

中国科学技术大学

2024秋光学(A)期末考试试卷

注意事项：

1. 空气中光的折射率取近似为 1, 真空中光速约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$;
2. 计算保留四位有效数字.

一、选择题 (单选, 每题 3 分, 共 15 分)

1. 从同一光源分振幅得到的两列频率相同、振幅相同、相位差稳定的平面波, 它们的偏振分别被半波片或四分之一波片改变后, 进行干涉, 干涉条纹可见度为 0. 若其中一列波为左旋圆偏振, 另外一列波的偏振为_____.
A. 线偏振 B. 椭圆偏振 C. 右旋圆偏振 D. 自然光
2. 单色平面波正入射狭缝在透镜的焦面上形成衍射图案, 当狭缝宽度扩大两倍并向上平移, 零级衍射光斑中心的光强变为原来的 _____ 倍、位置 _____.
A. 2, 不变 B. 2, 向下移动 C. 4, 不变 D. 4, 向下移动
3. 自然光经过下面 _____ 个光学器件或者物理过程后有可能变成线偏振光:
 - (1) 两种各向同性介质表面的反射光;
 - (2) 两种各向同性介质表面的折射光;
 - (3) 正入射半波片的透射光;
 - (4) 不均匀介质的散射光;
 - (5) 经过单缝后的衍射光.
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
4. 诗词“白云飘，袅绕青烟上九霄，斜阳无限好，红霞一抹任逍遥”中的绚丽色彩主要是白光受到散射形成的，其中散射类型相同的是 _____.
A. 白云、青烟 B. 白云、红霞 C. 青烟、红霞 D. 白云、青烟、红霞
5. 下列关于激光器的描述中错误的是
A. 激光器的主要组成部分是泵浦源, 激活介质和谐振腔
B. 实际情况中达到粒子数反转通常需要寿命较长的亚稳态存在
C. 实际激光系统中通常使用二能级系统达到粒子数反转
D. 激活介质和诸振腔都可以对激光的谱线宽度造成影响

二、填空题 (每题 3 分, 共 18 分)

6. 波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的两列平面波发生干涉, 波矢分别为 $\mathbf{k}_1 = k_0(0.01, 0.02, 0.99975)$ 和 $\mathbf{k}_2 = (-0.01, 0.02, 0.99960)$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. 已知有个微小物体运动方向为 $(0.6, 0.8, 0)$, 在 0.1 秒内接收到 10000 次该物体反射两条纹的光信号, 物体运动速度大小为 $\boxed{\quad}$.
7. 杨氏双缝干涉实验装置中, 中心波长为 600nm 的扩展光源依次经过宽度为 a 的狭缝 S_0 和间距为 $d = 0.5\text{mm}$ 的双缝在观察屏上形成干涉条纹, 其中单缝到双缝之间距离为 20cm , 双缝和观察屏之间距离为 2m , 求条纹间距 $\boxed{\quad}\text{mm}$; 随着缝宽 a 的增加, 干涉条纹反衬度下降, 条纹第一次完全消失的时候, 缝宽 a 为 $\boxed{\quad}\text{mm}$.
8. 牛顿环干涉条纹来源于平凸镜和地面玻璃之间空气隙形成的等厚干涉, 已知透镜曲率半径 $R = 2\text{m}$, 第 j 级暗纹直径 $d_j = 3\text{mm}$, 第 $j + 4$ 级暗纹直径 $d_{j+4} = 5\text{mm}$. 则波长为 $\boxed{\quad}\text{mm}$. 按压凸透镜使得玻璃板和透镜接触更加紧密, 条纹移动方向为 $\boxed{\quad}$. 如果换成白光照明, 同一级亮纹中 $\boxed{\quad}$ (红/紫) 色靠近中心.
9. 人眼的瞳孔直径大约 5mm , 将眼球等效为焦距约 2cm 的薄透镜, 人眼观测发光平均波长 550nm 的两颗恒星: 太阳直径约为 $1.4 \times 10^9\text{m}$, 距离地球约为 $1.5 \times 10^{11}\text{m}$, 视网膜上太阳像直径为 $\boxed{\quad}\mu\text{m}$; 另外一颗恒星直径大约是太阳的十倍, 到地球的距离为太阳到地球的一万倍, 视网膜上该恒星像的直径为 $\boxed{\quad}\mu\text{m}$.
10. 方解石为单轴晶体, 在光波长 546nm 处, o 光折射率和 e 光折主折射率分别为 $n_o = 1.662$, $n_e = 1.488$. 方解石用于制作波长 546nm 的半波片, 晶体光轴应 $\boxed{\quad}$ 波片表面, 最薄厚度是 $\boxed{\quad}\mu\text{m}$. 波长 546nm 自然光强度 I_0 , 正入射透振方向正交的两个偏振片, 在偏振片间插入该半波片后, 初始出射光强为 0, 转动波片光轴, 出射光强逐渐增加到 $\frac{I_0}{8}$, 则光轴转过的角度为 $\boxed{\quad}$.
11. 区分部分偏振光和椭圆偏振光的方法为: $\boxed{\quad}$.

三、计算题

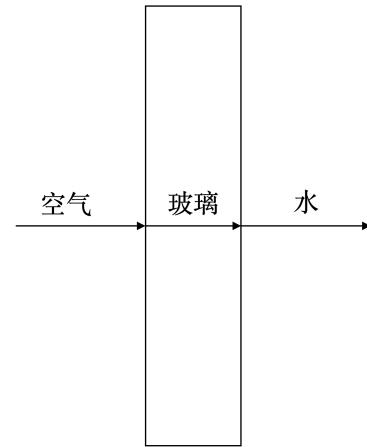
12. (12 分) 一个烧杯内水深 4cm , 杯底有一枚硬币, 在水面上方置一焦距为 30cm 的薄透镜, 硬币中心位于透镜光轴上, 若透镜上方的观察者通过透镜观察到硬币的像就在原处, 求透镜应置于距水面多高的位置. (水的折射率为 $\frac{4}{3}$.)

