



厦门大学《大学物理C》课程
期末试卷(A卷)参考答案
(考试时间: 2018年6月)

一、选择题: 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 以下说法错误的是: ()

- A. 电场弱的地方电势低, 电场强的地方电势高
- B. 沿着电场线的方向电势降低
- C. 电场强度的方向沿等势面法向
- D. 静电场是无旋场

答案: A

2. 一带电量为 q 的导体置于一导体空腔内。若将两导体用导线连接起来, 则电场能量将:

- A. 增加
- B. 减小
- C. 保持不变
- D. 不能确定变化趋势

答案: B

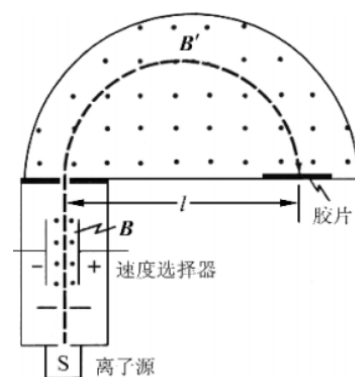
3. 真空中, 无限大均匀带电板其电荷面密度为 σ , 其周围空间的电场强度大小为 (); 静电平衡的孤立导体球, 其电荷面密度为 σ , 此导体球表面附近的电场强度大小为 ()。

- A. $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$, $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
- B. $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
- C. $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
- D. $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$, $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

答案: C

4. 质谱仪的基本构造如右图所示。质量 m 待测的、带电 q 的离子束经过速度选择器 (其中有相互垂直的电场 E 和磁场 B) 后进入均匀磁场 B' 区域发生偏转而返回, 打到胶片上被记录下来。问, 偏转距离为 l 的离子的质量是 ()

- A. $\frac{2qBB'l}{E}$
- B. $\frac{qBB'l}{E}$



C. $\frac{qBB'l}{2E}$

D. $\frac{3qBB'l}{4E}$

答案：C

5. 两块平行的大金属板上有均匀电流流通，电流面密度大小都是 j ，但方向相反，则板间和板外的磁场分布为（ ）

A. 两板间 $B = 0$ ，两板外 $B = 2\mu_0 j$ ；

B. 两板间 $B = 0$ ，两板外 $B = \mu_0 j$ ；

C. 两板间 $B = 2\mu_0 j$ ，两板外 $B = 0$ ；

D. 两板间 $B = \mu_0 j$ ，两板外 $B = 0$ ；

答案：D

6. 在同一平面内依次有 a, b, c 三根等距离平行放置的长直导线，通有同方向的电流依次为 1A、2A、3A，它们单位长度所受力的的大小依次为 F_a, F_b, F_c ，则 $\frac{F_b}{F_c}$ 为（ ）

A. 4/9

B. 8/15

C. 8/9

D. 1

答案：B

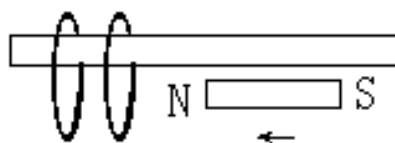
7. 两个闭合的金属环，穿在一极光滑的绝缘杆上（如图），当条形磁铁N极自右向左靠近圆环时（不考虑两线圈之间的互感），两圆环的运动是（ ）

A. 边向左移边分开；

B. 边向左移边合拢；

C. 边向右移边合拢；

D. 同时同向移动。



答案：B

8. 以下说法错误的一项是（ ）

A. 普通光源每次发光是随机的，所发出各波列的频率、振动方向和振动初相位都不相同。

B. 气体原子发光是连续的，其光谱是连续光谱。

C. 从同一波阵面上分离出两个相同初相位的波源为相干波源。

D. 激光光源是利用激发态粒子在受激辐射作用下发光的，是一种相干光源。

答案: B

9. 自然光在两种各向同性的介质分界面上会发生发射和折射, 当入射角为布儒斯特角时, 下列哪种表述是不正确的

- A. 折射光为线偏振光 B. 反射光为完全偏振光
C. 反射光的偏振垂直于入射面 D. 反射光与折射光相互垂直

答案: A

10. 关于自然光和偏振光, 下列观点正确的是 ()

- A. 只有自然光透过偏振片才能获得线偏振光
B. 自然光只能是白色光, 而线偏振光不能是白色光
C. 自然光及偏振光均能产生干涉和衍射现象
D. 自然光通过一个偏振片后成为偏振光, 偏振光再通过一个偏振片又还原为自然光

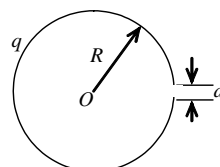
答案: C

二、填空题: 本大题共 10 空, 每空 2 分, 共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。错填、不填均无分。

