

一、**选择题**：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 根据场强定义式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ，下列说法中正确的是：()

- (A) 电场中某点处的电场强度就是该处单位正电荷所受的力；
- (B) 从定义式中明显看出，场强反比于单位正电荷；
- (C) 做定义式时 q_0 必须是正电荷；
- (D) \vec{E} 的方向可能与 \vec{F} 的方向相反。

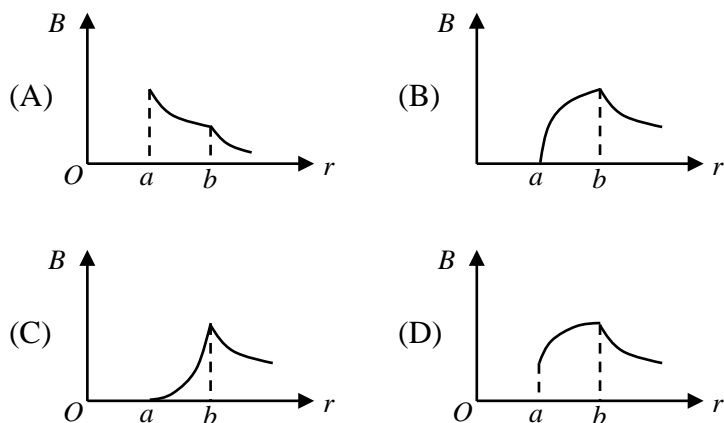
答案：D

2. 将一带负电荷的导体 A 移近一个接地的导体 B，则 ()

- (A) 导体 B 的电势不变，且带正电荷
- (B) 导体 B 的电势不变，且带负电荷
- (C) 导体 B 的电势增大，带正电荷
- (D) 导体 B 的电势减小，带正电荷

答案：A

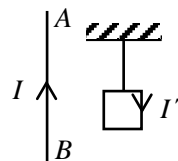
3. 无限长载流空心圆柱导体的内外半径分别为 a 、 b ，电流在导体截面上均匀分布，则空间点处的磁感应强度的大小 B 与场点到圆柱中心轴的距离 r 的关系定性如图所示，正确的图是 ()



答案：C

4. 把轻的正方形线圈用细线挂在载流直导线 AB 的附近，两者在同一平面内，直导线 AB 固定，线圈可以活动。当正方形线圈通以如图所示的电流时线圈将 ()

- (A) 发生转动，同时靠近导线 AB
- (B) 发生转动，同时离开导线 AB
- (C) 靠近导线 AB
- (D) 离开导线 AB



答案：C

5. 在感应电场中电磁感应定律可写成 $\oint_L \vec{E}_K \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$ ，式中 \vec{E}_K 为感应电场的电场强度。此式表明 ()

- (A) 闭合曲线 L 上 \vec{E}_K 处处相等
 (B) 感应电场是保守场
 (C) 感应电场的电场强度线不是闭合曲线
 (D) 在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念

答案: D

6. 在杨氏双缝实验中, 以下说法错误的是 ()

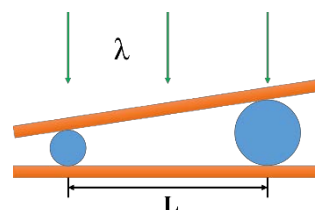
- (A) 如果使两缝之间的距离变小, 则观察到的条纹将变疏。
 (B) 整个装置的结构不变, 全部浸入水中, 则观察到的条纹将变密。
 (C) 保持双缝间距不变, 使双缝与屏幕间的距离变小, 则条纹将变密。
 (D) 用一块透明的薄云母片盖住下面的一条缝, 则零级明纹将向上移动

答案: D

7. 两个直径相差很小的圆柱体夹在两块平板玻璃之间构成空气劈尖, 如下图所示。单色光垂直照射, 可看到等厚干涉条纹, 如果将两圆柱之间的距离 L 拉大, 则 L 范围内的干涉条纹 ()

- (A) 数目增加, 间距不变 (B) 数目增加, 间距变小
 (C) 数目不变, 间距变大 (D) 数目减小, 间距变大

答案: C



8. 以下说法错误的一项是 ()

- (A) 单一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相同。
 (B) 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。
 (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) 两普通光源或光源的不同部分发出的光为非相干光。

