

第 12.4 节 光的波动性、电磁波、相对论

INCLUDEPICTURE,

要点一 光的干涉、衍射及偏振

1. 光的干涉

(1) 明暗条纹的判断方法

① 单色光

INCLUDEPICTURE

图 12-4-1

a. 如图 12-4-1 所示, 光源 S_1 、 S_2 发出的光到屏上 P 点的路程差 $r_2 - r_1 = k\lambda (k=0,1,2,\cdots)$ 时, 光屏上出现明条纹。

b. 光的路程差 $r_2 - r_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} (k=0,1,2,\cdots)$ 时, 光屏上出现暗条纹。

② 白光: 光屏上出现彩色条纹。

③ 中央条纹为明条纹。

(2) 双缝干涉条纹是等间距的, 相邻明条纹(或暗条纹)间的距离与波长成正比(装置已确定的情况下)。利用双缝干涉实验可测量光波的波长。

(3) 薄膜干涉

① 如图 12-4-2 所示, 竖直的肥皂薄膜, 由于重力的作用, 形成上薄下厚的楔形。

INCLUDEPICTURE

图 12-4-2

② 光照射到薄膜上时, 在膜的前表面 AA' 和后表面 BB' 分别反射出来, 形成两列频率相同的光波, 并且叠加。

③ 原理分析

单色光

a. 在 P_1 、 P_2 处, 两个表面反射回来的两列光波的路程差 Δr 等于波长的整数倍, 即 $\Delta r = n\lambda (n=1,2,3,\cdots)$, 薄膜上出现明条纹。

b. 在 Q 处, 两列反射回来的光波的路程差 Δr 等于半波长的奇数倍, 即 $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2,3,\cdots)$, 薄膜上出现暗条纹。

白光: 薄膜上出现水平彩色条纹。

(4) 薄膜干涉的应用

干涉法检查平面如图 12-4-3 所示, 两板之间形成一楔形空气膜, 用单色光从上向下照射, 如果被检平面是平整光滑的, 我们会观察到平行且等间距的明暗相间的条纹; 若被检平面不平整, 则干涉条纹发生弯曲。

INCLUDEPICTURE

图 12-4-3

2. 光的干涉和衍射的比较

(1)干涉和衍射的比较

内容			干涉	衍射
现象			在光重叠区域出现加强或减弱的现象	光绕过障碍物偏离直线传播的现象
产生条件			两束光频率相同、相位差恒定	障碍物或孔的尺寸与波长差不多或更小
典型实验			杨氏双缝实验	单缝衍射(圆孔衍射、不透明圆盘衍射)
图 样 特 点	不 同 点	条纹 宽度	条纹宽度相等	条纹宽度不等，中央最宽
		条纹 间距	各相邻条纹间距相等	各相邻条纹间距不等
		亮度 情况	清晰条纹，亮度基本相等	中央条纹最亮，两边变暗
	相同点		干涉、衍射都是波特有的现象；干涉、衍射都有明暗相间的条纹	

(2)对光的衍射的理解

①干涉和衍射是波的特征，波长越长，干涉和衍射现象越明显。在任何情况下都可以发生衍射现象，只是明显与不明显的差别。

②衍射现象说明“光沿直线传播”只是一种特殊情况，只有在光的波长比障碍物小得多时，光才可以看做是沿直线传播的。

[典例] 在双缝干涉实验中，一钠灯发出的波长为 589 nm 的光，在距双缝 1.00 m 的屏上形成干涉图样。图样上相邻两明纹中心间距为 0.350 cm，则双缝的间距为()

- A. $2.06\times10^{-7}\text{ m}$
- B. $2.06\times10^{-4}\text{ m}$
- C. $1.68\times10^{-4}\text{ m}$
- D. $1.68\times10^{-3}\text{ m}$

[针对训练]

1. 某同学用单色光进行双缝干涉实验，在屏上观察到图 12-4-4 甲所示的条纹，仅改变一个实验条件后，观察到的条纹如图乙所示。他改变的实验条件可能是_____。

INCLUDEPICTURE

图 12-4-4

- A. 减小光源到单缝的距离
- B. 减小双缝之间的距离
- C. 减小双缝到光屏之间的距离
- D. 换用频率更高的单色光源

2. 图 12-4-5 所示为条纹总宽度相同的 4 种明暗相间的条纹，其中有两种是红光、蓝光各自通过同一个双缝干涉仪器形成的干涉图样，还有两种是黄光、紫光各自通过同一个单缝

形成的衍射图样(灰黑色部分表示亮纹)。则图中从左向右排列，亮条纹的颜色依次是()

INCLUDEPICTURE

图 12-4-5

- A. 红黄蓝紫
- B. 红紫蓝黄
- C. 蓝紫红黄
- D. 蓝黄红紫

3. (多选)把一平行玻璃板压在另一个平行玻璃板上，一端用薄片垫起，构成空气劈尖，让单色光从上方射入，如图 12-4-6 所示。这时可以看到明暗相间的条纹。下面关于条纹的说法中正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 12-4-6

- A. 干涉条纹是光在空气尖劈膜的前后两表面反射形成的两列光波叠加的结果
- B. 干涉条纹中的暗条纹是上述两列反射光的波谷与波谷叠加的结果
- C. 将上玻璃板平行上移，条纹向着劈尖移动
- D. 观察薄膜干涉条纹时，应在入射光的另一侧

1. 对麦克斯韦电磁场理论的理解

INCLUDEPICTURE

2. 对电磁波的理解

(1)电磁波是横波。电磁波的电场、磁场、传播方向三者两两垂直，如图 12-4-7 所示。

INCLUDEPICTURE

图 12-4-7

(2)电磁波与机械波不同，机械波在介质中传播的速度只与介质有关，电磁波在介质中传播的速度与介质和频率均有关。

3. 电磁波谱分析及应用

电磁波谱	频率/Hz	真空中波长/m	特性	应用	递变规律
无线电波	$<3\times 10^{11}$	$>10^{-3}$	波动性强，易发生衍射	无线电技术	<div>衍射能力减弱</div> <div>直线传播能力增强</div>
红外线	$10^{11}\sim 10^{15}$	$10^{-3}\sim 10^{-7}$	热效应	红外遥感	
可见光	10^{15}	10^{-7}	引起视觉	照明、摄影	
紫外线	$10^{15}\sim 10^{17}$	$10^{-7}\sim 10^{-9}$	化学效应、荧光效应、灭菌消毒	医用消毒、防伪	
X 射线	$10^{16}\sim 10^{19}$	$10^{-8}\sim 10^{-}$	贯穿本领	检查、医用	

