

## 第 36 届全国中学生物理竞赛（广东赛区）参考答案

1、(1) 设 I 室内气体压强为  $p_1$ , II 室内气体压强为  $p_2$ , III 室内气体压强为  $p_3$ , III 室内气体初始长度为  $l_3$  则:

$$p_1 l S = \nu R T_0 \dots\dots\dots ①$$

$$p_2 l \frac{3}{2} S = \frac{3}{2} \nu R T_0 \dots\dots\dots ②$$

$$p_3 l_3 2S = 2\nu R T_0 \dots\dots\dots ③$$

根据平衡条件有:

$$p_3 2S + p_2 S = p_1 S + p_2 2S$$

$$\text{或 } p_3 = \frac{p_1 + p_2}{2} \dots\dots\dots ④$$

由①②③④得:

$$l_3 = l \dots\dots\dots ⑤$$

(2) 设活塞移动  $d$  后, I 室内气体压强为  $p_1'$ , II 室内气体压强为  $p_2'$ , III 室内气体压强为  $p_3'$ , III 室内气体末态温度为  $T_3'$  则:

$$p_1' (l-d) S = \nu R T_0 \dots\dots\dots ⑥$$

$$p_2' \left[ \left( \frac{l}{2} + d \right) S + \left( \frac{l}{2} - d \right) 2S \right] = \frac{3}{2} \nu R T_2 \dots\dots\dots ⑦$$

$$p_3' (l+d) 2S = 2\nu R T_3' \dots\dots\dots ⑧$$

根据平衡条件:

$$p_3' = \frac{p_1' + p_2'}{2} \dots\dots\dots ⑨$$

由⑥⑦⑧⑨式得:

$$T_3' = \frac{l+d}{l-d} T_0 + \frac{3}{2} \frac{l+d}{3l-2d} T_2 \dots\dots\dots ⑩$$

(3) 设 I、III 室吸收总热量为  $Q$ , 做功为  $W$ , 内能变化量为  $\Delta U$  则:

$$\Delta U = Q + W \dots\dots\dots ⑪$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$\Delta U = \nu C(2T_0 - T_0) + 2\nu C(T_3' - T_0)$$

$$\Delta U = \nu C\left(\frac{l+3d}{l-d}T_0 + 3\frac{l+d}{3l-2d}T_2\right) \dots\dots\dots ⑫$$

对 II 室，无绝热过程，其内能变化量  $\Delta U_2$  与做功  $W_2$  关系：

$$\Delta U_2 = W_2$$

$$W_2 = \frac{3}{2}\nu C(T_2 - T_0) \dots\dots\dots ⑬$$

根据能量守恒得：

$$W = -W_2 \dots\dots\dots ⑭$$

所以总的吸收热量

$$Q = \Delta U + W_2$$

$$Q = \nu C\left[\frac{15l}{2(3l-2d)}T_2 + \frac{9d-l}{2(l-d)}T_0\right] \dots\dots\dots ⑮$$

评分参考：第①-⑩式每式1分，⑪-⑮式每式2分。

2、解：  $Mg - T_1 = Ma_1$  ..... ①

$T_2 - mg = ma_2$  ..... ②

$T_1 R - T_2 r = J\beta$  ..... ③

其中  $J = \frac{1}{2}MR^2 + \frac{1}{2}mr^2$  ..... ④

$a_1 = \beta R$  ..... ⑤

$a_2 = \beta r$  ..... ⑥

解方程，得

(1) 圆盘转动的角加速度

$$\beta = \frac{(MR - mr)}{J + MR^2 + mr^2} g \dots\dots\dots ⑦$$

(2) 绳的张力

$$T_1 = M\left(g - \frac{MgR^2 - mgrR}{J + MR^2 + mr^2}\right) \dots\dots\dots ⑧$$

$$T_2 = m\left(g + \frac{MgRr - mgr^2}{J + MR^2 + mr^2}\right) \dots\dots\dots ⑨$$

(3)  $M$  及  $m$  的物体加速度

$$a_1 = \frac{MR^2 - mrR}{J + MR^2 + mr^2} \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

$$a_2 = \frac{MRr - mr^2}{J + MR^2 + mr^2} \dots\dots\dots \textcircled{11}$$

评分参考：①②③每式3分，④式4分，⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪每式1分。

3、解法1:

如题图

由静电平衡，因左右板接地，故两接地板外侧表面电荷均为零。

设左板右侧电荷面密度为  $\sigma_1$ ，中间极板左侧电荷面密度为  $\sigma_2$ ，中间极板右侧电荷面密度为  $\sigma_3$ ，右板左侧电荷面密度为  $\sigma_4$ ，则

$$\sigma_2 + \sigma_3 = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_4}{2\epsilon_0} = 0 \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \left( \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_4}{2\epsilon_0} \right) = 0 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

联立②③得

$$\sigma_1 = -\sigma_2 \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

$$\sigma_4 = -\sigma_3 \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

中间极板左右两边电位相等，结合④⑤式，得

$$\frac{\sigma_2}{\epsilon_0}(L+x) = \frac{\sigma_3}{\epsilon_0}(L-x) \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

联立①⑥式，得

$$\sigma_2 = \frac{Q(L-x)}{2SL} \dots\dots\dots ⑦$$

$$\sigma_3 = \frac{Q(L+x)}{2SL} \dots\dots\dots ⑧$$

中间极板可看为在静电场中的一带电荷 $Q$ 的分布，则中间极板所受静电力为

$$F = \left( \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\epsilon_0} \right) \cdot Q \dots\dots\dots ⑨$$

联立④⑤⑦⑧⑨，得

$$F = \frac{Q^2 x}{2\epsilon_0 SL} \dots\dots\dots ⑩$$

其次，金属导体是良好的导热体，环境室温，因此中间极板移动过程可视为等温过程。

设左右两侧空气对中间极板的压强为 $p_1$ 和 $p_2$ ，则有

$$p_1 = \frac{p_0 L}{L+x} \dots\dots\dots ⑪$$

$$p_2 = \frac{p_0 L}{L-x} \dots\dots\dots ⑫$$

当中间极板处于平衡位置时，静电力与左右压力相互平衡，即

$$F = (p_2 - p_1)S \quad \dots\dots\dots \textcircled{13}$$

将⑩⑪⑫式代入⑬式，得

$$\frac{Q^2 x}{2\epsilon_0 SL} = \frac{2Sp_0 Lx}{L^2 - x^2} \quad \dots\dots\dots \textcircled{14}$$

由此得平衡时中间极板的位置为

$$x = \pm L \left( 1 - \frac{4\epsilon_0 p_0 S^2}{Q^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots \textcircled{15}$$

评分参考：①②③④⑤式各 2 分，⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮式各 1 分。

解法 2:

如题图。

首先，由于中间极板左右两边电位相等，因此可视三极板组成并联电容  $C_1$  和  $C_2$ 。

当中间极板处于  $x$  位置时，并联电容器的总电容由下式给出

$$C = C_1 + C_2 \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$= \frac{\epsilon_0 S}{L+x} + \frac{\epsilon_0 S}{L-x} = \frac{2\epsilon_0 SL}{L^2 - x^2} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

故系统的静电能量为

自主招生在线创始于 2014 年，是专注于自主招生、学科竞赛、全国高考的升学服务平台，旗下拥有网站和微信两大媒体矩阵，关注用户超百万，用户群体涵盖全国 90% 以上的重点中学老师、家长和考生，引起众多重点高校的关注。

如需第一时间获取相关资讯及备考指南，请关注自主招生在线官方微信号：zizzsw。



微信扫一扫，快速关注