

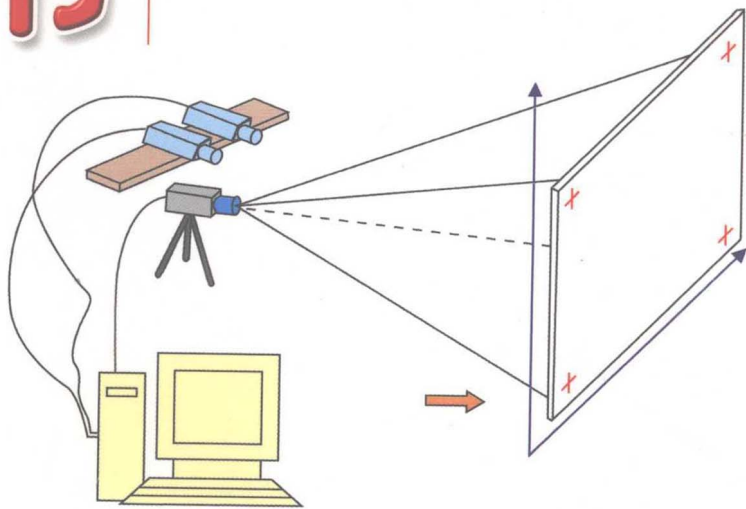


高中版 下册

# 新编中学物理

# 解题方法全书

朱明波 主编



哈尔滨工业大学出版社

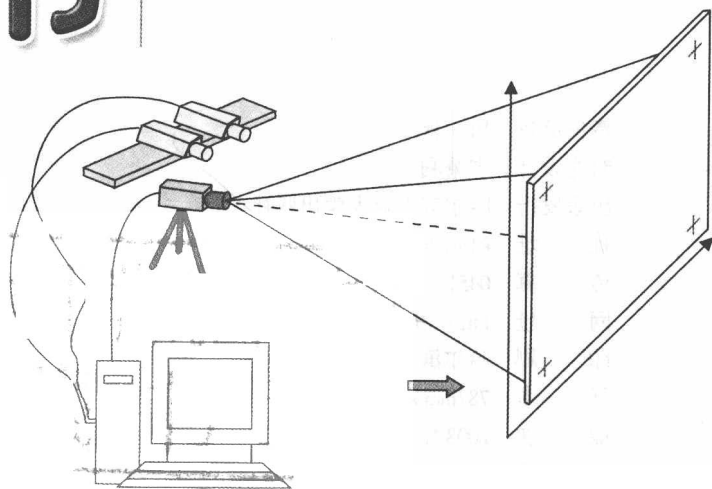


高中版 下册

# 新编中学物理

# 解题方法全书

朱明波 主编



哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 提 要

本书包括两个部分:第四编是电磁学,第五编是热学 光学 近代物理.本书以专题的形式对高中物理中的重点、难点进行了归纳总结,从而帮助读者深入理解物理的基本理论,学会运用物理知识的本领,掌握正确巧妙的解题思路.

本书适合于高中师生阅读、参考.

### 图书在版编目(CIP)数据

新编中学物理解题方法全书:高中版.下册/朱明波  
主编. — 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.7(2009.9重印)  
ISBN 978-7-5603-2730-3

I .新… II .朱… III .物理课-高中-解题  
IV .G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078520 号

责任编辑 田 秋  
封面设计 卞秉利  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006  
传 真 0451 - 86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 18.25 字数 467 千字  
版 次 2008 年 7 月第 1 版 2009 年 9 月第 3 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-2730-3  
定 价 28.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



## 下 册

### 第四编 电磁学

怎样通过研究题根来掌握库仑定律 .....	3
怎样应用三个电荷都平衡的关系解题 .....	6
怎样理解电场中的十个常见物理量 .....	8
怎样分析两等量点电荷的连线上及中垂线上场强的变化规律 .....	12
怎样灵活求解电场问题 .....	16
怎样用多种方法求解电场强度 .....	19
怎样拓展运用公式 $E = U/d$ 解题 .....	25
怎样比较场强大小和电势高低 .....	27
怎样运用比例法求解一类电场问题 .....	29
怎样巧用等效替换法求解电学问题 .....	31
怎样运用电场线求解电学问题 .....	33
怎样巧用电势差法求解电学问题 .....	36
怎样求解电场力做功问题 .....	39
怎样归类解析带电体在电场中的运动问题 .....	42
怎样归类解析带电粒子在方形波电场中的运动 .....	45
怎样定性分析电场中带电粒子的轨迹问题 .....	48
怎样求解力电综合题 .....	50
怎样解答带电粒子在电场中运动的 STS 问题 .....	54
怎样理解电动势 .....	58
怎样归类解析恒定电流图线问题 .....	60
怎样对电路进行等效变换 .....	64
怎样求解分压器电路的极值问题 .....	66
怎样求解含有电容的直流电路问题 .....	69
怎样深刻理解纯电阻电路 .....	72

