



新编名师启迪丛书

高中物理

学习指要(下册)

——献给高中同学

■ 国运之 张继恒 王学斌 王杏村 顾长乐
邱济隆 周誉蔼 关 堰 张明森 杨雄生

著



科学出版社

新编名师启迪丛书

高中物理学习指要

——献给高中同学

(下册)

国运之 张继恒 王学斌 王杏村 顾长乐
邱济隆 周誉蔼 关 堰 张明森 杨雄生

著

科 学 出 版 社

1997

内 容 简 介

《名师启迪丛书》自1989年由科学出版社出版以来,再版二次,发行20余万套300余万册,深受读者欢迎。为了进一步提高该丛书的质量,我们根据国家教委颁布的新教学大纲,在第二版的基础上,对《名师启迪丛书》做了全面修订改写,为《新编名师启迪丛书》。它继承发扬《名师启迪丛书》的优良传统,以提高学生的学习素质为中心,启迪学生的思维,帮助学生掌握学习方法。告诉他们怎样学习、思考,如何确切理解课本中的重点、难点和疑难点,如何克服学习中遇到的困难,取得优异的成绩。

《新编名师启迪丛书》共14册,高中8册:数学(上、下册)、物理(上、下册)、化学(上、下册)、语文、英语;初中6册:数学(上、下册)、物理、化学、语文、英语。它结合现行教材,以知识块为中心,着重解决平时学习中的重点、难点、疑点。破除题海战术,讲述精选的典型题,介绍典型解题方法,使学生真正掌握学习重点和学习方法。在逐步提高同学们学习素质和能力的基础上,渐渐与会考、中考和高考接轨,向中考、高考的高水平和高要求靠拢。在平时学习与最后的会考、中考、高考之间架设起桥梁。对每个重要知识点,逐步深化,最后达到中考、高考的水准。同学们若能将此套丛书与教材结合使用,即可在平时学习中就了解到中考、高考水准与要求,逐步向中考、高考迈进。

新编名师启迪丛书

高中物理学习指要

——献给高中同学

(下册)

国运之 张继恒 王学斌 王杏村 顾长乐 著
邱济隆 周誉嵩 关 堰 张明森 杨雄生

责任编辑 荣毓敏

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

北京双青印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1997年9月第一版 开本:787×1092 1/32

1997年9月第一次印刷 印张:11 7/8

印数:1~12 000 字数:268 000

ISBN 7-03-005465-2/G·683

定 价: 11.80 元

目 录

九、电场	1
概述	1
学习指导和知识释疑	1
1. 物体的带电	1
2. 库仑定律	6
3. 电场强度	14
4. 电势	24
5. 带电粒子在电场中的运动	36
6. 电场中的导体	45
7. 电容	51
练习九	59
十、恒定电流	74
概述	74
学习指导和知识释疑	74
1. 电流	74
2. 决定电流大小的条件	76
3. 改变电流大小的方法	84
4. 电流的功和功率	91
5. 电路的几个重要物理量的测量(仪表)	100
6. 电路的分析和计算	104
7. 闭合电路中能量的转化	118
练习十	125
十一、磁场、电磁感应	136
概述	136

学习指导和知识释疑	138
1. 电流所产生的磁场	138
2. 磁感应强度 磁通量	140
3. 磁场对电流的作用	142
4. 磁场对运动电荷的作用	147
5. 感应电流的产生	151
6. 感应电流的方向	151
7. 感应电动势的大小	154
8. 自感现象和互感现象	157
9. 磁、静电、引(重)力场的比较	158
10. 应注意的几个问题	162
11. 解题的基本思路及典型例题分析	164
练习十一	176
十二、交流电 电磁振荡和电磁波	194
概述	194
学习指导和知识释疑	197
1. 交流电的产生和变化规律	197
2. 表征交流电的物理量	199
3. 变压器和高压输电	203
4. 三相电路的连接	208
5. 电磁振荡	211
6. 电磁波	211
7. 晶体管	212
练习十二	213
十三、电磁学总分析和测试	221
电磁学总分析和举例	221
电磁学测试题	230
电磁学测试题参考答案	237
十四、几何光学	239
概述	239

