

糖水旋光性

學習單
下載



自然界中有些化合物，例如胺基酸、維生素、葡萄糖、蔗糖等，會因為立體結構的關係，而有特殊的光學活性——旋光性。利用這些物質的特性，再搭配偏振片，就能讓白光在經過旋光物質後產生繽紛的彩色變化！

這次實驗就讓我們利用最容易取得的糖水，來認識物質的「旋光性」吧！



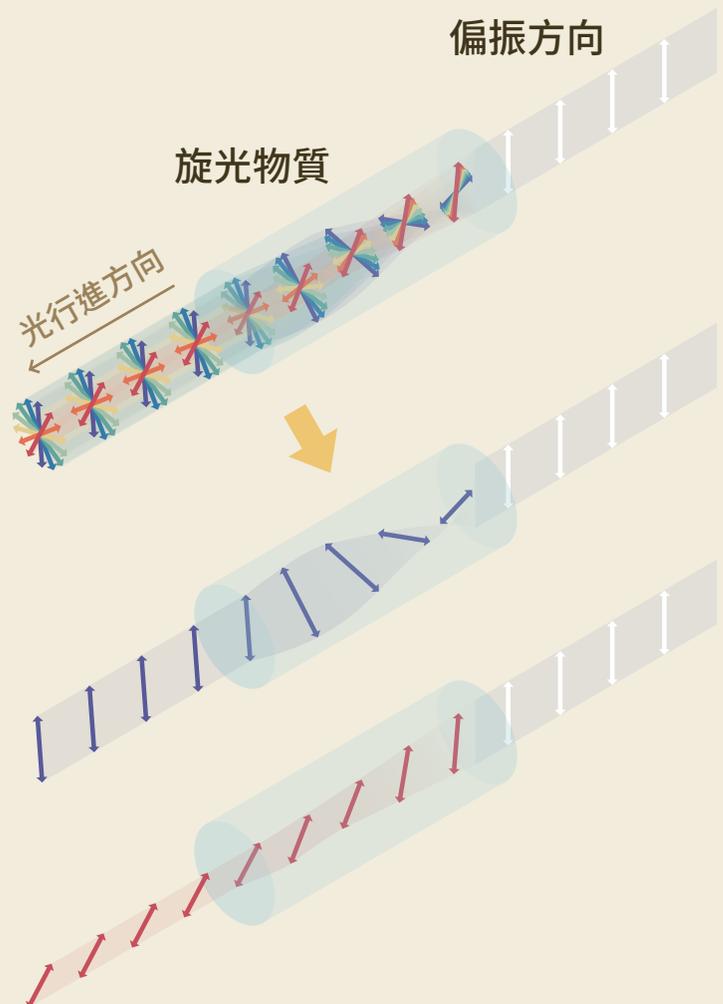
原理

在介紹旋光物質之前，我們需要先了解光的偏振方向。

光是一種電磁波，而電磁波前進時的振動方向，我們稱為光的偏振方向。

當光通過旋光物質時，偏振方向會發生旋轉，而且不同波長的色光，旋轉角度也不同。在可見光中，就以紫光的旋轉角最大，紅光的旋轉角最小。

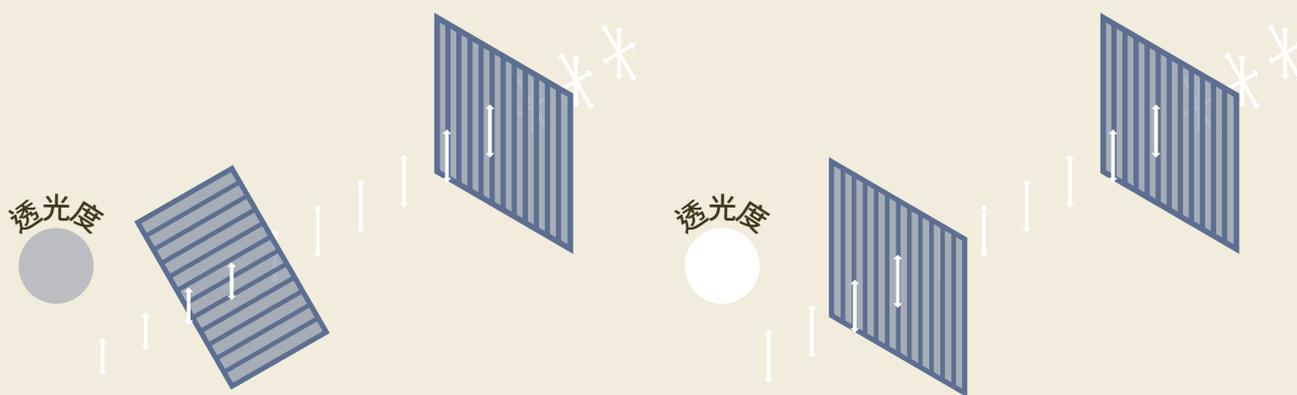
但常見的自然光與白光光源，都同時具有多個偏振方向與色光，即使發生旋光現象，也會變得無法觀察，因此我們需要使用偏振片。