# 目 录

## CONTENTS

目  
录  
CONTENTS

怎样分析电路故障问题 .....	73
怎样计算含电容器电路中通过电阻的电量 .....	75
怎样求解电路动态变化问题 .....	77
怎样求解电压表的非常规使用的问题 .....	79
怎样求解电功率 .....	82
怎样分析滑动变阻器的应用问题 .....	84
怎样求纯电阻电路电源最大输出功率 .....	87
怎样应用电桥平衡原理解题 .....	89
怎样测定电源电动势和内阻 .....	91
怎样运用半偏法测量电表内阻 .....	94
怎样用多种方法测量带电粒子荷质比 .....	97
怎样解析磁偏转与电偏转问题 .....	103
怎样从不同角度解决安培力问题 .....	105
怎样判定安培力作用下导体运动方向 .....	108
怎样应用磁场力做功的特点解题 .....	110
怎样求解电场力和洛伦兹力的综合应用问题 .....	114
怎样解析有关磁场中的多解性问题 .....	119
怎样求解磁场中的碰撞问题 .....	122
怎样求解磁场中的相遇问题 .....	124
怎样求解带电粒子在磁场中的运动问题 .....	129
怎样求解带电粒子在分界磁场中的运动问题 .....	131
怎样画出带电粒子在有界磁场中的运动轨迹 .....	134
怎样巧解带电粒子在有界磁场中的运动问题 .....	136
怎样辨析电磁感应中易混淆的问题 .....	138
怎样应用楞次定律判定感应电流方向 .....	140
怎样求解两类不同的电磁感应现象产生的感应电动势 .....	143
怎样解析电磁感应中的电量问题 .....	147
怎样解析电磁感应中的电功率问题 .....	151
怎样求解线框穿越磁场问题 .....	153
怎样归类解析导体棒切割磁感线问题 .....	156
怎样应用法拉第电磁感应定律计算感应电动势 .....	159
怎样在电磁感应中应用能的转化与守恒定律 .....	162
怎样求解电磁感应中的图象问题 .....	165
怎样归类解析电磁感应与力学综合问题 .....	169
怎样归类解析电磁感应的SIS问题 .....	177
怎样理解交变电流的“四值” .....	180
怎样求解非正弦交流电有效值 .....	184
怎样归类解析交流电与其他电学知识的综合题 .....	186
怎样归类解析交流电与力学的综合题 .....	190



怎样求解交变电流的 STS 问题 .....	192
怎样理解理想变压器五对物理量之间的关系 .....	195
怎样归类解析理想变压器的问题 .....	199
怎样应用“一原二副”变压器的“三个关系”求解问题 .....	205
怎样求解变压器远距离输电问题 .....	207
怎样正确理解电磁场、电磁波 .....	209
怎样求解与麦克斯韦电磁场理论相关的计算题 .....	211
怎样归类解析电磁振荡问题 .....	213
怎样解析电磁场和电磁波中的 STS 问题 .....	215

## 第五编 热学 光学 近代物理

怎样避免“热学”学习中的误区 .....	219
怎样应用分子力图解决“分子间的相互作用力”问题 .....	222
怎样理解热力学的三定律 .....	225
怎样通过研究题根来掌握气体压强的计算 .....	230
怎样判断密闭气体内能的变化 .....	233
怎样归类解析力热综合问题 .....	235
怎样解析有关光现象的六个问题 .....	239
怎样归类解析光的反射和折射问题 .....	242
怎样归类解析几何光学中的 STS 问题 .....	248
怎样归类解析几何光学与运动学的综合问题 .....	250
怎样归类解析光的干涉问题 .....	253
怎样归类解析光学知识中的 STS 问题 .....	258
怎样辨析光电效应中的几个易混淆的概念 .....	261
怎样归类解析光电效应典型问题 .....	264
怎样分析原子跃迁中的几个易混淆的问题 .....	268
怎样归类解析原子能级跃迁问题 .....	271
怎样计算核能及半衰期 .....	275
怎样运用守恒规律求解核反应问题 .....	278
怎样求解与原子物理有关的信息题 .....	280

# 目录

## CONTENTS



高中版 下册

# 电磁学

## 第四编





心得体会 拓广疑问

## 怎样通过研究题根来掌握库仑定律

**题根** 在真空中  $O$  点放一点电荷  $Q_1 = +1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ , 直线  $MN$  通过  $O$  点,  $OM$  的距离  $r = 30 \text{ cm}$ ,  $M$  点放一个点电荷  $Q_2 = -1.0 \times 10^{-10} \text{ C}$ , 如图 1 所示, 求  $Q_2$  在  $M$  点受到的作用力.

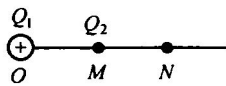


图 1

**解析** 由库仑定律可得  $Q_2$  在  $M$  点受到的作用力大小为

$$F = k \frac{Q_2 Q_1}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 1.0 \times 10^{-9}}{0.3^2} \text{ N} = 1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$$

方向沿  $MO$  指向  $Q_1$ .

