

3.9.2 用旋光仪(糖量计)测糖溶液的浓度

偏振光通过某些晶体或物质的溶液时，其振动面以光的传播方向为轴线发生旋转的现象，称为旋光现象。具有旋光性的晶体或溶液称为旋光物质。最早是发现石英晶体有这种现象，后来继续发现在糖溶液、松节油、硫化汞、氯化钠等液体中和其他一些晶体中都有此现象。利用旋光性测量糖溶液比普通的化学方法更实用和精确。

一、实验目的的要求：

- 1.了解旋光现象
- 2.掌握旋光仪的使用方法
- 3.掌握旋光法测量溶液浓度

二、仪器用具：

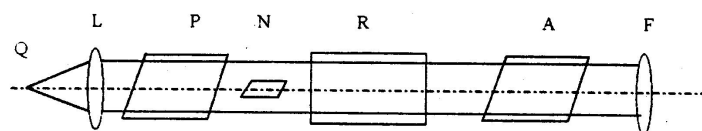
301 型圆盘旋光仪

三、实验原理：

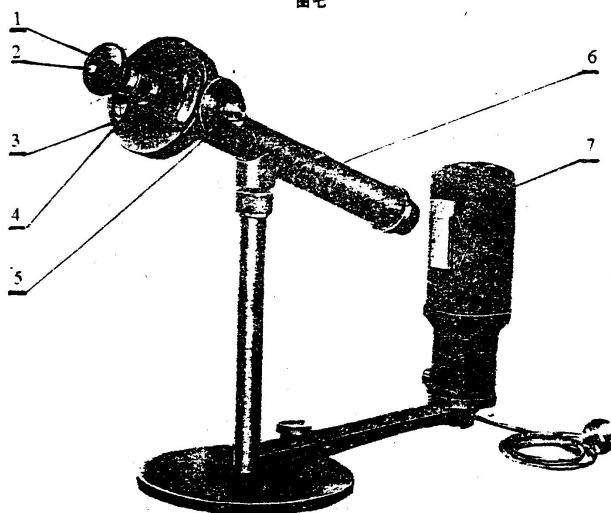
有的旋光物质使偏振光的振动面顺时针方向旋转，称为右旋物质，反之称为左旋物质。实验证明，光振动面旋转的角度 ψ 与其所通过旋光物质的厚度 L 成正比。对溶液来说，旋转角又正比于溶液浓度 C ，即 $\psi = \alpha Cd$ (1)

若已知物质的旋光率 α 和厚度 d ，并测得旋转角 ψ ，就可由(1)式算出溶液浓度 C 。

量糖计是通过测糖溶液使平面偏振光振动面旋转的角度来测量糖溶液浓度的仪器。其光学结构如图七所示。其中 Q 为光源，一般用钠光灯， L 为透镜，它使光源成像于 P 处以获得光源的最好利用， P 为起偏镜， A 为检偏镜，检偏镜是可以沿仪器光轴转动的，其转动的角度可由刻度盘读出。 N 为半波片。 F 为用于观察的望远镜， R 为盛待测糖溶液的玻璃管。



图七



图八

可见，量糖
前者自然光通

棱镜或偏振片)，
是检验从起偏镜

1. 观察目镜
2. 观察刻度盘放大镜
3. 检偏器旋转角度刻度盘
4. 目镜调节旋钮
5. 检偏旋转钮
6. 溶液玻璃管放置槽
7. 钠光灯

P 发出的平面偏振光经旋光物质后其振动面的改变。

对于未放入旋光物质 R 的情况，在起偏镜 P 和检偏镜 A 的振动平行时，通过前者的光亦通过后者，故从望远镜目镜中可看到亮视场，当起偏镜 P 和检偏镜 A 呈正交时，即二者的振动面垂直时，如图九(a) 所示，通过前者 P 出来的偏振光不能通过 A，而得暗视场。测旋光物质使平面偏振光振动面旋转的角度为 φ 时,可先使两尼克尔棱镜 P 和 A 呈正交，得到暗视场，然后将待测旋光物质放在两者之间，这时视场变亮。这是由于旋光物使通过它的平面偏振光的振动面旋转了一个角度 φ 而使从 A 出来的偏振光为 R_A 。为重新得到暗视场，则必须把检偏镜旋转同一角度 φ ，如图九(b)所示。但由于用目视方法很难辨别准视场为全暗的情况。为提高测量旋转角 φ 的精度。而利用所谓半影法，即将视场分为两部分，用使两半视场有相同的暗度而辨别之。

