

一、教学目标

理解光的反射、折射、衍射、干涉的基本概念，能联系生活实例（潜望镜、肥皂泡等）加以说明。

掌握简易潜望镜的光路原理，能独立画出两次反射的光路图。

了解摄像头成像的基本流程：镜头（折射聚焦）→ 传感器（光电转换）→ 处理器（信号处理），并能用“人眼类比”描述各环节功能。

知道深海摄像头面临的特殊环境挑战（照明、耐压、水密、材料），能说出其中至少两项关键设计措施。

二、实验器材

实验一：简易潜望镜套装（一人一套）

实验二：ESP32-CAM 摄像头套装（主板，烧录座，摄像头，数据线）

三、教学过程

（一）、引入（5 分钟）

提问引入（我们在潜艇里面也是要观察外界的，不可能闭着眼睛乱窜的，那么我们要如何观察呢？）在介绍之前先给大家讲一讲光相关的知识

简略介绍光的反射、折射、衍射、干涉，结合 PPT 图片举例

反射 光的反射大家都很熟悉吧，这里就不再过多介绍了，我们的第一个实验就会涉及到这个

折射 概念：光从一种介质斜着进入另一种介质，传播方向发生偏转。

衍射 概念：光遇到小孔或狭缝时，会“绕过去”，不完全是直线传播。

干涉 概念：两束光相遇，在某些地方加强、在某些地方抵消，形成明暗相间的条纹。

例子：泡泡表面五颜六色的花纹。那是光在薄膜内外两表面反射后叠加的结果，不同颜色的光在不同位置被加强或抵消，呈现出彩色条纹。

（二）、潜望镜（12 分钟）

1. 画光路图，每一步都问一下学生

2. 分发器材，一人一套，开始组装。然后开始观察（自由观察，比如蹲在桌子下看桌子上，也可用水盆装水，观察水下，可以提前放点小东西）

（三）、摄像头

1. 引入：潜望镜有局限，还是靠人眼，在深海光微弱时，就难以通过它观测了，那我们就要用摄像头了。

2、进行实验：

实验步骤：

演示：1. 连接硬件，打开.ino 文件（已准备好）

2. 按住板子上 I00 按钮，再按一下 RST 按钮，松开 I00 按钮

3. 点击 项目-上传 等待上传成功

4 点击工具-串口监视器 按一下 RST 按钮，等待屏幕打印出 网址

5. 连接对应名称的 WIFI 网络（如“ESP32—CAM1”） 在浏览器输入对应网址

6. 进入界面后，点击 Start Stream 即可看到相应画面

分发器材：4 至 5 位同学一组，板子有限，轮流来。**明德需要 3 位助教老师协助**

麻烦几位助教老师提前配置好 arduino（访问此链接即可了解

<https://chat.deepseek.com/share/9n30kp3i524fac151w>

还有一些**注意事项**

3. 原理解释及延伸（视剩余时间决定详略）：

分为两步，镜头（透镜组件，传入光信号）、传感器（光→电）

首先来看镜头，光线从物体表面反射出来，向四面八方散射。如果没有镜头，这些光不会主动聚集到一个点上。镜头的作用就是利用折射——光通过透镜时方向发生偏转——把来自同一点的光线重新汇聚到传感器上的同一个位置。一个简单的凸透镜是不够的（如时间允许，也可讲讲凸透镜的成像），实际摄像头里镜头是好几片透镜组合在一起的。因为单一片透镜会有色差（不同颜色的光偏折程度不同，导致成像边缘有彩色条纹）、球差（边缘光线和中心光线汇聚不到同一个点）等问题，多片透镜组合可以互相矫正这些缺陷。也就是说，镜头就像眼睛的晶状体，把外界照过来的光收集起来，在它后面形成一个清晰的像。

其次是传感器，传感器是一块布满微小光敏单元的芯片，每个光敏单元就是一个像素。每个像素的功能很简单：测量照到它上面的光的强弱。光越强，产生的电信号就越强；光越弱，电信号就越弱。但是这里有个问题——像素本身是色盲，它只能感知“有多亮”，不知道“是什么颜色”。为了记录颜色，传感器表面覆盖了一层滤光片。像图中这种，每个像素上方覆盖红、绿、蓝三种滤光片中的一种，排列方式是红绿蓝绿交替排列。红色滤光片只让红光通过，蓝片只让蓝光通过，绿片只让绿光通过。这样每个像素只记录一种颜色的亮度值，周围像素记录其他颜色，最后通过算法，还原出每个位置完整的红绿蓝信息。

其实还有第三步，传感器转化的信号还会经过一系列的处理，通过一个翻译官，把传感器那一堆乱糟糟的电信号整理成一张我们能看懂的图片，再压缩打包传出来，显示在屏幕上。

上述整个过程类比人体：

角膜 + 晶状体 → 镜头（折射聚焦）

视网膜（视杆细胞+视锥细胞）→ 传感器（感光+辨色）

视神经 + 大脑视觉皮层 → 电路板 + 处理器（信号传输 + 图像处理）

拓展延伸（还有时间就讲，不过应该不会讲到这）

深海环境给摄像头带来四大挑战——**照明、耐压、水密、材料**，每一个都直接影响设备能否在万米深渊正常工作。

照明：200 米以下几乎没有自然光，深海摄像头必须自带高亮 LED 光源。常用蓝光 LED（蓝光在海水中衰减比红光慢，穿透力更强）。但所有灯珠和电路都密封在狭小舱体内，内部热量无法靠空气对流散出，只能通过金属外壳传导到海水中。如果热量积累过高，会导致 LED 光衰、镜头窗口因热应力破裂。因此，深海灯光的**散热设计**重点在于如何把热量高效“导”出外壳，而不是简单地加装风扇（在深海也无法使用）。