**答案**  $Q_2$  在  $M$  点受到的作用力大小为  $1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ , 方向沿  $MO$  指向  $Q_1$ .

### 变化 1 处理距离变化问题

**例 1** 如图 2 所示, 一均匀带电、电荷量为  $Q$  的绝缘球, 被固定在绝缘的支架上. 当把一电性相同、电荷量也是  $Q$  的点电荷放在  $P$  点时, 测得点电荷受到的静电力为  $F_1$ ; 如果把带电绝缘球换成带电金属球, 则点电荷  $Q$  放在  $P$  点时测得作用于这点电荷的静电力为  $F_2$ , 则( )

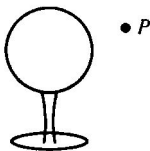


图 2

- A.  $F_1 = F_2$       B.  $F_2 < F_1$   
C.  $F_2 > F_1$       D. 不能判断

**解析** 绝缘球换成金属球后, 其表面的电荷能自由移动, 由于两者带同种电荷, 因此, 把点电荷放在  $P$  点时, 金属球上的电荷将分布在离  $P$  点较远的地方, 即距离将增大, 因此, 库仑力将变小.

**答案** B

### 变化 2 处理圆周运动问题

**例 2** 若氢原子的核外电子绕核做半径为  $r$  的匀速圆周运动, 则其角速度  $\omega =$  \_\_\_\_\_; 电子绕核的运动可等效为环形电流, 则电子运动的等效电流  $I =$  \_\_\_\_\_. (已知电子的质量为  $m_e$ , 电荷量为  $q$ , 静电力恒量用  $k$  表示)

**解析** 氢原子核外电子与原子核之间的库仑力提供了圆周运动的向心力, 即  $\frac{kq^2}{r^2} = m_e \omega^2 r$ , 解得  $\omega = \frac{q}{m_e r^2} \sqrt{m_e k r}$ , 而  $T = 2\pi/\omega$ , 由电流定义可知  $I = q/T$ ,

$$\text{故 } I = \frac{q^2 \sqrt{m_e k r}}{2\pi r^2 m_e}.$$

**答案**  $\frac{q}{m_e r^2} \sqrt{m_e k r}$        $\frac{q^2 \sqrt{m_e k r}}{2\pi r^2 m_e}$

### 变化 3 处理小球接触问题

(1) 接触问题.

**例 3** 如图 3 所示, 半径相同的两个金属小球  $A$ 、 $B$  带有电荷量大小相等的电荷, 相隔一定的距离, 两球之间的相互吸引力大小为  $F$ . 今用一个半径相同的不带电的金属小球  $C$  先后与  $A$ 、 $B$  两个球接触后移开, 这时,  $A$ 、 $B$  两球间的相互作用力大小是( )

随手练



两个相同的金属小球, 带电荷量之比为  $1:7$ , 相距为  $r$ , 两球相互接触后, 再放回原来的位置上, 则它们间的库仑力可能为原来的( )

- A.  $4/7$   
B.  $3/7$   
C.  $9/7$   
D.  $16/7$

A.  $\frac{1}{8}F$     B.  $\frac{1}{4}F$     C.  $\frac{3}{8}F$     D.  $\frac{3}{4}F$

解析 由题意可知 A、B 带异种电荷, 设电荷量都为  $Q$ , 则两球之间的相互吸引力为

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

当 C 球与 A 球接触后, A、C 两球的电荷量为

$$q_1 = \frac{Q}{2}$$

当 C 球再与 B 球接触后, B、C 两球的电荷量为

$$q_2 = \frac{Q - Q/2}{2} = \frac{Q}{4}$$

所以此时, A、B 两球之间的相互作用力的大小为

$$F' = \frac{k \frac{Q}{2} \cdot \frac{Q}{4}}{r^2} = k \frac{Q^2}{8r^2} = \frac{F}{8}$$

答案 A

(2) 反复接触问题.

例 4 有三个完全一样的金属小球 A、B、C, A 球带电荷量为  $+7Q$ , B 球带电荷量为  $-Q$ , C 球不带电. 将 A、B 两球固定, 相距  $r$ , 且  $r$  远大于球的直径, 然后让 C 球反复与 A、B 球多次接触, 最后移去 C 球. 试求 A、B 两球间的相互作用力变为原来的多少.

解析 题中所说的“C 球反复与 A、B 球多次接触”隐含一个条件: 即 A、B 原先所带电荷量最后在三个相同的小球间中和再均分, 则 A、B 两球后来带的电荷量均为

$$\frac{7Q + (-Q)}{3} = 2Q$$

A、B 两球之间原先是引力, 大小为

$$F = k \frac{7Q \cdot Q}{r^2} = 7k \frac{Q^2}{r^2}$$

A、B 两球之间后来是斥力, 大小为

$$F' = k \frac{Q' \cdot Q'}{r^2} = k \frac{2Q \cdot 2Q}{r^2} = 4k \frac{Q^2}{r^2}$$

即

$$F' = \frac{4}{7}F$$

答案 A、B 两球间的相互作用力变为原来的  $\frac{4}{7}$ .

(3) 接触后的加速度问题.

例 5 一根放在水平面上的光滑玻璃管绝缘性很好, 内部有两个完全一样的金属小球 A 和 B, 如图 4 所示, 带电荷量分别为  $9Q$  和  $-Q$ . 两球从图中位置由静止起释放(此时两小球球心间的距离远远大于小球的直径), 问两球再次经过图中位置时, A 球的加速度为释放时的几倍?

