

实验 20 用阿贝折射计测定液体折射率

[目的]

1. 了解用折射极限法测液体折射率的原理及应用.
2. 正确使用阿贝折射计, 测酒精等液体的折射率.

[原理]

阿贝折射计是测量液体和透明固体折射率及色散的仪器, 它还可以用于测量溶液中溶质的含量等. 由于它使用简便, 准确度较高 (误差在 ± 0.0003 范围内), 因而在生产和实验室里经常使用. 它的测量范围是, $1.3000 \sim 1.7000$, 对挥发性较强的液体折射率不易测准.

阿贝折射计测定透明液体或固体折射率的方法是基于全反射原理的掠入射法. 当光线从光密介质进入光疏介质, 入射角小于折射角, 改变入射角可以使折射角达到 90° , 此时的入射角称为**临界角**. 如图 20-1 所示, $ABCD$ 为一折射棱镜, 其折射率为 n_2 , AB 面以上是被测物体 (透明固体或液体), 其折射率为 n_1 , 由折射定律得

$$n_1 \sin 90^\circ = n_2 \sin \alpha \quad (20-1)$$

$$n_2 \sin \beta = \sin i \quad (20-2)$$

$$\begin{aligned} \therefore \quad & \varphi = \alpha + \beta \\ \text{则} \quad & \alpha = \varphi - \beta \end{aligned}$$

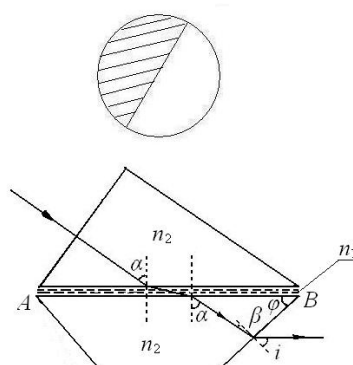


图 20-1

将它代入 (20-1) 中, 则有

$$n_1 = n_2 \sin(\varphi - \beta) = n_2 (\sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta) \quad (20-3)$$

由 (20-1) 可得到

$$n_2^2 \sin^2 \beta = \sin^2 i$$

$$n_2^2 (1 - \cos^2 \beta) = \sin^2 i$$

即

$$n_2^2 - n_2^2 \cos^2 \beta = \sin^2 i$$

得到

$$\cos \beta = \sqrt{\frac{n_2^2 - \sin^2 i}{n_2^2}} \quad (20-4)$$

代入 (20-2) 式得

$$n_1 = \sin \varphi \sqrt{n_2^2 - \sin^2 i} - \cos \varphi \sin i \quad (20-5)$$

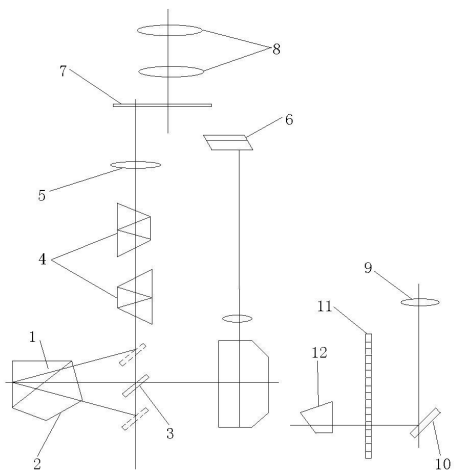
棱镜折射角 φ 与折射率 n_2 均已知. 当测得临界角 i 时即可换算得被测物体的折射率 n_1 .

[仪器介绍]

阿贝折射计是用望远镜观察和进行角度测量的一种直读式光学仪器, 仪器中直接刻有与 i 角对应的折射率值.

(一) 光学部分

阿贝折射计的光学系统由两部分组成: 望远系统与读数系统, 如图 20-2 所示.



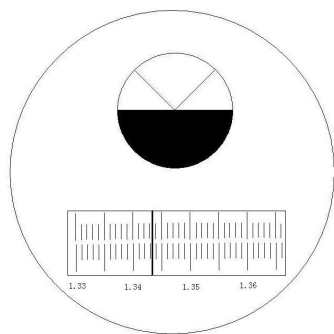


图 20-2

图 20-3

1. 进光棱镜 2. 折射棱镜 3. 摆动反光镜 4. 消色散棱镜组
 5. 望远镜组 6. 平行棱镜 7. 分划板 8. 目镜 9. 读数物镜
 10. 反光镜 11. 刻度板 12. 聚光镜

进光棱镜与折射棱镜之间有一微小均匀的间隙，被测液体就放在此空隙内。当光线（自然光或白炽光）射入进光棱镜时便在其磨砂面上产生漫反射，使被测液层内有各种不同角度的入射光，经过折射棱镜产生一束折射角均大于临界角 i 的光线。由摆动反射镜将此束光线射入消色散棱镜组，此消色散棱镜是由一对等色散阿米西棱镜组成，其作用是获得一可变色散来抵消由于折射棱镜对不同被测物体所产生的色散。

