

荣德基

新探析

新课标新教材
探究开放创造性学习

增教材习题答案

高中物理

选修3-1 配人教



荣德基



新课标新教材

——探究开放创造性学习

提成绩 用创析 轻松快乐新体验

高中物理

选修3-1

(配人教)

总主编:荣德基

本册主编:孙志祥

内蒙古少年儿童出版社

CONTENTS

目录

第1章 静电场

全章瞭望	1
第1节 电荷及其守恒定律	1
第2节 库仑定律	8
第3节 电场强度	17
第4节 电势能和电势	29
第5节 电势差	41
第6节 电势差与电场强度的关系	47
第7节 静电现象的应用	56
第8节 电容器的电容	63
第9节 带电粒子在电场中的运动	71
全章总结	86

第2章 恒定电流

全章瞭望	89
第1节 电源和电流	89
第2节 电动势	95
第3节 欧姆定律	100
第4节 串联电路和并联电路	109
第5节 焦耳定律	118

第6节	电阻定律	125
第7节	闭合电路的欧姆定律	133
第8节	多用电表	145
第9节	实验:测定电池的电动势和内阻	156
第10节	简单的逻辑电路	169
全章总结		176

第3章 磁 场

全章瞭望	180
第1节 磁现象和磁场	180
第2节 磁感应强度	186
第3节 几种常见的磁场	192
第4节 磁场对通电导线的作用力	202
第5节 磁场对运动电荷的作用力	211
第6节 带电粒子在匀强磁场中的运动	221
全章总结	232
参考答案及剖析	237

第1章 静电场

全章瞭望

本章是选修3系列的第一章,是高中阶段电学内容的开始。本章内容是高中阶段的基础内容之一。

从本章开始,我们将从最基本的电现象开始,研究静电所遵循的规律,揭开它神秘的面纱。

本章的核心内容是静电场的基本性质和带电粒子在电场中的运动、电容器和电容等。本章的基本概念多且抽象,许多知识要在力学知识的基础上学习和运用,因此学习时要注意复习必要的力学知识,以便能够自然地吧力学知识和电学知识密切联系起来,这样也有助于帮助我们理解电学的基本概念。

本章内容按照物理学自身发展的过程以及教学中循序渐进的原则来安排。先认识电荷,电荷之间相互作用的规律,再认识描述电场性质的相关物理量。在此基础上,通过核心内容的拓展和应用,如静电现象的应用、电容器和电容、带电粒子在电场中的运动等,提高同学们综合运用物理知识的能力。

第1节 电荷及其守恒定律

A. 基础篇 / 研习教材 夯实根本

知识块一:电荷

【剖析点1】 两种电荷及其相互作用(了解)

1. 两种电荷:自然界中只存在两种电荷:正电荷和负电荷。用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷;用毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷叫做负电荷。

2. 电荷间的相互作用规律:同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

【剖析点2】 起电的三种方式(认识)

1. 摩擦起电:

当两个物体互相摩擦时,一些束缚得不紧的电子往往从一个物体转移到另一个物体,于是原来呈电中性的物体由于得到电子而带负电,失去电子的物体则带正电。如丝绸摩擦过的玻璃棒由于失去电子而带正电,丝绸由于得到电子而带负电。摩擦起电的实质是电子的转移。

2. 感应起电:

当一个带电体靠近导体时,由于电荷间相互作用(同种电荷相互排斥,异种电荷相

互吸引),导体中的自由电荷便会趋向或远离带电体,使导体靠近带电体的一端带异号电荷,远离带电体的一端带同号电荷,这种现象叫静电感应。利用静电感应使金属导体带电的过程叫感应起电。

如图 1-1-1 所示,将带正电的小球 C 移近相互接触的两个导体 A 、 B , A 为近端, B 为远端。保持 C 不动,用绝缘工具把 A 、 B 分开,移走 C ,则 A 带负电, B 带正电。如果先移走 C ,那么 A 、 B 上感应出的异种电荷会立即中和,再分开 A 、 B ,不会使 A 、 B 带电。

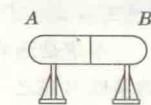


图 1-1-1

3. 接触带电:

(1) 一个物体带电时,电荷之间会相互排斥,如果接触另一个导体,电荷就会转移到这个导体上,使这个导体带电,这种方式称为接触带电。接触带电的实质是电荷的转移。验电器和带电体接触时,因为接触带电,带电体上的一部分电荷转移到验电器上,同种电荷相互排斥,使验电器的金属箔片张开。

