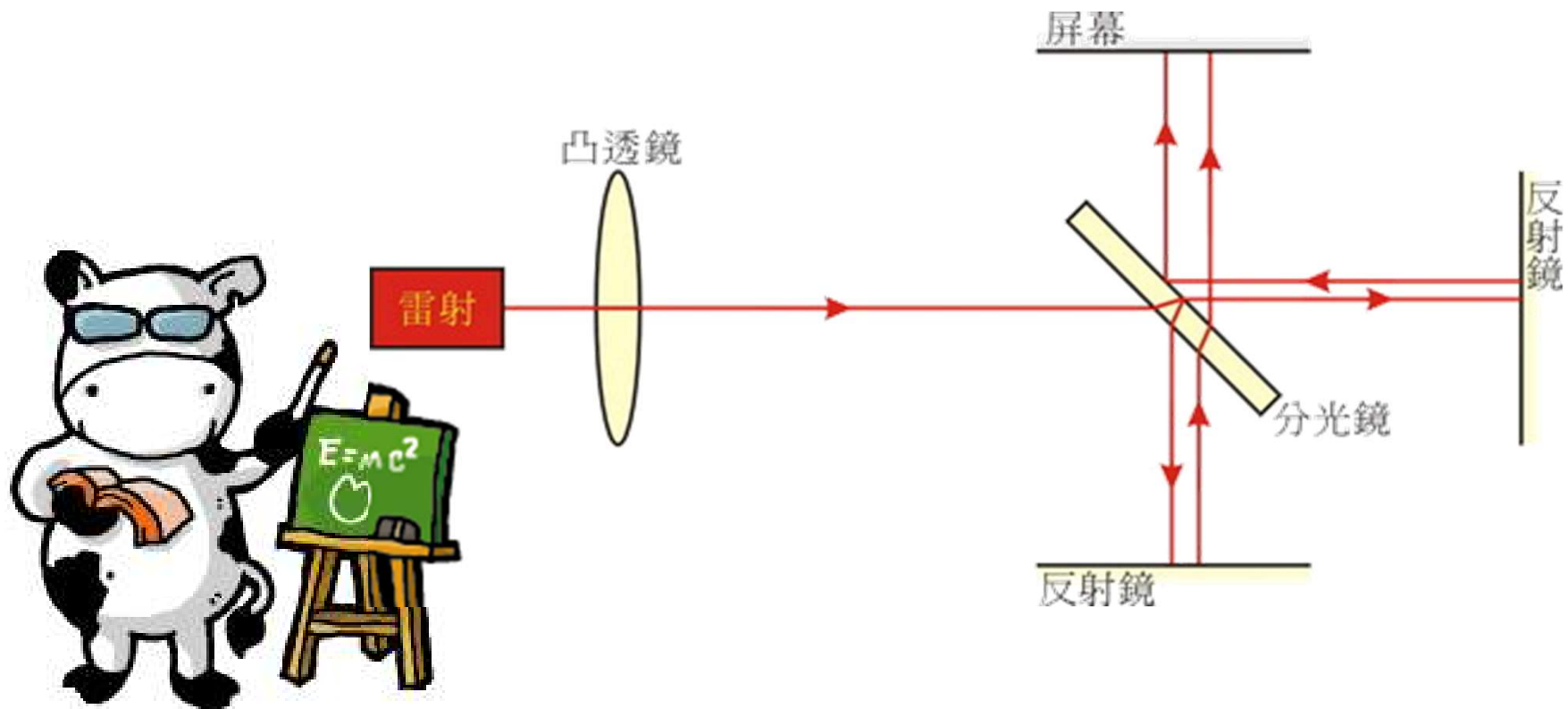


實驗4： 干涉、干涉儀器及其應用





波粒二象性

Wave-Particle Duality

粒子性：

- 牛頓：粒子說
- 愛因斯坦：光子
-

- 折射
- 反射

波動性：

- 惠更斯
- 馬克斯威爾
- 德佈羅依

- 干涉
- 繞射



乙太 (Luminiferous aether、aether 或 ether)

19世紀的物理學家，認為「以太」是光的傳播介質。

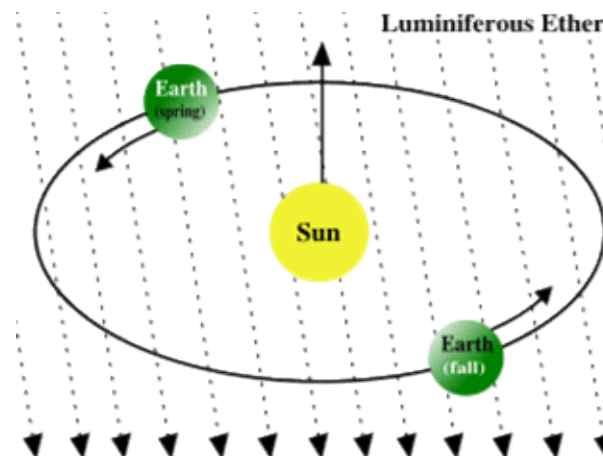
由此產生了一個問題：

地球以每秒30公里的速度繞太陽運動，就必須會遇到每秒30公里的「以太風」迎面吹來，同時，它也必須對光的傳播產生影響。

這個問題的產生，引起人們去探討「以太風」是否存在。

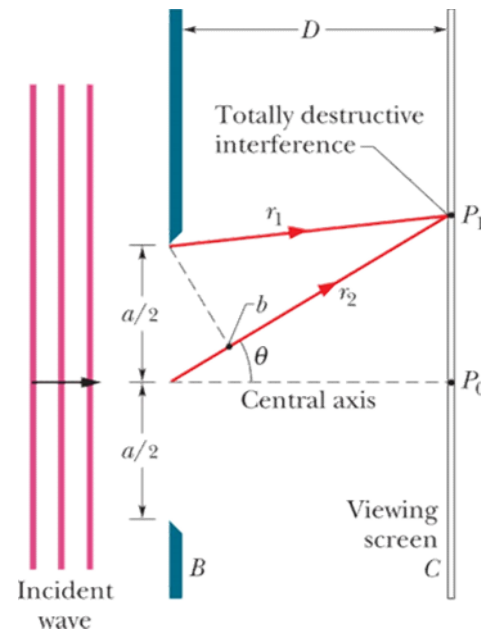
邁克生－莫雷實驗就是在這個基礎上進行的。是為了觀測「以太」是否存在而作的一個實驗。

邁克生和愛德華·莫雷使用這種干涉儀於1887年進行了著名的邁克生-莫雷實驗，證實了以太的**不存在**。



(一) 繞射干涉

- 單狹縫繞射
- 雙狹縫干涉
- 三狹縫干涉
- 六狹縫干涉

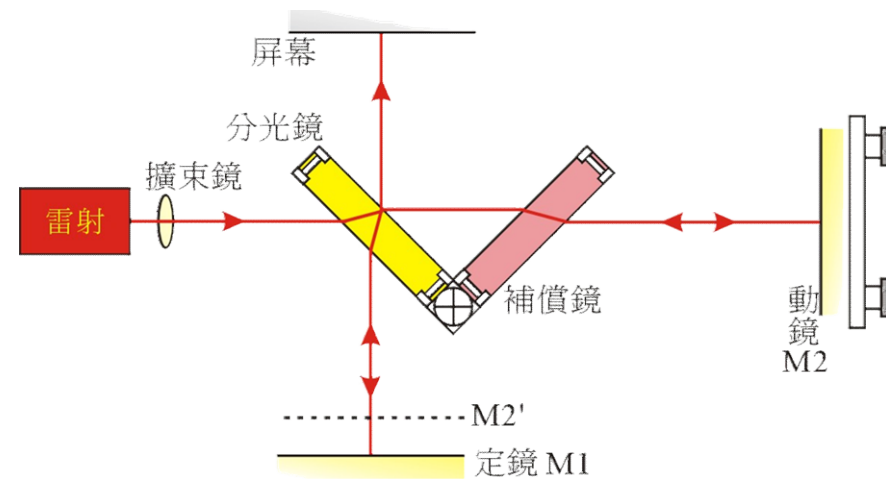


(二) 邁克森干涉儀

- 等傾干涉條紋
- 等厚干涉條紋

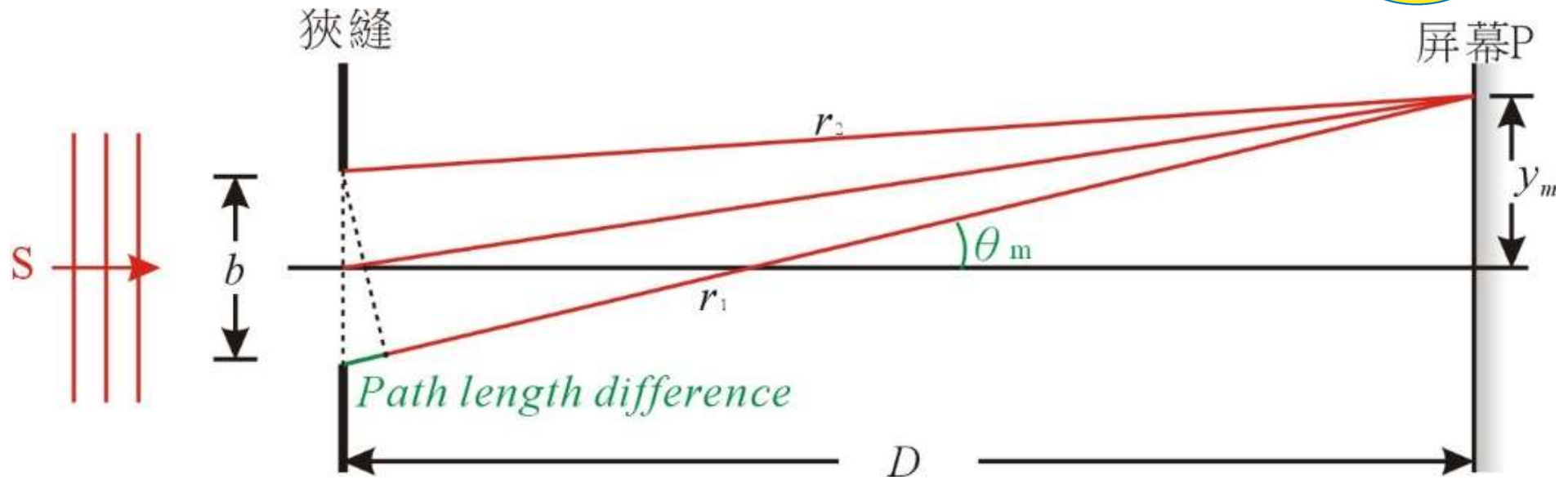
(三) 干涉的應用

- 雷射波長
- 空氣折射率
- 透明介質
- 鈉光波長
- 鈉光雙黃線





一) 單狹縫繞射



單狹縫寬度 b

屏幕與狹縫距離 D

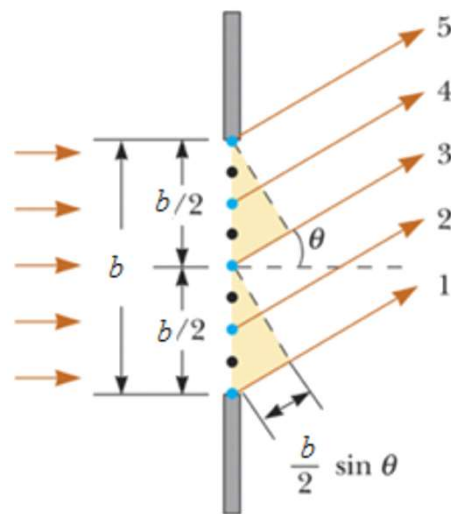
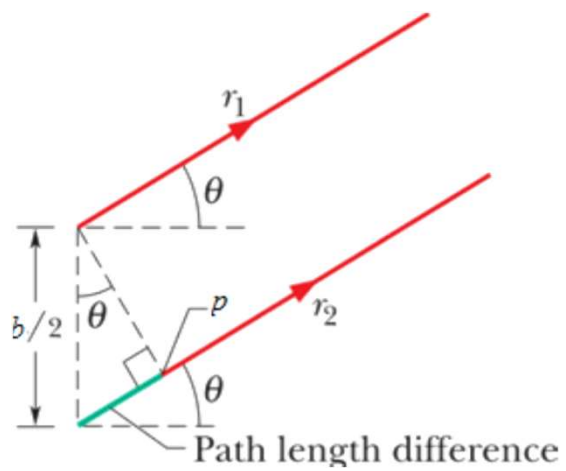
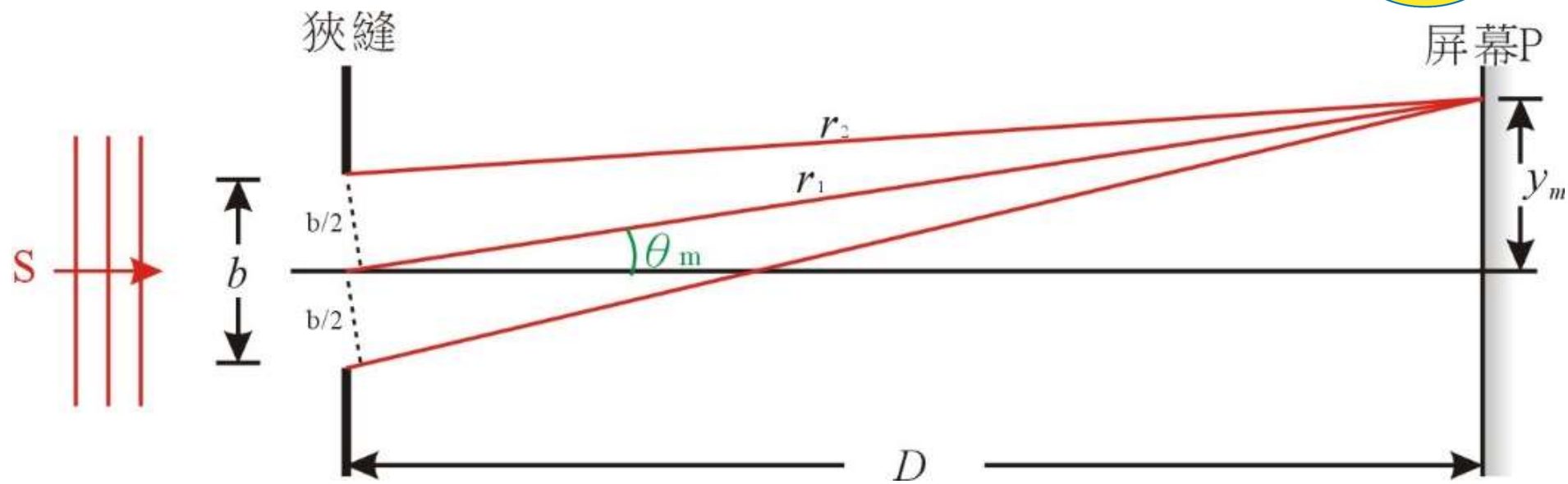
第 m 個暗點與第 0 暗點距離 y

$$b \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{b} = \frac{y}{D}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{b}$$

一) 單狹縫繞射





一) 單狹縫繞射

$$R \gg D \quad \leftarrow$$

$$dE = \frac{\varepsilon_L}{R} \sin(\omega t - kr) dy \quad \leftarrow$$

$$\varepsilon_L \equiv \frac{1}{D} \lim_{N \rightarrow \infty} (\varepsilon_0 N) \dots \text{source strength per unit length} \quad \leftarrow$$

$$\varepsilon_0 \dots \text{source strength} \quad \leftarrow$$

$$r = R - y \sin \theta + \frac{y^2}{2R} \cos^2 \theta + \dots \quad \leftarrow$$

$$E = \frac{\varepsilon_L}{R} \int_{-\frac{D}{2}}^{\frac{D}{2}} \sin[\omega t - k(R - y \sin \theta)] dy = \frac{\varepsilon_L D}{R} \frac{\sin \left[\frac{kD}{2} \sin \theta \right]}{\frac{kD}{2} \sin \theta} \sin(\omega t - kR) \quad \leftarrow$$

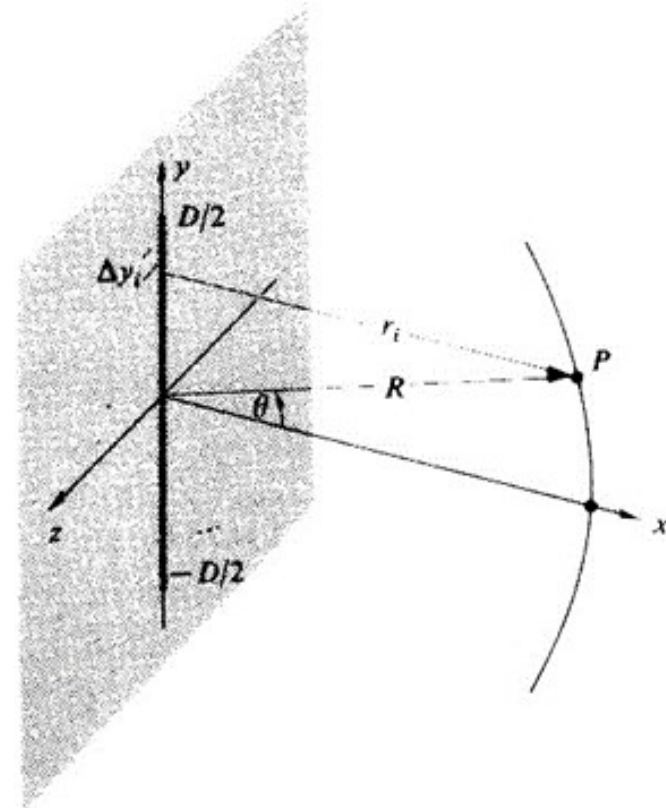
$$= \frac{\varepsilon_L D}{R} \frac{\sin \beta}{\beta} \sin(\omega t - kR) \quad \leftarrow$$

$$I(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_L D}{R} \right)^2 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad \leftarrow$$

