

## NTHU-GPLAB: Take-home Lab

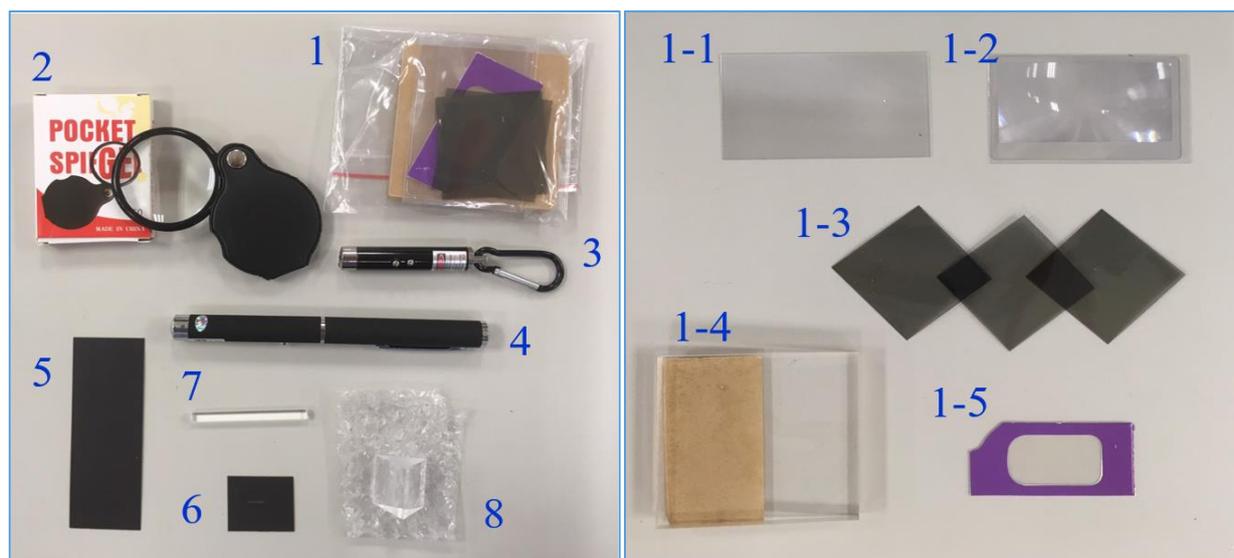
光學系列實驗 A：透鏡焦距測量、折射率與偏振效應

光學系列實驗 B：干涉與繞射

編撰者：清華大學物理系 施宙聰教授、戴明鳳教授，編修日期：2020 /4/20

E-mail: [shy@phys.nthu.edu.tw](mailto:shy@phys.nthu.edu.tw), [mftai@phys.nthu.edu.tw](mailto:mftai@phys.nthu.edu.tw), [nthugplab@gmail.com](mailto:nthugplab@gmail.com)

### 光學實驗套件組



#### 1. 實驗小包

1-1 Lenticular lens 條紋片 \*2

1-2 Fresnel lens (名片型放大鏡) \*1

1-3 偏振片\*3

1-4 10\*10\*1 cm 厚正方形壓克力平板 \*1

1-5 1000 lines/mm 繞射光柵 (紫色外框) \*1 (與光譜儀共用)

#### 2. 普通放大鏡 \*1

3. 紅光雷射筆 (波長未知) \*1 (禁止直視雷射光與紫外光)

4. 綠光雷射筆 (波長 532 nm) \*1 (禁止直視雷射光)

5. 單狹縫片 (自製:以刀片於黑紙切割約 1cm 線條) \*1

6. 雙狹縫片(已切割於方形厚黑紙) \*1

7. 壓克力圓柱 (直徑 5 mm) \*1

8. 壓克力三稜鏡 (2.5 cm\* 2.5 cm \* 2.5 cm) \*1

(實驗器材除黑紙外均須歸還，如有缺損(件)需賠償 500 元)

# 光學系列實驗 A：透鏡焦距測量、折射率與偏振效應

## 一、說明

1. 本實驗以清大普通物理實驗(二)內「光學實驗—光的折射、偏振、干涉和繞射」為基礎，所設計的一系列光學實驗，學生可居家自行進行實驗，不必在普物實驗室內作。
2. 此 take-home lab 內容涵蓋原實驗講義內[A]、[B]、[C]三部分，有些實驗因儀器與器材的限制，以致無法在實驗室外實做，故而取消。但另增加了幾個具挑戰性的實驗，以增加學習探究的樂趣。
3. 因為無法使用到實驗室提供的設備，你/妳需善用生活周遭的物品，發揮巧思。在您的實驗結報中，建議可利用圖或照片說明實驗的架設及實驗步驟。
4. 實驗原理及步驟請參考普物實驗室官網上的光學實驗講義。

