

第 32 届全国中学生物理竞赛预赛试卷

参考解答与评分标准

一、选择题.

本题共 5 小题, 每小题 6 分. 在每小题给出的 4 个选项中, 有的小题只有一项符合题意, 有的小题有多项符合题意. 把符合题意的选项前面的英文字母写在每小题后面的方括号内. 全部选对的得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错或不答的得 0 分.

1. [D]; 2. [D]; 3. [BD]; 4. [A]; 5. [C]

二、填空题. 把答案填在题中的横线上. 只要给出结果, 不需写出求得结果的过程.

6. (10 分)

答案: 6N 3 分

0.1 3 分

24J 4 分

7. (10 分)

答案: (1) 2:1 3 分; 8N 3 分

(2) 2:3:4 4 分

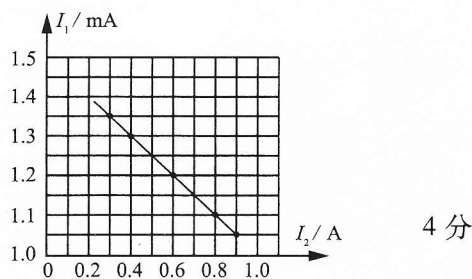
8. (10 分)

答案: $\frac{M_S}{(R+x)^2} + \frac{M_E}{x^2} = \frac{M_S}{R^3} (R+x)$ 6 分

$\left(\frac{M_E}{3M_S}\right)^{1/3} R$ 4 分

9. (10 分)

答案: (1) $I_1 \sim I_2$ 图线为



(2) 3.0(±0.1) 3 分; 1.0(±0.1) 3 分

10. (10 分)

答案: $\frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda\lambda_0}$ 5 分; $\frac{Rhc(\lambda_0 - \lambda)}{ke\lambda\lambda_0}$ 5 分

三. 计算题.

计算题的解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后结果的不能得分。有数值计算的，答案中必须明确写出数值和单位。

11. (20分) 设斜壁长度为 l ，斜壁对钢索的拉力大小为 F ，斜壁与水平地面所夹锐角为 α 。由力矩平衡条件得

$$F \frac{l}{2} = mg \frac{l}{2} \cos \alpha \quad ①$$

钢索与屋面作为一个整体受到三个力：两

端的拉力大小均为 F （与水平方向的夹角为 $\alpha - 30^\circ$ ），竖直向下的重力 $\frac{1}{2}mg$ 。由力的平衡条件得

$$2F \sin(\alpha - 30^\circ) = \frac{1}{2}mg \quad ②$$

由①②式得

$$\cos \alpha \sin(\alpha - 30^\circ) = \frac{1}{4} \quad ③$$

由三角中的积化和差公式有

$$\frac{1}{2} [\sin(\alpha - 30^\circ - \alpha) + \sin(\alpha - 30^\circ + \alpha)] = \frac{1}{4}$$

$$\text{即} \quad \sin(2\alpha - 30^\circ) = 1 \quad ④$$

$$\text{解得} \quad \alpha = 60^\circ \quad ⑤$$

$$\text{由①⑤式得} \quad F = \frac{1}{2}mg \quad ⑥$$

评分参考：①②式各4分，③④⑤⑥式各3分。

12. (20分) 以质点 a 的初始位置为原点，向右为 x 轴正向，向上为 y 轴正向。设 a 的初速度 x 和 y 分量分别为 v_x 和 v_y 。按抛体运动公式，在时刻 t 质点 a、b、c 的坐标分别为

$$(x_a, y_a) = (v_x t, v_y t - \frac{1}{2}gt^2) \quad ①$$

$$(x_b, y_b) = (l_1, v_0 t - \frac{1}{2}gt^2) \quad ②$$

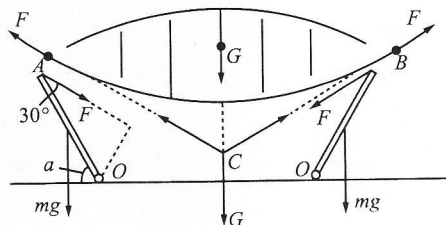
$$(x_c, y_c) = (l_1 + l_2, v_c t - \frac{1}{2}gt^2) \quad ③$$

a 与 b 相碰的条件是，存在时刻 t_1 ，使满足

$$v_x t_1 = l_1 \quad ④$$

$$v_y t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = v_0 t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 \quad ⑤$$