(2) 电荷的分配:接触带电时,两物体最终的电荷量分配很复杂,但有一种情况能确定电荷量的分配,即两个完全相同的导体球相互接触后把电荷量平分(带异种电荷的,先中和,再把剩余的电荷量平分)。

4. 物体带电的实质:

(1) 物体由原子组成,原子由原子核和核外电子组成,电子带负电,原子核带正电,整个原子对外显电中性。物体失去电子而带正电,得到电子而带负电。物体带电的实质就是电子的得与失。

(2) 物体内部,原子核是相对固定的,内部的质子不能脱离原子核而移动,所以起电过程中转移的都是核外电子。

【知识块—典例】 如图 1-1-2 所示是一带正电的验电器,当一个金属

球 A 靠近验电器上的金属球 B 时,验电器中的金属箔片的张角减小,则()

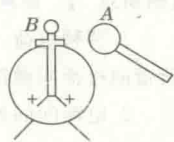


图 1-1-2

- A. 金属球 A 可能不带电
- B. 金属球 A 一定带正电
- C. 金属球 A 可能带负电
- D. 金属球 A 一定带负电

答案: A、C **剖析:** 验电器上的金属箔片和金属球 B 都带正电,金属箔片之所以张开,是由于两箔片上的正电荷相互排斥造成的。当验电器金属箔片的张角变小时,说明金属箔片上的正电荷一定比原来减少了。由于金属球 A 只是靠近验电器而没有与验电器上的金属球 B 发生接触,要考虑感应起电的影响。当金属球 A 靠近金属球 B 时,

验电器的金属球 B、金属杆、金属箔片相当于一个导体,金属球 A 距离金属球 B 较近而距金属箔片较远。如果金属球 A 带正电,验电器上的正电荷一定向远处“移动”,则金属箔片上的正电荷量增加,张角变大,所以 B 选项错误。如果金属球 A 带负电,验电器上的正电荷由于相互作用力而向近端“移动”,造成金属箔片上的正电荷量减少,张角变小。如果金属球 A 不带电,由于受验电器上的正电荷的影响,在金属球 A 靠近金属球 B 的部分会出现负电荷,而这些负电荷反过来会使验电器上的正电荷向 B“移动”,使金属箔片上的电荷量减少,张角变小,A、C 正确。验电器不但可以判断物体是否带电,还能演示静电感应现象。本题既要考虑静电感应的作用,又要区别静电感应与接触带电的不同。

知识块二:电荷守恒定律(重点)

【剖析点 3】 电荷守恒定律(理解,掌握)

表述一:电荷既不会创造,也不会消灭,它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;在转移过程中,电荷的总量保持不变。

表述二:一个与外界没有电荷交换的系统,电荷的代数和总是保持不变的。

说明:(1)电荷守恒定律是自然界最重要的基本规律之一。

(2)在一定条件下,电荷是可以产生和湮灭的,但电荷的代数和不变。如一对正负电子可以同时湮灭,转化为光子。

【知识块二典例】 目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸

克组成。u 夸克电荷量为 $+\frac{2}{3}e$,d 夸克电荷量为 $-\frac{1}{3}e$,e 为元电荷。下列论断可能正确的是()

- A. 质子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
- B. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
- C. 质子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成,中子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成
- D. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成

答案:B 剖析:本题主要考查组成原子核的质子和中子的性质及电荷守恒定律,质子电荷量为 $+e$,故由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成;中子电荷量为零,故由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成。故 B 选项正确。近代物理学夸克理论的出现,打破了元电荷 e 的界线,而电荷守恒定律是自然界最基本的规律之一,仍然是成立的。

知识块三:元电荷(重点)

【剖析点 4】 电荷量(了解)

电荷的多少叫电荷量,常用 Q 和 q 表示,其国际单位是库仑,简称库,用符号 C 表示。电荷有正负之分,则电荷量也有正值或负值。如 $Q_1 = 3.2 \times 10^{-16} \text{ C}$, $Q_2 = -4.8 \times$

说它是钟不是钟,不报时来不出声。表针表盘全齐全,电路测试它全能。(打一物理仪器)

——万能表

趣味谜语

10^{-16} C等。

【剖析点5】元电荷(了解)