## 二、器材：

1. 三合一紅光雷射+白光 LED 筆：1 支，紅光雷射筆、白光 LED 手電筒及紫光驗鈔燈三種光源，內已含有三顆鈕扣電池。

**\*注意：**(1)請勿直視紫光驗鈔燈光：因紫光對人的眼睛有害。

(2)禁止直視雷射光：此雷射筆的光功率雖僅為 mW 等級，但因雷射光具有高度的方向性，故直視雷射光，會使雷射光聚焦在視網膜，易造成視覺細胞永久性的傷害。

2. 1 公分厚壓克力平板：壓克力平板出廠時，兩面貼有保護紙，請先撕開一面，另一面如圖 1 所示，僅撕開一半，如最右圖。



圖 1 由左至右撕開保護紙，保留一半保護紙。

3. Fresnel lens (名片型放大鏡)
4. 普通玻璃放大鏡
5. 壓克力三稜鏡
6. 壓克力圓棒：直徑 0.5 公分

7. 偏振片：3片；偏振片在出廠時，其中一面貼有一層透明的保護膜，使用時需要先撕下來，否則會因保護膜所用的高分子材料具雙折射率，而產生彩色圖案，會影響實驗觀察到的結果和數據。

### 三、實驗項目與步驟

#### A. 透鏡焦距測量

1. 測 Fresnel lens 及一般放大鏡的焦距，步驟同實驗講義。提示：利用兩面都已除去保護紙的壓克力平板的部分，以產生平行光束。
2. 戴眼鏡的同學，請測量你眼鏡的焦距，並與您的眼鏡度數比較。沒有配帶眼鏡的同學，請向同學借一支近視眼鏡作實驗。

#### B. 壓克力折射率測量

測量物質折射率的方法有不少方式，以下三種方法因所需使用的器材與測量步驟都相當簡單，且測量結果精確，故常用以測量透明物質的折射率。

1. **全反射法(total reflection method)**：如圖 2 所示，將壓克力平板置於平坦的桌面上，貼有保護紙的一面朝下；另放一張白紙在沒有保護紙的壓克力板下方。



圖 2 實驗時，輕按壓克力板，以增加壓克力板與白紙間的密合度。

- (1) 輕按壓克力板，以增加壓克力板與白紙間的密合度。使雷射光垂直入射壓克力平板，觀察雷射光分別照射在「有」及「沒有」保護紙部分的壓克力板內所呈現的現象，記錄下觀察到的結果。請問所觀察到的現象是否有差異？
  - (2) 請說明產生這些現象的機制為何？若有差異，差異的原因為何？
  - (3) 並計算此片壓克力材質的折射率。
2. **最小偏折法**：以此法測定材料之折射率的工作原理和實驗步驟可以參考普物實驗(二)『氫原子光譜與浦朗克常數』講義內，有關以三稜鏡測量折射率

(Refraction of Triangular Prism)的實驗資料。**注意：一般壓克力稜鏡是由壓克力材的圓柱棒切割而得，以致內部成分較不均勻，故會產生平行底邊的繞射。**

3. 彩虹最小偏折角測量法：彩虹中較亮的一道稱為「虹(primary bow)」，虹是陽光經水滴兩次折射和一次反射產生偏折所引起的色散分光現象，如圖 3(a) 所示。虹的角度是最小偏折角，因最小偏折造成光線集中，如圖 3(b) 所示。在相同的材質中，不同波長的色光因折射率不同，故最小偏折角也不同，因而可產生七彩炫麗的圓弧。彩虹原理可參考維基百科 <https://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow>。