		11	强	透视	
γ 射线	$>10^{19}$	$<10^{-11}$	贯穿本领 最强	工业探伤、 医用治疗	

[特别提醒]

(1)波长不同的电磁波，表现出不同的特性。其中波长较长的无线电波和红外线等，易发生干涉、衍射现象；波长较短的紫外线、X 射线、 γ 射线等，穿透能力较强。

(2)电磁波谱中，相邻两波段的电磁波的波长并没有很明显的界线，如紫外线和 X 射线、X 射线和 γ 射线都有重叠，但它们产生的机理不同。

[多角练通]

1. 电磁波已广泛运用于很多领域。下列关于电磁波的说法符合实际的是()
- A. 电磁波不能产生衍射现象
- B. 常用的遥控器通过发出紫外线脉冲信号来遥控电视机
- C. 根据多普勒效应可以判断遥远天体相对于地球的运动速度
- D. 光在真空中运动的速度在不同惯性系中测得的数值可能不同
2. (多选)关于电磁波谱，下列说法正确的是()
- A. 电磁波中最容易表现出干涉、衍射现象的是无线电波
- B. 紫外线的频率比可见光低，长时间照射可以促进钙的吸收，改善身体健康
- C. X 射线和 γ 射线的波长比较短，穿透力比较强
- D. 红外线的显著作用是热作用，温度较低的物体不能辐射红外线
3. 关于电磁波，下列说法正确的是()
- A. 雷达是用 X 光来测定物体位置的设备
- B. 使电磁波随各种信号而改变的技术叫做解调
- C. 用红外线照射时，大额钞票上用荧光物质印刷的文字会发出可见光
- D. 变化的电场可以产生磁场

[典例] 如图 12-4-8 所示，沿平直铁路线有间距相等的三座铁塔 A、B 和 C。假想有一列车沿 AC 方向以接近光速行驶，当铁塔 B 发出一个闪光，列车上的观测者测得 A、C 两铁塔被照亮的顺序是()

INCLUDEPICTURE

图 12-4-8

- A. 同时被照亮 B. A 先被照亮 C. C 先被照亮 D. 无法判断

[针对训练]

1. 属于狭义相对论基本假设的是：在不同的惯性系中()
- A. 真空中光速不变 B. 时间间隔具有相对性

- C. 物体的质量不变 D. 物体的能量与质量成正比

1. 下列四种现象中与光的干涉有关的是()

- A. 雨后空中出现彩虹
B. 肥皂泡的表面呈现彩色
C. 一束白光通过三棱镜后形成彩色光带
D. 一束白光通过很窄的单缝后在光屏上形成彩色光带

2. 下列说法中正确的是()

- A. 光导纤维传送光信号是利用了光的全反射现象
B. 用标准平面检查光学平面的平整程度是利用了光的偏振现象
C. 门镜可以扩大视野是利用了光的干涉现象
D. 照相机镜头表面涂上增透膜，以增强透射光的强度，是利用了光的衍射现象

3. 下列说法中正确的是()

- A. 频率相同的两列波叠加时，振动最强区域的质点位移总是最大
B. 雨后公路积水表面漂浮的油膜看起来是彩色的，这是光的折射现象
C. 利用多普勒效应的原理，可以测量运动物体的速度
D. 在近光速运动的列车中，车上的人看到车头与车尾同时发生的事件，而静止在地面上的人认为车头事件先发生

4. 如图 1 所示为用 a 、 b 两种单色光分别通过同一双缝干涉装置获得的干涉图样。现让 a 、 b 两种光组成的复色光穿过平行玻璃砖或三棱镜时，光的传播路径与方向可能正确的是

()

INCLUDEPICTURE

图 1

INCLUDEPICTURE

图 2

5. 有 a 、 b 两束单色光从空气中平行照射在平行玻璃砖上，它们经玻璃折射后射入空气的光线如图 3 所示，则有关 a 、 b 光的说法正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 3

- A. 在玻璃中传播时 a 光的速度较大
B. 在同一双缝干涉实验装置发生干涉时， a 光的干涉条纹间距较大
C. 从同一介质射向空气时 a 光发生全反射的临界角较小
D. 只有 a 光才是偏振光

6. 下列有关光现象的说法正确的是()

- A. 在光的双缝干涉实验中，若仅将入射光由紫光改为红光，则条纹间距一定变大

- B. 以相同入射角从水中射向空气，若紫光能发生全反射，则红光也一定能发生全反射
- C. 照相机镜头涂有增透膜，是利用光的衍射
- D. 拍摄玻璃橱窗内的物品时，往往在镜头前加装一个偏振片以增加透射光的强度

7. 如图 4 所示，市场上有种灯具俗称“冷光灯”，用它照射物品时能使被照物品处产生的热效应大大降低，从而广泛地应用于博物馆、商店等处。这种灯降低热效应的原因之一是在灯泡后面放置的反光镜玻璃表面上镀一层薄膜(例如氟化镁)，这种膜能消除不镀膜时玻璃表面反射回来的热效应最显著的红外线。以 λ 表示红外线的波长，则所镀薄膜的最小厚度应为()

INCLUDEPICTURE

图 4

- A. $\frac{1}{8}\lambda$ B. $\frac{1}{4}\lambda$ C. $\frac{1}{2}\lambda$ D. λ

8. 如图 5 所示，用频率为 f 的单色光(激光)垂直照射双缝，在光屏的 P 点出现第 3 条暗纹，已知光速为 c ，则 P 到双缝 S_1 、 S_2 的距离之差 $|r_1 - r_2|$ 应为()

