

基座光学

Oeabt *Experimental Teaching Kit*

# 实验教学套件

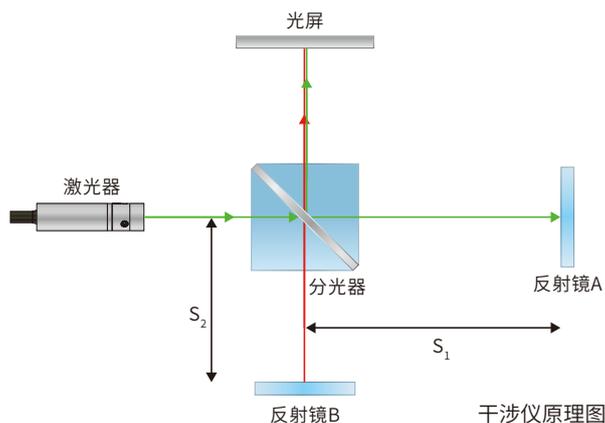


## 【迈克尔逊干涉仪实验套件】 NEW

迈克尔逊干涉仪是一种基于光干涉原理测量光程差的实验套件。干涉仪的基本模型便于调整，通过调节臂长可观察到干涉图案的周期性变化，帮助理解干涉现象和光波相位差。引入白色LED光源时，不同波长的光波形成各自的干涉图样，揭示光波的复杂性并应用于光谱分析。此外，在物理、化学、材料科学等领域也有广泛应用。例如，通过调节光路长度测量有机玻璃板的折射率；通过加热金属棒并记录干涉条纹的变化来测量固体膨胀系数。

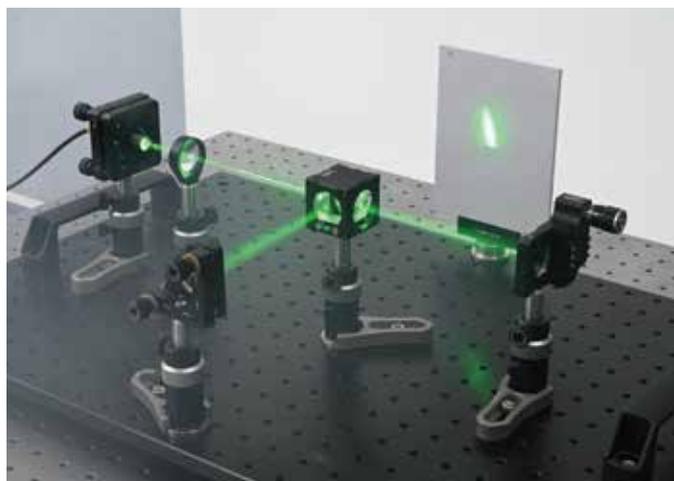
迈克尔逊干涉仪利用光的干涉原理进行测量，主要用于测量光的相位变化和光程差。它通过分离和重组光束来产生干涉图样，从而可以进行精密测量和分析。实验原理如下：

- 1、光束分离：入射光束通过分光器被分成两束光（光束A和光束B）。
- 2、路径传播：光束A被一个反射镜反射回到分光器，光束B被另一个反射镜反射回到分光器。
- 3、光束重组：两束光在分光器处再次相遇并发生干涉。
- 4、干涉图案观察：重组后的光束在观察屏幕上形成干涉图样，通过分析这些干涉条纹的位置和变化，可以获得光程差的信息。



### 实验目的

- ▶ 测量光程差：精确测量微小的长度变化和位移，应用于精密机械和纳米技术；
- ▶ 折射率测量：通过测量干涉条纹的变化，可以确定不同介质的折射率；
- ▶ 光谱分析：用于高精度的波长测量和光谱分析；
- ▶ 材料科学：测量材料的热膨胀系数和其他光学特性；
- ▶ 基础物理实验：
  - 迈克尔逊-莫雷实验：用于探测以太的存在，最终支持了相对论理论；
  - LIGO：利用干涉仪原理检测引力波；



