

辐射防护及保健物理

司书屹 2022011090

2025 年 5 月 19 日

第十一次作业

1. 推导适用于气体正比计数器的布拉格-格雷关系式

布拉格-格雷理论假设：

- 气体体积远小于次级电子射程，辐射在气体内的直接电离可忽略。
- 气体中剂量由壁材料产生的次级电子决定。

设壁材料剂量 D_m ，气体剂量 D_g ，次级电子注量 ϕ ：

$$D_m = \phi \cdot \left(\frac{S}{\rho} \right)_m, \quad D_g = \phi \cdot \left(\frac{S}{\rho} \right)_g$$
$$\frac{D_m}{D_g} = \bar{S}_{m,g}$$

气体中电离产生电子-离子对数 n ，每对所需能量 W ，气体质量 $m_g = \rho_g \cdot V$ ：

$$D_g = \frac{n \cdot W}{\rho_g \cdot V}$$

外电路收集总电荷 $Q = ne$ ，则有

$$D_g = \left(\frac{Q}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}$$
$$D_m = \bar{S}_{m,g} \cdot D_g = \bar{S}_{m,g} \cdot \left(\frac{Q}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}$$

剂量率（电流 $I = \dot{n} \cdot e$ ）：

$$\dot{D}_g = \left(\frac{I}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}, \quad \dot{D}_m = \bar{S}_{m,g} \cdot \left(\frac{I}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}$$

答案：

$$D_m = \bar{S}_{m,g} \cdot \left(\frac{Q}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}$$

$$\dot{D}_m = \bar{S}_{m,g} \cdot \left(\frac{I}{\rho_g \cdot V} \right) \cdot \frac{W}{e}$$

2. 计算塑料体模中的吸收剂量

已知：

$$q_g = \frac{Q}{\rho_g \cdot V}, \quad D_g = q_g \cdot \frac{W}{e}, \quad D_m = \bar{S}_{m,g} \cdot D_g$$

参数： $V = 0.5 \text{ cm}^3$ ，收集总电荷 $Q = 1.65 \times 10^{-9} \text{ C}$ ， $\bar{S}_{m,g} = 1.1$ ， $W/e = 33.97 \text{ J/C}$ ，标准状态空气密度 $\rho_g = 1.293 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ 。

单位质量电荷：

$$m_g = \rho_g \cdot V = 1.293 \times 10^{-3} \times 0.5 = 6.465 \times 10^{-4} \text{ g}$$

$$q_g = \frac{Q}{m_g} = \frac{1.65 \times 10^{-9}}{6.465 \times 10^{-4}} \approx 0.00255 \text{ C/kg}$$

气体剂量：

$$D_g = q_g \cdot \frac{W}{e} = 0.08669 \text{ Gy}$$

体模剂量：

$$D_m = 1.1 \times 0.08669 \approx 0.09536 \text{ Gy}$$

答案： 0.0954 Gy。

3. 袖珍剂量计的工作原理

袖珍剂量计通过电离室内的电荷变化直接测量电离辐射的累积剂量。其内部有一个小型电离室（体积约 2 mL），包含中心金属丝阳极和附着其上的金属涂层石英纤维。使用前，阳极被充电至正电位，电荷分布在阳极和石英纤维上，静电斥力使石英纤维偏离初始位置，偏转角度通过刻度读取。

电离辐射进入电离室，与空气分子电离产生电子-离子对。电子被阳极收集，减少净正电荷，降低静电斥力，石英纤维向初始位置回位。石英纤维的移动量与电离量成正比，反映辐射累积剂量，通过刻度直接读取。