

上海科技版课标本



200万套销量

名誉主编 雷洁琼

丛书主编 希 扬

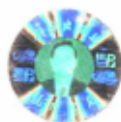


三点一测丛书

树 品 牌 典 范 拓 成 才 之 路

高中物理 选修 3-1

分册主编 张 飞 吕 彤



探究目标

探究指导

探究综合训练



科学出版社 龍 門 書 局

- 组稿编辑 王 敏
- 责任编辑 韩 博 李 磊
- 封面设计 东方上林工作室



雷老会见希扬主编

三点一测丛书

SAN DIAN YI CE CONG SHU

高中新课标选修部分辅导书

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| 高中数学 A(1-1)(1-2)(2-1)(2-2)(2-3)(人教版) | 高中英语(选修 6789)(外语教学与研究版) |
| 高中数学 B(1-1)(1-2)(2-1)(2-2)(2-3)(人教版) | 高中英语(选修 6789)(河北教育版) |
| 高中数学(1-1)(1-2)(2-1)(2-2)(2-3)(北师大版) | 高中英语(选修 6789)(北京师大版) |
| 高中数学(1-1)(1-2)(2-1)(2-2)(2-3)(江苏版) | 高中英语(选修 6789)(译林+牛津版) |
| 高中物理(3-1)(3-2)(3-3)(人教版) | 高中英语(选修 6789)(重庆大学版) |
| 高中物理(3-1)(3-2)(3-3)(广东教育版) | 高中思想政治(选修)(人教版) |
| 高中物理(3-1)(3-2)(3-3)(上海科技版) | 高中历史(选修)(人教版) |
| 高中物理(3-1)(3-2)(3-3)(山东科技版) | 高中历史(选修)(人民出版社(北大)) |
| 高中化学(选修 12345)(人教版) | 高中历史(选修)(岳麓版) |
| 高中化学(选修 12345)(山东科技版) | 高中地理(选修)(人教版) |
| 高中化学(选修 12345)(江苏版) | 高中地理(选修)(山东教育版) |
| 高中语文(选修)(人教版) | 高中地理(选修)(湖南教育版) |
| 高中语文(选修)(山东人民版) | 高中地理(选修)(中国地图版) |
| 高中语文(选修)(广东教育版) | 高中生物(选修)(人教版) |
| 高中语文(选修)(江苏版) | 高中生物(选修)(江苏版) |
| 高中语文(选修)(语文版) | 高中生物(选修)(中国地图版) |
| 高中英语(选修 6789)(人教版) | |

各版本均配必修辅导书

ISBN 7-5088-0702-2



9 787508 807027 >

ISBN 7-5088-0702-2

定价: 18.80 元

☆ 与 2006 年上海科技版最新教材同步 ☆

三点一测丛书

高中物理(选修 3-1)

◎ 分册主编：张 飞 吕 彤

◎ 编 者：吕 彤 高 宁

张 飞 崔晓峰

李 永 孙素娟

牛振华 韩雪芳

科学出版社 龙门书局

北 京

版权所有 翻印必究

举报电话:(010)64034160,13501151303(打假办)

邮购电话:(010)64034160

图书在版编目(CIP)数据

三点一测丛书.高中物理.(选修3-1):上海科技版课标本/希扬
主编;张飞,吕彤分册主编.一北京:科学出版社 龙门书局,2006
ISBN 7-5088-0702-2

I.三… II.①希…②张…③吕… III.物理课-高中-教学
参考资料 IV.G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 128051 号

组稿编辑:王 敏/责任编辑:韩 博 李 磊

封面设计:东方上林工作室

科学出版社 出版
龙门书局

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.longmenbooks.com>

北京智力达印刷有限公司印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

2006 年 7 月第 一 版 开本:1/16(787×1092)

2006 年 7 月第一次印刷 印张:13 1/2

印数:1—5 000 字数:385 000

定 价:18.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

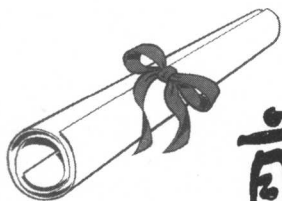
教育为振兴
中华之本

雷洁琼

一九九九年三月



曾任全国人大常委会副委员长的雷洁琼为《三点一测丛书》题词



前言

为了帮助广大学生更好地理解和巩固物理新课程知识,我们组织了苏、沪、浙三地中学物理学科带头人和骨干教师进行了课程标准和教材实施过程的实践研究,并依据课程理念和课程标准,针对上海科技版选修模块物理 3-1,编写了相配套的《三点一测丛书》学生学习用书。本书汇集了编者的教学经验和对新课程教学的创造性思考,实现三维教学目标的统一。

本书知识构架如下:

探究目标 从知识与技能,过程与方法,情感、态度与价值观三维目标的要求提出本节的学习目标。

探究指导 用全新的视觉、丰富的信息、独特的创意分别从物理宫殿、探究体验、教材解读三方面,把读者在学习过程中遇到的重点、难点、热点问题展现出来,并突现物理知识形成过程与物理思维方法的讲解。

物理宫殿 围绕本节内容和要求,对有关的物理现象、概念与规律作一些简明扼要的诠释,并配合本节的学习,辅以相应例题,帮助理解概念、运用规律、体会方法。通过例题探究指导,有助于读者学好本节知识,提高分析问题、解决问题的能力,体会到基础知识的价值,并对解答物理问题起着一定的规范作用。

探究体验 针对来自实验探究和生活实际的新问题,设计探究实验、探究活动,让读者通过实验探究、活动探究体验过程和方法,从方法和能力上提高读者的认知水平。

教材解读 针对教材提出的“讨论与思考”、“多学一点”等栏目,提供课程资源及参考答案,以帮助读者准确解读教材,掌握知识点。

探究综合训练 精选精编具有代表性的名题、创新题、能力题,分为“练一练,你会了吗?”、“想一想,如何探究?”、“试一试,经历这些活动”和“读一读,你有何收获”四项训练,供读者自测使用,能及时反馈对知识的掌握信息,做到有针对性的训练,让不同层面的读者都能得到发展。

