

光学平台上的实验

光学平台上的实验

测定空气折射率

空气的折射率和真空的折射率相差甚小,仅有数量级这样小的折射率差别,用几何方法是无法测量的,但可用迈克尔逊干涉法精确地测量出来.

在物理学史上,迈克尔逊曾用自己发明的光学干涉仪进行实验,精确地测量了微小“长度”,否定了“以太”的存在,这个著名实验为近代物理学的诞生和兴起开辟了道路。

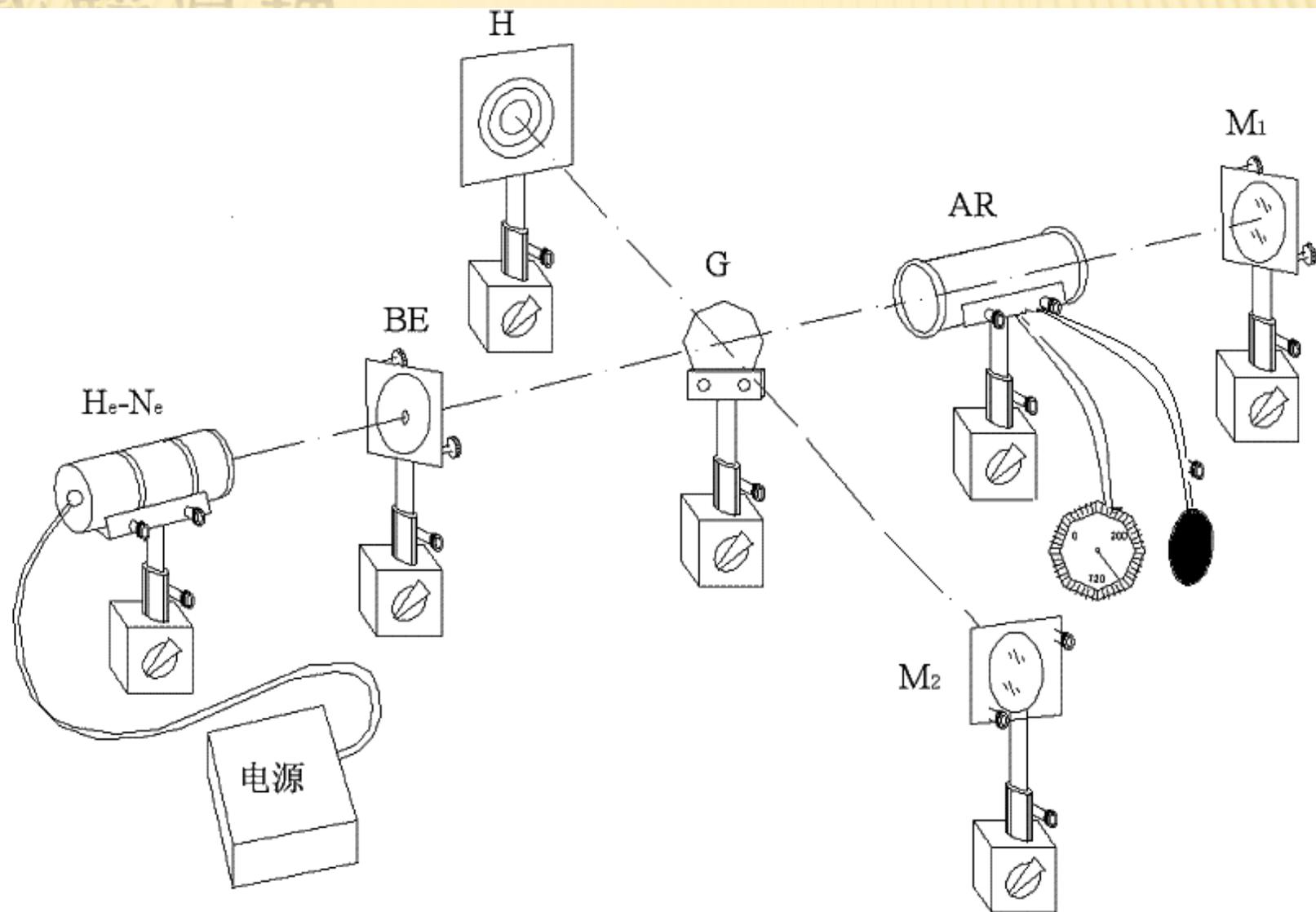
获得了1907年度诺贝尔物理学奖。

迈克尔逊干涉仪原理简明,构思巧妙,堪称精密光学仪器的典范。

[实验目的]

