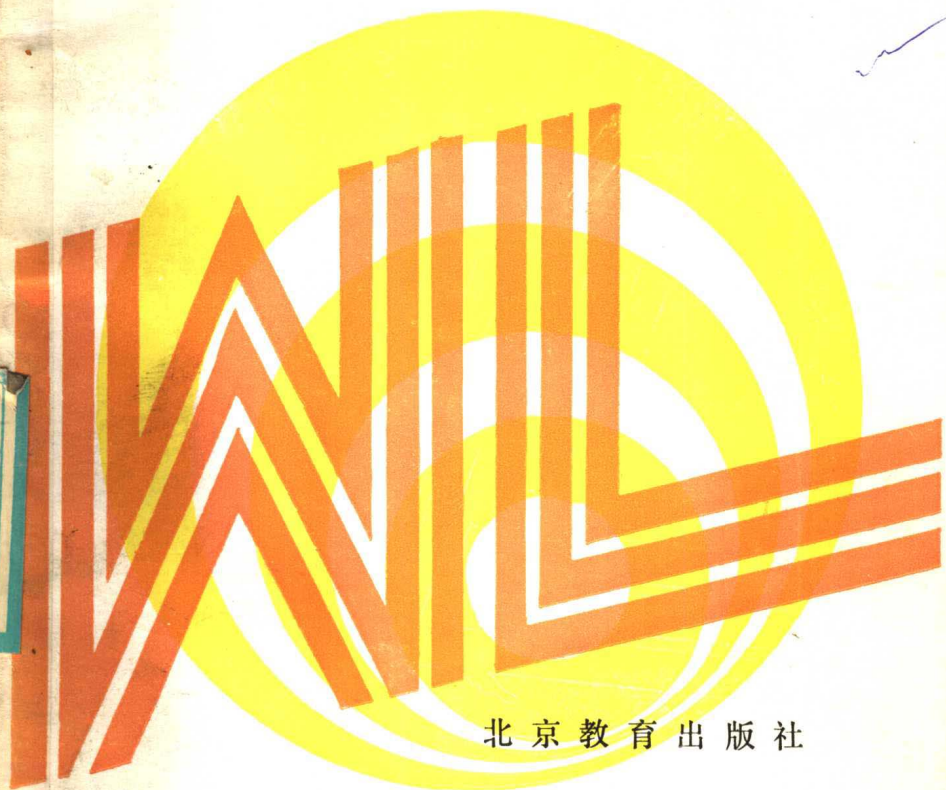


数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

(第三册)



北京教育出版社

数理化基础知识丛书

高中物理基础知识

(第三册)

《高中物理基础知识》编写组 编

北京教育出版社

内 容 提 要

《高中物理基础知识（第三册）》共计五章，包括电场、稳恒电流、磁场、电磁感应、交流电等内容。每章内有学习要点、现象概念规律方法、疑难解析、知识小结、错解分析、典型例题、自学练习、自测试题等，其中习题和练习附有答案。

本书可供在校学生和自学青年学习高中物理时使用。

数理化基础知识丛书

高中物理基础知识第三册

GAOZHONG WULI JICHU ZHISHI DISANCE

《高中物理基础知识》编写组 编

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

展 望 印 刷 厂 印 刷

787×1092毫米 32开本 6.675印张 150,000字

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

印数 1—3,900

ISBN 7-5363-0046-6/G·39

定 价：2.50元

编写说明

为了帮助广大青年和在校学生学好数、理、化，我社约请了北京市人大附中、北大附中、清华附中、北京实验中学等校的有经验的教师，共同编写了数理化基础知识丛书。

《高中物理基础知识》共分四册，它以章为单元，系统地叙述物理学的基础知识。每章由五大部分组成：（一）现象、概念、规律、方法；（二）疑难解析、知识小结；（三）错解分析、典型例题；（四）自学练习、自测试题；（五）阅读材料。

本书源于教材，而高于教材，重视深化和活化物理的基本概念、规律和方法，使学习者真正理解物理学的真谛；本书对初学者易出错、常混淆、难理解的内容，详加说明，使学习者真正学有所得；本书例题丰富，分析透彻，自学练习和自测试题均附有答案或提示，便于学习者自我检查；本书中每章末附有阅读材料，有助于开阔思路，联系实际，发展智力。