本书是由作者们结合长期从事物理教学工作的讲稿及根据新课标要求,整理编纂出来的。在初稿的调研应用过程中,取得了令人瞩目的教学成果,并在各级教育行政部门的知识调研和评估中取得了优异成绩。

由于作者水平的限制,书中如有不足或错误,恳请致函(e-mail: sdyccs@163.com)赐教,不胜感激。

编者

目录

第一章 电荷的相互作用 (1)

第一节 静电现象与电荷守恒	(1)
第二节 探究电荷相互作用规律	(5)
第三节 静电与生活	(12)
本章小结	(16)
本章测试题	(19)

第二章 电场与示波器 (21)

第一节 认识和使用示波器	(21)
第二节 探究电场的力的性质	(25)
第三节 研究电场的能的性质	(33)
第四节 电容器 电容	(41)
第五节 电子束在示波管中的运动	(48)
本章小结	(56)
本章测试题	(63)

第三章 从电表电路到集成电路 (66)

第一节 学会使用多用电表	(66)
第二节 探究电流、电压和电阻的成因	(71)
第三节 探究电阻定律	(76)
第四节 多用电表电路分析与设计	(81)
第五节 逻辑电路与集成电路	(86)
本章小结	(90)
本章测试题	(97)

►► 第四章 探究闭合电路欧姆定律..... (100)

第一节 探究闭合电路欧姆定律..... (100)

第二节 测量电源的电动势和内阻..... (104)

第三节 典型案例分析..... (110)

第四节 电路中的能量转化与守恒..... (117)

本章小结..... (122)

本章测试题..... (126)

►► 第五章 磁场与回旋加速器..... (129)

第一节 磁与人类文明..... (129)

第二节 怎样描述磁场..... (132)

第三节 探究电流周围的磁场..... (135)

第四节 探究安培力..... (139)

第五节 探究洛伦兹力..... (144)

第六节 洛伦兹力与现代科技..... (149)

本章小结..... (155)

本章测试题..... (160)

►► 期中评价试题..... (163)

►► 期末评价试题..... (166)

►► 答案与提示..... (169)

►► 课后习题解答..... (196)

第一章 电荷的相互作用

第一节 静电现象
与电荷守恒

探究目标

1. 知识与技能 (1)了解两种起电的方式及用原子结构和电荷守恒的知识分析静电现象.

(2)理解电荷守恒定律的内容并能用它解释一些静电现象.

(3)了解元电荷的大小及密立根油滴实验的方法和意义.

2. 过程与方法 通过两种起电方法的实验探究,培养分析解决问题的能力.

3. 情感、态度与价值观 通过密立根油滴实验的分析,体会设计的科学性和设计实验的重要性,弘扬密立根的科学态度和科学精神.同时体会到大胆做出科学的猜想与假设,合理巧妙地设计实验,认真地进行实验验证是发现新知识的唯一途径.

探究指导



物理宫殿

一、起电的两种方式

1. 两种电荷

(1)自然界只存在两种电荷,即正电荷和负电荷.用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷叫做负电荷,用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷.

(2)电荷之间相互作用的定性规律:同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引.

(3)电荷的多少叫电荷量,简称电荷(或电量).

(4)测量静电的常用仪器:验电器(图 1-1-1).

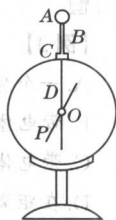


图 1-1-1

2. 两种起电方式

(1)摩擦起电:相互摩擦的物体带等量异种电荷的现象.

原理:摩擦起电是由于相互摩擦的物体间电子的得失而使物体分别带上等量异种电荷.玻璃棒与丝绸摩擦时,由于玻璃棒容易失去电子而带正电;橡胶棒与毛皮摩擦时,由于硬橡胶棒容易得到电子而带负电.

(2)感应起电:导体在靠近某带电体时,导体里的自由电子受到带电体的作用而发生重新分布,使导体两端出现等量异种电荷,这种现象叫做静电感应,由于静电感应而使导体两端出现的等量异种电荷通常叫感应电荷.

【知识解读】

(1)感应起电:是指利用静电感应使物体带电的方式.例如图 1-1-2 甲所示,将导体 A、B 接触后去靠近带电体 C,由于静电感应,导体 A、B 两端出现等量异种电荷.这时先把 A、B 分开,然后移去 C,则 A 和 B 两导体上分别带上了等量异种电荷,如图 1-1-2 乙所示.

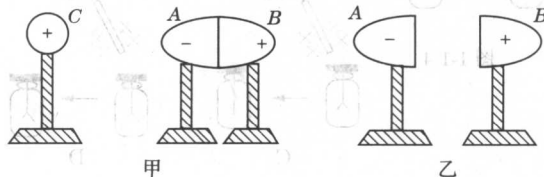


图 1-1-2

(2)感应起电的机理:以验电器为例,当带正电的玻璃棒靠近验电器,使原来电中性的验电器上的电荷重新分布,远离带电体的指针带上正电,根据同种电荷相互排斥的原理,指针有了一定的张角.如果此时用手接触一下金属球,验电器上的正电便被导入了地下,留下了负电荷,因此,移走玻璃棒,验电器仍有一定的张角.

【例 1】绝缘细线上端固定,下端悬挂一轻质小球 a, a 的表面镀有铝膜.在 a 的近旁有一绝缘金属球 b,开始时 a、b 都不带电,如图 1-1-3 所示.现使 b 带电,则 ()

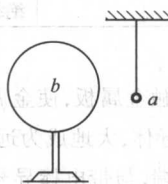


图 1-1-3

- A. a、b 之间不发生相互作用
B. b 将吸引 a, 吸住后不放开

C. b 立即把 a 排斥开

D. b 先吸引 a , 接触后又把 a 排斥开

思路与技巧 电荷能吸引轻小物体的特点及电荷间相互作用的定性规律。

由于带电体具有吸引轻小物体的性质, 所以 b 首先将其近旁的轻质小球 a 吸引并使之互相接触, a 、 b 接触后将带上同种电荷, 由于同种电荷互相排斥, 故最终 b 又把 a 排斥开。综上所述, 本题正确选项为 D。