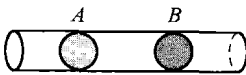


图 4

解析 由题意可知两球最初受库仑引力而靠近, 当它们接触时正负电荷先中和, 然后两球再均分剩余电荷. 此后两球由于带同

心得体会 拓广疑问

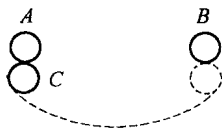


图 3

上页随手练参考答案:  
C、D

种电荷,它们受到了库仑斥力而能同时到达各自初始位置.

球刚释放时,设两球心间距离为  $r$ ,  $A$  所受的库仑力为  $F_1$ , 加速度为  $a_1$ , 由库仑定律有

$$F_1 = 9k \frac{Q^2}{r^2}$$

球刚返回初始位置时,此时两球所带电荷量均为

$$Q' = \frac{9Q + (-Q)}{2} = 4Q$$

设此时  $A$  球所受的库仑力为  $F_2$ , 加速度为  $a_2$ , 同样有

$$F_2 = 16k \frac{Q^2}{r^2}$$

由牛顿第二定律有

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{16}{9}$$

**答案** 返回初始位置时  $A$  球的加速度大小为释放时的  $\frac{16}{9}$  倍.

#### 变化4 处理非点电荷的电场问题

**例6** 一半径为  $R$  的绝缘球壳上均匀地带电, 电荷量为  $+Q$ . 一电荷量为  $+Q_0$  的点电荷放在球心  $O$  上, 由于对称性, 电荷所受的电场力为零. 现在球壳上挖去半径为  $r$  ( $r \ll R$ ) 的一个小圆孔, 则此时置于球心的点电荷所受力的方向为 \_\_\_\_\_, 大小为 \_\_\_\_\_. (已知静电力常量为  $k$ )

**解析** 解法1: 填补法. 把挖去的一小块电荷补上, 则球心处的场强必为零, 这可看成是剩余部分球壳电荷产生的场强  $E_2$  与挖去部分电荷产生的场强  $E_1$  叠加的结果. 而挖去的一小块可看成是点电荷, 先求其电荷量  $Q'$ , 即可求出  $E_1$ , 从而求出  $E_2$ .

如图5所示, 挖去的一小块的电荷量为

$$Q' = \frac{\pi r^2 Q}{4\pi R^2} = \frac{r^2 Q}{4R^2}$$

所以剩余部分球壳电荷在球心处产生的场强大小为

$$E_2 = E_1 = \frac{kQ'}{R^2} = \frac{kr^2 Q}{4R^4}$$

方向由球心指向缺口处. 故点电荷  $Q_0$  在球心处受力大小为

$$F = Q_0 E_2 = \frac{kr^2 Q_0 Q}{4R^4}$$

解法2: 分割法. 完整球壳时, 球心处场强为零的原因, 是位于球壳直径两端的电荷在球心处产生的场强叠加的结果, 即在球壳上挖去的一小圆孔 ( $M$  点) 的对称位置  $N$  点再取一个等大的小圆孔, 它对应的电荷量在球心处产生的场强就是剩余部分球壳电荷产生的场强  $E_2$ , 方向指向缺口处, 故点电荷  $Q_0$  在球心处受力为

$$F = Q_0 E_2 = \frac{kr^2 Q_0 Q}{4R^4} \quad (\text{方向指向缺口处})$$

**答案**  $F = \frac{kr^2 Q_0 Q}{4R^4}$  指向缺口处

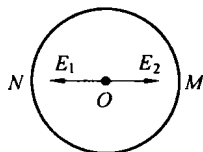


图5

心得 体会 拓广 疑问

随手练



两个半径均为  $R$  的金属球, 分别带电  $Q$  和  $-3Q$ , 当球心相距  $r = 3R$  放置时, 两球的相互作用力为  $F$ . 若将两球接触后放回原来的位置, 则两球之间的相互作用力大小为 ( )

- A. 等于  $F$
- B. 等于  $F/3$
- C. 大于  $F/3$
- D. 小于  $F/3$

## 怎样应用三个电荷都平衡的关系解题

### 一、三个电荷都平衡时所存在的关系

三个点电荷都平衡,则每个点电荷所受库仑力的合力为零.这类问题我们经常遇到,它涉及三个电荷( $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$ )的位置关系、电性关系和电荷量关系,这就需要我们探索出解决这类问题的一般规律.

#### 1. 位置关系

假设三个点电荷不在一条直线上,则每个点电荷所受其他两个点电荷的库仑力也不在一条直线上,所受库仑力的合力一定不为零,所以三个点电荷一定共线.

#### 2. 电性关系(以下讨论假定 $q_1$ 和 $q_3$ 在两边, $q_2$ 在它们之间的情况)

(1)  $q_1$  和  $q_3$  都带正电荷.

① 假设  $q_2$  带正电荷,  $q_1$ (或  $q_3$ ) 受其他两个点电荷库仑力方向相同,合力不可能为零,不能平衡.

② 假设  $q_2$  带负电荷,  $q_1$ (或  $q_3$ ) 受其他两个点电荷的库仑力方向相反,合力可能为零,能够平衡.

