

颜兴滂 胡美文 黄秀清 编著
冯珞玕 凌甘宁 陈小凤

哈里德物理学习题解答

(第二卷)

科学出版社

哈里德物理学习题解答

(第二卷)

颜兴滂 胡美文 黄秀清 编著
冯路玕 凌甘宁 陈小凤



科学出版社

1986

内 容 简 介

本书目的是为帮助和配合我国读者自学哈里德等著《物理学》一书时参考。本书对《物理学》第二卷中的习题进行了较为详尽的解答，力求概念准确，思路清楚，分析恰当，方法简练。

本书可供我国大专院校理工科师生及科技人员参考。

2577/30 04

哈里德物理学习题解答

(第二卷)

颜兴滂 胡美文 黄秀清 编著
冯路玕 凌甘宁 陈小凤

责任编辑 荣毓敏 韦秀清

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年12月第一版 开本：850×1168 1/32

1986年12月第一次印刷 印张：20 7/8

印数：0001—7,900 字数：557,000

统一书号：13031·3349

本社书号：4188·13—3

定价：5.85元

目 录

第二十六章	电荷与物质	1
第二十七章	电场	20
第二十八章	高斯定律	53
第二十九章	电势	75
第三十章	电容器与电介质	112
第三十一章	电流与电阻	143
第三十二章	电动势与电路	163
第三十三章	磁场	205
第三十四章	安培定律	241
第三十五章	法拉第电磁感应定律	280
第三十六章	电感	311
第三十七章	物质的磁性	335
第三十八章	电磁振荡	349
第三十九章	交变电流	367
第四十章	麦克斯韦方程	393
第四十一章	电磁波	412
第四十二章	光的本性与传播	438
第四十三章	平面波在平面上的反射与折射	456
第四十四章	球面波在球面上的反射与折射	477
第四十五章	光的干涉	513
第四十六章	光的衍射	544
第四十七章	光栅与光谱	565
第四十八章	光的偏振	596
第四十九章	光与量子物理学	611
第五十章	波与粒子	648

第二十六章 电荷与物质

1 两个相距 5.0×10^{-10} 米的相同的正离子之间的静电力是 3.7×10^{-9} 牛顿。问：(a) 每个离子上所带电量是多少？(b) 每个离子失去了多少个电子？

解 (a) 设每个离子上所带电量是 q ，根据库仑定律

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2},$$

得

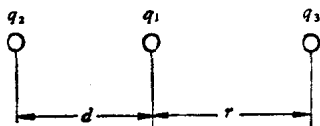
$$\begin{aligned} q &= r\sqrt{4\pi\epsilon_0 F} \\ &= 5.0 \times 10^{-10} \sqrt{\frac{3.7 \times 10^{-9}}{9.0 \times 10^9}} \\ &= 3.2 \times 10^{-19} \text{ 库仑。} \end{aligned}$$

(b) 因为每个电子的电量是 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑，所以每个离子失去的电子数为

$$n = \frac{q}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \text{ 个}$$

2 两个固定电荷，电量分别为 $+1.0 \times 10^{-6}$ 库仑和 -3.0×10^{-6} 库仑，相距 10 厘米。试问：(a) 第三个电荷应放在何处才能不受力的作用？(b) 该第三个电荷的平衡是稳定的还是不稳定的？

解 (a) 第三个电荷 q_3 必须放在固定电荷 $q_1 = +1.0 \times 10^{-6}$ 库仑和 $q_2 = -3.0 \times 10^{-6}$ 库仑的连线上，且在 q_1 的外侧



习题 26-2

(如图所示) 才能不受力的作用。设 q_3 距 q_1 为 r , q_1 与 q_2 间相距 $d = 10$ 厘米, 则

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{(r+d)^2} = 0,$$

即

$$q_1(r+d)^2 + q_2 r^2 = 0,$$

$$r^2 - 10r - 50 = 0,$$

得

$$r = 13.7 \text{ 厘米}.$$

(b) 当 q_3 离开 $r = 13.7$ 厘米处且偏离 q_1 和 q_2 的连线时受到的力不是指向 $r = 13.7$ 厘米处, 因此这第三个电荷的平衡不是稳定的。

3 两个小球都带正电, 总共带有电荷 5.0×10^{-5} 库仑。如果当这两个小球相距 2.0 米时, 任一球受另一球之斥力为 1.0 牛顿。试问总电荷在两球上是如何分配的?