1. 在光学平台上自组迈克尔逊干涉仪。
2. 用自组的迈克尔逊干涉仪测定空气折射率。

实验原理



在图所示的迈克尔逊干涉仪光路中，给气室AR充气，其内部的气压就会发生改变。

设气室内气压改变 ΔP 气室内的折射率将随之改变，从而导致迈克尔逊干涉仪上参与干涉的两束光的光程差发生改变 $\Delta \delta$ ，干涉仪观察屏上将有 N 个干涉条纹的变化。设气室内空气柱的长度，则 l

$$\Delta \delta = 2 \Delta n l = N \lambda$$

$$\Delta n = \frac{N \lambda}{2l}$$

设标准状态 $(T_0 = 270 \text{ K}, P_0 = 101.325 \text{ KPa})$

下空气的折射率为 n_0 ，密度为 ρ_0 ；任意状态（温度为 T ，气压为 P ）下折射率为 n ，密度为 ρ ，根据气体折射率的改变量与单位体积内粒子数改变量成正比，而单位体积内粒子数的改变量（相对于真空状态而言）又与密度成正比，因而有：

$$\frac{n - 1}{n_0 - 1} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

联系理想气体的状态方程，有

$$(PV = \mu RT) \quad \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{p T_0}{p_0 T} = \frac{n - 1}{n_0 - 1}$$

$$n = \left[\frac{T_0 (n_0 - 1)}{P_0} \cdot \frac{1}{T} \right] p + 1$$

可以看出，对空气而言，当温度T不变时，折射率与气压成线性关系，其比例系数

可以用实验方法求出

$$\frac{T_0 (n_0 - 1)}{P_0} \cdot \frac{1}{T} = \frac{\Delta n}{\Delta P}$$

由公式 (1)

$$\Delta n = \frac{N \lambda}{2l}$$

这样

$$\frac{\Delta n}{\Delta p} = \frac{(3) \frac{N \lambda}{2l}}{\Delta p}$$

将 (3) 式代入公式 (2)，得到实验公式

$$n = \frac{N \lambda}{2l \cdot \Delta p} p + l$$

实验公式：

$$n = \frac{N \lambda}{2l \cdot \Delta p} p + l$$

实验数据的测量：

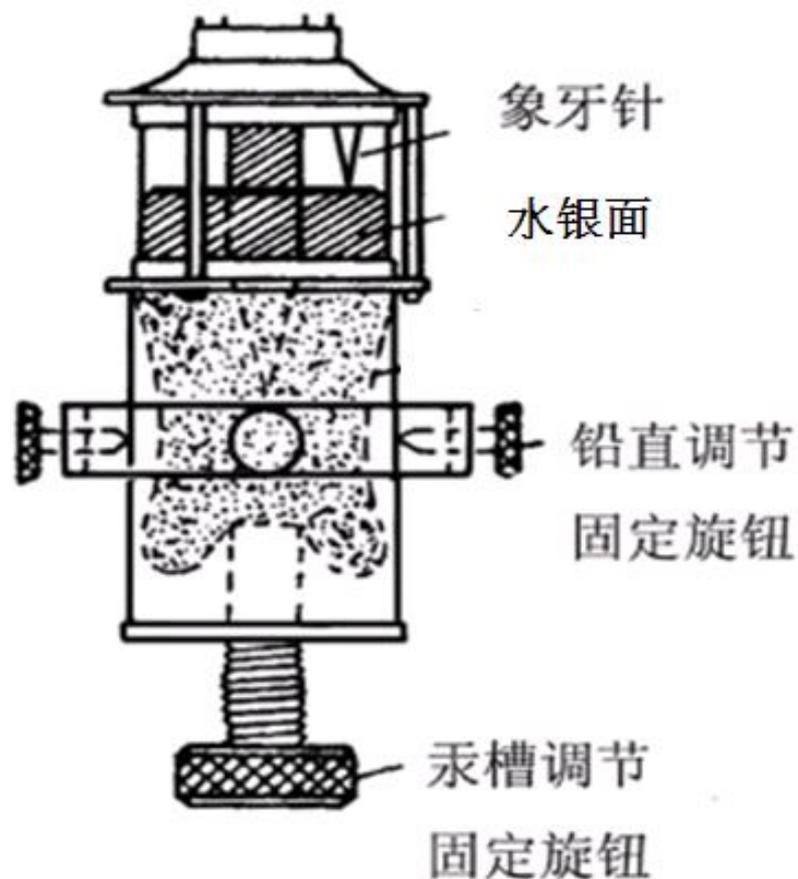
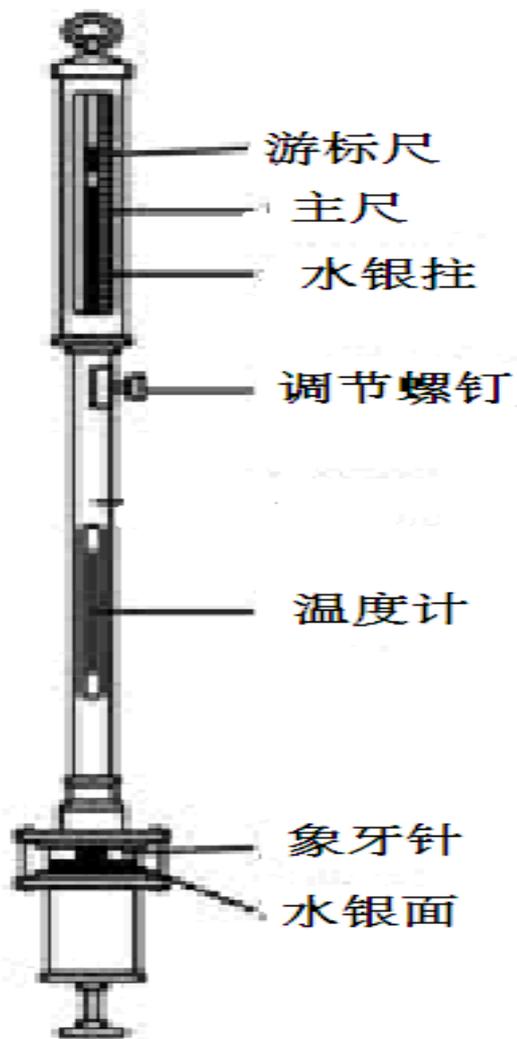
$$N=30 \quad \lambda = 632.8 \text{ nm}$$

