

安徽大学 2023—2024 学年第 1 学期

《大学物理 A (下)》期末试卷 (A 卷)

(闭卷 时间 120 分钟)

考场登记表序号

一、单选题（每小题 2 分，共 20 分）

得分

1. 关于电磁感应定律的判断:

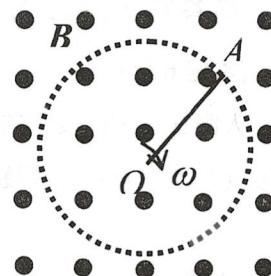
- (1) 动生电动势的驱动力是洛伦兹力.
 - (2) 动生电动势的驱动力是电场力.
 - (3) 若空间磁场分布不随时间变化, 无论导体闭合回路如何变化, 都不会产生任何电动势.
 - (4) 只要穿过闭合导体回路的磁通量发生改变, 该回路中一定产生电流.

以上四种判断，其中正确的是

- (A) (1), (2), (3). (B) (1), (3).
(C) (1), (4). (D) (2), (4).

2. 如图，在平面内有一个长度为 R 的导体棒 OA 绕 O 点以角速度为 ω 顺时针匀速率转动，磁感应强度为 B 的均匀磁场垂直于纸面向外。则

- (A) A 端电势高于 O 端, 且电动势大小为 $BR^2\omega/2$.
(B) A 端电势低于 O 端, 且电动势大小为 $BR^2\omega/2$.
(C) A 端电势高于 O 端, 且电动势大小为 $BR\omega^2/2$.
(D) A 端电势低于 O 端, 且电动势大小为 $BR\omega^2/2$.



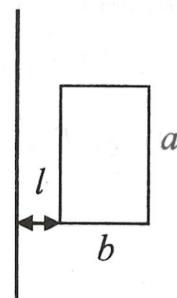
3. 如图, 无限长直导线与矩形线圈 ABCD 共面, 矩形线圈的长边为 a , 短边为 b , 矩形线圈离长直导线的距离为 l , 则可求出二者的互感系数为 (真空磁导率为 μ_0):

- (A) $\frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \frac{l+b}{l}$.

(B) $\frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \frac{l+a}{l}$.

(C) $\frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \frac{l+b}{l}$.

(D) 无法计算.



4. 麦克斯韦电磁波理论有两个重要假说，在这个基础上才能得到形式比较对称的关于电磁波理论的方程组。这两个重要假说分别是 []

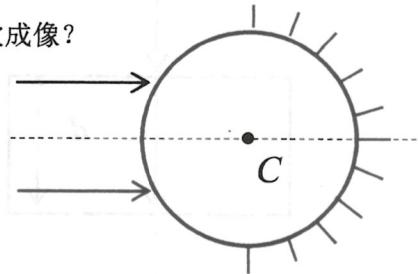
- (A) 光速不变原理和涡旋电场。
- (B) 电磁波光速传播和位移电流。
- (C) 光速不变原理和电磁波光速传播。
- (D) 涡旋电场和位移电流。

5. 在傍轴条件下，单个折射球面的物像公式为 $\frac{n'}{s'} + \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{r}$ 。据此，可得反射球面成像公式为 []

$$(A) \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = -\frac{1}{r}. \quad (B) \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = -\frac{1}{r}. \quad (C) \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = -\frac{2}{r}. \quad (D) \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = -\frac{2}{r}.$$

6. 在处理球面镜成像时，分析成像次数是非常关键的步骤。如图，玻璃球右侧半个球面镀上银反射层，若平行光从左侧透明表面入射，该系统总共经历几次成像？ []

- (A) 4.
- (B) 3.
- (C) 2.
- (D) 1.



7. 某原子特征光谱中含有两种波长的光，已知 $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ ，且在光栅光谱中，这两种波长的光谱线有重叠现象，重叠处的谱线 λ_2 主极大的级数是 3, 6, 9, 12, ...。则 $\lambda_2 =$ []

- (A) 750 nm.
- (B) 600 nm.
- (C) 480 nm.
- (D) 240 nm.

8. 一束波长为 λ 的单色光由空气垂直入射到折射率为 n 的透明薄膜上，透明薄膜置于空气中。已知反射光得到干涉加强，则薄膜的最小厚度为 []

- (A) $\lambda/4$.
- (B) $\lambda/2$.
- (C) $\lambda/(2n)$.
- (D) $\lambda/(4n)$.