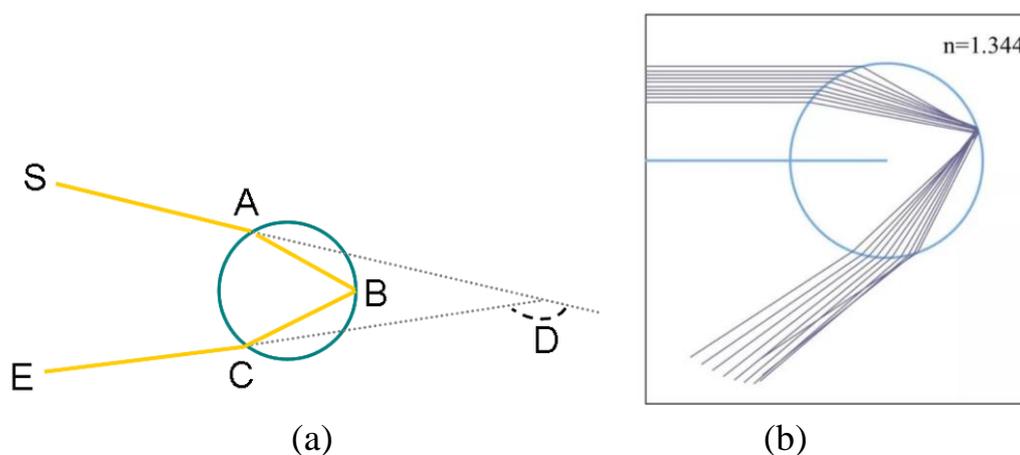
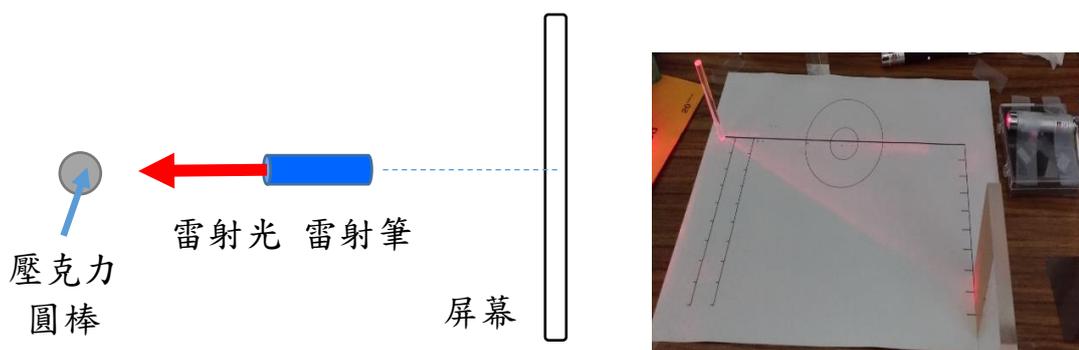


圖 3 (a) D 為偏折角。(b)彩虹發生在最小偏折角。  
圖(a)和(b)中的兩圓表示壓克力圓棒的圓形橫截面。

本實驗是以一壓克力圓棒模擬水滴，觀察最小偏折現象，並測量出雷射光的最小偏折角，進而測出壓克力的折射率。實驗示意圖及照片如圖 4 所示。

- (1) 請分別以(1)紅色和(2)綠光雷射光源(若您有綠光雷射筆)進行此實驗。
- (2) 圖 4(a)上下平移壓克力圓棒，會發現圓棒兩側都會出現最小偏折現象。由於雷射光束不一定垂直屏幕，故建議測量兩邊的最小偏折角，再求取此兩偏折角測量值作平均。



(a)

(b)

圖 4 壓克力圓柱彩虹最小偏折角測量。(a)實驗架構示意圖。(b)實驗照片。  
圖(a)上下平移壓克力圓棒，會發現圓棒兩側都會出現最小偏折現象。由於雷射光束不一定垂直屏幕，故建議測量兩邊的最小偏折角，再求取此兩偏折角測量值作平均。

### C. 偏振(參考普物實驗室網站上光學實驗講義)

1. 決定偏振片的偏振方向。
2. 觀察液晶顯示螢幕的偏振特性。
3. 觀察壓克力板反射的偏振特性。(參考普物實驗室網站上光學實驗講義圖 8)。
4. 測量壓克力布魯斯特角，並求得壓克力折射率。
5. 驗證馬路斯定律(Malus' law)。
6. 在兩片偏振方向互相垂直的偏振片中加入第三片偏振片，轉動第三片偏振片，紀錄光強度隨角度的變化。
7. 其他偏振現象(optional)：如光彈性(photoelasticity)，在兩偏振片中夾入透明三角板或拉緊的塑膠袋，白光通過後產生彩色圖案。

### 四、問題

1. 入射光線不平行於透鏡光軸時(如光學實驗講義圖 1)，成像焦距有何變化？
2. 使雷射光通過二片偏振片，當兩片偏振片的偏振方向互相垂直時，沒有光通過。試解釋其原因。
3. 若在上題的兩片偏振板之間另加一片偏振片，只要它的偏振方向和原來兩片的偏振方向不同，總會有少量的光透過。試以電場的重疊原理說明這個現象。
4. 有些新式墨鏡是以偏振型塑膠薄片(或在普通鏡片上貼一層偏振膜)製成的，你能決定其偏振方向嗎？請說明理由。
5. 比較本實驗中四種壓克力折射率測量結果並分析個別方法的準確度。