本书的编写计划，曾约请北京师大、北京师院、北京教育学院、海淀区教师进修学校、北京重点和普通中学优秀教师，共同商讨，同时征求过自学青年和在校学生的意见。我社向所有关心本书编写工作的同志表示感谢。

《高中物理基础知识》编写组由下列同志组成：王延龄、颜福清、潘邦桢、张能光、庄定源、秦逸君。

本书错误和不足之处，欢迎批评指正。

一九八七年三月

目 录

第一章 电场.....	(1)
[学习要点].....	(1)
一、现象 概念 规律 方法.....	(1)
二、疑难解析 知识小结.....	(9)
三、错解分析 典型例题.....	(17)
四、自学练习 自测试题.....	(33)
第二章 稳恒电流.....	(40)
[学习要点].....	(40)
一、现象 概念 规律 方法.....	(40)
二、疑难解析 知识小结.....	(50)
三、错解分析 典型例题.....	(59)
四、自学练习 自测试题.....	(65)
五、阅读材料.....	(77)
第三章 磁场.....	(78)
[学习要点].....	(78)
一、现象 概念 规律 方法.....	(78)
二、疑难解析 知识小结.....	(95)
三、错解分析 典型例题.....	(101)
四、自学练习 自测试题.....	(113)
第四章 电磁感应.....	(129)
[学习要点].....	(129)

一、现象 概念 规律 方法	(129)
二、疑难解析 知识小结	(138)
三、错解分析 典型例题	(144)
四、自学练习 自测试题	(157)
第五章 交流电	(177)
[学习要点]	(177)
一、现象 概念 规律 方法	(177)
二、疑难解析 知识小结	(188)
三、错解分析 典型例题	(196)
四、自学练习 自测试题	(204)
五、阅读材料	(212)

第一章 电 场

【学习要点】

(1) 掌握真空中点电荷的库仑定律，会计算真空中点电荷之间的相互作用力。

(2) 了解电场的概念。理解电场强度和电力线的概念。掌握电场强度的公式和单位。知道匀强电场的特点。

(3) 了解电势能和电势的概念。理解电势差的概念。掌握匀强电场中场强和电势差的关系。了解等势面的意义。能够分析和计算，在电场中移动电荷做功时，电势能和电势的变化。

(4) 理解导体处于静电平衡状态时的特性。

(5) 掌握带电粒子在匀强电场中的运动规律，能够分析和解答带电粒子的加速和偏转问题。了解示波管的构造和工作原理。

(6) 理解电容器的电容概念，了解常用电容器、电容器串、并联的特点(选学)。

(7) 了解静电的危害和应用。

一、现象 概念 规律 方法

人们发现，带电体间的相互作用，是通过它们周围空间里的一种特殊物质——电场来进行的。带电体间的相互作用，

实质是电场与带电体间的作用。对静电感应，静电平衡和静电屏蔽等现象的研究，使我们进一步了解到电场的一些特性，进而应用电场对带电粒子进行加速和偏转，并制造了示波管。

1. 库仑定律

在真空中，两个点电荷之间的作用力，跟它们的电量的乘积成正比，跟它们之间的距离平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}.$$

K 为静电常量，在国际单位制中 $K = 9 \times 10^9$ 牛·米²/库仑²。

点电荷是一个物理模型，当带电体间的距离远远大于带电体的线度，或带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计，这样的带电体就可以看做是点电荷。

2. 电场

电荷周围存在着电场，电荷和电场是不可分的，带电体间的相互作用是通过电荷周围的电场发生的，电场的性质可从“力的性质”和“能的性质”两个方面进行研究。

(1) 电场强度。位于电场中的带电体，都受到所在位置处电场施加的力的作用。同一个电荷，在电场的不同位置处受到的电场力，一般是不一样的。为了反映电场的这种性质，引入电场强度这个物理量。由此可知，电场强度是反映电场“力的性质”的物理量。

定义：放置在电场中某一点的检验电荷受到的电场力与

它的电量的比值，叫做这一点的电场强度。

公式：
$$E = \frac{F}{q} .$$

单位：国际单位制中电场强度的单位是牛/库仑，或伏特/米。

$$1 \text{ 伏特/米} = 1 \frac{\text{焦耳/库仑}}{\text{米}} = 1 \frac{\text{牛} \cdot \text{米/库仑}}{\text{米}} = 1 \text{ 牛/库仑} .$$