学习指导和知识释疑	240
1. 光的直线传播定律	240
2. 光的速度与什么有关	244
3. 光的反射定律	245
4. 平面镜对光束的作用和成像	249
5. 光的折射定律	254
6. 全反射	260
7. 正确理解物和像	268
8. 透镜	270
9. 如何分析看像问题	283
练习十四	288
十五、物理光学	298
概述	298
学习指导和知识释疑	298
1. 波的叠加原理	298
2. 光的干涉	299
3. 光的衍射	306
4. 光电效应	308
5. 光的波粒二象性	312
练习十五	316
十六、原子和原子核	321
概述	321
学习指导和知识释疑	322
1. α 粒子散射实验和原子的核式结构	322
2. 玻尔的氢原子理论	323
3. 原子核放射性衰变	331
4. 原子核反应	335
5. 原子核能、质能方程	337
练习十六	344
十七、综合测试试题	350

综合测试试题参考答案	359
练习参考答案	361

九、电 场

概 述

本章主要内容有三电(电场强度、电势、电容)、三静(静电感应、静电平衡、静电屏蔽)及一动(带电粒子在电场中的运动)组成。重要物理概念是电场强度、电势和电容,重要的物理规律是库仑定律和电荷守恒定律。首先从两种电荷和库仑定律讲起。库仑定律是点电荷之间相互作用的规律,是静电场的理论基础。

电荷之间的相互作用是怎样引起的呢?由这个问题引入电场的概念。接着分析电场的两个特性:一个是电场的力的性质,分析这一物理性质,引入电场强度的概念,并用电力线来图示;另一个是电场的能的性质,分析这一物理性质,引入电势的概念,并用等势面来图示。进一步讲述了匀强电场中电场强度和电势差的关系。

作为电场的应用,研究了带电粒子在电场中的运动情况,以及在电场中的导体发生的静电感应现象。

最后介绍电容器的组成,为了描述电容器的性质,又引入了电容的概念。

学习指导和知识释疑

1. 物体的带电

(1)两种电荷

在很早的时候,人们就发现了用毛皮摩擦过的琥珀有吸引羽毛、头发等轻小物体的现象,后来又发现其它物体,像玻璃棒、硬橡胶棒等经摩擦过后也能发生这种现象.物体有了吸引轻小物体的性质,就说它带了电,或者说有了电荷.

使物体带电的过程叫做起电,用摩擦的方法使物体带电叫做摩擦起电.

电荷只有两种.为了区别这两种电荷,美国科学家富兰克林在1747年把绸子摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷,毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷叫做负电荷.实验证明,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引.

为什么说电荷只有两种呢?我们可以从以下两个方面来说明:

第一,从电荷间的相互作用来看.我们把未知电荷靠近用绸子摩擦过的玻璃棒,如果互相排斥,那么这个未知电荷一定跟用绸子摩擦过的玻璃棒所带的电荷相同,是正电荷;如果互相吸引,那么这个未知电荷一定跟用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷相同,是负电荷.实验证明,电荷间的相互作用只有这两种情况,要么互相排斥,要么互相吸引,没有第三种情况,可见,自然界中的电荷只有两种.

第二,根据现代电子论的知识,我们知道,一切物体都是由分子组成的,分子是由更小的微粒即原子组成的,而原子又是由带正电的原子核和在核外旋转的带负电的电子组成的.

不同的原子有着不同的结构,它们的原子核所带正电的电量互不相同,在核外旋转的电子的数目也不一样.但是,不管哪种元素的原子,它的原子核所带正电的电量,总是等于它的核外所有电子所带负电的电量的总和,因而,平常的物体显示不出带电的现象来.

使一个物体带电,例如摩擦起电,其实就是其中一个物体

失去一些电子而带正电,另一个物体得到这些电子而带负电.物体不带电则已,如果带电,那么,要么是失去一些电子而带正电,要么是得到一些电子而带负电,没有第三种情况,可见,物体所带电荷只有两种.

(2)使物体带电的方法

有哪些方法可以使物体带电呢?常见的方法有三种:

第一,接触起电.使一个原来不带电的物体跟一个已带电的物体相接触.如果已带电的物体带的是正电,那么它是缺电子的.当不带电的物体跟它接触时,必有一部分电子由不带电的物体转移到已带电的物体上,结果使原来不带电的物体也带上正电.接触起电,必然使物体带上同种电荷.

