

成人高中结业应试必读

物 理

下 册

高恒昌 王 洵 石有龙 周泉美 编著

科学普及出版社

成人高中结业应试必读

物 理

下 册

高恒昌 王 洵
石有龙 周泉美 编著

内 容 提 要

本书是《成人高中结业应试必读》的物理下册，内容包括电学、光学和原子物理常识。电学分析了电场和磁场的性质、直流电路、电磁感应及交流电的规律及应用；光学介绍了几何光学和物理光学的基本知识；简要地叙述了原子结构和原子核。

本书特点：内容相对集中，重点突出，例题典型全面，并配有多层练习，实用性强，便于成人自学或补习。

成人高中结业应试必读

物 理

下 册

高恒昌 王 洵 石有龙 周泉美 编著

责任编辑：高宝成

封面设计：王序德

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北 京 顺 义 振 华 印 刷 厂 印 刷

开本 787×1092毫米 1/32 印张：9.75 字数：215 千字

1986年10月第1版 1986年10月第1次印刷

印数：0,001—18,600册 定价：1.60元

统一书号：7051·1098 本社书号：1184

出版说明

当前，我国经济建设蓬勃发展，体制改革方兴未艾，全国各地正在掀起学习文化科学知识的热潮。为了满足高中没有结业的广大职工干部的文化学习或报考各类成人高等学校的迫切需要，我们组织了长年从事成人教育的老教师和具有相当丰富教学经验的中学的教师，编写了这套《成人高中结业应试必读》，（以下简称《应试必读》）。《应试必读》包括政治、语文（上、下册）、数学（上、下册）、物理（上、下册）、化学、地理、历史。

这套《应试必读》是以教育部制订的《全日制十年制学校中学教学大纲（试行草案）》、教育部1985年全国各类成人高等学校招生考试复习大纲和“速成的联系实际的”成人教育方针为依据，并充分考虑到成人理解力强、记忆力较差、学习时间少而分散等特点，以及近年来职工高中结业和各类成人高等学校招生考试的实际。《应试必读》从内容来说，既重视知识的科学性和系统性，深度和广度；又力求少而精，兼顾一般，重点突出，简明扼要。从方法来说，既重视传授学习方法（特别是自学方法）、思维方法、又注意培养学员独立思考、独立分析问题和解决问题的能力；既要由浅入深，循序渐进，通俗易懂；又要善于指导，加强练习，提高时效。只有这样，才能便于学员扬长避短，在较短的时间内，通过学习和必要而适量的练习实践，巩固和深化所学的知识，为日后深造打下良好的基础。

本套《应试必读》是广大成年人参加高中结业考试的复习用书，也是报考各类成人高等学校的有益参考书，又是具有初中结业水平的成年人学习高中知识的良师益友。

科学普及出版社

一九八四年十一月

目 录

第三编 电学	1
第十章 电场	1
一、库仑定律	1
二、电场强度	9
三、电势差	16
四、带电粒子在电场中的运动	26
五、电容	32
第十一章 直流电路	47
一、部分电路欧姆定律	47
二、电阻中的能量转化	53
三、两种基本电路	60
四、混联电路	69
五、全电路欧姆定律	77
六、路端电压	85
七、欧姆定律的应用	94
第十二章 磁场	110
一、电流的磁场	110
二、磁场对电流的作用力	121
三、洛伦兹力与磁通密度	130
第十三章 电磁感应	143
一、感生电流	143
二、楞次定律	154
三、感生电动势	162
四、法拉第电磁感应定律	171

第十四章 交流电	188
一、交流电的产生及其变化规律	188
二、远距离送电和变压器	196
三、交流电路	204
第十五章 电磁振荡和电磁波	214
一、振荡电流的产生与电磁波的形成	214
二、电磁波	220
第四编 光学和原子物理常识	232
第十六章 光的传播	232
一、光的反射	232
二、光的折射	238
三、透镜成象的作图	245
四、透镜成象公式	252
第十七章 光的本性	262
一、光的波动性	262
二、光电效应和光的波粒二象性	272
第十八章 原子和原子核	283
一、原子结构	283
二、原子核	294

第三编 电 学

第十章 电 场

本章讲述的主要内容是电场的基本特性。其中电场强度、电势、电势差以及电容是电磁学中最重要物理量，是本章的重点。由于这些概念比较抽象，所以也是本章的难点。

本章的许多知识要在力学知识基础上学习。因此，复习好有关的力学知识是学好本章的前提，同时，学习本章也对加深理解力学知识提供了条件。

本章在讲述电势、电势能、带电粒子在电场中的运动、电容等知识时，都借助于类比的方法，以减少抽象感，便于学习，便于领会，但要防止把类比的两类事物完全等同起来，造成混乱。