$$\text{气室空气柱长度: } l = 200 \text{ mm}$$

$$\text{室温: } T = \quad ^\circ\text{C}$$

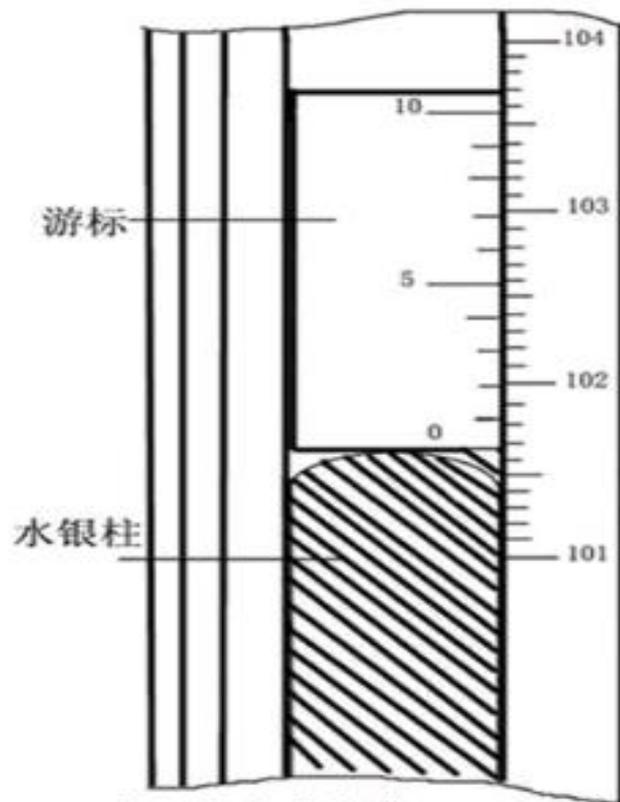
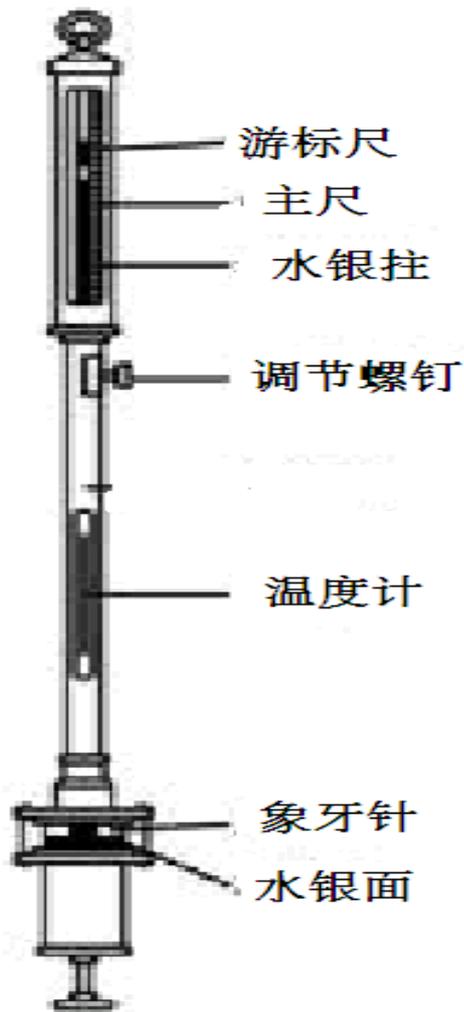
$$\text{大气压: } P = \quad \text{Kpa}$$

