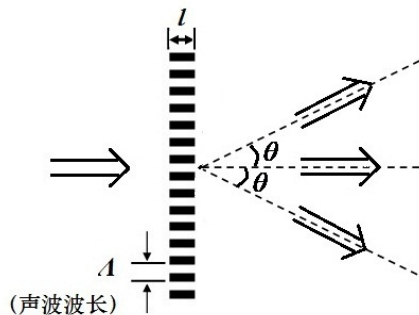


## 测定水中的声速

背景知识介绍：

超声波作为一种纵波在媒质中传播时，其声压使媒质密度产生周期性变化，则使其折射率呈周期性改变，形成疏密波。当一束光射入这种媒质时，就会因这种折射率的周期性变化而发生衍射，即产生声光效应。

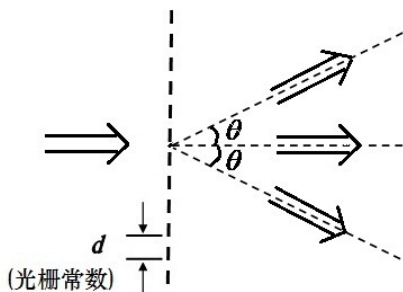
现有一准直激光束沿垂直于超声波传播方向通过声场，设光波波长为 $\lambda$ ，光束直径为 $D$ ，超声波波长为 $\Lambda$ ，声束宽度（光在媒质中的传播距离，即声光相互作用



范围)为 $l$ ，当 $D > \Lambda$ ，且 $\lambda l < \Lambda^2$ 时，光束将发生 Ramann-Nath 衍射，该现象相当于一个相位型光栅而引起的光束衍射（见图 1），故称这一作用为超声光栅。

图 1

光栅是一种应用广泛的光学元件。广义地说，具有周期性的空间结构或光学性能（如透射率、折射率）的衍射屏，统称光栅。



例如，一块涂有等间距、不透明线条的玻璃板就是一种光栅，光栅上相邻的不透明或者透明线条之间的距离称之为光栅常数（见图 2）。

图 2

本实验利用超声波发生器输出高频振荡信号去驱动一个压电换能器，将该压电换能器放在盛有去离子水（媒质）的玻璃水槽中，并且满足 Ramann-Nath 衍射条件，因而在水中形成超声光栅。

已知：激光波长 $\lambda = 633\text{nm}$ 。

实验室提供的仪器用具及其使用说明：

### 1. 超声波发生器：

技术指标：输入电压：220V 50Hz，输出信号频率范围大约为 10.1~12.6MHz。

使用注意：

- (1) 在压电换能器未放入盛水的液体槽以前，禁止开启超声波发声器。
- (2) 开启超声波发声器的开关后，稍等片刻，待“正常工作”绿灯亮起，仪器可以工作。实验室老师已将“频率微调”旋钮设定在输出的**最低频率**上，要调高频率，需将“频率微调”向逆时针方向旋转，务必记住要**轻旋、慢旋**，并注意等待**频率稳定**后再进行测量。
- (3) 超声波发生器连续使用时间不得超过 60 分钟，若超时，“正常工作”绿灯自动关闭，“超时警告”红灯亮起，此时请立即关闭电源。若要继续使用，请在关闭电源 5 分钟后再开启。
- (4) 实验完毕，及时关闭电源。

## 2. 声光器件（压电换能器）和液体槽（配底座和载物台支架，镜头纸）：

**技术指标：**工作频率约 10.2~12.5 MHz（声光器件的中心频率  $f_c$ ：指衍射效率最大的工作频率，衍射效率是指衍射光的相对光强）；

使用注意：

- (1) 提取液体槽应拿两端面，不要触摸两侧表面的通光部位，以免污染，如已有污染，可用镜头纸擦净。
- (2) 液体槽置于载物台上必须牢固，在实验过程中应避免震动。实验室提供的载物台台面与其支撑杆不够垂直，使用时请注意找到合适的方位，以使入射光垂直于水槽入射面。
- (3) 实验时自行将烧杯中的纯净水小心注入水槽，不要溅出，水面高度超过换能器直径，又不致溢出水槽（水槽上有水面高度限制线）；
- (4) 高频信号源输出端与换能器连接的两根导线之间有分布电容，对输出频率有影响，实验时两根线要分开一定距离，并且在测量时尽可能不要触碰两根导线，否则会导致输出频率不稳定。
- (5) 实验完毕，关闭电源后，将换能器从水槽中取出放滤纸上，并将水槽中的水倒入实验桌下的小水桶内。

## 3. 光学系统：

包括以下物品：

- (1) He-Ne 激光器（含支架、光具座）；

- (2) 透镜组：透镜 1 ( $f=15\text{mm}$ )，透镜 2 ( $f=70\text{mm}$ )，各配光具座；
- (3) 白屏（配光具座）；
- (4) 导轨（所有光学元件置于其上，实验室老师已调好导轨水平）。
- (5) 减光片（2-3 片）（配夹具和光具座）。

#### 4. 其他：

- (1) 盛有纯净水的烧杯，滤纸，镜头纸；(2) 坐标纸及胶条；(3) 卷尺（7.5m）。

在已提供的装置和元件基础上，请在换能器的中心频率  $f_c$  下，用这些仪器装置测量水中声速。

要求：

- (1) 列出测量公式，列出调节仪器装置的操作要点以及原始数据表；
- (2) 给出实验结果；
- (3) 指出实验中的主要系统误差来源。