(2)  $q_1$  和  $q_3$  都带负电荷,同理可得  $q_2$  只能带正电荷.

(3)  $q_1$  带正电荷、 $q_3$  带负电荷,若  $q_2$  带正电荷,则  $q_3$  不能平衡;若  $q_2$  带负电荷,则  $q_1$  不能平衡,所以  $q_1$  带正电荷、 $q_3$  带负电荷是不可能的.

(4) 同理可知  $q_1$  带负电荷、 $q_3$  带正电荷也是不可能的.

综上所述,三个电荷中,两边的电荷带同种电荷,中间的电荷带异种电荷,简言之,电性为两边同中间异.

#### 3. 电荷量关系

三个点电荷位置关系如图 1 所示.

对  $q_1$ , 电荷平衡时有

$$k \frac{q_1 q_3}{r^2} = k \frac{q_1 q_2}{r_1^2}$$

即

$$\frac{\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_3}} = \frac{r_1}{r} \quad (1)$$

因为  $r > r_1$ , 所以

$$q_2 < q_3 \quad (2)$$

对  $q_3$ , 电荷平衡时有

$$k \frac{q_2 q_3}{r_2^2} = k \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

即

$$\frac{\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_1}} = \frac{r_2}{r} \quad (3)$$

因为  $r > r_2$ , 所以

$$q_2 < q_1 \quad (4)$$

用式 ① 除以式 ③, 得

$$\frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_3}} = \frac{r_1}{r_2} \quad (5)$$

用式 ① 加上式 ③, 得

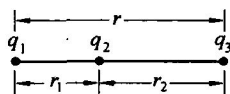


图 1

$$\frac{1}{\sqrt{q_3}} + \frac{1}{\sqrt{q_1}} = \frac{1}{\sqrt{q_2}}$$

⑥

心得体会 拓广 疑问

#### 4. 总结与推广

三个点电荷在其他两个点电荷库仑力作用下都平衡,则这三个点电荷具有如下规律:

(1) 共线,具体位置关系可由  $\frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_3}} = \frac{r_1}{r_2}$  确定;

(2) 电性为两边同中间异;

(3) 电荷量两边多中间少,电荷量关系为  $\frac{1}{\sqrt{q_3}} + \frac{1}{\sqrt{q_1}} = \frac{1}{\sqrt{q_2}}$ .

#### 二、应用例析

**例 1** 有两个带电小球,电荷量分别为  $+Q$  和  $+9Q$ ,在真空中相距  $0.4 \text{ m}$ .如果引进第 3 个带电小球,正好使 3 个小球都处于平衡状态,第 3 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?

**解析** 由于两个带电小球所带电荷的电性相同,根据电性为两边同中间异可知,引进的第 3 个带电小球在中间且带负电.

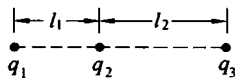
由式 ⑤ 知  $r_1 : r_2 = 1 : 3$ ,再由  $r = r_1 + r_2 = 0.4 \text{ m}$ ,得

$$r_1 = 0.1 \text{ m} \quad r_2 = 0.3 \text{ m}$$

由式 ⑥ 知第 3 个小球的电荷量为  $\frac{9}{16}Q$ .

**答案** 第 3 个小球带的是负电荷,应放在中间,电荷量为  $\frac{9}{16}Q$ .

**例 2** 如图 2 所示,  $q_1, q_2, q_3$  分别表示在一直线上的三个点电荷,已知  $q_1$  与  $q_2$  之间的距离为  $l_1$ ,  $q_2$  与  $q_3$  之间的距离为  $l_2$ ,且每个电荷都处于平衡状态.



(1) 如  $q_2$  为正电荷,则  $q_1$  为 \_\_\_\_\_ 电荷,  $q_3$  为 \_\_\_\_\_ 电荷.

图 2

(2)  $q_1, q_2, q_3$  三者电荷量大小之比是  $q_1 : q_2 : q_3 =$  \_\_\_\_\_.

**解析** 由于三个点电荷的存在,使每个点电荷皆受两个库仑力的作用而平衡.若  $q_2$  为正电荷,对  $q_2$  而言,  $q_1$  和  $q_3$  必为同性电荷,对三者而言,要求每个电荷都处于平衡状态,则  $q_1$  与  $q_3$  必为负电荷.

对于  $q_1$ ,有

$$k \frac{q_1 q_2}{l_1^2} = k \frac{q_1 q_3}{(l_1 + l_2)^2} \quad \text{①}$$

对于  $q_3$ ,有

$$k \frac{q_1 q_3}{(l_1 + l_2)^2} = k \frac{q_2 q_3}{l_2^2} \quad \text{②}$$

由式 ②,得

$$\frac{q_1}{q_2} = \left( \frac{l_1 + l_2}{l_2} \right)^2 \quad \text{③}$$

由式 ①,得

$$\frac{q_2}{q_3} = \left( \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right)^2 \quad \text{④}$$

由式 ③、④得

$$q_1 : q_2 : q_3 = \left( \frac{l_1 + l_2}{l_2} \right)^2 : 1 : \left( \frac{l_1 + l_2}{l_1} \right)^2$$

**答案** (1) 负 负 (2)  $\left( \frac{l_1 + l_2}{l_2} \right)^2 : 1 : \left( \frac{l_1 + l_2}{l_1} \right)^2$



把一个电荷  $Q$  分为电量分别为  $q$  和  $(Q - q)$  的两部分,而后两者相隔一定距离,则  $q$  为何值时,两者具有最大斥力?