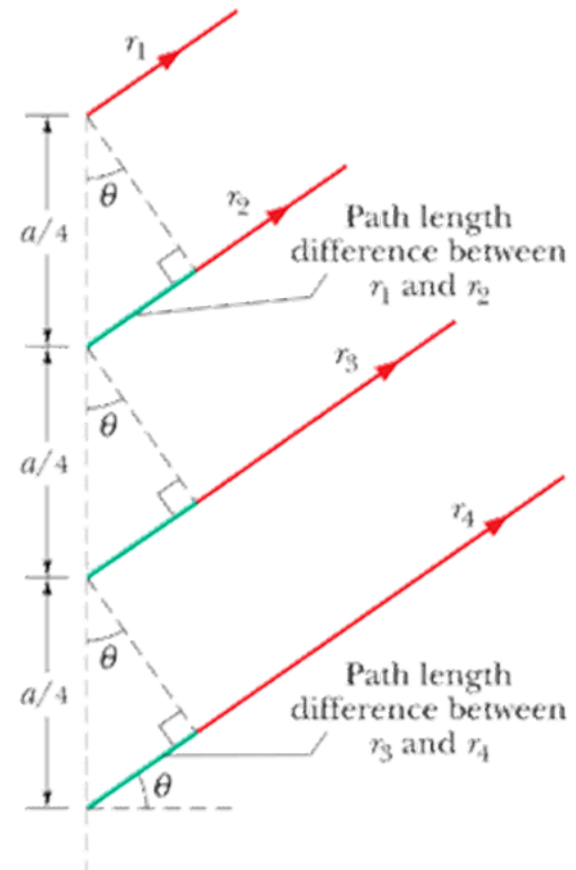
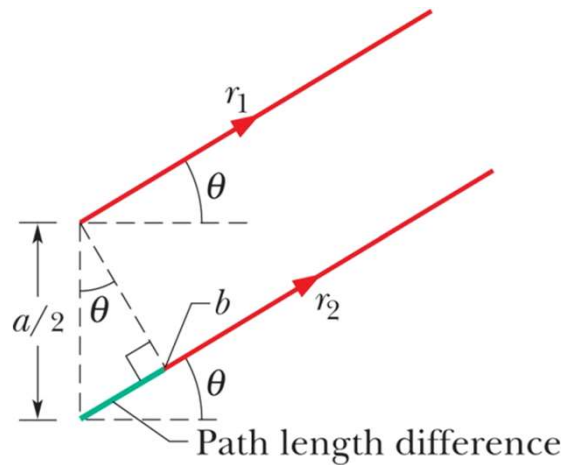
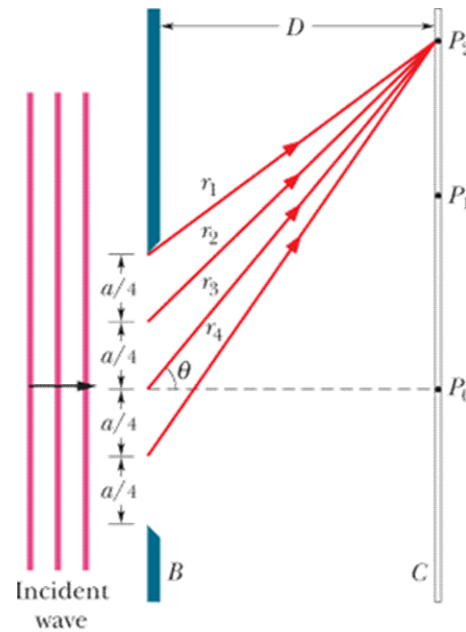
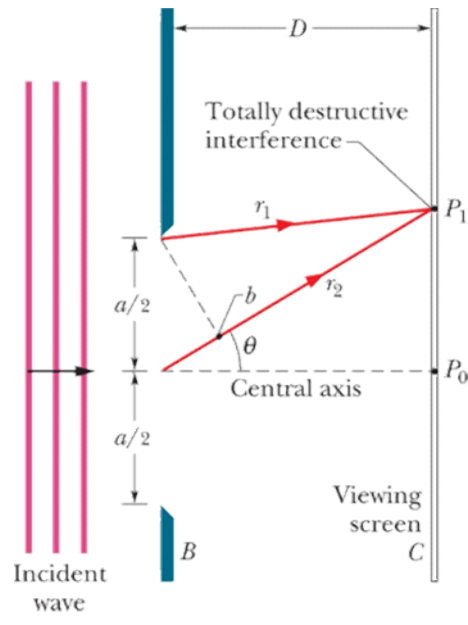
$$\text{當 } \theta = 0 \text{ 時, } I(\theta) = I(0) \Rightarrow I(\theta) = I(0) \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad \leftarrow$$

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta = \frac{1}{2} \frac{2\pi}{\lambda} b \frac{y_m}{L} = m\pi \quad (\text{高 } y, \text{ 距離 } L) \quad \leftarrow$$

$$y_m = m \frac{\lambda L}{b} \Rightarrow \Delta y = \frac{\lambda L}{b} \quad \leftarrow$$

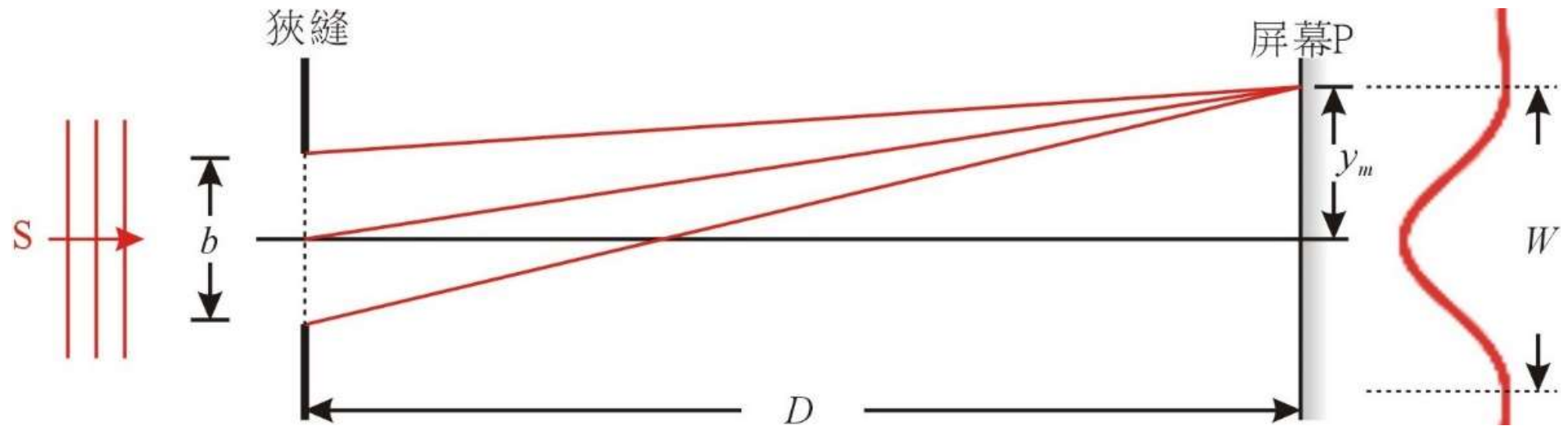


一) 單狹縫繞射





一) 單狹縫繞射



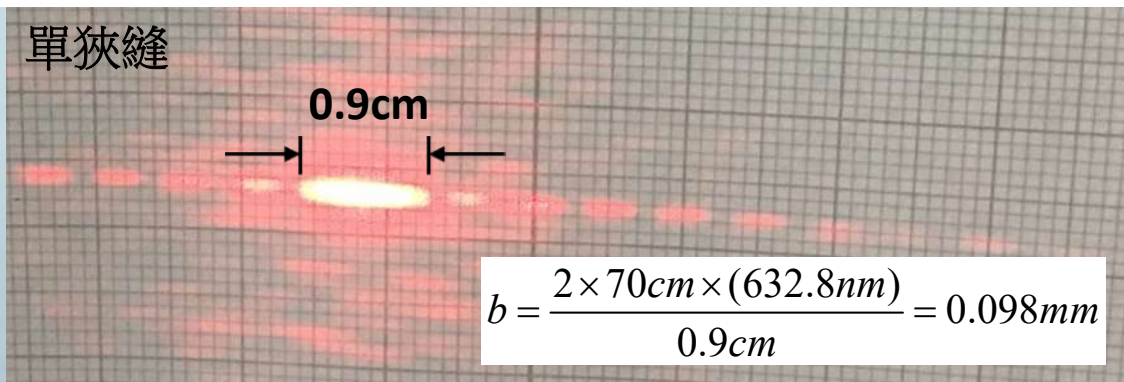
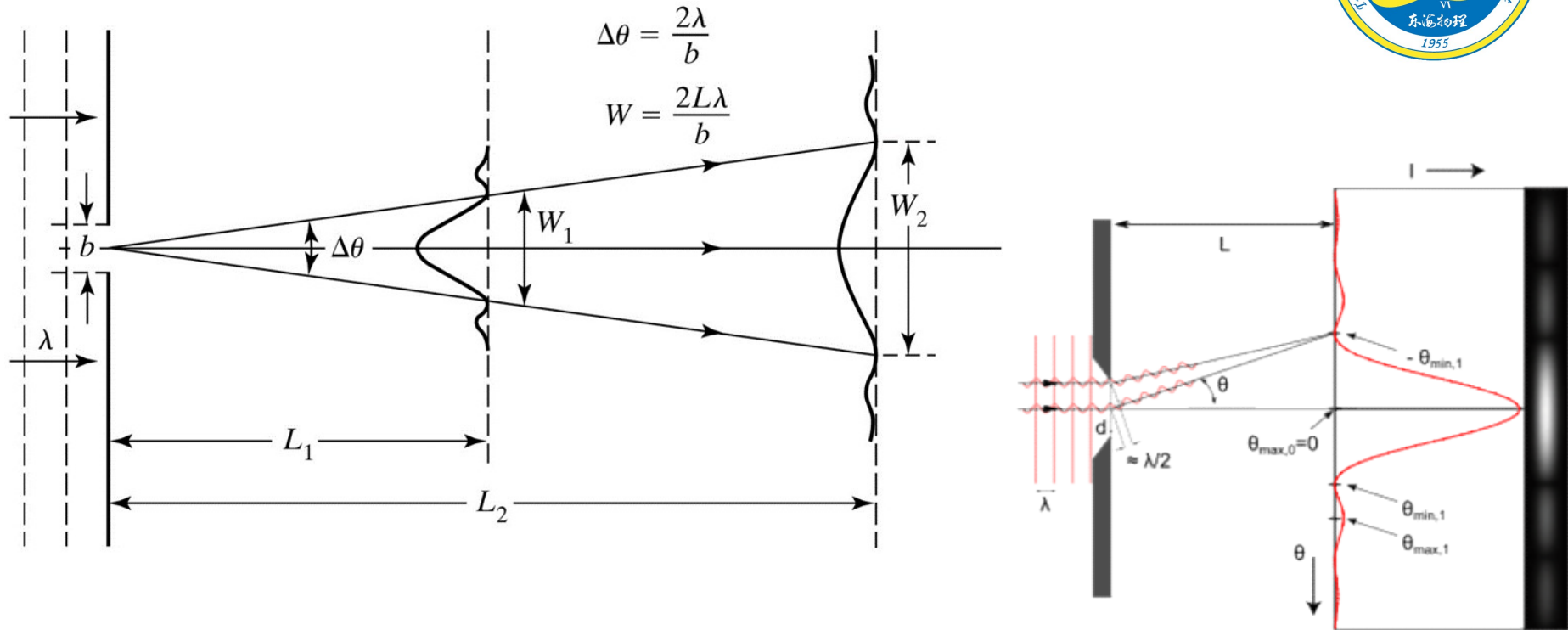
$$y_m = m \frac{\lambda D}{b}$$

$$y_1 = \frac{\lambda D}{b}$$

$$y_{-1} = -\frac{\lambda D}{b}$$

$$W = y_1 - y_{-1} = \frac{2\lambda D}{b}$$

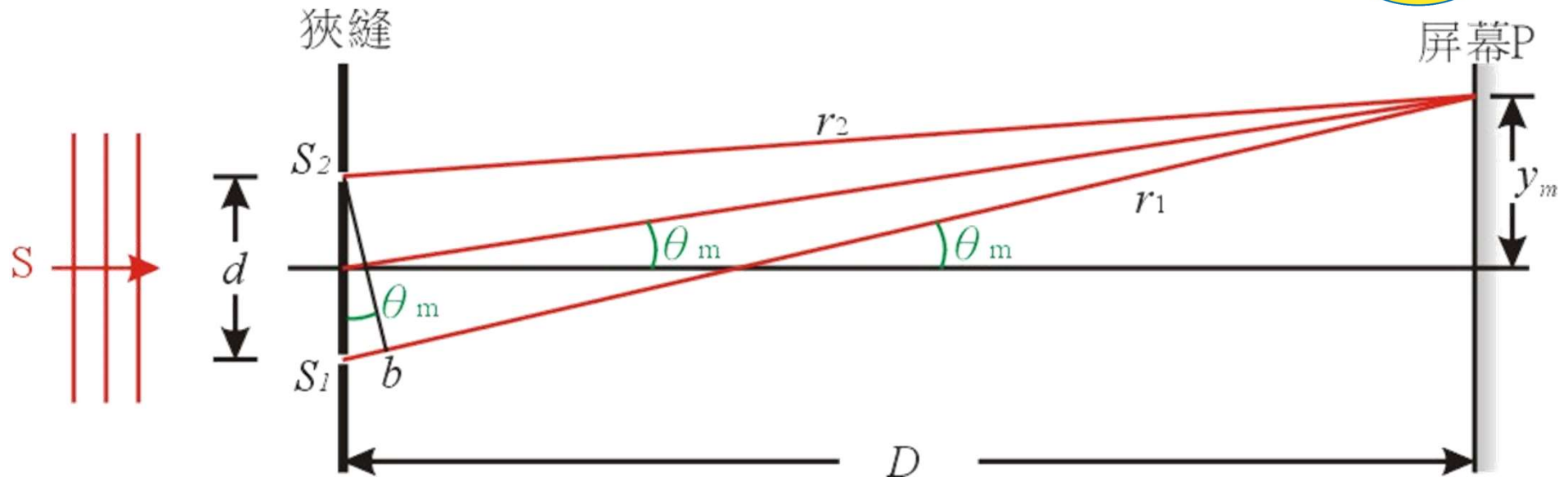
一) 單狹縫繞射





一) 雙狹縫干涉

$$D \gg y_m$$



$$(r_1 - r_2) = \overline{S_1 b}$$

$$\overline{S_1 b} = d \sin \theta_m$$

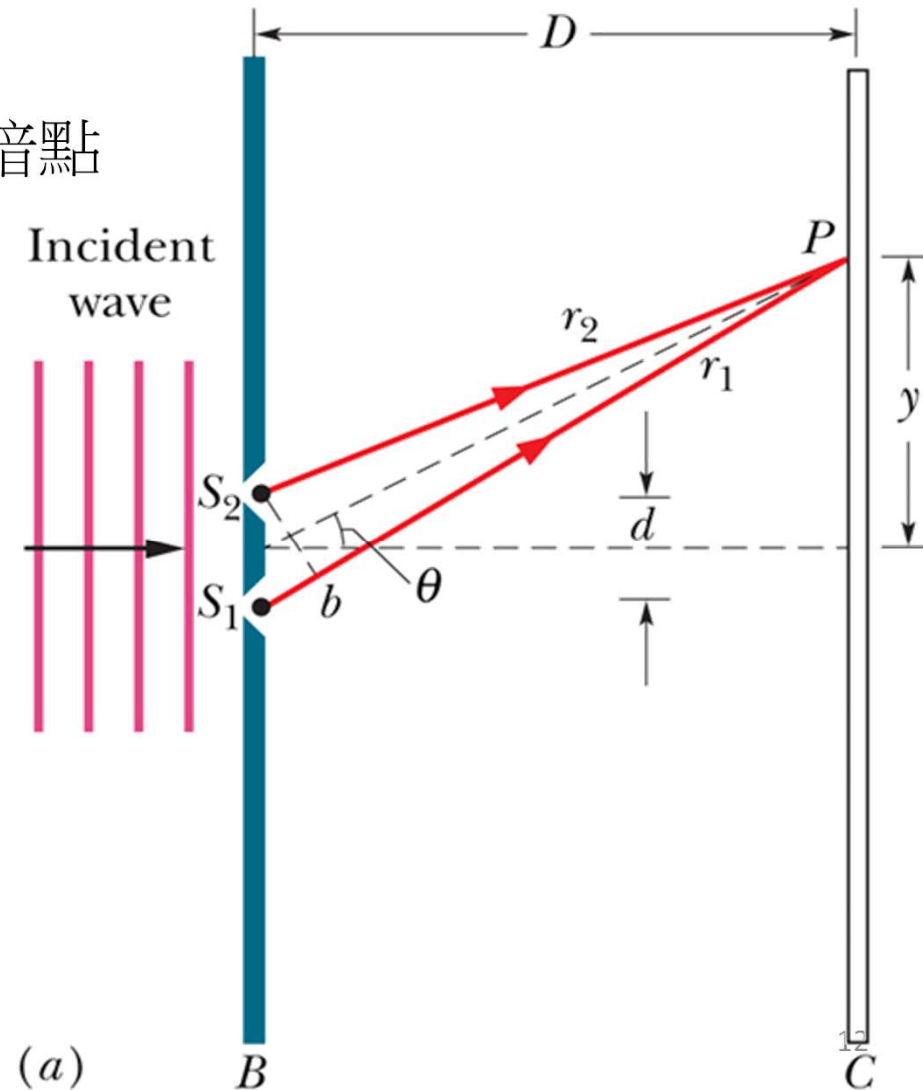
$$d \sin \theta_m = m \lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個亮點}$$

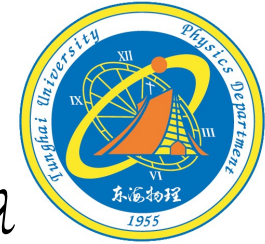
$$d \sin \theta_m = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個暗點}$$

一) 雙狹縫干涉

$$d \sin \theta_m = m\lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個亮點}$$

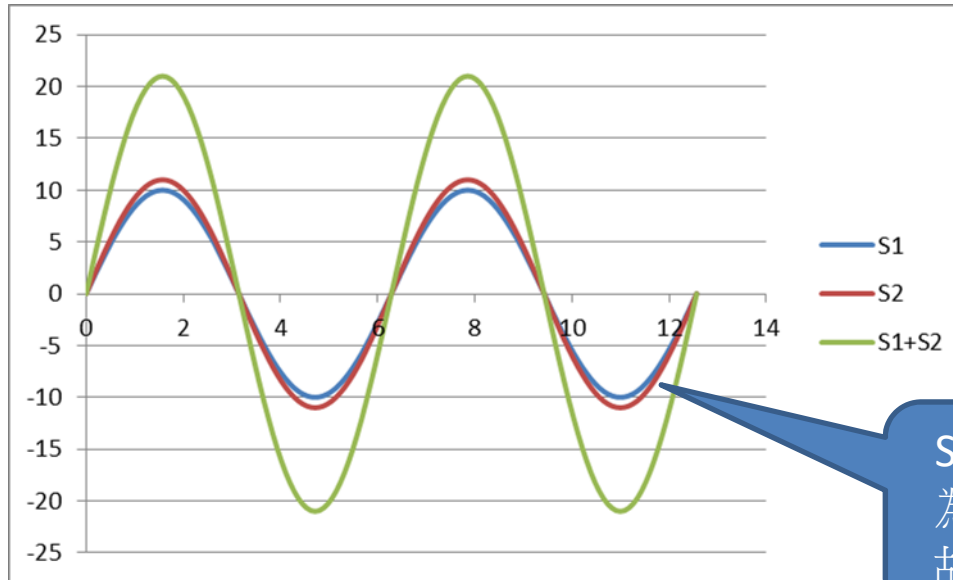
$$d \sin \theta_m = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個暗點}$$