$$v_0 t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 \geq 0 \quad ⑥$$



⑥式来自于水平地面对质点 y 坐标的限制. 由④⑤⑥式得

$$v_y = v_0 \quad (7)$$

$$v_x \geq g \frac{l_1}{2v_0} \quad (8)$$

由于 a 与 b 碰撞时间极短, 可忽略重力的影响. 在 a 与 b 碰撞前后, 系统的动量和能量守恒

$$m_a v_x = m_a v'_x + m_b v'_{bx} \quad (9)$$

$$m_a v_y(t_1) + m_b v_{by}(t_1) = m_a v'_y(t_1) + m_b v'_{by}(t_1) \quad (10)$$

$$\frac{1}{2} m_a [v_x^2 + v_y^2(t_1)] + \frac{1}{2} m_b v_{by}^2(t_1) = \frac{1}{2} m_a [v_x'^2 + v_y'^2(t_1)] + \frac{1}{2} m_b [v_{bx}'^2 + v_{by}'^2(t_1)] \quad (11)$$

式中, 碰后的有关速度用打撇的字母表示. 由题意, 可认为 $m_b = 0$. 将 $m_b = 0$ 代入⑨⑩⑪式得

$$v_x = v'_x, \quad v_y(t_1) = v'_y(t_1) \quad (12)$$

可见, 质点 b 的运动对质点 a 的运动的影响可忽略.

同理, a 与 c 相碰的条件是, 存在时刻 t_2 , 使满足

$$v_x t_2 = l_1 + l_2 \quad (13)$$

$$v_y t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 = v_c t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \quad (14)$$

$$v_c t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \geq 0 \quad (15)$$

由⑬⑭⑮式得

$$v_c = v_y \quad (16)$$

$$v_x \geq g \frac{l_1 + l_2}{2v_c} \quad (17)$$

由⑦⑧⑫⑬式得, 质点 c 的初速度 v_c 为

$$v_c = v_0 \quad (18)$$

质点 a 的初速度应满足的条件为

$$v_x \geq g \frac{l_1 + l_2}{2v_0} \quad (19)$$

$$v_y = v_c = v_0 \quad (20)$$

评分参考: ①②③式各 2 分, ④⑤⑥⑦⑧⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳各 1 分.

13. (20 分)

设此半导体单位体积内有 n 个自由电子 (因此也有 n 个空穴), 以 S 表示此半导体的横截面积, v_1 和 v_2 分别表示半导体中空穴和自由电子的定向移动速率, I_1 和 I_2 分别表示半导体中空穴和自由电子定向移动形成的电流, 则

$$I_1 = nev_1 S \quad (1)$$

$$I_2 = nev_2 S \quad (2)$$

半导体中的总电流为

$$I = I_1 + I_2 \quad (3)$$

由此得

$$n = \frac{I}{ev_1 S + ev_2 S} \quad (4)$$

由题意知, 此半导体单位体积内有 n 个硅原子释放出自由电子.
单位体积半导体硅内的原子个数为

$$N = \frac{\rho}{M} N_0 \quad (5)$$

式中 ρ 和 M 分别为硅的密度和摩尔质量, $N_0 = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 是阿伏伽德罗常数. 由④⑤式得

$$\frac{n}{N} = \frac{IM}{\rho e N_0 S (v_1 + v_2)} \quad (6)$$

代入有关数据得

$$\frac{n}{N} = 1 \times 10^{-5} \quad (7)$$

即此半导体材料中, 平均约 1×10^5 个硅原子释放出一个自由电子.

评分参考: ①②式各 4 分, ③式 3 分, ④式 2 分, ⑤式 3 分, ⑥⑦式各 2 分.

14. (20 分)

(1) 设电子做圆周运动的圆轨道上的磁感应强度大小为 B , 方向与环面垂直. 由牛顿第二定律和洛伦兹力公式得

$$evB = m \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

设在圆轨道切线方向作用在电子上作用力为 F , 按照动量定理有

$$F\Delta t = \Delta(mv) \quad (2)$$

由①②式得

$$F = eR \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad (3)$$

(2) 按照法拉第电磁感应定律, 在电子运动的圆轨道上的感应电动势为

$$\xi = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (4)$$

式中圆轨道所张的面上的磁通量 ϕ 为

$$\phi = \pi R^2 \bar{B} \quad (5)$$

这里, \bar{B} 为圆轨道所张的面上的平均磁感应强度. 由④⑤式得

$$\xi = \pi R^2 \frac{\Delta \bar{B}}{\Delta t} \quad (6)$$

考虑电子运行一圈感应电场所做的功, 由电动势的定又可得

$$\xi = 2\pi RE \quad (7)$$

电子在圆轨道切向所受到的力为

$$F = qE \quad (8)$$

由⑥⑦⑧式得,

$$F = \frac{1}{2} eR \frac{\Delta \bar{B}}{\Delta t} \quad (9)$$