INCLUDEPICTURE

图 5

- A. $\frac{c}{2f}$ B. $\frac{3c}{2f}$ C. $\frac{3c}{f}$ D. $\frac{5c}{2f}$

9. 据《飞行国际》报道称，中国制造的首款具有“隐身能力”和强大攻击力的第四代作战飞机“歼-20”(如图 6)，于 2011 年 1 月 11 日 12:50 进行了公开首飞。它的首飞成功标志着中国继美国和俄罗斯之后，成为世界上进入到第四代战机研发序列中的国家。隐形飞机的原理是：在飞机研制过程中设法降低其可探测性，使之不易被敌方发现、跟踪和攻击。根据你所学的物理知识，判断下列说法中正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 6

- A. 运用隐蔽色涂层，无论距你多近，即使你拿望远镜也不能看到它
- B. 使用能吸收雷达电磁波的材料，在雷达屏幕上显示的反射信息很小、很弱，很难被发现
- C. 使用吸收雷达电磁波涂层后，传播到复合金属机翼上的电磁波在机翼上不会产生感应电流
- D. 主要是对发动机、喷气尾管等因为高温容易产生紫外线辐射的部位采取隔热、降温等措施，使其不易被对方发现
10. (多选)下列说法中正确的是()
- A. 人耳能听见的声波比超声波更易发生衍射

- B. 光的色散现象都是由光的干涉引起的
- C. 根据麦克斯韦的电磁场理论, 变化的电场周围一定可以产生电磁波
- D. 光导纤维丝内芯材料的折射率比外套材料的折射率大

11. (多选)以下说法中正确的是()

- A. 对于同一障碍物, 波长越大的光波越容易绕过去
- B. 白光通过三棱镜在屏上出现彩色条纹是光的一种干涉现象
- C. 红光由空气进入水中, 波长变长、颜色不变
- D. 用透明的标准样板和单色光检查平面的平整度是利用了光的干涉
- E. 不管光源与观察者是否存在相对运动, 观察者观察到的光速是不变的

12. 在水面下同一深处的两个点光源 P 、 Q 发出不同颜色的光, 在水面上 P 光照亮的区域大于 Q 光照亮的区域, 下列说法正确的是()

- A. 在真空中 P 光的传播速度更大
- B. P 光在水中的传播速度小于 Q 光在水中的传播速度
- C. 让 P 光和 Q 光通过同一双缝干涉装置, P 光的条纹间距小于 Q 光
- D. P 光发生全反射的临界角大于 Q 光发生全反射的临界角

13. 在直角坐标系的第一、四象限内有一横截面为半圆形的柱状玻璃砖 MNP , 两束平行于 x 轴且与 x 轴等距离的可见单色光 a 、 b , 从空气中垂直 y 轴射入玻璃砖中, 在 MNP 面上发生反射和折射的实际情况如图 7 所示, 由此可知()

INCLUDEPICTURE

图 7

- A. a 光在玻璃砖内的频率和比在空气中的小
- B. a 光的频率比 b 光的小
- C. 在玻璃砖内 a 光的传播速度比 c 大
- D. 相同条件下进行双缝干涉实验, a 光的条纹间距比 b 光的小

14. 如图 8 所示, 在双缝干涉实验中, S_1 和 S_2 为双缝, P 是光屏上的一点, 已知 P 点与 S_1 、 S_2 距离之差为 $2.1 \times 10^{-6} \text{ m}$, 分别用 A 、 B 两种单色光在空气中做双缝干涉实验, 问 P 点是亮条纹还是暗条纹?

INCLUDEPICTURE

图 8

(1)已知 A 光在折射率为 $n=1.5$ 的介质中波长为 $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ 。

(2)已知 B 光在某种介质中波长为 $3.15 \times 10^{-7} \text{ m}$, 当 B 光从这种介质射向空气时, 临界角为 37° 。

考点一 实验原理及操作

[典例 1] 根据单摆周期公式 $T=2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, 可以通过实验测量当地的重力加速

度。如图实-13-1 甲所示，将细线的上端固定在铁架台上，下端系一小钢球，就做成了单摆。

INCLUDEPICTURE

图实-13-1

(1)用游标卡尺测量小钢球直径，示数如图乙所示，读数为_____mm。

(2)以下是实验过程中的一些做法，其中正确的有_____。

a. 摆线要选择细些的、伸缩性小些的，并且尽可能长一些

b. 摆球尽量选择质量大些、体积小些的

c. 为了使摆的周期大一些，以方便测量，开始时拉开摆球，使摆线相距平衡位置有较大的角度

d. 拉开摆球，使摆线偏离平衡位置不大于 5° ，在释放摆球的同时开始计时，当摆球回到开始位置时停止计时，此时间间隔 Δt 即为单摆周期 T

e. 拉开摆球，使摆线偏离平衡位置不大于 5° ，释放摆球，当摆球振动稳定后，从平衡位置开始计时，记下摆球做 50 次全振动所用的时间 Δt ，则单摆周期 $T = \frac{\Delta t}{50}$

[由题引知·要点谨记]

1. 考查摆长的测量及游标卡尺的读数[对应第 1 题]，1 测摆长用米尺量出摆线长 l 精确到毫米，用游标卡尺测出小球直径 D 也精确到毫米，则单摆的摆长 $l' = l + \frac{D}{2}$

2 游标卡尺读数： $18\text{ mm} + 6 \times 0.1\text{ mm} = 18.6\text{ mm}$ ；

2. 考查实验操作及步骤[对应第(2)题]

(1)摆线细一些有助于减小空气阻力，伸缩性小一些保证摆长不变，尽可能长一些使周期较大，容易测量。

(2)摆球质量大一些，体积小一些能减小空气阻力对实验的影响。

(3)根据 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，周期 T 与摆幅无关，且摆角太大时，小球运动不能看做是简谐运动，不符合实验要求。

(4)测量周期时应以小球经过最低位置时开始计时，而且应记录 n 次全振动的时间，用 $T = \frac{\Delta t}{n}$ 去计算。

[题组突破]

1. 在“探究单摆的周期与摆长的关系”实验中，某同学准备好相关实验器材后，把单摆从平衡位置拉开一个很小的角度后释放，同时按下秒表开始计时，当单摆再次回到释放位置时停止计时，将记录的这段时间作为单摆的周期。以上操作中有不妥之处，请对其中两处加以改正。

