

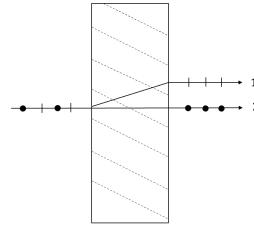
中国科学技术大学

2023秋光学(A)期末考试试卷

注意事项：

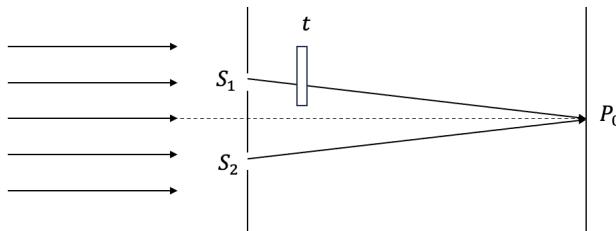
1. 空气中光的折射率取近似为 1, 真空中光速约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$;
2. 常用常数: $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
3. 计算至少保留两位有效数字.

一、选择题 (单选, 每题 3 分, 共 15 分)

1. 空气中波长 700mm 的一束光, 入射到折射率为 1.33 的水中, 在水中这束光的波长约为
_____ nm. 当这个人潜入水中, 裸眼看到这束光的颜色是 _____.
A. 700、红色 B. 526、绿色 C. 700、绿色 D. 526、红色
2. 两列沿着 $+z$ 轴前进的等振幅平面波, 其电矢量分别沿 x 和 y 方向振动, 表达式为 $E_x = \cos(\omega t - kz + \frac{3\pi}{4})$, $E_y = \cos(\omega t - kz + \frac{\pi}{4})$, 不考虑吸收的条件下, 将两者合振动形成的光波垂直通过一个 $1/2$ 波片后, 输出为 _____.
A. 左旋圆偏振光 B. 右旋圆偏振光 C. 线偏振光 D. 右旋椭圆偏振光
3. 如下图所示, 一束单色偏振光通过一个单轴晶体后输出 1、2 两条光线, 输入输出的光线的偏振态标注在光线上, 警惕的光轴如图中虚线方向所示. 则其中的 e 光为第 _____ 条光线, 该晶体为 _____ 晶体.
A. 1、正 B. 1、负 C. 2、正 D. 2、负
4. 入射强度稳定为 I_0 的光束经过厚度为 d 的介质后, 强度衰减为 $\frac{I_0}{2}$, 如果相同材质的介质的厚度增加到 $4d$, 光束通过它后的强度变为原来的多少?
A. $\frac{I_0}{3}$ B. $\frac{I_0}{4}$ C. $\frac{I_0}{8}$ D. $\frac{I_0}{16}$
5. 金属表面分别被波长为 λ 和 2λ 的单色光照明时, 释放出光电子的最大动能分别为 30 eV 和 10 eV , 则能使金属表面释放光子的最大光波的波长时 λ 的 _____ 倍.
A. 2 B. 3 C. 4 D. 8

二、填空题 (每题 3 分, 共 21 分)

6. 将一介质平板放置于水中, 已知水的折射率为 $\frac{4}{3}$. 一束自然光入射到水面, 经折射后照射到介质板上, 通过调整自然光对水面的入射角, 以及介质板面与水平面的夹角 θ , 可以使从水面和介质板表面反射的光均为线偏振光。如果测得 $\theta = 14^\circ$, 试求介质板的折射率为 $\boxed{\quad}$.
7. 除满足获得稳定干涉的基本条件外, 影响干涉可见度的因素还包括相干光源的 $\boxed{\quad}$ 和 $\boxed{\quad}$, 以及发生干涉的相干光波的振幅比等, 如果发生干涉的两列定态光波的振幅比是 $1 : 2$, 则干涉条纹的可见度最大为 $\boxed{\quad}$.
8. 空间站宇航员的眼睛的瞳孔直径大约为 5mm , 当光源的波长为 550nm 时, 他可以分辨离他 200km 的地面上两点的实际最小距离为 $\boxed{\quad}$.
9. 在一个固定缝宽的夫琅禾费单缝衍射实验中, 正入射的某波长光波的第 2 条暗纹与 400nm 波长的第 3 条暗纹重合, 则该光波的波长是 $\boxed{\quad}\text{nm}$. 若用 50mm 焦距的透镜观察该波长的衍射图样, 测得暗纹间距为 3mm , 则缝宽为 $\boxed{\quad}$.
10. 如下图所示杨氏双缝干涉装置, 若以中心波长为 600nm 、波长宽度为 0.2nm 的准单色光平行正入射, 在其中 S_1 缝之后加入一个厚度为 t 的玻璃片, 玻璃的折射率取 1.5, 问玻璃片厚度至少为 $\boxed{\quad}$ 可以使 P_0 点附近的干涉条纹消失?



11. 人们俗语中常说的“冒青烟”主要由 $\boxed{\quad}$ 散射造成的? 冬天人口中呼出的水汽呈白雾状, 主要是由 $\boxed{\quad}$ 散射造成的?
12. 在加热黑体过程中, 其辐射谱峰值波长由 700nm 变化到 500nm , 则总的辐射本领增加到约为原来的 $\boxed{\quad}$ 倍.

