

武汉大学 2023—2024 学年第一学期

大学物理 B（下）A 卷

姓名_____学号_____学院_____成绩_____

本卷可能用到的物理学常量：

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ 、 $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $m_{e0} = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、
 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 、 氢原子的里德堡常量 $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ 、
维恩位移常量 $b = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ 、 斯特潘-玻尔兹曼常量 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

一、选择题（本大题共 8 小题、每小题 3 分，共 24 分）

1. 半径为 R 的长直螺线管中载有变化的电流，在管内产生了随时间变化的均匀磁场，当磁感强度的大小以恒定速率 dB/dt 增加时，与螺线管同轴的、半径为 $r (r < R)$ 的圆形导体回路上涡旋电场的大小 $E = [\quad]$

- (A) $r \frac{\text{dB}}{\text{dt}}$ (B) $\frac{r}{2} \frac{\text{dB}}{\text{dt}}$ (C) $\frac{r}{2R^2} \frac{\text{dB}}{\text{dt}}$ (D) $\frac{R^2}{2r} \frac{\text{dB}}{\text{dt}}$

2. 有一半径为 R 、电荷线密度为 λ 的均匀带电圆环，绕通过圆心与环面垂直的转轴以角速度 ω 旋转。现将转动圆环置入匀强磁场中，若磁感强度 \vec{B} 的方向平行于环面平面，则圆环受到的磁力矩大小为 $[\quad]$

- (A) $\frac{\pi \lambda \omega B R^3}{2}$ (B) $\frac{\pi \lambda \omega B R^3}{4}$ (C) 0 (D) $\lambda \pi \omega B R^3$

3. 已知真空中平面电磁波的电场强度的振幅为 $E_0 = 6.65 \times 10^{-2} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ，则该电磁波的强度为 $[\quad]$

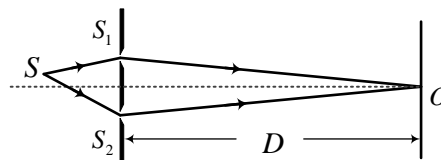
- (A) $5.87 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (B) $5.87 \times 10^{-6} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
(C) $0.833 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (D) $8.33 \times 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$

4. 已知天空中两颗星相对于地面上某个望远镜的角距离为 $4.84 \times 10^{-7} \text{ rad}$ ，它们发出的光波波长为 550 nm ，则根据瑞利判据，为了能分辨出这两颗星，望远镜口径至少应为 $[\quad]$

- (A) 4.16 m (B) 2.77 m (C) 2.09 m (D) 1.39 m

5. 如图所示, 在杨氏双缝干涉实验中, 双缝间距为 d , 观察屏与双缝的垂直距离为 D ($D \gg d$), 线光源 S 与双缝 S_1 和 S_2 的距离差 $SS_2 - SS_1 = 2.5\lambda$, 其中 λ 为入射光波长, 则观察屏上 0 级明纹中心的位置为[]

- (A) 在 O 点下方, 离开 O 点距离为 2.5λ
 (B) 在 O 点上方, 离开 O 点距离为 $2.5\lambda d/D$
 (C) 在 O 点下方, 离开 O 点距离为 $2.5\lambda D/d$
 (D) 在 O 点下方, 离开 O 点距离为 $2.5\lambda d/D$



6. 两艘宇宙飞船 A、B 正在两条相互平行的航线上相向运动, 它们相对于某惯性系的速率都是 $0.50c$ 。则飞船 B 中的观察者测得 A 船的速度大小为[]

- (A) $1.0c$ (B) $0.80c$ (C) $0.73c$ (D) $0.66c$

7. 透过偏振片观察一束由自然光和线偏振光混合而成的部分偏振光, 当偏振片的偏振化方向从透射光强最大位置转过 60° 时, 透射光强减小为最大光强的一半。则这束混合光中自然光和线偏振光的强度之比为[]

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

8. 原子从一激发态跃迁到基态产生 440nm 的谱线, 已知此谱线的自然线宽为 $\Delta\lambda = 0.020\text{pm}$, 则原子在该激发态停留时间的平均值最接近下列数值中的哪一个? []

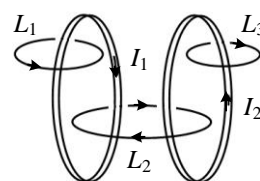
(提示: 不确定关系式为 $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$)

- (A) $2.6 \times 10^{-7}\text{s}$ (B) $2.5 \times 10^{-8}\text{s}$ (C) $2.6 \times 10^{-9}\text{s}$ (D) $2.5 \times 10^{-10}\text{s}$

二、填空题 (本大题共 8 小题, 共 30 分)

9. (3 分) 如图所示, 真空中有两个圆形电流 I_1 和 I_2 和三个闭合回路 L_1 、 L_2 和 L_3 , 则 $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \underline{\hspace{2cm}}$, $\oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \underline{\hspace{2cm}}$,

$\oint_{L_3} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



10. (4 分) 一平行平板空气电容器的两极板都是半径为 R 的圆形导体片, 在充电时, 两极板上电荷面密度随时间的变化规律为 $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$ 。略去电场的边缘效应, 则两极板之间位移电流密度的大小为 $j_D = \underline{\hspace{2cm}}$; 两极板之间总的位移电流为 $I_D = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