解 设甲球带电 q_1 , 乙球带电 $q_2 = (5.0 \times 10^{-5} - q_1)$, 由库仑定律可知两球间的斥力为

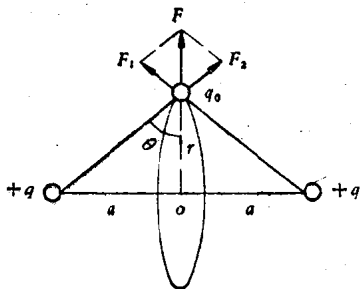
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1(5.0 \times 10^{-5} - q_1)}{(2.0)^2} = 1.0,$$

得

$$q_1^2 - 5.0 \times 10^{-5} q_1 + \frac{4}{9.0 \times 10^9} = 0,$$

$$q_1 = 3.8 \times 10^{-5} \text{ 库仑}.$$

所以甲球带电 $q_1 = 3.8 \times 10^{-5}$ 库仑, 乙球带电 $q_2 = 5.0 \times 10^{-5} - 3.8 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-5}$ 库仑。



习题 26-4

4 两个相同的正的点电荷的距离保持为 $2a$ 。一个检验用的点电荷放在通过上述两电荷连线中点且与连线垂直的平面上。(a) 要使检验电荷受到最大的力, 在这平面上的这个检验电荷必须位于以两电荷连线中点为圆心的一个圆周上。试计算该圆的半径

r. (b) 假设检验电荷是正的, 则此最大力的方向为何?

解 根据题意作示意图.

(a) 由图得检验电荷 q_0 在半径为 r 的圆周上受到的力为

$$F = 2F_1 \cos \theta,$$

而

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{a^2 + r^2},$$

$$\cos \theta = \frac{r}{(a^2 + r^2)^{1/2}},$$

得

$$F = \frac{qq_0}{2\pi\epsilon_0} \frac{r}{(a^2 + r^2)^{3/2}}.$$

如欲使 F 具有最大值, 则应有

$$\frac{dF}{dr} = \frac{d}{dr} \left(\frac{qq_0}{2\pi\epsilon_0} \frac{r}{(a^2 + r^2)^{3/2}} \right) = 0,$$

即
$$\frac{qq_0}{2\pi\epsilon_0} \frac{(a^2 + r^2) - 3r^2}{(a^2 + r^2)^{5/2}} = \frac{qq_0}{2\pi\epsilon_0} \frac{a^2 - 2r^2}{(a^2 + r^2)^{5/2}} = 0,$$

因此

$$r = \frac{\sqrt{2}}{2} a.$$

即当检验电荷受到最大的力时 $r = \frac{\sqrt{2}}{2} a$.

(b) 如若检验电荷是正的, 则此最大的力的方向垂直于两电荷的连线且沿圆半径向外.

5 把某一电荷 Q 分成 q 与 $(Q - q)$ 两部分, 且此两部分相隔一定距离. 如要使这两部分有最大库仑斥力, 则 Q 与 q 有什么关系?

解 设电荷 Q 分成 q 与 $(Q - q)$ 两部分, 且此两部分都当点电荷看待, 它们之间相隔的距离为 a , 则这两部分电荷间的库仑斥力为

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(Q - q)}{a^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a^2} (Qq - q^2) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left[\frac{Q^2}{4} - \left(q - \frac{Q}{2} \right)^2 \right], \end{aligned}$$

由上式可知当 $q = \frac{Q}{2}$ 时,这两部分电荷间的库仑斥力

$$F = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{a^2}$$

为最大。

6 若两个质子相互作用的电斥力等于一个质子在地球表面的重量,问这两个质子必须相距多远? 质子的质量是 1.7×10^{-27} 千克。

解 质子的电荷 $q = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑,两个质子相距为 r 时相互作用的电斥力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}.$$

质子的质量 $m = 1.7 \times 10^{-27}$ 千克,它在地球表面的重量为

$$P = mg,$$

若

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = mg,$$

则

$$r = q \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0 mg}}$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times \sqrt{\frac{9.0 \times 10^9}{1.7 \times 10^{-27} \times 9.8}}$$

$$= 0.12 \text{ 米.}$$

7 两个相同的正电荷 Q , 固定在相距 $2a$ 的位置上。一个正的检验电荷,位于它们连线的中点,所受的力为零。如果将检验电荷 (a) 朝着一个电荷或 (b) 朝着与电荷连线垂直的方向移动一很短距离,求作用在检验电荷上的力的方向。在每种情况下检验电荷的平衡是稳定的还是不稳定的?

