

安徽大学 2020—2021 学年第 1 学期

《大学物理 A (下)》期末考试试卷

(闭卷 时间 120 分钟)

考场登记表序号

题号	一	二	三(16)	三(17)	三(18)	三(19)	四	总分
得分								
阅卷人								

得分

一、选择题 (每小题 2 分, 共 20 分)

1. 真空中有半径为 R 、均匀带电的实心球体, 带电量为 Q , 则球外半径为 r 处的电场能量密度为_____。()

A. $\frac{Q^2 r^2}{32\pi^2 \epsilon_0 R^6}$

B. $\frac{\epsilon_0 Q^2 r^2}{32\pi^2 R^6}$

C. $\frac{\epsilon_0 Q^2}{32\pi^2 r^4}$

D. $\frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 r^4}$

2. 在相对磁导率为 μ_r 的线性磁介质内部, 测得其磁场强度为 H , 则该处磁化强度 M 和磁感应强度 B 分别为____。(真空磁导率为 μ_0) ()

A. $(\mu_r - 1)H, \mu_0 \mu_r H$

B. $\mu_r H, \mu_0 \mu_r H$

C. $\mu_r H, (\mu_r - 1)\mu_0 H$

D. $\mu_r H, (\mu_r - 1)\mu_0 H$

3. 关于磁场的高斯定理 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$, 下列说法正确的是 _____ ()

A. 穿入封闭曲面的磁感应线条数必然等于穿出的磁感应线条数

B. 穿入封闭曲面的磁感应线条数不一定等于穿出的磁感应线条数

C. 磁场是有源场

D. 一根磁感应线可以终止于封闭曲面内

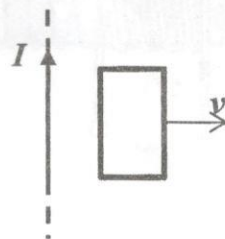
4. 如图所示, 长直导线与矩形线圈共面且长直导线中通以向上的恒定电流 I . 当矩形线圈向右匀速运动时, 下列说法正确的是 _____ ()

A. 由于 I 恒定, 线圈内没有感应电流

B. 线圈中有感应电流, 呈顺时针方向

C. 线圈中有感应电流, 呈逆时针方向

D. 随着线圈远离长直导线, 线圈内感应电流越来越强



5. 麦克斯韦电磁场理论中引入了两个重要假说, 一是涡旋电场假说, 另一是位移电流假说. 其实质分别是____。()

A. 静态磁场可以激发出电场, 变化的电场可以激发出磁场

B. 自由电荷周围空间存在电场, 传导电流可以激发磁场

C. 变化的磁场可以激发出电场, 变化的电场也可以激发出磁场

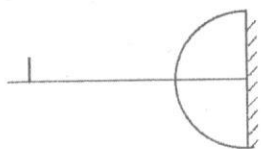
D. 静电场可感应出磁场, 静磁场可感应出电场

6. 一长密绕螺线管的长度为 l , 匝数为 N , 横截面积为 S , 则其自感系数 $L =$ _____.
(设管内部为真空, 磁导率为 μ_0 且无漏磁) ()

- A. $\frac{NS}{l}$ B. $\frac{\mu_0 NS}{l}$ C. $\frac{\epsilon_0 N^2 S}{l}$ D. $\frac{\mu_0 N^2 S}{l}$

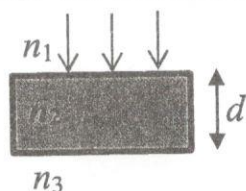
7. 如图所示, 一玻璃半球, 其平面的一侧镀银, 在其球面顶点左方有一个物体, 则在空气中该物体会经历 _____ 次成像. ()

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



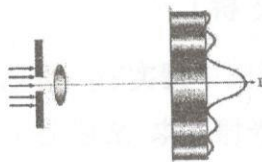
8. 如图所示, 波长为 λ 的平行单色光垂直入射在折射率为 n_2 的薄膜上, 经薄膜上下两个表面反射的两束光发生干涉. 若薄膜厚度为 d , 而且 $n_1 > n_2 > n_3$, 则两束反射光在相遇点的相位差为 _____. ()

- A. $\pi + 4\pi n_2 d / \lambda$ B. $2\pi n_2 d / \lambda$
C. $4\pi n_2 d / \lambda$ D. $\pi/2 + 4\pi n_2 d / \lambda$



9. 在如图所示的单缝衍射实验中, 把单缝稍稍上移时, 屏上衍射图案 _____. ()

- A. 向上平移 B. 不动
C. 向下平移 D. 中央明纹宽度变窄



10. 康普顿散射强有力证明光具有粒子性一面. 当波长为 λ 的X射线击中一个电子后该电子获得了的动能. 假定该电子原来是静止的, 则散射光的波长 λ' 与原波长之间的关系是 _____. ()

- A. $\lambda > \lambda'$ B. $\lambda = \lambda'$ C. $\lambda < \lambda'$ D. 无法判断

得分

二、填空题 (每小题 2 分, 共 10 分)

11. 杨氏双缝干涉实验中, 当双缝间距由 d 变为 d' , 观测到屏上第 4 级明纹变为第 8 级明纹, 则 $d': d =$ _____.

