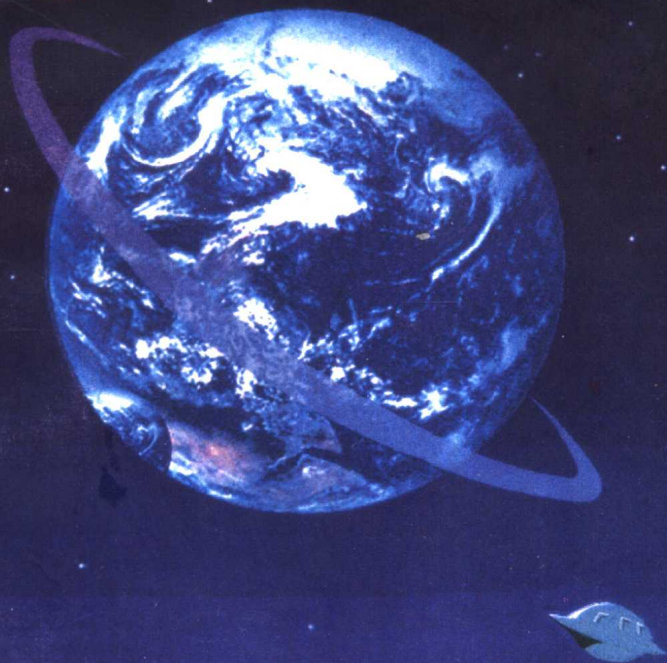


940613



北京市高中选修课试用教材

奥林匹克物理

(下册)

北京市教育局 编

北京师范大学出版社

北京市高中选修课试用教材

奥林匹克物理

(下册)

主 编 李申生

副主编 叶禹卿 胡祖康

北京师范大学出版社

(京)新登字 160 号

北京市高中选修课试用教材

奥林匹克物理

(下册)

北京市教育局 编

*

北京师范大学出版社出版发行

全国新华书店经销

北京怀柔东晓印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32印张:17.75字数:384千

1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-303-03170-7/G·2180

定价:(全二册)10.30 元

北京市教育局高中选修课教材编委会

主 任 杨玉民

副 主 任 文 喆

编 委 杨玉民 文 喆 鲍贤俊 陈镜孔

曹福海 王家骏 于大力 金学方

孙维刚 宁鸿彬 朱尔澄 袁 晓

顾思本

责任编辑 陈镜孔

说 明

选修课是允许学生根据自己的兴趣、志向进行选择学习的一种课程。国家教委颁布的《现行普通高中教学计划的调整意见》中适当加强了选修课,它与必修课和课外活动、社会实践活动组成普通高中课程结构的有机整体,共同承担贯彻党和国家的教育方针培养合格的高中毕业生的任务。

长期以来,选修课是普通高中课程结构中的一个薄弱环节,各级教育行政部门和学校对选修课的设置和管理都缺乏经验。根据北京市的实际情况,我们组织编写了高中部分选修课教材,同时,为解决当前教学之急需,我们还选择了基本符合选修课教学要求,有关单位、学校自编的、有一定质量的教材,供学校根据本校的学生情况、师资条件等选择使用。

选修课的教材编写工作刚刚起步,希望各级教育行政部门和学校,以及广大干部、教师积极实践,使选修课的设置逐步规范、完善。今后我们将继续加强选修课教材的建设工作。

北京市教育局高中选修课教材编委会

1993年7月

前 言

在国家教委的支持下,中国物理学会在全国范围内每年举办一次“全国中学生物理竞赛”。举办物理竞赛的目的是:促进中学生提高学习物理的主动性和兴趣,改进学习方法,增强学习能力;促进学校开展多样化的物理课外活动,活跃学习空气;发现具有突出才能的青少年,以便更好地对他们进行培养。

为了满足成绩较好的中学生进一步学好物理的要求,丰富和活跃高中课外活动,更好地贯彻“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的精神,北京市教育局教材编审部和北京物理学会,组织部分有经验的市、区物理奥林匹克学校教师,在原有教学讲义的基础上,经过多次研讨和修改,共同编写了本书。