偏振片是一種能將偏振方向雜亂的自然光變成單一偏振方向的光學元件。當我們將兩個偏振片垂直擺放，那麼通過第一個偏振片後所產生的單一方向偏振光，就會被第二個偏振片阻擋而無法穿透。

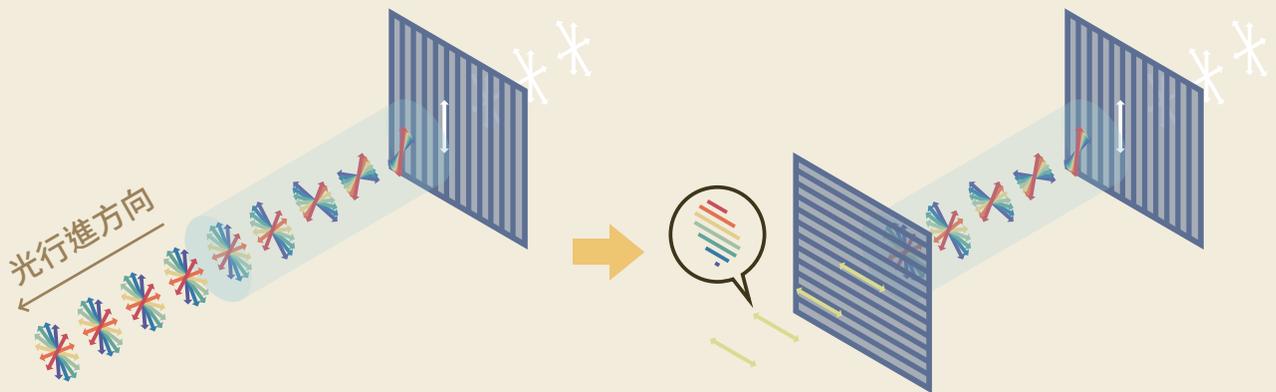


但如果我們轉動偏振片來改變兩個偏振片間的角度，就能使部分的光通過第二個偏振片，進而改變透光度。

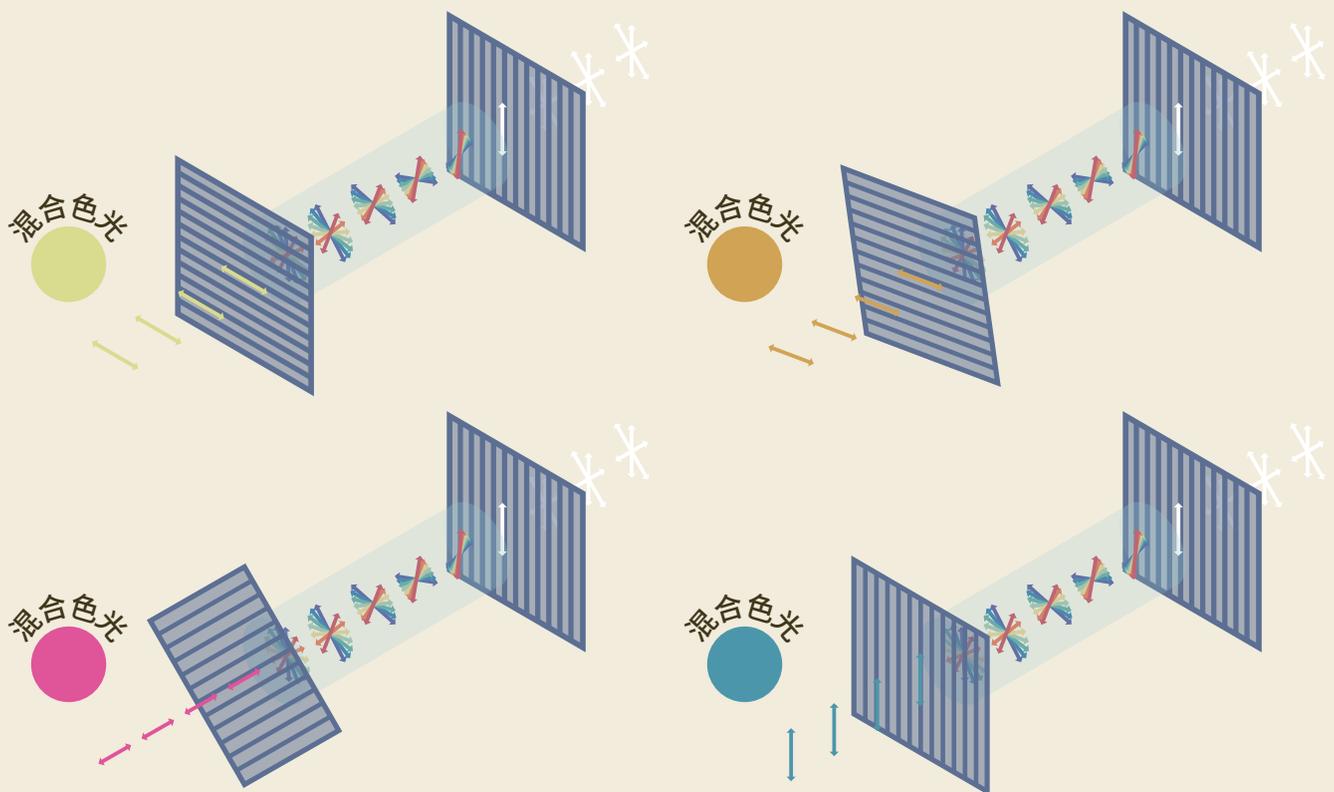


因此若我們在旋光物質前後各放上一個偏振片，那麼當白光通過第一個偏振片後，就會成為單一方向的偏振光，接著在經過旋光物質時，白光內不同波長的色光就會因旋轉角度的不同，而分開成多個偏振方向。

這些不同偏振方向的色光，在通過第二個偏振片時，又會因為偏振片的阻擋，使各個色光以不同的比例通過，並最終混合成我們所觀察到的顏色。



如果在觀察時轉動偏振片，也會因不同色光混合的比例改變，使看到的顏色有所不同。



材料清單

■ 每組材料 (6人一組)

■ 全班共用

量米杯 6 個

白光 LED 燈 6 個

黏土 6 塊

4.5 cm 圓偏振片 6 張

三角缺口偏振片 6 張

角度刻度紙 6 張

20 mL 小玻璃罐 6 個

100 mL 大玻璃罐 1 個

奇異筆 1 支

筷子 3 支 (校自備)

300 mL 塑膠量杯 3 個

磅秤 2 台

1 kg 砂糖 2 包

塑膠杯 2 個

塑膠湯匙 2 支

500 mL 大量筒 1 個

LED 圓木燈座 1 個

7 cm 圓偏振片 2 張

操作步驟

STEP
01

- 配製不同濃度的糖水 -

每組請再分為三個小組 (兩人為一小組)，分別配製 20%、40%、60% 的糖水溶液。

每一小組中，其中一人請拿 300 mL 塑膠量杯去裝熱水到 100 mL 刻度線位置，並以奇異筆標示將配製的糖水濃度。

另一人請拿量米杯去用磅秤量對應的糖重量。調配 20%、40%、60% 糖水溶液的三個人，請分別舀取 25g、67g、150g 的糖。



僅以 40% 糖水溶液示範

! 注意

150g 的糖需分成兩個量米杯盛裝。

$$\text{重量百分濃度} = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%$$

$$\text{溶劑重 100g 水} = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶質重} + \text{溶劑重}} \times 100\%$$

