# 第四章 光

## 第一节 光的折射

1. 光从真空斜射入某种介质发生折射时，折射光线、入射光线和\_\_\_\_\_\_\_\_\_线处在同一平面内，该介质的折射率 *n* 等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_之比。
2. 折射率反映了介质的光学属性。介质的折射率越大，光在该介质中的传播速度越\_\_\_\_\_\_\_\_\_，光从真空斜射入该介质时偏折程度越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。折射率为 2.42 的金刚石相对于空气而言”是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“光密”或“光疏”）介质。
3. 当我们潜入游泳池底向上看时，既能看到池底的景象，又能看到池边岸上的人或物。前一种情况是由于来自池底的光在水面处发生了\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，后一种情况是来自池边岸上的人或物的光经水面发生了\_\_\_\_\_\_\_\_\_。（均选填”反射”或“折射”）
4. 如图 4 – 1 所示，光以相同的入射角从空气斜射入 A、B、C 三种介质后发生偏折。比较 A、B、C 三种介质折射率的大小，说明理由。

*A*

*B*

*C*

1. 一束平行光射入玻璃中的球形气泡，图 4 – 2 中可能正确的是（ ）。

玻璃

空气

玻璃

空气

玻璃

空气

玻璃

空气

(A)

(B)

(C)

(D)

1. 光从空气斜射入另一种介质，入射角为 45.0° 时，折射角是 27.7°，根据表中的信息推断介质的种类。

|  |  |
| --- | --- |
| 介质 | 折射率 |
| 金刚石 | 2.42 |
| 二氧化碳 | 1.63 |
| 玻璃 | 1.2 ~ 1.8 |
| 水 | 1.33 |

1. 在”测量玻璃折射率”的实验中，入射光线和出射光线是由大头针的位置确定的。有同学发现，虽然各组同学所选的入射角不同，但是入射光线均与出射光线平行。试用光的折射定律证明之。如图 4 – 3 所示，若玻璃砖折射率 *n* 为 1.5，厚度 *d* 为5 cm，入射角 *θ*1 为 30° 的光线平行于纸面，进入玻璃砖后，从下表面出射。求入射光线延长线和折射光线间的垂直距离。

*a*

*b*

*a*ʹ

*b*ʹ

*d*

1. 图 4 – 4 所示情境中发生了奇妙的隐身现象。将小烧杯置于相同材质和折射率的大烧杯中。把色拉油逐渐倒入小烧杯，随着油从小烧杯中溢出，发现小烧杯似乎逐渐消失了。这一现象与光的折射有关，解释其发生的原因。



### 参考解答

1．法，入射角的正弦值，折射角的正弦值

2．小，大，光密

3．反射，折射

4．*n*C > *n*B > *n*A。光以一定角度射入不同折射率的介质中时，介质的折射率越大，偏离入射光的角度越大，折射角越小

5．B

6．由 *n* = = ≈ 1.52 知，该介质可能是玻璃

7．如图 16 所示，光由空气斜射入玻璃砖，= *n*，光由玻璃砖斜射入空气，由光路可逆得，= *n*，得 *θ*1 = *θ*3，即入射光线与出射光线平行。由折射定律 sin*θ*1 = *n*sin*θ*2，sin*θ*2 = = ，*θ*2 ≈ 19.5°，入射光线的延长线和折射光线间的垂直距离 Δ*s* = sin(*θ*1 – *θ*2) = sin(30° − 19.5°) m ≈ 9.67×10−3 m

*a*

*b*

*a*ʹ

*b*ʹ

Δ*s*

*θ*1

*θ*2

*θ*3

8．色拉油的折射率约为 1.5，与实验中所选烧杯玻璃的折射率接近，光从玻璃进入油和从油进入玻璃的偏折都不明显，几乎沿直线传播。因此，无法辨别出油中的玻璃烧杯。

## 第二节 全反射

1. 当光从\_\_\_\_\_\_\_\_\_介质射入\_\_\_\_\_\_\_\_介质时，如果入射角超过临界角，只能看到反射光的现象称为全反射现象。临界角 *C* 和介质折射率 *n* 的关系为：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
2. 光从某介质斜射入空气时，发生了全反射现象。若逐渐减小入射角，当入射角小于临界角后，会同时发生反射和折射，且反射光的亮度越来越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，折射光的亮度越来越\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。（均选填”强”或”弱”）
3. 夏季的公路路面被太阳晒得很热，越靠近地面温度越高，空气的折射率越小，斜向下射向地面的光会在近地面区域偏离原直线，在观察者看来路面就如水面一般［图 4 – 5（a）］。假如把靠近路面的空气简化为一定厚度内折射率不变的空气层，越靠近路面，这层空气的折射率越小。在图 4 – 5（b）中画出光在靠近路面空气中的大致光路图。

