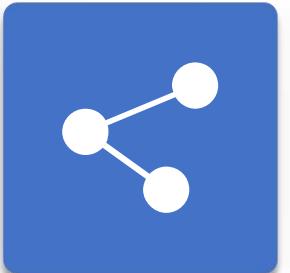




光速测量

Speed of light measurement

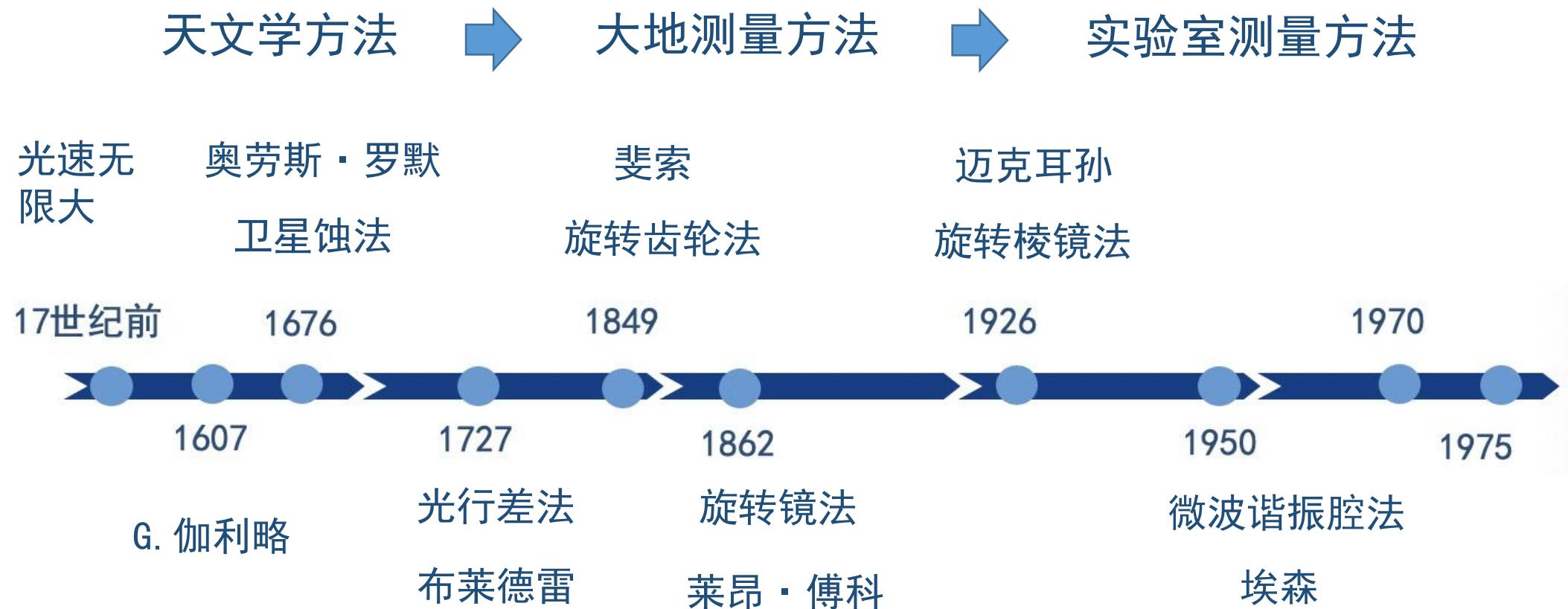
浙江大学 物理实验教学中心



1

EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景

光速测量的方法



2

EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的

- 掌握学会使用示波器测量光波信号时间差
- 利用调制法测量光速的基本原理

3

EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理

3. 1 光调制法

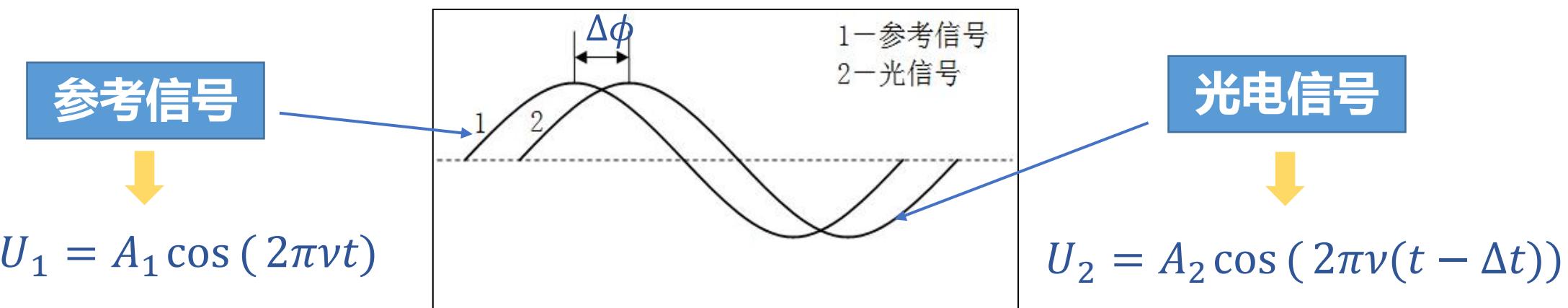
周期性调制光信号光强满足

$$I = I_0 + \Delta I_0 \cos(2\pi\nu t)$$