电场强度是矢量。在电场中某一点的正检验电荷所受电场力的方向，规定为该点的电场强度方向。所以，正电荷在电场中某点所受电场力的方向，跟该点的电场强度方向相同；负电荷在电场中某点所受电场力的方向，跟该点电场强度的方向相反。

检验电荷是人们研究电场的工具。当带电体的体积和电量很小，放入电场后，对原来电场的影响可以忽略时，带电体即可做为检验电荷。

我们应当特别注意，电场强度是反映电场本身的“力的性质”的物理量，它是位置的函数。当场电荷和位置一定时，这个位置的电场强度是一定的，它不会随检验电荷的电量大小以及正负的变化而变化。

① 电力线。它是人们为了形象地描述出电场的“力的性质”而引入的一些曲线或直线。在实际的电场中是不存在这些曲线或直线的。

在电场中画出若干条曲线，曲线上任何一点的切线方向，都和该点的电场强度方向相同时，这些曲线就叫做电力线。

电力线的特性是：

a. 电力线起于正电荷而止于负电荷，它是不封闭的曲线。

b. 两条电力线不可能在没有电荷的地方相交（因为电场中任何一点的电场强度的方向是唯一的）。

c. 电力线密处表示电场强度较大，电力线疏处表示电场强度较小。

d. 电力线总是指向电势降低的方向。

② 匀强电场。若电场中各点电场强度的大小和方向都相同，这种电场叫做匀强电场。匀强电场存在于两个带等量异号电荷的平行板之间，它的电力线平行且等距。

③ 电场强度与电场力的区别，列表比较如下：

电 场 强 度 E	电 场 力 F
反映电场本身的力的性质。	电荷在电场中所受的电场力。
在电场中某一点 E 是一个恒量，用 $E = \frac{F}{q}$ 来量度。它决定于电场本身，与检验电荷电量 q 的多少、正负无关。	它的大小决定于放在电场中的电荷所带的电量，以及电荷所在处的电场强度的大小， $F = Eq$ 。
E 的方向规定为正电荷所受电场力的方向。	正电荷所受电场力的方向与所在点的场强方向相同。负电荷则相反。
国际单位制中场强单位为牛/库仑或伏特/米。	国际单位制中电场力的单位为牛。

(2) 电势能、电势、电势差、等势面。

① 电势能。由于在电场里两点之间移动电荷时，电场力所做的功与路径无关，因此电荷在电场中具有电势能 ϵ 。它的单位为焦耳。电荷在电场中某位置具有的电势能的大小，取决于电势能为零位置的选择和电荷由零电势能处移至这个位置电场力所做的功。如选无限远处为零电势能位置，当电荷从无限远处移到某点时，电荷克服电场力做功 W （即电场

力做负功)，则电荷在该点的电势能 $\varepsilon = W > 0$ ；当电荷从无限远处移至电场中某点时，电场力做正功 W ，电荷的电势能 $\varepsilon = W < 0$ 。

② 电势。在电场中某点检验电荷的电势能与它的电量的比值，叫做这一点的电势。

公式：
$$U = \frac{\varepsilon}{q}。$$

单位：国际单位制为伏特（焦耳/库仑）。

电势是标量，它的正负表示比零电势大或小。

应当注意，电势是描述电场本身“能的性质”的物理量，它的大小由电场本身和零电势的位置决定，它是电场位置的函数，与检验电荷的电量和正负无关。

关于电势和电势能的区别我们将在后面谈到。

③ 电势差。电势的大小只具有相对意义，电场里某点的电势是指这点和所选零电势点之间的电势差，而电场中任意两点的电势差与零电势的位置选择无关。由于电势差只由电场本身决定，所以在电场里移动电荷做功时，只要知道电势差和电荷电量就够了。

在电场力做功的情况下，正电荷由高电势的位置移向低电势的位置，负电荷由低电势的位置移向高电势的位置，但无论是正电荷还是负电荷，都是从势能较大的位置移向势能较小的位置。

在电荷克服电场力做功的情况下，正电荷将由低电势的位置移向高电势的位置，负电荷由高电势的位置移向低电势的位置。但是，无论正电荷或负电荷都是从势能较小的位置移向势能较大的位置。

在电场里，电势沿电力线逐点降低。在匀强电场里，电

势沿电力线均匀地降低, A 、 B 两点的电势差 $U_{AB} = E \cdot d_{AB}$, d_{AB} 为 A 、 B 两点的连线 $\overline{AB}$ 在电力线方向上的投影。