解答 D

评析 注意电荷能吸引轻小物体的特点。

【例 2】 如图 1-1-4 所示, 有一金属箔验电器, 起初金属箔闭合, 当带正电的棒靠近验电器上部的金属板时, 金属箔张开。在这个状态下, 用手指接触验电器的金属板, 金属箔闭合。首先使手指离开金属板, 然后使棒也远离验电器。金属箔的状态变化正确的是 ()

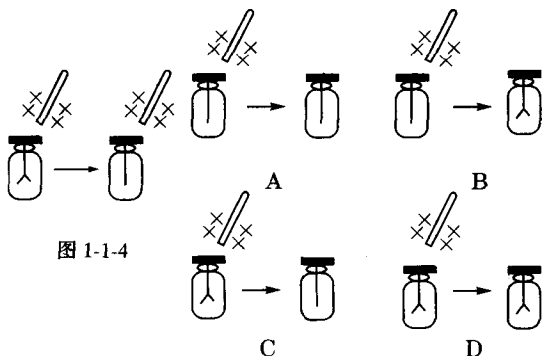


图 1-1-4

思路与技巧 静电感应的过程分析。

外部条件的变化是引发金属箔位置变化的原因, 现就四个阶段描述如下:

外部条件的变化	带电棒靠近金属板	手指接触金属板	手移开	带电棒移开
金属箔的变化	张开	闭合	闭合	张开
变化的原因	静电感应	负电荷流向金属板	金属板、金属杆金属箔构成绝缘导体	负电荷重新分布

解答 B

评析 手指接触金属板, 使金属板、金属杆、金属箔与大地构成一个导体, 大地成为远端, 与带电棒同号的电荷被排斥至远端, 与带电棒异号的电荷仍被吸引在金属板上, 带电棒移开, 负电荷重新分布。

二、电荷守恒定律

(1) 电荷守恒定律: 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, 在转移的过程中, 电荷的总量不变。

(2) 元电荷 e : 电荷(电量)具有不连续性, 电子带有最小的负电荷, 质子带有最小的正电荷, 它们电量的绝对值相等, 即 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。把 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的电量称为元电荷。所有带电体的电量或者等于元电荷, 或者是元电荷的整数倍。在研究原子核及基本粒子时, 元电荷常作为电量的单位。

【知识解读】

(1) 电荷守恒定律是一条严格的自然定律, 在所有宏观或微观过程中都成立, 它作为一条最基本的理论假设, 其正确性不是由个别实验所能证实的, 而是由迄今为止所有观察实验无一违背其结论而被确认。

(2) 电荷守恒定律反映了在自然界中, 电荷的产生与消失总是正、负电荷成对出现的。在宏观过程中, 物体荷电状态的改变, 往往是由电子的得失而产生的, 一部分物体得到了多余的电子就显示负电的特性, 而失去电子的另一部分物体就呈现出正电的特性, 它们得失的总量总是相同的。在微观过程中, 粒子的衰变产生带电粒子, 正、反粒子的湮灭又使粒子所带电荷消失, 但我们从未观察到只产生带正电的粒子而不同时产生带负电的粒子的事件。

(3) 验证电荷守恒的实验: 首先将两块起电板迅速摩擦后分开, 两块起电板即带上异种电荷, 将其中一块(假如带正电)插入箔片验电器的空心金属球内(不要接触金属球), 由于静电感应, 箔片上带上和这一块同种的电荷, 金属箔张开一定的角度, 接着抽出这块板, 金属箔闭合, 说明感应电荷等量、异号, 说明感应起电过程电荷守恒。再将这两块板一起插入, 金属箔闭合, 说明摩擦起电的电量等量、异号, 说明摩擦起电过程电荷守恒。

【例 3】 以下说法正确的是 ()

A. 一个原子携带的电荷是一个元电荷

B. 带电体越大, 所带的电荷越多

C. 带电体所带电荷量的数值是一些分离的数值

D. 在距离一定时, 两个带电体之间的相互作用力只能取一些不连续的数值

思路与技巧 理解元电荷的概念。质子和电子所带电荷量为元电荷的电荷量, 一个原子可以携带多个元电荷, 所以 A 不正确。物体带电荷量的大小与物体的大小无直接联系, 所以 B 不正确。带电体的电荷量只能

是元电荷 e 的整数倍, 即 $Q = ne (n = 1, 2, 3, \dots)$, 不能取任意的数值, 故 C 正确. 由带电荷量的不连续性可以知道, 间距确定的两带电体之间的作用力只能取一些不连续的数值, 故 D 选项正确.

解答 CD

评析 最小电荷量——元电荷的存在, 使得物体的带电荷量呈现不连续性, 进而导致相关联的电现象也是不连续的.



探究体验

【案例 1】 哪些现象可以说明电荷守恒定律?

【探究】 1. 在两个电中性的物体摩擦起电现象中, 是因为摩擦使两个物体中都有一些电子脱离原子核的束缚而转移到另一个物体上. 由于不同的物体向对方转移的电子数目不相等, 因此一个物体失去的电子多, 得到的电子少, 就显示出带正电. 同理, 另一个物体同时带负电, 总之, 失去电子的物体带正电, 获得电子的物体带负电. 两个物体正负电荷数量相等. 电荷代数和保持为零. 如: 硬橡胶棒与毛皮摩擦后, 硬橡胶棒带的负电与毛皮带的正电数量相等.

2. 在中性绝缘导体的静电感应现象中, 外界的施感电荷使导体上自由电子重新分布, 导体靠近施感电荷的一端和远离施感电荷的另一端带上异种电荷. 导体上感应电荷的代数和保持为零. 把导体任意分成两部分, 两部分一定带等量异种电荷.

3. 接触起电是指一个不带电的金属导体跟另一个带电的金属导体接触后分开, 而使不带电的导体带上电荷的方式. 例如, 将一个带电的金属小球跟另一个完全相同的不带电的金属小球接触后分开, 它们平分了原来的电量而带上等量同种电荷.

【结论】 从物体带电的各种方式不难看出, 它们都不是创造了电荷, 只是电荷从一个物体转移到了另一个物体, 或者从物体的一部分转移到了物体的另一部分.