光路搭建



干涉条纹图案



白光干涉图案

【马赫-曾德尔干涉仪实验套件】 

马赫-曾德尔干涉仪 (Mach-Zehnder Interferometer) 的设计初衷主要是为了满足对精确光学测量的需求,并解决当时其他干涉仪在特定应用中的局限性。其实验原理基于光的干涉现象,测量两束准直的光束之间的相位偏差。这种相位偏差可用于确定小位移、透射式光学器件的透射波前误差、透明材料的折射率、风洞中的空气流动等等。它广泛应用于物理学、光学和工程学等领域,尤其是在精密测量和传感中。

马赫-曾德尔干涉仪基本结构包括两个分光器、两个反射镜和一个合束器。具体步骤如下:

- 1、光束分离:一束入射光被第一个分光器分成两条光路。
- 2、光路传播:这两条光路分别通过各自的反射镜,被反射后继续前进。  
由于反射镜的位置不同,两条光路的长度通常也不同。
- 3、光束重组:在第二个分光器处,这两条光路重新组合,形成干涉图案。

如果两束光的光程差为整数倍的波长,干涉会产生增强(相长干涉)。

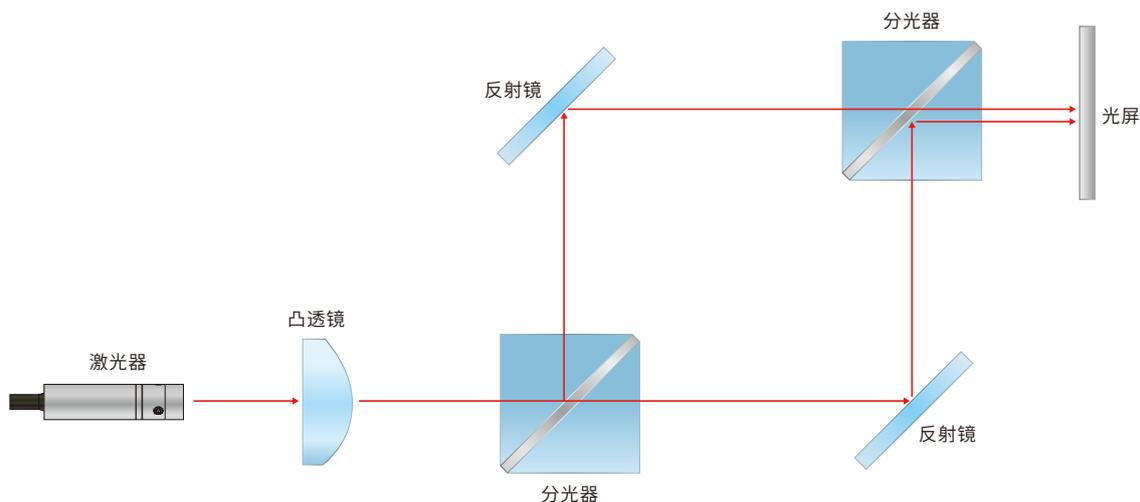
如果光程差为半波长的奇数倍,干涉会产生减弱(相消干涉)。

- 4、干涉图案观察:重组后的光束在观察屏幕上形成干涉图样,通过分析这些干涉条纹的位置和变化,可以获得光程差的信息。



**实验目的**

- ▶ 相位测量:测量光束经过不同路径时的相位变化,这对于研究材料的折射率变化、厚度变化等非常重要;
- ▶ 干涉图样分析:通过观察和分析干涉图样,可以精确测量光程差,应用于各种精密测量;
- ▶ 传感和检测:用于检测微小的物理量变化,例如温度变化、压力变化、振动等;
- ▶ 光波波前分析:用于分析波前畸变和修正光学系统;
- ▶ 基础研究:广泛用于量子力学和相对论实验、光学成像、光学通信等基础研究,如量子纠缠、反事实确定性、量子擦除实验和量子芝诺效应等;
- ▶ 流动可视化:观察风洞中气体流动的理想选择,常用于空气动力学、等离子物理学和传热学领域,测量气体的压强、密度和温度变化;