### 五、參考資料

1. 普通物理實驗『光學實驗—光的折射、偏振、干涉和繞射』實驗講義。  
<http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/22%20Optical%20Experiment/Optical%20equipment-20200413.pdf>
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_lens)
3. 普通物理實驗『氫原子光譜與浦朗克常數』實驗講義。

[http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/023%20Atomic%20spectrum%20and%20Planck%20constant/H-atomic%20Spectrum%20&%20Planck%20constant%20\(TW\).pdf](http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/023%20Atomic%20spectrum%20and%20Planck%20constant/H-atomic%20Spectrum%20&%20Planck%20constant%20(TW).pdf)

4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow>
-

## NTHU-GPLAB: Take-home Lab

# 光學系列實驗 B：干涉與繞射

### 一、說明

1. 此 take-home lab 依據普通物理實驗『光學實驗—光的折射、偏振、干涉和繞射』設計而成，內容涵蓋實驗講義[D]、[E]、[F]三部分，有些實驗因器材限制，無法在家實做而取消，此外增加一個稍具挑戰的實驗，以增進學習的樂趣。
2. 因為無法使用到實驗室提供的設備，你/妳需善用身邊的東西和人，發揮巧思，報告中盡可能利用圖或照片說明實驗的架設以及步驟。
3. 實驗原理及步驟請參考普物實驗室網頁上的講義。

### 二、器材

1. 紅光雷射筆（波長未知）、
2. 綠光雷射筆（波長 532 nm）、

**\*注意：**(1)請勿直視紫光驗鈔燈光：因紫光對人的眼睛有害。

(2)禁止直視雷射光：此雷射筆的光功率雖僅為 mW 等級，但因雷射光具有高度的方向性，故直視雷射光，會使雷射光聚焦在視網膜，易造成視覺細胞永久性的傷害。

3. Lenticular lens（2 片，註 1）、
4. Rainbow Symphony 1000 lines/mm 繞射光柵、
5. 黑紙片（註 2）、
6. 雙狹縫（註 3）

註 1：由細長透明圓柱平行排列製成的塑膠片，有興趣同學可以觀看【Fun 科學】真實存在的隱形斗篷 <https://www.youtube.com/watch?v=6ifL3yorXII>。

註 2：利用美工刀切割單狹縫。

註 3：黑紙片，已用 CO<sub>2</sub> 雷射雕刻機切割雙狹縫製成。

### 三、實驗內容

#### D. 疊紋

將兩片 Lenticular lens 疊起來，你會發現平行的疊紋（moiré pattern），如圖 1 所示。這現象可以看成兩道平行光的干涉，請推導並測量疊紋間距隨兩片 Lenticular lens 夾角的變化，決定 Lenticular lens 中圓柱間距，並與實際測量值比較。

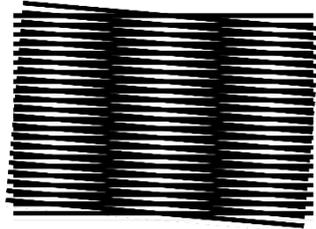


圖 1 平行圖形的疊紋（取自 wikipedia）。

#### E. 單狹縫

1. 自製單狹縫，觀察繞射圖案，決定狹縫寬度。
2. 觀察頭髮的繞射圖案，決定其直徑。

#### F. 雙狹縫、光柵

1. 觀察雙狹縫繞射圖樣，決定狹縫寬度及間隔。
2. 觀察紅光雷射及綠光雷射光的光柵繞射。（注意：少數綠光雷射光束經光柵後，產生的繞射點有三點，只考慮最強的光點，忽略較弱的兩光點。）
3. 使用光柵繞射測量紅光雷射波長。

G. 你/妳可以嘗試使用手機的拍照功能或手機顯微鏡（如果剛好有）測量狹縫寬度、頭髮直徑，並與步驟 E 及 F 的結果比較。（Optional）

#### 四、問題

1. 頭髮的繞射圖形和單狹縫繞射圖形有何異同。如何利用頭髮的繞射圖形測量頭髮直徑？
2. 單狹縫實驗中，狹縫寬度增加，繞射圖案會怎樣改變？第一階的繞射暗紋角度會增加或減少或保持不變？
3. 雙狹縫實驗中，若改變狹縫距離，繞射圖案會怎樣改變？

#### 五、參考資料

1. 普通物理實驗『光學實驗－光的折射、偏振、干涉和繞射』實驗講義。

<http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/22%20Optical%20Experiment/Optical%20e>

[quipment-20200413.pdf](#)

2. 疊紋 (moiré pattern) 參見 [https://en.wikipedia.org/wiki/Moir%C3%A9\\_pattern](https://en.wikipedia.org/wiki/Moir%C3%A9_pattern) 。