【案例 2】 电子所带电荷量最早是由美国科学家密立根通过油滴实验测出的. 油滴实验的原理如图 1-1-5 所示, 两块水平放置的平行金属板与电源连接, 上、下板分别带正、负电荷. 油滴从喷雾器喷出后, 由于摩擦而带电, 油滴进入上板中央小孔后落到金属板中, 通过显微镜可以观察到油滴的运动情况. 试分析密立根设计实验的基本原理及对其实验方法和发现意义做出你的评价.

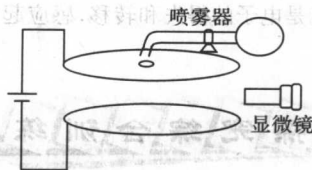
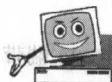


图 1-1-5

【探究】 通过调节加在两极板之间的电压, 可以使带电油滴上所受的电场力和重力相平衡, 从而使油滴达到平衡, 悬浮在两极板之间. 从而求出油滴上的带电量. 发现油滴的带电量总是某一个元电荷的整数倍, 从而发现了元电荷.

密立根油滴实验设计思想简明巧妙, 方法简单, 而结论却具有不容置疑的说服力, 因此这一实验堪称物理实验的精华和典范. 密立根在这一实验工作上花费了近 10 年的心血, 从而取得了具有重大意义的结果而荣获了 1923 年的诺贝尔物理学奖. 该实验为人类研究物质结构奠定了基础, 是物理学发展史上具有重要意义. 实验结果的意义: (1) 证明电荷的不连续性 (具有颗粒性), 所有电荷都是基本电荷 e 的整数倍; (2) 测量并得到了基本电荷即为电子电荷, 其值为 $e = 1.60 \times 10^{-19}$ 库仑. 现公认 e 是基本电荷, 对其值的测量精度不断提高, 目前给出的最好结果为 $e = (1.60217731 \pm 0.00000049) \times 10^{-19}$ 库仑.

【结论】 展现物理发现过程; 领悟科学的实验方法, 感悟人类追求简单、和谐、统一的思维方法, 培养科学世界观.



教材解读

【教材问题探究】

1. (教材 P8) 你能用电荷间相互作用的知识, 解释验电器金属指针偏转的原因吗?

参考答案 是因为指针与固定支架都带有同种电荷, 同种电荷相排斥.

2. (教材 P8) 请思考一下, 指针上的电荷是从哪里来的?

参考答案 发生静电感应现象, 使 A 球上电荷重新分布.

3. (教材 P9) 请你解释实验中所发生的现象. 这个实验能证明电荷守恒吗? 为什么?

参考答案 略

4. (教材 P11) 请你解释感应起电的原因, 同时说说这两种起电方式的异同.

参考答案 原因见前面知识解读, 摩擦起电、感应起电的相同之处: 物体均带了等量异种电荷; 不同之

处:摩擦起电是电子的得失和转移,感应起电是电子的重新分布.

探究综合训练



练一练,你会了吗?

- 关于元电荷的理解,下列说法正确的是 ()
 - 元电荷就是电子
 - 元电荷是表示跟电子所带电量数值相等的电量
 - 元电荷就是质子
 - 物体所带的电量只能是元电荷的整数倍
- 如图 1-1-6 所示,原来不带电的绝缘金属导体 MN,在其两端下面都悬挂着金属验电箔;若使带负电的绝缘金属球 A 靠近导体的 M 端,可能看到的现象是 ()

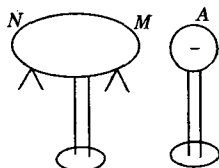


图 1-1-6

- 只有 M 端验电箔张开,且 M 端带正电
 - 只有 N 端验电箔张开,且 N 端带负电
 - 两端的验电箔都张开,且 N 端带负电, M 端带正电
 - 两端的验电箔都不张开,且 N 端带正电, M 端带负电
- 如图 1-1-7 所示,将不带电的导体 A 放在带电体 B 附近,由于静电感应必有:
 - 导体 A 的两端出现_____,近端(相对 B)电荷与 B 异号,远端电荷与 B 同号.

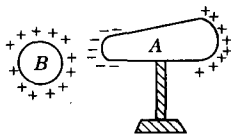


图 1-1-7

- 如果在导体 A 上任一点接地,则 A 的左端带_____.
- 在 A 离开电荷 B 之前断开接地线,则 A 带_____.
- 不带电的梳子与羊毛衣袖摩擦后带有 10^{-7}C 负电荷.这些电荷的电子数目跟地球人口相比,哪个大?

相差多少倍?



想一想,如何探究?

- 有两个完全相同的带电绝缘金属小球 A、B,分别带有电荷量 $Q_A = 6.4 \times 10^{-9}\text{C}$, $Q_B = -3.2 \times 10^{-9}\text{C}$. 让两绝缘金属小球接触,在接触过程中,电子如何转移? 转移了多少个电子?
- 有三个完全相同的小球 a、b、c, a 球对 b 球有吸引力, a 球对 c 球有排斥力,关于 a、b、c 三个小球的带电情况以下说法可能正确的是 ()
 - a 带正电, b 带负电
 - a 带正电, c 带负电
 - a 不带电, b 带正电
 - a 带负电, c 带负电
- 如图 1-1-8 所示,有一带正电的验电器,当一金属球 A 靠近验电器的小球 B (不接触)时,验电器的金箔张角减小,则 ()
 - 金属球 A 可能不带电
 - 金属球 A 可能带负电
 - 金属球 A 可能带正电
 - 金属球 A 一定带负电

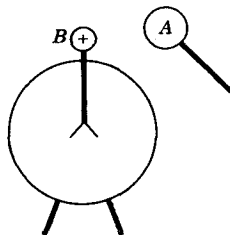


图 1-1-8



试一试,经历这些活动

- 一根带电棒能吸引干燥的软木屑,木屑接触到棒以后,往往又剧烈地跳离此棒.试着做这个实验,并说明为什么木屑会跳离带电棒?
- 做一做如图 1-1-9 所示的实验,并分析说明该实验是如何验证“电荷守恒”的.

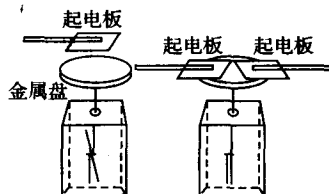


图 1-1-9



读一读,你有何收获?