(a)

(b)



1. 光由折射率为 1.33 的水中射入空气的临界角是多少？解释为何水中的气泡特别明亮。
2. 一个灯泡被安装在 3.0 m 深的水池底部，向各个方向发光。水的折射率为 1.33，则该灯泡在水面上形成的亮斑的直径为多少？
3. 冰的折射率为 1.31，计算光从冰射入空气的临界角 *C*。若在极冷的环境下，用直径为 10 cm、长为 1 m 的冰柱代替玻璃制作“冰纤”，使光在冰柱内沿图 4 – 6 所示路径传播，则入射角为多少？
4. 如图 4 – 7 所示，光以与界面夹角 30.0° 的方向射入折射率为 1.50 的玻璃三棱柱 AB 边的中点。

*A*

*B*

*C*

60°

60°

60°

30°

（1）画出光在玻璃中的传播路径，计算光从玻璃射入 BC 边的入射角。

（2）判断光是否会穿过 BC 边，说明理由。

1. 有一种未知折射率的透明介质，如何利用折射定律测量光从该介质射入空气时发生全反射的临界角大小？
2. 智能雨刮器会在下雨时自动启动，并根据雨量的大小调节雨刮器的速度。图 4 – 8 为前挡风玻璃的横截面示意图。雨刮器的工作原理可做如下简化：激光光源 P 发出的光在玻璃内传播，在 N 处发生全反射后被接收器 Q 接收，下雨会导致 Q 处接收到的光照强度发生突然变化，从而启动雨刮器。

（1）为何不下雨时，激光光源 P 处发出的光在 N 处会发生全反射？

（2）为何下雨时 N 处有积水会导致接收器 Q 接收到的光照强度发生突然变化？

*θ*

*N*

接收器*Q*

光源*P*

车辆外侧

车辆内侧

前挡风玻

璃截面

### 参考解答

1．光密，光疏，*n* =

2．弱，强

3．如图 17 所示

4．光由水射入空气时，临界角为 arcsin ≈ 48.8°

与没有气泡时相比，光在水与气泡的界面处发生全反射，即有更多的光反射进入眼睛，观察者感到水中的气泡特别亮。

5．如图 18 所示，设当光到达 A 和 A' 及以外的区域发生全反射，则 *θ* = arcsin ≈ 48.8°，设灯泡形成的亮斑半径为 *x*，则 tan48.8° = ，*x* = 3tan48.8° ≈ 3.43 m，则亮斑的直径为 2*x* = 6.86 m。

*A*

*x*

*A*ʹ

*θ*

3 m

水面

6．临界角 *C* = arcsin ≈ 49.8°。设入射角为 *θ*1，折射角为 *θ*2，根据图 4 – 6 和冰柱的尺寸，得 tan*θ*2 == 0.1，*θ*2 ≈ 5.7°，由于 90° − *θ*2 > *C*，得光在冰纤中发生全反射，由折射率 *n* = = 1.31，得入射角 *θ*1 ≈ 7.5°。

7．（1）如图 19 所示，设光从空气射入玻璃的入射角为 *θ*1，折射角为 *θ*2，光由玻璃射入空气的入射角为 *θ*3，则 = *n*，即 = 1.50，得 *θ*2 ≈ 35.3°，由三角形的内角和为 180°，得 *θ*3 = 24.7°。

*A*

*B*

*C*

60°

60°

60°

30°

*θ*1

*θ*3

*θ*2

（2）玻璃的临界角 *C* = arcsin ≈ 42°，即 *θ*3 < *C*，所以光会穿过 BC。

8．让光从空气斜射入该介质，通过测量入射角 *θ*1 和折射角 *θ*2，根据 *n* = 得到折射率，再利用 sin*C* = 得出全反射的临界角。

9．（1）光源 P 发出的光斜射到 N 处，N 处为玻璃和空气的界面，若入射角 *θ* 大于临界角，就会发生全反射。

（2）下雨时 N 处外侧会有水滴，N 处为玻璃和水的界面。由于玻璃对水的临界角大于玻璃对空气的临界角，入射角为 *θ* 的激光不再满足全反射条件，激光在 N 处同时发生折射和反射，部分光线会从挡风玻璃前表面射出到车辆外侧，接收器 Q 感知到光照就会突然变弱，做出挡风玻璃外侧有水的判断，启动雨刮器。