2. 某同学用实验的方法探究影响单摆周期的因素。

INCLUDEPICTURE

图实-13-2

(1)他组装单摆时，在摆线上端的悬点处，用一块开有狭缝的橡皮夹牢摆线，再用铁架台的铁夹将橡皮夹紧，如图实-13-2 所示。这样做的目的是_____ (填字母代号)。

- A. 保证摆动过程中摆长不变
- B. 可使周期测量得更加准确
- C. 需要改变摆长时便于调节
- D. 保证摆球在同一竖直平面内摆动

(2)他组装好单摆后在摆球自然悬垂的情况下，用毫米刻度尺从悬点量到摆球的最低端的长度 $L=0.999\ 0\text{ m}$ ，再用游标卡尺

测量摆球直径，结果如图实-13-3 所示，则摆球的直径为_____ mm，单摆摆长为_____ m。

INCLUDEPICTURE

图实-13-3

(3)下列振动图像真实地描述了对摆长约为 1 m 的单摆进行周期测量的四种操作过程，图中横坐标原点表示计时开始，A、B、C 均为 30 次全振动的图像，已知 $\sin 5^\circ=0.087$ ， $\sin 15^\circ=0.26$ ，这四种操作过程合乎实验要求且误差最小的是_____ (填字母代号)。

INCLUDEPICTURE

图实-13-4

3. 某同学在做“用单摆测重力加速度”实验中，先测得摆线长为 101.00 cm ，摆球直径为 2.00 cm ，然后用秒表记录了单摆振动 50 次所用的时间为 101.5 s 。则

- (1)他测得的重力加速度 $g=_____ \text{ m/s}^2$ 。
- (2)他测得的 g 值偏小，可能的原因是_____。(填选项前面的字母)
- A. 测摆线长时摆线拉得过紧
- B. 摆线上端未牢固地系于悬点，振动中出现松动，使摆线长度增加了
- C. 开始计时，秒表过迟按下
- D. 实验中误将 49.5 次全振动数为 50 次

4. 在“用单摆测定重力加速度”的实验中，某实验小组在测量单摆的周期时，从单摆运动到最低点开始计时，且记数为 1，到第 n 次经过最低点所用的时间为 t ；在测量单摆的摆长时，先用毫米刻度尺测得悬挂摆球后的摆线长为 l ，再用游标卡尺测得摆球的直径为 d 。

- (1)该单摆的摆长为_____。
- (2)该单摆的周期为_____。
- (3)用上述物理量的符号写出求重力加速度的一般表达式 $g=_____$ 。

(4)实验结束后，某同学发现他测得的重力加速度的值总是偏大，其原因可能是下述原因中的_____。

- A. 单摆的悬点未固定紧，摆动中出现松动，使摆线增长了
- B. 把 n 次摆动的时间误记为 $(n+1)$ 次摆动的时间
- C. 以摆线长作为摆长来计算
- D. 以摆线长与摆球的直径之和作为摆长来计算
5. 在做“用单摆测定重力加速度”的实验时，用摆长 l 和周期 T 计算重力加速度的公式是 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 。

(1) 如果已知摆球直径为 2.00 cm，让刻度尺的零点对准摆线的悬点，摆线竖直下垂，如图实-13-6 甲所示，那么单摆摆长是 _____ m，如果测定了 40 次全振动的时间如图乙中秒表所示，那么秒表读数是 _____ s，单摆的振动周期是 _____ s。

INCLUDEPICTURE

图实-13-6

(2) 如果测得的 g 值偏小，可能的原因是 _____ (填写代号)。

- A. 测摆长时，忘记了摆球的半径
- B. 摆线上端悬点未固定，振动中出现松动，使摆线长度增加了
- C. 开始计时时，秒表过早按下
- D. 实验中误将 39 次全振动次数记为 40 次

(3) 某同学在实验中，测量 6 种不同摆长情况下单摆的振动周期，记录表格如下：

l/m	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2
T/s	1.26	1.42	1.79	1.90	2.00	2.20
T^2/s^2	1.59	2.02	3.20	3.61	4.00	4.84

以 l 为横坐标、 T^2 为纵坐标，作出 T^2-l 图线，并利用此图线求重力加速度 g 。

- 测定玻璃的折射率
- 学会用插针法确定光路。

二、实验器材

玻璃砖、白纸、木板、大头针、图钉、量角器(或圆规)、三角板、铅笔。

考点一 实验原理与操作

[典例 1] 在“测定玻璃的折射率”实验中，某同学经正确操作插好了 4 枚大头针，如图实-14-1 甲所示。

INCLUDEPICTURE

图实-14-1

(1) 在图实-14-2 中画出完整的光路图

INCLUDEPICTURE

图实-14-2

(2)对你画出的光路图进行测量和计算,求得该玻璃砖的折射率 $n=$ _____;(保留3位有效数字)

(3)为了观测光在玻璃砖不同表面的折射现象,某同学做了两次实验,经正确操作插好了8枚大头针,如图乙所示。图中 P_1 和 P_2 是同一入射光线的2枚大头针,其对应出射光线上的2枚大头针是 P_3 和_____ (填“A”或“B”)。

1. 考查画光路图的方法[对应题第 1 题] 先确定入射光线和出射光线,然后连接入射点和出射点,画出折射光线。

2. 考查折射率的计算[对应第 2 题] 折射率 $n=\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, $\sin \theta_1$ 与 $\sin \theta_2$ 可利用图中的方格进行粗略的计算,或是利用直尺测量计算。

3. 考查光路分析[对应第 3 题]

由题图可知,光线 P_1P_2 入射到玻璃砖上时,相当于光线射到了一个三棱镜上,因此射出光线将向底边偏折,所以出射光线过 P_3 和 A。

[题组突破]

1. 如图实-14-3 所示,用插针法测定玻璃的折射率的实验中,以下各说法中正确的是()

INCLUDEPICTURE

图实-14-3

- ① P_1 、 P_2 及 P_3 、 P_4 之间的距离适当大些,可以提高准确度
- ② P_1 、 P_2 及 P_3 、 P_4 之间的距离取得小些,可以提高准确度
- ③ 入射角 θ_1 适当大些,可以提高准确度
- ④ 入射角太大,入射光线会在玻璃砖的内表面发生全反射,使实验无法进行
- ⑤ P_1 、 P_2 的间距和入射角的大小均与实验的准确度无关