通常取元电荷 $e=1.60 \times 10^{-19}$ C,元电荷是科学实验中发现的最小的电荷量。质子和电子所带的电荷量的绝对值与元电荷相等,但不能说它们就是元电荷。电荷量是不连续的,任何带电体的电荷量都是元电荷的整数倍。

【典例】下列关于元电荷的说法中正确的是()

- A. 电子和质子都是元电荷
- B. 一个带电体的电荷量为元电荷的 300.5 倍
- C. 元电荷的值通常取 $e=1.60 \times 10^{-19}$ C
- D. 元电荷没有正负之分

答案:C、D 剖析:元电荷是科学实验中发现的最小的电荷量,其值通常取 $e=1.60 \times 10^{-19}$ C,故 C 正确;带电体的电荷量均为元电荷的整数倍,故 B 错误;元电荷只是电荷量,不是带电粒子,没有正负之分,故 D 正确。理解元电荷的概念,区别其与质子和电子的不同是解题的关键。

【剖析点6】比荷(了解)

带电体的电荷量 q 与其质量 m 之比叫做比荷。电子的比荷为 $\frac{e}{m_e} = \frac{1.60 \times 10^{-19} \text{ C}}{0.91 \times 10^{-30} \text{ kg}} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ 。

B. 运用篇 / 学以致用 快乐学习

一、课本素材创新题

【典例1】(P₄,习题3)A为带正电的小球,B为原来不带电的导体。把B放在A附近,A、B之间存在吸引力还是排斥力?

变式题:使带电的金属球靠近不带电的验电器,验电器的箔片张开。图1-1-3表示验电器上感应电荷的分布情况,其中正确的是()

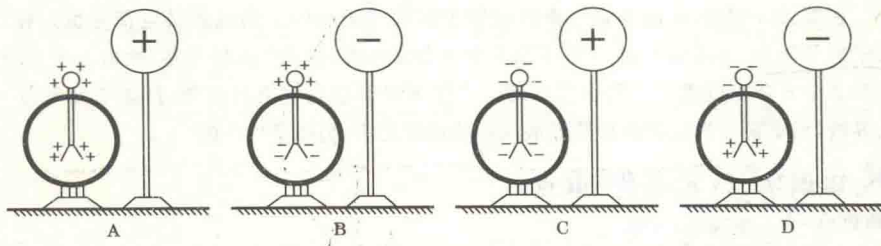


图 1-1-3

答案:B 剖析:由于验电器原来不带电,因此,验电器的金属球和箔片带异种电

荷, A、C 两项错误, 验电器靠近带电金属球的一端感应出与带电金属球异号的电荷, 所以 D 项错误。

二、综合运用题

【典例 2】 (节内综合题) 有两个完全相同的带电金属小球 A、B, 分别带有电荷量 $Q_A = 6.4 \times 10^{-9} \text{ C}$, $Q_B = -3.2 \times 10^{-9} \text{ C}$, 让两金属小球接触, 在接触过程中, 电子如何转移, 转移了多少电子?

解: 当两小球接触时, 所带电荷量少的负电荷先被中和, 剩余的正电荷再重新分配。由于两小球相同, 剩余正电荷必均分, 即接触后两小球所带电荷量

$$Q_A' = Q_B' = \frac{(Q_A + Q_B)}{2} = \frac{6.4 \times 10^{-9} - 3.2 \times 10^{-9}}{2} \text{ C} = 1.6 \times 10^{-9} \text{ C}.$$

在接触过程中, 电子由 B 球转移到 A 球, 不仅将自身电荷中和, 且继续转移, 使 B 球带 Q_B' 的正电荷, 这样, 共转移的电子电荷量为

$$\Delta Q = Q_B - Q_B' = -(3.2 \times 10^{-9} + 1.6 \times 10^{-9}) \text{ C} = -4.8 \times 10^{-9} \text{ C}.$$

电子由 B 球转移到 A 球, 转移的电子数 $n = -\frac{\Delta Q}{e} = \frac{-4.8 \times 10^{-9} \text{ C}}{-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3.0 \times 10^{10}$ 个。

剖析: 在此过程中只有电子发生转移, 求转移的电子数时, 需要先求转移的电荷量, 再求电子数。

【典例 3】 (节内综合题) 完全相同的两个金属小球 A、B 带有相等的电荷量 (绝对值), 相隔一定的距离, 现让第三个完全相同的不带电的金属小球先后与 A、B 接触后再移开。

