

中学物理复习资料

下 册

湖北省中小学教学教材研究室
武汉师范学院
武昌实验中学 合编
武汉市教师进修学院

目 录

九、电场.....	(205)
十、直流电路.....	(232)
十一、磁场 电磁感应.....	(258)
十二、交流电路.....	(291)
十三、电子技术初步知识.....	(317)
十四、光学.....	(341)
十五、原子核物理基础.....	(383)
补充习题.....	(398)
附录一：物理量 量度公式及常用单位.....	(405)
附录二：物理常用常数.....	(416)

九、电 场

本章主要讨论电荷之间的相互作用及电场的基本性质，本章的重点是电场强度、电势和电势差。

(一) 库仑定律

1. 电荷 电荷有正电荷和负电荷两种，同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

2. 电量 物体所带电荷的多少叫电量。电量一般用符号 q (或 Q)表示。

电量的单位：

静电系单位电量、库仑。

1 库仑 = 3×10^9 静电系单位电量。

3. 点电荷 两任意形状的带电体，如果它们的线度的大小比它们之间的距离小得多时，我们就把这种带电体看作点电荷。

4. 库仑定律

(1) 内容：两个点电荷的相互作用力的大小跟每一个点电荷的电量成正比，而与它们之间距离的平方成反比；作用力的方向在两点电荷的连线上。

(2) 数学表示式：
$$F = K \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$$

上式中， q_1 、 q_2 分别为两点电荷的电量。

r 为两点电荷间的距离。

ε 为电介质的介电常数，因电介质的不同而不同。电介质的存在削弱了电荷间的相互作用。在真空中， $\varepsilon = 1$ 。在空气中， $\varepsilon \approx 1$ 。

F 为两点电荷间的作用力。

K 为比例常数。当电量的单位用“静电系单位电量”，距离用“厘米”为单位，力用“达因”为单位时， $K = 1$ 。此时公式为

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

(3)应着重理解的几点：

a.库仑定律只适用于点电荷。

b. $F = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$ 中， q_1 、 q_2 的单位为静电系单位电量，

r 的单位为厘米，计算出的力 F 的单位为“达因”。

c. 当 q_1 和 q_2 为同种电荷时，它们之间的相互作用力为斥力；当 q_1 和 q_2 为异种电荷时，它们之间的相互作用力为引力。在计算时，为了避免错误，可以不将表示电荷的电性的正负号代入公式计算，计算出力后，然后再依两电荷的性质及相对位置确定力的方向。

[例一]两个很小的金属球，各带电量为 $q_1 = 10 \times 10^{-9}$ 库仑， $q_2 = 20 \times 10^{-9}$ 库仑，放在变压器油中，相距3厘米时相互作用为100达因。求变压器油的介电常数。

已知： $q_1 = 10 \times 10^{-9}$ 库仑 = 30静电系单位电量

$q_2 = 20 \times 10^{-9}$ 库仑 = 60静电系单位电量

$F = 100$ 达因

$r = 3$ 厘米

求：介电常数 ϵ

解：采取厘米、克、秒制静电系单位时，库仑定律为

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

$$\text{故 } \epsilon = \frac{q_1 q_2}{F r^2} = \frac{30 \times 60}{100 \times 3^2} = 2$$

答：变压器油的介电常数为2。

〔例二〕如图9—1所示，在空气中同一直线上的A、B、C三点分别放置电量为 $q_A = 150$ 静电系单位电量， $q_B = -300$ 静电系单位电量， $q_C = 150$ 静电系单位电量的三个点电荷， $r_1 = 5$

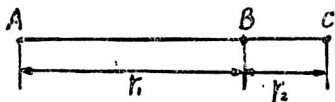


图9—1

厘米， $r_2 = 2$ 厘米。试求作用在每个点电荷上的力。

已知： $q_A = q_C = 150$ 静电系单位电量

$q_B = -300$ 静电系单位电量

$r_1 = 5$ 厘米 $r_2 = 2$ 厘米

q_A 、 q_B 、 q_C 在空气中 ($\epsilon = 1$)，且在同一直线上。

求：每个点电荷受的力

解：每个点电荷都受到其它两个点电荷的作用力，所以每个点电荷受的力是其它两个点电荷对它作用力的合力。

$$\begin{aligned} q_A \text{ 和 } q_B \text{ 间相互作用力 } F_{AB} &= \frac{q_A q_B}{r_1^2} = \frac{150 \times 300}{5^2} \\ &= 1800 \text{ (达因)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_A \text{ 和 } q_C \text{ 间相互作用力 } F_{AC} &= \frac{q_A q_C}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{150 \times 150}{7^2} \\ &= 459 \text{ (达因)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_B \text{ 和 } q_C \text{ 间相互作用力 } F_{BC} &= \frac{q_B q_C}{r_2^2} = \frac{300 \times 150}{2^2} \\ &= 11250 \text{ (达因)} \end{aligned}$$