1. 在真空中相距 l 的两个正点电荷, A 带的电量是 B 的 4 倍; 在 AB 线上, 电场强度为零的点距离 B 点_____。

答案: $l/5$

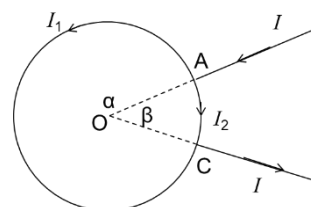
2. 一半径为 R 的带有一缺口的细圆环, 缺口长度为 d ($d \ll R$) 环上均匀带有正电, 电荷为 q , 如图所示。则圆心 O 处的场强大小 $E =$ _____; 圆心 O 点处的电势 $V =$ _____。



答案: $\frac{qd}{8\pi^2\epsilon_0 R^3}$; $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$

3. 两根导线沿半径方向引到匀质金属环上的 A 和 C 两点, 电流方向如图所示, 环中心 O 处的磁感应强度为_____。

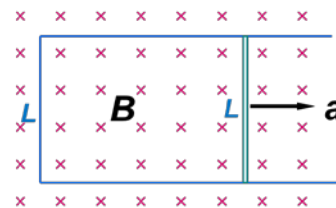
答案: 0



4. 把一圆形线圈放入匀强磁场中, 线圈半径为 r , 通有电流 I , 周围磁感应强度为 B , 则线圈所受的最大力矩大小是_____。

答案: $BI\pi r^2$

5. 如图, 长度为 L 的细导线, 由静止状态从 0 时刻开始以加速度 a 向右做匀加速直线运动, 磁场强度为 B , 则 t 时刻导线两端电动势的大小为_____。



答案: $BLat$

6. 一自感线圈中, 电流强度在 0.002 s 内均匀地由 10 A 增加到 12 A , 此过程中线圈内自感电动势为 400 V , 则线圈的自感系数为 $L =$ _____。

答案: 0.4 H

7. 一束由自然光和线偏振光组成的混合光, 让它垂直通过一偏振片, 若以入射光束为轴, 旋转偏振片, 测得透射光强度最大值是最小值的 7 倍, 则入射光束中自然光与线偏振光的光强比值是_____。

答案: $1/3$

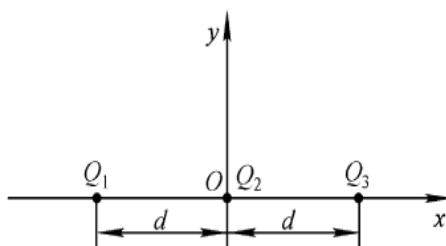
8. 两初相相同的相干光, 在均匀介质中传播, 已知光的频率为 ν , 介质的折射率为 n , 若在相遇时它们经过的几何路程差为 $r_2 - r_1$, 则它们的光程差为_____, 相位差为_____。

答案: $n(r_2 - r_1)$ 、 $2\pi n(r_2 - r_1)\nu/c$

三、**计算题:** 本大题共 5 小题, 每小题 12 分, 共 60 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

1. 如图所示, 有三个点电荷 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 沿一条直线等间距分布, 已知 $Q_1 = Q_3 = q$, 其中任一点电荷所受合力均为零, 求

- (1) 点电荷 Q_2 的电量;
- (2) 由点电荷 Q_1 、 Q_3 在 y 轴上产生的电场强度;
- (3) 在固定 Q_1 、 Q_3 的情况下, 将 Q_2 从点 O 移到无穷远处外力所作的功。



分析 由库仑力的定义, 根据 Q_1 、 Q_3 所受合力为零可求得 Q_2 . 外力做功 W' 应等于电场力做功 W 的负值, 即 $W' = -W$. 求电场力做功的方法有两种:

(1) 根据功的定义，电场力作的功为

$$W = \int_0^\infty Q_2 E dl$$

其中 E 是点电荷 Q_1 、 Q_3 产生的合电场强度.

(2) 根据电场力作功与电势能差的关系，有

$$W = Q_2(V_0 - V_\infty) = Q_2 V_0$$

其中 V_0 是 Q_1 、 Q_3 在点 O 产生的电势 (取无穷远处为零电势).