解 (a) 当检验电荷沿两电荷连线向任一电荷方向移动一很短距离时,检验电荷受到的合力的方向总是指向连线的中点,因此它的平衡是稳定的。

(b) 当检验电荷沿垂直于连线方向移动一很短距离时, 检验电荷受到的合力的方向总是指向离开连线中点, 因此它的平衡是不稳定的。

8 两个自由点电荷 $+q$ 与 $+4q$ 相隔距离 l 。第三个电荷放得恰使整个系统处于平衡。求第三个电荷的位置、电量与符号。

解 第三个电荷 Q 必须放于两自由点电荷的连线上且在两电荷之间。设电荷 Q 放在距 $+q$ 为 x 处时, 系统恰好平衡, 此时,

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4qQ}{(l-x)^2} = 0,$$

和
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4qq}{l^2} = 0,$$

从上面两式解得
$$x = \frac{1}{3} l,$$

$$Q = -\frac{4}{9} q.$$

9 两个相同的小球, 质量都是 m , 带等值同号的电荷 q , 各用长为 l 的丝线悬挂于一点, 如图所示。假设 θ 很小, 以致 $\tan\theta$ 可近似地用 $\sin\theta$ 代替。(a) 试证以下的近似等式

$$x = \left(\frac{q^2 l}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/3}$$

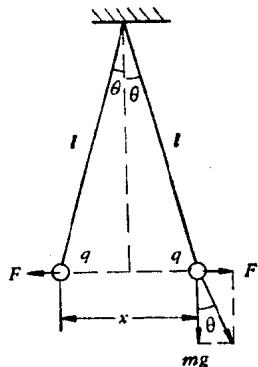
式中 x 为两球间的距离。(b) 如果 $l = 120$ 厘米, $m = 10$ 克, $x = 5.0$ 厘米, 则 q 为多大?

解 (a) 每个小球所受的静电斥力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2},$$

它与其重力之间的关系为

$$\frac{F}{mg} = \tan\theta,$$



习题 26-9

又 θ 很小, $\tan\theta \approx \sin\theta = \frac{x}{2}/l$, 因此有

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = \frac{x}{2l},$$

解得

$$x = \left(\frac{q^2 l}{2\pi\epsilon_0 m g} \right)^{1/3}.$$

(b) 从上式解出 q 得

$$q = \left(\frac{2\pi\epsilon_0 m g x^3}{l} \right)^{1/2},$$

如果 $l = 120$ 厘米, $m = 10$ 克, $x = 5.0$ 厘米则

$$q = \left(\frac{2 \times 3.14 \times 8.9 \times 10^{-12} \times 1.0 \times 10^{-2} \times 9.8 \times 5.0^3 \times 10^{-6}}{1.20} \right)^{1/2}$$

$$= \pm 2.4 \times 10^{-8} \text{ 库仑}.$$

10 假设习题 9 中每个球均以 1.0×10^{-9} 库仑/秒的速率在失掉电荷。试问两球最初相互接近的瞬时相对速率 ($= dx/dt$) 是多少?

解 将习题 9 中解得的

$$q = \left(\frac{2\pi\epsilon_0 m g}{l} \right)^{1/2} x^{3/2},$$

对时间 t 求导数

$$\frac{dq}{dt} = \frac{3}{2} \left(\frac{2\pi\epsilon_0 m g}{l} \right)^{1/2} x^{1/2} \frac{dx}{dt},$$

得

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2}{3} \left(\frac{l}{2\pi\epsilon_0 m g x} \right)^{1/2} \frac{dq}{dt};$$

代入数据计算得两球最初相互接近的瞬时相对速率为

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2}{3} \times \left(\frac{1.2}{2 \times 3.14 \times 8.9 \times 10^{-12} \times 9.8 \times 10^{-2} \times 0.050} \right)^{1/2}$$

$$\times 1.0 \times 10^{-9}$$

$$= 1.4 \times 10^{-5} \text{ 米/秒}.$$

11 如果图 26-9 的两小球是导体, (a) 问一个小球放电后将发生什么情况? (b) 求新的平衡间距.