一) 狹縫干涉

相長干涉

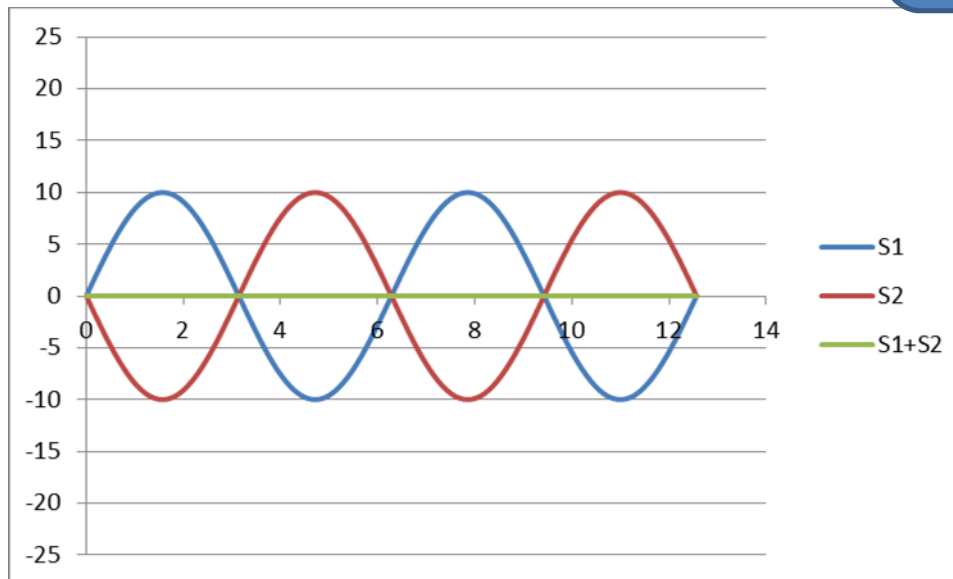


$$d \sin \theta_m = m\lambda$$

P 為第m個亮點

S1和S2振幅一樣
為了圖可以區分
故意畫不一樣！

相消干涉



$$d \sin \theta_m = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

P 為第m個暗點

一) 雙狹縫干涉

$$d \sin \theta_m = m\lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個亮點}$$

$$d \sin \theta_m = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{P 為第 } m \text{ 個暗點}$$

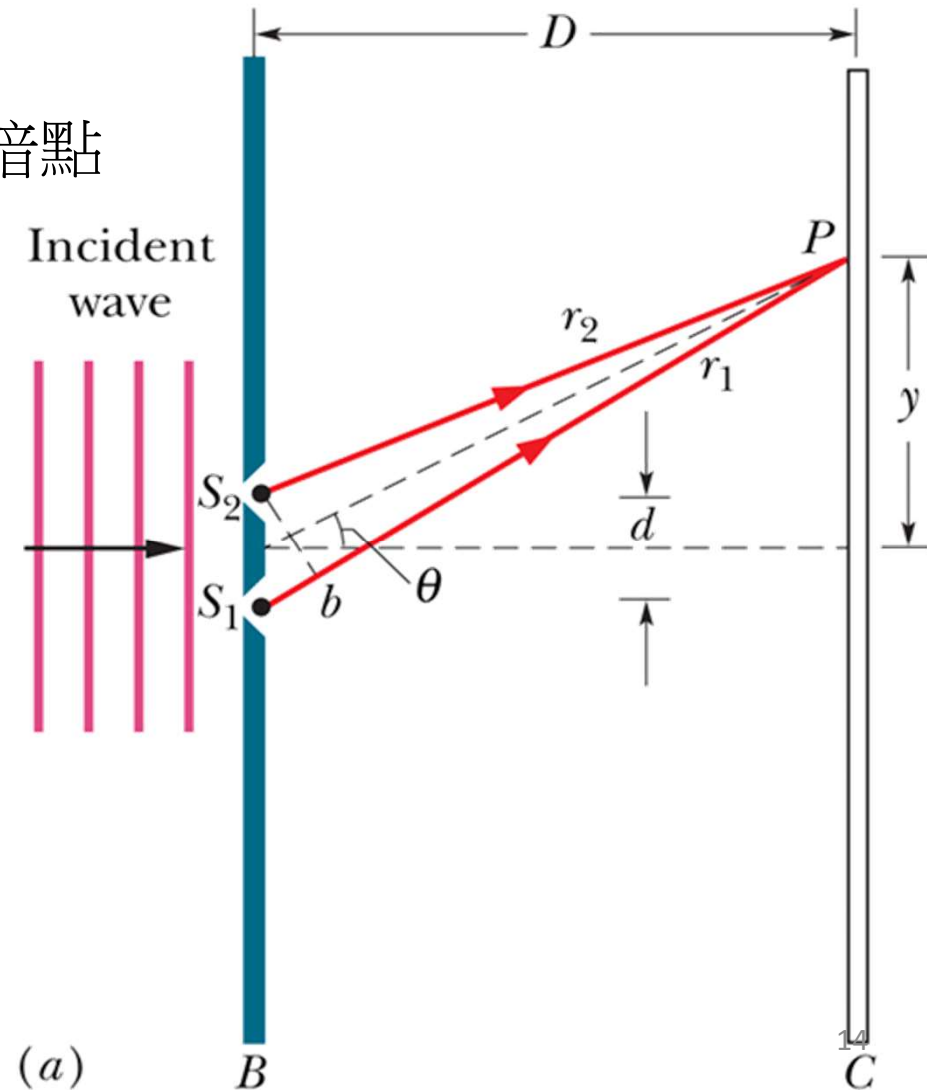
$$D \gg y_m$$

$$\tan \theta_m = \frac{y_m}{D} = \sin \theta_m$$

第 m 個亮點到中央亮點之距離

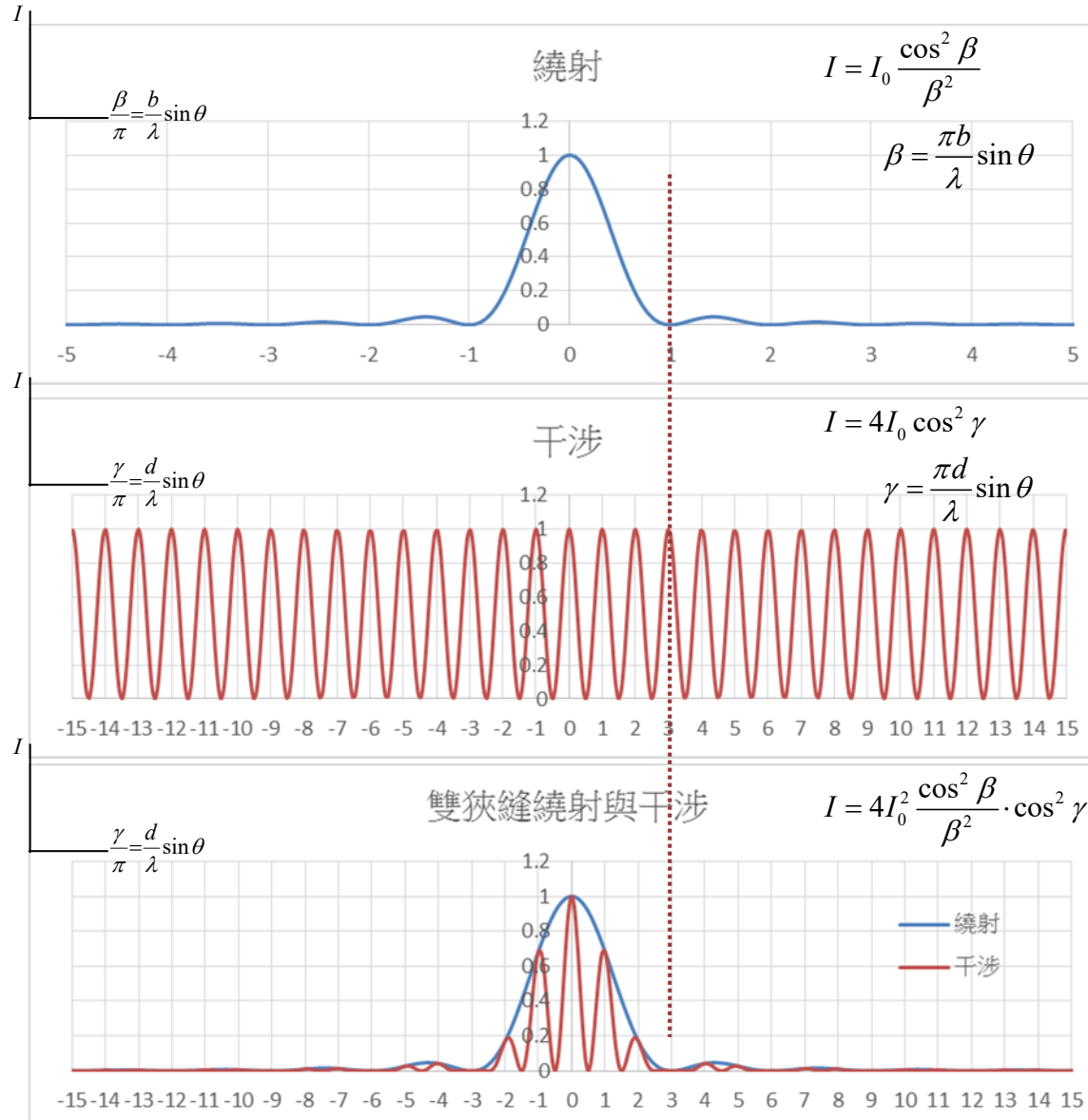
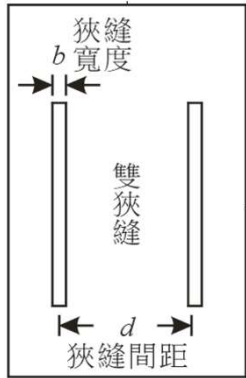
$$y_m = m \frac{D\lambda}{d}$$

$$\Delta y_m = y_{m+1} - y_m = \frac{D\lambda}{d}$$



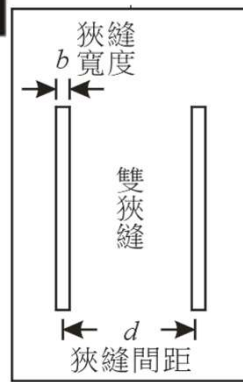
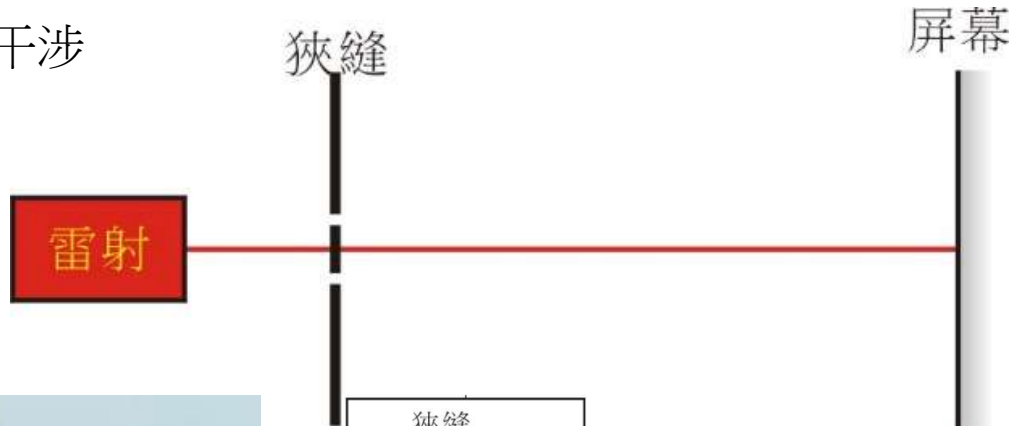


一) 雙狹縫干涉



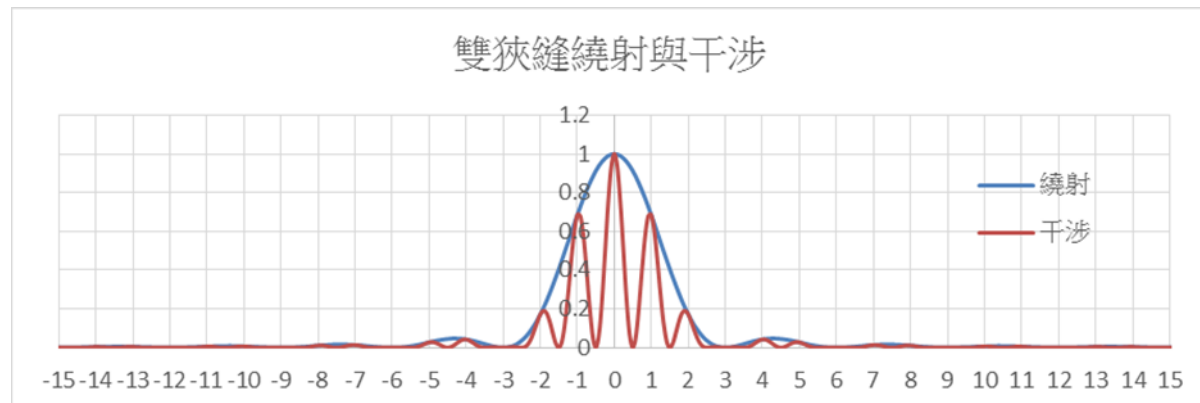
雙狹縫條紋
 $\Delta y = \frac{D\lambda}{d} = 1$
 單狹縫條紋
 $\Delta y = \frac{D\lambda}{b} = 3$

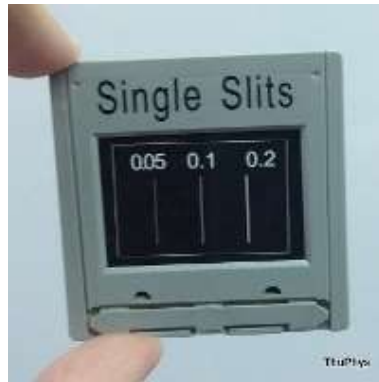
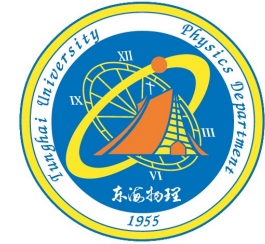
一) 繞射與干涉



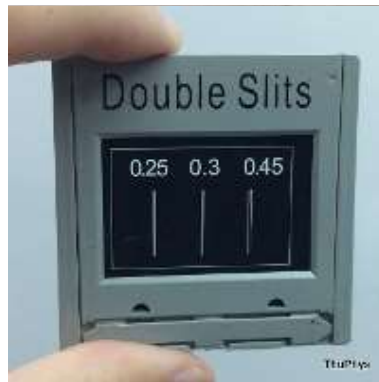
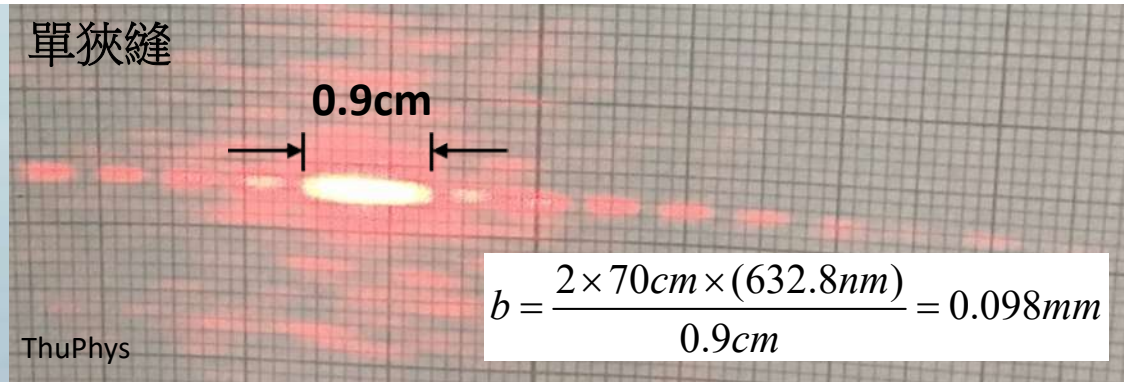
雙狹縫條紋 $\Delta y = \frac{D\lambda}{d}$

單狹縫條紋 $\Delta y = \frac{D\lambda}{b}$

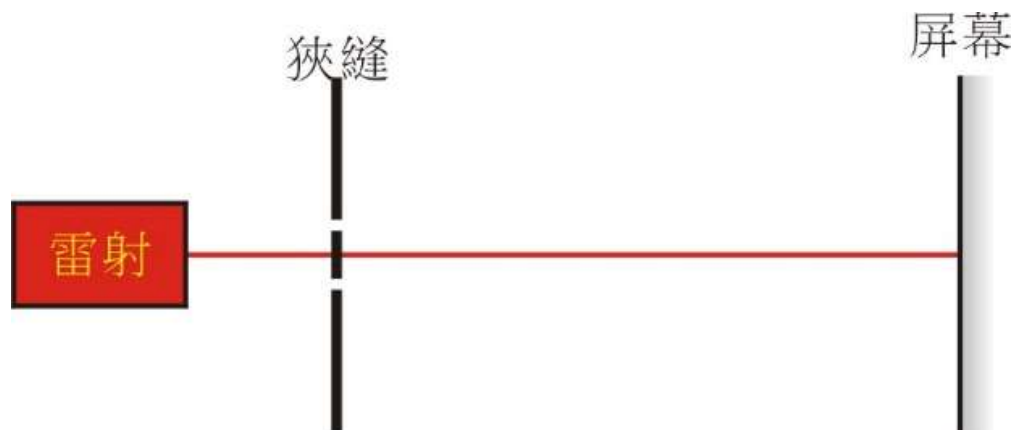
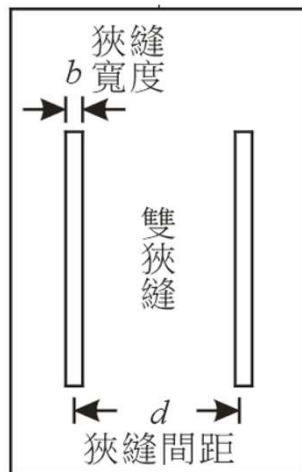
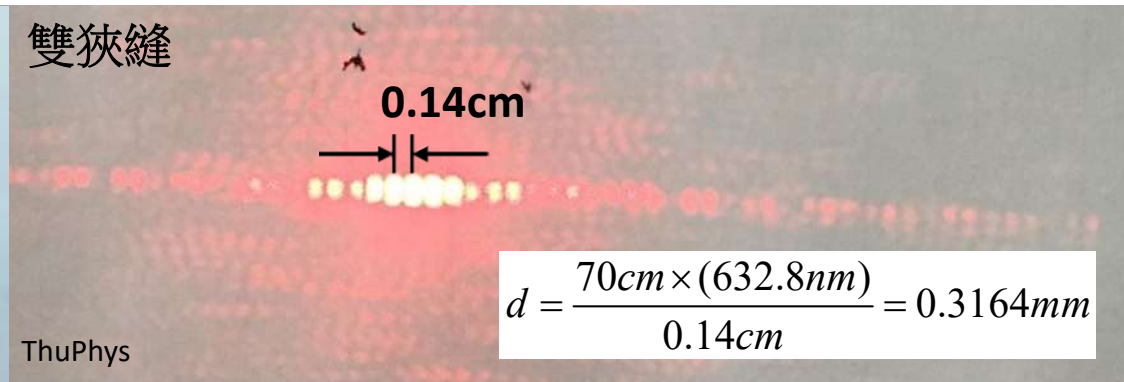