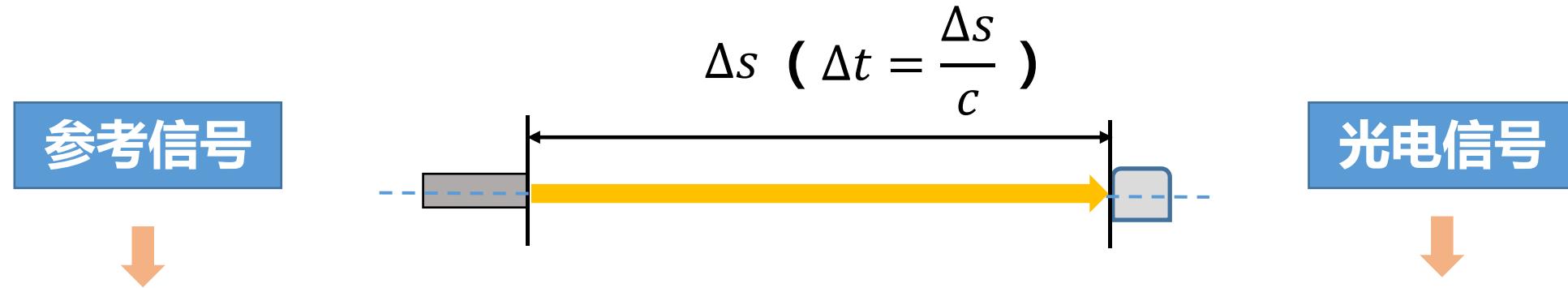
转换为电学电压信号进行测量

$$U = A \cos(2\pi\nu t)$$

接收器距离光源 Δs , 考虑光速 c , 接收器测量到的信号和原参考信号相比具有时间延迟 Δt



3. 1 光调制法



$$U_1 = A_1 \cos(2\pi\nu t)$$

$$\begin{aligned} U_2 &= A_2 \cos(2\pi\nu(t - \Delta t)) \\ &= A_2 \cos(2\pi\nu t - \Delta\phi) \end{aligned}$$

相位变化

$$\Delta\phi = 2\pi\nu\Delta t = 2\pi\nu \frac{\Delta s}{c}$$

光速计算公式

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\frac{\Delta s}{\Delta\phi}} 2\pi\nu$$