三、计算题

13. (12 分) 将一个在空气中焦距为 5cm 的等曲率球面会聚透镜, 置于一个水箱中, 光轴垂直于水箱底面, 透镜中心距离箱底 50cm . 在水箱底面放置一面镜子, 水箱中注入 60cm 高的水, 在水面上距离水面 50cm 处放置一个点光源, 试求:
(透镜材料折射率 $n = 1.50$, 水的折射率 $n_w = \frac{4}{3}$, 考虑傍轴条件, 并忽略镜子的厚度)
- (1) 透镜在水中的焦距是多少? (3 分)
 - (2) 点光源向水面入射的光线经过水面和透镜后成像的位置? (4 分)
 - (3) 点光源经过水箱的光学系统, 最终所成的像和点光源相距多少? (5 分)

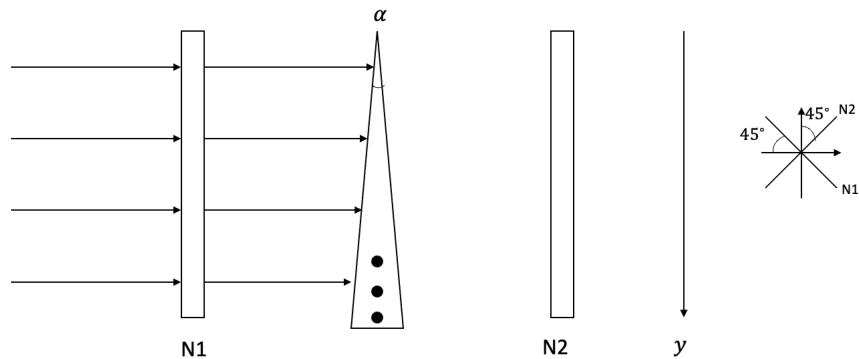
14. (12 分) X 射线在介质中的折射率接近于 1，因此无法用常规的透镜将其会聚。菲涅耳波带片是一种可以用于将 X 射线会聚的方法。如果一个波带片的奇数条半波带透光、偶数条半波带不透光，且可以将波长 $\lambda = 50.0\text{nm}$ 的平行 X 光束汇聚到距离波带片 $r_0 = 200.0\text{mm}$ 的 P 点处，试问：

- (1) 该波带片第 n 条透光波带片的内外半径各是多少? (3 分)
- (2) 如果希望主焦点的光强是自由传播光强的 1600 倍，波带片的有效半径至少应该为多大? (3 分)
- (3) 上述波带片距离 P 点最近的次焦点在哪里? (3 分)
- (4) 试问该波带片理论上能否对波长为 500nm 的可见光起到会聚作用？若能会聚，如果在波带片和屏幕间填充折射率为 2.0 的介质，汇聚点在什么位置? (3 分)

15. (12 分) 将一个棱角 $\alpha = 0.5$ 的石英尖劈，放在一对正交的尼科耳棱镜之间，石英尖劈的光轴平行于棱，且其光轴与两个尼科耳棱镜的透振方向均成 45° 夹角，如图所示。用波长为 656.3nm 的红色平行光正入射到这样的光学装置。试问：

(对于该波长，石英的折射率 $n_0 = 1.54190$, $n_e = 1.55093$)

- (1) 在第二个尼科耳棱镜 $N2$ 之后放置屏幕，将会观察到什么样的图样（是否会发生干涉，干涉条纹是什么形状，需对结论做出分析）？(4 分)
- (2) 如果在图中 $N2$ 后的观测位置，有一物体沿 y 方向运动，通过光电探测器观察物体反射的光线来测量其速度。如果光电探测器的计数为 30Hz ，则物体的运动速度是多少？(4 分)
- (3) 如果将第二个尼科耳棱镜的透振方向旋转 90° ，图样会发生什么变化？(2 分)
- (4) 保持两个尼科耳棱镜正交，但是将石英劈尖旋转 45° ，使其与第二个尼科耳棱镜的透振方向垂直，干涉图样会发生什么变化？(2 分)



16. (12 分) 在平整的玻璃片上镀上一层银，在银面上增加一层透明膜，在其上再镀上一层银。在两个银面之间形成的膜层可以产生多光束干涉，并用作干涉滤光片。设透明膜的折射率为 1.6，膜厚 $h = 5.5 \times 10^{-7}\text{m}$ ，银面的反射率 $R = 0.95$ 。当平行光接近正入射时，问：

- (1) 在可见光范围内，透射光强最强的谱线有几条？其光波长分别是多少？(3 分)
- (2) 每条透射谱线的线宽（波长范围）是多少？(3 分)
- (3) 如果热胀冷缩引起膜厚的相对变化为 1×10^{-5} ，则对于 550nm 的可见光来说，谱线的漂移量为多少？(3 分)
- (4) 试通过公式分析说明，对于该干涉滤光片来说，如果通过观测亮纹进行测量，是观察透射光线还是反射光线更有利于提高测量的准确度。(3 分)

17. (16 分) 以白光垂直照射在一个光栅上，在 30° 衍射方向上观察到 600nm 的第 2 级干涉主极大，并且在该处刚好可以分辨 $\Delta\lambda = 0.005\text{nm}$ 的两条光谱线，但是在相同的 30° 衍射方向上，却观察不到 400nm 的干涉主极大。试求：

- (1) 光栅两缝的相邻间距和光的总宽度；(4 分)
- (2) 光栅的最小缝宽；(4 分)
- (3) 若用该光栅观察波长为 $\lambda = 590\text{nm}$ 的纳光谱，试求当光线以 -30° 斜入射时，解上实际可以呈现的全部干涉条纹的级数；(4 分)
- (4) 将该光栅用于对 510nm 附近的窄线宽垂直照射光线进行分光，仍在 30° 衍射角方向，利用 2 级光谱，经透镜聚焦后用照相胶片摄谱。如果透镜焦距 $f = 0.2m$ ，为了充分利用光栅的色分辨本领，需要选用胶片的空间分辨率最低为每 mm 多少线？