用气压计测量大气压P：——气压计的校准



气压计底部汞面调节

用气压计测量大气压P：——气压计的读数

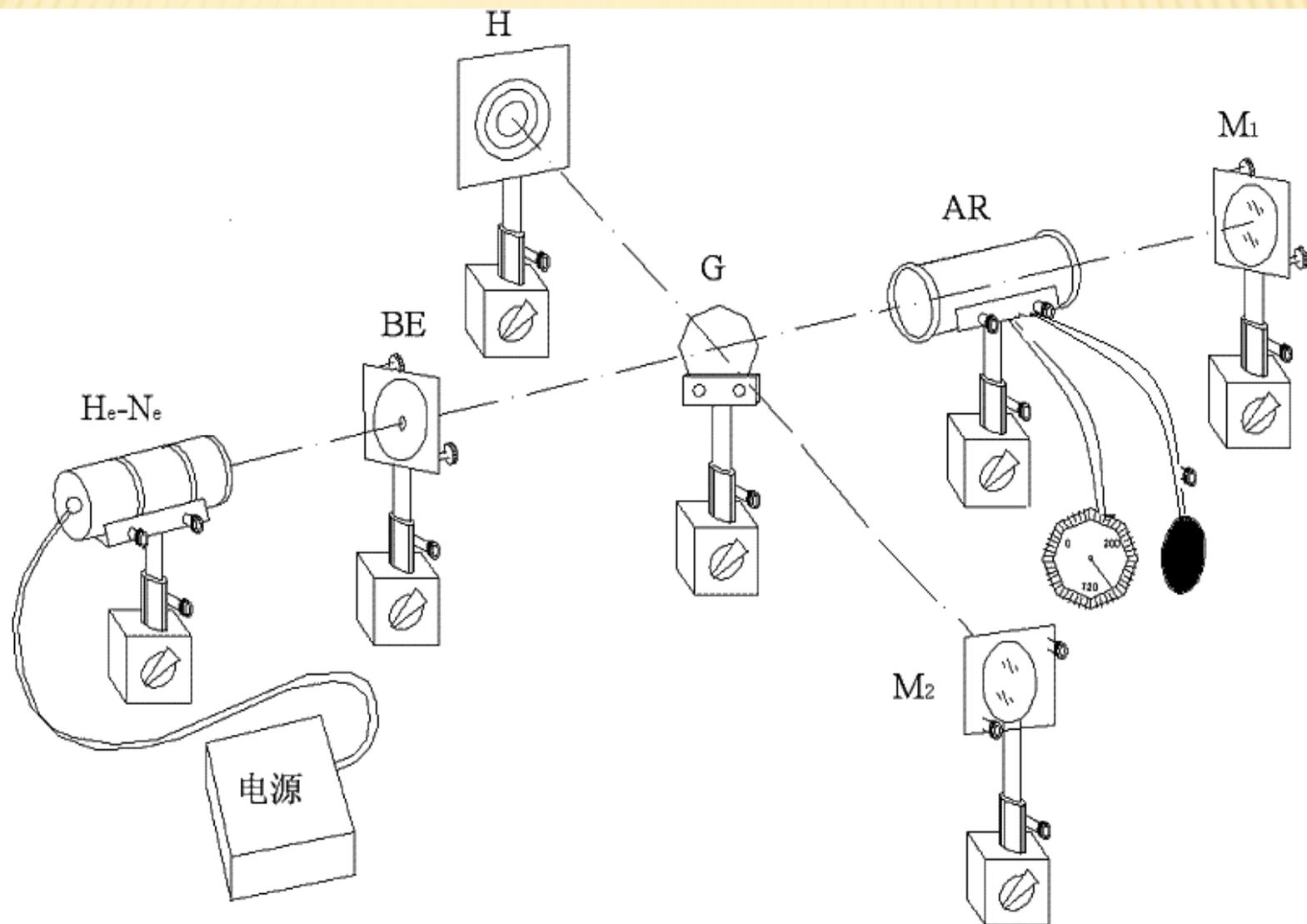


气压计上的读数：

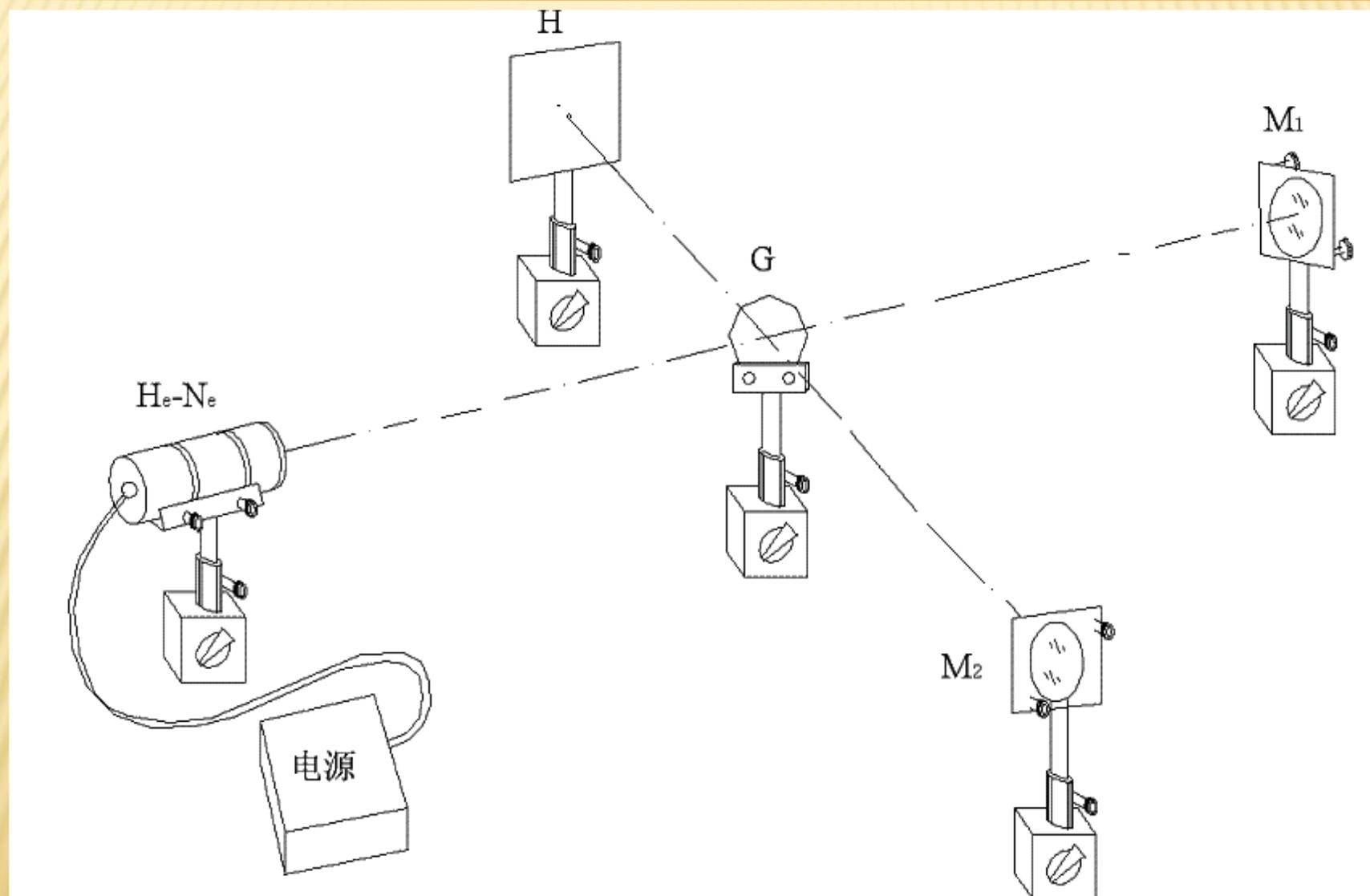
$$P=101.6+0.8=101.68\text{kPa}$$

气压计的读数

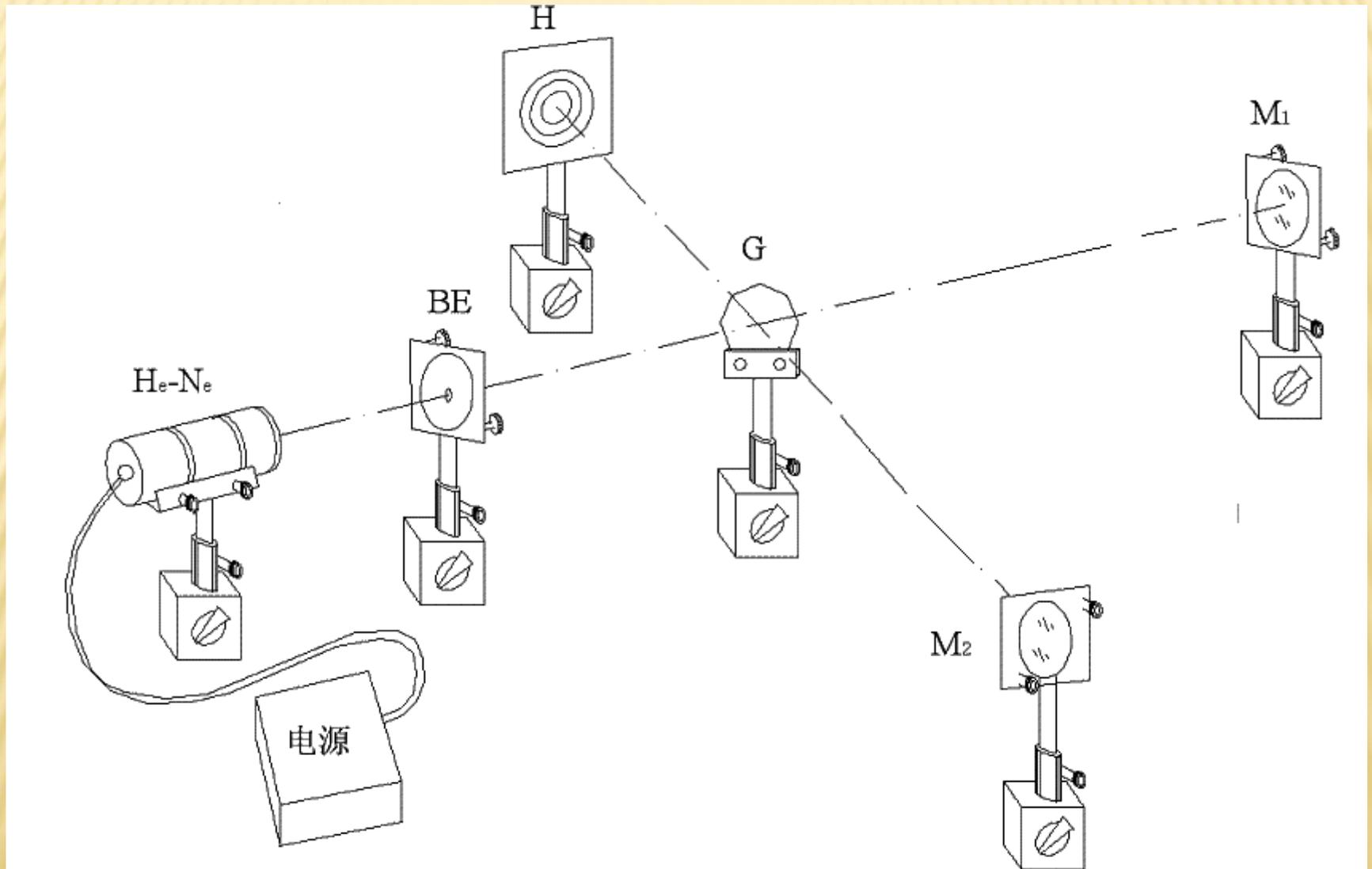
实验仪器的调节：



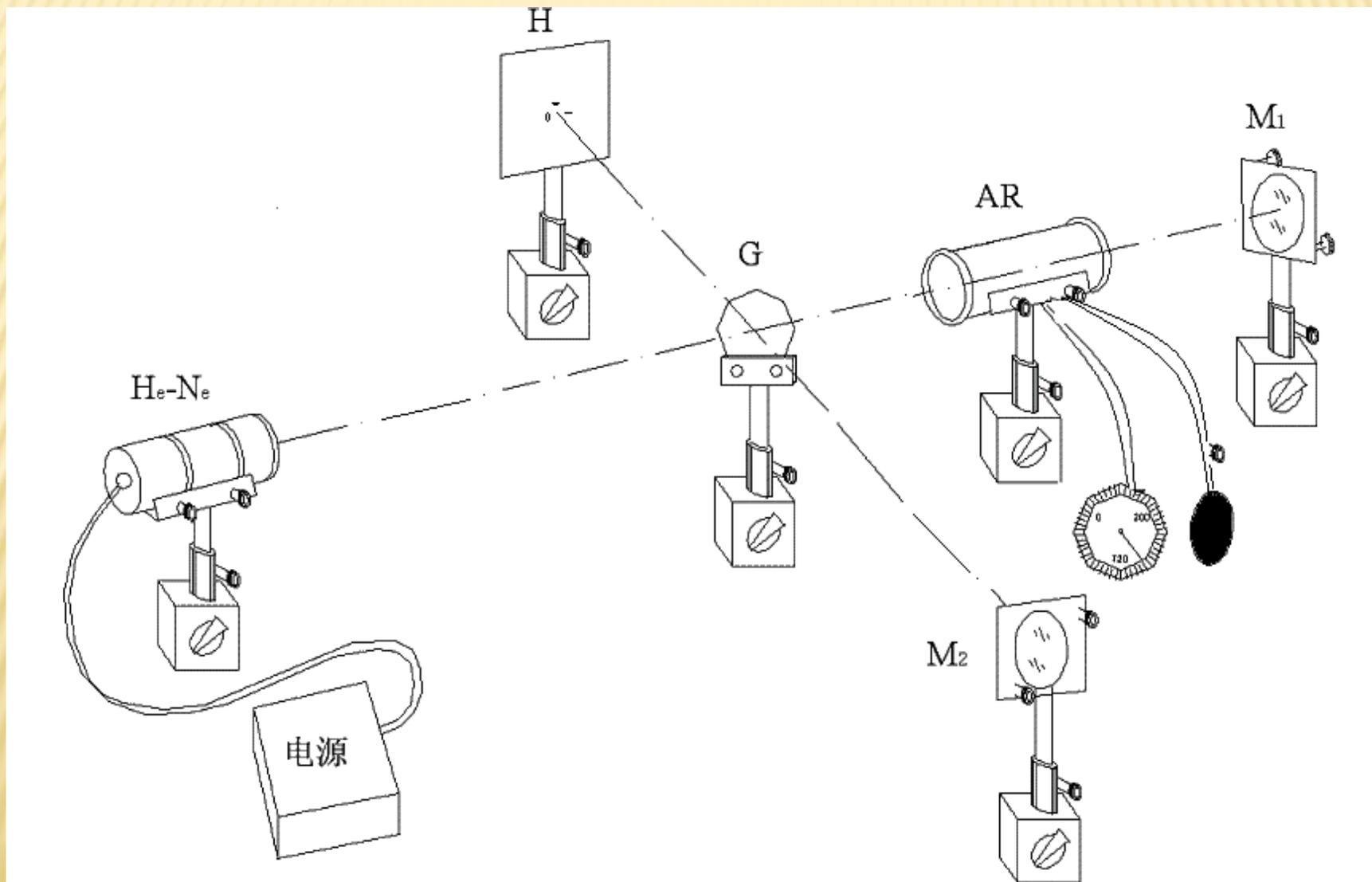