## 怎样理解电场中的十个常见物理量

心得 体会 拓广 疑问

在电场中,有十个常见物理量,它们虽处在变化的背景中,却保持不变,弄清楚这些变化中的不变,能全面正确地理解电场中的概念,迅速地解决问题.下面介绍这十个不变的物理量.

### 一、电场强度

在电场中的同一点,不同的试探电荷  $q$  所受的电场力  $F$  是不同的,但比值  $F/q$  是不变的,它能反映电场力的性质,叫做电场中这点的电场强度  $E$ ,且  $E = F/q$ .

例1 试探电荷  $q_1 = 2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,在电场中的  $A$  点受到的电场力  $F_1 = 6.0 \times 10^{-4} \text{ N}$ ,那么电荷  $q_2 = -1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,在  $A$  点受到的电场力  $F_2$  是多少?

解析  $A$  点的场强为

$$E = \frac{F_1}{q_1} = \frac{6.0 \times 10^{-4} \text{ N}}{2.0 \times 10^{-9} \text{ C}} = 3.0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$

$A$  点的场强是不变的,不随  $q$ 、 $F$  变化,因此有

$$F_2 = q_2 E = -1.0 \times 10^{-9} \text{ C} \times 3.0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} = -3.0 \times 10^{-4} \text{ N}$$

负号表示  $F_2$  与  $E$  的方向相反.

答案 电荷  $q_2$  在  $A$  点受到的电场力  $F_2$  是  $-3.0 \times 10^{-4} \text{ N}$ .

### 二、电势

在电场中的同一点,不同的试探电荷  $q$  所具有的电势能  $E$  是不同的,但比值  $E/q$  是不变的,能反映电场能的性质,叫做电场中该点的电势  $\varphi$ ,且  $\varphi = E/q$ .

例2 试探电荷  $q_1 = 2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,在电场中  $b$  点的电势能为  $E_1 = 4.0 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,那么电荷  $q_2 = -4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,在电场中  $b$  点的电势能  $E_2$  为多少?

解析  $b$  点的电势为

$$\varphi = E_1/q_1 = \frac{4.0 \times 10^{-5} \text{ J}}{2.0 \times 10^{-6} \text{ C}} = 20 \text{ V}$$

$b$  点的电势是不变的,不随  $E$ 、 $q$  变化,因此有

$$E_2 = q_2 \varphi = -4.0 \times 10^{-6} \text{ C} \times 20 \text{ V} = -8.0 \times 10^{-5} \text{ J}$$

答案  $q_2$  在电场中  $b$  点的电势能  $E_2$  为  $-8.0 \times 10^{-5} \text{ J}$ .

### 三、电势差

在电场中,把不同的试探电荷  $q$  由  $A$  点移到  $B$  点电场力所做的功  $W_{AB}$  不同,但比值  $W_{AB}/q$  是不变的,把它叫做  $A$ 、 $B$  两点的电势差  $U_{AB}$ ,且  $U_{AB} = W_{AB}/q$ .

例3  $A$ 、 $B$  是电场中的两点,电荷  $q_1 = +4 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,则  $A$  点移到  $B$  点,电场力做的功为  $W_{AB} = -4 \times 10^{-8} \text{ J}$ ,那么把电荷  $q_2 = -2 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,由  $A$  点移到  $B$  点,电场力做功  $W'_{AB}$  是多少?

解析  $A$ 、 $B$  间的电势差为

$$U_{AB} = W_{AB}/q_1 = \frac{-4 \times 10^{-8} \text{ J}}{+4 \times 10^{-9} \text{ C}} = -10 \text{ V}$$

$A$ 、 $B$  两点的电势差是不变的,因此有

$$W'_{AB} = q_2 U_{AB} = -2 \times 10^{-9} \text{ C} \times (-10) \text{ V} = 2 \times 10^{-8} \text{ J}$$

上页随手练参考答案:

$q = Q/2$

答案 对  $q_2$  从  $A$  移至  $B$ , 电场力做功  $W'_{AB}$  是  $2 \times 10^{-8} \text{ J}$ .

#### 四、电场力做功

在电场中, 把同一试探电荷沿不同路径由  $A$  移到  $B$ , 电场力做功是不变的.

例 4 如图 1 所示, 在场强为  $E$  的匀强电场中有相距为  $L$  的  $A$ 、 $B$  两点, 连线  $AB$  与电场线的夹角为  $\theta$ , 将一电量为  $q$  的正电荷从  $A$  点移到  $B$  点, 若沿直线  $AB$  移动该电荷, 电场力做的功  $W_1 =$  \_\_\_\_\_; 若沿路径  $ACB$  移动电荷, 电场力做的功  $W_2 =$  \_\_\_\_\_; 若沿曲线  $ADB$  移动该电荷, 电场力做的功  $W_3 =$  \_\_\_\_\_; 由此可知, 电荷在电场中移动时, 电场力做功的特点是\_\_\_\_\_.