④ 等势面。电场中电势相同的点构成的面叫做等势面。

等势面的特性:

- a. 在同一个等势面上移送电荷, 电场力不做功;
- b. 把电荷从一个等势面移到另一个等势面, 电场力做的功与路径无关;
- c. 等势面一定与电力线垂直相交;
- d. 两个等势面不能相交。

(3) 电场的叠加。某一点同时处在两个(或两个以上)电场之中时,

① 该点的电场强度等于各个电场在该点的电场强度的矢量和, 即 $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$;

② 该点的电势等于各个电场在该点的电势的代数和, 即 $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$ 。

3. 电场中的导体

(1) 静电感应。导体的电荷在外电场作用下发生重新分布的现象。

(2) 静电平衡。导体表面和内部没有电荷移动的状态叫做静电平衡。

导体处于静电平衡时的特点:

- ① 导体内部各处的电场强度均为零;
- ② 导体表面任何一点的电场强度方向与该点表面垂直;
- ③ 导体是一个等势体, 它的表面是一个等势面;
- ④ 导体上多余的电荷分布在导体的外表面上, 曲率

(1/2) 大处电荷密度大。

(3) 电容器和电容器的电容。两个既靠近又绝缘的导体，组合成一个电容器。

电容器的电容：

① 电容器的电量。使用电容器时，常常使两极板带等量异号的电荷，当一个极板带正 Q 电量时，另一极板则带负 Q 电量，电容器的电量则指任何一个极板所带电量的绝对值。

② 电容。电容器所带电量与两极板间电势差的比值叫做电容器的电容，

$$C = \frac{Q}{U}。$$

在国际单位制中电容的单位是法拉，

$$1 \text{ 法拉} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 伏特}}。$$

1 微法 = 10^{-6} 法拉， 1 皮法 = 10^{-12} 法拉。

电容器的电容大小，由它本身条件决定，跟它是否带电，带多少电荷，极板间有多高电压都无关。 $C = \frac{Q}{U}$ 是它的量度式。平行板电容器的决定式是 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi K d}$ [ϵ 为介电常数， S 为正对面积， d 为两极板间的距离， K 为静电常数]。

对于一个电容器，它的 Q/U 的值是一个恒量；对于不同的电容器 Q/U 的值一般不一样，所以，它反映了电容器本身的性质。

(4) 电场中的带电粒子。带电粒子在电场中的运动状态有：平衡、加速、减速、偏转等。

平衡。包括电场力 $[F = Eq]$ 在内的平衡问题中，带电粒子的重力跟它受到的电场力相比往往很小，一般可以不计。但在某些情况下，带电粒子的重力较大而受到的电场力较小，带电粒子的重力就不能不计，这时如果电力线竖直向上，对带正电的粒子就可能产生电场力跟重力的二力平衡；当电力线竖直向下，对带负电的粒子就可能产生电场力跟重力的二力平衡。在上述两种情况下， $mg = Eq$ 。

在处理加速和减速这类问题时，粒子一般沿电力线做直线运动，粒子的重力可以不计，如果是在匀强电场中，则是一个恒力作用过程。粒子的运动，可用牛顿定律和运动学公式来计算，也可以用动能定理来计算。用牛顿定律求 a 时

$a = \frac{Eq}{m}$ 。用动能定理时，有 $qEd = qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ 。在非匀强电场中，粒子的运动只能用动能定理

$$qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \text{ 来计算。}$$

在偏转问题中，常忽略粒子的重力，而且，只要求掌握带电粒子垂直进入电场的情况。偏转电场一般都是匀强电场。这时，带电粒子的运动类似平抛运动。它是一种匀变速曲线运动。应用运动的分解和合成方法，将它变成两个直线运动，即垂直电场方向上的匀速直线运动，和电场方向上的

初速为零的匀加速直线运动，它的加速度 $a = \frac{Eq}{m}$ 。利用电场

方向的分运动可求偏转距离，利用两个分运动分别求出两个分速度，再利用速度的合成可求出偏转后的速度，这个方法较繁。我们可以利用动能定理 $qU_{AB} = qEd_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 -$

$\frac{1}{2}mv_0^2$ ，求出偏转后粒子的速率。如果粒子沿两平行板的中线进入电场，可用下法求粒子离开电场时的偏转角 ϕ （即粒子离开电场时的速度方向）。如图 1-1，从中线 midpoint 到粒子离开电场的位置连一直线，直线与中线之间的夹角，就是偏转角 ϕ ，由图可知