Mach-Zehnder 干涉仪原理图

## 【量子擦除实验套件】 NEW

量子擦除实验进一步验证了微观粒子同时具有波动性和粒子性，即所谓的波粒二象性。在传统的双缝干涉实验中，粒子通过双缝后会在屏幕上形成干涉图样，这表明粒子具有波动性。但测量粒子通过哪条缝时会破坏干涉图样，显现出粒子性。这使得我们无法同时观测波动性和粒子性。量子擦除实验中，单光子进入马赫曾德干涉仪中。光子通过两个线偏振片“标记”为具有水平或垂直偏振态，指示它们从哪路通过干涉仪。干涉图案（波动性质）和路径信息（粒子性质）无法同时测量，因为测量路径信息会破坏干涉图案。第三个偏振片放在两路光合束后的位置，它将“擦除”路径信息，使光子再次失去标记，因此又能恢复干涉图案。

本套件没有像原始量子擦除实验那样使用单光子，而是使用了绿色连续波 (CW) 激光光源，它发出的光束肉眼可见。虽然实验结果可以用经典物理学来解释，但用量子力学来描述则可以完美地类比单光子量子橡皮擦实验。

量子擦除实验通过展示测量对量子状态的影响，以及擦除测量信息后系统恢复的现象，深刻揭示了量子力学的基本原理。实验原理：

**双缝干涉：**粒子（如光子）通过双缝后，在屏幕上形成干涉图样，显示其波动性。

**路径信息记录：**当探测器记录粒子通过哪一条缝时，干涉图样消失，表明粒子的波动性被破坏，显示出粒子性。

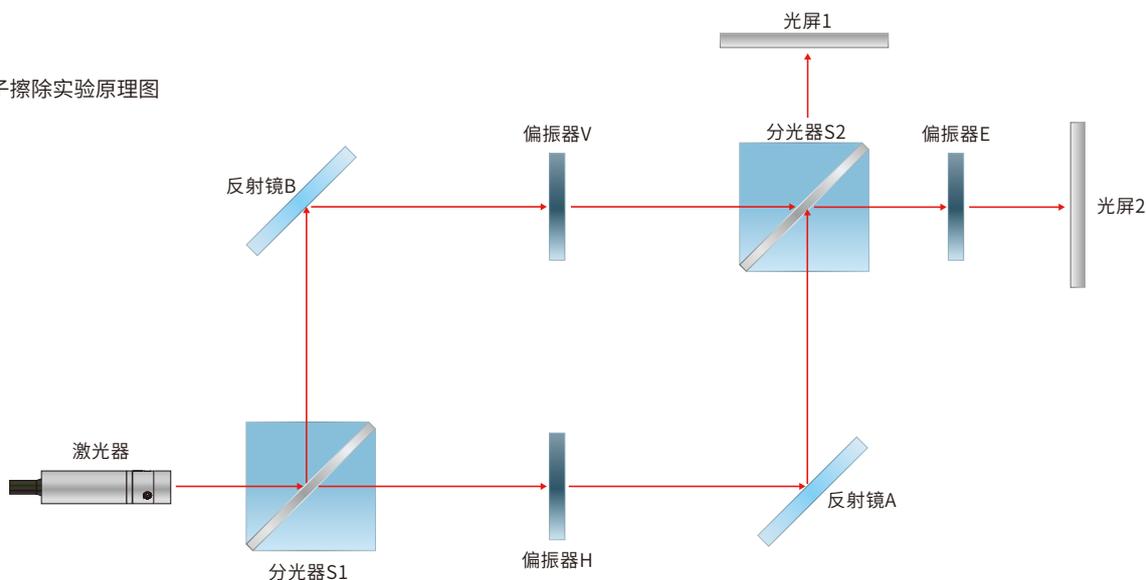
**量子擦除：**引入量子擦除器（如偏振器或纠缠光子），通过特定操作“擦除”路径信息，恢复干涉图样，即使路径信息已被记录。



### 实验目的

- ▶ 验证波粒二象性：展示微观粒子（如光子）在不同实验条件下的波动性和粒子性；
- ▶ 研究量子测量的影响：探讨测量如何影响量子系统的状态，揭示量子测量对粒子行为的影响；
- ▶ 量子纠缠与非局域性：通过量子擦除器和纠缠态，展示量子纠缠和非局域性的现象；
- ▶ 教育和科普：通过直观的实验帮助理解量子力学基本概念，激发学习和研究兴趣；