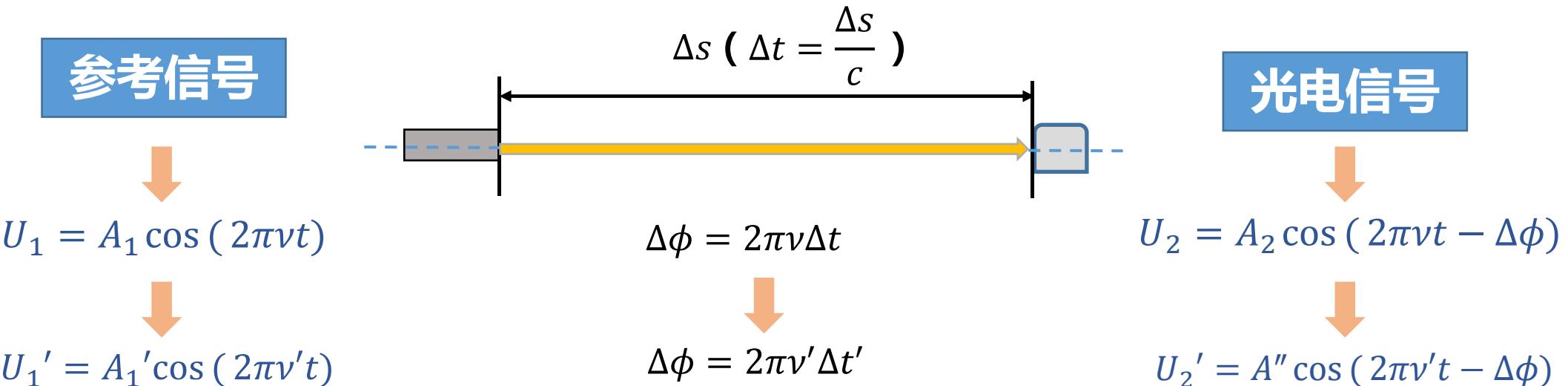
3. 1 光调制法

将高频信号进行调制使其能够输出两束和频和差频分量：

$$\begin{aligned} U &= A' \cos(2\pi\nu t - \Delta\phi) \cdot \cos(2\pi\nu''t) \\ &= A'' [\cos(2\pi(\nu + \nu'')t - \Delta\phi) + \cos(2\pi(\nu - \nu'')t - \Delta\phi)] \end{aligned}$$

利用滤波器滤去高频信号，整个过程中相移 $\Delta\phi$ 不变：

$$U = A'' \cos(2\pi\nu't - \Delta\phi), \quad \nu' = \nu - \nu''$$



3. 1 光调制法

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



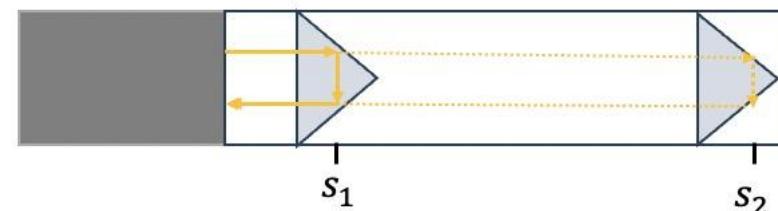
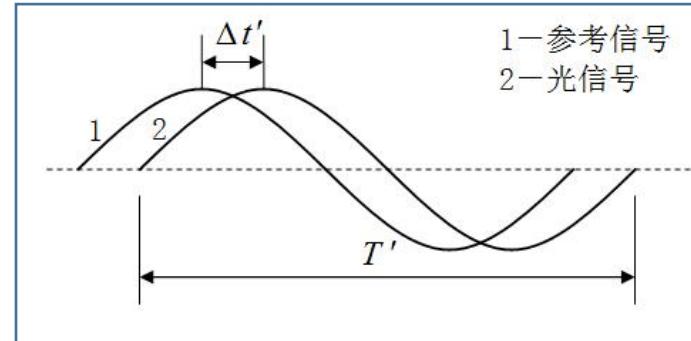
$$c = \frac{\Delta s}{\Delta \phi} 2\pi\nu$$



