



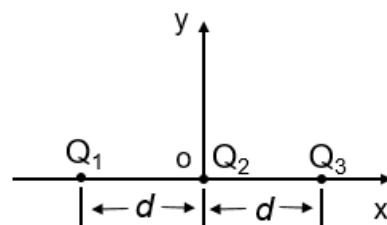
厦门大学《大学物理》C 课程

期末试卷 (A 卷)

2016—2017 第 2 学期 (2017.6)

一、(15 分)

如右图所示, 有三个点电荷 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 沿一条直线等间距分布 (间距为 d), 且 $Q_1=Q_3=q$ 。已知其中任一点电荷所受合力均为零。



- (1) 求电荷 Q_1 对电荷 Q_3 作用力的大小与方向;
- (2) 求 Q_2 的带电量;
- (3) 求在固定 Q_1 、 Q_3 的情况下, 将 Q_2 从点 O 移动到无穷远处的过程中电场力所做的功。

参考解答:

(1).....(5分)

电荷 Q_1 对电荷 Q_3 的作用力的大小:

$$f = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(2d)^2} = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 d^2}$$

排斥作用, 方向向右 (x 轴正方向)。

(2).....(5分)

为了使 Q_3 受力平衡, 需要 Q_2 对其施加向左的作用力:

$$f' = -f = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{qQ_2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$$

所以:

$$Q_2 = -\frac{q}{4}$$

(3).....(5分)

在 Q_1 、 Q_3 存在时, 应用电势的叠加原理, o 点的电势为:

$$U_o = 2\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 d}$$

将 Q_2 从 o 点移动到无穷远处, 电场力做功等于 Q_2 在 o 点的电势能:

$$W = Q_2 U_o = -\frac{q}{4} \frac{q}{2\pi\epsilon_0 d} = -\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d}$$

二、(15 分)

强度为 I_0 的自然光垂直入射，通过若干个理想偏振片。

- (1) 若该自然光通过一个偏振片，求透射光的光强；
- (2) 若通过两个偏振方向相交 60° 角的偏振片，求透射光的光强；
- (3) 若在这两个相交 60° 角的偏振片之间再插入另一偏振片，使它的方向与前两个偏振片均成 30° 角，则透射光的光强变为多少？

参考解答：

(1).....(5分)

自然光通过一个偏振片后：

$$I = I_0/2$$

(2).....(5分)

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2(60^\circ) = \frac{I_0}{2} * \frac{1}{4} = \frac{I_0}{8}$$

(3).....(5分)

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2(30^\circ) \cos^2(30^\circ) = \frac{I_0}{2} * \frac{3}{4} * \frac{3}{4} = \frac{9I_0}{32}$$

三、(15 分)

如右图所示，将符合标准的轴承钢珠 a、b 和较小的待测钢珠 c 一起放在两块较厚的平板玻璃之间，从正上方垂直入射波长 580 nm 的光，得到如图中所示的干涉条纹。

- (1) 从 c 点处到 a 点处，光程差增加了多少？
- (2) 问钢珠 c 的直径比标准少多少？

参考解答：

(1).....(7分)

由图可见，从c点处到a点处经历了6个条纹宽度，所以

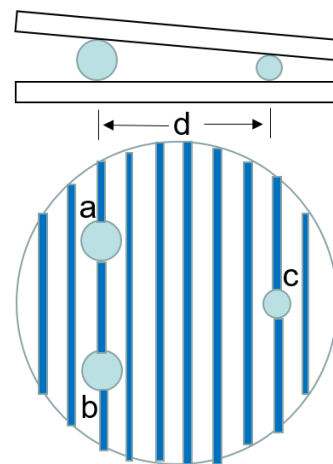
$$\delta = 6\lambda = 6 \times 580 \text{ nm} = 3480 \text{ nm}$$

(2).....(8分)

$$\delta = 2n\Delta e$$

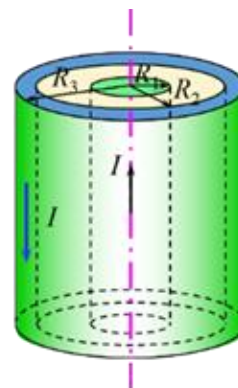
$$\Delta e = \delta/2 = 3480/2 = 1740 \text{ nm}$$

钢珠c的直径比标准少1740 nm.