量子擦除实验原理图



【傅里叶变换成像实验套件】 NEW

傅里叶变换成像实验旨在通过光学系统实现信号的傅里叶变换,帮助学生理解光的空间频率特性及其在图像处理、空间滤波和成像系统分析中的应用。

实验包括两个方面:一是搭建水平显微镜(“4f”光路)研究图像形成;二是在傅里叶平面操控图像。将微结构图案置于显微镜物平面,可在物镜后焦平面(傅里叶平面)观察夫琅禾费衍射图样,展示傅里叶变换原理。

傅里叶变换成像实验的核心在于利用透镜和光学元件实现空间频率分析。实验原理:

- ▶ 输入光场生成:通过狭缝、图像或其他透光物体生成特定的输入光场,这个光场可以被视为空间信号。
- ▶ 傅里叶变换透镜:透镜根据光的衍射原理,使在透镜焦平面上的光场分布成为输入光场的傅里叶变换。

即透镜将物体的空间域信息变换到频率域,使得光的空间频率成分在透镜焦平面上成像。

- ▶ 频谱分析:在透镜的焦平面上,光场的强度分布展示了原始输入信号的频谱信息。

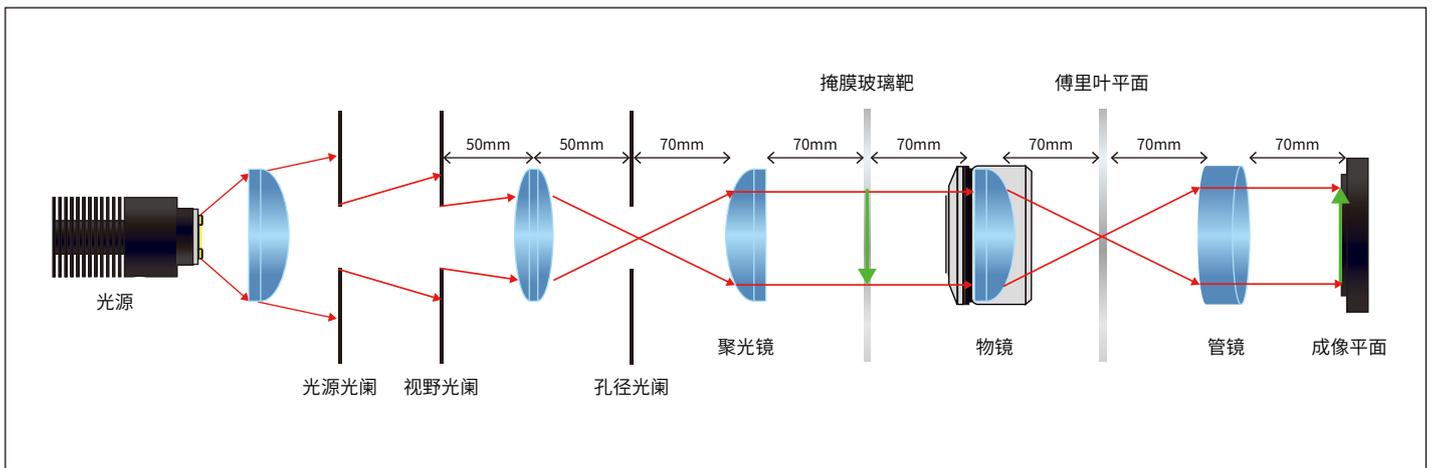
低频成分聚集在中心,高频成分分布在周围。

- ▶ 逆傅里叶变换:可以通过在频谱平面上加入滤波器(如遮挡高频或低频区域),再通过第二个透镜将频谱信息重新转回空间域,以观察滤波后的图像变化。



**实验目的**

- ▶ 空间频率分析:理解图像中的频率信息及其物理意义;
- ▶ 滤波效果验证:展示微观粒子(如光子)在不同实验条件下的波动性和粒子性;
- ▶ 成像系统分析:通过量子擦除器和纠缠态,展示量子纠缠和非局域性的现象;
- ▶ 应用启示:通过直观的实验帮助理解量子力学基本概念,激发学习和研究兴趣;