耐压：一万米深的海底压力约 1000 个大气压，相当于每平方厘米承受 1 吨重量。普通摄像头外壳会瞬间被压扁。深海摄像头的耐压方案主要有两种：

刚性耐压舱：采用厚壁钛合金或高强度不锈钢制成球形（球形受力最均匀），完全依靠壳体自身强度抵抗压力，舱内保持常压空气。

充油补偿式：舱内充满绝缘液体（如硅油），并通过柔性皮囊与外界海水连通，使舱内外压力始终相等（压差几乎为零），壳体壁厚可以做薄。这种方式不靠硬扛，而是“顺势而为”。

水密：摄像头通过透明窗口（蓝宝石玻璃或高强度亚克力）观察外界。光从海水穿过窗口进入镜头时会发生折射，必须在镜头设计时预先修正这种折射偏差。此外，所有电缆穿过舱壁的接口都必须使用**水密接插件**（由陶瓷或特种金属制成），确保高压海水不会沿电缆缝隙渗入舱内。密封圈和接插件在高压下的微小变形都可能导致漏水，是可靠性设计的中重中之重。

材料：深海海水具强腐蚀性（盐分+高压+低温），外壳、接插件、线缆护套必须选用耐腐蚀材料——钛合金、特种工程塑料（PEEK）、聚氨酯等。普通塑料在高压下会变形或脆裂，普通钢材会锈蚀，一旦材料失效，整个设备就会报废。

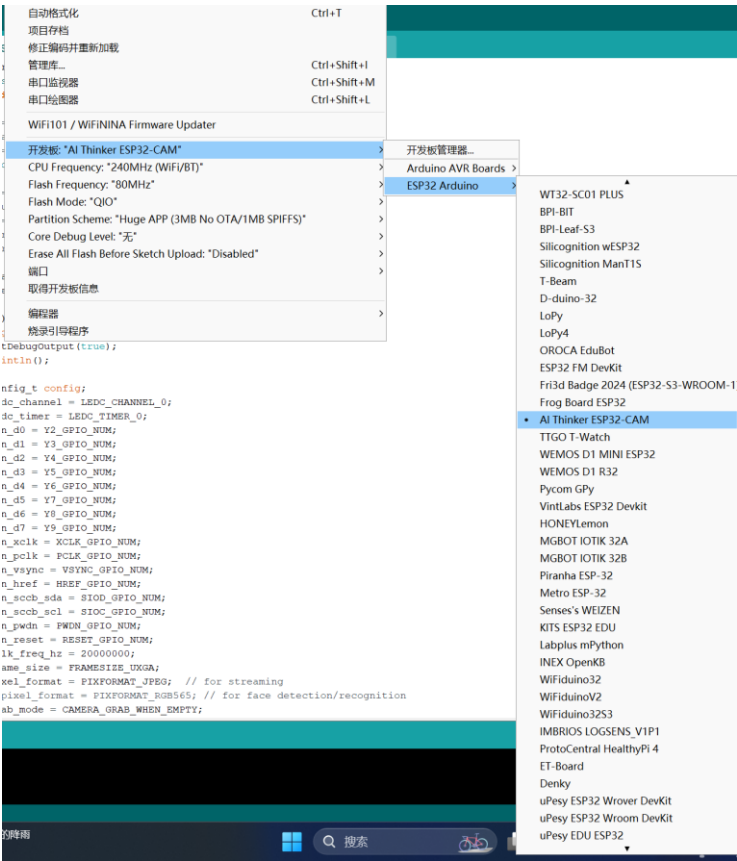


注意事项

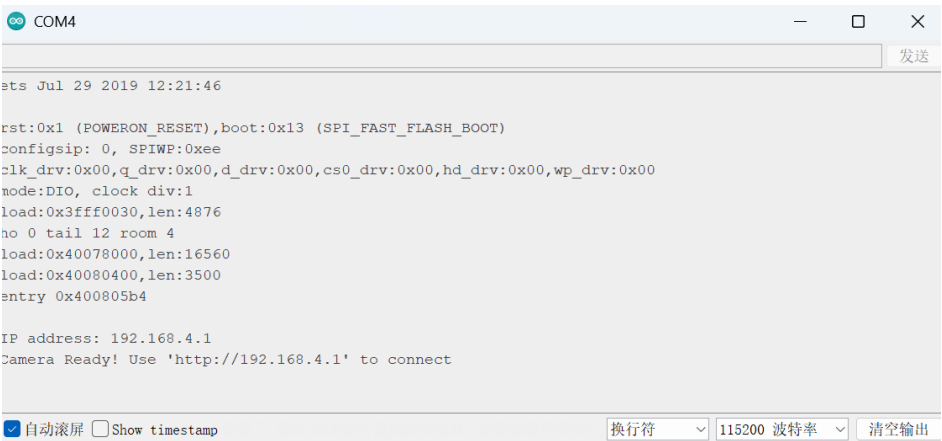
注意，进行图中这一步时，需要挂 VPN 才可成功安装

- 点击 **工具** → **开发板** → **开发板管理器**，搜索 `esp32`，安装由 **Espressif Systems** 提供的包（约200-300MB）

选择开发板时不太好找，耐心翻一翻



上传成功后，按压 RST，串口监视器会输出



访问后出现如下图所示窗口即为成功)