(1) 若 A、B 两球带同种电荷, 接触后 A、B 两球所带电荷量之比为 _____。

(2) 若 A、B 两球带异种电荷, 接触后 A、B 两球所带电荷量 (绝对值) 之比为 _____。

答案: 2 : 3; 2 : 1 **剖析:** (1) 设 A、B 所带电荷量均为 q , 第三个小球先与 A 接触, 电荷平均分配, 两球所带电荷量分别为 $\frac{q}{2}$, 第三个小球再与 B 接触, 电荷再平均分配,

分别带电荷量为 $\frac{\frac{q}{2} + q}{2} = \frac{3}{4}q$, 所以接触后 A、B 两球的电荷量之比为 2 : 3。

(2) 设 A 带的电荷量为 q , B 为 $-q$, 则第三个小球先与 A 接触, 电荷平均分配, 分别为 $\frac{q}{2}$, 再与 B 接触, 先中和, 然后电荷再平均分配, 所带电荷量为 $\frac{-q + \frac{q}{2}}{2} = -\frac{q}{4}$, 所以, 接触后 A、B 两球的电荷量 (绝对值) 之比为 2 : 1。

三、新型题

(一)探究题

【典例4】 有两个完全相同的金属球A、B, A球所带电荷量为 q , B球所带电荷量 $-q$, 现要使A、B所带电荷量都为 $-\frac{q}{4}$, 应该怎么办?

解: 先用手接触一下A球, 使A球所带电荷传入大地, 再将A、B接触一下, 分开A、B, 再用手接触一下A球, 再将A、B接触后分开, 这时A、B所带的电荷量都为 $-\frac{q}{4}$ 。

剖析: 电荷的分配规律是先中和后平分。

(二)图表信息题

【典例5】 已知 π^+ 介子、 π^- 介子都是由一个夸克(夸克u或夸克d)和一个反夸克(反夸克 $\bar{u}$ 或反夸克 $\bar{d}$)组成的, 它们的电荷量如下表所示, 表中的 e 表示元电荷。下列说法正确的是()

	π^+	π^-	u	d	$\bar{u}$	$\bar{d}$
电荷量	$+e$	$-e$	$+\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$	$-\frac{2}{3}e$	$+\frac{1}{3}e$

A. π^+ 由u和 $\bar{d}$ 组成

B. π^+ 由d和 $\bar{u}$ 组成

C. π^- 由u和 $\bar{d}$ 组成

D. π^- 由d和 $\bar{u}$ 组成

答案: A、D **剖析:** π^+ 电荷量为 $+e$, u电荷量为 $+\frac{2}{3}e$, $\bar{d}$ 电荷量为 $+\frac{1}{3}e$, 故 π^+ 由u和 $\bar{d}$ 组成, A正确, B错; π^- 电荷量为 $-e$, d电荷量为 $-\frac{1}{3}e$, $\bar{u}$ 电荷量为 $-\frac{2}{3}e$, 故 π^- 由d和 $\bar{u}$ 组成, D正确, C错。

C. 演练篇 / 反馈学习效果 (237)

1. (剖5) 关于元电荷的理解, 下列说法正确的是()

A. 元电荷就是电子

B. 元电荷是表示跟一个电子所带电荷量数值相等的电荷量

C. 元电荷就是质子

D. 物体所带电荷量只能是元电荷的整数倍

2. (剖2, 剖3) 关于摩擦起电和感应起电的实质, 下列说法中正确的是()

A. 摩擦起电现象说明机械能可以转化为电能, 也说明通过做功可以创造出电荷

B. 摩擦起电说明电荷可以从一个物体转移到另一个物体

C. 感应起电说明电荷可以从物体的一部分转移到另一个部分

D. 感应起电说明电荷可以从带电的物体转移到原来不带电的物体

3. (剖1, 剖2) 如图 1-1-4 所示, 原来不带电的金属导体 MN , 在其两端下面都悬挂着金属箔片。若使带负电的金属球 A 靠近导体的 M 端, 可能看到的现象是()

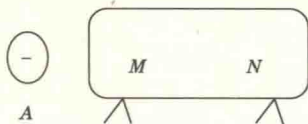


图 1-1-4

- A. 只有 M 端金属箔片张开, 且 M 端带正电
 B. 只有 N 端金属箔片张开, 且 N 端带负电
 C. 两端的金属箔片都张开, 且左端带负电, 右端带正电
 D. 两端的金属箔片都张开, 且左端带正电, 右端带负电
4. (剖4, 剖5) 多少个电子的电荷量等于 $-32.0 \mu\text{C}$? (电子所带电荷量 $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

5. (剖4) 干燥的天气一个人拖着鞋在地毯上走, 鞋上聚集了一 $48 \mu\text{C}$ 的净电荷。鞋上有多少个净剩余电子? 这些电子的总质量是多少? (电子质量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

6. (剖1,剖2)为什么和衣服摩擦过的塑料尺子会将小纸片吸起?但在潮湿的天气却不能成功?

