

图 (b)

由实验曲线可知, 随着电压的增加小灯泡的电阻增大(填“增大”“不变”或“减小”), 灯丝的电阻率增大(填“增大”“不变”或“减小”).

(3) 用另一电源 $E_0$ (电动势4V, 内阻1.00Ω)和题给器材连接成图(b)所示的电路, 调节滑动变阻器R的阻值, 可以改变小灯泡的实际功率. 闭合开关S, 在R的变化范围内, 小灯泡的最小功率为 0.39 W, 最大功率为 1.17 W.(结果均保留2位小数)

24. (12分)

一质量为 $8.00 \times 10^4$  kg的太空飞船从其飞行轨道返回地面, 飞船在离地面高度 $1.60 \times 10^5$  m处以 $7.50 \times 10^3$  m/s的速度进入大气层, 速度减慢至速度为100 m/s时下落至地面. 地面为重力势能零点, 在飞船下落过程中, 重力加速度可视为常量, 大小取为 $9.8$  m/s<sup>2</sup>. (结果保留2位有效数字)

(1) 分别求出该飞船着地前瞬间的机械能和它进入大气层时的机械能;

(2) 求飞船从离地面高度600m处至着地前瞬间的过程中克服阻力所做的功, 已知飞船在该处的速度大小是其进入大气层时速度大小的2.0%.

解: (1) 飞船着地前瞬间的机械能为

$$E_{\text{末}} = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

式中, m和 $v_0$ 分别是飞船的质量和着地前瞬间的速度. 由①式和题给数据得

$$E_{\text{末}} = 4.0 \times 10^{12} \text{ J} \quad (2)$$

设地面附近的重力加速度大小为g. 飞船进入大气层时的机械能为

$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh \quad (3)$$

式中,  $v_0$ 是飞船在高度 $1.6 \times 10^5$  m处的速度大小. 由③式和题给数据得

$$E_0 = 2.4 \times 10^{12} \text{ J} \quad (4)$$

(2) 飞船在高度 $H = 600$  m处的机械能为

$$E_p = \frac{1}{2}m\left(\frac{1.0}{100}v_0\right)^2 + mgH \quad (5)$$

29

由功能原理得

$$W = E_0 - E_{\text{末}}$$

式中, W是飞船从高度600m处至着地前瞬间的过程克服阻力所做的功. 由②⑤⑥式和题给数据得

$$W = 9.7 \times 10^8 \text{ J} \quad (7)$$

25. (20分)

真空中存在电场强度大小为 $E_0$ 的匀强电场, 一带油滴在该电场中竖直向上做匀速直线运动, 速度大小为 $v_0$ . 在油滴处A位置时, 将电场强度的大小突然增大到某值, 但保持其方向不变. 持续一段时间 $t_0$ 后, 又突然将电场反向, 但保持其大小不变; 再持续同样一段时间后, 油滴运动到B点. 重力加速度大小为g.

(1) 求油滴运动到B点时的速度.

(2) 求增大后的电场强度的大小; 为保证后来的电场强度比原来的的大, 试给出相应的 $t_0$ 和 $v_0$ 应满足的条件. 已知不存在电场时, 油滴以初速度 $v_0$ 做竖直上抛运动的最大高度恰好等于B、A两点间距离的两倍.

解:

(1) 设油滴质量和电荷量总和为m和q. 油滴速度方向向上为正. 油滴在电场强度大小为 $E_0$ 的匀强电场中做匀速直线运动, 匀强电场方向向上. 在 $t=0$ 时, 电场强度突然从 $E_0$ 增加至 $E_1$ 时, 油滴做竖直向上的匀加速运动. 加速度方向向上, 大小 $a_1$ , 满足

$$qE_1 - mg = ma_1 \quad (1)$$

油滴在时刻 $t_0$ 的速度为

$$v_1 = v_0 + a_1 t_0 \quad (2)$$

电场强度在时刻 $t_0$ 突然反向, 油滴做匀变速运动, 加速度方向向下, 大小 $a_2$ , 满足

$$qE_2 + mg = ma_2 \quad (3)$$

油滴在时刻 $t_1 = 2t_0$ 的速度为

$$v_2 = v_1 - a_2 t_0 \quad (4)$$

由①②③④式得

$$v_2 = v_0 - 2gt_0 \quad (5)$$

(2) 由题意, 在 $t=0$ 时刻前有

$$qE_0 = mg \quad (6)$$

油滴从 $t=0$ 到时刻 $t_1$ 的位移为

$$s_1 = v_0 t_0 - \frac{1}{2}a_1 t_0^2 \quad (7)$$

油滴在从时刻 $t$ 到时刻 $t_2 = 2t$ 的时间间隔内的位移为

$$s_2 = v_1 t_0 - \frac{1}{2}a_2 t_0^2 \quad (8)$$

由题给条件有

$$s_2^2 = 2g(2h) \quad (9)$$

式中h是B、A两点之间的距离.

若B点在A点之上, 依题意有

$$s_1 + s_2 = h \quad (10)$$

由①②③④⑦⑧⑨⑩式得

30

$$E_2 = \left[ 2 - 2 \frac{v_0}{g t_0} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{g t_0} \right)^2 \right] E_1 \quad (11)$$

为使 $E_2 > E_1$ , 应有

$$2 - 2 \frac{v_0}{g t_0} + \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{g t_0} \right)^2 > 1 \quad (12)$$

即当

$$0 < t_0 < \left( 1 - \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (13)$$

或

$$t_0 > \left( 1 + \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (14)$$

才是可能的; 条件⑬式和⑭式分别对应于 $v_2 > 0$ 和 $v_2 < 0$ 两种情形.