- 下滑的米粒:用长约 70~80 厘米的铝板做一个斜槽(如果没有铝板可以用干净的家用煤炉烟筒管代

替)架在泡沫塑料做的绝缘支架上,用一根导线连接铝板和验电器,如图 1-1-10 所示.实验时,将米粒从斜槽顶端滑下,随着米粒的下滑,你会看到验电器的箔片张开了.这是为什么?如果你在斜槽底端放一石蜡块,再将铝制饭盒放在石蜡块上,用一根导线将铝盒与验电羽相连,你会发现验电羽也张开了.进一步检验,你还可以知道,验电羽和验电器上带的是异种电荷.

取一只塑料筷,在其一端固定一根硬铁丝,用手拿着塑料筷的另一端,使铁丝的两端分别与滑槽和铝饭盒接触,会看到验电器的箔片和验电羽都闭合了.

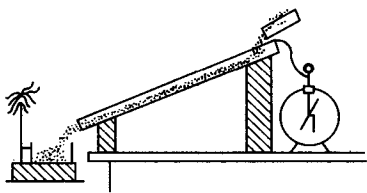


图 1-1-10

11. 静电喷泉:如图 1-1-11 所示,盛水容器放在泡沫塑料块上,虹吸管使水流出.用导线将容器内的水与起电机的一个放电球相连.演示时摇动起电机,则见细水流散成无数小水滴,像喷泉似的从管口洒下来.

请你解释其中的原因.

12. “时雨静飞尘”——古诗中的物理知识:三国时期的著名诗人、文学家曹植,在一首《侍太子坐》中有这么四句诗:“白日曜青春,时雨静飞尘.寒冰辟炎景,凉风飘我身.”

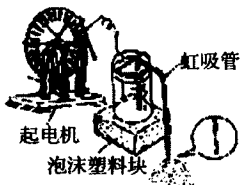


图 1-1-11

这四句诗描写雨后天晴的自然环境。“曜”是照耀之意,这里的“青春”是指可爱如春的青春大地;“时雨”就是及时而落的雨;“静”是使之静止、压住的意思;“辟炎景”是说驱除了炎热;飞尘是指飘浮在空气中的灰尘,其颗粒直径约在 $0.1 \sim 10$ 微米之间.诗的大意是:太阳发出白光,照耀着青春大地,及时的落雨压住了飞扬的飘尘,寒气驱走了炎热,凉风徐徐吹到我身上.由于气压、温度的不断变化,特别是空气中各种气体分子无规则运动的撞击,使灰尘颗粒能长期飘浮在空气中.一般来说,在农村,每升空气中约有 8 万粒灰尘,在大城市则可达 30 万粒,甚至多达 70 万粒.所以,城市的空气就显得很污浊.雨后的天空,飞尘顿消,洁净如洗,空气格外清新.为什么落雨可以静飞尘呢?



第二节 探究电荷相互作用规律

探究目标

1. 知识与技能 (1)知道人类对电荷间相互作用认识的历史过程及库仑的卓越贡献及库仑定律发现的意义.

(2)知道电荷间存在着相互作用力及点电荷的概念;理解库仑定律的含义及其公式,知道静电力常量.

(3)清楚理解库仑定律的使用条件,运用库仑定律并结合力学规律熟练求解有关问题;了解静电场,初步了解场是物质存在的形式.

2. 过程与方法 (1)通过定性地探究电荷相互作用规律与历史上库仑等科学家定量地探究电荷相互作用规律结合起来,一方面领悟定性和定量实验的不同作用和意义;另一方面能领悟测量仪器的精确性、实验方法的巧妙性、“理想模型”思想的科学性(如点电荷)的意义和价值.

(2)通过建立电场的概念,培养科学的想像力.

3. 情感、态度与价值观 (1)领悟突出主要因素,忽略次要因素的理想化模型方法.

(2)通过静电力与万有引力的对比,体会自然现象的多样性与统一性.

探究指导



物理宫殿

一、库仑定律

1. 内容

真空中两个点电荷间的作用力跟它们电量的乘积成正比,跟它们距离平方成反比,作用力的方向在它们的连线上.

2. 表达式

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

方向:在两电荷连线上,满足同性相斥、异性相吸.

适用条件:①真空;②点电荷.

3. 静电力常量

(1)数值 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

(2)意义:真空中两个带电量各为 1 C 的点电荷,当它们距离 1 m 时,相互之间的静电力为 $9.0 \times 10^9 \text{ N}$.

【知识解读】

(1) 库仑的探究历程.

① 定量研究的困难: 18 世纪中叶以前, 研究带电体之间的相互作用力遇到三大困难:

i 这种电力非常小, 没有测量这样小力的工具;
ii 当时还没有量度电荷量的单位; iii 是任意带电体上的电荷分布难以确定, 因而无法确定相互作用的电荷之间的距离.

② 库仑的解决方法各具特色:

I. 发明新仪器: 针对这种电力非常小的特点, 他发明了一种扭秤(后人称之为库仑扭秤), 能够精确地测量电荷间相互作用力.

II. 对称方法及守恒思想的运用: i 两球接触后电量平分, 是库仑当年从对称性的直觉得出的结果, 也是库仑实验中的一个重要的思想方法, 但必须要求两球完全相同; ii 电量平分也渗透着电荷守恒的思想, 即电荷不会创生也不会消失, 只能从一个物体转移到另一个物体, 或从物体的一部分传递到另一部分, 电荷的总量保持不变.

III. 建立适当的物理模型: 建立了“点电荷模型”, 如果电荷在金属球表面上均匀分布, 把金属球上的电荷想成集中在球心的“点电荷”.

(2) 库仑定律的意义.

库仑定律关于静电力与距离的平方成反比的规律, 具有特别重要的意义, 所以一直经历着不断的实验检验. 现在, 关于静电力与距离的平方成反比的规律已经成为物理学最精确的实验规律之一.

(3) 点电荷模型.

什么是点电荷? 简而言之, 带电的质点就是点电荷. 点电荷的电量、位置可以准确地确定下来. 正像质点是理想的模型一样, 点电荷也是理想化模型. 真正的点电荷是不存在的, 但是, 如果带电体间的距离比它们的大小大得多, 以致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成点电荷. 均匀带电球体或均匀带电球壳也可看成一个处于该球球心, 带电量与该球相同的点电荷.