單狹縫

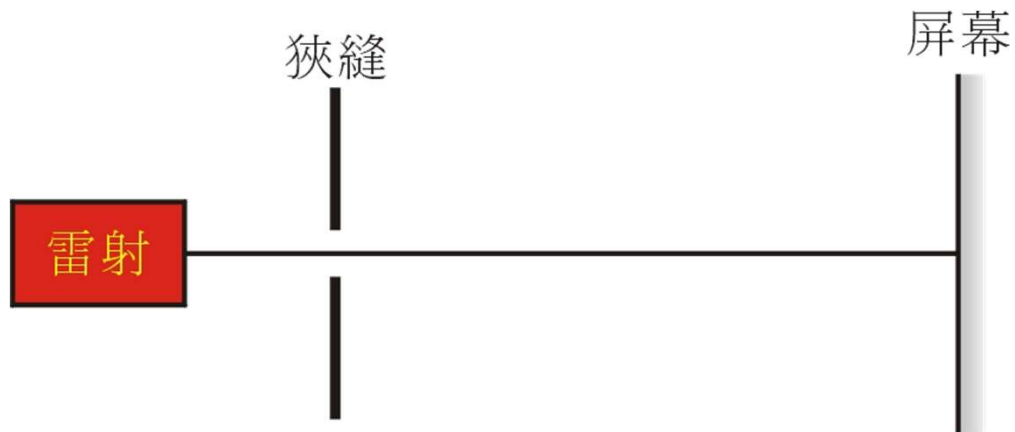


雙狹縫

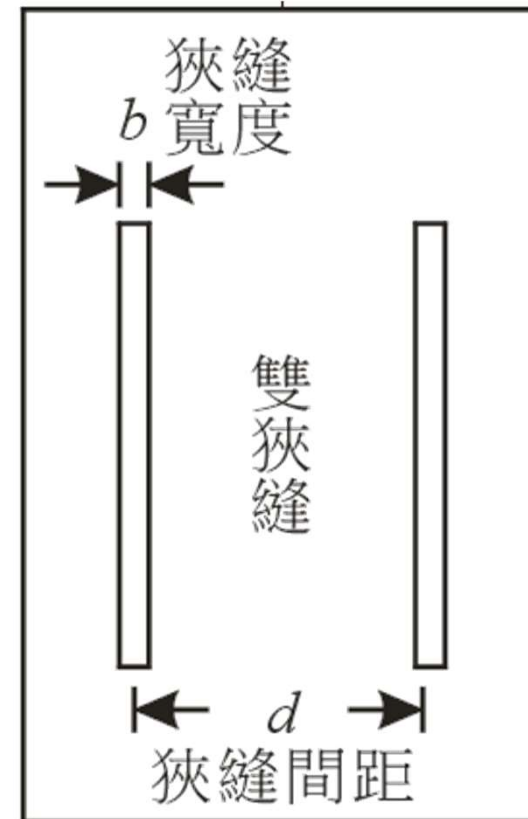




一) 雙狹縫干涉

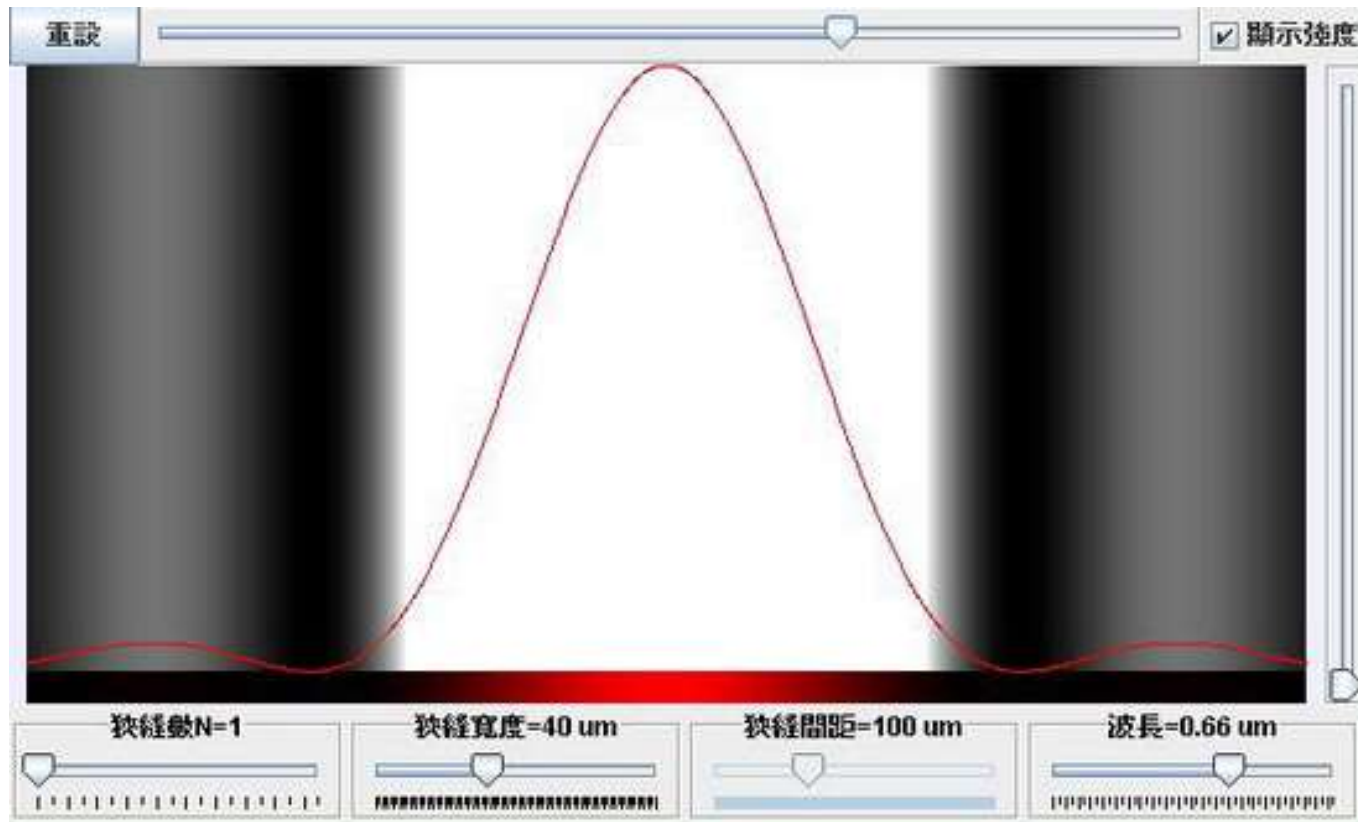


- ➡ 單狹縫
- ➡ 雙狹縫
- ➡ 三狹縫
- ➡ 六狹縫





一) 單狹縫繞射

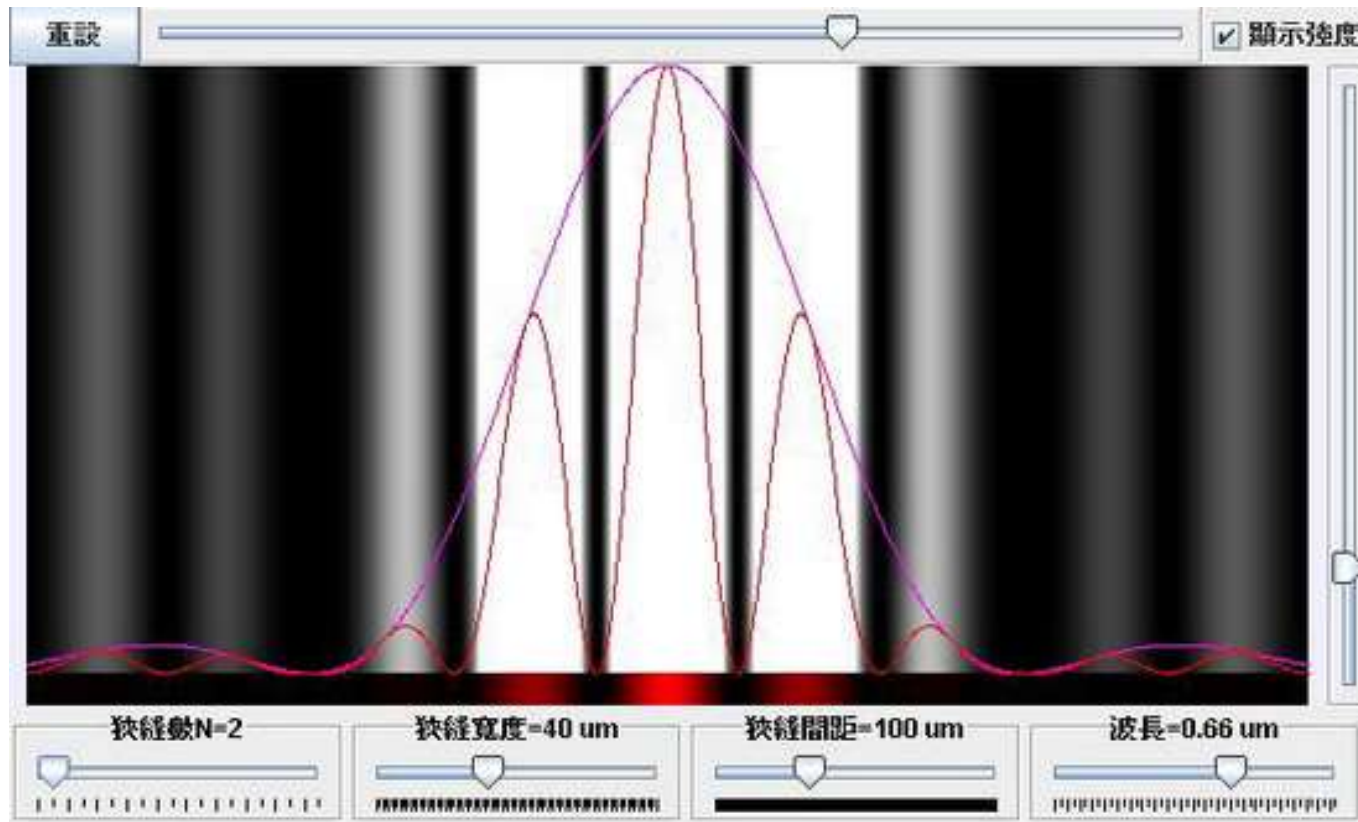


師大物理教學示範實驗室 黃福坤教授

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/mod/resource/view.php?id=478>



一) 雙狹縫干涉

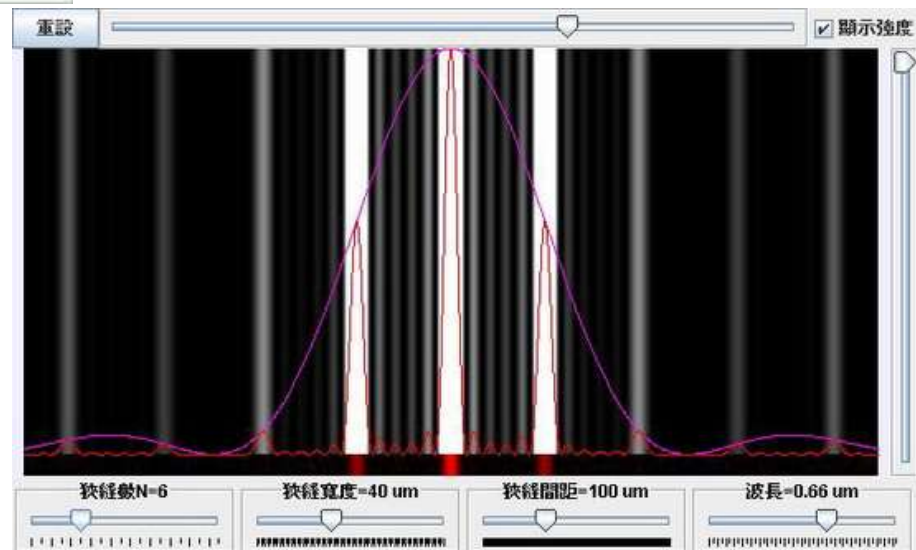
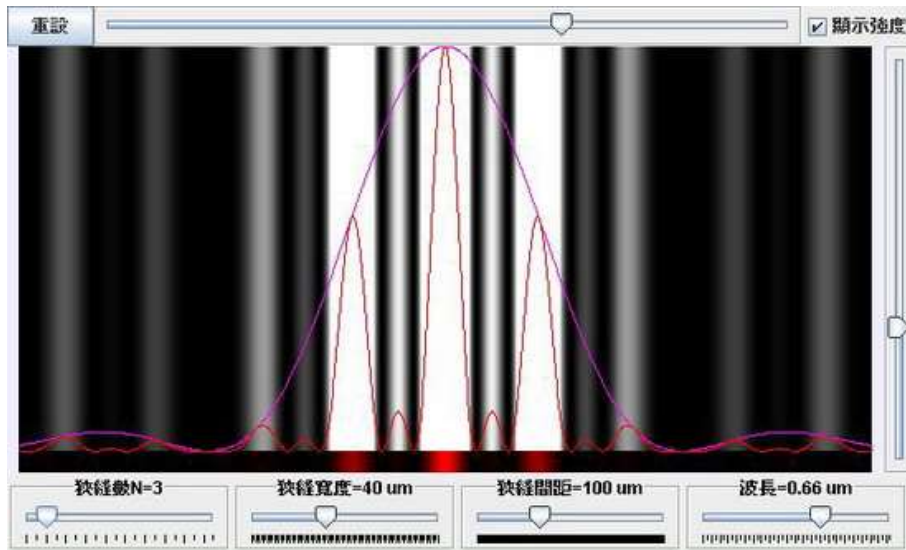


師大物理教學示範實驗室 黃福坤教授

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/mod/resource/view.php?id=478>



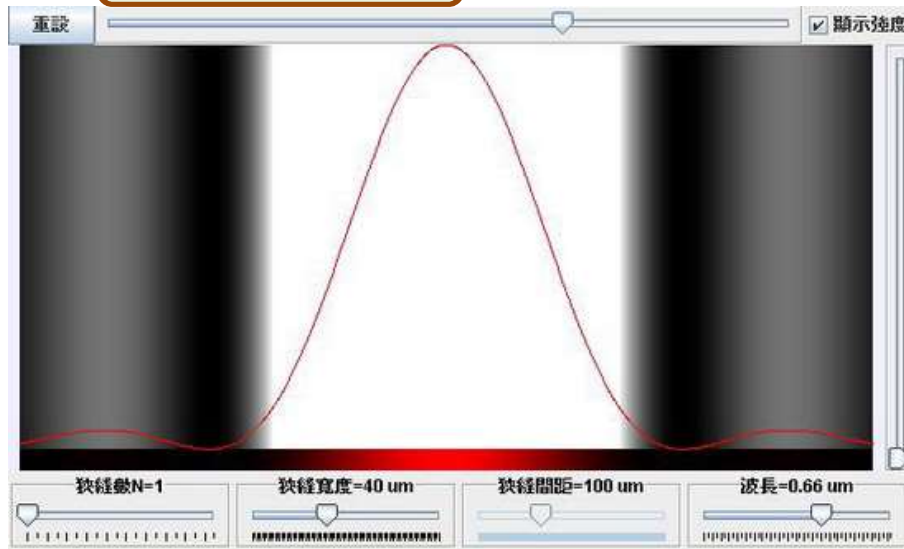
一) 三狹縫、六狹縫



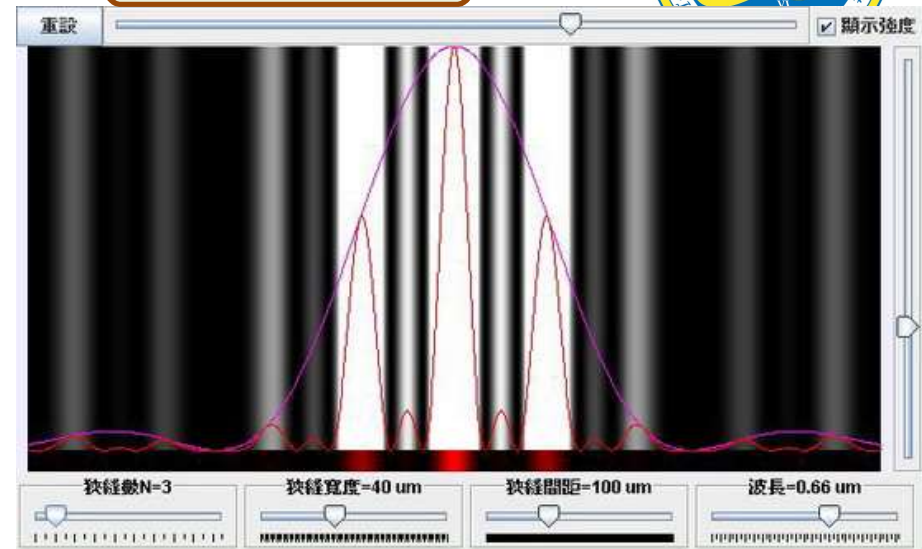
師大物理教學示範實驗室 黃福坤教授

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/mod/resource/view.php?id=478>