12. 设强度为 I_0 的自然光连续入射起偏夹角为 30° 两个偏振片上, 出射光强 = _____.

13. 在单缝衍射实验中, 入射单色光波长为 λ , 狭缝宽度为 a , 则第 3 级暗纹对应衍射角的正弦值 = _____.

14. 现有两种介质, 折射率分别为 n_1 和 n_2 , 其中 $n_1 > n_2$, 当光线由一种介质入射到另一种介质产生全发射对应的入射临界角 = _____.

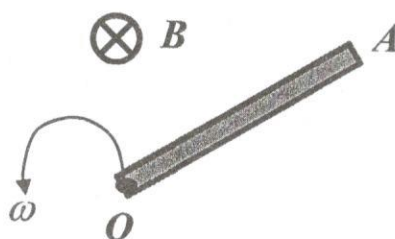
15. 爱因斯坦光电效应实验中, 已知某材料的逸出功为 A , 当入射光的频率为 λ 照射时, 可以产生光电子, 则电子逸出材料表面的最大初动能 = _____. (普朗克常数为 h , 光速为 c)

三、计算题 (共 60 分)

16. (本题 15 分)

得分

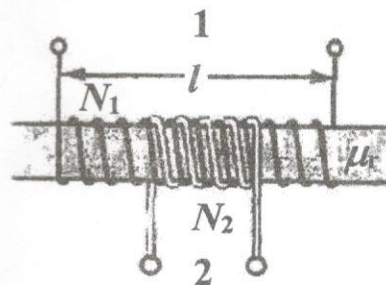
如图所示, 长为 L 的铜棒 OA , 绕其固定端 O 在均匀磁场 B 中以角速度 ω 逆时针转动, 铜棒与 B 垂直, B 的方向垂直纸面向里. 求动生电动势 ε 的大小, 并指出哪端电势高.



17. (本题 15 分)

得分

如图所示, 一长密绕螺线管内部填满相对磁导率 $\mu_r = 1000$ 的磁性材料, 长度为 $l = 1.0 \text{ m}$, 截面积 $S = 10 \text{ cm}^2$, 匝数 $N_1 = 1000$. 在其上中端密绕另一匝数 $N_2 = 20$ 的短线圈, 计算这两个线圈的互感 (设线圈 1 产生的磁场完全穿过线圈 2 的每一匝, 无漏磁). 若线圈 1 中电流的变化率为 10 A/s , 则线圈 2 中的感应电动势为多少?



18. (本题 20 分)

得分	
----	--

一平面衍射光栅的光栅常数为 $d = (a+b) = 2.4\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$), 现用波长 $\lambda = 600\text{ nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 的单色光垂直入射该光栅上, 测得第三级缺级. (1) 第二级主极大对应的衍射角 θ 为多少度? (2) 透光缝可能的最大宽度 a 等于多少? (3) 在选定了上述 $(a+b)$ 和 a 之后, 用白光照射(波长在 $400\text{-}760\text{nm}$ 之间), 求第二级光谱的张角. ($\sin^{-1}(0.333) = 19.5^\circ$, $\sin^{-1}(0.633) = 39.3^\circ$)

19. (本题 10 分)

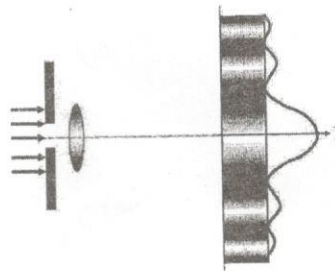
得分	
----	--

牛顿环是一种典型的分振幅干涉图案, 可用来检测单色光的波长: 在实验中测得第 3 个暗环的半径为 r_1 , 第 7 个暗环的半径为 r_2 , 且已知平凸透镜的半径为 R . 求入射光的波长 λ .

得分	
----	--

四、证明题 (本题 10 分)

20. 一波长为 λ 单色平行光自左向右垂直照射一宽度为 a 的狭缝, 狭缝的右方放置一焦距为 f 的薄凸透镜, 在该透镜像方焦平面处竖直放置一屏幕, 如图所示. 由于衍射, 单色光透过狭缝后产生干涉在屏幕上出现明暗相间的条纹. 在衍射角 θ 很小的情况下, 证明中央明纹的宽度是第一级明纹宽度的 2 倍.



《大学物理 A (下)》期末考试试卷参考答案及评分标准

一、选择题 (每小题 2 分, 共 20 分)

DAABC DCCBC

二、填空题 (每小题 2 分, 共 10 分)

11. $2:1$;

12. $3I_0/8$.

13. $3\lambda/a$.