装置光路图

## 【科勒照明模块实验套件】 NEW

科勒照明实验旨在通过建立标准化、均匀且高效的显微镜照明系统，帮助学生理解科勒照明的光路设计和工作原理，及其在显微观察中的应用。通过将光源焦面与聚光镜焦平面对齐，使光源均匀照亮样品，同时独立控制光源与样品的成像光路，实现均匀、无阴影、高效的显微镜照明。

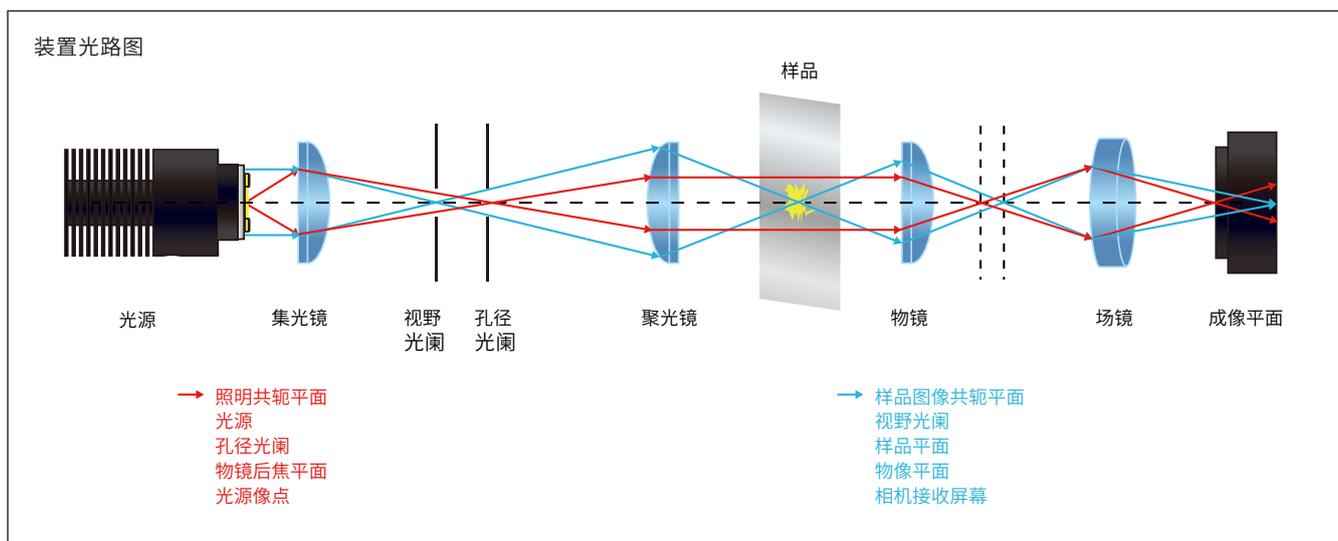
科勒照明模块主要由以下几个关键部分构成：

- ▶ 光源：通常使用LED光源，提供稳定且可调节的光强。
- ▶ 集光镜：收集光源的光线，并使其在视场光阑平面聚焦。集光镜主要负责收集光线。
- ▶ 视场光阑：用于调控投射到聚光镜的照明光束直径大小，控制照明范围，并消除眩光。
- ▶ 聚光镜及其孔径光阑：聚光镜将光线投射到样品上，其孔径光阑用于控制光锥的大小和形状，从而影响照明亮度和分辨率。
- ▶ 物镜：负责将照明光束聚焦在样品上，并收集来自样品的反射或透射光线，形成图像。



### 实验目的

- ▶ 显微镜优化：掌握显微镜科勒照明系统的调节方法，熟悉其在优化显微成像中的核心作用；
- ▶ 照明与成像分离：理解成像光路与照明光路独立控制的原理及其优点；
- ▶ 应用基础：为生物、材料等领域的显微成像技术提供理论和实践支持；