四、(15 分)

同轴电缆的内导体圆柱半径为 R_1 ，外导体圆筒内外半径分别为 R_2 、 R_3 （如右图），电缆载有电流 I （电流面密度在内导体和外导体中都是均匀的），



- (1) 求内导体的电流面密度；
- (2) 求 $r < R_1$ 空间内磁感应强度的大小；
- (3) 求内外导体之间 ($R_1 < r < R_2$) 空间内磁感应强度的大小；
- (4) 求 $r > R_3$ 空间内磁感应强度的大小。

参考解答：

同轴电缆电流分布具有轴对称性，磁力线以电缆轴线为对称轴的同心圆，利用环路定理

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i$$

- (1) 内导体的电流面密度: $\sigma = \frac{I}{\pi R_1^2}$

- (2) $r < R_1$,

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \sigma \pi r^2 = \mu_0 I \frac{\pi r^2}{\pi R_1^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$$

- (3) $R_1 < r < R_2$,

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

- (4) $r > R_3$,

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 (I - I)$$

$$B = 0$$

五、(15 分)

波长为 600 nm 的单色光垂直入射在一光栅上，第二级主极大出现在 $\sin\theta=0.20$ 处。试问：

(1) 光栅上两缝的间距（光栅常数）是多少？

(2) 若光栅上狭缝的宽度是光栅常数的 1/4，求哪些级主极大会出现缺级现象？

(3) 若光栅上狭缝的宽度是光栅常数的 1/4，求在屏幕上可以呈现的全部主极大的级数（提示：衍射角 θ 在 -90° 到 90° 范围内，不包含 -90° 和 90° ）。

参考解答：

(1).....(5分)

由光栅公式：

$$d \sin \theta = k \lambda$$

光栅常数d:

$$\begin{aligned} d &= 2\lambda / \sin \theta \\ &= 2 \times 600 / 0.2 = 6000 \text{ nm}. \end{aligned}$$

(2).....(5分)

$$d \sin \theta = k \lambda$$

$$a \sin \theta = k' \lambda.$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{a} &= 4 = \frac{k}{k'} \\ k &= 4k' \end{aligned}$$

缺级的主极大： $k = \pm 4, \pm 8, \dots$

(3).....(5分)

$$\sin \theta = k \lambda / d = 0.1 \times k$$

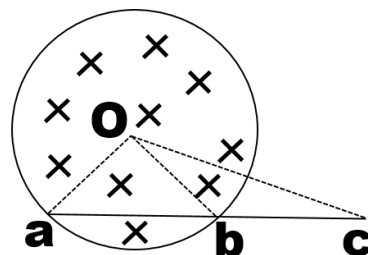
$$-1 < \sin \theta < 1$$

$$-10 < k < 10$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9$$

六、(15 分)

磁感应强度为 \vec{B} 的均匀磁场充满一半径为 R 的圆柱形空间， \vec{B} 的方向与圆柱轴线平行。一金属杆放在右图中 **a-c** 的位置，杆长为 $2R$ ，其中一半位于磁场内、另一半在磁场外。当 $\frac{dB}{dt} > 0$ 时，求：杆中的感应电动势的大小和方向。



参考解答：

\therefore

$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc}$$

(3 分)

\therefore 变化的磁场在 **aO**, **bO**, **cO** 处产生的电场与其垂直

\therefore

$$\varepsilon_{ab} = -\frac{d\Phi_{abO}}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[-\frac{\sqrt{3}}{4}R^2B\right] = \frac{\sqrt{3}R^2}{4}\frac{dB}{dt}$$

$$\varepsilon_{bc} = -\frac{d\Phi_{bcO}}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[-\frac{\pi R^2}{12}B\right] = \frac{\pi R^2}{12}\frac{dB}{dt}$$

\therefore

$$\varepsilon_{ac} = \left[\frac{\sqrt{3}R^2}{4} + \frac{\pi R^2}{12}\right]\frac{dB}{dt}$$

\therefore

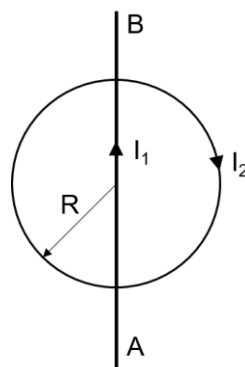
$$\frac{dB}{dt} > 0,$$

\therefore

$$\varepsilon_{ac} > 0 \text{ 即 } \varepsilon \text{ 从 } a \rightarrow c$$

七、(10 分)

半径为 R 的平面圆形线圈中载有电流 I_2 ，另一无限长直导线 AB 中载有电流 I_1 ，设 AB 通过圆心，并和圆形线圈在同一平面内，如右图所示，求圆形线圈所受的磁力（安培力）的合力。



参考解答：

可以判断左右两半圆所受安培力的合力都是向右方向，且大小相等。

取角度为 θ 处电流元 $I_2 dl = I_2 R d\theta$ ，磁场大小为

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R \sin \theta}$$

该电流元所受安培力如图所示：

$$df = I_2 dl B = \frac{I_2 d\theta \mu_0 I_1}{2\pi \sin \theta}$$

安培力的合力为：

$$\begin{aligned} F &= 2 \int_0^\pi df \sin \theta \\ &= 2 \int_0^\pi \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \sin \theta} \sin \theta d\theta \\ &= 2 \int_0^\pi \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} d\theta \\ &= \mu_0 I_1 I_2 \end{aligned}$$