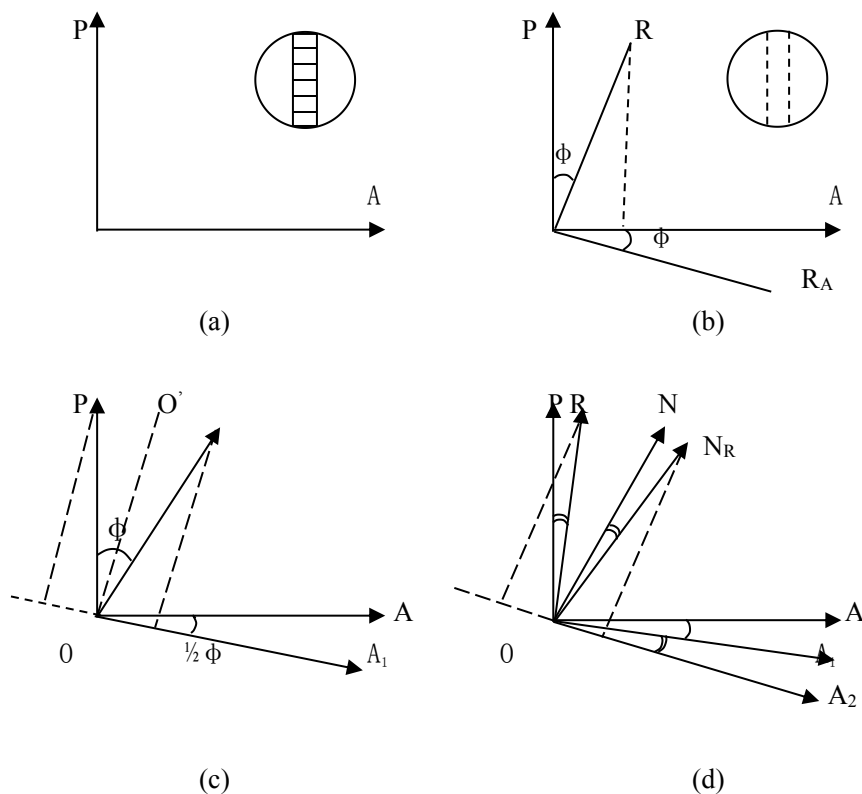


图 九

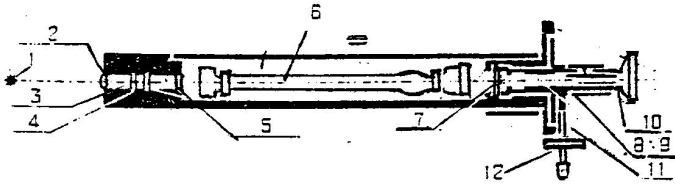
为此，在起偏镜后面放置一半波片 N。使从起偏镜发出的光中间部分先通过 N 再经旋光物质而达检偏镜 A。因此视场被分为两部分。

为了解半波片 N 的作用，先讨论未放旋光物质 R 的情况。

首先令起偏镜 P 与检偏镜 A 呈正交状态，半波片 N 的振动面相对于起偏镜的振动面有一角度 φ ，在本仪器中起偏振片的振动面与半波片 N 的光轴之夹角为 4° ，故 φ 角为 8° ，如图九(c)所示，虽然到达检偏镜的两部分仍都是平面偏振光（透过半波片和未透过半波片），但它们的振动面和光强（透过检偏镜）却不同，由于夹角 φ 很小故光强近似相等。经 N 的偏振光有一部分 N_A 可通过 A，不经 N 的光不能通过 A，视场呈三分视界图九(a)即起偏镜 P 与检偏镜 A 呈正交时，从起偏镜发出的光不经半波片 N 而直接入射到检偏镜 A 是全暗的。而另一半视场有一定的亮度，转动检偏镜 A，可使前者变亮，后者变暗。在检偏镜沿从起偏镜振动面到辅助尼科耳棱镜振动面的方向转动角为 $\varphi/2$ 和 $180^\circ + \varphi/2$ 时，两视场有相同的暗

度。如 A 转到 A₁ 时，在与其垂直的位置 OO' 上两视场有相同的亮度。比较灵敏的位置是两半视场有相同暗的情况，这是我们要利用的。(图九(b))。

设检偏镜已处在使两半视场有相同暗度的位置 A₁ 上，现将待测旋光物质 R 注入观察试管并放入量糖计中，于是它使通过它的两部分平面偏振光（经 N 的或不经 N 的）的振动面都沿同一方向转同一角度 φ ，如图九(d)所示。因此，两半视场不再相同的暗度，为重新使两半视场恢复有相同的暗度，则必须使检偏镜从 A₁ 位置上转角度 φ 而达 A₂ 位置上。



图十

1. 光源 2. 聚光透镜 3. 滤光片 4. 起偏镜 5. 半波片 6. 观察试管
7. 检偏镜 8. 9. 目镜 10. 放大镜 11. 度盘平面和游标 12. 刻度盘螺旋