第二,摩擦起电.原来都不带电的两个物体,由于在相互摩擦时,电子由一个物体转移到另一个物体,结果使一个物体因失去一些电子而带正电;同时,另一个物体由于得到一些电子而带负电.所以,摩擦起电总是两个物体同时带上异种电荷,而且它们所带的电量总是相等的.

第三,感应起电.把一个带电体靠近一个导体(但不接触),导体中的自由电子在带电体的吸引或排斥力的作用下,必从导体的一端移向另一端,使导体两端带上等量异号电.拿开带电体,导体就恢复成不带电的状态.这个现象叫做静电感应.等量异号电完全相互抵消的现象叫做电的中和.

如图 9-1 所示,把带电体靠近一个可以从中间分开的导体,导体两端出现了异种电荷.先把导体分开,再把带电体拿走,则这两部分导体就都带电了.或者,如图 9-2 所示,把带电体靠近导体,然后用手指接触一下导体,放开手指后再把带电体拿走,这时导体上就带有跟带电体的电荷异种的电荷了.这种利用静电感应使导体带电的方法,就叫做感应起电.

从电子论的观点看,不论哪种起电过程,只不过是电荷的

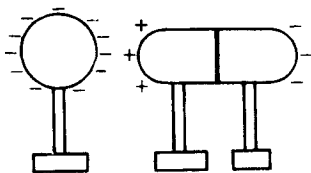


图 9-1

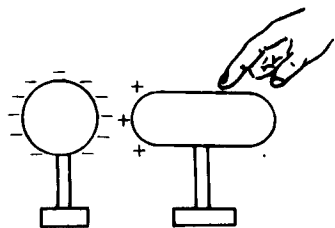


图 9-2

转移。大量事实说明：电荷既不能创造，也不能被消灭，它们只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分，这个结论叫做电荷守恒定律，它是物理学中重要的基本定律之一。

(3) 金箔验电器

用什么方法，可以检查物体是不是带电呢？

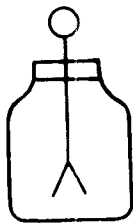


图 9-3

常用金箔验电器。金箔验电器的构造如图 9-3 所示。金属杆上端有一金属球，下端有两片金箔。利用玻璃瓶和瓶塞把金属杆支起来，瓶塞是很好的绝缘体。

用这种验电器检查物体是不是带电，只要把物体跟验电器的金属球接触一下就行。如果被检查的物体是带电的，接触以后，金箔由于带同种电荷相斥而张开，不然金箔就仍然下垂。这样就可以检查出物体是不是带着电。

用验电器能不能比较物体带电的多少呢？

能的。理论和实验表明，物体带的电荷越多，跟验电器的金属球接触后，验电器的金箔带的电荷也越多，因之金箔的张角就越大。这样，可以根据验电器金箔张角的大小，粗略比较物体带电的多少。

那么用验电器能不能检查物体带的是哪种电荷呢？

也是能的.方法有二:第一,先让验电器金箔带上已知电荷,再让带电体跟验电器金属球接触.如果验电器的金箔张角变大,说明这个带电体带的是跟已知电荷同种的电荷.否则,如果金箔张角变小,或先变小后又变大,说明这个带电体带的是跟已知电荷异种的电荷.

第二,先让验电器金箔带上已知电荷,再让带电体逐渐跟验电器金属球接近,但不接触.如果验电器金箔的张角逐渐变大,说明这个带电体带的是跟已知电荷同种的电荷.否则,如果金箔张角逐渐变小,或先变小后又变大,说明这个带电体带的是跟已知电荷异种的电荷.

第一种方法是根据接触带电,第二种方法是根据静电感应的原理.哪种方法较好?请读者思考.

(4)物体能带多少电

一个物体最多能带多少电呢?

在国际单位制中,电量的单位是库仑.带电体所带电量是基本电荷的整数倍,基本电荷是最小的电量单位,其数值跟一个电子(或质子)所带电量的大小相等,即是 1.60×10^{-19} 库仑.很容易计算出 6.25×10^{18} 个电子所带电量的总和才是 1 库仑.