解 (a) 当一球放电后, 两球在重力作用下向铅垂线运动, 相碰后, 未放电的一球所带的电荷 q 将重新分布于两球上, 每球带电 $\frac{1}{2}q$, 又互斥至新的平衡位置.

(b) 设两球新的平衡间距为 x' , 以 $\frac{1}{2}q$ 代替习题 9(a) 的结果中的 q 就得

$$x' = \left(\frac{q^2 l}{8\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/3},$$

将习题 9 中的数据 $l = 120$ 厘米, $m = 10$ 克, $q = 2.4 \times 10^{-8}$ 库仑代入上式, 求得两球新的平衡间距为

$$\begin{aligned} x' &= \left[\frac{(2.4 \times 10^{-8})^2 \times 1.20}{8 \times 3.14 \times 8.9 \times 10^{-12} \times 1.0 \times 10^{-2} \times 9.8} \right]^{1/3} \\ &= 3.2 \text{ 厘米.} \end{aligned}$$

12 固定在 xy 平面内的两个带电质点的电荷与坐标分别为: $q_1 = +3.0 \times 10^{-6}$ 库仑; $x_1 = 3.5$ 厘米, $y_1 = 0.50$ 厘米, 而 $q_2 = -4.0 \times 10^{-6}$ 库仑; $x_2 = -2.0$ 厘米, $y_2 = 1.5$ 厘米. (a) 求作用在 q_2 上的力的大小与方向. (b) 应在何处放置第三个电荷 $q_3 = +4.0 \times 10^{-6}$ 库仑才能使作用在 q_2 上的合力为零?

解 (a) 根据库仑定律, 作用在 q_2 上的力的大小为

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \\ &= \frac{9.0 \times 10^9 \times 3.0 \times 10^{-6} \times 4.0 \times 10^{-6}}{(-2.0 \times 10^{-2} - 3.5 \times 10^{-2})^2 + (1.5 \times 10^{-2} - 0.50 \times 10^{-2})^2} \\ &= 35 \text{ 牛顿,} \end{aligned}$$

$$\text{力的方位} \quad \theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{1.0}{-5.5}$$

$$= -10.3^\circ.$$

(b) 设第三个电荷 q_3 位于 x_3, y_3 处使作用在 q_2 上的合力为零, 则有

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_2}{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2},$$

要 q_1 和 q_3 作用在 q_2 的合力为零, 三个电荷要在同一直线上, 因此

$$\frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

将已知数据代入上面两式得

$$(-2.0 - x_3)^2 - (1.5 - y_3)^2 = 42,$$

和 $(1.5 - y_3) = -0.18x(-2.0 - x_3);$

联解得 $x_3 = -8.4$ 厘米,

$$y_3 = 2.7 \text{ 厘米.}$$

13 两个相同的导电球带有异号电荷。当两球相距 0.500 米时, 相互以 0.108 牛顿的力吸引。将两球用导线相连, 然后撤去导线, 这时两球相互以 0.0360 牛顿的力排斥, 问两球原来各带多少电荷?

解 设两球原来带的电荷各为 q_1 和 q_2 , 相距 $r = 0.500$ 米, 把带电球看成点电荷, 则其相互的吸引力为

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

当两球用导线连接后撤去导线, 则每球带有电荷 $\frac{q_1 - q_2}{2}$, 其斥力 F_2

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(\frac{q_1 - q_2}{2}\right)^2}{r^2},$$

将 $r = 0.500$ 米, $F_1 = -0.108$ 牛顿, $F_2 = 0.0360$ 牛顿代入上面两式得

$$q_1 q_2 = 4\pi\epsilon_0 r^2 F_1 = \frac{(0.500)^2 \times (-0.108)}{9.0 \times 10^9}$$

$$= -3.00 \times 10^{-12} \text{ 库仑}^2,$$

$$q_1 - q_2 = \pm 2\sqrt{4\pi\epsilon_0 r^2 F_2} = \pm 2\sqrt{\frac{(0.500)^2 \times 0.0360}{9.0 \times 10^9}}$$

$$= \pm 2.00 \times 10^{-6} \text{ 库仑};$$

联解得

$$q_1 = \pm 1.00 \times 10^{-6} \text{ 库仑},$$

$$q_2 = \mp 3.00 \times 10^{-6} \text{ 库仑}.$$

14 两个学工程的学生(约翰,重 200 磅;和玛丽,重 100 磅)相距 100 英尺. 让他们各带有占身上总正、负电荷的 0.01% 的净电荷,一个学生带正电,另一个学生带负电. 试大致估计他们之间静电吸引力的大小. (提示:用两个质量相当的水质球代替两个学生.)