本书在现行高中物理教材的基础上,对中学物理涉及的一些重要概念和规律,进行了较为深入的阐述;对物理在生产 and 生活中的应用,作了适当的介绍;对如何认识问题、分析问题和解决问题,进行了探索和总结。编写本书的目的,是加深对基本知识的理解,扩大知识面并解决一些实际问题,提高学生的各方面能力。

本书按全国中学生物理竞赛委员会公布的“物理竞赛内容提要”编写,内容包括力学、热学、电磁学、光学、原子和原子核共五编22章,分为上、下两册。为了理解和运用物理概念和物理规律。各章都安排有适量的例题和练习题,并在书后附有答案及提示。上册的附录为“数学基础知识”,对坐标系、矢量、

初等函数、极限等与物理关系密切的数学知识作了简单的介绍。下册的附录为第八(1991年)、九(1992年)两届全国物理竞赛预赛(第一试)的试题。

考虑到中学生的实际情况及全国中学生物理竞赛的要求,本书对于大学物理的内容,只在一些与中学物理关系密切,或有助于对问题加深理解的方面做了介绍。在解决物理问题时,也只限于初等数学的范围,虽然运用了极限、无限小等概念,但不使用微积分。

本书由北京市物理学会副理事长、首都师范大学物理系李中生教授担任主编,北京教育学院物理系叶禹卿副教授和北京市教材编审部胡祖康高级教师担任副主编。参加本书下册编写的有北师大二附中袁伦德、北师大附中陈充辰、北京八中刘千捷和北京教育学院物理系叶禹卿。

1993年7月

目 录

第三编 电磁学

第一章 静电场	(1)
一、库仑定律	(1)
二、电场强度	(7)
三、电势 等势面	(14)
四、电场中的导体及电介质	(20)
五、电容器 电容	(25)
第二章 稳恒电流	(34)
一、电路的等效变换	(34)
二、万用表	(42)
三、含源电路	(47)
四、闭合电路的功率	(57)
五、平衡电桥及补偿电路	(59)
第三章 物质的导电性	(67)
一、金属的导电性	(67)
二、液体中的电流	(70)
三、气体的导电性	(74)
四、真空中的电流	(78)
五、超导现象简介	(81)
第四章 磁场	(84)
一、电流产生磁场的规律	(84)
二、磁力线 磁通量	(95)
三、磁介质	(101)
四、洛伦兹力和安培力	(105)
第五章 电磁感应	(121)

一、 法拉第电磁感应定律	(121)
二 自感现象与自感系数	(129)
第六章 交流电	(139)
一、 交流电的研究方法	(139)
二、 简单交流电路计算	(140)
三、 整流和滤波电路	(147)
四、 三相交流电	(156)
五、 变压器	(165)

第四编 光 学

第一章 几何光学	(171)
一、 光的直线传播和光速的测定	(171)
二、 光的反射定律及其应用	(174)
三、 光的折射定律和全反射	(179)
四、 棱镜 色散	(181)
五、 透镜及其成像作图	(183)
六、 透镜成像公式及其应用	(187)
七、 光学仪器及光具组成像	(190)
八、 综合应用	(196)
第二章 波动光学	(203)
一、 光的叠加性和光的干涉	(203)
二、 光的衍射	(209)
三、 光是电磁波的一种	(213)
四、 光谱和光谱分析	(214)
第三章 光的本性	(218)
一、 光的微粒说	(218)
二、 光的波动说	(219)
三、 光的电磁说	(219)
四、 光的量子说	(220)
五、 光的波粒二象性	(222)

第三编 电磁学

电磁学通常分为“场”和“路”两大部分。“场”是指电场、磁场以及由它们相互联系、互相转化而形成的电磁场。“路”指直流电路和交流电路。学好这些知识,是进一步掌握近代科学技术的基础。