(4) 库仑定律的适用条件.

公式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 仅适用于真空中(空气中近似成立)的点电荷间的相互作用. 在理解库仑定律时, 常常有人设想当 $r \rightarrow 0$ 时, 得出库仑力 $F \rightarrow \infty$ 的结论. 从数学的角度分析时是必然的. 但从物理的角度分析时, 其结论是错误的. 错误的原因是当 $r \rightarrow 0$ 时, 两电荷已失去了点电荷的成立条件, 电荷不可以再看成是点电荷. 实际上, 任何存在的电荷都有大小, 根本不会出现 $r = 0$

的情况.

注意 (1) 库仑定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 中的 F 为任一点电荷对另一点电荷的作用力, 两点电荷间作用力遵循牛顿第三定律.

(2) 库仑定律只适用于点电荷. 当 $r \rightarrow 0$ 时, 两电荷就不能看作点电荷, 因此不能认为 $F \rightarrow \infty$.

对于可看作是点电荷的带电体, r 取几何中心间的距离; 不能看作点电荷的带电体间作用可利用等效观点, 将其分割等效为点电荷, 再运用库仑定律分析解答. 如图 1-2-1 所示, 放置两半径均为 r 的金属球, 使两球的边缘相距为 r . 今使两球带上等量的异种电荷 Q , 设两电荷 Q 间的库仑力大小为 F , 比较 F 与 $kQ^2/(3r)^2$ 的大小关系. 显然, 如果把其看作电荷能全部集中在球心处, 则二者相等. 但依题设条件, 两球心间距离不是远远大于 r , 故不能把两带电球当作点电荷处理. 实际上, 由于异种电荷的相互吸引, 使电荷分布在两球较靠近的球面处, 这样两部分等效的点电荷的距离小于 $3r$, 故 $F > kQ^2/(3r)^2$. 同理, 若两球带同种电荷 Q , 则 $F < kQ^2/(3r)^2$.

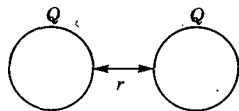


图 1-2-1

【例 1】如图 1-2-2 所示, 半径相同的两个金属小球 A、B, 带有电量相等的电荷, 相隔一定距离, 两球之间的相互作用力的大小是 F . 今让第三个半径与 A、B 两球相同的不带电的金属小球 C 先后与 A、B 两球接触后移开. 这时, A、B 两球之间的相互作用力的大小是 ()

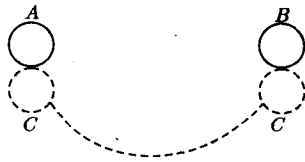


图 1-2-2

A. $\frac{1}{8}F$

B. $\frac{1}{4}F$

C. $\frac{3}{8}F$

D. $\frac{3}{4}F$

思路与技巧 因题中信息仅指出: 两球之间的相互作用力的大小而未指出是引力还是斥力, 应分别加以讨论求解.

情况(1) 设 A、B 间的作用力是吸引力, 故 A、B 带异种电荷, 设 A 带电量 $q_A = +Q$, B 带电量 $q_B = -Q$,

又 C 不带电,它与 A 接触后, $q_C = q_A = \frac{Q}{2}$;

再与 B 接触: $q_C = \frac{-Q + \frac{Q}{2}}{2} = -\frac{Q}{4} = q_B$. 根据库

仑定律, $F = \frac{kq_A \cdot q_B}{r^2} = \frac{kQ^2}{r^2}$, $F' = \frac{k \cdot \frac{Q}{2} \cdot \frac{Q}{4}}{r^2} = \frac{kQ^2}{8r^2}$, 所以, $F' = \frac{1}{8}F$, 故选 A.

情况(2)设 A、B 间的作用力为斥力,故 A、B 带同种电荷. 设 A 带电量 $q_A = +Q$, B 带电量 $q_B = +Q$, 又 C 不带电,它与 A 接触后, $q_C = q_A = \frac{Q}{2}$; 再与 B 接触;

$$q_C = \frac{\frac{Q}{2} + Q}{2} = \frac{3}{4}Q = q_B.$$

根据库仑定律 $F' = k \frac{q_A q_B}{r^2} = \frac{3kQ^2}{8}$; 所以 $F' = \frac{3}{8}F$, 故 C 正确.

解答 AC

评析 本题考查了中和、接触起电及电荷守恒定律、库仑定律. 利用库仑定律讨论电荷间相互作用力时,通常不将电荷的正、负代入公式,而只计算电荷间相互作用力的大小,力的方向根据同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引来判断.

【例 2】 如图 1-2-3 所示,一半径为 R 的绝缘球壳上均匀带有 $+Q$ 的电荷,另一电量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上,由于对称性,点电荷受力为零. 现在球壳上挖去半径为 r ($r \ll R$) 的一个小圆孔. 则

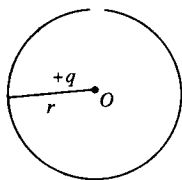


图 1-2-3

此时置于球心的点电荷所受的力的大小为 _____ (已知静电力恒量 k), 方向 _____.

思路与技巧 求剩余部分对置于球心的点电荷的作用,由于剩余部分是一个不规则带电体,不能用库仑定律求解,需变换思维角度,通常采用分割法或填补法.

方法一:填补法: 根据球壳完整时,由于球壳上均匀带电,每条直径两端相等的一小块面上的电荷对球心 $+q$ 的力互相平衡. 因此,放在球心的点电荷受到球面上各处电荷的合力为零. 可知挖去的小孔和剩下的部分对点电荷产生的力大小相等,方向相反. 故计算剩下部分对点电荷产生的力,只要求出挖去的小圆孔对点电荷产生的力即可. 由于 $r \ll R$, 故小圆孔可以看作点电荷,这样才可由库仑定律计算. 由库仑定律有 $F = \frac{kQ'q}{R^2}$, 其中 $Q' = \frac{Q}{4\pi R^2} \times \pi r^2$, 得出 $F = \frac{kQqr^2}{4R^4}$, 方向指向小孔.