答案: A

9. 自然光以布儒斯特角由空气入射到一玻璃表面上, 反射光是 ()

- (A) 在入射面内振动的完全线偏振光
 (B) 平行于入射面的振动占优势的部分偏振光
 (C) 垂直于入射面振动的完全线偏振光
 (D) 垂直于入射面的振动占优势的部分偏振光

答案: C

10. 一束白光垂直照射在一光栅上, 在形成的同一级光栅光谱中, 偏离中央明纹最远的是 ()

- (A) 紫光 (B) 绿光 (C) 黄光 (D) 红光

答: (D)

二、填空题: 本大题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

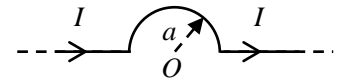
1. 在点电荷系的电场中, 任一点的电场强度等于每个点电荷电场在该点处的_____和, 这称为场强叠加原理。

答案: 矢量

2. 两带电导体球半径分别为 R 和 r ($R > r$), 它们相距很远, 用一根导线连接起来, 则两球表面的电荷面密度之比 $\sigma_R : \sigma_r =$ _____。

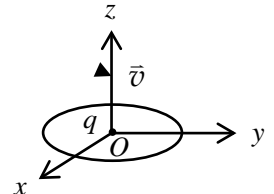
答案: $\frac{r}{R}$

3. 在真空中, 将一根无限长载流导线在平面内完成如图所示形状, 并通以电流 I , 则圆心 O 点的磁感应强度的大小为_____。



答案: $\frac{\mu_0 I}{4a}$

4. 如图所示, 一半径为 R , 通有电流为 I 的圆形回路, 位于 Oxy 平面内, 圆心为 O 。一带正电荷为 q 的粒子, 以速度 \vec{v} 沿着 z 轴向上运动, 当带正电荷的粒子恰好通过 O 点时, 作用在带电粒子上的力为_____。



答案: 0

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

答案: $0.4H$

6. 在折射率为 1.5 的玻璃表面镀有氟化镁增透膜, 可使反射光减弱, 透射光增强。其中氟化镁的折射率为 1.3 。当用波长为 520 nm 的单色平行光垂直照射时, 使反射光相消的氟化镁薄膜的最小厚度为_____。

答案: 100 nm

由光程差 $=2ne=(2k-1)\lambda/2$, $e=(2k-1)\lambda/4n$, $k=1$, $e=\lambda/4n$.

7. 光强均为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时, 在相遇区域内有可能出现的最大光强是_____。

答案 $4I_0$

8. 一强度为 I_0 的自然光先后通过两个偏振化方向夹角为 60° 的偏振片, 则最终出射光的光强为_____。

答案: $1/8I_0$

推理过程: 自然光通过第一个偏振片后光强 I_1 降为 $1/2I_0$, 令 $\alpha=60^\circ$, 由马吕斯定律可知出射光 I_2 的强度为: $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$

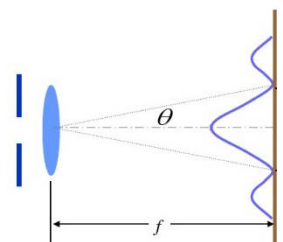
则: $I_2=1/8I_0$ 。

9. 已知某显微镜透镜孔径 $D=3\text{ cm}$, 在波长为 450 nm 的光源照射下, 其最小分辨角为_____。

答案: 0.0000183

推理过程: $\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{D}$

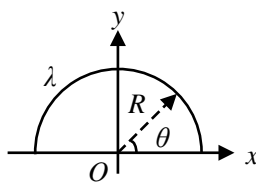
10. 在单缝衍射实验中, 将如图中单缝向上小范围移动时, 条纹位置将如何运动? _____。



答案: 不变

推理过程: 单缝衍射实验中, 衍射角相同的光线会聚在接收屏的相同位置上, 因此其条纹位置只与透镜位置相关, 单缝位置的小范围移动不能改变条纹的位置。

三、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。
一个带电细线弯成半径为 R 的半圆形，电荷线密度为 $\lambda = \lambda_0 \cos \theta$ ，如图所示，试求：