【落射式荧光显微镜】 NEW

荧光显微镜的成像原理是基于某些分子能吸收特定波长的光线(激发光),然后再发射出其他波长的光线(发射光)的物理现象,这种分子称为荧光团。荧光显微镜通过透镜成像的原理将荧光样品进行放大成像。当物体处于透镜一倍焦距和二倍焦距之间时,在透镜的另一侧可得到倒立放大的实像。荧光显微镜利用的是继发荧光,即样品本身不能发出荧光,但通过荧光染料或荧光抗体染色后,经紫外线照射可发出荧光,从而进行定性和定量研究。这种光致发光现象称为荧光现象,其光谱波长从短到长,颜色分别是紫外、紫、蓝、绿、黄/橙、红、红外。荧光显微镜的光源通常是紫外线,用以照射被检物体,使之发出荧光,然后在显微镜下观察物体的形状及其所在位置。这种技术广泛应用于生物学研究中,用于研究细胞内物质的吸收、运输、化学物质的分布及定位等。

荧光显微镜的核心原理基于荧光现象,即某些物质在吸收特定波长的光后会发射出不同波长的光。

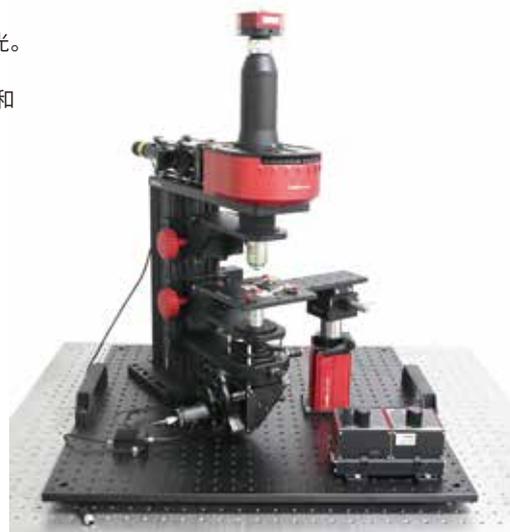
荧光显微镜主要用于研究有机物和无机物等样品,一般使用荧光和磷光来检查样品的结构组织和空间分布比较适用于研究比较复杂且无法在传统透射光显微镜下检查的样品。

▶ 荧光显微镜的两种不同类型:

透射式荧光显微镜,它和普通光学显微镜类似,光源是从镜座出发经过聚光镜到达样品激发

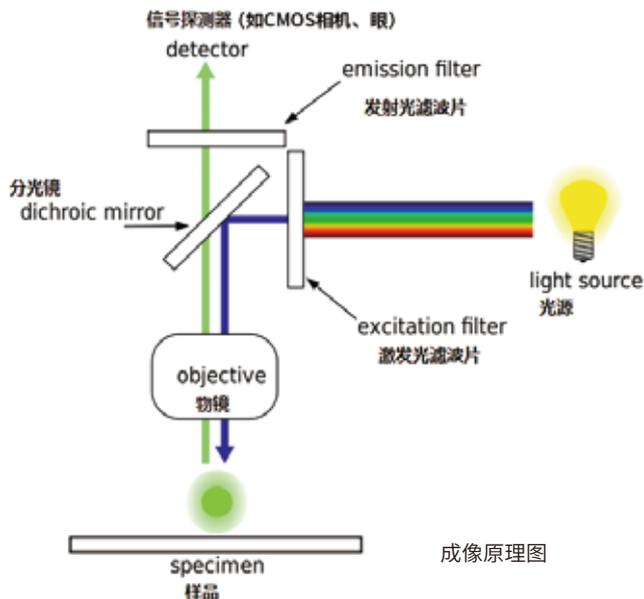
▶ 荧光后通过物镜,最后到达目镜。

另一种是最常见的落射式显微镜,大部分的荧光显微镜也是采用这种类型。它的光源是通过物镜落到样品上,激发荧光以后再发射回物镜,最后到达目镜。



工作步骤

- ▶ 激发光照射: 荧光显微镜使用高强度的光源(如氙灯、汞灯或激光)产生特定波长的激发光,通过光学滤光片引导这些光线照射到样本上;
- ▶ 样本的荧光发射: 样本中的荧光分子(荧光染料或荧光蛋白)吸收激发光能量,并进入激发态。随后,它们会通过发射较长波长的光回到基态,这个过程产生的光称为荧光;
- ▶ 滤光与成像: 发出的荧光通过显微镜的发射滤光片,过滤掉剩余的激发光,仅允许特定波长的荧光通过。然后,显微镜的检测系统(如目镜、摄像头)捕捉到这些发射光,生成清晰的样本图像;