实验仪器的调节：



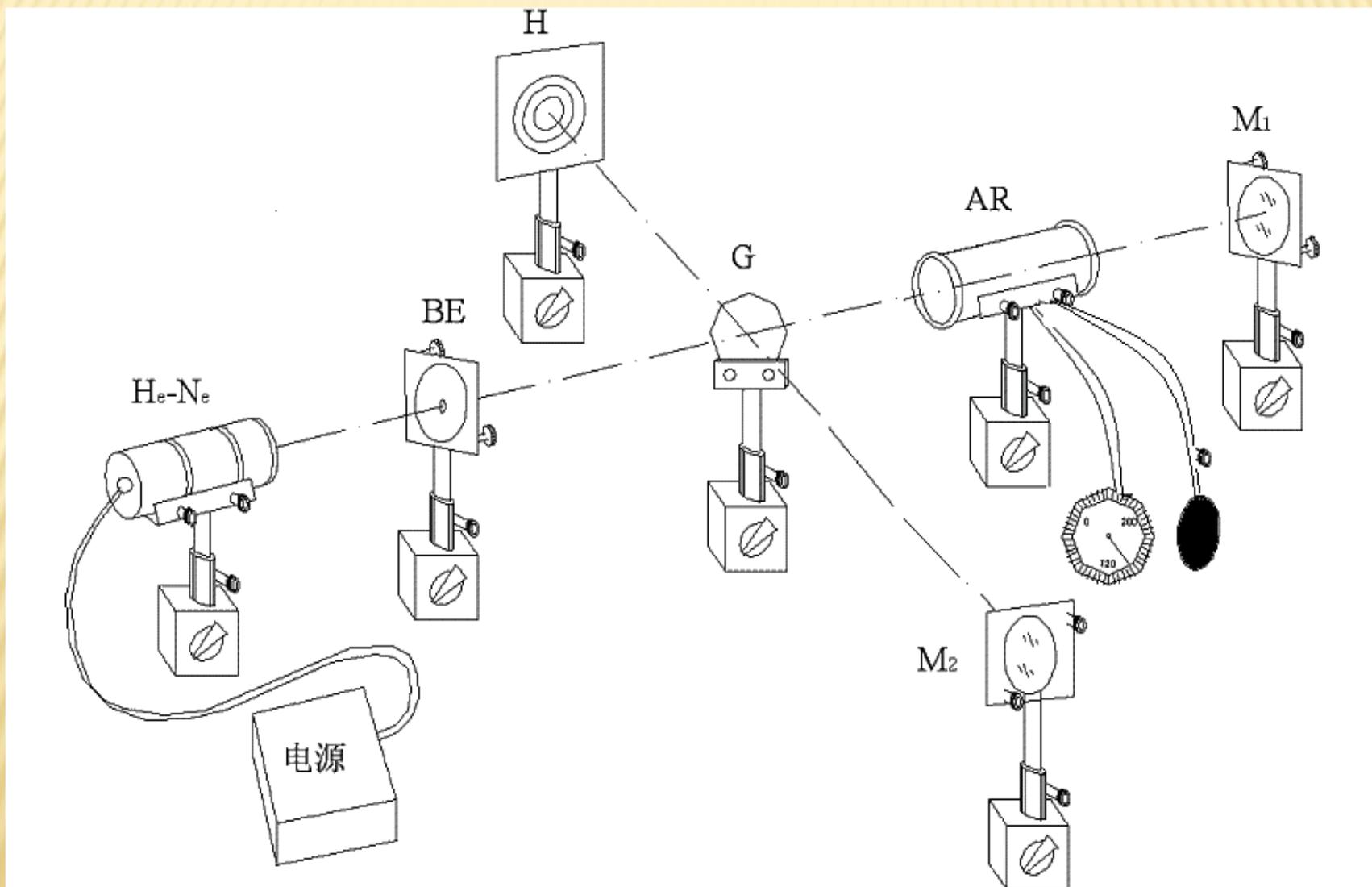
实验仪器的调节：



实验仪器的调节：



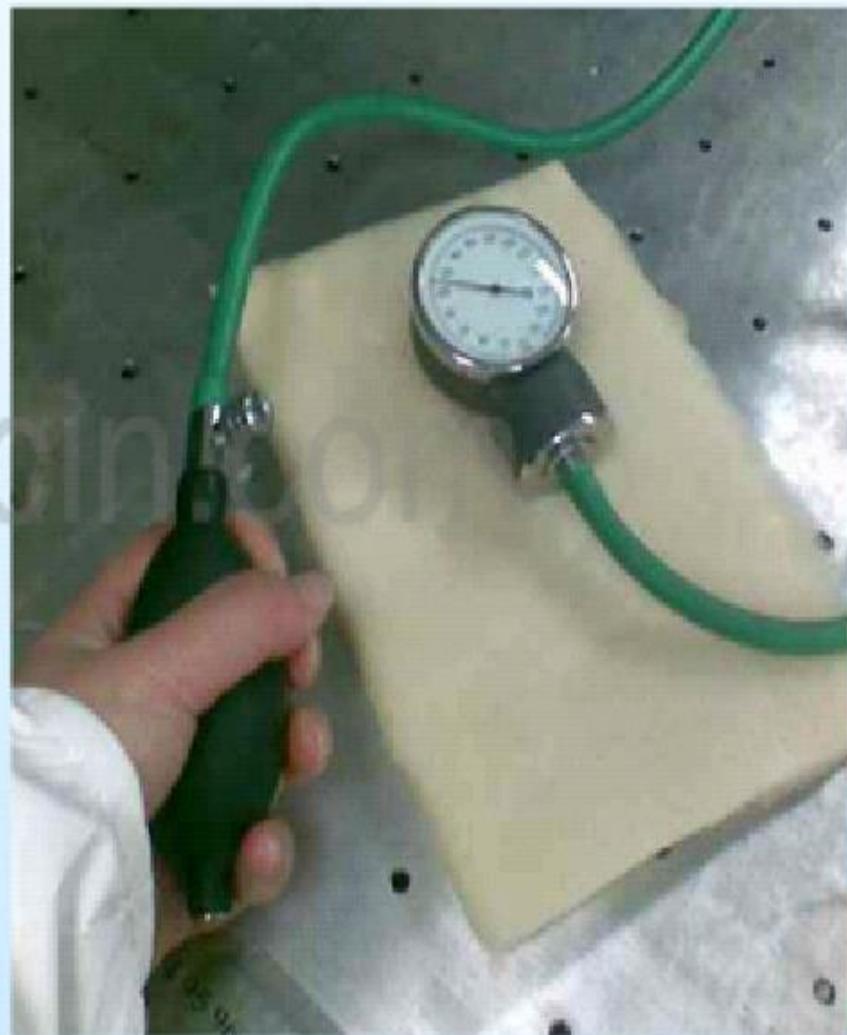
实验仪器的调节：



干涉结果与气压表：



气室放气时
条纹会“湮
灭”或“涌
出”



Δ 的测量：

P_1 (单位)	P_2 (单位)	ΔP (单位)
平均值		$\overline{\Delta P} =$

实验公式：

$$n = \frac{N \lambda}{2l \cdot \Delta p} p + l$$

