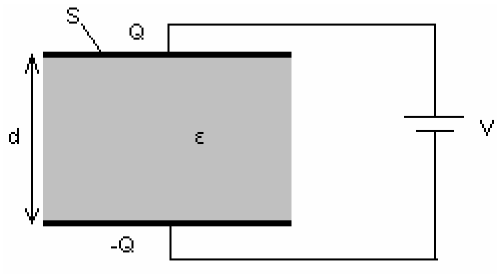
電磁気学 B 演習　第 1 回解答

1. 容量を C、帯電電気量を Q とすると、

$$C = \frac{\varepsilon S}{d},\ Q = CV = \frac{\varepsilon S}{d}V$$

帯電電気量 Q が変化する時変化量ΔQ だけの電気量が流れる。



a. V が変化する時：　$\Delta Q = \frac{\varepsilon S}{d}\Delta V$

b. S が変化する時：　$\Delta Q = \frac{\varepsilon V}{d}\Delta S$

c. d が変化する時：　$\Delta Q = -\frac{\varepsilon SV}{d^2}\Delta d$

d. εが変化する時：　$\Delta Q = \frac{SV}{d}\Delta\varepsilon$

2. 電束密度 Dはどこでも一定であるから、両誘電体内の電界をそれぞれE_1、E_2とすると、

$$E_1 = \frac{D}{\varepsilon_1},\ E_2 = \frac{D}{\varepsilon_2}$$

境界面の電位を V'とすると、

$$V' - V_1 = E_1 d_1 = \frac{Dd_1}{\varepsilon_1},\ V_2 - V' = E_2 d_2 = \frac{Dd_2}{\varepsilon_2}$$

両式を整理して、

$$D = \frac{(V_2 - V_1)\varepsilon_1\varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2}$$

電位V_1の極板からxの距離の点の電位Vは $0 \le x \le d_1$で

$$V = V_1 + E_1 x = V_1 + \frac{D}{\varepsilon_1}x = V_1 + \frac{(V_2 - V_1)\varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2}x$$

$d_1 \le x \le d_1 + d_2$で

$$V = V_2 - E_2(d_1 + d_2 - x) = V_2 - \frac{D}{\varepsilon_2}(d_1 + d_2 - x) = V_2 - \frac{(V_2 - V_1)\varepsilon_1}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2}(d_1 + d_2 - x)$$

3. 曲げられた後の電子の運動量の初めの入射方向の成分を$p_{//}$、それに垂直方向の成分を$p_{\perp}$とすれば、運動方程式は

$$\frac{dp_{\perp}}{dt} = qE$$

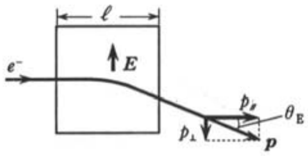
である。積分して電子の速さを v とすれば、

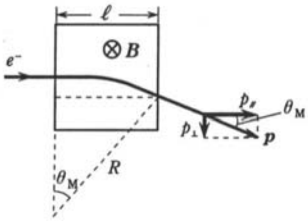
$$p_{\perp} = \frac{qEl}{v}$$

であるから、偏向角θ_{E}は、

$$\tan\theta_{\mathrm{E}} = \frac{p_{\perp}}{p} = \frac{qEl}{mv^2}$$

で与えられる。ここで入射方向には力が働いていないから、$p_{//} = mv$であることを使った。





次に、磁場Bが働いている場合は、偏向器内の電子の円運動の半径は$R = mv / qB$だから、偏向角θ_{M}は、

$$\sin\theta_{\mathrm{M}} = \frac{l}{R} = \frac{qBl}{mv}$$

で与えられる。

4. ローレンツ力$qv_{\mathrm{d}}B_{\mathrm{y}}$と静電場による力$qE_{\mathrm{z}}$の和がゼロになるという条件$qv_{\mathrm{d}}B_{\mathrm{y}} + qE_{\mathrm{z}} = 0$ から

$$E_{\mathrm{z}} = -v_{\mathrm{d}}B_{\mathrm{y}}$$

一方で、電流密度は

$$J_{\mathrm{x}} = I/S = nqv_{\mathrm{d}}$$

これから v_d を消去すると

$$E_{\mathrm{z}} = -\frac{IB_{\mathrm{y}}}{nqS}$$

となる。これよりa, b間に発生するホール電圧V_{H}は

$$V_{\mathrm{H}} = E_{\mathrm{z}}t = \frac{IB_{\mathrm{y}}}{nqd} = \frac{0.1\times 1}{5.0\times 10^{17}\cdot 10^{6}\cdot 1.6\times 10^{-19}\cdot 10\times 10^{-6}} = 0.125\,[V]$$

※単位に注意すること。ここではメートルにあわせた。