- (1) 环心 O 处的电场强度；
- (2) 若取无限远处为电势零点，环心 O 处的电势；
- (3) 若将一带电量为 q 的试验点电荷从 O 点移到无限远处，则电场力所做的功。

解答：

(1) 6 分

在 θ 处取电荷元，其电量为：

$$dq = \lambda dl = \lambda_0 R \cos \theta d\theta$$

它在 O 点处产生的电场强度大小为：

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\lambda_0 \cos \theta d\theta}{4\pi\epsilon_0 R}$$

其在 x 、 y 轴上的分量为：

$$\begin{cases} dE_x = -dE \cos \theta \\ dE_y = -dE \sin \theta \end{cases}$$

则

$$\begin{cases} E_x = -\frac{\lambda_0}{4\pi\epsilon_0 R} \int_0^\pi \cos^2 \theta d\theta = -\frac{\lambda_0}{8\epsilon_0 R} \\ E_y = -\frac{\lambda_0}{4\pi\epsilon_0 R} \int_0^\pi \sin \theta \cos \theta d\theta = 0 \end{cases}$$

所以在 O 点处的电场强度为：

$$\vec{E} = E_x \vec{i} + E_y \vec{j} = -\frac{\lambda_0}{8\epsilon_0 R} \vec{i}$$

(2) 3 分

在 θ 处的电荷元在 O 点处产生的电势为：

$$dV = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{\lambda_0 \cos \theta d\theta}{4\pi\epsilon_0}$$

根据电势叠加原理，可得 O 点的总电势为：

$$V = \int_V dV = \frac{\lambda_0}{4\pi\epsilon_0} \int_0^\pi \cos \theta d\theta = 0$$

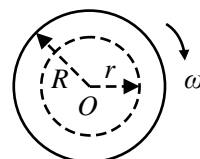
(3) 3 分

因为电场是保守场，故此过程中电场力做功为：

$$W = W_\infty - W_O = q(V_\infty - V_O) = 0$$

四、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一个塑料带电薄圆盘，半径为 R ，电荷面密度 $\sigma = kr$ ，其中 r 为盘面上的点到圆盘中心的距离， $k > 0$ 。圆盘绕通过圆心且垂直盘面的轴线以匀角速度为 ω 顺时针转动，如图所示。



试求：

- (1) 在圆盘中心处的磁感应强度；

(2) 圆盘的磁矩。

解答:

(1) 8 分

半径为 r 的圆形电流 I 在圆心处的磁感应强度大小为:

$$B_{\text{圆电流}} = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

$$\text{又} \because dI = \frac{dq}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \cdot 2\pi r dr \sigma = k\omega r^2 dr, \quad ,$$

$$\therefore dB = \frac{\mu_0 dI}{2r} = \frac{1}{2} k \mu_0 \omega r dr$$

$$\therefore B = \int_0^R \frac{1}{2} k \mu_0 \omega r dr = \frac{1}{4} k \mu_0 \omega R^2$$

又因为顺时针旋转, 所以圆盘中心 O 点处的磁感应强度为 $\frac{1}{4} k \mu_0 \omega R^2$, 方向垂直纸面向里。

(2) 4 分

$$\therefore dm = dI \cdot S = k\omega r^2 dr \cdot \pi r^2 = k\pi\omega r^4 dr, \quad ,$$

$$\therefore m = \int_0^R k\pi\omega r^4 dr = \frac{1}{5} k\pi\omega R^5$$

方向: 垂直纸面向里。

五、**计算题:** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

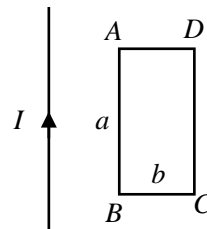
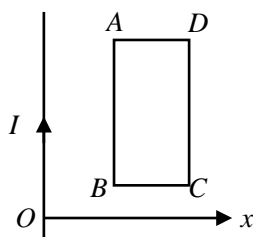
如图, 一长直载流导线旁有一长、宽分别为 a 和 b 的矩形线圈 $ABCD$ 与之共面, 如图所示。

(1) 若长直导线中通有交变电流 $I = I_0 \cos \omega t$, 线圈保持不动, AB 到长直导线距离为 r , 求 t 时刻线圈中的感应电动势;