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。

10. 微观粒子都具有波粒二象性，下列哪几个实验现象证明光具有粒子性一面？ []

- (1) 光的杨氏双缝干涉效应。
- (2) 光照射金属表面的光电效应。
- (3) 康普顿散射。
- (4) 夫琅禾费的单缝衍射效应。

以上四种判断，其中正确的是

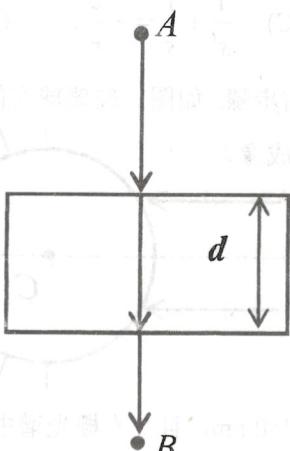
- (A) (1)、(2).
- (B) (2)、(3).
- (C) (2)、(4).
- (D) (1)、(3).

得分

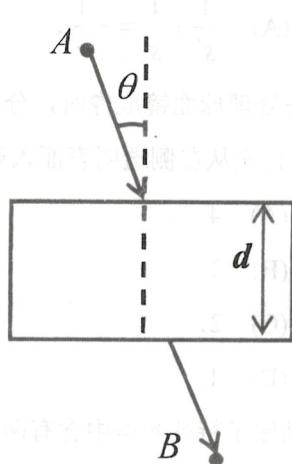
二、填空题（每空 2 分，共 16 分）

11. 电子具有波粒二象性：实验发现电子束穿过单晶后，也会产生衍射图案，它反映出电子具有_____；电子束轰击靶材镀膜，表明电子具有_____。（从“波动性”和“粒子性”中选择填空）

12. 如图 (a)，玻璃块的厚度为 d ，折射率为 n ，其余为真空。一光线从 A 点射出，垂直照射该玻璃块后到达 B 点。已知光线在真空中的光程和为 l ，则此光线由 A 到 B 的光程为_____；如图 (b) 当光线由 A 以入射角为 θ 入射，穿过玻璃块后到达 B 点，已知光线在真空中的光程和为 L ，则此光线的由 A 到 B 的光程为_____；



(a)



(b)

线
订
装
勿
超
题
答
装
装

13. 一衍射光栅的光栅常数为 $1\mu\text{m}$ （其中单缝宽度为 $0.25\mu\text{m}$ ），用波长为 500 nm 的单色光垂直照射该光栅，根据光栅方程，在 30° 衍射角方向上可能的衍射级数 $k = \dots$ ；缺级的级数为 _____。

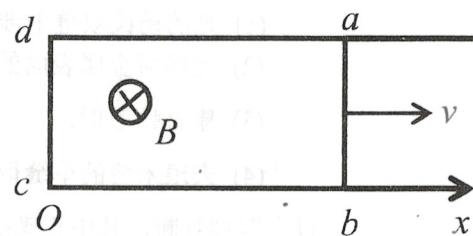
14. 设自然光光强为 I_0 ，经过一对偏振化方向夹角为 45° 的线偏振片，经过第一个偏振片后的光强为_____；经过第二个偏振片后光强为_____。

三、计算题（共 52 分）

15. (本题 14 分)

得分

如图，有半侧开放的矩形金属框置于垂直于纸面向里的非均匀磁场 B 中，磁场 $B(x) = kx \cos \omega t$ ，其中 k 为比例常数， x 为空间坐标， ω 为角频率。设 $t=0$ 时，其上长为 l 的导线 ab 在 $x=0$ 处开始以恒定速度 v 垂直于 ab 沿 cb 方向滑动。求闭合框架内感应电动势。



16. (本题 13 分)

有一单缝，宽度为 0.1 mm，在缝后放置一焦距为 100 cm 的凸透镜，用波长为 500 nm 平行绿光垂直照射单缝。求位于透镜焦平面处屏幕上中央明纹及第二级明纹的宽度。

得 分

17. (本题 15 分)

有一光栅常数 $(a+b) = 6 \mu\text{m}$ 的光栅，现用波长为 λ 的单色光垂直入射到该光栅上，实验发现相邻的两条明纹分别出现在 $\sin\theta = 0.2$ 与 $\sin\theta = 0.3$ 处，第四级缺级。求