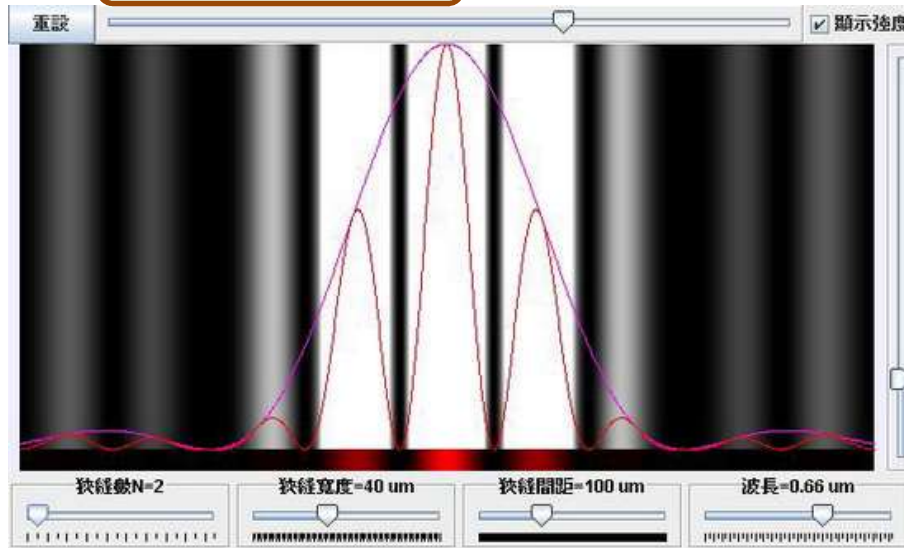
狹縫數 $N=1$



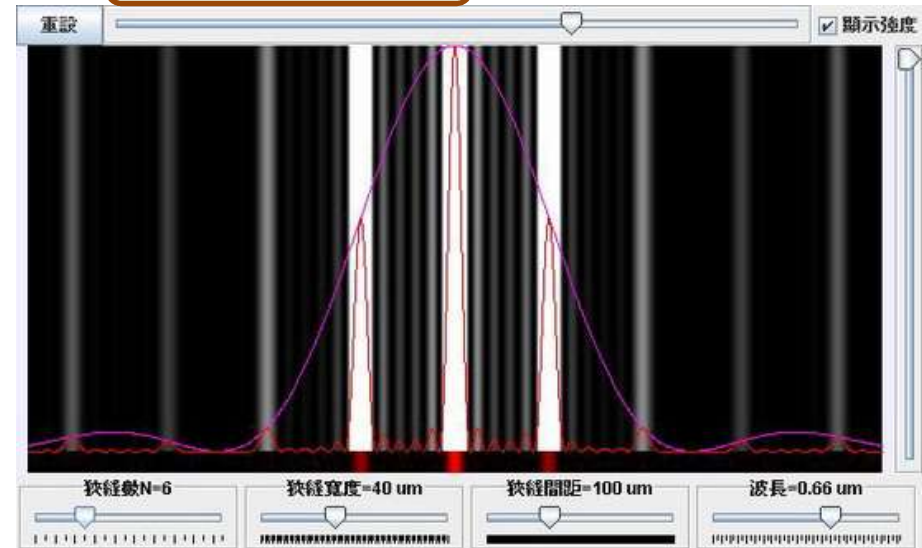
狹縫數 $N=3$

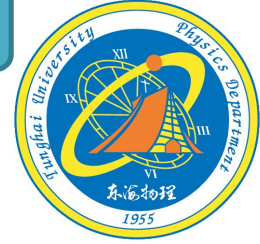


狹縫數 $N=2$

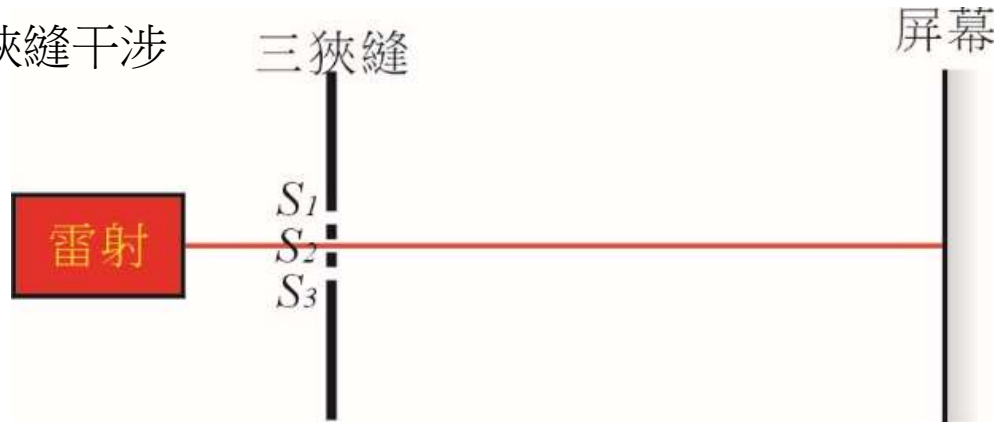


狹縫數 $N=6$

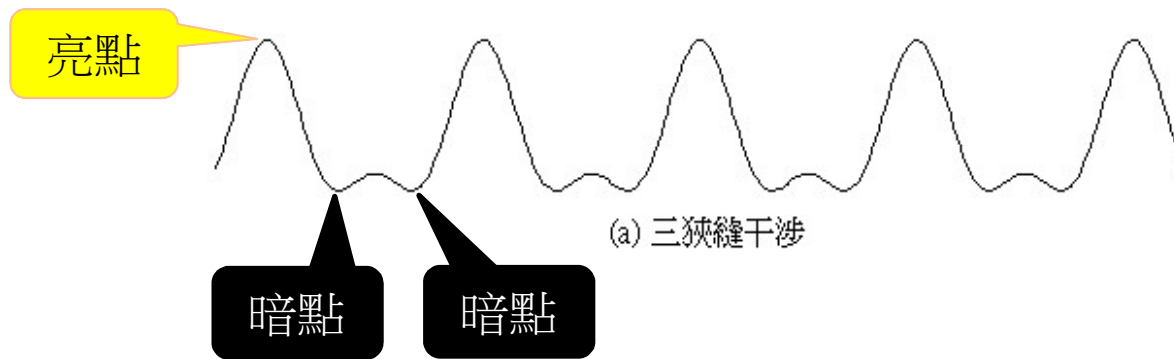




一) 狹縫干涉



對於三狹縫而言，經過其中任兩個鄰近狹縫（s1和s2）的光會因破壞性干涉而相互抵銷，剩餘經過第三個狹縫（s3）的光會因為無其他干涉效應而於紙屏上呈現一較為微弱的亮紋。



狹縫數 $N=3$
暗點數 $N-1=2$

$$d \sin \theta_m = m\lambda \quad P \text{ 為第 } m \text{ 個亮點}$$

$$d \sin \theta_m = (m \pm \frac{1}{3})\lambda \quad P \text{ 為第 } m \text{ 個暗點}$$

一) 狹縫干涉

當四狹縫間兩相鄰狹縫的光程差為 $1/4$ 、 $2/4$ 或 $3/4$ 波長時，其光強度都將為零。所以可推導得知，四狹縫干涉形成破壞性干涉的條件將為 $d \sin \theta_m = (m \pm \frac{1}{4})\lambda$ 或 $d \sin \theta_m = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ，

其中 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ 。

同樣的推理方式可用於預測五狹縫、六狹縫以及多狹縫的干涉圖形，形成破壞性干涉的條件為 $d \sin \theta_m = (m \pm \frac{n}{N})\lambda$ ，其中 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ ， N 是狹縫數， $n = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$ 。暗紋間距

為 $\Delta y_m = \frac{D\lambda}{Nd}$ 。



(a) 三狹縫干涉

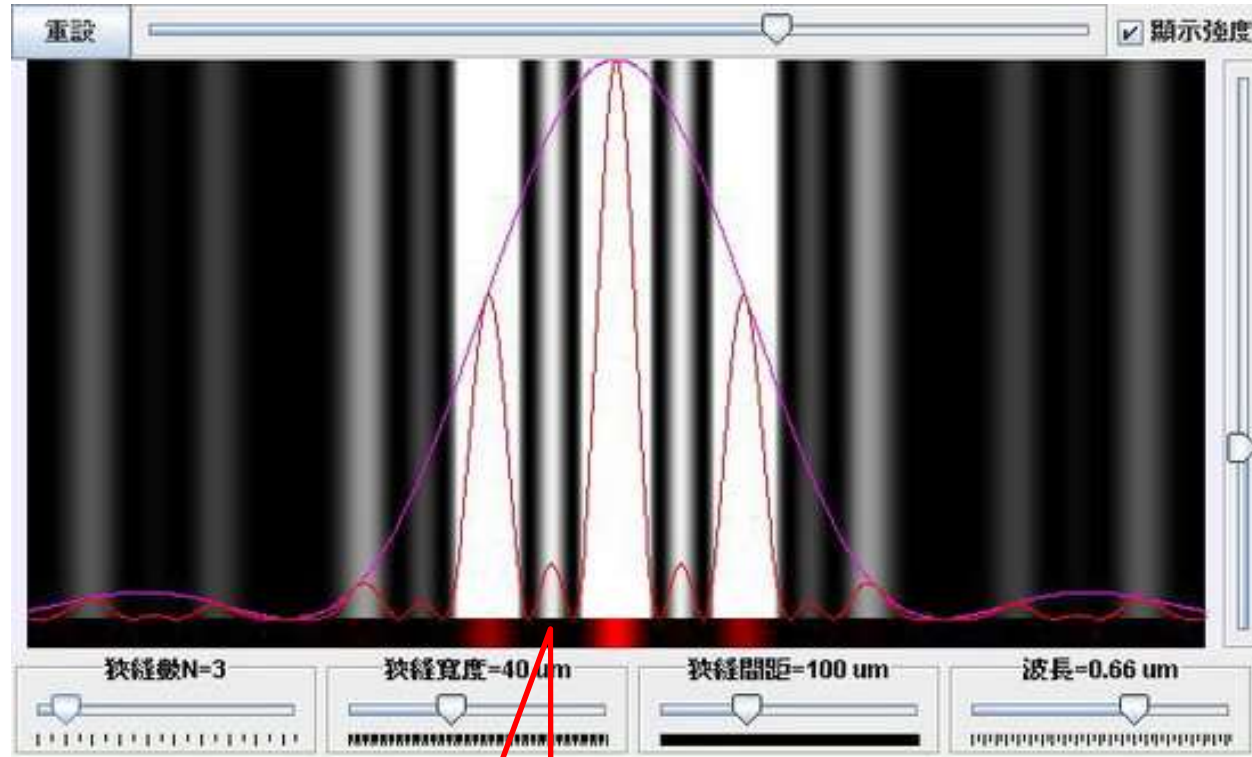


(b) 四狹縫干涉



一) 三狹縫

拍攝
三狹縫
六狹縫
干涉圖形時
建議讓手機
過渡曝光
這樣可能
有機會
可以拍出細節



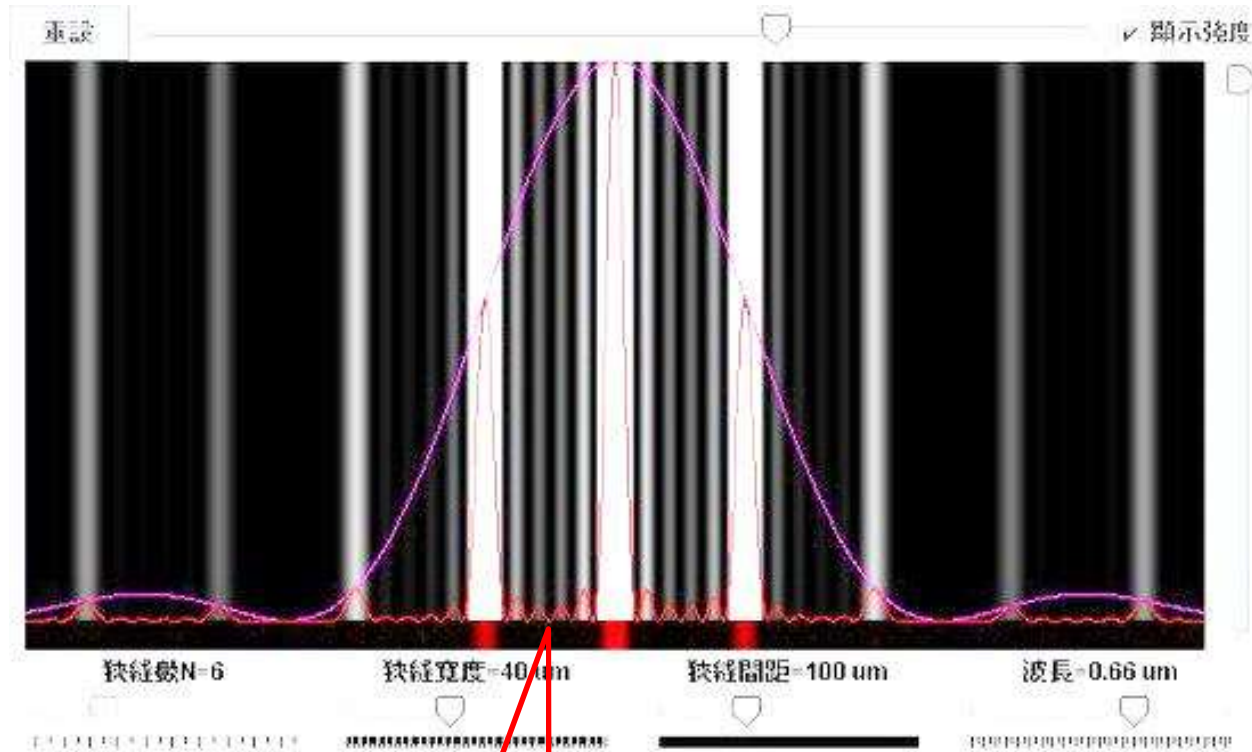
三狹縫

狹縫數 $N=3$
暗點數 $N-1=2$

一) 六狹縫

拍攝

- 三狹縫
- 六狹縫
- 干涉圖形時
- 建議讓手機
- 過渡曝光
- 這樣可能
- 有機會
- 可以拍出細節

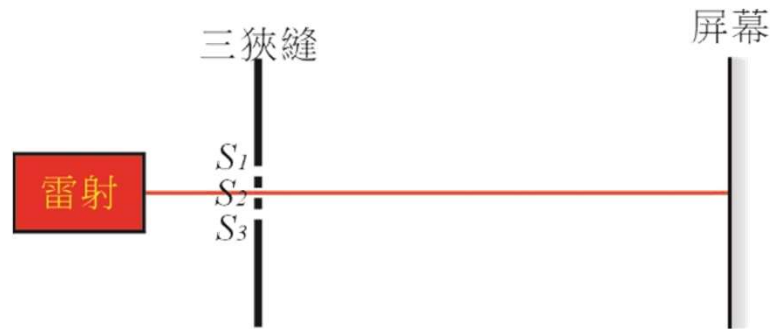


六狹縫

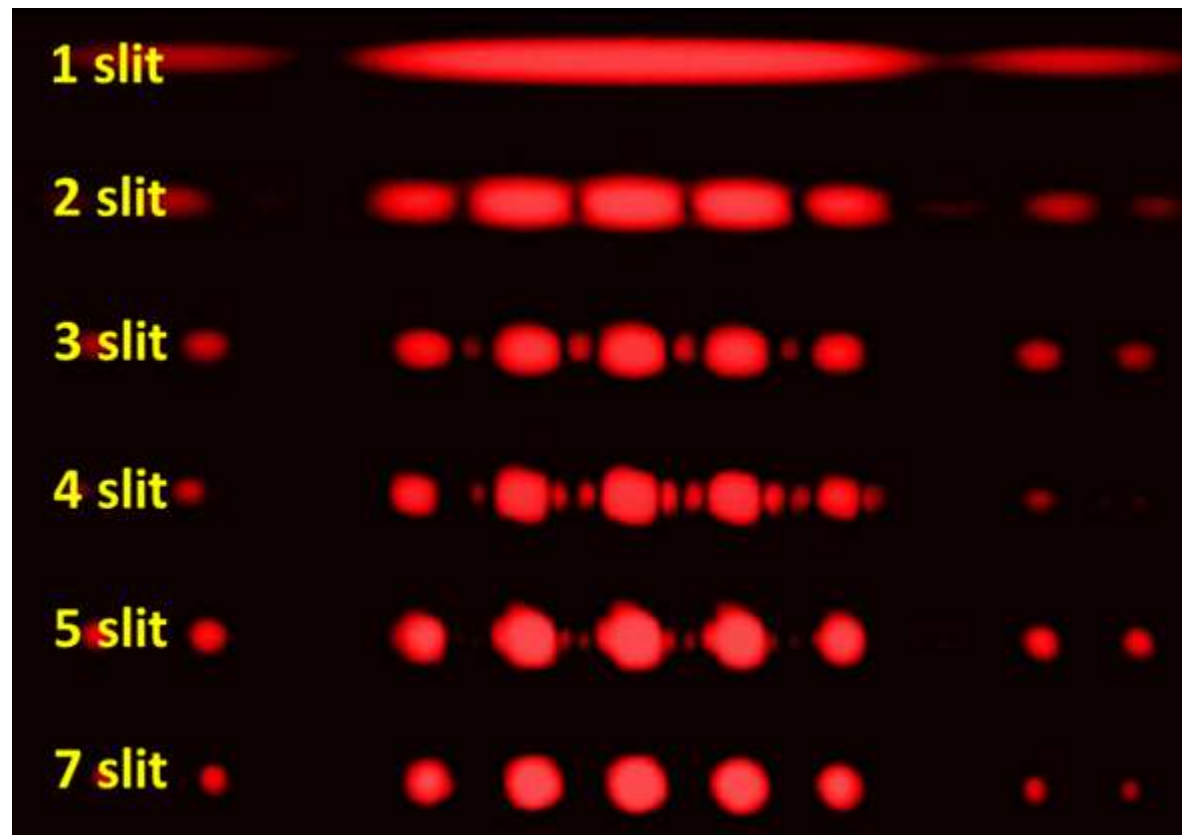
狹縫數 $N=6$
暗點數 $N-1=5$



一) 狹縫干涉



http://www.physics.usyd.edu.au/teach_res/hsp/sp/mod31/m31_Grating.htm

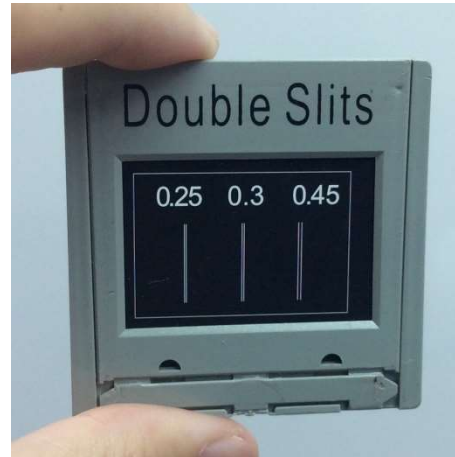


一) 狹縫、光柵

單狹縫



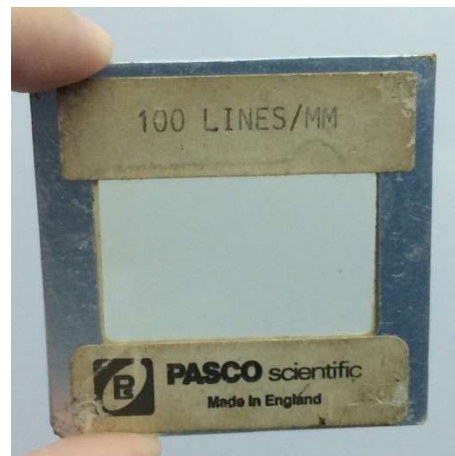
雙狹縫



光柵 80 lines/mm



光柵 100 lines/mm





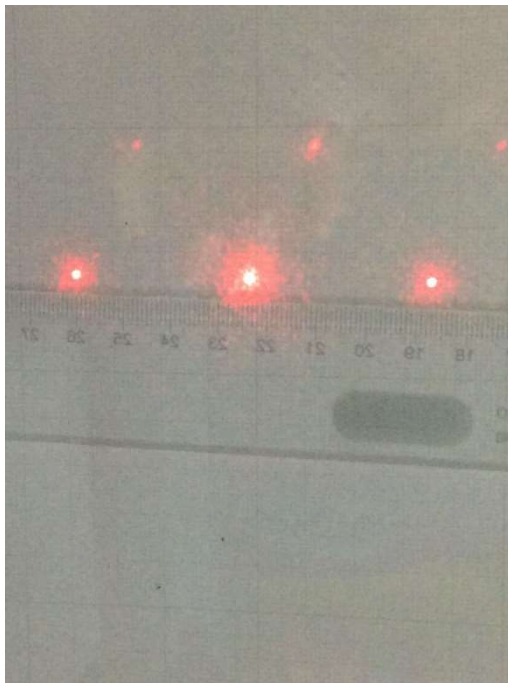
一) 狹縫干涉

光柵 (80lines/mm)
(100lines/mm)
(300lines/mm)

屏幕

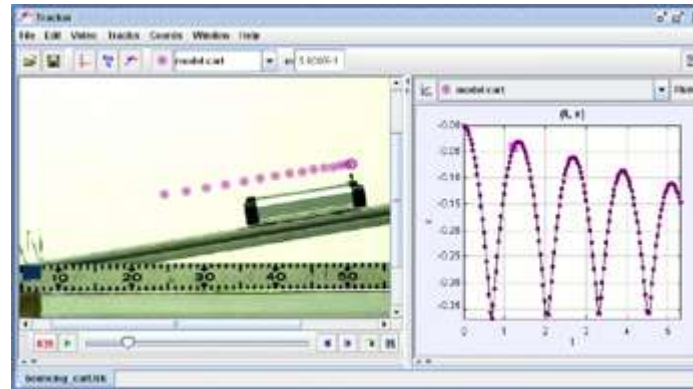


光柵---屏幕>>70公分



一) 狹縫干涉

利用 Tracker 軟體
分析狹縫間距 (或寬度)