我们要熟练地掌握电磁学的知识,了解它们在技术上的应用,也要注意学习人们研究这些问题的基本方法。

第一章 静电场

场是物质存在的一种特殊形式。电荷间的相互作用、磁极间的相互作用、通电导线间的相互使用,都是通过场来实现的。场不仅具有力的属性,还具有能量和动量。

本章研究静止电荷所产生的场,叫做静电场,以区别于运动电荷所产生的磁场和变化磁场所产生的电场。还将通过库仑定律研究电荷间的相互作用,通过场强和电势描述电场中力和能两方面的性质。

一、库仑定律

1. 点电荷间的相互作用 法国物理学家库仑在 1785 年通过实验发现了后来用他的名字命名的定律:在真空中,两个

点电荷间的作用力跟它们电量的乘积成正比,跟它们距离的平方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

点电荷是一种理想化的模型。当两个带电体间的距离远远大于它们本身的尺寸时,带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计,我们就可以把带电体看作一个带有电荷的点,称为点电荷。两个带电的金属小球,当它们之间的距离远大于本身的线度时,就可以看作点电荷。

如果用 q 和 Q 表示两个点电荷的电量,用 r 表示它们之间的距离,用 F 表示它们之间的静电力,则库仑定律可以写成

$$F = k \frac{qQ}{r^2} \quad (3-1-1)$$

式中 k 是静电力常量,其数值为 9.0×10^9 牛·米²/库²。

不难看出,库仑定律与万有引力定律很相似,都与距离的平方成反比(称为平方反比律)。因此,电荷间相互作用的规律与力学中某些规律有相似之处。我们可以借助于天体运动规律来理解电子绕核运动的规律,可以借助于重力加速度、重力势能、重力功和重力势能变化的关系来理解静电场中的许多问题,这将给我们的学习带来不少方便。

实验指出,在相同的条件下,电荷在绝缘物质(如空气、云母、石蜡)中的相互作用力为真空中相互作用力的 $1/\epsilon$,称为这种物质的介电常数。表 3-1-1 是几种常见物质的介电常数。

表 3-1-1

电介质	空气	纸	变压器油	石蜡	云母	陶瓷	水	钛酸钡
介电常数	1.0006	2.5	2.2~2.5	2~2.3	3~8	6~7	78	$10^3 \sim 10^4$

由于空气的介电常数很接近于 1。所以,计算空气中点电

荷的相互作用力时,通常可按真空中的情况处理。电介质中的库仑定律可用下式表示

$$F = k \frac{qQ}{\epsilon r^2} \quad (3-1-2)$$

库仑定律给出的只是两个点电荷间的相互作用力的关系,当两个带电体间的距离较近时,就不能再看作点电荷。这时,可以把每个带电体看作由许多点电荷所组成。利用力的叠加原理,仍然可以计算出两个带电体间的静电力。在一般的情况下,这些问题的解决要涉及到微积分。但如果带电体上的电荷是对称均匀分布的,则仍可用中学学过的方法加以解决。

电荷间相互作用的规律之一是“同性相斥、异性相吸”,这一点在库仑定律中用数值的正负来体现。将电荷值代入式(3-1-1),当算出的力 F 为正值时,表示电荷间的相互作用力为斥力;当 F 为负值时,表示电荷间的相互作用力为引力。通过计算可知,电子、质子、 α 粒子等带电粒子之间的静电力为它们之间的万有引力的 10^{37} 倍、比它们所受的重力大得多。因此,在研究有关带电粒子的电场问题,通常不计重力。而研究带电微粒、带电液滴、带电小球的运动时,则必须考虑重力的影响。

有时,为了使某些公式简化,人们引入一个新的常数 ϵ_0 , 叫做“真空中的介电常数”。它同 k 的关系是 $\epsilon_0 = 1/(4\pi k)$ 。前面所提到的“介电常数” ϵ , 有些大学教材和专业技术词典中叫做:“物质的相对介电常数”,用符号 ϵ_r 表示;并把 ϵ_0 和 ϵ_r 的乘积用符号 ϵ 表示,叫做“物质的绝对介电常数”。