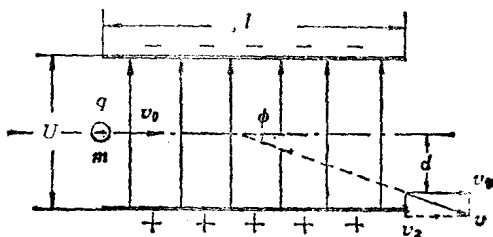


图 1-1

$$\tan \phi = \frac{d}{l/2} = \frac{v_2}{v_0}.$$

如果根据 v_2/v_0 求出 ϕ 角后，也可根据 $d = \frac{l}{2} \tan \phi$ 求出侧移距离 d 。

总之，带电粒子在电场中的运动问题是力学与电学的综合问题，它需要用到不少的力学的概念、规律和方法。应当很好地复习力学知识，才可以较顺利地解决上述问题。

二、疑难解析 知识小结

1. 库仑定律的适用条件

库仑定律是用来确定两个带电体之间的相互作用力，它

是一个实验定律。由于实际的带电体具有一定的形状和体积，这就给确定两个带电体之间的距离带来了困难，物理学家为了解决这个问题，引入了一个物理模型——点电荷。当两个带电体的大小跟它们之间的距离可以忽略不计时，或两个带电体是两个均匀带电几何圆球时，带电体可以当做点电荷来处理。库仑定律中两个带电体的距离，就是指的当做点电荷的两个带电体间的距离。有些同学没有注意这个前提，认为公式 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 中的 $r \rightarrow 0$ 时， F 将趋近于无穷大。事实不是这样，因为两个带电体距离很近时，它们的大小跟它们之间的距离相比，不能忽略不计，所以，它们不能当做点电荷，这时利用库仑定律来求解它们之间的作用力，就不对了。

库仑定律公式 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ ，在真空中才能适用。如果两个带电体不是在真空中，而是在电介质中，它们之间的相互作用力将会比在真空中时要小。所以我们把 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 叫做真空中点电荷的库仑定律的公式。

2. 电场强度的三类公式

有些同学对 $E = \frac{F}{q}$ ， $E = K \frac{Q}{r^2}$ ， $E = \frac{U}{d}$ 三个公式的物理意义，不能很好地区别，在应用中产生了错误。我们知道， $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式，由于它是从量度方面来定义的，所以也叫做量度式。一般来讲，一个物理量的定义式是有普遍性的，这就是说，它是在任何情况下都可以使用的，如 $E = \frac{F}{q}$ 在任何电场中都可以使用。 $E = K \frac{Q}{r^2}$ 是真

空中场电荷 Q 产生的电场中的电场强度的决定式，它是将真空中点电荷的库仑定律的公式 $F = K \frac{Qq}{r^2}$ ，代入 $E = \frac{F}{q}$ 中，消去检验电荷的电量 q 得出来的，所以它只能应用在真空中场电荷是点电荷的电场中。在 $E = \frac{F}{q}$ 式中 F 是检验电荷 q 所受的电场力，在电场中同一点 $F \propto q$ ，也就是说在同一位置 F 与 q 的比值是一个恒量，所以不能说 $E \propto F$ 和 $E \propto \frac{1}{q}$ 。

而 $E = K \frac{Q}{r^2}$ 式中， Q 为场电荷的电量， r 是场电荷与场中某位置间的距离， K 为静电常数，可以说 $E \propto Q$ 和 $E \propto \frac{1}{r^2}$ 。公式

$E = \frac{U}{d}$ 是匀强电场中电场强度跟电势差的关系式，式中 U 是匀强电场中任意两点的电势差， d 为这两点在电力线方向上的距离。它说明，在匀强电场中，沿电力线上单位长度距离的两点间的电势差越大，匀强电场的电场强度越强。

本章中还有 $U = \frac{W}{q}$ ， $C = \frac{Q}{U}$ 是定义式，也是量度式。

$C \propto \frac{\epsilon S}{d}$ 是平行板电容器的决定式等等。通过以上分析我们知道，除定义式外，决定式和关系式一般都没有普遍性，它们只能在特定条件下使用。

3. 电场强度与电场力

电场强度是描述电场“力的性质”的物理量，它的大小和方向由场电荷和电场中的位置所决定，而与检验电荷的电