一、库 仑 定 律

库仑定律是总结点电荷间相互作用的规律，也是学习电场基本特性的基础。因此，要从物质的基本结构、两种电荷开始学起。

1. 两种电荷 所有物质都是由原子组成的。而原子又是由质子、中子和电子三种基本粒子组成的。质子和中子组成原子核，原子核和电子组成原子。

每个质子都带有一个单位的正电荷，所以原子核带正电。每个电子都带有一个单位的负电荷，并绕原子核运动。实验

证明：自然界只存在两种电荷：质子所带的正电荷与电子所带的负电荷。它们是等量异种电荷。中子是中性粒子。

在通常情况下，原子核所带的正电荷的总和等于核外电子所带负电荷的总和，原子呈中性。如果一个原子或原子团失去电子就带正电，成为正离子；如果获得多余的电子就带负电，成为负离子。所以物体带电实质上就是由于电子的得失。

我们把物体所带电荷的多少叫做电量。在国际单位制中电量的单位是库仑(简称库)。已经测出电子的电量大小为 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 库。

常用 e 作为一个电量单位，叫做基本电荷。任何物体的带电量都是 e 的整数倍。

为了应用方便，下表给出了基本粒子所带的电量与质量。

粒 子	电 量	质 量
质 子	$+e$	1.7×10^{-27} 千克
中 子	0	1.7×10^{-27} 千克
电 子	$-e$	9.1×10^{-31} 千克

2. 库仑定律 实验证明：电荷相互之间有力的作用，同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引，见图 10-1。图中 Q_1 、 Q_2 表示电量， r 表示电荷之间的距离，正负号表示电荷的性质， F 表示它们之间的相互作用力。

法国物理学家库仑通过实验得出电荷之间相互作用力的规律。把这个规律叫做库仑定律。它可表述如下：两个点电荷之间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们的距离

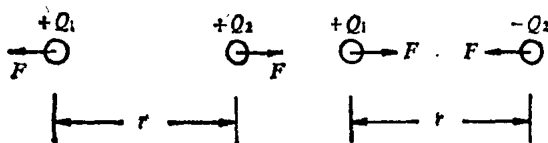


图 10-1

的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。在真空中库仑定律的公式是：

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

如果两个电荷之间充满绝缘物质(电介质)，实验证明，库仑定律仍然成立，只是电荷之间的相互作用力是真空中 $1/\epsilon$ ，对于不同的电介质， ϵ 的数值也不同。这时库仑定律的公式可表示为

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

式中的 ϵ 叫做电介质的介电常数， K 叫做静电力恒量， K 的数值和单位是由式中各量的单位所决定的。在国际单位制中， F 的单位是牛顿， Q 的单位是库， r 的单位是米，由实验测得 $K=9 \times 10^9$ (牛·米²)库²。下表给出几种电介质的介电常数。

电介质	煤油	石蜡	陶瓷	云母	玻璃	纸	水
介电常数	2~4	2.0~2.1	6	6~8	4~11	1.2~3.5	75~81

真空的介电常数 $\epsilon=1$ ，空气的 $\epsilon=1.0006$ ，在实用中可把空气的 ϵ 也取作1。

对于库仑定律还要注意以下两点。

(1) 库仑定律研究的是点电荷之间的相互作用力。所谓点电荷，就是当带电体之间的距离比它们的大小大得多时，带电体的形状和大小可以忽略不计的电荷。

(2) 库仑定律和万有引力定律很相似，它们都是平方反比律。

例 1 在真空中有两个点电荷，它们所带的电量都是 2×10^{-8} 库，它们之间的距离为 3 厘米，求它们之间的作用力。

已知 $Q_1 = Q_2 = 2 \times 10^{-8}$ 库

$r = 3$ 厘米 $= 3 \times 10^{-2}$ 米

求 F

解

$$\begin{aligned} F &= K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^{-8}}{(3 \times 10^{-2})^2} \\ &= \frac{9 \times 4 \times 10^{-7}}{9 \times 10^{-4}} \\ &= 4 \times 10^{-3} \text{ 牛} \end{aligned}$$

在这类计算题中，如何表达出 F 是斥力还是引力呢？有以下两种处理方法

(1) 根据同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引的原则进行判断。利用这种方法， Q_1 与 Q_2 不论是正电荷还是负电荷，在计算中可一律不用正负号。