2. 电荷守恒定律 在摩擦起电过程中,由于电子的转移使物体显示出电性。但在这一过程中,相互摩擦的两物体所带电量的总和保持恒定不变。在感应起电、接触带电等过程中,这一规律仍然有效。所有的起电过程,实际上都是使物体中正

负电荷分开并重新分布的过程。

大量实践证明:电荷既不能创造,也不能消灭,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。这就是电荷守恒定律。

[例 1] 两个等大的绝缘导体球,带电量之比为 $2:1$,在真空中相距为 r ,静电引力为 F 。将它们接触一下再放还原处,静电力的大小为

- A. $F/8$; B. $9F/8$;
C. $9F/4$; D. $F/4$ 。

分析:所谓“绝缘导体”,是一种带有绝缘支座的导体。带电后,电荷不耗散。在本题中,应当注意到“静电引力”这一条件。“引力”意味着两电荷异性,接触后正负电荷要中和掉一部分。

解:设原来两球所带电量分别为 $2q$ 和 $-q$,则库仑力为

$$F = k \frac{2q(-q)}{r^2} = -k \frac{2q^2}{r^2}$$

接触后,总电量不变,其代数和为 q 。两球等大,等分电量。此时,库仑力变为

$$F = k \frac{(0.5q)^2}{r^2} = k \frac{q^2}{4r^2}$$

所以选 A 是正确的。此题如果未注意到“引力”,很容易误选 B。

3. 库仑定律的应用 应用库仑定律来解决电荷间的相互作用问题时,要注意 r 的含义以及电量的正负和力的矢量性,还要善于应用有关的力学规律。

[例 2] 如图 3-1-1,所示两个质量分别为 m_1 和 m_2 的带

电小球,带电量分别为 q_1 和 q_2 ,用长度均为 l 的绝缘细绳悬于同一点 P 。由于静电斥力,两悬线与竖直方向之间的夹角分别为 α 和 β ,因为 α 和 β 很小,可以认为两小球仍处于同一水平线上。故正确的说法是

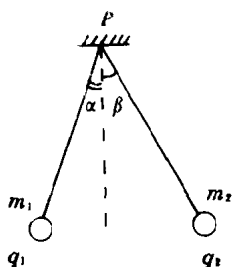


图 3-1-1

- A. 若 $m_1 = m_2, q_1 > q_2$, 则 $\alpha > \beta$;
- B. 若 $m_1 > m_2, q_1 < q_2$, 则 $\alpha < \beta$;
- C. 若 $m_1 = m_2, q_1 < q_2$, 则 $\alpha = \beta$;
- D. 若 $m_1 < m_2, q_1 > q_2$, 则 $\alpha = \beta$ 。

若 $m_1 = m_2 = m, \beta = \alpha$, 求两小球所带电量。

解: 画出带电小球的受力图 3-1-2。不难看出,当小球处于平衡时,静电力为

$$F = mgtg\alpha$$

两小球间的静电力为一对作用力与反作用力,它们大小相等,方向相反。因此,悬线与竖直方向之间的偏角 α 和 β 的大小关系仅与质量有关,故选 B 和 C 是正确的。

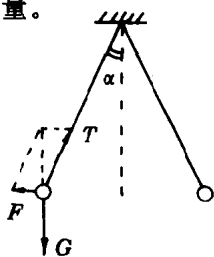


图 3-1-2

若 $m_1 = m_2 = m, \beta = \alpha$, 说明两球所带的电量相等,此时有

$$mgtg\alpha = F = kq^2/r^2 = kq^2/(2l\sin\alpha)^2$$

则
$$q = \pm 2l\sin\alpha \sqrt{mgtg\alpha/k}$$

由于两球可以同时带正电或同时带负电,故正负两解皆有意义。

[例 3] 真空中有两个相距为 $r = 0.3$ 米的点电荷 A 和 B ,带电量分别为 $q_1 = -q, q_2 = +4q$ 。(1)若 A, B 皆固定,在什么位置放入第三个点电荷 q_3 ,可以使之处于平衡?平衡条件对

q_3 的正负和电量有无要求? (2)若以上三个点电荷均可自由运动,要使它们处于平衡,则应对 q_3 的电量及电性作何要求? (3)在第二问中,若将 q_1 改为 $+q$,答案又如何?