方法二:“分割法”: 当在球面上某处 A 挖去半径为 r 的小圆孔后,其他直径两端电荷对球心 $+q$ 的力仍互相平衡,剩下的就是与 A 相对的小块圆面上电荷对它的力 F (图 1-2-4 所示). 设想在球

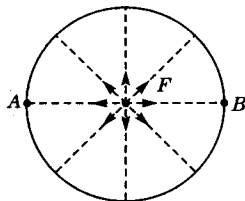


图 1-2-4

壳的底部再挖去一个半径为 r 的小圆孔,根据对称性可知余下部分对置于球心的点电荷的库仑力为零,从而所求 F 等效于底部挖去部分对它的库仑力. 由于 $r \ll R$, 挖去部分可看作点电荷而运用库仑定律 $F = \frac{kQ'q}{R^2}$,

其中 $Q' = \frac{Q}{4\pi R^2} \times \pi r^2$, 为底部挖去部分所带电量,得出 $F = \frac{kQqr^2}{4R^4}$, 方向指向小孔.

解答 $\frac{kQqr^2}{4R^4}$ 指向小孔

评析 本题我们采用了“填补法”或“分割法”,将非点电荷问题转化成了点电荷问题求解. 这启示我们分析物理问题时,可将研究对象进行分割或者填补,从而使非理想模型转化为理想模型,使非对称体转化为对称体,达到简化结构的目的,而割补的对象可以是物理模型、物理过程、物理量、物理图线等. 题中有两处合理近似:(1)挖去小圆孔后,认为不改变电荷在球壳上的分布;(2)把 B 处圆面上的电荷看成点电荷. 本题中运用了对称思维,巧妙地把不均匀分布的电荷转化为点电荷处理,值得体会.

二、有关库仑定律的几点说明

【知识解读】

(1)库仑力的计算:在利用公式计算时,应注意将库仑力的大小与判断库仑力的方向两者分别进行. 即应用公式计算库仑力的大小时,不必将表示电荷 Q_1 、 Q_2 的带电性质的正、负号代入公式中,只需要代入电量的绝对值,先计算力的大小,再依据同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引来判断库仑力的方向. 这样可以避免因符号代入而造成不必要的麻烦以及可能出现的错误.

(2)库仑力的性质:静电力也是一种“性质力”,同样具有力的共性. 如果有不同电量的两个电荷相互作用时,不要认为电量大的电荷受到的库仑力大,电量小的电荷受到的库仑力小. 实际上,两个电荷间的相互作用力同样遵守牛顿第三定律——大小相等、方向相反、并且作用在同一直线上的两个不同物体上. 多个点电荷间发生相互作用时,它们的受力可以利用力的合成去进行分析.

(3)库仑定律与万有引力定律的相似性:从库仑定

律的表达式表明,库仑力和距离的平方成反比,这和万有引力十分相似,但目前还不清楚两者之间是否存在必然的联系,不过人们利用这一相似性,采用类比的方法完成了许多问题的求解。

(4)电荷间的相互作用同样遵循力的独立作用原理。当同时存在着几个电荷时,每个电荷受到的力是其他各个电荷对它的静电力的合力。

(5)两个点电荷在介质中时的相互作用力比在真空中时小,减小的倍数称为介质的介电常数,用 ϵ 表示。所以,在介质中的库仑定律表示为 $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ 。

【例 3】 为什么说在研究微观带电粒子的相互作用时,经常可以忽略万有引力?这两种力在形式上十分相似,试比较两个公式的异同。

思路与技巧 可以通过具体实例计算说明。以氢原子核外电子绕原子核运动为例。

解答 氢原子由一个质子(原子核)和一个核外电子组成。电子质量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ 千克,质子质量 1.67×10^{-27} 千克,电子和原子核所带电量都等于 $e = 1.6 \times 10^{-16}$ 库仑,电子绕核旋转的轨道半径 $r = 5.3 \times 10^{-11}$ 米。试求:电子所受静电引力是万有引力的多少倍?

根据库仑定律和万有引力定律,静电引力和万有引力分别为: $F_{\text{电}} = k \frac{e^2}{r^2}$, $F_{\text{万}} = G \frac{m_e m_p}{r^2}$, 所以 $\frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{万}}} =$

$$\frac{k \frac{e^2}{r^2}}{G \frac{m_e m_p}{r^2}} = \frac{ke^2}{Gm_e m_p}, \text{代入题中数据,得: } \frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{万}}} = 2.27 \times 10^{39}$$

所以 $F_{\text{电}} \gg F_{\text{万}}$ 。

库仑定律和万有引力定律的相同点:都是平方反比定律,都是物体间相互作用的规律。作用力的大小都和物体之间的距离的二次方成反比。

库仑定律和万有引力定律的不同点:库仑定律中的相互作用力,既可以是引力又可以是斥力,而万有引力定律中的作用力仅为引力。万有引力定律是宇宙中一切物体都存在的相互作用力,而库仑定律的适用条件为:真空中的点电荷。

评析 由上面的计算结果可以看出,对微观带电粒子,静电力远大于万有引力,因此,在微观带电粒子的计算中,一般不考虑万有引力。讨论:我们还可以利用库仑力提供向心力计算出电子绕核旋转的周期和线速度($T = 1.5 \times 10^{-16}$ s, $v = 2.2 \times 10^6$ m/s)。

三、库仑定律的综合问题

1. 库仑定律与力学结合

当库仑力和力学结合时,要注意进行正确的受力

分析。分析受力时不能忘记库仑力,库仑力同样满足牛顿第三定律。

2. 库仑定律与运动学结合

当库仑力与运动学结合时,注意动量守恒定律、动能定理、匀速圆周运动等有关知识在该部分的应用。运用真空中库仑定律解题时,有些情况下,还需要讨论电荷加速运动或受力平衡问题,这就必须结合力学中的牛顿定律、平衡条件以及动能定理等知识进行综合解答。

【例 4】 有两个带电小球 A、B,电荷量分别为 $+Q$ 和 $+9Q$ 。在真空中相距 0.4 m。如果引入第三个带电小球 C,正好使三个小球都处于平衡状态。求第三个小球带的是哪种电荷?应放在什么地方?电荷量是 Q 的多少倍?