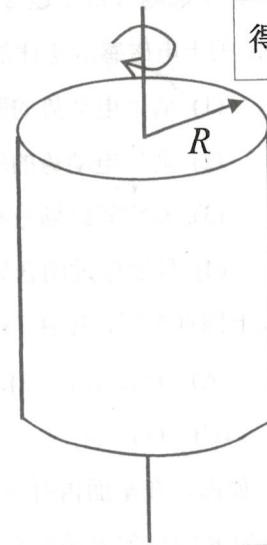
- (1) 该光栅狭缝的最小宽度；
- (2) 该单色光的波长 λ 。

得 分

18. (本题 10 分)

一无限长圆柱形导体薄圆筒，半径为 R ，表面均匀分布电荷，电荷面密度为 σ_0 ，如图。现令其绕轴线作顺时针匀加速旋转（自上而下看），其角加速度为 β 。设 $t=0$ 时，角速度为 0，求：

- (1) 面电流密度 i 与时间 t 的关系；
- (2) 圆筒内部任意一点的磁感应强度 B 的表达式；
- (3) 利用法拉第电磁感应定律求圆筒内部任意一点的涡旋电场（即感生电场） E 与该点到轴线距离 r 的关系，即 $E(r)$ 的表达式。



得 分

四、简答题 (共 12 分)

19. (本题 6 分)

人眼在正常照度下的瞳孔直径一般约毫米量级。在明视距离（约为二十几厘米）观察两个物点，实验发现当两个物点距离逐渐靠近时，人眼越来越难以分辨是一个物点还是两个物点，为什么？

得 分

20. (本题 6 分)

已知真空中存在电磁波，电场 $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi)$ ，磁场 $\vec{B} = \vec{B}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi)$ 。其中， \vec{E}_0 和 \vec{B}_0 分别代表电场和磁场的振幅， ω 为电磁波的角频率， \vec{k} 为波矢， φ 为初相位。以下各式分别代表什么物理意义？

$$(1) \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2; \quad (2) \frac{1}{2\mu_0} B^2; \quad (3) \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}.$$

得 分

安徽大学 2023—2024 学年第 1 学期

《大学物理 A (下)》期末试卷 (A 卷) 参考答案及评分标准

一、单选题 (每小题 2 分, 共 20 分)

1-10. C B A D C B A D C B

二、填空题 (每空 2 分, 共 16 分)

11. 波动性, 粒子性;

12. $L+nd$, $L+\frac{n^2 d}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}$;

13. 1 或 ± 1 ; 4, 8, 12, ...; (第二个空填对 1 个数字给 1 分, 填对两个或两个以上给 2 分)

14. $I_0/2$, $I_0/4$.

三、计算题 (共 52 分)

15. (本题 14 分)

解: 如图, 先计算当导体棒滑到 x 处穿过回路的磁通量. d

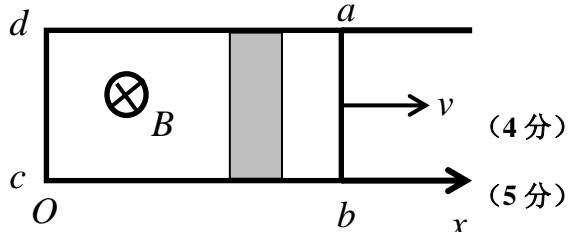
构建如图所示的面元 dS .

$$d\phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{S} = kx \cos \omega t \cdot L dx = kL \cos \omega t \cdot x \cdot dx$$

$$\phi_B = \int d\phi_B = \int_0^x kL \cos \omega t \cdot x \cdot dx = \frac{1}{2} kLx^2 \cos \omega t$$

因此, 感应电动势为

$$\begin{aligned} \varepsilon &= -\frac{d\phi_B}{dt} = -kLx \cdot \frac{dx}{dt} \cdot \cos \omega t + \frac{1}{2} \omega kLx^2 \sin \omega t \\ &= -kLx \cdot v \cdot \cos \omega t + \frac{1}{2} \omega kLx^2 \sin \omega t \\ &= \frac{1}{2} \omega kLv^2 t^2 \sin \omega t - kLv^2 t \cdot \cos \omega t \end{aligned} \quad (5 \text{ 分})$$



16. (本题 13 分)

解: (1) 设屏幕上第 k 级暗纹位置为 x , 由于暗纹条件为

$$a \sin \theta = \pm k \lambda \quad (3 \text{ 分})$$

很小, 于是

$$\sin \theta = \tan \theta = x/f \quad (1 \text{ 分})$$

即

$$x_k = \pm k \frac{f}{a} \lambda \quad (2 \text{ 分})$$

当 $k=1$ 时, 中央明纹的宽度为 $\Delta x_0 = x_1 - x_{-1} = 2 \frac{f}{a} \lambda$ (2 分)