(2) 如果把正电荷取正值代入，负电荷取负值代入进行计算，那么同种电荷之间的 F 一定得正值，表示斥力；异种电荷之间的 F 一定得负值，表示引力。

另外，题目中如果没有指明电介质，就按真空中进行计算。要注意，两个点电荷之间的作用力是相互的，它们各受到一个大小相等、方

向相反的力的作用，我们所计算出来的 F 是其中的任一个。 F 叫做静电力或库仑力。

例 2 有两个点电荷 Q_1 与 Q_2 ，相距 10 厘米时相互作用力是 0.04 牛，如果使它们的距离增大到 20 厘米，相互作用力是多少？

解

$$F_1 = K \frac{Q_1 Q_2}{r_1^2}$$

$$F_2 = K \frac{Q_1 Q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{K \frac{Q_1 Q_2}{r_1^2}}{K \frac{Q_1 Q_2}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{4}{1}$$

$$F_2 = \frac{F_1}{4} = 0.01 \text{ 牛}$$

要掌握这类题目的计算方法，可以触类旁通。

例 3 氢原子中的电子与质子的距离为 5.3×10^{-11} 米，此二粒子间的静电力与万有引力各是多少？并对此二力进行比较。

已知 $Q_1 = Q_2 = e = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ 千克}$$

$$M = 1.7 \times 10^{-27} \text{ 千克}$$

$$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ 米}$$

求 F_e 、 F_g

解 根据库仑定律计算静电力 F_e 。

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

$$\begin{aligned}
&= 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \\
&= 9 \times 10^9 \times \frac{2.6 \times 10^{-38}}{28 \times 10^{-22}} \\
&= \frac{9 \times 2.6 \times 10^9 \times 10^{-38}}{28 \times 10^{-22}} \\
&= 8.4 \times 10^{-8} \text{ 牛}
\end{aligned}$$

根据万有引力定律计算万有引力 F_g

$$\begin{aligned}
F_g &= G \frac{m M}{r^2} \\
&= 6.7 \times 10^{-11} \times \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.7 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \\
&= 3.7 \times 10^{-47} \text{ 牛}
\end{aligned}$$

二力之比

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{8.4 \times 10^{-8}}{3.7 \times 10^{-47}} \approx 2 \times 10^{39}$$

可见二粒子间的静电力约为万有引力的 2×10^{39} 倍。所以 F_g 与 F_e 相比，完全可以忽略不计。

例 4 真空中有两个点电荷， $Q_1 = 5 \times 10^{-8}$ 库， $Q_2 = -4.5 \times 10^{-7}$ 库，它们相距 15 厘米。现在再引入第三个电荷（正电荷），应该把它放在哪一点才能处于平衡状态？如果引入的是负电荷，情况又如何？

分析 欲使第三个正电荷 Q 处于平衡状态，就必须使 Q 所受 Q_1 、 Q_2 的作用力 F_1 与 F_2 大小相等，方向相反。如果 Q 处于 Q_1 、 Q_2 之间，则 Q 受 Q_1 的斥力与受 Q_2 的引力方向相同， Q 就不可能平衡。如果 Q 在 Q_1 、 Q_2 的连线的延长线上，并且在靠近 Q_1 的一侧，有可能平衡，见图 10-2。抓住这一关键，问题就容易解决了。

解

$$F_1 = K \frac{QQ_1}{x^2} \quad \begin{array}{c} +Q \quad +Q_1 \quad -Q_2 \\ \leftarrow \oplus \quad \rightarrow \oplus \quad \cdots \ominus \\ F_1 \quad F_2 \end{array}$$

$$F_2 = K \frac{QQ_2}{(x+r)^2} \quad \begin{array}{c} | \quad x \quad | \quad r \quad | \\ \leftarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \end{array}$$

当 Q 平衡时, $F_1 = F_2$

图 10-2

即

$$K \frac{QQ_1}{x^2} = K \frac{QQ_2}{(x+r)^2}$$

$$Q_1(x+r)^2 = Q_2x^2$$

$$5 \times 10^{-8}(x^2 + 2 \times 15x + 15^2) = 4.5 \times 10^{-7}x^2$$

整理后得

$$8x^2 - 30x - 225 = 0$$

$$(4x + 15)(2x - 15) = 0$$

则

$$x_1 = -3.75 \text{ 厘米 (舍去)}$$

$$x_2 = 7.5 \text{ 厘米}$$

如果 Q 为负电荷, 只是 F_1 变为引力, F_2 变为斥力, 但仍然是 $F_1 = F_2$ 时 Q 处于平衡状态, 所以 Q 为负电荷时有同解。

通过此题的分析与求解, 应注意以下两点。

(1) 正确地画出草图是解题的重要辅助手段, 只凭空想象, 问题就不容易想清楚, 所以我们强调画草图的重要性

(2) 所列方程是一种比例关系式, 即: $K \frac{QQ_1}{x^2} = K \frac{QQ_2}{(x+r)^2}$, 所以式中各相应量的单位相同即可, 不必要求各量统一单位制。但是, 如果用库仑定律公式进行计算时, 则必须统一单位制。

练 习 一

1. 物体要失去多少个电子才能带正电量 1 库仑?