Track 控制項

描繪設定 A 平鋪 0

已使用記憶體: 84MB 的 247MB

描繪 描繪設定 A

描繪設定 A (x, luma)

luma

x (m) $\times 10^{-2}$

表格資料 描繪設定 A

n	x (m)	y (m)	luma
0	1.801E-2	-3.953E-5	61.7
1	1.598E-2	-3.953E-5	61.7
2	1.595E-2	-3.953E-5	61.9
3	1.592E-2	-3.953E-5	62.0
4	1.588E-2	-3.953E-5	62.2
5	1.585E-2	-3.953E-5	62.3
6	1.582E-2	-3.953E-5	62.3
7	1.579E-2	-3.953E-5	62.4
8	1.575E-2	-3.953E-5	62.7
9	1.572E-2	-3.953E-5	62.9
10	1.569E-2	-3.953E-5	63.3
11	1.566E-2	-3.953E-5	63.3
12	1.563E-2	-3.953E-5	63.6
13	1.560E-2	-3.953E-5	64.1

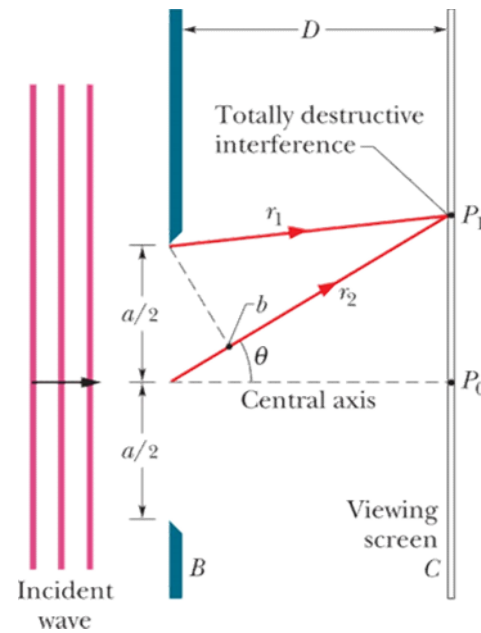
滑鼠左鍵按在线上
可以移動位置

线上的
強度分布圖

強度分布
資料表

(一) 繞射干涉

- 單狹縫繞射
- 雙狹縫干涉
- 三狹縫干涉
- 六狹縫干涉

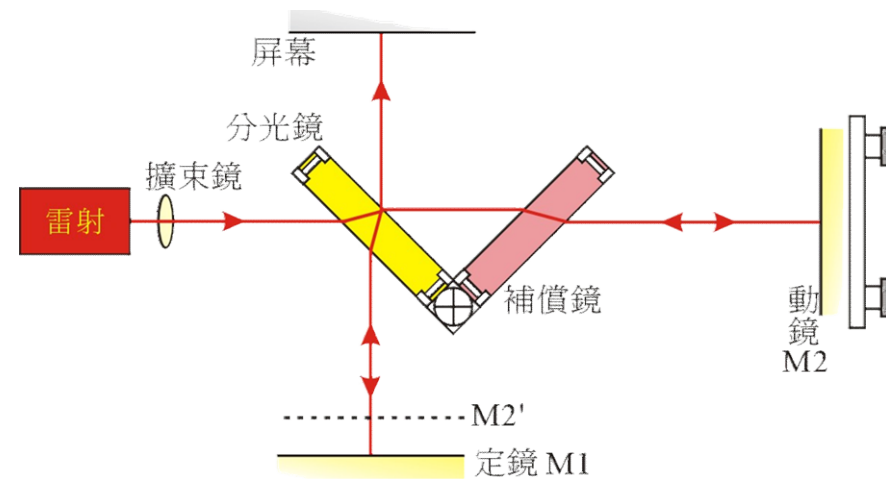


(二) 邁克森干涉儀

- 等傾干涉條紋
- 等厚干涉條紋

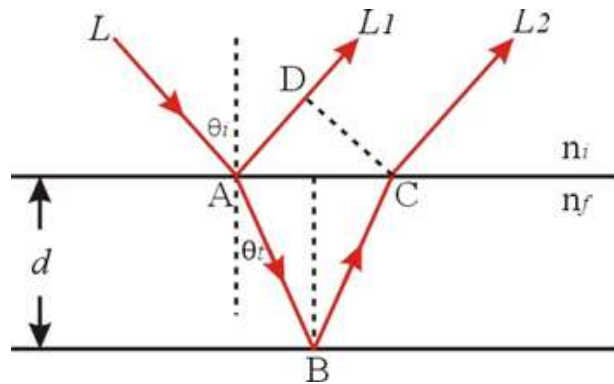
(三) 干涉的應用

- 雷射波長
- 空氣折射率
- 透明介質
- 鈉光波長
- 鈉光雙黃線



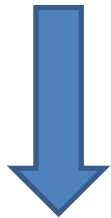


二) 邁克森干涉儀



亮紋...C點 和 D點 有相同相位
所以 光程差為

$$\Lambda = n_f (\overline{AB} + \overline{BC}) - n_i (\overline{AD})$$



$$\Lambda = n_f \frac{2d}{\cos \theta_t} - n_i (2d \tan \theta_t) \left(\frac{n_f}{n_i} \sin \theta_t \right)$$

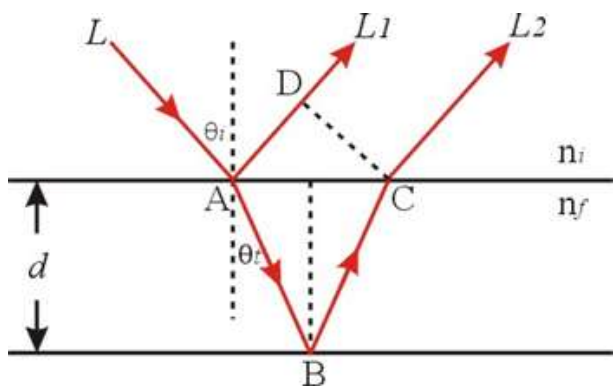
$$= 2n_f d \cos \theta_t$$

$$\overline{AB} = \overline{BC} = \frac{d}{\cos \theta_t}$$

$$\overline{AD} = \overline{AC} \sin \theta_i = (2d \tan \theta_t) \left(\frac{n_f}{n_i} \sin \theta_t \right)$$

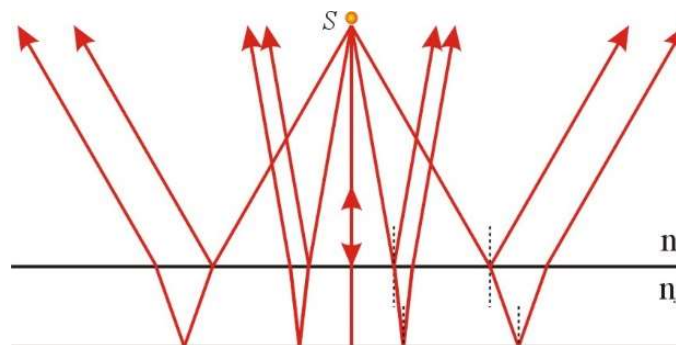
$$n_i \sin \theta_i = n_f \sin \theta_t$$

二) 邁克森干涉儀



$$\Delta = 2n_f d \cos \theta_t$$

- 1-固定d
等傾條紋
- 2-固定 θ_t
等厚條紋



(a) 单色点光源照明

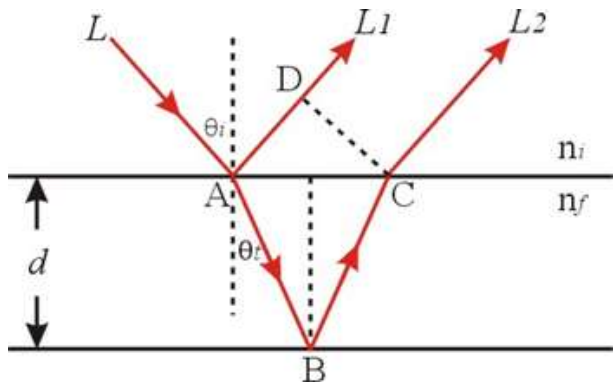
(b) 等傾干涉图样

(c) 单色扩展光源照明

等傾干涉的特点

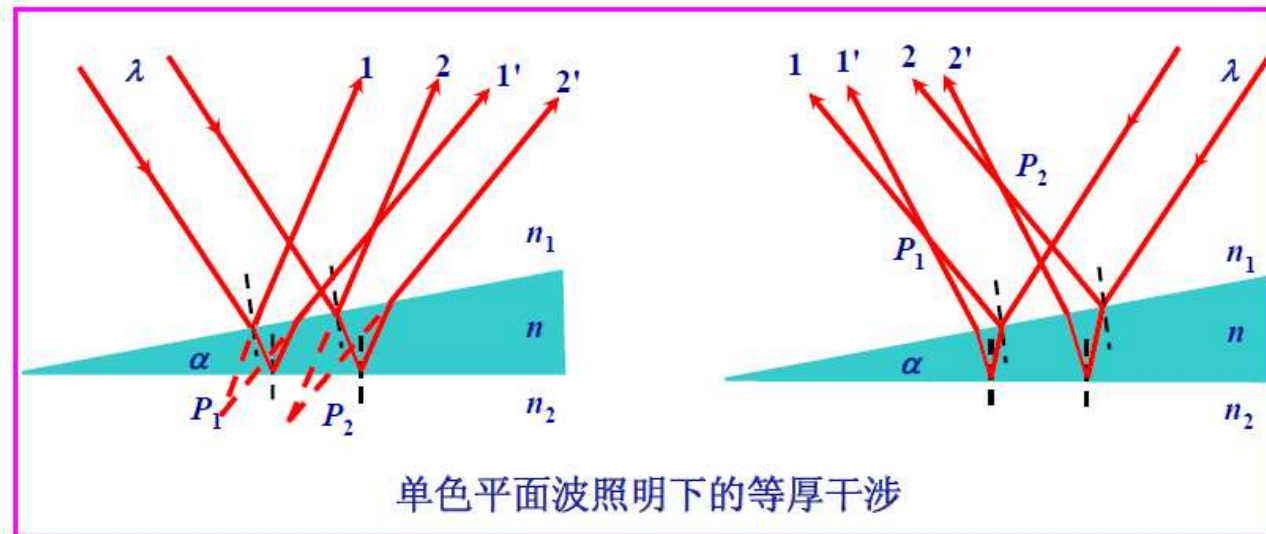
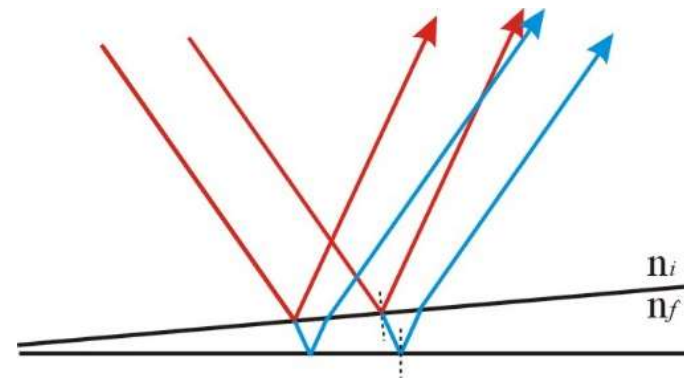


二) 邁克森干涉儀



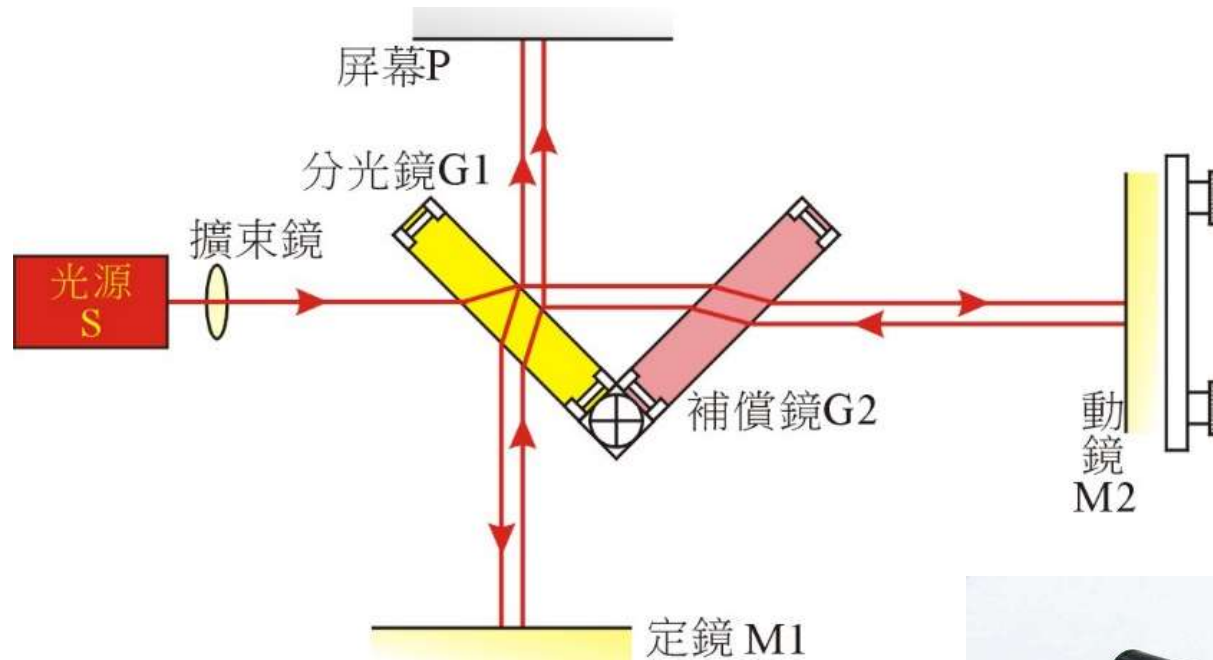
$$\Delta = 2n_f d \cos \theta_t$$

- 1-固定d
等傾條紋
- 2-固定 θ_t
等厚條紋



单色平面波照明下的等厚干涉

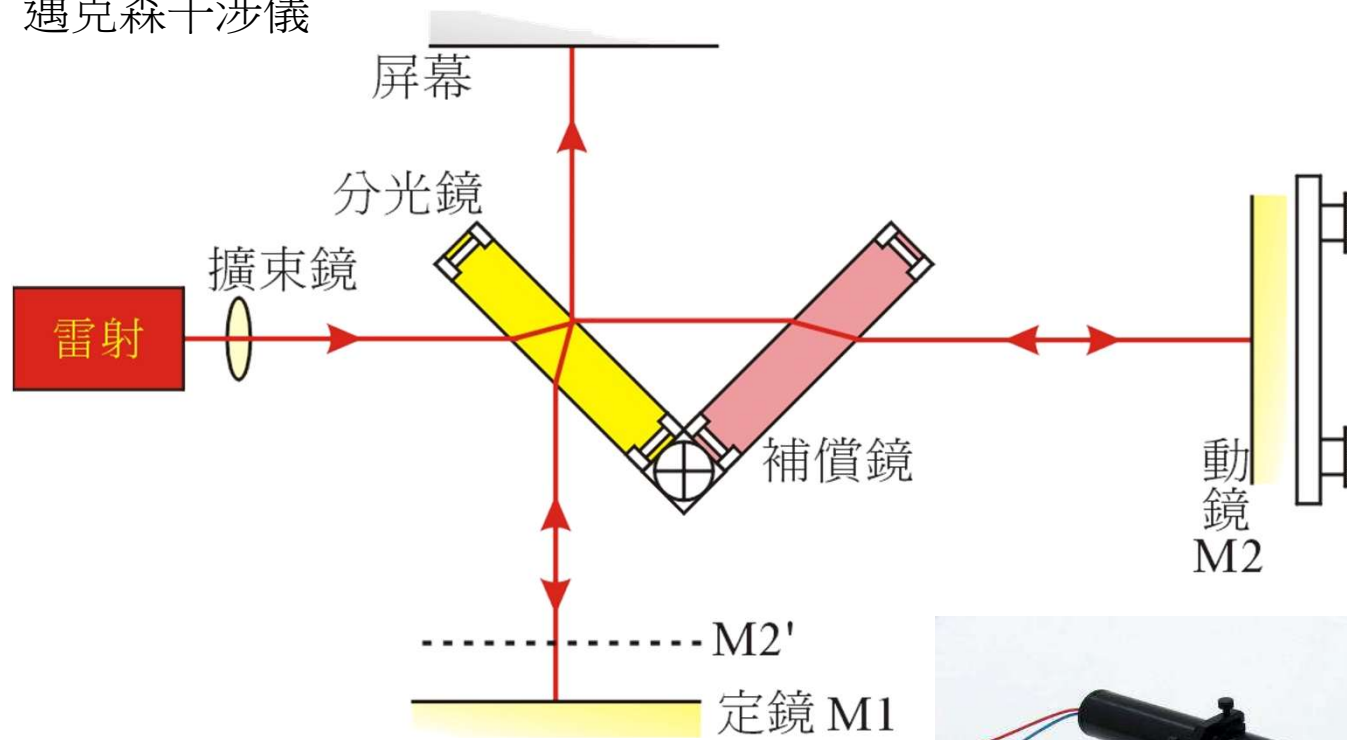
二) 邁克森干涉儀



補償鏡：其主要功能是保證兩部份的光線均穿過相同厚度的玻璃，但對單色光而言，光線經分光鏡不會有色散產生，也可以不加此補償鏡片。



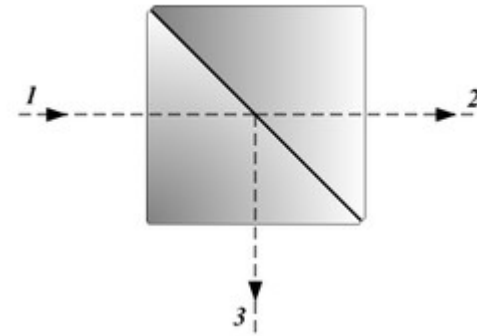
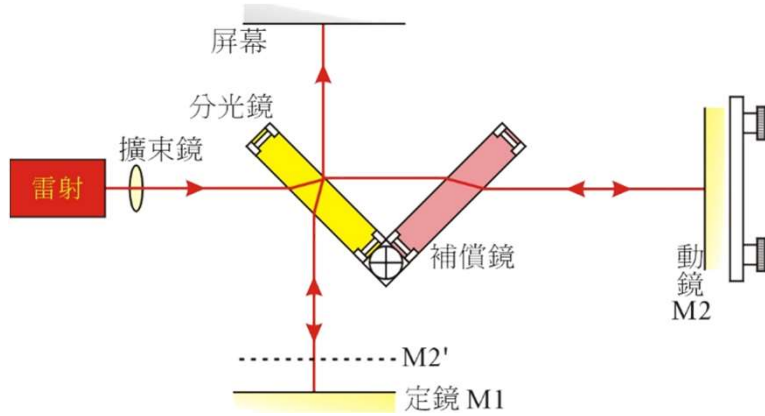
二) 邁克森干涉儀