再由望远物镜将此明暗分界线成像于分划板上，分划板上有十字分划线，通过目镜能看到如图 20-3 上半部所成的像。

光线经聚光镜照明刻度板，刻度板与摆动反射镜连成一体，同时绕刻度中心作回转运动。通过反射镜，读数物镜，平行棱镜将刻度板上不同部位折射率示值成像于分划板上，如图 20-3 下半部所示的像。

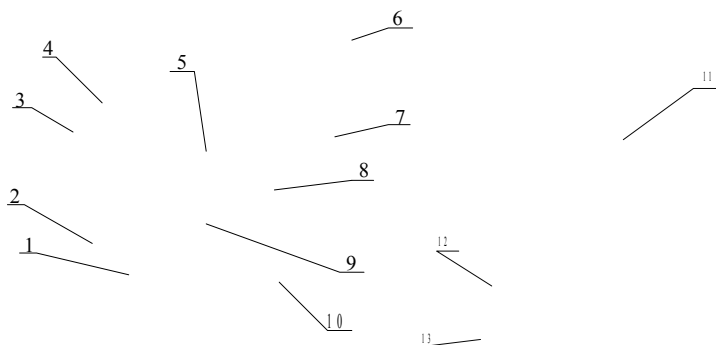


图 20-4

1. 反射镜 2. 转轴 3. 遮光板 4. 进光棱镜座 5. 色散调节手轮 6. 目镜 7. 盖板 8. 锁紧手轮 9. 折射棱镜座 10. 照明刻度盘聚光镜 11. 四支恒温器接头 12. 旋转手轮 13. 底座

[实验内容]

1. 每次测定工作之前必须清洗进光棱镜的毛面、折射棱镜，方法是用脱脂棉球蘸上无水酒精与乙醚（1:1）的混合液轻擦，以免留有其他物质，影响成像的清晰度和测量的准确度。

2. 将被测液体用干净滴管加几滴在折射棱镜表面，并将进光棱镜盖上，用手轮⑧锁紧，

要求液层均匀, 充满视场, 无气泡. 打开遮光板③, 合上反光镜①, 调节目镜, 使十字叉丝成像清晰, 此时旋转手轮⑫并在目镜视场中找到明暗分界线的位置, 再转动手轮⑤使分界线不带任何彩色, 微调手轮⑬, 使分界线位于十字叉丝的中心, 此时目镜视场下方显示的示值即为被测液体的折射率, 如图 20-3 所示. 将数据填入表 20-1.

(1) 折射率 n 的算术平均值
$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 n_i$$

(2) 分别按 (0-3-2) 式和 (0-3-3) 式计算 n 的标准差 $s(n)$ 和 \bar{n} 的标准差 $s(\bar{n})$:

$$s(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n})^2}{m-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (n_i - \bar{n})^2}{5}}$$

$$s(\bar{n}) = \frac{s(n)}{\sqrt{m}} = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n})^2} = \sqrt{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^6 (n_i - \bar{n})^2}$$

A 类不确定度

$$u_A(\bar{n}) = s(\bar{n}) = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n})^2} = \sqrt{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^6 (n_i - \bar{n})^2}$$

(3) B 类不确定度

根据推荐使用的机械行业标准《JB/T6782-93 阿贝折射计》在钠光灯照射的情况下, 仪器误差分为两项:

(a) 阿米西棱镜对钠光偏折所引起的折射率误差不应大于 0.000 2.

测试方法: 以 20°C 蒸馏水为样品, 转动色散手轮一周, 测出明暗分界线最低点和最高点的折射率之差, 重复 3 次, 三次折射率差值的平均即为阿米西棱镜与钠光灯偏折所引起的折射率误差.

(b) 目视式折射率测量重复性为 $\pm 0.000 3$.

测试方法: 用一块玻璃标准块 (准确度优于 5×10^{-5}), 在任意位置重复测量 3 次, 三次中最大值与最小值之差, 即为测量重复性.

由上所述, 仪器误差 Δ_m 是允许误差的极限值, 则 Δ_m 应为以上两项的方和根, 即:

$$\Delta_m = \sqrt{0.000 2^2 + 0.000 3^2} = 0.000 36$$

由 (0-3-7) 式, B 类标准不确定度为:

$$u_B(n) = \frac{\Delta_m}{\sqrt{3}} = \frac{0.000 36}{\sqrt{3}} = 0.000 21$$

(c) 由 (0-3-8) 式, 测量结果的标准不确定度的总贡献

$$u(n) = \sqrt{u_A^2(\bar{n}) + u_B^2(n)} = \sqrt{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^6 (n_i - \bar{n})^2 + 0.000 21^2}$$

(d) 将结果表示为
$$n = \bar{n} \pm u(n)$$

(4) 注: A.1 标准试样 (n_0) 值

20°C 蒸馏水	1.332 99
轻冕玻璃	1.468 ~ 1.472

[数据表格]

表 20-1 被测液体的折射率

	1	2	3	4	5	6
水的折射率 n_1						
甲醇的折射率 n_2						
乙醇的折射率 n_3						