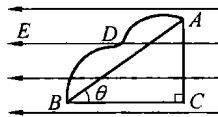


图 1

解析 正电荷在匀强电场中受到的电场力为恒力, 大小为  $F = qE$ , 方向与场强  $E$  相同, 根据功的计算公式  $W = Fs \cos \alpha$ , 可知沿直线  $AB$  移动该电荷, 电场力做的功

$$W_1 = FL \cos \theta = qEL \cos \theta$$

沿路径  $ACB$  移动该电荷, 电场力做的功为

$$W_2 = FL \sin \theta \cdot \cos 90^\circ + FL \cos \theta = qEL \cos \theta$$

电场中  $A$ 、 $B$  两点的电势  $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$  都是由电场性质决定的确定值, 根据在电场中移动电荷做的功为

$$W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$$

可以看出不论沿直线  $AB$ 、沿折线  $ACB$  还是沿曲线  $ADB$ , 把电荷从  $A$  点移到  $B$  点, 电场力做的功均为

$$W_3 = W_1 = W_2 = qEL \cos \theta$$

答案  $qEL \cos \theta$   $qEL \cos \theta$   $qEL \cos \theta$  电场力做功只与初末位置有关

#### 五、电容

对于同一个电容器, 所带的电荷量  $Q$  与电容器两极板间的电势差  $U$  成正比, 比值  $Q/U$  是不变的, 它能反映电容器容纳电荷的本领, 叫做电容器的电容  $C$ , 且  $C = Q/U$ .

例 5 图 2 所示为对给定的电容器, 对其电容  $C$ 、电量  $Q$ 、电势差  $U$  间的关系图线, 其中描述正确的为( )

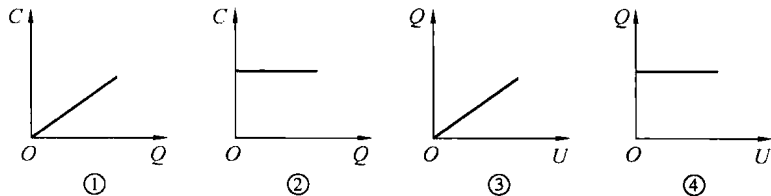


图 2

- A. ①②      B. ②③      C. ①④      D. ②④

解析 对给定的电容器  $C$  是不变量,  $Q$  与  $U$  成正比, 因此, 选项 B 正确.

答案 B

心得体会 拓广 疑问



关于场强和电势, 下列说法中正确的是( )

- A. 在电场中  $a$ 、 $b$  两点间移动电荷的过程中, 电场力始终不做功, 则电荷所经过路径上的各点的场强一定为零
- B. 电场强度的方向就是电势降落最快的方向
- C. 两个等量同种电荷的电场中, 从两电荷连线的中点沿连线的中垂线向外, 电势越来越低, 场强越来越小
- D. 两个等量异种电荷的电场中, 两电荷连线的中垂线上各点的电势均相等, 而连线的中点场强最大, 沿中垂线向外, 场强越来越小

## 六、电容器两极间的电势差

电容器一直与电源相连,某一因素变化,会引起另一些量跟着变化,但两极间的电势差是不变的。

**例6** 如图3所示,平行板电容器经开关S与电池相连接, $a$ 处有一带电量非常小的点电荷,S是闭合的, $\varphi_a$ 表示 $a$ 点的电势, $F$ 表示点电荷受到的电场力.现将电容器的 $B$ 板向下稍微移动,使两板间的距离增大,则( )

- A.  $\varphi_a$  变大,  $F$  变大      B.  $\varphi_a$  变大,  $F$  变小  
C.  $\varphi_a$  不变,  $F$  不变      D.  $\varphi_a$  不变,  $F$  变小

**解析**  $d$  变大,  $A$ 、 $B$  间的电势差  $U_{AB}$  不变,由  $E = U/d$  知,  $E$  减小. 由  $F = qE$  知,  $F$  减小.  $U_{Aa} = Ed_{Aa}$ ,  $d_{Aa}$  不变,可得  $U_{Aa}$  减小. 由  $U_{AB} = U_{Aa} + U_{aB}$  知,  $U_{aB}$  增加.  $B$  接地,  $\varphi_B = 0$ , 又因  $\varphi_a - \varphi_B = U_{aB}$ , 因此  $\varphi_a$  增加,故选项 B 正确。

**答案** B

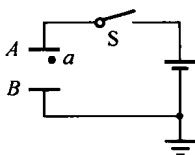


图3

## 七、电容器所带电量

电容器充电后,与电源脱离,改变某一因素,会引起另一些因素跟着改变,但电容器所带电量不变。

**例7** 平行板电容器已充电,且负极板接地,如图4所示,板间有固定的正点电荷 $P$ ,它的电势能为 $E$ ,若将正极板平移到图中虚线位置时, $P$ 的电势能变为 $E'$ ,则( )

- A.  $E' > E$     B.  $E' < E$     C.  $E' = E$     D. 无法确定

**解析** 由  $E_{\text{场}} = \frac{U}{d}$      $C = \frac{Q}{U}$      $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$

