



厦门大学《大学物理C》课程期末试卷

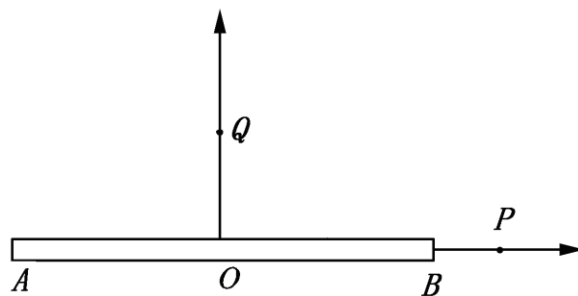
2012-2013 第二学期

2013.6

1. (20分) 如图所示, 长 l 的直导线 AB 上均匀分布着线密度为 λ 的正电荷. 试求:

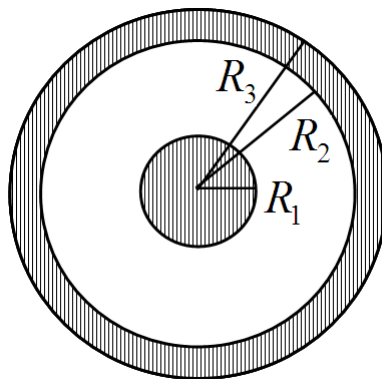
(1) 在导线的延长线上的一点 P 的电势 (已知 P 距导线中点 O 为 a);

(2) 在导线的垂直平分线上一点 Q 的场强 (已知 Q 距导线中点 O 为 b).



2. (15分) 如图所示, 半径为 R_1 的导体球, 外套有一同心的导体球壳, 壳的内、外半径分别为 R_2 和 R_3 , 当内球带电荷 Q 时, 试求: (1) 空间的电场分布; (2) 计算储存的能量;

(3) 此电容器的电容值。



3. (10分) 一根很长的同轴电缆, 由一导体圆柱 (半径为 R_1) 和一同轴的导体圆筒 (内、外半径分别为 R_2 和 R_3) 构成 (其横截面如题2图所示)。使用时, 电流 I 从内圆柱垂直纸面流入,

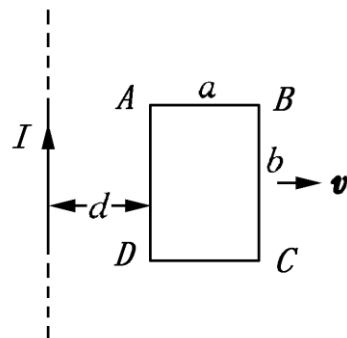
从外圆筒垂直纸面流出。设电流都是均匀地分布在导体的横截面上, 求: (1) 导体圆柱内

($r < R_1$), (2) 两导体之间 ($R_1 < r < R_2$), (3) 导体圆筒内 ($R_2 < r < R_3$) 以及 (4) 电缆外 ($r > R_3$)

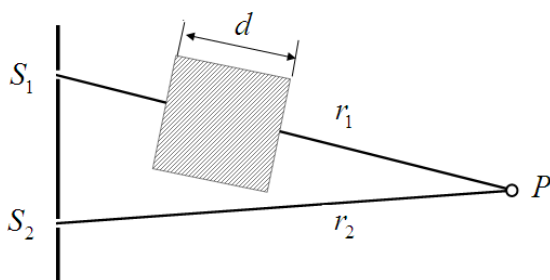
各点处磁感应强度的大小和方向。

4. (15分) 如图所示，一长直导线与其右方的长方形线圈共面。线圈长 b ，宽 a 。若长直导线通以电流 I ，线圈以速度 v 垂直于直导线平移远离。当线圈运动到 AD 边距直导线为 d 时，试求：