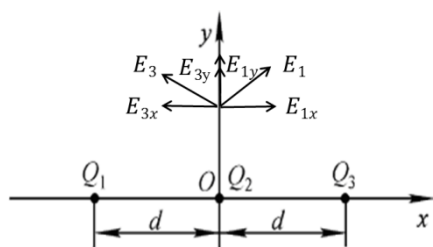
解: (1) 4分

由题意 Q_1 所受的合力为零

$$Q_1 \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} + Q_1 \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 (2d)^2} = 0$$

解得
$$Q_2 = -\frac{1}{4}Q_3 = -\frac{1}{4}q$$

(2) 4分



由点电荷电场的叠加， Q_1 、 Q_3 激发的电场在 x 轴方向上的合场强为零，

y 轴上任意一点的电场强度为

$$E = E_{1y} + E_{3y} = \frac{qy}{2\pi\epsilon_0 (d^2 + y^2)^{3/2}}$$

(3) 4分

将 Q_2 从点 O 沿 y 轴移到无穷远处，外力所作的功为

$$\begin{aligned} W' &= -\int_0^\infty Q_2 \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ &= -\int_0^\infty \left(-\frac{1}{4}q\right) \frac{qy}{2\pi\epsilon_0 (d^2 + y^2)^{3/2}} dy = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d} \end{aligned}$$

解2 与解1相同，在任一点电荷所受合力均为零时 $Q_2 = -\frac{1}{4}q$ ，并由电势

的叠加得 Q_1 、 Q_3 在点 O 的电势

$$V_0 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 d} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 d} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 d} \quad (2\text{分})$$

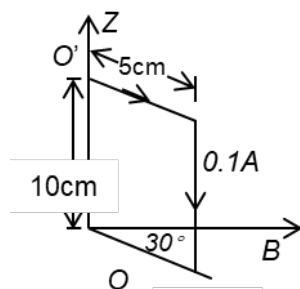
将 Q_2 从点 O 推到无穷远处的过程中,外力做功

$$W' = -Q_2 V_0 = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d} \quad (2\text{分})$$

2. 一矩形载流线圈由 20 匝互相绝缘的细导线绕成, 矩形边长为 10.0cm 和 5.0cm, 导线中的电流为 0.1A, 这线圈可以绕它的一边 OO' 转动, 如图所示, 当加上 $B=0.5T$ 的均匀外磁场, 且 B 与线圈平面成 30° 角时, 求

(1) 线圈受到的力矩;

(2) 保持线圈的电流不变, 当线圈转到平衡位置时, 求磁场做的功。



参考解答:

解: (1) 矩形载流线圈平面线圈的磁矩为 $m = NIS$ (2 分)

则线圈受到的力矩 $M = mB \sin \theta$ (2 分)

θ 为线圈法线与 B 的夹角, 当 $\theta=60^\circ$ 时, $M = 4.3 \times 10^{-3} (N \cdot m)$ (2 分)

(2) 磁场对线圈做功, 表现在力矩做功, 沿力矩方向的角位移为 $-d\theta$, 那么

$$A = \int -M d\theta = \int_{60^\circ}^{0^\circ} -NISB \sin \theta d\theta = \frac{1}{2} NISB = 2.5 \times 10^{-3} J \quad (4 \text{分})$$

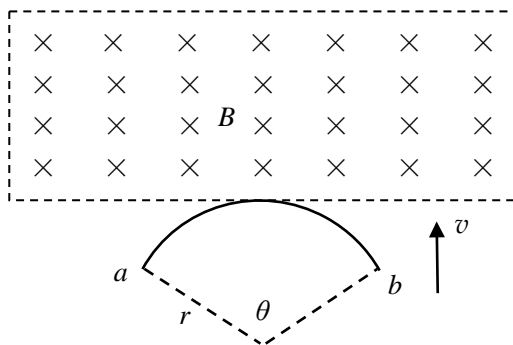
或者

$$A = \int Id\varphi = I\Delta\varphi = I(NBS - NBS \cos 60^\circ) = \frac{1}{2} NISB = 2.5 \times 10^{-3} J$$

3. 如图, 在匀强磁场中, 磁场强度大小为 B 。一半径为 r , 弧度 $\theta = 2\pi/3$ 的圆弧导线 ab 以速度 v 沿垂直于其弦的方向运动。设如图所示时为 $t = 0$, 磁场范围在远端无限延伸, 求:

1) 圆弧导线上所产生的感应电动势随时间的变化情况;

2) 若将导线 ab 两端用直导线连接起来组成闭合回路, 闭合回路电阻为 R , 试求线圈在进入磁场区域过程中产生的感应电荷量 q 。



解: 1) 8 分

由动生电动势基本原理可知:

$$\mathcal{E} = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

由题知, 当 $0 < t < r/2v$, 圆弧导线的一部分进入磁场,

t 时刻进入磁场范围的导线对应弦长为:

$$l = \int_{a'}^{b'} d\vec{l} = 2\sqrt{vt(2r - vt)}$$

故, 其感生电动势为:

$$\mathcal{E} = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = Blv = 2Bv\sqrt{vt(2r - vt)}$$