实验数据的测量：

$$N=30 \quad \lambda = 632.8 \text{ nm}$$

$$\text{气室空气柱长度：} \quad l = 200 \text{ mm}$$

$$\text{室温：} T = \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{大气压：} P = \quad \text{Kpa}$$

Δ 的A类不确定度:

$$u_{\overline{\Delta p}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\Delta p_i - \overline{\Delta p})^2}$$

若只考虑 Δ 的A类不确定度对测量结果的影响时,

$$u_{\overline{n}} = \frac{N \cdot \lambda}{2l} \cdot P \cdot \frac{1}{\overline{\Delta p}^2} \cdot u_{\overline{\Delta p}}$$

\bar{n} 与 $u_{\bar{n}}$ 的有效数字位数的确定 :

$$\bar{n} = n \pm u_{\bar{n}} \qquad \bar{n} = \frac{N \lambda}{2l \cdot \Delta p} p + 1$$

$$\bar{n} = 1.000 \underline{325} 4678$$

$$\bar{n} = 1.000325$$

$$u_{\bar{n}} = 0.0000012345 \qquad 6 = 0.0000013$$

$$\bar{n} = 1.000325 \pm 0.000002$$

实验结果的表达：

室温： $T = \quad ^\circ\text{C}$

$$n = \bar{n} \pm u_{\bar{n}}$$

$$n = 1.000325 \pm 0.000002$$