于是, $\lambda = \frac{1}{2} \frac{a}{f} \Delta x_0 = 0.1 \times 10.92 / (2 \times 1000) \text{ mm} = 546 \text{ nm}$. (2 分)

(2) 其余第 k 级明纹宽度为与 k 无关, 宽度 $\Delta x_k = \frac{f}{a} \lambda = 1000 \times 5.46 \times 10^{-4} / 0.1 \text{ mm} = 5.46 \text{ mm}$. (3 分)

17. (本题 15 分)

解: (1) 由光栅方程和单缝衍射极小条件可知,

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda, (a+b) = 4a \quad (6 \text{ 分}, \text{ 每式 } 3 \text{ 分})$$

因此, 得

$$a = (a+b)/4 = 6/4 \mu\text{m} = 1.5 \mu\text{m} \quad (3 \text{ 分})$$

(2) 另可得到,

$$\sin\theta = \frac{k\lambda}{4a}. \quad (1 \text{ 分})$$

按照条件,

$$\sin\theta_k = \frac{k\lambda}{4a} = 0.20, \quad \sin\theta_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda}{4a} = 0.30 \quad (2 \text{ 分}, \text{ 每式 } 1 \text{ 分})$$

联解得:

$$\frac{(k+1)\lambda}{4a} = 0.2 + \frac{\lambda}{4a} = 0.30 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则 } \lambda = 4a \times (0.3 - 0.2) = 4 \times 1.5 \times (0.3 - 0.2) \mu\text{m} = 600 \text{ nm.} \quad (2 \text{ 分})$$

18. (本题 10 分)

解: (1) 在圆柱筒表面取一圈长为 Δl 的表面, 其面元为 ΔS , 而 $\Delta S = 2\pi R\Delta l$, 这些电荷环绕轴线旋转,

$$\text{产生电流 } \Delta I. \text{ 于是, 面电流密度 } i \equiv \frac{\Delta I}{\Delta l} = \frac{\Delta q/T}{\Delta l} = \frac{\sigma_e \Delta S/T}{\Delta l} = \frac{\sigma_e 2\pi R\Delta l}{2\pi/\omega} = \omega \sigma_e R. \quad (2 \text{ 分})$$

而根据题意和初始条件,

$$\omega = \beta t. \quad (1 \text{ 分})$$

最终,

$$i = i(t) = \beta \sigma_e R t \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 根据安培环路定理, 圆筒内的磁场应该类似于无限长密绕螺线管在其内部产生的均与磁场, 磁场方向与圆柱筒的轴线平行, 于是

$$B = \mu_0 i = \mu_0 \beta \sigma_e R t \quad (2 \text{ 分})$$

(3) 由 (2) 知, B 随时间变化, 于是在环绕轴线的方向产生涡旋电场或感生电场.

$$\text{根据法拉第电磁感应定律, } \oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{\partial \left(\iint_s \vec{B} \cdot d\vec{S} \right)}{\partial t} \quad (1 \text{ 分})$$

根据涡旋电场轴对称, 当积分回路半径为 r 时, 有

$$E \cdot 2\pi r = - \frac{d(B\pi r^2)}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} \quad (2 \text{ 分})$$

于是,

$$E = E(r) = -\frac{\mu_0 \beta \sigma_e R r}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

四、简答题 (共 12 分)

18. (本题 6 分)

答: 其中物理机制就是光的圆孔衍射造成的爱里斑是否重叠. 当两个物点相距较远时, 每个物点在经过眼睛瞳孔后会衍射成一个爱里斑, 且二者不重叠; 而第二个物点与第一个接近时, 它们的爱里斑会发生重叠, 人眼就分不清是一个物点还是两个物点了. (6 分)

(遇到解答中出现关键词“爱里斑”、“圆孔衍射”等关键词, 或解释合理均得分)

20. (本题 6 分)

答: (1) $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ 表示真空中电磁波中电场能量密度. (2 分)

(2) $\frac{1}{2\mu_0} B^2$ 表示真空中电磁波中磁场能量密度. (2 分)

(3) $\frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$ 表示电磁波的传播的能量密度矢量, 该叉乘的方向代表电磁波的传播方向. (2 分)