

培尖教育 2018 年学科竞赛集训营电磁学专题卷

一、(40 分)

Loft-Pritchard 磁阱可用来束缚磁分子运动, 其结构如图所示, 上下两个半径同为 R , 载有反向电流 I 的电流环相距 $2h$. 分子的运动平面 xoy 直角坐标面, 感应磁偶极矩 $P = \alpha B$

(B 为其感应受到的磁场, α 是负的常数), 质量为 m . 设分子受微扰后的坐标偏移 x, y 均远小于 h , 求振动频率的首阶非零项。

注: 可用偶极子场代替电流环的磁场。



二、(40 分)

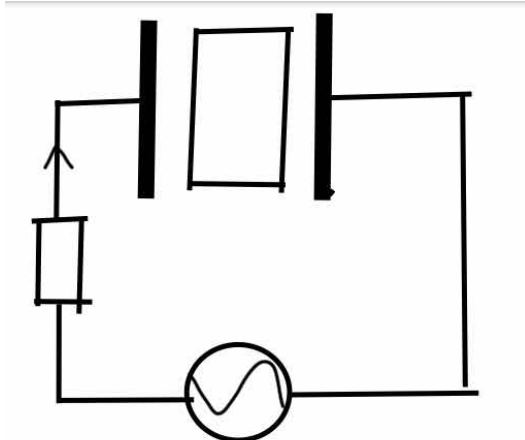
PN 结的粗模型如下, 半导体长度为 l , 净电量为 0, 以电荷面密度为 0 的点为原点建立一维坐标 ox , 电荷体密度分布为

$$\rho = \begin{cases} k_1 x, & x < 0 \\ k_2 x, & x > 0 \end{cases}$$

- (1) 求电势分布 $\varphi(x)$;
- (2) 求反向击穿电压;
- (3) PN 结的时间变质会导致原点 0 附近形成一个电荷为 0 的中和区, 设 $k_1 = k_2 = k$,
 - (3.1) 试定性解释原因;
 - (3.2) 中和区宽度 $\Delta = l(1 - e^{-\alpha})$, 求击穿电压降低 50% 经过时间。

题三。(40 分)

如图所示, 两相距 D 的面积为 S 平行板正中间放入一个厚度为 d 底面积为 S 电阻率为 p 的导体板, 已知电阻为 R , 现在接上 $V = V_0 \cos(\omega t)$ 的交流电, $\omega = \sqrt{(D-d)/SRp\epsilon_0^2}$. (1) 问 σ 随时间的表达式。(2) σ 的稳态解



四、(40 分)

一块质量密度为 m ，电阻率为 ρ 的长方导体块水平悬放在重力场 g 中由静止释放，设内部可近似处理为匀强电磁，存在垂直于纸面向外的匀强磁场 B ，忽略自感，位移电流。

- (1) 求导体块的下落速度 $v(t)$ ；
- (2) 考虑相对论效应，改设 m, ρ 均为本征量，求本征系中电荷面密度 $\delta(t)$ 满足的微分方程。

五、(40 分)

二维电子气模型是霍尔效应的基本理论，考虑—霍尔元件为长条形结构，接在交流电源两端，则元件内电场

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos \omega t$$

垂直于 xoy 平面有沿 z 轴正方向的匀强磁场 \vec{B} ，电子静质量为 m ，元电荷 q ，电子间相互碰撞的弛豫时间为 τ 。电子密度 $n = n_0 \delta$ ， δ 为狄拉克函数。

- (1) 求电子的速度 ($v_x(t)$ 、 $v_y(t)$)，允许保留虚数单位 $i = \sqrt{-1}$ ；
- (2) 导出元件内部的电导率张量 $\vec{\sigma} \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} \end{bmatrix}$ ；
- (3) 取 $E = cB$ 、 $qE \gg \frac{mc}{\tau}$ 、 $v/c \ll 1$ ，取最低阶相对论修正，并设元件长度方向无限延伸以至于可略去长度方向的碰撞等效阻力，求电子轨迹的斜率 $k(x, y)$ 。