由图 9—2(a)点电荷 q_A 受的力为

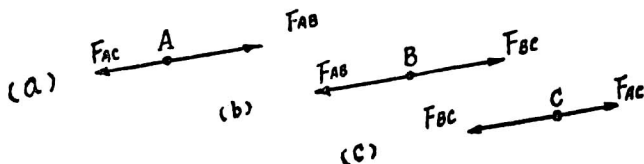


图 9—2

$F_A = F_{AB} - F_{AC} = 1800 - 459 = 1341$ (达因), 方向指向 B。

由图 9—2(b)点电荷 q_B 受的力为

$F_B = F_{BC} - F_{AB} = 11250 - 1800 = 9450$ (达因), 方向指向 C。

由图 9—2(C)点电荷 q_C 受的力为

$F_C = F_{BC} - F_{AC} = 11250 - 459 = 10791$ (达因), 方向指向 B。

答: A点受1341达因的力, 方向指向B;

B点受9450达因的力, 方向指向C;

C点受10791达因的力, 方向指向B。

〔例三〕在真空中两个固定的点电荷 $q_1 = 1500$ 静电系单位电量, $q_2 = 900$ 静电系单位电量, 它们之间距离为15厘米。若再引入第三个带正电荷的点电荷, 应该把它放在什么地方才能处于平衡状态?

已知: $q_1 = 1500$ 静电系单位电量

$q_2 = 900$ 静电系单位电量

$d = 15$ 厘米

求: 第三个正电荷 q_3 受力平衡的位置

解: 假如 q_3 引入后处于平衡状态, 那么它所受 q_1 与 q_2 的

作用力，必定是一对平衡力，所以 q_3 一定位于 q_1 和 q_2 的连线上，且在 q_1 和 q_2 之间的某一点上。

如图 9—3 所示，设 q_3 距离 q_1 为 r 厘米，则 q_1 对 q_3 的斥力 $F_1 = \frac{q_1 q_3}{r^2}$ ， q_2 对 q_3 的斥力 $F_2 = \frac{q_2 q_3}{(d-r)^2}$ ，若要 q_3 处于平衡状态，则 $F_1 = F_2$ ，故

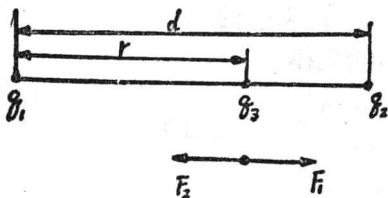


图 9—3

$$\frac{q_1 q_3}{r^2} = \frac{q_2 q_3}{(d-r)^2}$$

整理后得： $(q_1 - q_2)r^2 - 2dq_1r + q_1d^2 = 0$

即： $(1500 - 900)r^2 - 2 \times 15 \times 1500 \times r + 1500 \times 15^2 = 0$
 $2r^2 - 150r + 1125 = 0$ 。

$r_1 = 10.3$ (厘米) $r_2 = 64.7$ (厘米)

方程的第二个根 $r_2 = 64.7$ 厘米，意味着 q_3 应在 q_2 的右方。如果 q_3 在 q_2 的右方，则它所受 q_1 、 q_2 的作用力都是向右的，不可能处于平衡状态，与题意不合，所以根 r_2 应舍去。

答： q_3 应放在 q_1 与 q_2 之间，且在它们的连线上，离 q_1 10.3 厘米处。

〔例四〕如图 9—4 所示，三个点电荷位于真空中 A、B、C 三点，这三点的连线构成一等腰三角形。已知 $q_A = 10$ 静电系单位电量， $q_B = 50$ 静电系单位电量， $q_C = -30$ 静电系单位电量，三角形的边长为 10 厘米。求 q_A 所受的力的大小。

已知: $AB = BC = CA = 10$
厘米 $q_A = 10$ 静电系单位电量
 $q_B = 50$ 静电系单位电量 $q_C =$
 -30 静电系单位电量 $\epsilon = 1$