第2节 库仑定律

A. 基础篇 研习教材 夯实根本

知识块一:库仑定律(重点,高频考点)

【剖析点1】 探究影响电荷间相互作用力的因素(了解)

(一)实验内容

如图1-2-1所示, O 是一个带正电的物体,把系在丝线上的带正电的小球挂在图中 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置,电荷由于受到带电体对其的作用力而使丝线偏离竖直方向 θ 角。在电荷量不变时,小球离带电体越近, θ 角越大;距离不变时,带电荷量越大, θ 角越大。可以根据共点力的平衡条件判断影响电荷间相互作用力的大小的决定因素。

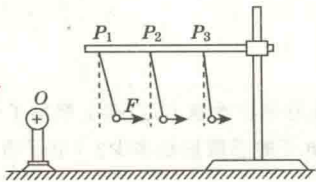


图1-2-1

(二)实验结论

电荷间的相互作用力随两带电体之间的距离的增大而减小;随两带电体所带的电荷量的增加而增大。

(三)三易点提示

1. 应使带电体 O 带上足够多的电荷。
2. 实验时要保证环境干燥。

【剖析点2】 点电荷(理解)

1. 定义:当带电体间的距离比它们自身的大小大得多,以至于带电体的形状、大小

及电荷分布状况对它们之间的作用力的影响可以忽略时,就可以把带电体看作点电荷。

2. 特点:点电荷是一种理想化模型,实际不存在。和以前学过的质点相似。实际带电体能否看成点电荷决定于自身的大小和形状与带电体间的距离的比较,与带电体的大小无关、与其所带电荷量的多少、性质无关。

【典例】 下面关于点电荷的说法正确的是()

- A. 只有体积很小的带电体才可看作点电荷
- B. 只有做平动的带电体才可看作点电荷
- C. 只有带电荷量很少的带电体才可看作点电荷
- D. 点电荷所带电荷量可多可少

答案:D 剖析:能否将一个带电体看成点电荷,关键在于我们分析时是否考虑它的体积大小和形状。即它的体积大小和形状可不予以考虑时就可以将其看成点电荷。至于它的电荷量,可多可少。

【剖析点3】 库仑定律(理解,掌握,灵活运用)

1. 内容表述:真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线。电荷间的这种作用力叫做静电力或库仑力。

2. 公式: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 其中 $k=9.0\times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ 叫静电力常量。

3. 适用条件:真空中的点电荷。

4. 静电力也是一种性质力,具有力的一切性质,运算时利用平行四边形定则进行矢量运算。

注意:使用库仑定律计算时,电荷量用绝对值代入,作用力的方向根据“同种电荷相斥,异种电荷相吸”的规律定性判定。

【典例】 真空中有两个静止的点电荷,它们之间的库仑力大小为 F 。若将它们之间的距离增大为原来2倍,所带电荷量都增大为原来的4倍,则它们之间的库仑力大小变为()

- A. $4F$
- B. $2F$
- C. F
- D. $\frac{F}{2}$

答案:A 剖析:点电荷之间的库仑力为 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$,变化后的库仑力为 $F'=$

$$k\frac{4q_1\times 4q_2}{(2r)^2}=4k\frac{q_1q_2}{r^2}=4F。$$

【知识块一典例】 两个分别带有电荷量 $-Q$ 和 $+3Q$ 的相同金属小球(均可视为点电荷),固定在相距为 r 的两处,它们间库仑力的大小为 F 。两小球相互接触后将其

距离变为 $\frac{r}{2}$, 则两球间库仑力的大小为 ()

A. $\frac{1}{12}F$

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

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

D. $12F$

答案:C **剖析:** 本题考查库仑定律及带电体电荷量的转移问题。接触前两个点电荷之间的库仑力大小为 $F = k \frac{Q \cdot 3Q}{r^2}$, 两个相同的金属球各自带电, 接触后再分开, 其所带电荷量先中和后均分, 所以两球分开后均带电 $+Q$, 距离又变为原来的 $\frac{1}{2}$, 库仑力为