这里再明确一下,我们所说物体带电多少指的都是净电荷.什么是净电荷呢?我们知道,平常一个不带电的物体,其所有原子的原子核所带正电电量总和跟所有原子的核外电子所带负电电量总和是相等的,物体对外不呈现电性.如果两种电荷电量总和不相等,两者的差值,就叫做净电荷.如果负电荷电量总和比正电荷电量总和多,多多少,物体就带多少负电.如果负电荷电量总和比正电荷电量总和少,少多少,物体就带多少正电.

一个孤立的金属导体所能带的电荷的多少,跟这个导体

的大小、形状、表面情况以及周围环境等因素都有关系。如果导体是球形的，它就容易保持电荷。所以，好多静电仪器都做成球形的。如果导体是尖状的，它就不容易多带电荷，多了就要放电。避雷针就是根据尖端放电的原理制成的。

拿金属球形导体来说，球越大，能带的电荷越多。理论计算知道，空气中一个半径 1 厘米的球形金属导体，最多可带电 3.33×10^{-8} 库仑；一个半径 100 厘米的球形金属导体，最多可带电 3.33×10^{-4} 库仑，再多就要放电。关于这一点，我们要心中有数。不要随便说什么“有一个小球，带电 1 库仑”。这种说法太脱离实际了。带电 1 库仑的球，半径达 100 米，这绝不是什麼小球，而是一个很大的大球！

2. 库仑定律

电荷间有相互作用，同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。电荷间相互作用力的大小跟什么因素有关呢？法国物理学家库仑，用实验研究了静止点电荷间的相互作用力，于 1785 年发现了后来用他的名字命名的定律，即库仑定律。

(1) 真空中的库仑定律

库仑定律是通过扭秤实验发现的。在扭秤实验中，扭秤的金属丝扭转弹力的力矩跟电荷间斥力的力矩平衡，根据金属丝转过的角度，可以计算电荷间作用力的大小。

库仑扭秤实验是要研究电荷间相互作用力跟距离和电量的关系。作用力跟距离的关系比较好办，因为距离比较容易改变和测量。作用力跟电量的关系怎样找呢？电量如何改变和测量呢？库仑巧妙地利用一个带电的金属球跟同样大小但不带电的金属球相碰，电量平分，即都是原来的 $\frac{1}{2}$ ，同样可以得到 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 等的电量。这样就可以用扭秤来研究作用力跟电量的

关系了。

库仑通过扭秤实验得出了库仑定律，库仑定律内容如下：

“在真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们间的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。”电荷间的这种作用力叫做静电力，又叫库仑力。

如果用 Q_1 、 Q_2 表示两个点电荷的电量，用 r 表示它们间的距离，库仑定律就可以写成下面的公式：

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

式中 K 是比例恒量，叫做静电力恒量。在国际单位制中，力的单位用牛顿，距离的单位用米，电量的单位用库仑，由实验得出

$$K = 9.0 \times 10^9 \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{库仑}^2.$$

库仑扭秤实验是在空气中做的，其结果跟在真空中相差很小。

(2) 电介质中的库仑定律

玻璃、橡胶、瓷器、水、煤油等都是电介质。

实验表明，如果把两个点电荷放在无限均匀的电介质里，电荷间的作用力就比在同样情况下放在真空里的作用力小。小多少，因电介质的不同而不同。电介质中的库仑定律用下面的公式来表示

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

公式中的 ϵ 叫做电介质的介电常数。任何电介质的介电常数都大于 1。例如，煤油的介电常数为 2。这就是说，如果两个已知的点电荷，保持距离一定，放到煤油中，那么它们之间的相互作用力就要减小到原来真空中的 $\frac{1}{2}$ 倍。

空气的介电常数为 1.0005，实用上，常把空气的介电常

数取为 1, 即认为电荷间的相互作用力在空气中跟在真空中一样。

关于库仑定律, 要注意以下几点:

第一, 要会叙述. 叙述定律时, 别忘了叙述方向. “作用力的方向是在它们的连线上.” 这连线上的力是相互作用的一对力. 如果是同种电荷, 则互相排斥, 如图 9-4, 力沿着连线向外; 如果是异种电荷, 则互相吸引, 如图 9-5 所示, 力是沿着连线向里的。

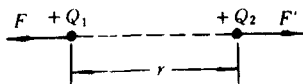


图 9-4

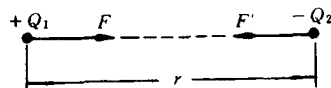


图 9-5

第二, 注意定律的适用条件. 库仑定律只适用于点电荷之间的相互作用. 如果带电体不能看成点电荷, 则库仑定律不适用。

什么是点电荷呢? 如果带电体的线度比它们之间的距离小得多, 以致带电体的大小和形状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成是点电荷。

请思考下面的问题:

“在库仑定律的公式中, 当 Q_1 和 Q_2 无限接近, 即当 $r \rightarrow 0$ 时, 则 $F \rightarrow \infty$, 即它们之间的相互作用力为无穷大.” 这个结论对吗?