得  $E_{\text{场}} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$

又因电容器所带电量 $Q$ 不变,因此 $E_{\text{场}}$ 不变. 电荷 $P$ 的电势能等于把 $P$ 移到 $B$ 板电场力所做的功,即

$$E_P = W_{PB} = qE_{\text{场}} d_{PB}$$

因此,正电荷 $P$ 的电势能不变,故选项 C 正确。

**答案** C

## 八、电荷量

电荷既不能创造,也不能消灭,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,电荷的总量保持不变,这个结论叫做电荷守恒定律。

**例8**  $A$ 、 $B$  为两个大小不等的导体球壳,已知 $A$ 的半径大于 $B$ 的半径,分别带有正电荷 $q$ 与 $2q$ ,如图5所示,若球壳 $B$ 与球壳 $A$ 接触一下后,将 $B$ 放进 $A$ 球壳内与内表面接触,则 $A$ 的带电情况是\_\_\_\_\_, $B$ 的带电情况是\_\_\_\_\_。

**解析** 球壳 $B$ 与球壳 $A$ 接触一下,电荷会在两球壳间转移, $A$ 、 $B$ 所带电荷都发生了变化. 将 $B$ 放进 $A$ 球壳内与内表面接触,达到静电平衡状态时, $B$ 的电荷会全部转移到 $A$ 的外表面,因此, $B$ 不带电. 电荷转移,总量保持不变,因此, $A$ 带电 $3q$ .

**答案**  $A$  带电 $3q$   $B$  不带电

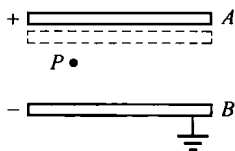


图4

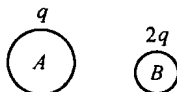


图5

心得体会 拓广 疑问

上页随手练参考答案:  
B、D



心得体会 拓广疑问

### 九、动量

两个带电小球,通过电场相互作用,如果合外力为零,那么两球的总动量保持不变。

**例9** 光滑绝缘水平面上有A、B两球,A质量为 $2m$ ,带 $2q$ 的正电,B质量为 $m$ ,带 $q$ 的负电,当B以速度 $v_0$ 离A而去的同时释放A球,如图6所示,则电势能的最大增量为多少?

**解析** 当A、B球速度相同时,A、B间距最大,电势能最大.A、B相互作用,总动量不变,设A、B的共同速度为 $v$ ,由动量守恒定律得

$$mv_0 = (m + 2m)v$$

解得

$$v = \frac{1}{3}v_0$$

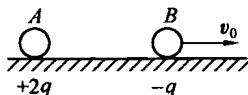


图6

因此,电势能的最大增量为

$$\Delta E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + 2m)v^2 = \frac{1}{3}mv_0^2$$

**答案** 电势能的最大增量为 $\frac{1}{3}mv_0^2$ 。

### 十、能量

电荷在电场中运动,电场力做正功,电势能转化为其他形式的能量,克服电场力做功,其他形式的能量转化为电势能,但总能量是不变的、守恒的。

**例10** 如图7所示,M、N为水平放置互相平行的两块大金属板,间距 $d = 35\text{ cm}$ ,两板间电压 $U = 3.5 \times 10^4\text{ V}$ .现有一质量 $m = 7.0 \times 10^{-6}\text{ kg}$ 、电荷量 $q = 6.0 \times 10^{-10}\text{ C}$ 的带负电的油滴,由N板正下方,距N板为 $h = 15\text{ cm}$ 的O处竖直上抛,经N板中间的P孔进入电场,欲使油滴到达上板Q点时速度为零,问油滴上抛的初速度 $v_0$ 多大?

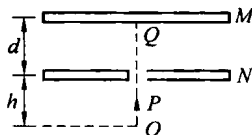


图7

**解析** 本题分以下两种情况考虑:

(1)若电场线由N指向M,带负电的油滴由O到Q,电场力做负功,机械能转化为电势能,总能量守恒,则

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - mg(d + h) = qU$$

解得

$$v_0 = \sqrt{2g(d + h) + \frac{2qU}{m}} = 4\text{ m/s}$$

(2)若电场线由M指向N,带负电的油滴由O到Q,电场力做正功,电势能转化为机械能,总能量守恒,则

$$qU = mg(d + h) - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{2g(d + h) - \frac{2qU}{m}} = 2\text{ m/s}$$

**答案** 若电场线由N指向M,则油滴上抛的初速度 $v_0$ 为 $4\text{ m/s}$ ;若电场线由M指向N,则油滴上抛的初速度 $v_0$ 为 $2\text{ m/s}$ 。



两块平行金属板带等量异号电荷,要使两板间的电压加倍,而板间的电场强度减半采用的办法有( )

- A. 两板的电量加倍,而距离变为原来的4倍
- B. 两板的电量加倍,而距离变为原来的2倍
- C. 两板的电量减半,而距离变为原来的4倍
- D. 两板的电量减半,而距离变为原来的2倍