## 第三节 光的干涉

1. 肥皂膜和水面上的油膜在阳光下都呈现出多彩的花纹，这是由于入射光分别经膜的前后表面\_\_\_\_\_\_射回来的两列光波叠加，产生光的\_\_\_\_\_\_\_\_现象。
2. 距离我们非常遥远的恒星看上去是天空中一个个明亮的点。如果有两颗恒星距离很近，是否有可能看到它们发出的光发生干涉？
3. 将蘸了肥皂液的环形铁丝置于竖直平面内，环内形成张紧的肥皂膜。肥皂膜在阳光下五彩斑斓。判断下列说法是否正确，并说明理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 理由 |
| 肥皂膜上的条纹是竖条纹 |  |  |
| 肥皂膜上的条纹是横条纹 |  |  |
| 肥皂膜上的条纹是均匀分布的 |  |  |
| 肥皂膜上的条纹是稳定不变的 |  |  |

1. Δ*x* = 对应了某次双缝干涉实验中所获得的条纹间距的表达式。用表达式中的数据对该实验进行文字描述。
2. 用激光照射两条平行狭缝会产生干涉现象。

光强

条纹中心

光屏

（1）使用激光时要注意什么？

（2）双缝的间距为何要非常小？

（3）图 4 – 9 表示激光照射双缝后，光屏上部分光强的分布情况。根据干涉条纹的特点，将此图画完整。

1. 在光的干涉实验中，两缝隙的间距为 0.30 mm，在距离双缝 1.0 m 的光屏上观察到明暗相间的条纹。若 10 条明亮的条纹横跨 1.7 cm，则入射光的波长是多少？推断其颜色。
2. 波长为 596 nm 的橙黄色光透过两个间距为 2.25×10−5 m 的狭缝，在屏幕上形成干涉图样。如果相邻暗条纹的间距为 2.0×10−2 m，屏幕到狭缝的距离多远？如果将整套装置置于水中，在水中发生双缝干涉，干涉图样会发生怎样的变化？
3. 在图 4 – 10 所示的实验装置中，单缝屏和光屏间有一平面镜，激光器发出的光照射单缝，在光屏上观察到明暗相间的条纹。解释该现象出现的原因。在图中画出光屏上条纹出现的范围。

光源

单缝屏

光屏

平面镜

*S*

### 参考解答

1．反，干涉

2．不可能，独立光源非相干，不满足发生干涉的条件

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 理由 |
| 肥皂膜上的条纹是竖条纹 | 错 | 同一水平高度处薄膜厚度相同，具有相同的光程差，形成干涉图样，因此肥皂膜上的条纹是横条纹 |
| 肥皂膜上的条纹是横条纹 | 对 | 同一水平高度处薄膜厚度相同，具有相同的光程差，形成干涉图样，因此肥皂膜上的条纹是横条纹 |
| 肥皂膜上的条纹是均匀分布的 | 错 | 因重力的作用，导致上薄下厚，且厚度变化不均匀的楔形薄膜 |
| 肥皂膜上的条纹是稳定不变的 | 错 | 薄膜厚度不断变薄，彩色条纹不断流动 |

4．该实验用波长为 530 nm 的单色光，照射间距为 0.2 mm 的双缝，双缝到光屏的距离为 2 m。

5．（1）不要直视激光，光强较大时需要佩戴激光防护镜。

（2）双缝干涉图样的条纹间距 Δ*x* = ，当 *λ*、*L* 一定时，双缝间距 *d* 越小，条纹间距越大，条纹越清晰；反之，条纹不明显，不便于观察和测量。

（3）如图 20 所示

光强

条纹中心

光屏

图 20

6．566.67 nm，绿光

7．0.755 m。由于杨氏双缝干涉的条纹间距和光在介质中的波长成正比，在水中的介质波长小于在空气中的波长，所以条纹间距会减小。

8．光源由平面镜反射所成的虚像 S1 可看作和 S 相干的光源，两者会出现干涉现象。如图 21 所示，在 PQ 范围内会出现干涉条纹。

*S*

*S*1

*M*

*P*

*Q*

图 21

## 第四节 光的衍射和偏振

1. 光发生明显衍射的条件为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；光遇到障碍物时，在\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_情况下，可近似认为光是沿直线传播的。
2. 光的单缝衍射条纹和光的双缝干涉条纹类似。从下列几个方面比较两类图样的区别。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 单缝衍射 | 双缝干涉 |
| 产生条件 | 狭缝足够小，与波长相差不大 |  |
| 条纹宽度 |  | 条纹宽度相等 |
| 亮度 | 中央明纹最亮，两侧变暗 |  |
| 相同点 | 都是波特有的现象，证明光是一种波 | |