$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t'} \frac{\nu}{\nu'}$$

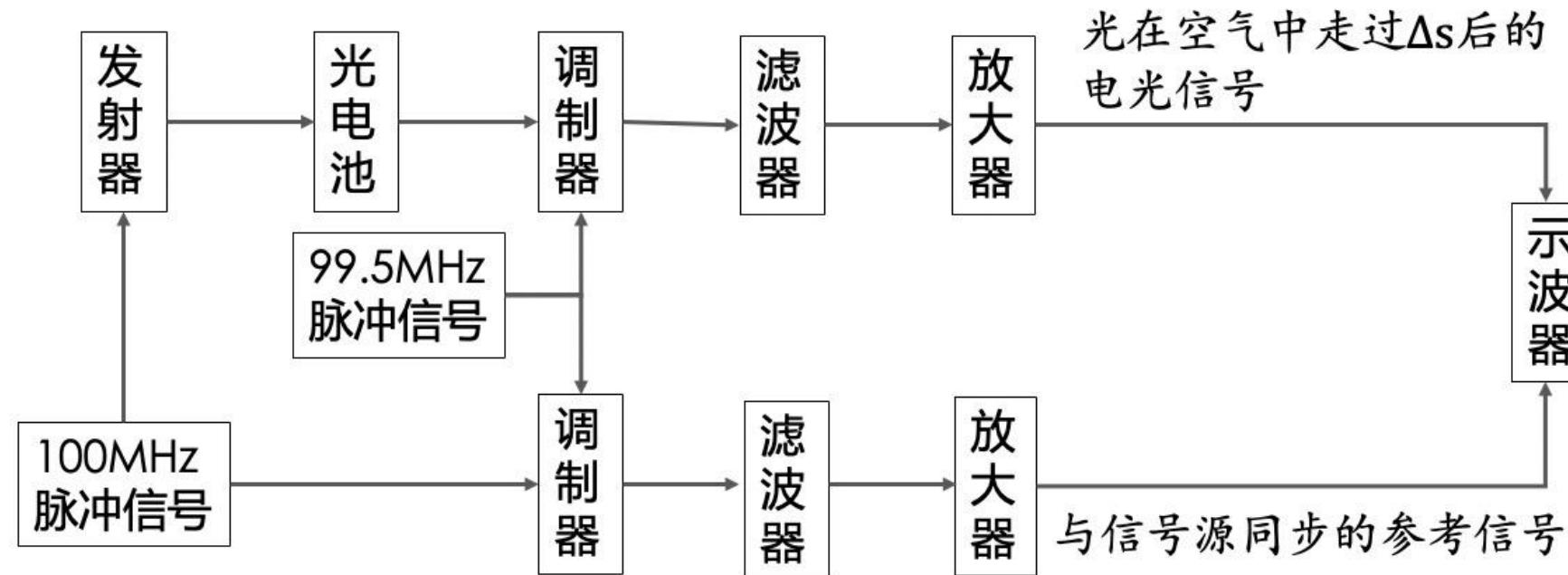


$$c = \frac{2(s_2 - s_1)}{\Delta t'} \frac{\nu}{\nu'}$$