補償鏡：其主要功能是保證兩部份的光線均穿過相同厚度的玻璃，但對單色光而言，光線經分光鏡不會有色散產生，也可以不加此補償鏡片。



二) 邁克森干涉儀

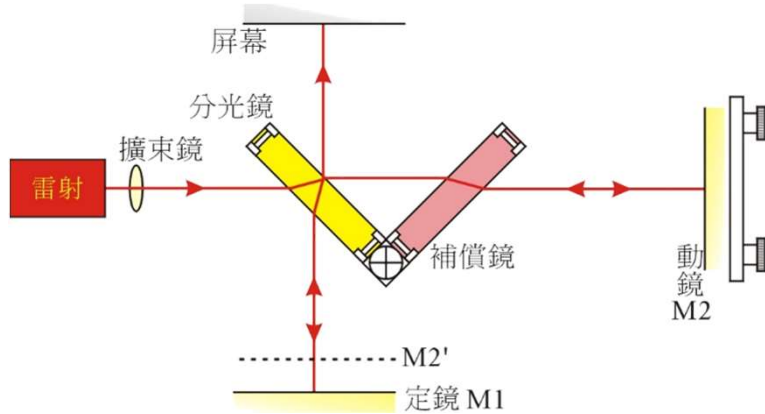


分光鏡的運作展示圖

- 1 - 入射光
- 2 - 50% 穿透光
- 3 - 50% 反射光

<https://zh.wikipedia.org/wiki/分光鏡>

二) 邁克森干涉儀



把系統拉直：

光源S

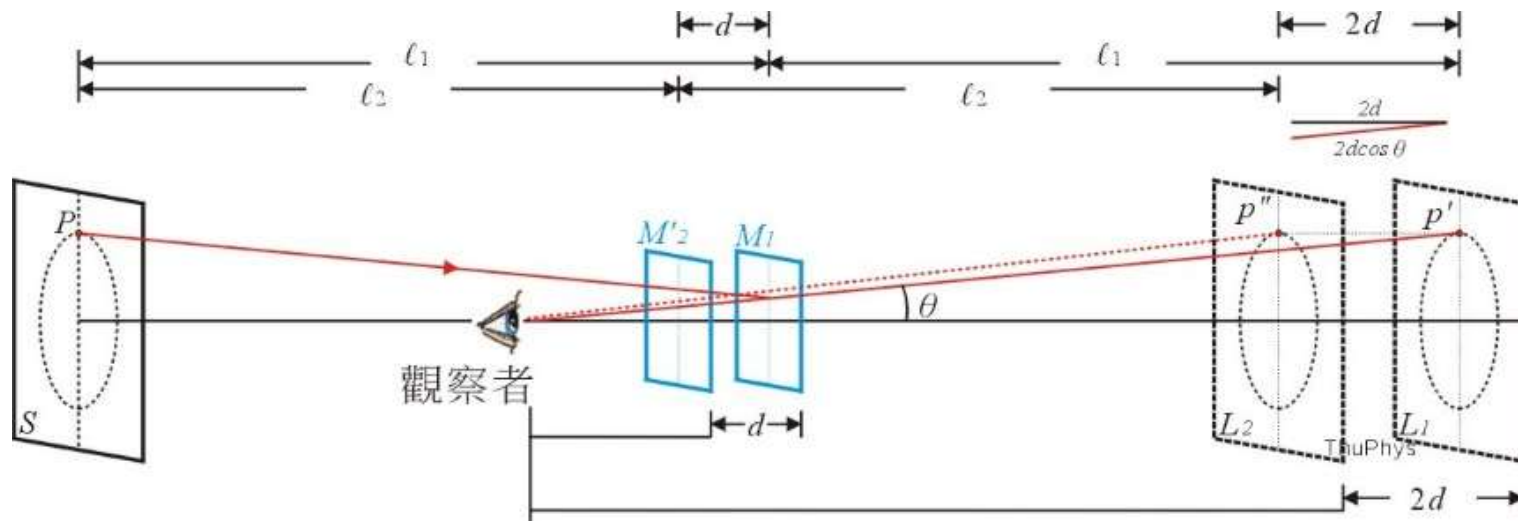
反射鏡M1

反射鏡M2的影像M'2

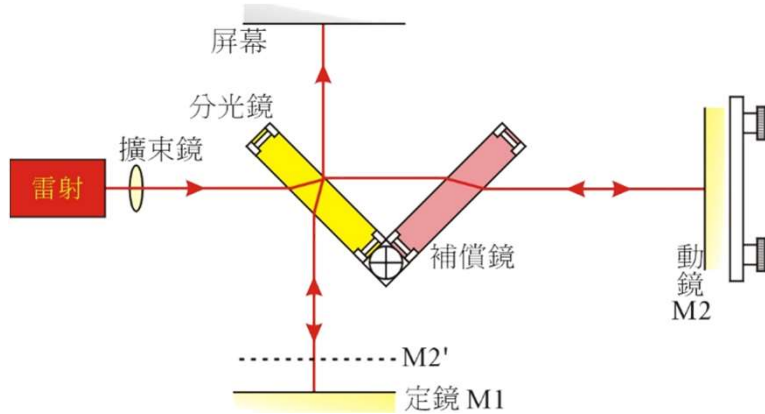
光源S上一點P（點光源）在反射鏡M1和M'2上所形成的像分別是L1和L2。

假設M1和M'2平行，且距離為d

則L1和L2會有一個 $2d\cos\theta$ 的光程差。

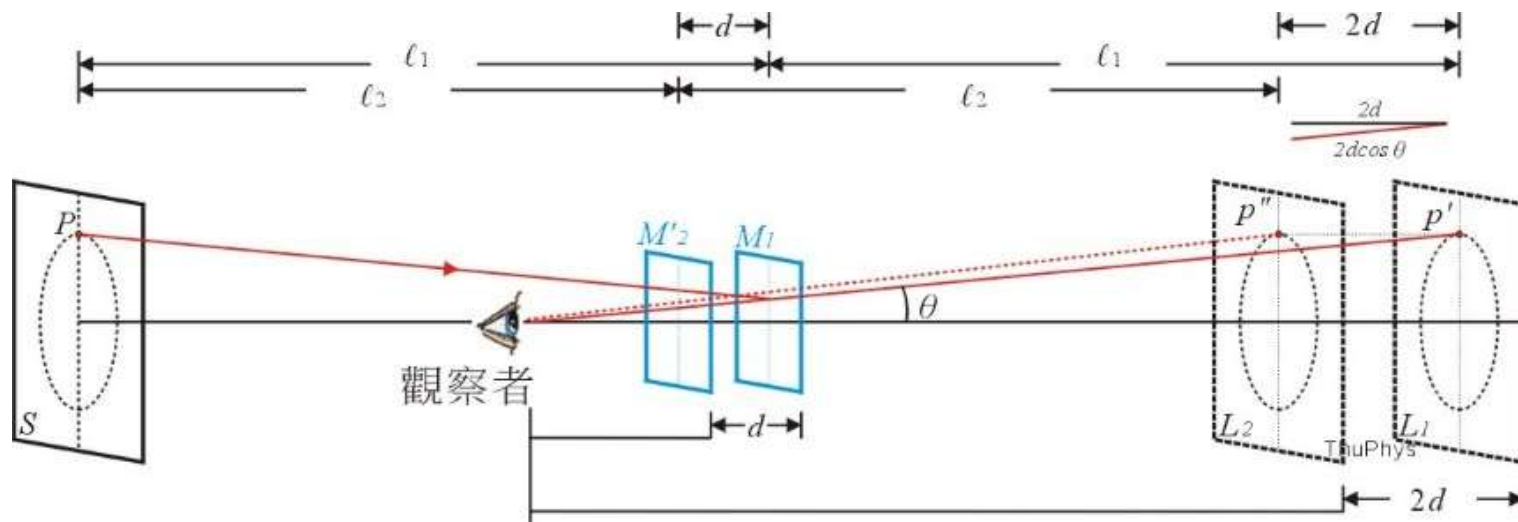


二) 邁克森干涉儀



$$2d\cos\theta = m\lambda \dots \text{亮紋}$$

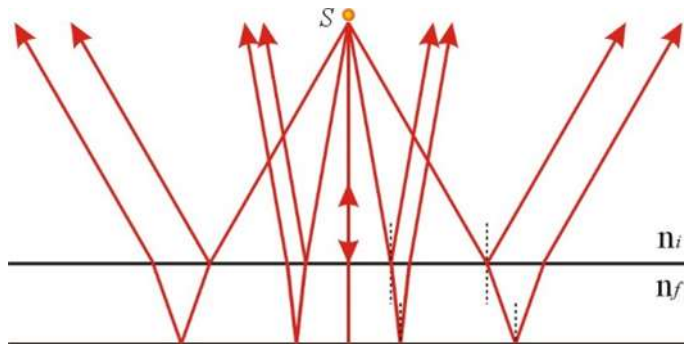
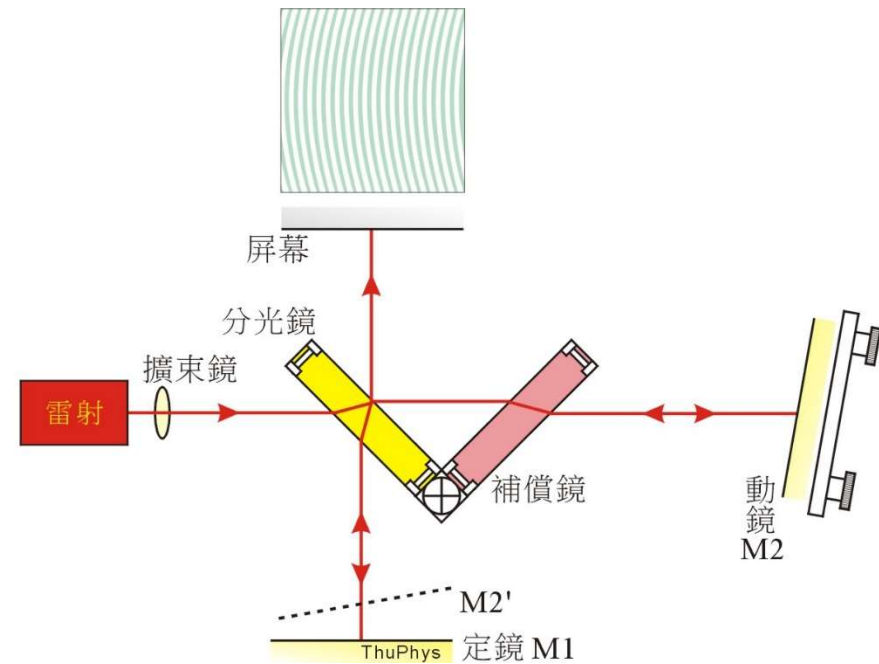
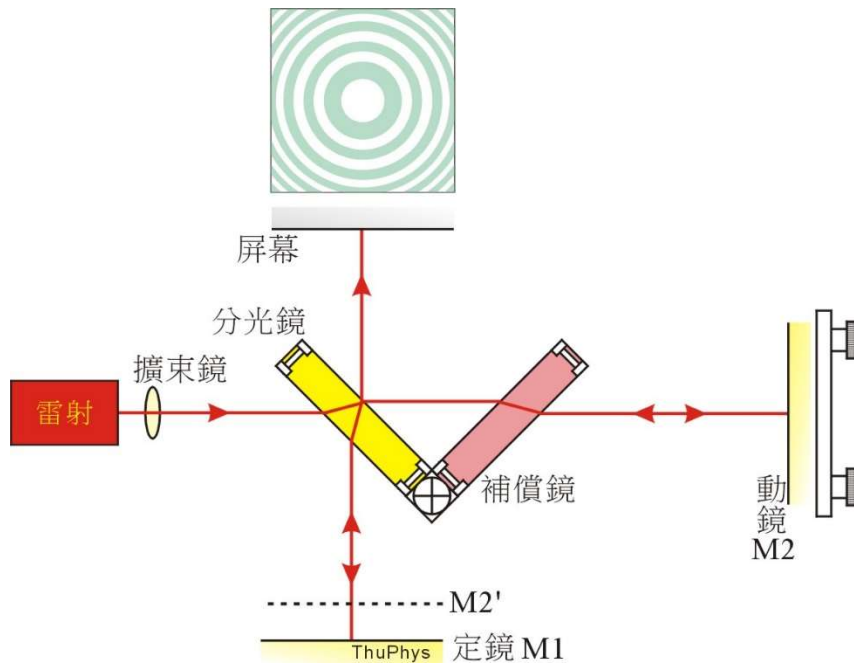
$$2d\cos\theta = (m + 1/2)\lambda \dots \text{暗紋}$$



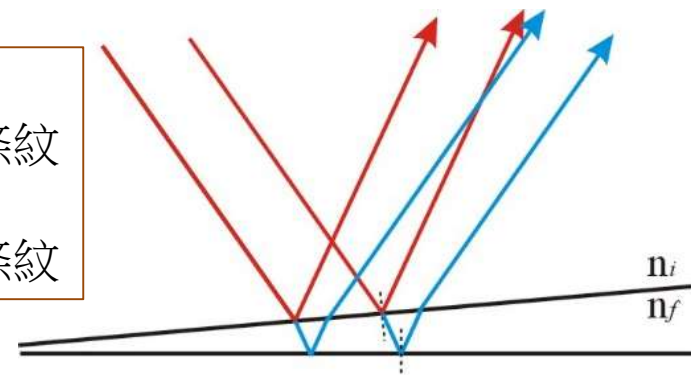
二) 邁克森干涉儀

★) 等傾干涉圖形

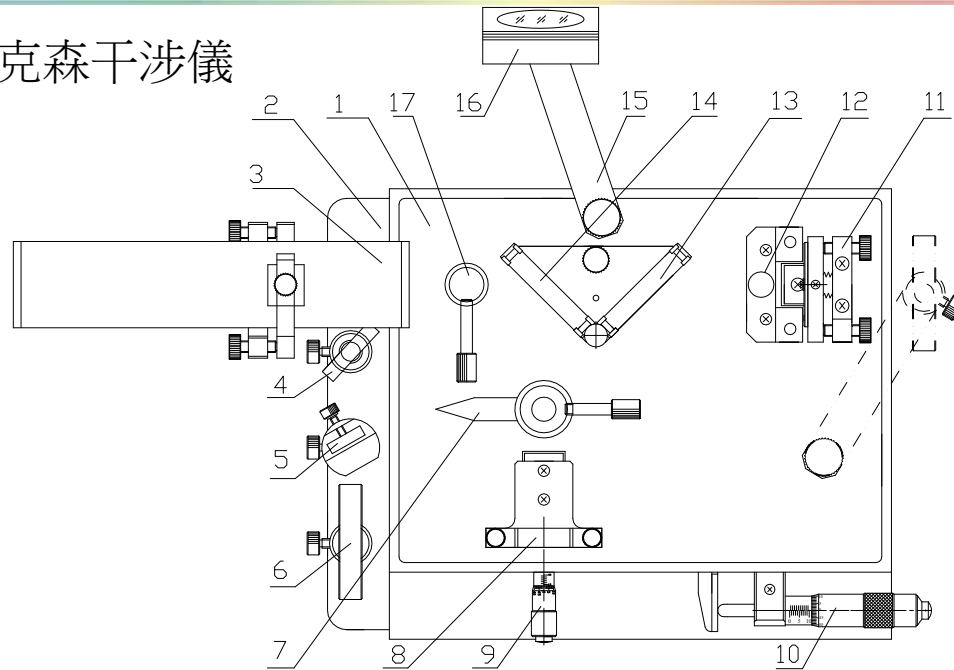
★) 等厚干涉圖形



- 1-固定d
等傾條紋
- 2-固定 θ t
等厚條紋

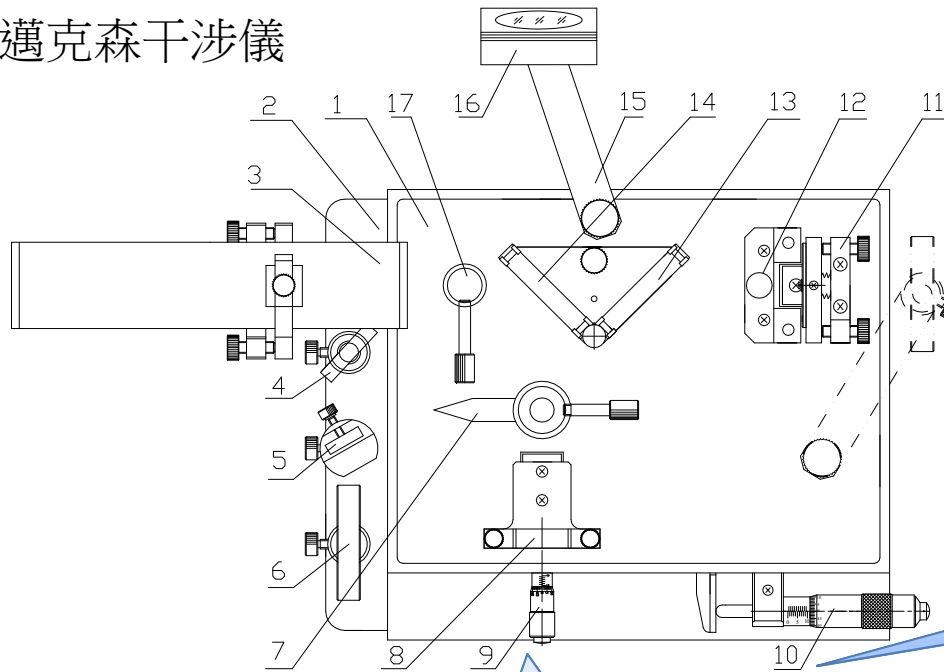


二) 邁克森干涉儀



1、底座	10、微調測微頭 (FINE MICROMETER)
2、側板	11、動鏡
3、光源 (雷射光源或鈉鎢雙燈)	12、安裝毛玻璃屏和FP鏡的小台
4、擴束器	13、補償板 (COMPENSATOR)
5、透明薄片夾	14、分束器 (BEAMSPLITTER)
6、毛玻璃屏	15、延伸架
7、旋轉指針	16、二合一觀察屏
8、定鏡 (也是FP干涉儀反射鏡)	17、擴束器安裝孔 (SOCKER2)
9、粗調測微頭 (PRESETTING MICROMETER)	

二) 邁克森干涉儀

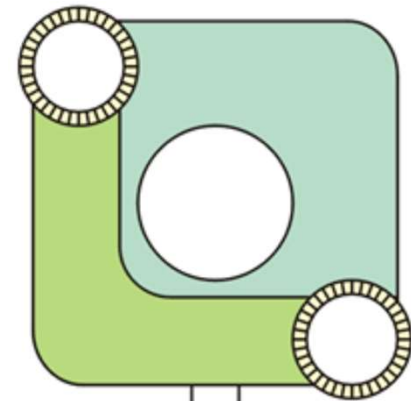


10、微調測微頭
調整動鏡前後移動

11、動鏡
鏡片前後移動
還可以上下、左右轉角度

8、定鏡
鏡片前後移動

9、粗調測微頭
調整定鏡前後移動



旋扭1：改變雷射光上下偏移
旋扭2：改變雷射光左右偏移

二) 邁克森干涉儀



透明薄片夾



擴束器



二合一觀察屏
雷射



二合一觀察屏
鈉光

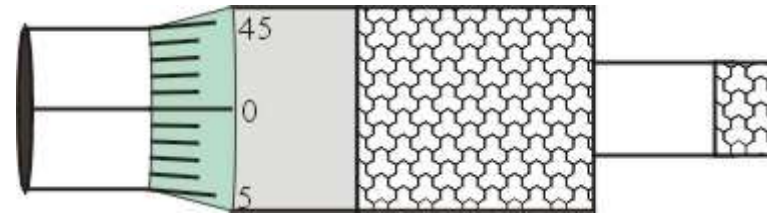
二) 邁克森干涉儀

微調測微頭 (FINE MICROMETER) (螺旋測微器)