1. 用激光器发出的光照射一宽度可调的单缝，在缝后一定距离处设置一光屏，如图 4 – 11 所示。调节单缝的宽度，在单缝由宽到窄的过程中，观察到的现象有什么变化？

激光器

单缝屏

光屏

1. 光的干涉和衍射现象证明光是一种波，偏振现象证明光是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。将两个偏振片紧靠在一起，放在一盏点亮的灯前面且没有光通过。若将其中的一片偏振片旋转 180°，在旋转过程中，光的强度如何变化？说明理由。
2. （1）如图 4 – 12 所示，自然光在水面发生反射和折射时，反射光是偏振光。图中反射光的偏振方向有何特点？

折射光为部分偏振

入射光为自然光

反射光为偏振光

（2）拍摄橱窗时，为何有时在相机镜头前安装偏振滤光片，就能更清晰地拍摄出橱窗内的景象？说明这样做的理由。

### 参考解答

1．障碍物或者孔的尺寸与波长相差不多或比波长小，障碍物的尺寸比光的波长大得多

2．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 单缝衍射 | 双缝干涉 |
| 产生条件 | 狭缝足够小，与波长相差不大 | 两列相干光叠加 |
| 条纹宽度 | 条纹宽度不等，中央最宽 | 条纹宽度相等 |
| 亮度 | 中央明纹最亮，两侧变暗 | 各亮纹的亮度基本相同 |
| 相同点 | 都是波特有的现象，证明光是一种波 | |

3．中央明条纹宽度增加，亮度减弱，衍射现象更明显。

4．横波。旋转过程中，透过偏振片的光强先增强，然后又减弱到零。理由：两偏振片的偏振方向垂直时，没有光通过即光强为零。当两偏振片的偏振方向平行时，光强度最大，随后两偏振片的偏振方向又垂直时光强再次变为零。

5．（1）反射光的偏振方向与入射平面垂直。

（2）因为光通过橱窗玻璃的反射光是偏振光，利用光的偏振原理，在照相机镜头前装一片偏振片，会减弱反射光进入镜头的强度，使橱窗内物体的影像更清晰。

## 第五节 激光

1. 激光具有\_\_\_\_\_\_\_\_性好、单色性好、\_\_\_\_\_\_\_\_性好、亮度高四个方面的特点。
2. 下列实例中都用到了激光，在表中填写它们分别利用了激光的哪些特点。

|  |  |
| --- | --- |
| 实例 | 特点 |
| 激光测距 |  |
| 光纤通信 |  |
| 激光焊接、切割金属 |  |

1. 在光的双缝干涉实验中，光源为何选用激光而不用更常见的白炽灯？
2. 判断下列关于激光的说法是否正确，说明理由。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 理由 |
| 全息照片的拍摄利用了激光易于全反射的特点 |  |  |
| 激光测距利用了激光相干性好的特点 |  |  |
| 由于激光的方向性好，可以用激光来携带信息 |  |  |
| 利用激光方向性好、亮度高的特点，可用激光来当“手术刀” |  |  |

### 参考解答

1．方向，相干

2．方向性，相干性，亮度高

3．白炽灯为复合光源，激光为单色光源，相干性更好，干涉现象更明显

4．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 理由 |
| 全息照片的拍摄利用了激光易于全反射的特点 | 错 | 全息照片的拍摄主要利用了激光相干性好的特性 |
| 激光测距利用了激光相干性好的特点 | 错 | 激光测距主要利用了激光方向性好的特性 |
| 由于激光的方向性好，可以用激光来携带信息 | 错 | 用激光携带信息主要利用了激光相干性好的特性 |
| 利用激光方向性好、亮度高的特点，可用激光来当“手术刀” | 对 | 用激光当“手术刀”主要利用了激光方向性好、亮度高、能量大的特性 |