2. 假设铁原子核中的两个质子相距 4×10^{-15} 米, 求此二质子间的库仑斥力。

3. 在真空中有两个点电荷。它们间的相互作用力在下列情况下将如何变化? (1) 一个电荷的电量变为原来的 2 倍; (2) 两个电荷的电量都减少到原来的 $1/2$; (3) 电荷间的距离加倍。

4. 有两个点电荷保持一定的距离, 在煤油中的作用力为 4×10^{-4} 牛顿, 在云母中的作用力为 2×10^{-4} 牛顿。煤油的介电常数为 3, 求云母的介电常数。

5. 在真空中有两个小球带同种电荷, 一个小球所带电量是另一小球所带电量的 3 倍。在它们相距 5 厘米时, 相互斥力是 1.6×10^{-4} 牛顿, 在它们相距 10 厘米时, 相互斥力是多少? 它们所带电量各是多少?

6. 在空气中相距为 d 的两个固定的正电荷 Q_1 与 Q_2 , 已知 $Q_1 = 4Q_2$ 。在它们之间放入另一个正电荷 Q_3 , 欲使 Q_3 处于平衡状态, 应放在什么位置?

练习一答案

1. 失去 6.2×10^{18} 个电子。

2. 约 14 牛。

3. (1) 相互作用力变为原来的 2 倍;
(2) 相互作用力减少到原来的 $1/4$;
(3) 相互作用力减少到原来的 $1/4$ 。

4. 云母的介电常数为 6。

5. 4×10^{-5} 牛 约 3.8×10^{-9} 库 1.14×10^{-10} 库

6. Q_3 应放在 Q_1 与 Q_2 的连线上, 距 Q_1 为 $\frac{d}{3}$ 处。

二、电 场 强 度

这一部分是在库仑定律的基础上认识电场的存在及其力的性质。为了描述电场的施力特性, 引出了电场强度概念,^② 电场强度的定义是这一部分的中心内容; 为了形象地描绘电场, 引出了电力线概念, 要求掌握电力线的意义及特性; 匀强电场是最简单的一种电场, 它在实用中占重要位置, 要求掌握它的特点及产生。

1. 电场 既然电荷之间相互作用, 那么它们之间是怎样相互作用呢? 是直接作用, 还是通过第三者间接作用呢? 经过科学研究, 已经有了正确的认识: 凡是有电荷, 在电荷存在的空间区域, 就会产生一种特殊的物质, 这种物质叫做电场。如果在电场中放入另一个电荷, 电场就对这个电荷施加作用力, 这个力叫做电场力。可见电荷之间的相互作用不是直接的, 而是一个电荷的电场对另一电荷的作用。

根据这一事实, 我们就可以反过来检验电场是否存在。在某一空间区域, 放入一个电荷, 如果该电荷受到力的作用, 则该空间存在电场。这一认识是重要的。因为放入的这个电荷能够检验电场是否存在, 我们把它叫做检验电荷。为了使检验电荷的电场不影响原来的电场, 使检验电荷有一定的受力方向, 我们规定: 检验电荷是一个电量很小的正电荷。

2. 电场强度 如何表示电场的这种施力特性呢? 分析如下:^③ 图 10-3 表示在带电体 Q 的电场中, 先后把 q 放在 a 、 b 、 c 各位置, 所受电场力分别为 F_a 、 F_b 、 F_c 。这些力的大小与方向是可以根据库仑定律判断出来的。可以看出, 电

场力 F 的大小与方向跟电场中的位置有直接关系。也就是说，电场对 q 施力 F ，位置不同，施力的强弱、方向也不同。更确切地说， q 在某一电场中所受电场力的大小，是由电场中的位置所决定的。这就说明了电场在施力性质上，既有强弱问题又有方向问题。为了确切地表示电场的这一性质，我们定义：检验电荷在电场中某点所受电场力跟检验电荷的电量之比，叫做该点的电场强度(简称场强)。若用 E 表示，则有如下公式：

$$E = \frac{F}{q},$$

E 是矢量。请牢记： E 的方向就是正电荷在该点受力的方向。

F 的单位用牛顿， q 的单位用库仑， E 的单位当然是牛顿/库仑。

如果 E 是已知的，我们就可求出电场力 F ，其定义式可写成另一重要形式

$$F = qE$$

点电荷 Q 的场强 E 是由哪些因素决定的呢？设 Q 与 q 相距为 r ，且在介电常数为 ϵ 的电介质中，根据库仑定律

$$F = K \frac{qQ}{\epsilon r^2}$$

根据 E 的定义式 $F = qE$

$$\text{则 } K \frac{qQ}{\epsilon r^2} = qE$$

$$\text{即 } E = \frac{KQ}{\epsilon r^2}.$$

如果在真空中，则

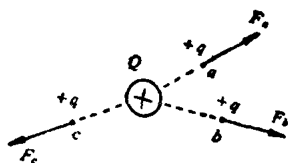


图 10-3