11. (3 分) 用波长为 λ 的单色平行光垂直照射在一块光栅上, 其光栅常数 $d = 2.0 \times 10^{-3}\text{mm}$, 缝宽 $a = 5.0 \times 10^{-4}\text{mm}$ 。则在单缝衍射中央明纹的包络线内共有 条光栅衍射的谱线。

12. (4 分) 在用迈克耳孙干涉仪做的等倾干涉实验中, 随着其中一个反射镜在导轨上的移动, 视场中的圆环型干涉条纹出现了吐级现象, 则等效空气膜的厚度正在逐渐_____ ; 若入射光的波长为 589.3nm , 在某个测量过程中视场中央连续吐出了 120 个圆环型干涉条纹, 则该反射镜连续移动的距离为_____。(结果保留 3 位有效数字, 如 12.0m 、 $135\mu\text{m}$ 、 $1.50\times 10^3\text{nm}$ 等)

13. (4 分) 实验证实, 电子的荷质比 q/m 随其运动速度的增大而减小, 当电子的荷质比减小为其静止时的 $1/n$ ($n>1$) 倍时, 电子的运动速度 $v =$ _____; 其动能 $E_k =$ _____。(电子的静止质量用 m_{e0} 表述)

14. (4 分) 假设太阳的表面温度为 5600°C , 并把太阳视为黑体, 则太阳表面单色辐射度曲线的峰值所对应的波长为_____nm; 该黑体表面单位面积上热辐射的总功率为_____ W/m^2 。(两空均填数值, 结果保留 3 位有效数字, 如: 512、 3.45×10^4)。

15. (4 分) 在康普顿散射中, 若入射光子与散射光子的波长分别为 λ 和 λ' , 则散射光子的散射角 $\varphi =$ _____, 反冲电子获得的动能 $E_k =$ _____。

16. (4 分) 在宽度为 a 的一维无限深方势阱 (在 $0 < x < a$ 范围内, 势能函数 $E_p = 0$) 中有一质量为 m 的粒子, 已知该粒子的定态波函数为

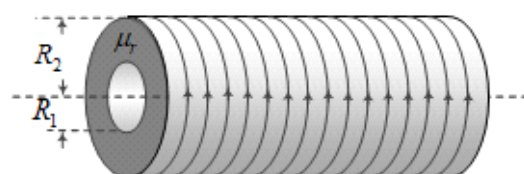
$$\Psi(x) = \begin{cases} A \sin \frac{2\pi x}{a} & 0 < x < a \\ 0 & \text{其它区域} \end{cases}$$

则式中的归一化常数 $A =$ _____; 该粒子出现在 $0 < x < a/4$ 范围内的概率为_____。

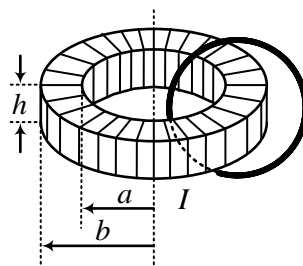
三、计算题 (本大题共 5 小题, 共 46 分)

17. (10分) 如图所示, 一个螺线管线圈均匀密绕在内外半径分别为 R_1 和 R_2 的磁介质圆管上。已知线圈的总匝数为 N , 总长度为 L ($L \gg R_2$), 磁介质的相对磁导率为 μ_r ($\mu_r > 1$)。当线圈中通有电流 I 时, 试求

- (1) 该线圈内部磁场强度和磁感应强度的分布;
- (2) 磁介质圆管内表面 (即半径为 R_1 的磁介质表面) 上的磁化电流密度的大小和方向。
- (3) 螺线管内磁场的总能量 (不考虑磁场的边缘效应)。



18. (8 分) 一个密绕 N 匝线圈的螺绕环, 环内均匀充满了磁导率为 μ 的均匀磁介质, 螺绕环的内半径为 a , 外半径为 b , 其横截面是高为 h 的矩形。螺绕环外套了一个半径为 R 的铁环, 铁环平面与螺绕环的环面垂直, 铁环的圆心恰好与螺绕环横截面的中心重合, 如图所示。试求: 螺绕环和铁环之间的互感系数, 当螺绕环中通以交变电流 $I = I_0 \cos \omega t$ 时铁环中感应电动势的大小。



19. (10 分) 两块完全相同的平板玻璃一端密接, 另一端用纸片垫起, 形成一个 $\theta = 1.0 \times 10^{-4} \text{ rad}$ 的空气劈尖, 若用波长 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直照射此劈尖, 观察反射光的等厚干涉条纹。试求:

- (1) 从劈尖的棱边算起, 第 15 个明纹中心到劈尖棱边的距离;
- (2) 若在劈尖中充以某种透明液体后, 观察到第 15 个明纹中心向劈尖的交棱方向移动了 1.25 cm , 求该液体的折射率。

20. (8 分) 一束波长为 210 nm 的单色光照射在金属铝表面, 已知铝的逸出功为 4.08 eV , 试求: 从金属铝表面逸出的光电子的德布罗意波长的最小值。

21. (10 分) 当氢原子从某初始状态跃迁到激发能 (从基态到激发态所需的能量) 为 $\Delta E = 10.19 \text{ eV}$ 的状态时, 发射出光子的波长是 $\lambda = 486 \text{ nm}$, 试求该初始状态的能量和主量子数, 以及该光子的能量及动量。