20% → 25g

40% → 67g

60% → 150g

將秤好重量的糖倒入盛有熱水的300 mL 塑膠量杯中，並以筷子攪拌至完全溶解。

將配好的糖水溶液倒入小玻璃罐中，玻璃罐的蓋子與瓶身皆以奇異筆標上它的重量百分濃度。

STEP 02

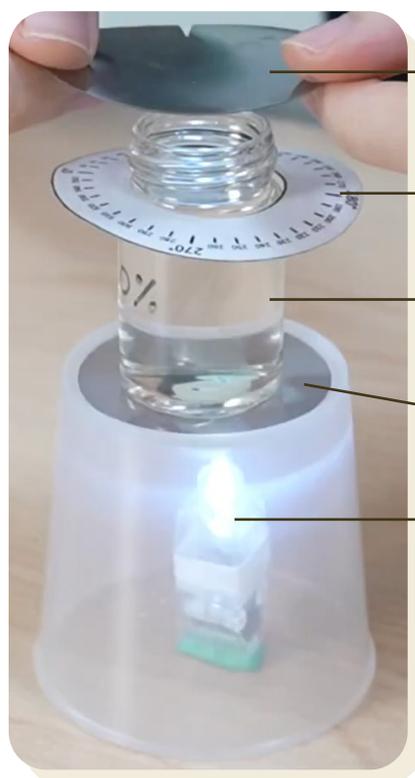
- 架設裝置 -

先將白光 LED 燈的燈珠朝上，底部以黏土固定，再將量米杯倒扣在上方作為白光光源的燈座。

接著，取圓形偏振片，置於量米杯杯底上，作為第一個偏振片。

再來打開裝有糖水的小玻璃罐，將它放上白光燈座，並在瓶口處套上角度刻度紙。

最後取另一具三角形缺口的偏振片置於瓶口上方，作為第二個偏振片。



第二個偏振片

角度刻度紙

旋光物質

第一個偏振片

白光燈源



STEP 03

- 糖水濃度與旋光性的關係 -

轉動偏振片至恰可看到白光變為藍光，此時調整角度刻度紙，使偏振片三角缺口對齊刻度 0 度。接著順時針轉動偏振片至恰可看到黃光將變為白光，查看三角形缺口此時指向的角度數值。將能夠觀察到旋光現象的角度範圍記錄在學習單上。

同組間交換觀察不同濃度的糖水，將結果記錄在學習單上，並比較 20%、40%、60% 糖水，何者的旋光現象最明顯。



STEP 04

- 旋光物質厚度與旋光性關係 -

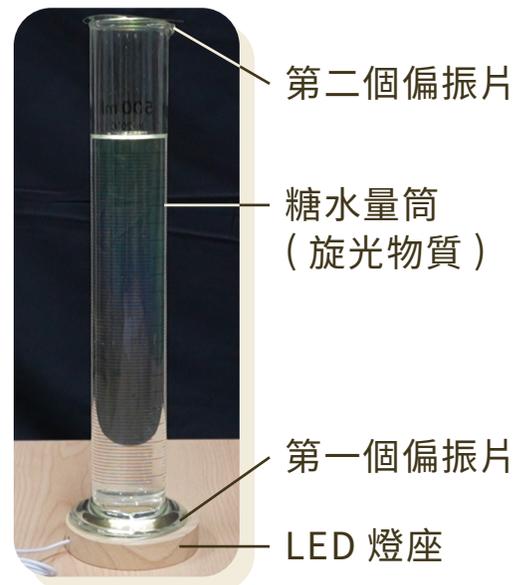
在大玻璃罐中倒入旋光現象最明顯的那個濃度的糖水，同組間輪流觀察。將能夠觀察到旋光現象的角度範圍記錄在學習單上，並比較不同高度的糖水玻璃罐，何者旋光現象最明顯。

試試看...

最後，將各組大玻璃罐中的糖水一起倒入 500 mL 大量筒吧！

記得按照前面所說的裝置架設方式，依序放上 LED 燈座、第一個偏振片、裝了糖水的量筒以及第二個偏振片。

完成後先轉動量筒頂部的偏振片，觀察旋光現象是否比小玻璃罐時更明顯，而且還能看到更多顏色的光呢？



接著關上室內的燈使周遭環境變暗，再看看糖水是否成功變成彩色液體了呢？



延伸閱讀

在了解物質的旋光性後，你能想像到實驗中的裝置在生活中能怎麼應用嗎？其實它與市面上用來檢測物質旋光度的「旋光儀」擁有相似的結構喔！在旋光儀中，透過轉動第二個偏振片，找到出射光光強度達最大值時偏振片旋轉的角度，即為該物質的旋光度。

這樣的分析方式被廣泛應用於香精、精油與食品產業，用以確定產品的純度。同時，藉由這次實驗我們也知道，旋光度會受到旋光物質的濃度與厚度影響，因此我們也能利用這樣的性質，來進行糖水濃度的檢測，這就是所謂的「旋光測定法」！

參考資料

- [1] This tests your understanding of light | The barber pole effect
<https://www.youtube.com/watch?v=QCX62YJCmGk>
- [2] How wiggling charges give rise to light
<https://www.youtube.com/watch?v=aXRTczANuls>
- [3] 糖濃度的測定 - 使用「旋光分析法」
<https://edu.kyst.com.tw/blog/detail/708>