- A. ①③ B. ②④
C. ③⑤ D. ①④

2. “测定玻璃的折射率”实验中,在玻璃砖的一侧竖直插两个大头针 A、B,在另一侧再竖直插两个大头针 C、D。在插入第四个大头针 D 时,要使它_____。如图实-14-4 是在白纸上留下的实验痕迹,其中直线 a 、 a' 是描在纸上的玻璃砖的两个边。根据该图可算得玻璃的折射率 $n=$ _____。(计算结果保留两位有效数字)

INCLUDEPICTURE

图实-14-4

3. 某校开展研究性学习,某研究小组根据光学知识,设计了一个测液体折射率的仪器。如图实-14-5 所示,在一个圆盘上,过其圆心 O 作两条相互垂直的直径 BC、EF。在半径 OA

上,垂直盘面插上两枚大头针 P_1 、 P_2 并保持位置不变。每次测量时让圆盘的下半部分竖直进入液体中,而且总使得液面与直径 BC 相平, EF 作为界面的法线,而后在图中右上方区域观察 P_1 、 P_2 ,在圆周 EC 部分插上 P_3 ,使 P_3 挡住 P_1 、 P_2 的像。同学们通过计算,预先在圆周 EC 部分刻好了折射率的值,这样只要根据 P_3 所插的位置,就可以直接读出液体折射率的值。

INCLUDEPICTURE

图实-14-5

- (1)若 $\angle AOF=30^\circ$, OP_3 与 OC 之间的夹角为 30° , 则 P_3 处刻的折射率的值为_____。
- (2)图中 P_3 、 P_4 两处,对应折射率大的是_____。
- (3)做 AO 的延长线交圆周于 K , K 处对应的折射率为_____。

考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] 某同学利用“插针法”测定玻璃的折射率,所用的玻璃砖两面平行。正确操作后,作出的光路图及测出的相关角度如图实-14-6 所示。

INCLUDEPICTURE

图实-14-6

- (1)此玻璃的折射率计算式为 $n=$ _____ (用图中的 θ_1 、 θ_2 表示);
- (2)如果有几块宽度大小不同的平行玻璃砖可供选择,为了减小误差,应选用宽度_____ (填“大”或“小”)的玻璃砖来测量。

[答案] (1) $\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$ (2)大

[由题引知·要点谨记]

1. 考查数据处理的方法[对应题第(1)题]

折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin (90^\circ-\theta_1)}{\sin (90^\circ-\theta_2)}=\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$

2. 考查误差分析问题[对应第(2)题]

玻璃砖越宽,光线在玻璃砖内的传播方向越容易确定,测量结果越准确。故应选用宽度大的玻璃砖来测量。

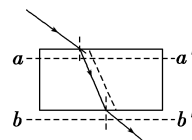
[题组突破]

4.在用两面平行的玻璃砖测定玻璃的折射率的实验中,已画好玻璃砖界面 aa' 和 bb' , 若不慎将玻璃砖向上平移了一些,放在图实-14-7 所示的位置上,而实验中其他操作均正确,则测得的折射率将()

INCLUDEPICTURE

图实-14-7

- A. 偏大
B. 偏小
C. 不变
D. 无法确定



5. 如图实-14-8 所示为光学实验用的长方体玻璃砖, 它的_____面不能用手直接接触。

INCLUDEPICTURE

图实-14-8

INCLUDEPICTURE

图实-14-9

在用插针法测定玻璃砖折射率的实验中, 两位同学绘出的玻璃砖和三个针孔 a 、 b 、 c 的位置相同, 且插在 c 位置的针正好挡住插在 a 、 b 位置的针的像, 但最后一个针孔的位置不同, 分别为 d 、 e 两点, 如图实-14-9 所示。计算折射率时, 用_____ (填“ d ”或“ e ”)点得到的值较小, 用_____ (填“ d ”或“ e ”)点得到的值误差较小。

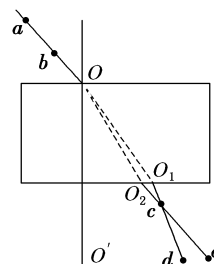
1. 了解光波产生稳定的干涉现象的条件。

2. 观察白光和单色光的双缝干涉图样。

3. 测定单色光的波长。

二、实验器材

双缝干涉仪(由光具座、光源、滤光片、单缝、双缝、遮光筒、毛玻璃屏、测量头组成), 另外还有学生电源、导线、刻度尺。



考点一 实验原理与操作

[典例 1] (1)如图实-15-1 所示, 在“用双缝干涉测光的波长”实验中, 光具座上放置的光学元件依次为①光源、②_____、③_____、④_____、⑤遮光筒、⑥光屏。对于某种单色光, 为增加相邻亮纹(暗纹)间的距离, 可采取_____或_____的方法。

INCLUDEPICTURE

图实-15-1

(2)如果将灯泡换成激光光源, 该实验照样可以完成, 这时可以去掉的部件是_____ (填数字代号)。

(3)转动测量头的手轮, 使分划板中心刻线对准第 1 条亮条纹, 读下手轮的读数如图实-15-2 甲所示。继续转动手轮, 使分划板中心刻线对准第 10 条亮条纹, 读下手轮的读数如图乙所示。则相邻两亮条纹的间距是_____ mm。

INCLUDEPICTURE

图实-15-2

(4)如果已经量得双缝的间距是 0.30 mm、双缝和光屏之间的距离是 900 mm, 则待测光的波长是_____ m。(取三位有效数字)

[由题引知·要点谨记]

1.考查实验原理及器材[对应第(1)题第一、二、三空] 由实验原理可知②③④分别是滤光片、单缝、双缝。

2. 考查实验原理及操作[对应第(1)题第四、五空]

由 $\Delta x = \frac{\lambda l}{d}$ 可知, 要增加相邻亮纹(暗纹)间的距离, 可采取的办法有:

①增大双缝到光屏间的距离(或选用较长的遮光筒);

②减小双缝之间的距离。

(3.考查实验原理的分析[对应第(2)题] ,由于激光是相干光源。故可以去掉的部件是②③。))