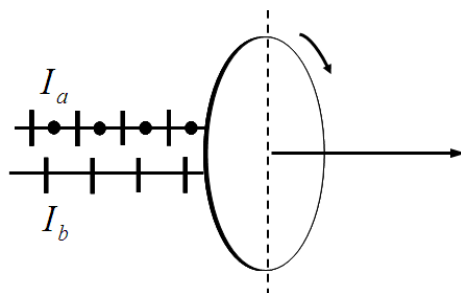
- (1) 线圈中的感应电动势；
(2) 此时长直导线与线圈间的互感。



5. (10分) 如图所示，在杨氏双缝干涉实验中，入射光的波长为 λ ，现在 S_1 缝上放置一厚度为 d 、折射率为 n 的介质，(1) 求有介质和无介质时从 S_1 和 S_2 到观测点 P 的光程差；(2) 如果观测到零级明纹移到了原来的 k 级明纹处，则波长 λ 与介质厚度 d 应满足什么关系？



6. (10分) 白光垂直照射到空气中均匀厚度为 3800 \AA 的肥皂膜上，设肥皂膜的折射率为1.33，试问在该膜的正面和反面发生干涉相长的光的波长分别是多少？
7. (10分) 波长 $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 的单色光垂直入射到一光栅上，第二级明条纹出现在 $\sin \varphi = 0.469$ 处，第一次缺级发生在第三级谱线。求：(1) 光栅常数；(2) 光栅上狭缝的最小宽度；(3) 在上述条件下最多能看到多少条谱线。
8. (10分) 如图，强度为 I_a 的自然光与 I_b 的线偏振光混合而成一束入射光，垂直照射到一偏振片上，如以入射光的方向为轴旋转偏振片时，出射光出现的最大值和最小值之比为 n ，求 I_b / I_a 与 n 的关系。



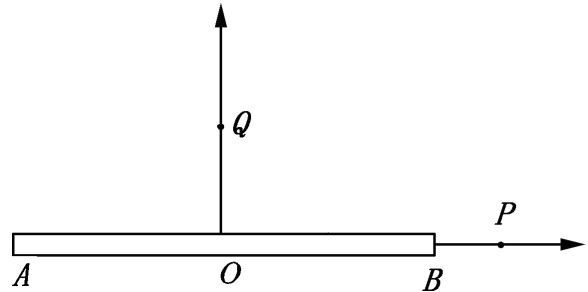
1. (20 分) 课本习题 8-6 (1)场强->电势

解: (1)如图建立坐标系, 在带电直线上 x 坐标处取线元 dx , 其上电量 dq 在 P 点产生电势为

$$dU_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{(a-x)} \quad (4 \text{ 分})$$

$$U_P = \int dU_P = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \frac{dx}{(a-x)} \quad (4 \text{ 分})$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{a + \frac{l}{2}}{a - \frac{l}{2}} \quad (2 \text{ 分})$$



(2) 在带电直线上 x 坐标处取线元 dx , 其上电量 dq 在 Q 点产生场强为

$$dE_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{x^2 + b^2} \quad (2 \text{ 分})$$

由于对称性 $\int_l dE_{Qx} = 0$, 即 \vec{E}_Q 只有 y 分量, (2 分)

$$dE_{Qy} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{x^2 + b^2} \frac{b}{\sqrt{x^2 + b^2}} \quad (4 \text{ 分})$$

$$E_{Qy} = \int_l dE_{Qy} = \frac{\lambda b}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \frac{dx}{(x^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon_0 b \sqrt{l^2 + 4b^2}} \quad (1 \text{ 分})$$

方向沿 y 轴正向 (1 分)

2. (15分) 课本习题8-34

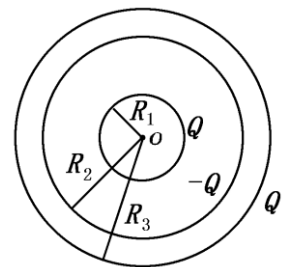
解: 如图, 内球带电 Q , 外球壳内表面带电 $-Q$ 、外表面带电 Q

(1) 在 $r < R_1$ 和 $R_2 < r < R_3$ 区域, $\vec{E} = 0$

$$\text{在 } R_1 < r < R_2 \text{ 区域, } \vec{E}_1 = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

$$\text{在 } r > R_3 \text{ 区域, } \vec{E}_2 = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3} \quad (6 \text{ 分})$$