$F' = k \frac{Q \cdot Q}{(\frac{r}{2})^2}$, 所以两球间库仑力的大小为 $\frac{4}{3}F$, C 项正确。

知识块二: 库仑的实验

【剖析点 4】 库仑的实验(了解)

库仑做实验用的装置叫做库仑扭秤。如图 1-2-2 所示, 细银丝的下端悬挂一根绝缘棒, 棒的一端是一个带电的金属小球 A, 另一端有一个不带电的球 B, B 与 A 所受的重力平衡。当把另一个带电的金属球 C 插入容器并使它靠近 A 时, A 和 C 之间的作用力使悬丝扭转, 通过悬丝扭转的角度可以比较力的大小。改变 A 与 C 之间距离 r , 记录每次悬丝扭转的角度, 便可找到力 F 与距离 r 的关系, 实验的结果是力 F 与距离 r 的二次方成反比, 即 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 。

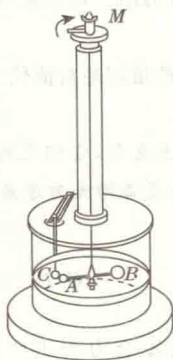


图 1-2-2

库仑的实验技巧是: (1) 小量放大; (2) 电荷量的确定。

【剖析点 5】 静电力常量(了解)

静电力常量的数值要由实验来测定, 其数值为 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

只见熊走, 不见足迹(打一物理名词)

这就是说两个电荷量为 1 C 的点电荷在真空中相距 1 m 时,相互作用力为 $9.0 \times 10^9\text{ N}$,由此可见,库仑是一个非常大的电荷量单位,几乎不可能使相距 1 m 的两个物体都带 1 C 的电荷量。

B. 运用篇 学以致用 快乐学习

一、课本素材创新题

【典例 1】 (P_5 , 演示实验) 演示:探究影响电荷间相互作用力的因素

O 是一个带正电的物体。把系在丝线上的带正电的小球先后挂在图 1-2-3 中 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置,比较小球在不同位置所受带电体的作用力的大小。这个力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度显示出来。

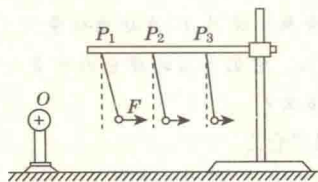


图 1-2-3 探究影响电荷间相互作用力的因素

使小球处于同一位置,增大或减少小球所带的电荷量,比较小球所受作用力的大小。

哪些因素影响电荷间的相互作用力? 这些因素对作用力的大小有什么影响?

变式题:如图 1-2-4 甲所示,一个挂在丝线下端的带正电的小球 B ,静止在图示位置;若固定的带正电的小球 A 电荷量为 Q , B 球的质量为 m ,电荷量为 q , $\theta = 30^\circ$, A 和 B 在同一水平线上,整个装置处于真空中,求 A 、 B 两球之间的距离为多少?

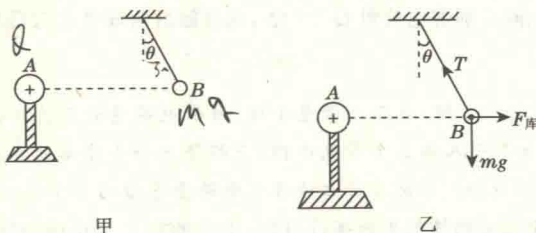


图 1-2-4

解:研究小球 B : 小球 B 受三个力作用而平衡,其受力情况如图 1-2-4 乙所示,

$$F_{\text{库}} = mg \tan \theta \quad ①,$$

根据库仑定律得

$$F_{\text{库}} = \frac{kQq}{r^2} \quad ②,$$

由①、②得

$$r = \sqrt{\frac{kQq}{mg \tan \theta}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3} kQq}{mg}}.$$

剖析:对带电小球进行受力分析,根据共点力的平衡条件确定库仑力的大小,根据库仑定律求解距离即可。

【典例2】 (P_9 , 习题3)真空中两个相同的带等量异号电荷的金属小球A和B(均可看作点电荷),分别固定在两处,两球间的静电力为 F 。现用一个不带电的同样的金属小球C先与A接触,再与B接触,然后移开C,此时A、B球间的静电力变为多大?若再使A、B间距离增大为原来的2倍,则它们间的静电力又为多大?