若B点在A点之下, 依题意有

$$v_1 + s_2 = -h \quad (15)$$

由①②③④⑦⑧⑨⑩式得

$$E_2 = \left[ 2 - 2 \frac{v_0}{g t_0} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{g t_0} \right)^2 \right] E_1 \quad (16)$$

为使 $E_2 > E_1$ , 应有

$$2 - 2 \frac{v_0}{g t_0} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{g t_0} \right)^2 > 1 \quad (17)$$

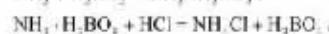
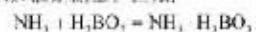
即

$$t_0 > \left( 1 + \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (18)$$

上一解为负, 不合理, 已舍去.

26. (15分)

凯氏定氮法是测定蛋白质中氮含量的经典方法, 其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐, 利用如图所示装置处理残渣, 然后通过液溴测定. 已知:



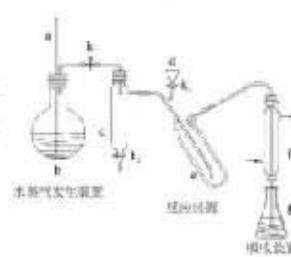
回答下列问题:

(1) a的作用是避免b中压强过大.

(2) b中放入少量碎瓷片目的是防止暴沸. c的名称是直形冷凝管.

(3) 清洗仪器: g中加蒸馏水, 打开k<sub>1</sub>, 关闭k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, 加热b, 蒸气充满管路, 停止加热, 关闭k<sub>1</sub>, a中蒸馏水倒吸进入c, 原因是c中温度下降, 管路中形成负压; 打开k<sub>2</sub>放掉水. 重复操作2~3次.

(4) 仪器清洗后, g中加入硼酸(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)和指示剂. 银盐试纸由d注入e, 然后注入氢氧化钠溶液, 用胶塞水封住d, 关闭k<sub>3</sub>, d中保留少量水. 打开k<sub>1</sub>, 加热b, 使水蒸气进入e.



31

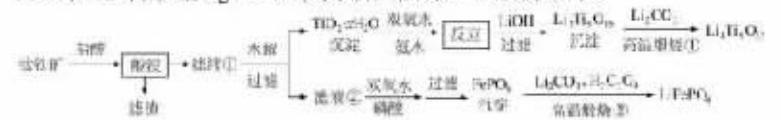
① a中保留少量水的目的是 防止, 防止氯气逸出.

② c中主要反应的离子方程式为  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , e采用中空双层玻璃的作用是 保温使氯完全逸出.

(5) 取某甘氨酸(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>)样品m克进行测定, 测定g中吸收液消耗浓度为c mol·L<sup>-1</sup>的盐酸V mL, 则样品中氮的质量分数为  $\frac{1.4cV}{m}\%$ , 样品的纯度  $\leq \frac{7.5cV}{m}\%$ .

27. (14分)

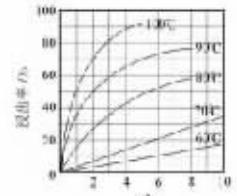
$\text{Li}_2\text{Ti}_3\text{O}_12$ 和 $\text{LiFePO}_4$ 都是锂离子电池的电极材料, 可利用钛铁矿(主要成分为 $\text{FeTiO}_3$ , 还含有少量 $\text{MgO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 等杂质)来制备. 工艺流程如下:



回答下列问题:

(1) “酸浸”实验中, 铁的浸出率结果如下图所示. 由图可知, 当铁的浸出率为70%时, 所采用的实验条件为 100℃, 2 h, 90℃, 5 h.

(2) “酸浸”后, 钛主要以 $\text{TiOCl}_4^+$ 形式存在, 写出相应反应的离子方程式  $\text{FeTiO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ .



(3)  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀与双氧水、氨水反应40 min所得实验结果如下表所示:

温度 / °C	30	35	40	45	50
$\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率 / %	92	95	97	93	88

分析40℃时 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率最高的原因低于40℃,  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应随温度升高而增加; 超过40℃, 双氧水分解与氯气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率下降.

(4)  $\text{Li}_2\text{Ti}_3\text{O}_12$ 中Ti的化合价为+4, 其中过氧键的数目为 4.

(5) 若“洗涤②”中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 加入双氧水和硫酸(设溶液体积增加1倍), 使 $\text{Fe}^{2+}$ 全部沉淀完全时 $c(\text{Fe}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 此时是否有 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀生成?  $\text{Fe}^{2+}$ 全部沉淀完全时,  $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.3 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

$c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{PO}_4^{3-})$ 值为  $0.01^2 \times (1.3 \times 10^{-17})^2 = 1.7 \times 10^{-41} < K_{sp}[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$ , 因此不会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀. (列式计算)  $\text{FePO}_4$ 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 的 $K_{sp}$ 分别为  $1.3 \times 10^{-22}$ 、 $1.0 \times 10^{-41}$ .

(6) 写出“高温煅烧④”中 $\text{FePO}_4$ 制备 $\text{LiFePO}_4$ 的化学方程式



32