4. 考查实验操作读数及数据处理[对应第(3)题] 甲图读数是 0.045 mm, 乙图读数是 14.535 mm, 它们的差值是 14.490 mm, 中间跨越了 $10 - 1 = 9$ 个条纹间距, 所以相邻两亮条纹间距是 $\Delta x = \frac{14.490}{9} \text{ mm} = 1.610 \text{ mm}$ 。))

(5.考查实验原理及数据处理[对应第(4)题] ,光的波长 $\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{l} = 5.37 \times 10^{-7} \text{ m}$ 。))

[题组突破]

1. 利用图实-15-3 所示装置研究双缝干涉现象时, 下列说法中正确的是()

INCLUDEPICTURE

图实-15-3

- A. 将屏移近双缝, 干涉条纹间距变窄
- B. 将滤光片由蓝色的换成红色的, 干涉条纹间距变宽
- C. 将单缝向双缝移动一小段距离后, 干涉条纹间距变宽
- D. 换一个两缝之间距离较大的双缝, 干涉条纹间距变窄

2. 在“用双缝干涉测光的波长”实验中(实验装置如图实-15-4):

INCLUDEPICTURE

图实-15-4

(1)下列说法哪一个是错误的_____。(填选项前的字母)

- A. 调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时, 应放上单缝和双缝
- B. 测量某条干涉亮纹位置时, 应使测微目镜分划板中心刻线与该亮纹的中心对齐
- C. 为了减少测量误差, 可用测微目镜测出 n 条亮纹间的距离 a , 求出相邻两条亮纹间距

$\Delta x = \frac{a}{n-1}$

(2)测量某亮纹位置时, 手轮上的示数如图实-15-5, 其示数为_____mm。

INCLUDEPICTURE

图实-15-5

考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] 在“用双缝干涉测光的波长”的实验中，请按照题目要求回答下列问题。

(1)图实-15-6 中甲、乙两图都是光的条纹形状示意图，其中干涉图样是_____。

(2)将下表中的光学元件放在图实-15-6 丙所示的光具座上组装成用双缝干涉测光的波长的实验装置，并用此装置测量红光的波长。

INCLUDEPICTURE

图实-15-6

元件代号	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
元件名称	光屏	双缝	白光光源	单缝	透红光的滤光片

INCLUDEPICTURE

图实-15-7

将白光光源 *C* 放在光具座最左端，依次放置其他光学元件，由左至右，表示各光学元件的排列顺序应为_____。(填写元件代号)

(3)已知该装置中双缝间距 $d=0.50\text{ mm}$ ，双缝到光屏的距离 $L=0.50\text{ m}$ ，在光屏上得到的干涉图样如图实-15-7 甲所示，分划板在图中 *A* 位置时游标卡尺如图实-15-7 乙所示，则其示数为_____mm；在 *B* 位置时游标卡尺如图实-15-7 丙所示。由以上所测数据可以得出形成此干涉图样的单色光的波长为_____m。

[由题引知·要点谨记]

1. 考查双缝干涉图样的分析[对应第(1)题]

(1)干涉图样应为条纹间距和宽度相同。

(2)衍射图样为条纹宽度不等，中央最宽。

2. 考查实验原理及器材的选择[对应第(2)题]

光源发出的白光，各种频率的光都有，加上 *E* 后通过的只有红光了，变成单色光，加上 *D* 和 *B*，就得到两列频率相同、步调一致的相干光，最后放置光屏，干涉条纹呈现在光屏上，所以顺序为 *CEDBA*。

3. 考查读数及数据处理的方法[对应第(3)题]

A 位置的示数为 111.10 mm ，*B* 位置的示数为 115.65 mm ，图甲中 *AB* 之间的距离为 $(115.65 - 111.10)\text{ mm} = 4.55\text{ mm}$ ，则相邻条纹的间距为 $\Delta x = \frac{4.55}{7}\text{ mm}$ ，再根据公式 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ ，代入数据得波长为 $6.5 \times 10^{-7}\text{ m}$ 。

[题组突破]

3. 在“用双缝干涉测光的波长”的实验中，实验装置如图实-15-8 所示。

INCLUDEPICTURE

图实-15-8

(1)某同学以线状白炽灯为光源，对实验装置进行调节并观察了实验现象后，总结出以下几点：

- A. 灯丝与单缝和双缝必须平行放置
- B. 干涉条纹与双缝垂直
- C. 干涉条纹的疏密程度与单缝宽度有关
- D. 干涉条纹的间距与光的波长有关

以上几点中，你认为正确的是_____。

(2)当测量头中的分划板中心刻线对齐某条纹的中心时，手轮上的示数如图实-15-9 甲所示，该读数为_____mm。

INCLUDEPICTURE

图实-15-9

(3)如果测量头中的分划板中心刻线与干涉条纹不在同一方向上，如图乙所示。则在这种情况下测量干涉条纹的间距 Δx 时，测量值_____实际值。(填“大于”“小于”或“等于”)

4. 现有毛玻璃屏 A、双缝 B、白光光源 C、单缝 D 和透红光的滤光片 E 等光学元件，要把它们放在如图实-15-10 所示的光具座上组装成双缝干涉装置，用以测量红光的波长。

INCLUDEPICTURE

图实-15-10

(1)本实验的实验步骤有：

- ①取下遮光筒左侧的元件，调节光源高度，使光束能直接沿遮光筒轴线把屏照亮；
- ②按合理顺序在光具座上放置各光学元件，并使各元件的中心位于遮光筒的轴线上；
- ③用米尺测量双缝到屏的距离；
- ④用测量头(其读数方法同螺旋测微器)测量数条亮纹间的距离。

在操作步骤②时还应注意_____和_____。

(2)将测量头的分划板中心刻线与某亮纹中心对齐，将该亮纹定为第 1 条亮纹，此时手轮上的示数如图实-15-11 甲所示，然后同方向转动测量头，使分划板中心刻线与第 6 条亮纹中心对齐，记下此时如图乙所示的手轮上的示数_____mm，求得相邻亮纹的间距 Δx 为_____mm。