解: (1)经分析可知, q_3 必须与 A 、 B 处于同一直线上,否则 q_1 和 q_2 对它的作用力不在同一直线上,合力不可能为零。

显然, q_3 不能处于 q_1 与 q_2 之间。否则,无论 q_3 为正还是为负,其他两个电荷对它的作用力总是同向的,也不可能平衡。因此, q_3 只能处于 A 、 B 连线外侧。再根据库仑定律 $F = kqQ/r^2$ 可知,要使 $F_{13} = F_{23}$, 必须使 q_3 与较小电量的点电荷 A 距离较近。

结论是: q_3 必须处于 A 、 B 连线上 A 的外侧。若它与 A 点的距离为 x , 应当存在下列关系式:

$$\left| k \frac{q_3 q_1}{x^2} \right| = \left| k \frac{q_3 q_2}{(r+x)^2} \right| \quad \text{即} \quad \frac{q_3 q}{x^2} = \frac{q_3 (4q)}{(r+x)^2}$$

由此解出 $x = 0.3$ 米。由于 A 、 B 两点电荷皆固定,对 q_3 的电量 and 电性都没有要求。如 q_3 加大, A 和 B 对它的作用力同时加大;若 q_3 反号,两力同时反向, q_3 皆保持平衡。

(2)若 A 、 B 也可以自由运动,则平衡条件还要求 q_1 或 q_2 受静电力后也分别处于平衡(注意,若 A 、 B 固定,它们还可以受到支杆的弹力)。因而对 q_3 的电性、电量都提出了进一步的要求。

首先, q_3 不能为负,否则 q_1 所受合力向右,不可能平衡。由 q_1 受力平衡 q_3 的电量应满足以下条件:

$$\left| k \frac{q_1 q_3}{x^2} \right| = \left| k \frac{q_1 q_2}{r^2} \right| \quad \text{即} \quad \frac{q q_3}{0.3^2} = \frac{4q^2}{0.3^2}$$

显然 $q_3 = 4q$ 。

(3)用类似方法可以得出 $q_3 = -\frac{4}{9}q$, q_3 位于 A 、 B 连线

内侧,距 A 点 0.1 米。三个点电荷分布情况如图 3-1-3 所示。

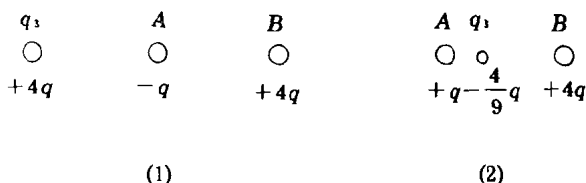


图 3-1-3

综上所述,三个点电荷处于平衡时遵循以下规律:

- (1) 三个点电荷处于同一直线上,异性电荷居中,且电量最小;
- (2) 第三个点电荷靠近原来两个点电荷中电量较小的一个,根据库仑定律由第三个点电荷受力平衡的条件求出它的位置;
- (3) 由前两个点电荷之一的受力平衡条件,根据库仑定律求出第三个点电荷的电量。

二、电场强度

1. 电场的物质性 电场是电荷周围空间存在的一种特殊物质。它同由分子、原子、电子组成的实体物质一样,也是实实在在客观存在的。它能引起我们的感觉,也能对别的物质产生力的作用;我们能感觉到的太阳光是以电磁场形式存在的一种物质,现代技术已能使“磁悬浮列车”依托于磁场而高速行驶。

场还具有能的属性。利用微波束,可以对正在高空飞行的无人驾驶飞机输送能量进行遥控。微波炉可以烹调食物。微波也是以电磁场形式存在的一种物质。

伟大的物理学家爱因斯坦说过:“在一个现代物理学家看