思路与技巧 求解本题的关键是确定电荷 C 放置的大致位置及电性,由于每个点电荷都受到其他两个点电荷的库仑力作用,要处于平衡,其库仑力必沿同一条直线,因此 A、B、C 三个点电荷必共线, $+Q$ 和 $+9Q$ 为同种电荷,对 C 的作用为斥力,C 要平衡,只能放在 A、B 之间,且距 $+Q$ 较近。再根据 $+Q$ 和 $+9Q$ 的受力情况,确定 C 的电性。

解答 根据上述规律可知,引入的第三个小球必须带负电,放在前两个小球的连线上且离 $+Q$ 较近。设第三个小球 C 带电量为 q ,放在距离 $+Q$ 为 x 处(如图 1-2-5 所示),由平衡条件和库仑定律有:

$$\frac{kQq}{x^2} = \frac{k \cdot 9Q \cdot q}{(0.4 - x)^2} \quad \text{解得: } x = 0.1 \text{ m}$$



图 1-2-5

以 $+Q$ 为研究对象,由平衡条件得: $\frac{kQq}{(0.1)^2} = \frac{k \cdot 9Q \cdot Q}{(0.4)^2}$ 得: $q = \frac{9Q}{16}$

即第三个小球带负电,放在离 $+Q$ 为 0.1 m 远处,电荷量为 Q 的 $\frac{9}{16}$ 倍。

评析 三个自由电荷的平衡问题,是静电场中的典型问题。为了使电荷系统处于平衡状态,每个电荷受到的两个库仑力必须大小相等、方向相反。根据库仑定律和力的平衡条件,可以概括成易记的口诀为:“三点共线,两同夹异,两大夹小,近小远大。”利用这一条件可以迅速、准确地确定三个自由电荷的相对位置及电荷的电性,然后根据库仑定律列出电荷的受力平衡方程,问题就迎刃而解了。如果将 $+Q$ 改为 $-Q$,或者将 $+9Q$ 改为 $-9Q$,结果又怎样呢?同样可用上述方法分析求解。

【例5】 如图1-2-6所示,光滑绝缘水平面上固定着A、B、C三个带电小球,它们的质量均为 m ,间距均为 r ,A带电量 $Q_A = 10q$,B带电量 $Q_B = q$,若小球C上加一水平向右的恒力,欲使A、B、C始终保持 r 的间距运动,求:(1)C球的电性和电量 Q_C ; (2)水平力 F 的大小.

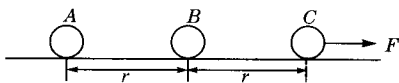


图1-2-6

思路与技巧 整体法和隔离法交替使用.

解答 对A、B、C系统研究得: $a = \frac{F}{3m}$, A球受到B球库仑斥力 F_1 和C球库仑力 F_2 后,要产生水平向右加速度,故 F_2 必为引力,C球带负电.

$$\text{对C球: } F - k \frac{Q_A Q_C}{(2r)^2} - k \frac{Q_B Q_C}{r^2} = ma$$

$$\text{对A球: } k \frac{Q_A Q_C}{(2r)^2} - k \frac{Q_B Q_A}{r^2} = ma$$

$$\text{联立可得: } Q_C = \frac{40}{3}q, F = \frac{70kq^2}{r^2}.$$

评析 掌握库仑定律与力学平衡规律或牛顿运动定律综合应用.

四、电场

电荷周围的一种特殊的物质.

电场的特殊性: 看不见,摸不着,无法称量,可以叠加.

电场的物质性: 电场是一种客观实在,它对放入电场中的电荷有力的作用叫电场力,电荷间的相互作用是通过电场来实现的.

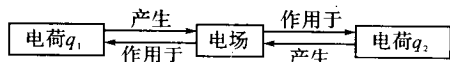
【知识解读】

(1)在电荷周围存在电场. 电场是物质、电荷通过它的电场对其他电荷发生作用.

(2)电场是客观存在的一种特殊物质形态,是不可以通过仪器观察到的.

电场的客观存在是通过它表现出来的性质证实并对电场进行研究的.

电荷间的相互作用是通过电场来实现的. 两个点电荷 q_1 、 q_2 之间的相互作用可表示为:



可见,电荷间的库仑力就是电场力.

【例6】 下面关于电场的叙述正确的是 ()

A. 两个未接触的电荷发生了相互作用,一定是电

场引起的

B. 只有电荷发生相互作用时才产生电场

C. 只要有电荷存在,其周围就存在电场

D. A 电荷受到B 电荷的作用,是B 电荷的电场对A 电荷的作用

思路与技巧 从理解电场的意义入手.

两个未接触的电荷发生了相互作用,那么必然存在传递这种作用力的物质,这种看不见的物质存在于带电体周围也就是电场. 带电体之间的相互作用就是靠电场来传递的. A 正确,只要有电荷存在,其周围就存在电场, B 错误, C 正确. A 电荷受到B 电荷的作用,实质是B 电荷的电场对A 电荷的作用, D 正确.

解答 ACD

评析 场的概念,是牛顿以来最重要的发明(爱因斯坦语),场是物质存在的一种形态,物体之间的相互作用是通过场产生的.



【案例】 探究电荷相互作用力的大小与它们之间的距离和它们所带的电量的关系.

【探究】 1. 原理: 将一个带电小球A 用细丝线悬挂,并将另一个与小球A 带同种电荷的带电球B 与它靠近,且受B 的静电斥力作用而发生偏移,如图1-2-7所示;测量A 球的质量 m ,测量悬点到A 球球心的长度 L 和A 球偏移的距离 d . 当 $L \gg d$ 时,有 $F = mg \tan \theta = mg \frac{d}{L}$,由此即可以得出小球A 所受到的库仑力.

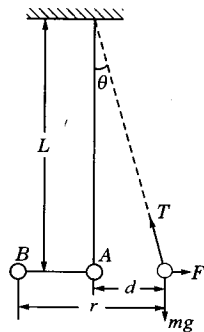


图1-2-7

2. 仪器和器材: 专用支架、轻导体小球A 和B、绝缘的导体球C(球A、B 和C 的大小和形状都相同)、镜尺(或透明标尺)、丝线(1 米左右)、米尺、起电盘、废唱片或塑料板、学生天平(J0104 型).

3. 实验方法: 装置如图1-2-8 所示.