INCLUDEPICTURE

图实-15-11

(3)已知双缝间距 d 为 2.0×10^{-4} m，测得双缝到屏的距离 l 为 0.700 m，由计算式 $\lambda =$

_____，求得所测红光波长为_____nm。

1. 两个相同的单摆静止于平衡位置，使摆球分别以水平初速 v_1 、 v_2 ($v_1 > v_2$) 在竖直平面内做小角度摆动，它们的频率与振幅分别为 f_1 、 f_2 和 A_1 、 A_2 ，则()

- A. $f_1 > f_2$, $A_1 = A_2$ B. $f_1 < f_2$, $A_1 = A_2$
C. $f_1 = f_2$, $A_1 > A_2$ D. $f_1 = f_2$, $A_1 < A_2$

2. 装有砂粒的试管竖直静浮于水面，如图 1 所示。将试管竖直提起少许，然后由静止释放并开始计时，在一定时间内试管在竖直方向近似做简谐运动。若取竖直向上为正方向，则以下描述试管振动的图像中可能正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 1

INCLUDEPICTURE

图 2

3. 在科学研究中，科学家常将未知现象同已知现象进行比较，找出其共同点，进一步推测未知现象的特性和规律。法国物理学家库仑在研究异种电荷的吸引力问题时，曾将扭秤的振动周期与电荷间距离的关系类比单摆的振动周期与摆球到地心距离的关系。已知单摆摆长为 l ，引力常量为 G ，地球质量为 M ，摆球到地心的距离为 r ，则单摆振动周期 T 与距离 r 的关系式为()

- A. $T = 2\pi r \sqrt{\frac{GM}{l}}$ B. $T = 2\pi r \sqrt{\frac{l}{GM}}$
C. $T = \sqrt{\frac{2\pi}{r}} \sqrt{\frac{GM}{l}}$ D. $T = 2\pi l \sqrt{\frac{r}{GM}}$

4. (多选) 一列简谐横波沿直线传播，以波源 O 由平衡位置开始振动为计时零点，质点 A 的振动图像如图 3 所示，已知 O 、 A 的平衡位置相距 0.9 m。以下判断正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 3

- A. 波长为 1.2 m
B. 波源起振方向沿 y 轴正方向
C. 波速大小为 0.4 m/s
D. 质点 A 的动能在 $t = 4$ s 时最大

6. 在均匀介质中，一列沿 x 轴正向传播的横波，其波源 O 在第一个周期内的振动图像如图 5 所示，则该波在第一个周期末的波形图是()

INCLUDEPICTURE

图 5

INCLUDEPICTURE

图 6

7. (多选) 一列简谐横波在 $t = 0$ 时的波形图如图 7 所示。介质中 $x = 2$ m 处的质点 P 沿 y

轴方向做简谐运动的表达式为 $y=10\sin(5\pi t)\text{cm}$ 。关于这列简谐波, 下列说法正确的是()

INCLUDEPICTURE

图 7

- A. 周期为 4.0 s B. 振幅为 20 cm
C. 传播方向沿 x 轴正向 D. 传播速度为 10 m/s

8. (多选)沿 x 轴正方向传播的一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图 8 所示, M 为介质中的一个质点, 该波的传播速度为 40 m/s, 则 $t=\frac{1}{40}$ s 时()

INCLUDEPICTURE

图 8

- A. 质点 M 对平衡位置的位移一定为负值
B. 质点 M 的速度方向与对平衡位置的位移方向相同
C. 质点 M 的加速度方向与速度方向一定相同
D. 质点 M 的加速度方向与对平衡位置的位移方向相反

9. 一列简谐横波沿 x 轴传播, $t=0$ 时刻的波形如图 9 甲所示, 此时质点 P 正沿 y 轴负方向运动, 其振动图像如图乙所示, 则该波的传播方向和波速分别是()

INCLUDEPICTURE

图 9

- A. 沿 x 轴负方向, 60 m/s B. 沿 x 轴正方向, 60 m/s
C. 沿 x 轴负方向, 30 m/s D. 沿 x 轴正方向, 30 m/s

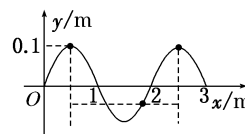
10. (多选)一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 图 10(a)是 $t=0$ 时刻的波形图, 图(b)和图(c)分别是 x 轴上某两处质点的振动图像。由此可知, 这两质点平衡位置之间的距离可能是()

INCLUDEPICTURE

图 10

- A. $\frac{1}{3}$ m B. $\frac{2}{3}$ m
C. 1 m D. $\frac{4}{3}$ m

11. 一列简谐横波沿 x 轴传播, 波长为 1.2 m, 振幅为 A 。当坐标为 $x=0$ 处质元的位移为 $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 且向 y 轴负方向运动时, 坐标为 $x=0.4$ m 处质元的位移为 $\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 。当坐标为 $x=0.2$ m 处的质元位于平衡位置且向 y 轴正方向运动时, $x=0.4$ m 处质元的位移和运动方向分别为()



- A. $-\frac{1}{2}A$ 、沿 y 轴正方向
B. $-\frac{1}{2}A$ 、沿 y 轴负方向
C. $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿 y 轴正方向

D. $\frac{1}{3}A$ 、沿 y 轴负方向

12. 在 xOy 平面内有一列沿 x 轴正方向传播的简谐横波，波速为 2 m/s ，振幅为 A 。 M 、 N 是平衡位置相距 2 m 的两个质点，如图 11 所示。在 $t=0$ 时， M 通过其平衡位置沿 y 轴正方向运动， N 位于其平衡位置上方最大位移处。已知该波的周期大于 1 s 。则()

INCLUDEPICTURE

图 11

A. 该波的周期为 $\frac{5}{3}\text{ s}$

B. 在 $t=\frac{1}{3}\text{ s}$ 时， N 的速度一定为 2 m/s

C. 从 $t=0$ 到 $t=1\text{ s}$ ， M 向右移动了 2 m

D. 从 $t=\frac{1}{3}\text{ s}$ 到 $t=\frac{2}{3}\text{ s}$ ， M 的动能逐渐增大

13. 光射到两种不同介质的分界面，分析其后的传播情形可知()