我们实验所用的 301 型圆盘旋光仪结构简图如图十所示。光线自光源①射到聚光透镜②经滤色镜③(虽已用单色光源钠光灯发出的单色光射入旋光仪。为消除四周散射光的干扰。故常在起偏器前加一黄色滤光片)和起偏镜④后，变成平面偏振光。经半波片⑤和放入活性物质液体试管⑥后出射。

我们可以根据活性物质的不同性质和含量，转动检偏镜⑦，使得三分视野成为相等暗度，然后从检偏器的游标盘⑪上读出旋转角度最后用公式求出物质的旋光度。

测定糖溶液浓度：

1. 量糖计的各部件都已固定，不需做什么调整。只是每次测量前必须调好目镜，使能清楚的看见视场的分界线。

2. 转动检偏镜，使三分视界有相同的暗度，记下仪器零点读数，重复几次求平均值。

3. 把盛有已知浓度的糖溶液管放到仪器上，此时视场亮度不等。转动检偏镜，使视场有相同暗度，测出旋转角 φ ，为准确起见，可将检偏镜转到与上述步骤成 180° 的位置再测值，利用公式(5)求出 α 。

$$\alpha = \frac{100 \cdot \varphi}{K \cdot L} \text{ (度/克·分米)} \quad (5)$$

4. 测量任一糖溶液的未知浓度

数据记录：

测量次数 \ 旋光角度	1		2		3		4	
	左	右	左	右	左	右	左	右
平均值								
总平均值								

注意事项：

- 操作要细心，切勿将盛糖溶液的试管损坏。
- 将糖溶液装入管内，管内不能有气泡，也不要将管口拧得太紧，以免管窗产生应力，

引起测量误差。

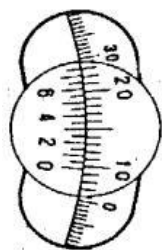
3. L 为已知（玻璃管的长度是一定的）。为测糖溶液的浓度。则需首先确定旋光率 α ，为此先配制已知浓度的糖溶液（即称 K 克的糖放在干净的量筒中，注入少许的蒸馏水使全部溶解后，再注入蒸馏水至使整个溶液的体积为 1000ml 为止。这样便得到 K 克 / 1000ml 浓度的糖溶液。）

4. 读数是正的为右旋物质，读数是负的为左旋物质。

采用双游标读数法可按下列公式求得结果：

式中： A 和 B 分别为两游标窗读数值。如果 $A=B$ ，而且度盘转到任意位置都符合等式，则说明旋光仪没有偏心差（一般出厂前旋光仪均作过校正），可以不用对项读数法。旋光度和温度也有关系。对大多数物质，用 $\lambda=5893\text{\AA}$ （钠光）测定，当温度升高 1°C 时，旋光度约减少 0.3% 。对于要求较高的测定工作，最好能在 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的条件下进行。

5. 旋光仪采用双游标读数，以消除度盘偏心差。度盘分 360 格，每格 1° ，游标分 20 格，等于度盘 19 格，用游标直接读数到 0.05° 。度盘和检偏镜固为一体，借手轮



能作粗、细转动。游标窗前方装有两块 4 倍的放大镜，供读数时用。

四、思考题

- (1) 旋光度的大小与哪些因素有关？
- (2) 半影片作用是什么？半影片中石英两侧的玻璃的厚度有无要求？为什么？
- (3) 旋光仪中若不使用半影片测量能否进行？两者结果有无差别？
- (4) 为什么要选择亮度相等的暗视场进行读数？
- (5) 根据你的测量结果，能否判断被测糖溶液是左旋物质还是右旋物质

五、知识拓展

影响物质旋光度的因素：

(1) 溶剂

旋光物质的旋光度主要取决于物质本身的结构。另外，还与光线透过物质的厚度，测量时所用光的波长和温度有关。如果被测物质是溶液，影响因素还包括物质的浓度，溶剂也有一定的影响。因此旋光物质的旋光度，在不同的条件下，测定结果通常不一样。

(2) 温度

温度升高会使旋光管膨胀而长度加长，从而导致待测液体的密度降低。另外，温度变化还会使待测物质分子间发生缔合或离解，使旋光度发生改变。不同物质的温度系数不同，一般在 $-(0.01 \sim 0.04)^\circ\text{C}$ 之间。为此在实验测定时必须恒温，旋光管上装有恒温夹套，与超级恒温槽连接。

(3) 浓度和旋光管长度

在一定的实验条件下，常将旋光物质的旋光度与浓度视为成正比，因为将比旋光度作为常数。而旋光度和溶液浓度之间并不是严格地呈线性关系，因此严格讲比旋光度并非常数，旋光度与旋光管的长度成正比。旋光管通常有 10cm、20cm、22cm 三种规格。经常使用的有

10cm 长度的。但对旋光能力较弱或者较稀的溶液，为提高准确度，降低读数的相对误差，需用 20cm 或 22cm 长度的旋光管。