如果单从数学公式看, 这个结论似乎是对的. 但是, 认真思考之后, 你会发现这个结论是错误的, 是脱离实际的. 这是因为, 当 Q_1 和 Q_2 无限接近, 即当 $r \rightarrow 0$ 时, Q_1 、 Q_2 本身的线度跟 r 相比已经不是足够小了, 不能再将它们看成点电荷了. 而库仑定律只反映了点电荷之间的作用力的规律, 不能用来计

算这样两个带电体之间的相互作用力. 上述推论违反了库仑定律的适用条件, 所得的结论当然是错误的了.

我们在应用任何物理定律时, 都必须注意它的适用条件.

第三, 利用库仑定律计算两个点电荷间的相互作用力时, 公式中的 Q_1 和 Q_2 不要带着正负号代入公式进行计算. 这是因为, Q_1 、 Q_2 的正负号, 只表示电荷的种类, 不表示电量的多少. 如果把 Q_1 、 Q_2 的正负号代入库仑定律公式中, 那么计算出来力的正负号, 也只表示力是斥力还是引力, 不表示力的方向. 因此, 我们在运用库仑定律时, Q_1 、 Q_2 可以不带正负号. 至于力的方向, 可以根据“同种电荷互相排斥, 异种电荷互相吸引”的规律确定.

第四, 解题必须作图, 画受力图. 这应作为一个习惯.

第五, K 值要记住, 包括它的单位. 解题时, 各物理量一律用国际单位制单位.

第六, 若点电荷不只两个, 那么每个电荷受到的作用力, 是其它每个电荷单独对它的作用力的矢量和. 注意, 每两个电荷间的相互作用力, 不因为有其它电荷的存在而受影响, 这叫做力的独立作用原理.

最后还应注意熟练掌握利用比例关系解题.

例题 1 在真空中有两个点电荷, 它们间的相互作用力为 F . 如果它们的电量都加倍, 而距离减小 $\frac{1}{4}$, 则它们间的相互作用力变为多少?

解 依题意 $Q'_1 = 2Q_1$, $Q'_2 = 2Q_2$, $r' = \frac{3}{4}r$ (注意减小 $\frac{1}{4}$, 将变为原来的 $\frac{3}{4}$).

根据库仑定律 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$,

$$F' = K \frac{Q'_1 Q'_2}{(r')^2} = K \frac{2Q_1 \cdot 2Q_2}{\left(\frac{3}{4}r\right)^2} = \frac{64}{9} K \frac{Q_1 Q_2}{r^2},$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{64}{9} K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}}{K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}} = \frac{64}{9},$$

$$\therefore F' = \frac{64}{9} F.$$

例题 2 如图 9-6 所示, 一圆盘均匀带电, 电量为 Q_1 , 在距离盘中心 10 厘米处有一电荷 Q_2 , 所受静电力为 F . 如果把 Q_2 移到距圆盘中心 20 厘米处, 则所受静电力 F' 将是原来所受静电力 F 的多少倍? (选择正确答案)

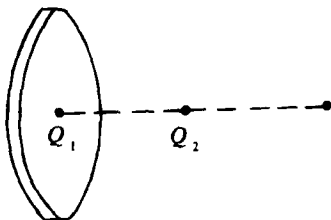


图 9-6

- A. 2 倍. B. $\frac{1}{2}$ 倍.
C. $\frac{1}{4}$ 倍. D. 以上答案都不对.

答 D.

注意 因为 Q_1 不是点电荷, 不能利用库仑定律, 所以 A. B. C. 都是错误的.

例题 3 两个带有等量同种电荷的小球, 质量各为 0.10 克, 各用 50 厘米长的细线挂在同一点上, 两球因彼此相斥而张开, 所张之角为 90° . 求每个小球所带的电量.