3.2 仪器原理



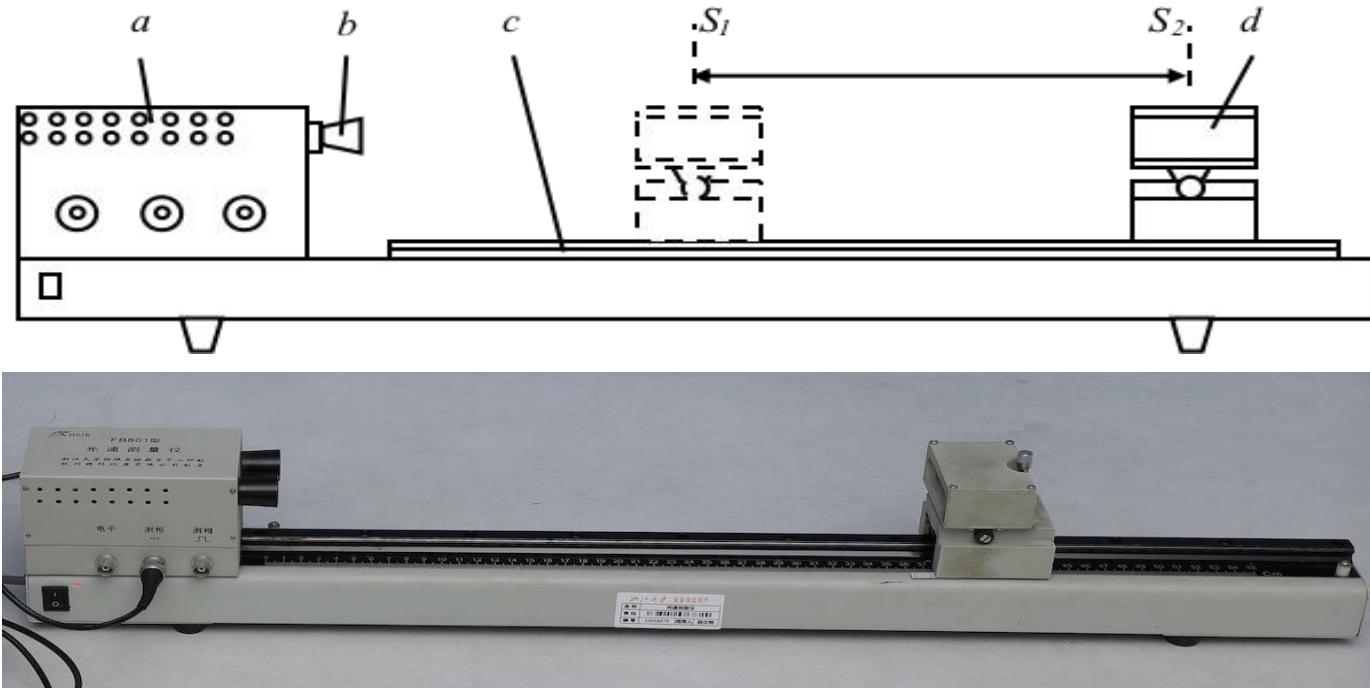
4

EXPERIMENT CONTENT

实验内容



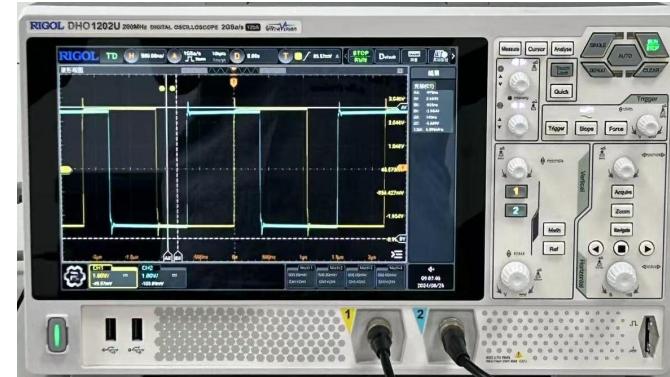
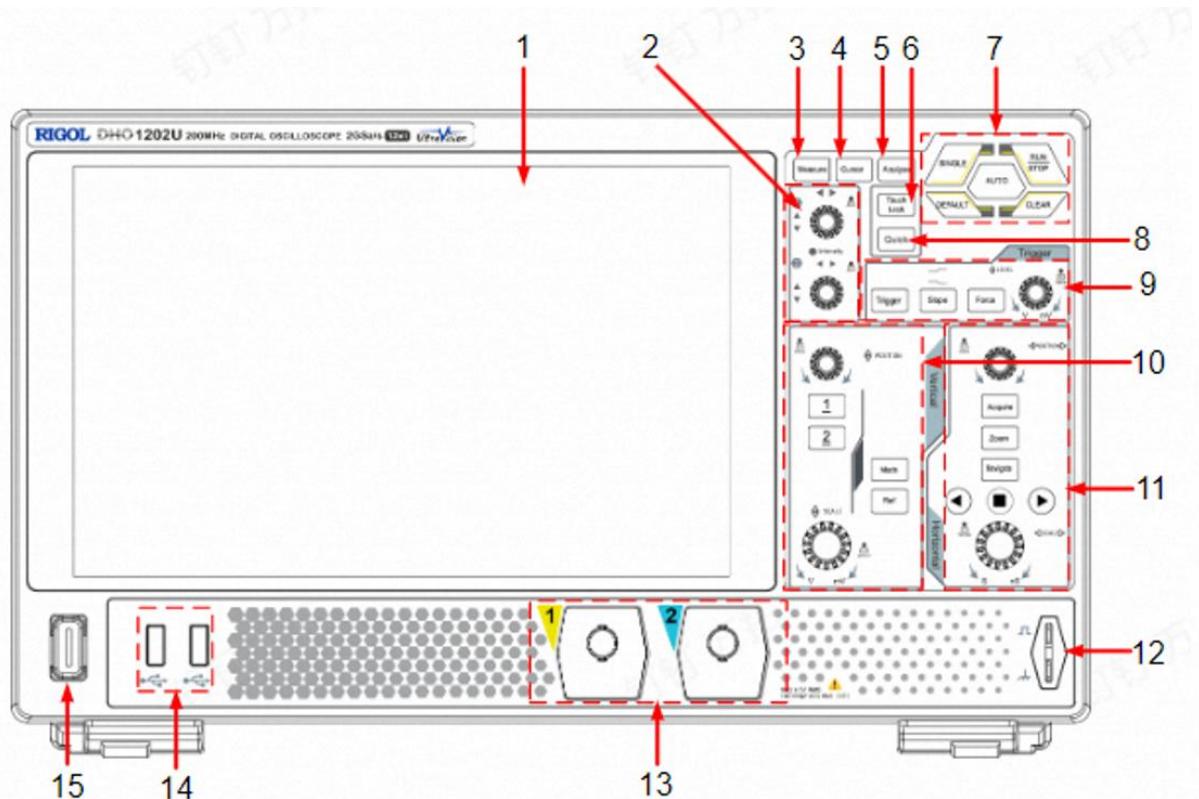
4.1. 实验仪器-光速测量仪