成像原理图

## OEDU-SEK 光谱仪套件

- ▶ 实验直观演示衍射和折射现象, 促进深入观察讨论;
- ▶ 简单但有效的光谱仪设计, 组装方便;
- ▶ 适用于各种光源 (LED、灯泡、气体放电管);
- ▶ 测量值与实际波长相近, 精确度高;

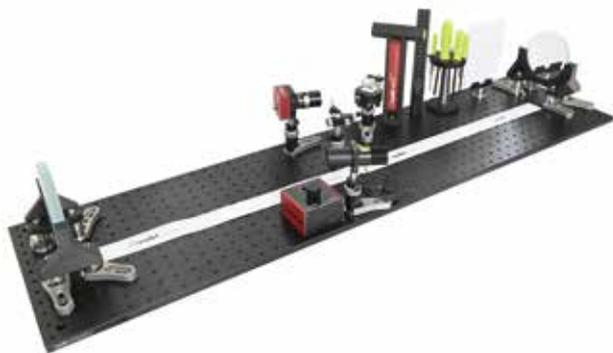
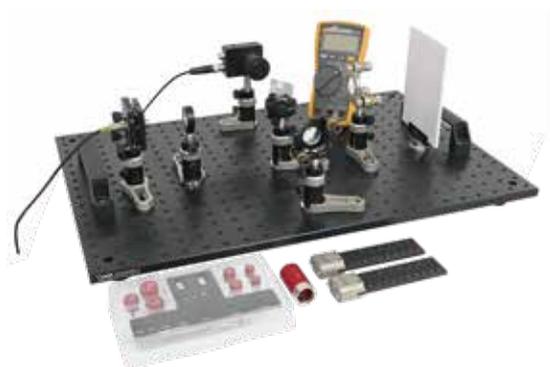


## OEDU-3DPIE 偏振的3d成像实验套件

- ▶ 通过斯涅尔定律研究偏振光的基本行为, 观察激光的偏振状态;
- ▶ 揭示了3d成像技术的原理;
- ▶ 实现3d效果的呈现;
- ▶ 1/4波片应用: 偏振光的转换, 具体表现为线性偏振光变为圆偏振光;

## OEDU-QBEK 量子爆破实验演示套件

- ▶ 通过实验展示了量子测量过程如何在破坏系统 (不引爆炸弹) 的情况下获取信息;
- ▶ 无破坏测量, 对量子计算和量子通信具有重要应用;
- ▶ 利用光子和干涉仪的原理, 展示了量子叠加态和干涉现象的应用;
- ▶ 实验深入探讨了量子测量、波函数坍缩等量子力学中的核心概念;



## OEDU-GSME 纹影法实验套件

- ▶ 用于展示流体中因密度变化引起的折射率变化;
- ▶ 利用光束在不均匀介质中的偏折来捕捉密度变化;
- ▶ 应用于空气动力学、燃烧研究、流体力学等领域;

## O-SFAM 空间滤波器模块

- ▶ 减少散射光和杂散光的影响, 使得成像更清晰, 对比度更高;
- ▶ 通过针孔可以滤除不在焦点上的光线, 进而提高图像的分辨率;
- ▶ 消除激光束中的高阶模态, 提高准直性, 降低发散角;
- ▶ 可以减少激光或其他相干光源产生的散斑噪声, 提高光斑的质量;
- ▶ 实现对特定波长或波段的光学信号的过滤, 帮助提高光谱分析的精度和可靠性;
- ▶ 减少背景噪声, 提高信号纯净度和通信质量;