变式题:两个完全相同的金属小球A、B,A球电荷量为 $+5.0 \times 10^{-9} \text{ C}$,B球电荷量为 $-7.0 \times 10^{-9} \text{ C}$,两球相距1 m。它们之间的库仑力有多大?若把它们接触后放回原处,它们之间的相互作用力为多大?

解:两球未接触时,两球间库仑力

$$F = \frac{kQ_1 Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5.0 \times 10^{-9} \times 7.0 \times 10^{-9}}{1^2} \text{ N} = 3.15 \times 10^{-7} \text{ N}.$$

两球接触后,部分电荷中和,剩余净电荷为 $-2 \times 10^{-9} \text{ C}$,由于两金属球完全相同,净电荷均分,各带 $-1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$,此时两球间库仑力

$$F' = \frac{kQ_1' Q_2'}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1.0 \times 10^{-9})^2}{1^2} \text{ N} = 9.0 \times 10^{-9} \text{ N}.$$

剖析:两带电导体接触时,净电荷的分配与导体的形状、大小等因数有关。对两个完全相同金属球:(1)若接触前分别带电荷量为 Q_1 、 Q_2 ,则接触后两球带电荷量均为 $\frac{Q_1 + Q_2}{2}$; (2)若接触前分别带电荷量 Q_1 、 $-Q_2$,则接触后两球带电荷量均为 $\frac{Q_1 - Q_2}{2}$ 。

二、综合运用题

【典例3】 (学科综合题)有两个带电小球,所带电荷量分别为 $+Q$ 和 $+9Q$ 。在真空中相距0.4 m。如果引入第三个带电小球,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?

解:根据库仑定律和物体的平衡条件可知,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。设第三个小球所带电荷量为 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:



图 1-2-5

$$\frac{kQ \cdot q}{x^2} = \frac{k9Q \cdot q}{(0.4 \text{ m} - x)^2}.$$

解得 $x = 0.1 \text{ m}$ 。以 $+Q$ 为研究对象,由平衡条件得:得 $\frac{kQq}{(0.1 \text{ m})^2} = \frac{k9Q^2}{(0.4 \text{ m})^2}$, 解得 $q = \frac{9Q}{16}$ 。

即第三个小球带负电,应放在前两个小球的连线上距 $+Q$ 为 0.1 m 处,所带电荷量为 Q 的 $\frac{9}{16}$ 倍。

剖析:三个电荷平衡的问题可归纳为:

(1)同种电荷放中间,异种电荷放两边,且靠近电荷量小的一边。

(2)三电荷在同一直线上,两同夹一异,两大夹一小。

【典例 4】 (学科综合题)真空中两个同种点电荷 Q_1 和 Q_2 ,它们相距较近,使它们保持静止状态,现释放 Q_2 ,且 Q_2 只在 Q_1 的库仑力作用下运动,则在 Q_2 运动过程中速度和加速度的变化情况是()

- A. 速度不断变大,加速度不断变大 B. 速度不断变大,加速度不断变小
C. 速度不断变小,加速度不断变大 D. 速度不断变小,加速度不断变小

答案:B 剖析:根据库仑定律可知当两者的距离变大时,库仑力变小,根据牛顿第二定律可知,加速度变小,但速度仍然在增加,所以 B 正确。

三、新型题

(一)开放题

【典例 5】 要使真空中的两个点电荷间的库仑力增大到原来的 4 倍,下列方法中可行的是()

- A. 每个点电荷的电荷量都增大到原来的 2 倍,电荷间的距离不变
B. 保持点电荷的电荷量不变,使两个点电荷间的距离增大到原来的 2 倍
C. 使一个点电荷的电荷量加倍,另一个点电荷的电荷量保持不变,同时将两点电荷间的距离减小为原来的 $\frac{1}{2}$
D. 保持点电荷的电荷量不变,将两点电荷间的距离减小为原来的 $\frac{1}{2}$

答案:A、D 剖析:根据库仑定律可知,可以通过改变带电体的电荷量和带电体间的距离来实现。

(二)评估题

【典例 6】 如图 1-2-6(a)所示,一条长为 $3L$ 的绝缘丝线穿过两个质量都是 m 的小金属环 A 和 B,将丝线的两端同系于天花板上的 O 点,使金属环带等量电荷后,使因斥