a-信号发射与接收器, b-平行光管, c-导轨, d-直角折光器



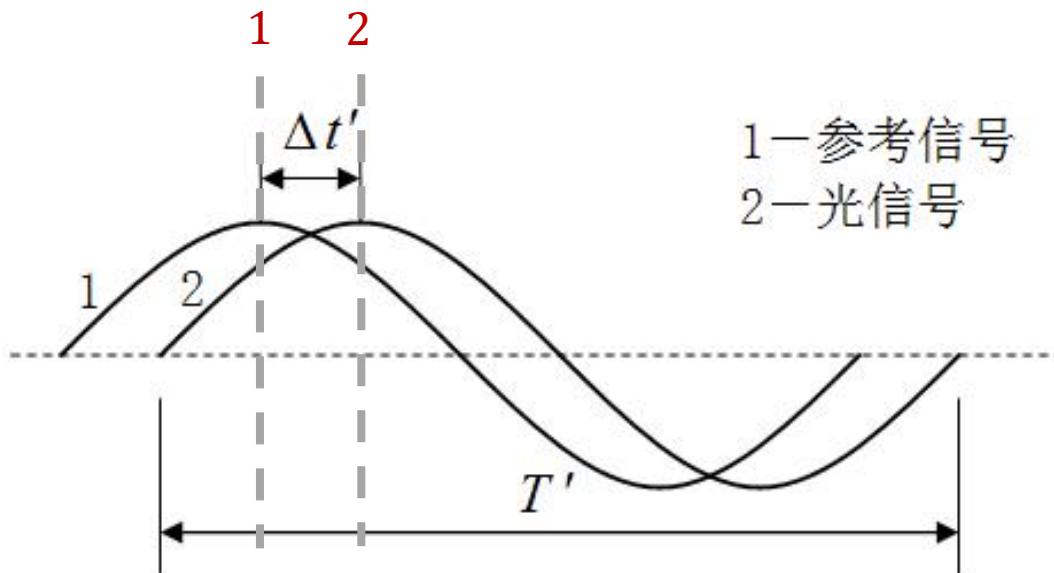
4.2. 实验仪器-示波器



- | | | | |
|---|-------------------|----|---------------|
| 1 | 10.1 英寸电容触摸屏 | 9 | 触发控制区 |
| 2 | 多功能旋钮 | 10 | 垂直控制区 |
| 3 | 测量键 | 11 | 水平控制区 |
| 4 | 光标键 | 12 | 探头补偿信号输出端/接地端 |
| 5 | 分析键 | 13 | 模拟输入连接器 |
| 6 | 触摸屏锁定键 | 14 | USB HOST 接口 |
| 7 | 常用操作键 | 15 | 电源键 |
| 8 | 快捷操作键 (按键功能与设置有关) | | |



4.3. 实验：测量光速



1. 确定光束是否准直进入接收器；
2. 将导轨大致6等分，取第一个位置为 S_1 ，利用示波器Track功能将光标1对准测量信号幅值最大的位置，之后保持光标1位置不变；
3. 移动移动直角折光器分别至其余6个位置 S_2 ，此时用示波器Track功能将光标2对准相应信号幅值最大的位置，并读取相应的时间间隔 Δt ；
4. 略微改变 S_1 ，再次重复测量6次。
5. 计算光速的平均值。



4.3. 实验：测量光速

$\nu = () \text{ MHz}$

$\nu' = () \text{ MHz}$

实验次数	S_1/m	S_2/m	$\Delta S/\text{m}$	$\Delta t/\text{s}$	$c/(10^8 \text{m}/\text{s})$
1					
2					
3					
4					
5					
6					

数据处理：

(1) 根据测量数据直接计算 c ；

(2) 利用作图法拟合，根据斜率计算光速 c 。

(3) 计算相对误差。