14. $\arcsin(n_2/n_1)$ 或 $\sin^{-1}(n_2/n_1)$.

15. $h\nu - A$ 或 $h\lambda - A$.

三、计算题 (共 60 分)

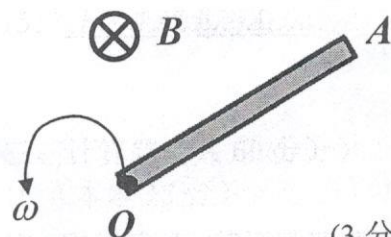
16. (本题 15 分)

解: 取线元 dl , 其运动速度大小为 $v = \omega l$,

$$\vec{v} \times \vec{B} \text{ 与 } dl \text{ 方向相反, } d\varepsilon = \vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{l} = vBdl = B\omega ldl,$$

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^L B\omega ldl = \frac{1}{2}B\omega L^2.$$

根据电子受到洛伦兹的方向, 电子将向 A 端累积, 所以 O 点的电势高.



(3 分)

(5 分)

(5 分)

(2 分)

17. (本题 15 分)

解: 设线圈 1 的电流为 I_1 , 则其产生的磁场

$$H = n_1 I_1 = N_1 I_1 / l$$

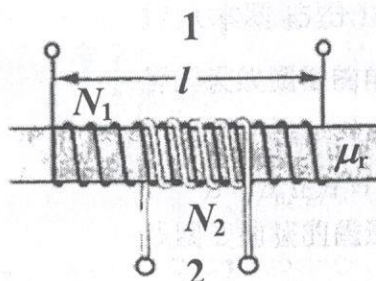
$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 \mu_r N_1 I_1 / l$$

线圈 2 捕获的磁通链匝数

$$\Psi_{12} = N_2 \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = N_2 \iint_S B dS = \frac{\mu_0 \mu_r N_1 N_2 S I_1}{l}$$

$$M = \frac{\Psi_{12}}{I_1} = \frac{\mu_0 \mu_r N_1 N_2 S}{l} \approx 25 \text{mH}$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi_{12}}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt} = \frac{\mu_0 \mu_r N_1 N_2 S}{l} \frac{dI_1}{dt} \approx -250 \text{mV}$$



(3 分)

(2 分)

(3 分)

(4 分)

(3 分)

18. (本题 20 分)

解: (1) 由光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$, (4 分)

得 $\sin\theta = k\lambda/(a+b) = 2 \times 600 \text{ nm}/2.4 \mu\text{m} = 0.5$, $\theta = 30^\circ$ (2 分)

(2) 同时满足 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$ 和 $a\sin\theta = k'\lambda$, 即 $k = (a+b)k'/a$ 对应的 k 出现缺级. (4 分)

于是, $a = (a+b)k'/k = (a+b)k'/3$, 又要求 $a < (a+b)$, (2 分)

于是 $k' = 1$ 和 2 . 因此, 透光缝可能的最大宽度 a 当 $k' = 2$ 时取值, 于是,

$a = (a+b)/3 = 1.6 \mu\text{m}$. (2 分)

(3) 根据 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$, $k = 2$, 得 $\sin\theta = k\lambda/(a+b) = 2\lambda/(a+b)$ (2 分)

当 $\lambda = 400 \text{ nm}$, $\sin\theta_{\text{紫}} = 0.333$, $\theta_{\text{紫}} = 19.5^\circ$; (1 分)

当 $\lambda = 760 \text{ nm}$, $\sin\theta_{\text{红}} = 0.633$, $\theta_{\text{红}} = 39.3^\circ$ (1 分)

所以第二级光谱的张角为 $39.3^\circ - 19.5^\circ = 19.8^\circ$ (2 分)

19. (本题 10 分)

解: 根据牛顿环原理, 第 k 个暗环对应的半径为 $r_k = \sqrt{kR\lambda}$ (3 分)

则, 有 $r_1 = \sqrt{3R\lambda}$ 和 $r_2 = \sqrt{7R\lambda}$ (4 分)

上式联立可得, $\lambda = \frac{r_2^2 - r_1^2}{4R}$ (3 分)

四、证明题 (本题 10 分)

证明: 根据单缝衍射的暗纹条件, 可知

$$a \sin\theta = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

在衍射角很小的情况下, 有 $\sin\theta = \tan\theta$.

中央明纹的宽度为中央明纹上下两侧一级暗纹之间的宽度,

$$l_0 = 2x_1 = 2f \tan\theta_1 \approx 2f \sin\theta_1 = 2 \frac{\lambda}{a} f$$
 (2 分)

第一级明纹的宽度, 相当于第二级暗纹和第一级暗纹之间的距离, (2 分)

$$\Delta x_1 = f \tan\theta_2 - f \tan\theta_1 \approx f(\sin\theta_2 - \sin\theta_1) = \frac{\lambda}{a} f$$
 (2 分)

比较上述两个式子, 故得证.