解 每个水分子具有 $+10 \times 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑的正电荷和 $-10 \times 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑的负电荷. 每磅水(= 454 克)共有水分子数为

$$n = \frac{454 \times 6.023 \times 10^{23}}{18} = 1.5 \times 10^{25} \text{ 个}.$$

如学生的体重以相当的水质球代替. 则约翰带有正电荷为

$$q_1 = 200 \times 1.5 \times 10^{25} \times (+1.6 \times 10^{-18}) \times 0.01\%$$

$$= +4.8 \times 10^5 \text{ 库仑},$$

玛丽带有负电荷为

$$q_2 = -2.4 \times 10^5 \text{ 库仑},$$

所以约翰与玛丽之间的相互静电吸引力的大小为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9.0 \times 10^9 \times 4.8 \times 10^5 \times 2.4 \times 10^5}{\left(\frac{100}{3.28}\right)^2}$$

$$= 1.1 \times 10^{18} \text{ 牛顿}.$$

15 两个带有相等电荷的质点,相隔 3.2×10^{-3} 米,由静止释放. 观察到第一个质点的加速度为 7.0 米/秒²,第二个质点的加速度为 9.0 米/秒². 若第一个质点的质量为 6.3×10^{-7} 千克,试问:
(a) 第二个质点的质量是多少? (b) 每个质点所带电量是多少?

解 因为 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = m_1 a_1 = m_2 a_2$,

所以 (a) 第二个质点的质量为

$$m_2 = \frac{a_1}{a_2} m_1 = \frac{7.0}{9.0} \times 6.3 \times 10^{-7} = 4.9 \times 10^{-7} \text{ 千克,}$$

(b) 每个质点所带的电量为

$$\begin{aligned} q &= r \sqrt{4\pi\epsilon_0 m_1 a_1} \\ &= 3.2 \times 10^{-3} \times \sqrt{\frac{7.0 \times 6.3 \times 10^{-7}}{9.0 \times 10^9}} \\ &= 7.1 \times 10^{-11} \text{ 库仑.} \end{aligned}$$

16 (a) 从一铜币(假定质量为 3.1 克)中必须取出多少电子才能使它带电 $+1.0 \times 10^{-7}$ 库仑? (b) 这个电子数目相当于该铜币总电子数的百分之几?

解 (a) 因为每个电子的电荷为 1.6×10^{-19} 库仑,所以要使铜币带电 $+1.0 \times 10^{-7}$ 库仑必须取出的电子数目为

$$n = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.3 \times 10^{11} \text{ 个.}$$

(b) 一铜币总电子数为

$$N = \frac{3.1 \times 6.023 \times 10^{23} \times 29}{63.55} = 8.5 \times 10^{23} \text{ 个,}$$

所以移去的电子数目相当于铜币总电子数的

$$\frac{n}{N} \times 100\% = \frac{6.3 \times 10^{11}}{8.5 \times 10^{23}} \times 100\% = 7.4 \times 10^{-11}\%.$$

17 (a) 必须在地球和月球上各放多大的相等正电荷,才能抵消它们之间的万有引力? (b) 为了解答这个问题,是否必须知道月球和地球之间的距离? (c) 要有多少吨的氢气才能提供 (a) 中

所算出的正电荷?

解 (a) 地球的质量 $m_1 = 5.98 \times 10^{24}$ 千克, 月球的质量 $m_2 = 7.35 \times 10^{22}$ 千克, 地球与月球间的万有引力为

$$F_1 = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

如果地球和月球上各放 q 的正电荷, 则它们之间的静电斥力为

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2},$$

要使静电斥力抵消万有引力, 则

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

即

$$\begin{aligned} q &= \sqrt{4\pi\epsilon_0 G m_1 m_2} \\ &= \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24} \times 7.35 \times 10^{22}}{9.0 \times 10^9}} \\ &= 5.7 \times 10^{13} \text{ 库仑.} \end{aligned}$$