A. 折射现象的出现说明光是纵波

B. 光总会分为反射光和折射光

C. 折射光与入射光的传播方向总是不同的

D. 发生折射是因为光在不同介质中的传播速度不同

14. 如图 12 所示，一个三棱镜的截面为等腰直角 $\triangle ABC$ ， $\angle A$ 为直角。此截面所在平面内的光线沿平行于 BC 边的方向射到 AB 边，进入棱镜后直接射到 AC 边上，并刚好能发生全反射。该棱镜材料的折射率为()

INCLUDEPICTURE

图 12

A. $\frac{\sqrt{6}}{2}$

B. $\frac{\sqrt{2}}{2}$

C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

D. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

15. 如图 13 所示，半圆形玻璃砖置于光屏 PQ 的左下方。一束白光沿半径方向从 A 点射入玻璃砖，在 O 点发生反射和折射，折射光在光屏上呈现七色光带。若入射点由 A 向 B 缓慢移动，并保持白光沿半径方向入射到 O 点，观察到各色光在光屏上陆续消失。在光带未完全消失之前，反射光的强度变化以及光屏上最先消失的光分别是()

INCLUDEPICTURE

图 13

A. 减弱，紫光

B. 减弱，红光

C. 增强，紫光

D. 增强，红光

16. (多选)固定的半圆形玻璃砖的横截面如图 14， O 点为圆心， OO' 为直径 MN 的垂线。足够大的光屏 PQ 紧靠玻璃砖右侧且垂直于 MN 。由 A 、 B 两种单色光组成的一束光沿半径方

向射向 O 点, 入射光线与 OO' 夹角 θ 较小时, 光屏 NQ 区域出现两个光斑, 逐渐增大 θ 角, 当 $\theta = \alpha$ 时, 光屏 NQ 区域 A 光的光斑消失, 继续增大 θ 角, 当 $\theta = \beta$ 时, 光屏 NQ 区域 B 光的光斑消失, 则()

INCLUDEPICTURE

图 14

- A. 玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大
- B. A 光在玻璃砖中传播速度比 B 光的大
- C. $\alpha < \theta < \beta$ 时, 光屏上只有 1 个光斑
- D. $\beta < \theta < \pi/2$ 时, 光屏上只有 1 个光斑

17. 如图 15 所示, 空气中有一折射率为 n 的玻璃柱体, 其横截面是圆心角为 90° 、半径为 R 的扇形 OAB , 一束平行光平行于横截面, 以 45° 入射角照射到 OA 上, OB 不透光, 若只考虑首次入射到圆弧 AB 上的光, 则 AB 上有光透出部分的弧长为 ()

INCLUDEPICTURE

图 15

- A. $\frac{1}{6}\pi R$
- B. $\frac{1}{4}\pi R$
- C. $\frac{1}{3}\pi R$
- D. $\frac{5}{12}\pi R$

18. 如图 16 所示, $ABCD$ 是一直角梯形棱镜的横截面, 位于截面所在平面内的一束光线由 O 点垂直 AD 边射入。已知棱镜的折射率 n , $AB = BC = 8 \text{ cm}$, $OA = 2 \text{ cm}$, $\angle OAB = 60^\circ$ 。

INCLUDEPICTURE

图 16

- (1) 求光线第一次射出棱镜时, 出射光线的方向。
- (2) 第一次的出射点距 C _____ cm 。

19. 利用半圆柱形玻璃, 可减小激光光束的发散程度。在如图 17 所示的光路中, A 为激光的出射点, O 为半圆柱形玻璃横截面的圆心, AO 过半圆顶点。若某条从 A 点发出的与 AO 成 α 角的光线, 以入射角 i 入射到半圆弧上, 出射光线平行于 AO , 求此玻璃的折射率。

INCLUDEPICTURE

图 17

20. 如图 18 所示为一光导纤维(可简化为一长玻璃丝)的示意图, 玻璃丝长为 L , 折射率为 n , AB 代表端面。已知光在真空中的传播速度为 c 。

INCLUDEPICTURE

图 18

(1)为使光线能从玻璃丝的 AB 端面传播到另一端面，求光线在端面 AB 上的入射角应满足的条件；

(2)求光线从玻璃丝的 AB 端面传播到另一端面所需的最长时间。

21. 白光通过双缝后产生的干涉条纹是彩色的，其原因是不同色光的()

- A. 传播速度不同 B. 强度不同
C. 振动方向不同 D. 频率不同

22. 一束单色光经由空气射入玻璃，这束光的()

- A. 速度变慢，波长变短 B. 速度不变，波长变短
C. 频率增高，波长变长 D. 频率不变，波长变长

23. 下列现象中，属于光的衍射的是()

- A. 雨后天空出现彩虹
B. 通过一个狭缝观察日光灯可看到彩色条纹
C. 海市蜃楼现象
D. 日光照射在肥皂膜上出现彩色条纹

24. 与通常观察到的月全食不同，小虎同学在 2012 年 12 月 10 日晚观看月全食时，看到整个月亮是暗红的。小虎画了月全食的示意图，并提出了如下猜想，其中最为合理的是()

INCLUDEPICTURE

图 19

- A. 地球上有人用红色激光照射月球
B. 太阳照射到地球的红光反射到月球
C. 太阳光中的红光经地球大气层折射到月球
D. 太阳光中的红光在月球表面形成干涉条纹

25. 如图 20 所示的双缝干涉实验，用绿光照射单缝 S 时，在光屏 P 上观察到干涉条纹。要得到相邻条纹间距更大的干涉图样，可以()

INCLUDEPICTURE

图 20

- A. 增大 S_1 与 S_2 的间距 B. 减小双缝屏到光屏的距离
C. 将绿光换为红光 D. 将绿光换为紫光

26. 关于生活中遇到的各种波，下列说法正确的是()

- A. 电磁波可以传递信息，声波不能传递信息
B. 手机在通话时涉及的波既有电磁波又有声波
C. 太阳光中的可见光和医院“B 超”中的超声波传播速度相同
D. 遥控器发出的红外线波长和医院“CT”中的 X 射线波长相同

27. 下列关于电磁波的说法正确的是()

- A. 均匀变化的磁场能够在空间产生电场 B. 电磁波在真空和介质中传播速度相同
C. 只要有电场和磁场，就能产生电磁波 D. 电磁波在同种介质中只能沿直线传播