(2) 在 $R_1 < r < R_2$ 区域,



$$W_1 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \varepsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q^2 dr}{8\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

在 $r > R_3$ 区域,

$$W_2 = \int_{R_3}^{\infty} \frac{1}{2} \varepsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \frac{1}{R_3} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\therefore \text{总能量 } W = W_1 + W_2 = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (1 \text{ 分})$$

$$(3) \text{ 由 (2) 中结论, 电容器电容 } C = \frac{Q^2}{2W_1} = 4\pi\varepsilon_0 / \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (4 \text{ 分})$$

或求出球与球壳电势差 U 由 $C = \frac{Q}{U}$ 求解。

3. (10 分) 9-16

解:

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I \quad (2 \text{ 分})$$

$$(1) r < R_1 \quad B2\pi r = \mu_0 \frac{Ir^2}{R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2} \quad \text{方向沿顺时针} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) R_1 < r < R_2 \quad B2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{方向沿顺时针} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) R_2 < r < R_3 \quad B2\pi r = -\mu_0 I \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} + \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I (R_3^2 - r^2)}{2\pi r (R_3^2 - R_2^2)} \quad \text{方向沿顺时针} \quad (3 \text{ 分})$$

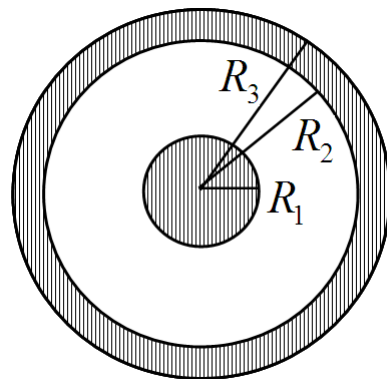
$$(4) r > R_3 \quad B2\pi r = 0 \quad B = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

3. (15 分) 10-7+10-16

(1) 由动生电动势公式 $d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$ 可知, AB 、 CD 上的 $d\vec{l}$ 处处与 $\vec{v} \times \vec{B}$ 垂直, 所以 AB 、 CD 不产生感应电动势. (2 分)

DA 产生电动势

$$\varepsilon_1 = \int_D^A (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vBb = vb \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \quad \text{方向 } D \rightarrow A \quad (2 \text{ 分})$$



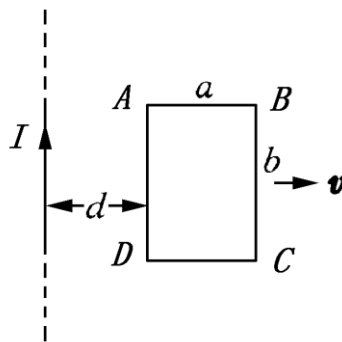
BC 产生电动势

$$\varepsilon_2 = \int_C^B (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vb \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+d)} \quad \text{方向 C} \rightarrow \text{B} \quad (2 \text{ 分})$$

∴ 回路中总感应电动势

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{\mu_0 Ib v}{2\pi} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

方向沿顺时针 (即 D→A→B→C→D). (2 分)



方法二 (1) 由 $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$, 其中 Φ 为线圈运动到任意位置 x 处时, 长直电流 I 产生的磁场在线圈中的磁通。

$$\Phi = \int_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi} \int_x^{x+a} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi} [\ln(x+a) - \ln x] \quad (4 \text{ 分})$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) \frac{dx}{dt} = \frac{\mu_0 Ib v}{2\pi} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

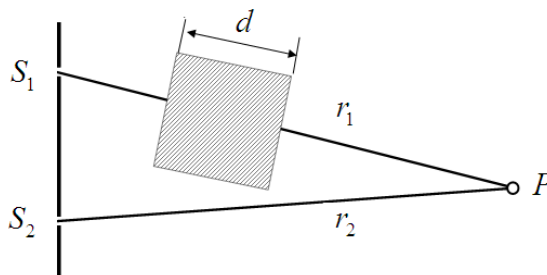
把 $x=d$ 代入, 相距 d 时的感应电动势大小为 $\varepsilon = \frac{\mu_0 Ib v}{2\pi} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right)$, (2 分)