当 $t > r/2v$ 时, 圆弧导线全部在磁场范围中,

t 时刻进入磁场范围的导线对应弦长为:

$$l = \int_{a'}^{b'} d\vec{l} = 2\sqrt{3}r$$

$$\mathcal{E} = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = Blv = 2\sqrt{3}Brv$$

2) 4 分

$$q = \int_{t_1}^{t_2} I_i dt = \frac{1}{R}(\Psi_1 - \Psi_2) = \frac{(4\pi - 3\sqrt{3})r^2}{12R}$$

4. 用一波长 $\lambda = 480 \text{ nm}$ 的单色光垂直入射在一多缝光栅上, 测得第二级明条纹的衍射角为 30° , 第四级出现缺级, 求: (1) 光栅上狭缝的宽度及光栅常数; (2) 屏幕上最多能看到多少条明条纹; (3) 若入射光

以入射角 30° 斜入射时，最多能看到第几级明条纹？

解：（1）4 分

根据光栅公式： $(a+b)\sin 30^\circ = 2\lambda$

光栅常数： $(a+b) = 2.4 \times 10^{-6} \text{ m}$

根据缺级条件： $k = k'(a+b)/a$

$$a = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

（2）4 分

根据光栅公式： $(a+b)\sin \theta = k\lambda$

$$k_{\max} < (a+b)\sin 90^\circ / \lambda = 5$$

由于 $\theta = 90^\circ$ 的条纹是观察不到的，所以明条纹的最高级数为 4。又由于第四级出现缺级，所以在屏上能够观察到 $2 \times 3 + 1 = 7$ 条明纹。

（3）4 分

根据斜入射光栅公式，可得：

$$k = (a+b)(\sin \varphi + \sin \theta) / \lambda$$

根据题意 $\theta = 30^\circ$ ， $\varphi = 90^\circ$ ，代入可得：

$$k_{\max} < \frac{2.4 \times 10^{-6} \times (1 + 0.5)}{4.8 \times 10^{-7}} = 7.5$$

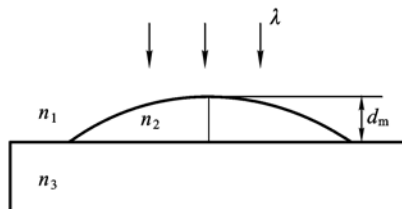
取 $k = 7$ ，即斜入射时，最多能看到第 7 级明条纹。

5. 如下图所示，在空气中，折射率 $n_2 = 1.2$ 的油滴落在 $n_3 = 1.50$ 的平板玻璃上，形成一上表面近似于球面的油膜，测得油膜中心最高处的高度 $d_m = 1.1 \mu\text{m}$ ，用 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射油膜，求：

（1）油膜周边是暗环还是明环；

（2）整个油膜可看到几个完整的明环；

（3）设油膜球面半径 $R = 5 \text{ m}$ ，则最靠近油膜中心的两个明环的间距为多大？



参考解答：

（1）4 分

由于 $n_1 < n_2 < n_3$ ，故油膜上任一点处两反射相干光的光程差 $\Delta = 2n_2d$ 。（1）令 $d=0$ ，由干涉加强

或减弱条件即可判断油膜周边是明环.

根据分析, 由

$$2n_2d = \begin{cases} k\lambda & (\text{明条纹}) \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & (\text{暗条纹}) \end{cases}^{k=0,1,2,\dots}$$

油膜周边处 $d=0$, 即 $\Delta=0$ 符合干涉加强条件, 故油膜周边是明环.

(2) 4 分

令 $d=d_m$ 可求得油膜上明环的最高级次 (取整), 从而判断油膜上完整明环的数目.

油膜上任一明环处满足

$$\Delta = 2n_2d = k\lambda \quad (k=0,1,2,\dots)$$

令 $d=d_m$, 解得 $k=4.4$, 可知油膜上明环的最高级次为 4, 故油膜上出现的完整明环共有 5 个, 即 $k=0, 1, 2, 3, 4$

(3) 4 分

由上题可知, 最靠近油膜中心的两个明环为 $k=3$ 和 $k=4$, 且第 3 和 4 级明环处对应的油膜厚度为:

$$d_3 = 7.5 \times 10^{-7} m$$

$$d_4 = 1 \times 10^{-6} m$$

第 k 级明环到油膜中心的距离为:

$$r_k = \sqrt{R^2 - (R - d_m + d_k)^2} = \sqrt{(d_m - d_k)(2R - d_m + d_k)}$$

则

$$r_3 = 1.87 \times 10^{-3} m$$

$$r_4 = 1.00 \times 10^{-3} m$$

故最靠近油膜中心的两个明环的间距为:

$$r_3 - r_4 = 8.7 \times 10^{-4} m$$