13. (12 分) 如图, 一束中心波长为 795nm 、功率为 P_0 的自然光从空气正入射装有水的玻璃皿中, 已知空气折射率为 1, 玻璃折射率为 1.5, 水折射率为 1.33.

已知正入射时振幅反射率和折射率的菲涅耳公式为:

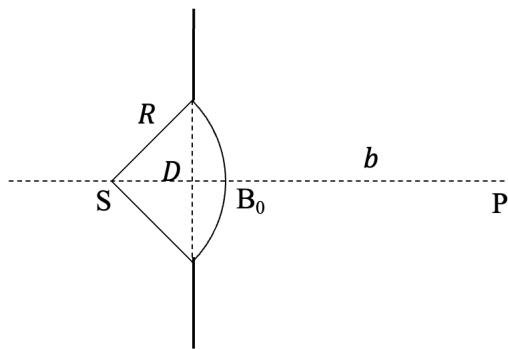
$$\tilde{r}_p = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} = -\tilde{r}_s, \quad \tilde{t}_p = \tilde{t}_s = \frac{2n_1}{n_2 + n_1}$$

- (1) 求水中光功率; (3 分)
- (2) 为了增加水中光功率, 可以在玻璃外壁和内壁镀单层增透膜. 假设镀膜材料折射率为 1.2, 求外壁和内壁的增透膜最小厚度; (6 分)
- (3) 推到光在薄膜内多次干涉后的光强透射率, 并据此计算镀了 (2) 中设计的两层增透膜后, 水中的光功率. (6 分)



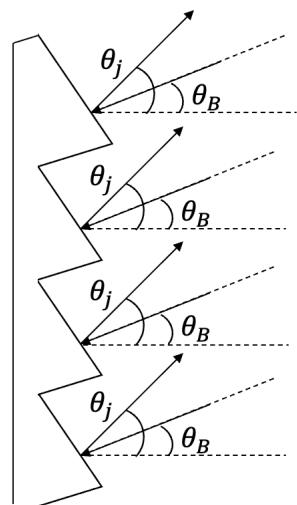
14. (12 分) 菲涅耳圆孔衍射实验如图所示, 波长 500nm 的点光源 S 和观测点 P 在轴上, 圆孔直径 $D = 2\text{mm}$, 光源 S 到圆孔边缘距离 $R = 1\text{m}$, B_0 在轴上, 且 $|SB_0| = R$, P 到 B_0 的距离为 $b = 1\text{m}$. 圆孔不在, 光自由传播到 P 点时光强为 I_0 .

- (1) 求圆孔包含了多少个半波带以及 P 点的光强; (4 分, 提示半波带方程为 $\frac{1}{R} + \frac{1}{b} = \frac{m\lambda}{\rho_m^2}$)
- (2) 在圆孔中心安装黑白波带片 (只让奇数半波带透光) 后, 求 P 点光强; (4 分)
- (3) 若在圆孔中心安装的是正负相位波带片, 即奇数和偶数 (小数部分向上取整) 半波带之间相差 180° 相位, 求 P 点光强. (4 分)



15. (14 分) 钠黄光两条谱线分别为 589.0nm 和 589.6nm , 现采用如图所示闪耀光栅光谱仪分辨这两条谱线, 钠黄光正入射单缝衍射单元, 闪耀角为 θ_B . 已知光栅衍射单元总数为 $N = 500$, 光栅常数 $d = 1\mu\text{m}$. 入射和出射角相对于光栅法线进行定义.

- (1) 写出第 j 级干涉主极大位置 θ_j 所满足的光栅方程; (2 分)
- (2) 推导第 j 级干涉主极大的角分辨率、半角宽度和最小分辨波长; (4 分)
- (3) 求能够分辨钠黄光亮条谱线的最低级次 j ; (4 分)
- (4) 设计闪耀角 θ_B , 使的衍射单元零级衍射中心刚好和钠黄光中心波长的 j 级干涉主极大重合. (4 分)



16. (14 分) 如图所示装置类似于迈克尔逊干涉仪，自然光沿着 z 方向传播，中心波长 $\lambda = 600\text{nm}$ ，光谱宽度 $\Delta\lambda = 3\text{nm}$ ，光强为 I_0 。经过透振方向沿 xy 对角线的起偏器 $P1$ 后入射到偏振分束器 PBS。 y 方向线偏振光被 PBS 反射， x 方向线偏振光经 PBS 透射，这两种线偏振光经过加载磁场大小为 B 的磁致旋光介质 $R1$ 和 $R2$ 后线偏振方向分别转动 45° ，经反射镜 $M1$ 和 $M2$ 反射后的光偏振方向又被 $R1$ 和 $R2$ 转动 45° ，经过 PBS 后到达检偏器 $P2$ ，并探测过检偏器 $P2$ 后的光强。

- (1) 为什么被 $M1$ 和 $M2$ 反射后的光经过 PBS 后会全部到达 $P2$? (4 分)
- (2) 将检偏器 $P2$ 的透振方向转动到 xy 对角线后，调整 $M1$ 和 $M2$ 位置得到最大光强 $\frac{I_0}{2}$ ，沿 z 方向移动 $M1$ ，光强逐渐减小到 0 时停止，求此时移动的距离；(5 分)
- (3) 在 (2) 的基础上， $M1$ 沿着 z 方向继续移动一段距离后，发现光强在 $\frac{I_0}{4}$ 附近几乎不变，求移动的最小距离。(5 分)