求: q_A 受的力 F

解: q_A 受两个力的作用:
 q_B 对 q_A 的作用力 F_B , q_C 对 q_A 的
作用力 F_C 。根据库仑定律

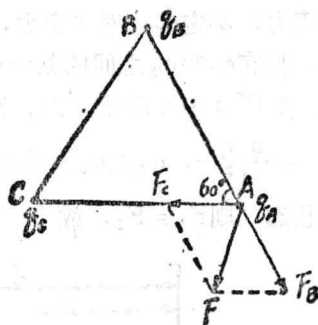


图 9-4

$$F_B = \frac{50 \times 10}{10^2} = 5 \text{ (达因)}$$

$$F_C = \frac{30 \times 10}{10^2} = 3 \text{ (达因)}$$

q_A 所受的力的大小, 就是这两个力的合力的量值。

$$F = \sqrt{F_B^2 + F_C^2 - 2F_B F_C \cos 60^\circ}$$

$$= \sqrt{5^2 + 3^2 - 2 \times 5 \times 3 \times 0.5} = 4.36 \text{ (达因)}$$

答: q_A 所受的力的大小为 4.36 达因。

〔例五〕已知氢原子的核外电子的轨道半径为 0.53×10^{-8} 厘米, 原子核的质量为 1.7×10^{-24} 克, 电子的质量为 9.1×10^{-28} 克, 电子的电量为 4.8×10^{-10} 静电系单位电量, 求电子绕核运动的线速度和周期。

已知: $M = 1.7 \times 10^{-24}$ 克 $m = 9.1 \times 10^{-28}$ 克

$r = 0.53 \times 10^{-8}$ 厘米 $q = 4.8 \times 10^{-10}$ 静电系单位电

量

求: 电子绕核运动的线速度和周期

解: 氢的核外电子绕核的运动, 可以看成是匀速圆周运动。作用在电子上向心力主要来源于核与电子之间的静电作用

力，核和电子间的万有引力与静电力相比很小，可忽略不计。

根据库仑定律

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q^2}{r^2} \quad (\text{氢原子核的电量与电子的电量相等})$$

量相等)

作匀速圆周运动的电子所需的向心力

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{q^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \frac{q}{\sqrt{mr}} = \frac{4.8 \times 10^{-10}}{\sqrt{9.1 \times 10^{-28} \times 0.53 \times 10^{-8}}} \\ = 2.2 \times 10^8 \text{ (厘米/秒)}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.53 \times 10^{-8}}{2.2 \times 10^8} \\ = 1.5 \times 10^{-16} \text{ (秒)}$$

答：电子绕核运动的线速度为 2.2×10^8 厘米/秒，周期为 1.5×10^{-16} 秒。

(二) 电场 电场强度

1. 电场 电荷周围的空間存在着一种特殊的物质，这种物质不同于由原子、分子等所构成的实物，是物质的另一种形态。电荷之间的相互作用就是通过这种物质发生的，这种物质叫电场。

静止电荷周围空間存在的电场叫做静电场。本单元讨论的都是静电场。

2. 电场强度

(1) 电场强度：是表征电场强弱程度的物理量，或者说是

描述电场的力的性质的物理量。电场强度是矢量，电场中某点的电场强度的方向就是放在该点的正检验电荷所受的电场力的方向。

(2)数学表示式: $E = \frac{F}{q}$

上式中, E 为电场中某点的电场强度, F 为放在那点的检验电荷所受的电场力, q 为检验电荷的电量。

(3)单位:

a. 静电系单位电场强度

$$1 \text{ 静电系单位电场强度} = \frac{1 \text{ 达因}}{1 \text{ 静电系单位电量}}$$

b. $\frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}}$ (或 伏/米)

$$1 \frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}} = \frac{1 \text{ 牛顿} \cdot \text{米}}{\text{库仑} \cdot \text{米}} = 1 \frac{\text{焦耳}}{\text{库仑} \cdot \text{米}} = 1 \text{ 伏/米}$$

C. 换算关系:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 伏/米} &= 1 \frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}} = \frac{10^5 \text{ 达因}}{3 \times 10^9 \text{ 静电系单位电量}} \\ &= \frac{1}{3 \times 10^4} \text{ 静电系单位电场强度} \end{aligned}$$

$$1 \text{ 伏/厘米} = \frac{1}{300} \text{ 静电系单位电场强度}$$

(4)点电荷电场的电场强度

根据库仑定律 $F = \frac{Qq}{\epsilon r^2}$ 代入 $E = \frac{F}{q}$, 得

$$E = \frac{Q}{\epsilon r^2}$$

上式中, 如 Q 的单位为静电系单位电量, r 的单位为厘米,