方向沿顺时针 (即 D→A→B→C→D). (2 分)

(2) 设长直电流为 I , 相距为 d 时, 它产生的磁场通过矩形线圈的磁通为

$$\Phi = \int_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi} \int_d^{d+a} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi} \ln \frac{d+a}{d}$$

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \frac{d+a}{d} \quad (5 \text{ 分})$$



4. (10 分) 课本例 12.2+习题 12.8

解: (1) 无介质时, 从 S_1 和 S_2 到观测点 P 的光程差为 $\delta = r_2 - r_1$ (2 分)

有介质时, 此光程差为 $\delta' = r_2 - (r_1 - d + nd)$ (3 分)

(2) 原 k 级明纹对应 $\delta = k\lambda$, 即 $r_2 - r_1 = k\lambda$

现零级明纹对应 $\delta' = 0$, 即 $r_2 - (r_1 - d + nd) = 0$

据题意, 观测到零级明纹移到了原来的 k 级明纹处, 则 $r_2 - r_1 = k\lambda = (n-1)d$ (3 分)

解得 $d = \frac{k\lambda}{n-1}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) (2 分)

5. (10 分) 课本习题 12-11

解：由题意，反射干涉相长公式为 $2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ ($k = 1, 2, \dots$) (3 分)

$$\text{得 } \lambda = \frac{4nd}{2k-1} = \frac{4 \times 1.33 \times 3800}{2k-1} = \frac{20216}{2k-1}$$

$$k = 2, \lambda_2 = 6739 \text{ \AA}$$

$$k = 3, \lambda_3 = 4043 \text{ \AA}$$

即这两种波长的光会在薄膜正面干涉相长。 (2 分)

由透射干涉相长公式 $2nd = k\lambda$ ($k = 1, 2, \dots$) (3 分)

$$\text{得 } \lambda = \frac{2nd}{k} = \frac{10108}{k}$$

$$\text{当 } k = 2 \text{ 时, } \lambda = 5054 \text{ \AA}$$

即这一种波长的光会在薄膜反面干涉相长。 (2 分)

6. (10 分) 课本习题 13-16

解：(1) 由光栅方程 $(a+b)\sin\varphi = k\lambda$,

对应于 $\sin\varphi_2 = 0.469$ 满足：

$$0.469(a+b) = 2 \times 6000 \times 10^{-10}$$

$$\text{得 } a+b = 2.56 \times 10^{-6} \text{ m} \quad (3 \text{ 分})$$

(2) 因第一次缺级发生在第三级谱线，故此须满足

$$a = \frac{a+b}{3} k' = 0.85 \times 10^{-6} k'$$

取 $k' = 1$, 得光栅狭缝的最小宽度为 $0.85 \times 10^{-6} \text{ m}$ (3 分)

(3) 由 $(a+b)\sin\varphi = k\lambda$

$$k = \frac{(a+b)\sin\varphi}{\lambda}$$

当 $\varphi = \frac{\pi}{2}$, 对应 $k = k_{\max}$ (2 分)

$$k_{\max} = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{2.56 \times 10^{-6}}{6000 \times 10^{-10}} = 4.26 \quad \text{取整数 } 4$$

因 ± 3 缺级，所以实际呈现的全部级数为 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 4$ 共 7 条明条纹。

(2 分)

7. (10 分)

解：通过偏振片后，自然光的强度由 I_a 变为 $I'_a = \frac{1}{2} I_a$,

线偏振光的强度由 I_b 变为 $I'_b = I_b \cos^2 \alpha$ ，其中 α 为某时刻线偏振光与偏振片透光方向的夹角。

总光强为 $I' = I'_a + I'_b = \frac{I_a}{2} + I_b \cos^2 \alpha$ (4 分)

其最大值为 $I'_{\max} = \frac{I_a}{2} + I_b$ ，最小值为 $I'_{\min} = \frac{I_a}{2}$ (4 分)

由题意， $\frac{\frac{I_a}{2} + I_b}{\frac{I_a}{2}} = n$ ，解得 $\frac{I_b}{I_a} = \frac{n-1}{2}$

(2 分)