(2) 若长直导线中通有恒定电流 $I = I_0$, 线圈以匀速率 v 远离长直导线, 求当 AB 到长直导线距离为 r 时, 线圈中的感应电动势;

(3) 求当 AB 到长直导线距离为 r 时, 它们的互感系数。

解:



在平面内建立坐标系如图所示。

当长直导线通有电流为 I , 线圈的 AB 边到长直导线距离为 r 时, 穿过线圈的磁通量为:

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_r^{r+b} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} a dx = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \frac{r+b}{r}$$

(1)

$$I = I_0 \cos \omega t$$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_m}{dt} = - \frac{d\Phi_m}{dI} \frac{dI}{dt} = \frac{\mu_0 I_0 a \omega \sin \omega t}{2\pi} \ln \frac{r+b}{r}$$

(2)

$$r=r(t)$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d\Phi_m}{dr} \frac{dr}{dt} = \frac{\mu_0 I_0 abv}{2\pi r(r+b)}$$

(3)

$$M = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \frac{r+b}{r}$$

六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一油轮漏出的油（折射率 $n_2=1.2$ ）污染海域，在海水（折射率 $n_3=1.33$ ）表面形成一层厚度为 $d=460\text{nm}$ 的油污。

1) 如果太阳光正上方入射，人从正上方观察，他可看到油层最亮的颜色的波长是多少？

2) 如果人从海水底部正下方往上观察，可观察到几种颜色光特别亮？波长分别是多少？（可见光为 380-780 nm）

解： 1) 人从正上方观察，即出现反射光的薄膜干涉，

$$\delta = 2n_2d \quad (1 \text{ 分})$$

题目问油层颜色，就是问什么波长的光出现干涉加强，强度很亮。

$$\delta = 2n_2d = k\lambda \quad (2 \text{ 分})$$

此时， k 只能取有限的正整数。

$$\lambda_1 = 2n_2d = 1104\text{nm}$$

$$\lambda_2 = n_2d = 552\text{nm}$$

$$\lambda_3 = 2n_2d/3 = 368\text{nm}$$

其中 552 nm 可见光。(3 分)

2) 人从正下方观察，即出现透射光的薄膜干涉，

$$\delta = 2n_2d + \lambda/2 \quad (1 \text{ 分})$$

同样利用干涉加强的条件

$$\delta = 2n_2d + \lambda/2 = k\lambda \quad (2 \text{ 分})$$

此时， k 只能取有限的正整数

$$\lambda_1 = \frac{2n_2d}{1-1/2} = 2208\text{nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{2n_2d}{2-1/2} = 736\text{nm} \quad \lambda_3 = \frac{2n_2d}{3-1/2} = 442\text{nm} \quad \lambda_4 = \frac{2n_2d}{4-1/2} = 315\text{nm}$$

其中，736 nm, 442nm 为可见光。 3 分

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

用波长为 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射光栅，观察到相邻两明纹分别出现在 $\sin\theta = 0.10$ 和 $\sin\theta = 0.20$ 处，第六级缺级。试计算：(1) 其光栅常数；(2) 其狭缝的最小宽度；(3) 请列出全部可观测条纹的级数。

参考解答：

(1) 设 $\sin\theta = 0.10$ 与 $\sin\theta = 0.20$ 级数分别为 k 与 $k+1$ ，其光栅常数为 d ，则，

$$d \sin \theta_k = 0.1d = k\lambda$$

$$d \sin \theta_{k+1} = 0.2d = (k+1)\lambda$$

可知 $d = 6 \times 10^{-6}(\text{m})$ (4 分)

(2) 设狭缝宽度为 b , 则 $d=(b+b')=mb$, 当 $k=m, 2m, 3m, \dots$ 时衍射缺级, 故当 $m=6$ 时, $b=d/m$ 有最小值 $b_{\min}=1\times 10^{-6}(\text{m})$ (4 分)

(3) 可观测的条纹对应的极限角度 θ 为 90° , 则

(4)
$$k_{\max} = \frac{d \sin \theta}{\lambda} = 10 \quad (2 \text{ 分})$$

$k = \pm 6$ 时缺级, 故可观测到的条纹级数为:

$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5, \pm 7, \pm 8, \pm 9$ (2 分)