(b) 解答(a)的问题, 不需要知道月球和地球之间的距离。因为引力和库仑力都与距离平方成反比, 因此两力平衡时, 月球和地球间的距离消去了。

(c) 一吨氢气具有正电荷

$$Q = \frac{1000 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}} = 9.6 \times 10^{10} \text{ 库仑,}$$

所以要提供 (a) 中所算出的正电荷必须有的氢气吨数为

$$n = \frac{q}{Q} = \frac{5.7 \times 10^{13}}{9.6 \times 10^{10}} = 5.9 \times 10^2 \text{ 吨.}$$

18 粗略地估计一下一杯水中正电荷有多少库仑? 设杯中水的体积为 250 厘米³。

解 杯中水的克分子数为

$$n = \frac{250}{18} = 13.9,$$

这杯水的分子总数为

$$N = 6.00 \times 10^{23} \times 13.9 = 8.37 \times 10^{24} \text{ 个,}$$

因为每个水分子具有正电荷为

$$q_0 = 1.6 \times 10^{-18} \text{ 库仑,}$$

所以这杯水具有正电荷为

$$\begin{aligned} Q &= Nq_0 = 8.37 \times 10^{24} \times 1.6 \times 10^{-18} \\ &= 1.34 \times 10^7 \text{ 库仑.} \end{aligned}$$

19 宇宙射线中的质子,射进地球上层大气的平均速率(对地球所有表面求平均)是 0.15 质子/厘米²·秒. 试问,地球从宇宙射线中(由大气外射入)的质子所得到的总电流是多少? 地球半径为 6.4×10^6 米.

解 每个质子的电荷为 1.6×10^{-19} 库仑,地球从宇宙射线的质子所得到的电流密度为

$$j = 0.15 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.4 \times 10^{-20} \text{ 安培/厘米}^2,$$

所以地球从宇宙射线的质子所得到的总电流为

$$\begin{aligned} I &= 4\pi r^2 \cdot j \\ &= 4 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6)^2 \times 2.4 \times 10^{-20} \\ &= 0.12 \text{ 安培.} \end{aligned}$$

20 三个带电质点位于一直线上,相隔距离为 d , 电荷 q_1 与 q_2 是固定的. 如果 q_3 可以自由移动,但实际上保持静止,则 q_1 与 q_2 的关系如何?

解 q_3 受到的合力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{4d^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{d^2},$$

要使 q_3 保持静止,则

$$F = 0,$$

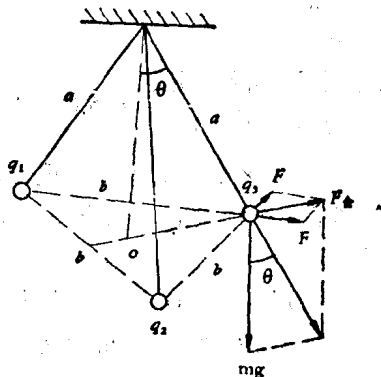
得

$$q_1 = -4q_2,$$

即 q_1 的量值为 q_2 的四倍, q_1 与 q_2 要异号.

21 有三个小球,质量各为 10 克,各以 1.0 米长的丝线悬挂在同一点上. 此三小球带了等值同号电荷, 刚好位于边长为 0.1 米的等边三角形的三个顶点上. 问每个小球的电荷是多少?

解 如图 21-21 所示, 丝线长 $a = 1.0$ 米, 等边三角形边长 $b = 0.1$ 米, 三个小球的电荷 $q_1 = q_2 = q_3 = q$, q_3 受 q_1 与 q_2 的斥



习题 26-21

力都是

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{b^2},$$

合斥力为

$$\begin{aligned} F_{\text{合}} &= 2F \cos 30^\circ \\ &= \frac{\sqrt{3} q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}. \end{aligned}$$

小球平衡时, 其静电斥力与重力之间的关系为

$$\frac{F_{\text{合}}}{mg} = \tan \theta,$$

因丝线与铅垂线之间的夹角 $\theta = \arcsin \frac{\sqrt{3}}{30} = 3.3^\circ$ 很小, 所以

$$\tan \theta \approx \sin \theta = \frac{\frac{2}{3} b \sin 60^\circ}{a} = \frac{\sqrt{3}}{30}.$$

于是

$$\frac{\frac{\sqrt{3} q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}}{mg} = \frac{\sqrt{3}}{30},$$