2圈 (100小格) $\Rightarrow \Rightarrow 1\text{mm}$

1小格 $\Rightarrow \Rightarrow 0.01\text{mm}$

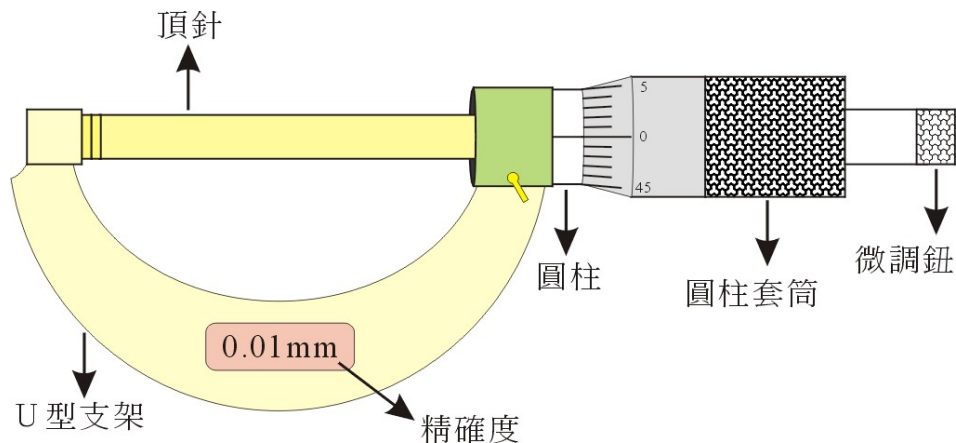
可調範圍 0-25mm



微調測微頭每旋轉一個最小刻度 (0.01mm) ，動鏡移動250nm 。

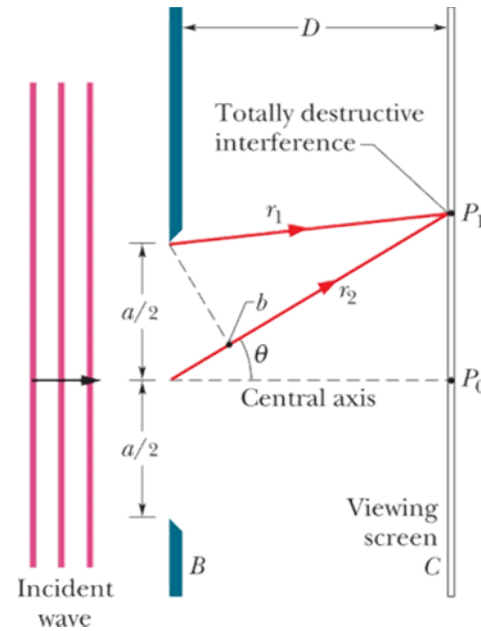
$$\frac{0.01\text{mm}}{250\text{nm}} = 40$$

干涉儀內部放大40倍。



(一) 繞射干涉

- 單狹縫繞射
- 雙狹縫干涉
- 三狹縫干涉
- 六狹縫干涉

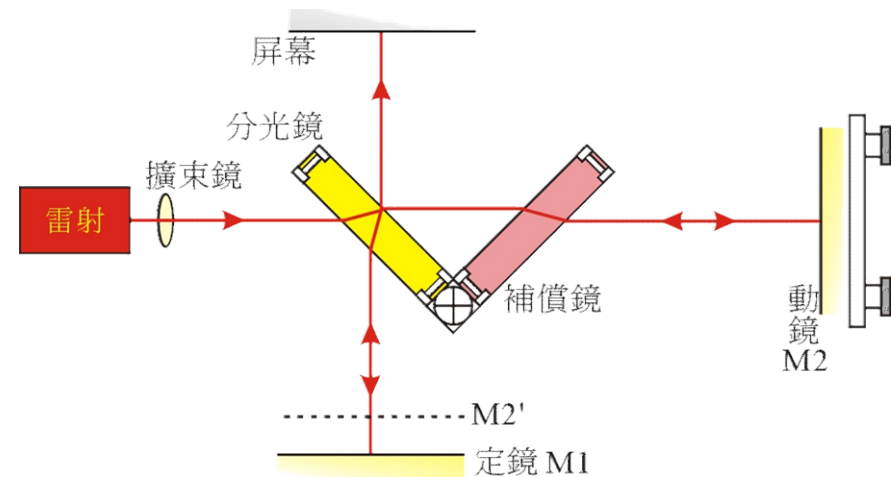


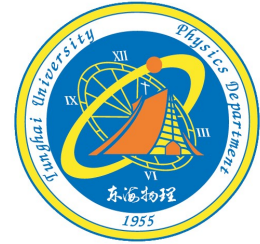
(二) 邁克森干涉儀

- 等傾干涉條紋
- 等厚干涉條紋

(三) 干涉的應用

- 雷射波長
- 空氣折射率
- 透明介質
- 鈉光波長
- 鈉光雙黃線





同調

coherence

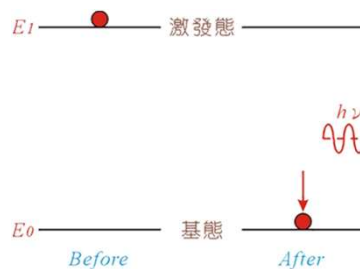
什麼是『同調』？

-同調性

-相干性



光源中的分子或原子經由自發輻射或受激輻射過程，發射出光波波列，在一波列中 θ 為一定值。但每次分子或原子所發射的光波波列是有限長的，光波波列的長度與他們所處的環境有關，如果發射光波的分子或原子受其他分子原子影響，使得發射光波的過程受到干擾，則發射出的光波波列會較短。但在超高真空，氣體分子相互作用機可以忽略的情況下，光源發射的波列持續的時間 τ_c (就是同調時間) 也不會超過 $10^{-8}s$ 。自然界光源的發光過程以自發輻射為主，是一種隨機發射的過程，分子或原子先後發射不同波列，或是不同分子原子發射不同波列，波列與波列彼此之間無任何關連。雷射光源雖然是由受激輻射所產生，但每次發光的持續時間 τ_c 還是有限的，也可以說每次發射的波列長度 l_0 是有限的。



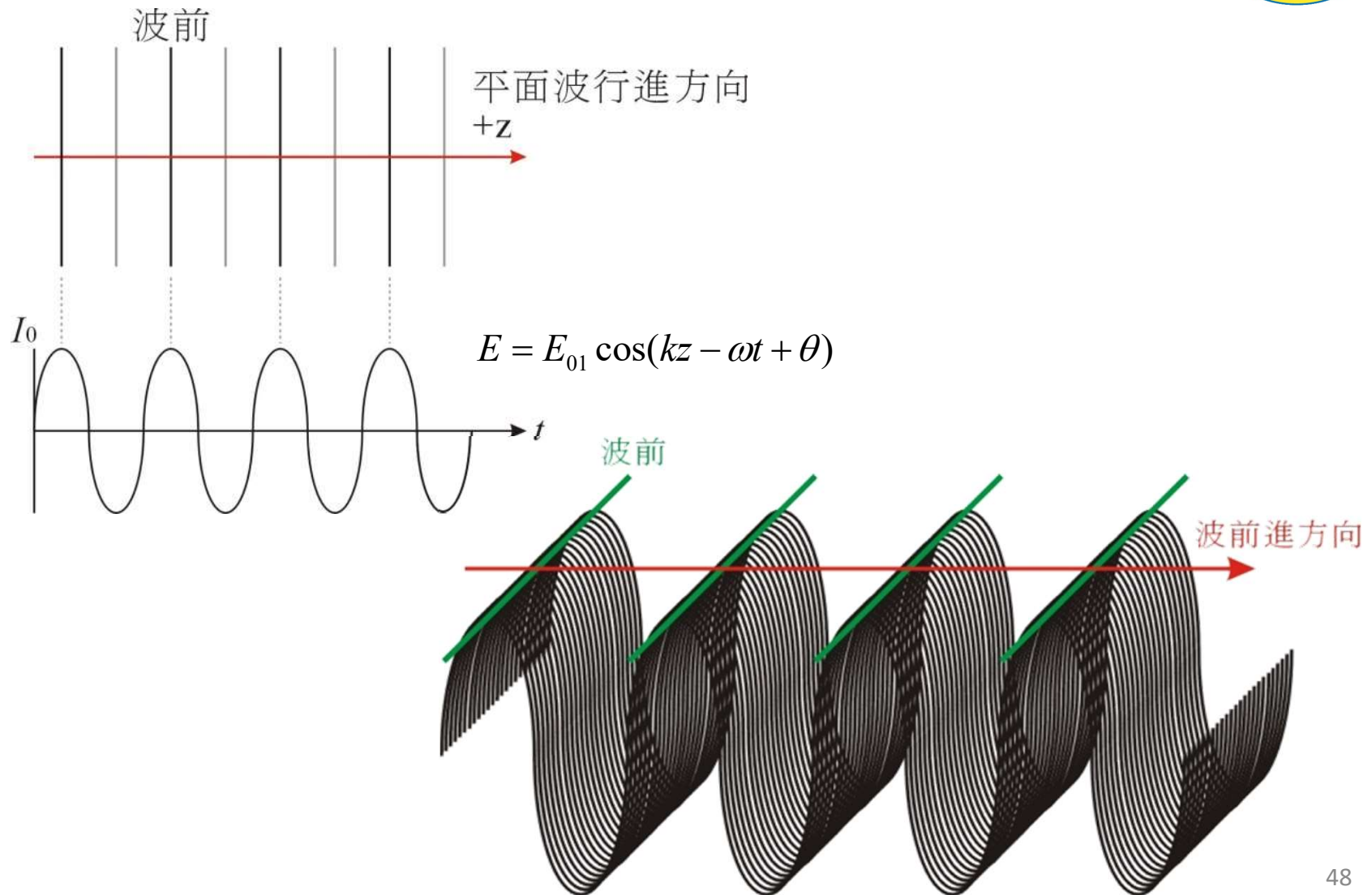
理想光源-無窮長波列



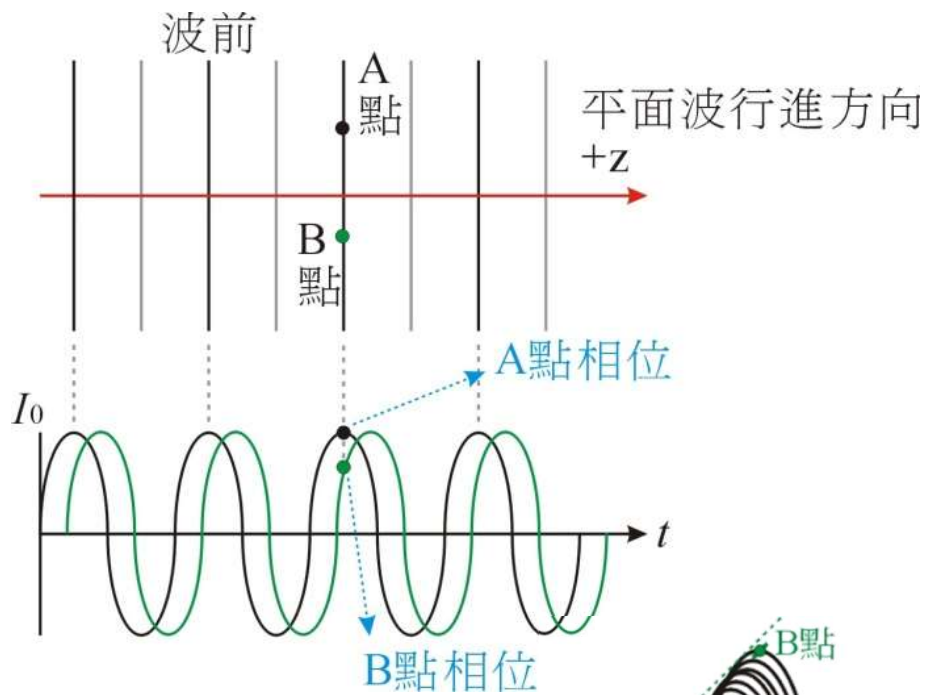
現實光源-有限長波列



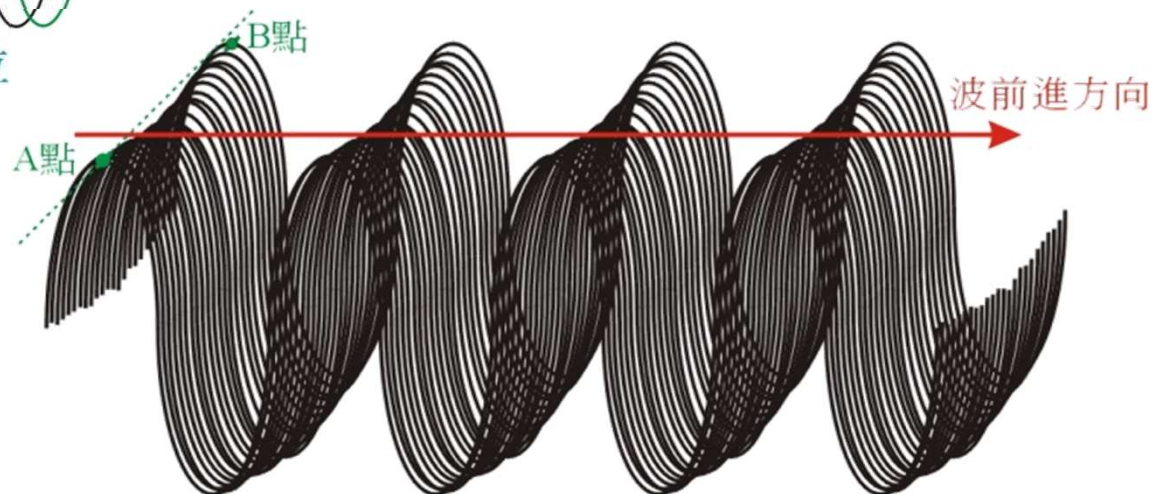
同調coherence-理想光源



同調coherence-現實光源



$$E = E_{01} \cos[kz - \omega t + \theta(t)]$$



https://www.youtube.com/watch?v=_JOchLyNO_w

Coherence

Laser

Coherence:
| In Phase +
| Same Direction



時間同調與空間同調

同調性 (Coherence, 相干性)

➡ 時間同調 (Temporal Coherence) :

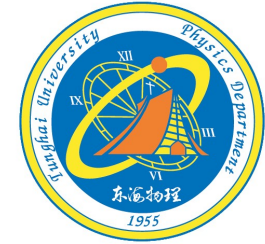
例如：邁克森干涉儀 (Michelson Interferometer)

➡ 空間同調 (Spatial Coherence) :

例如：楊氏雙狹縫干涉 (Young's Interference)

假設有一道光波對觀察者迎面而來，若是在同一位置、但不同的時間點，由觀察者所量得的波長都一致，那麼就表示這道光波在這段時間內的時間同調性(temporal coherence)很好；若由兩名觀察者左右相隔一段距離，站在不同位置，面對同一迎面而來的光波，分別量測該光波之波長，若在包含兩名觀察者間的任一位置都能量得相同波長，則表示此光波在這兩名觀察者間的空間同調性(spatial coherence)很好。

http://www.lasertech.tw/laser_noun.php?g_id=lyQIKiYIMjklXiQqJio=



同調-現實光源

光程差

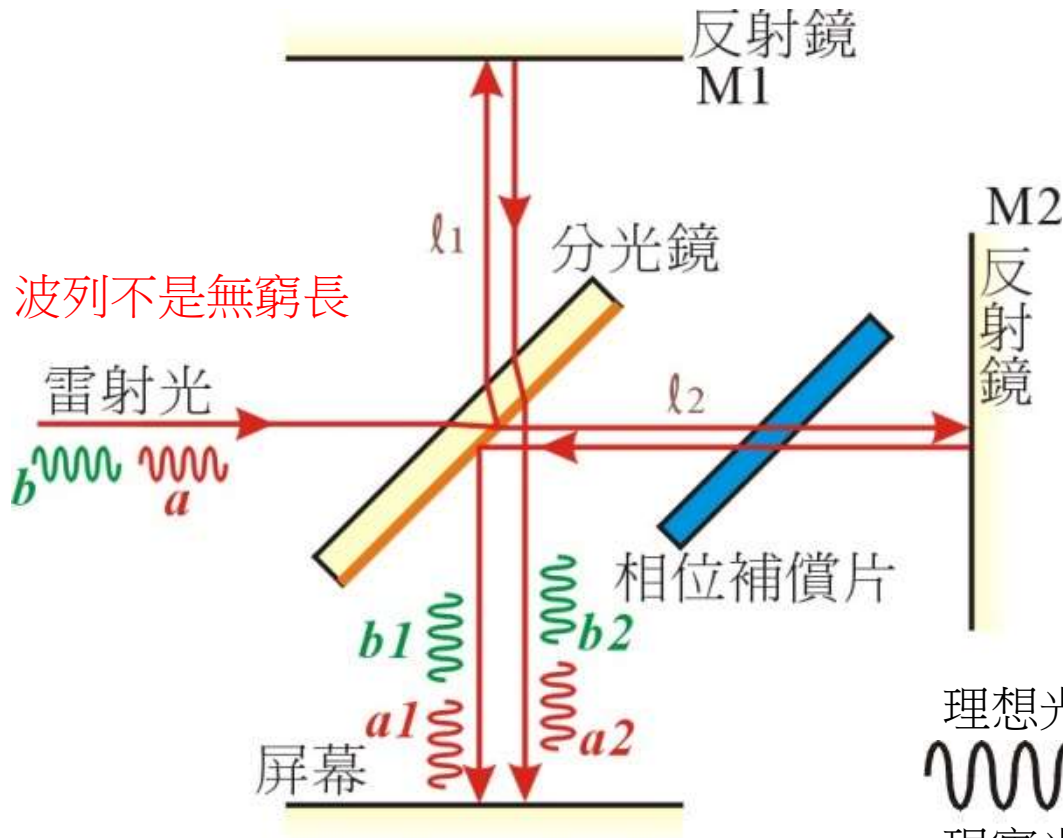
$$\Delta L = l_1 - l_2$$

光程差 $\Delta L < L_C$ 同調長度

a1和a2波列有機會重疊產生干涉

$$\Delta L > L_C$$

無法產生干涉



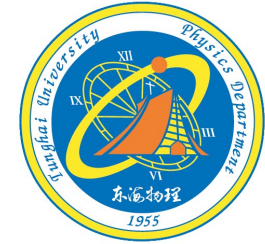
波列不是無窮長

理想光源-無窮長波列

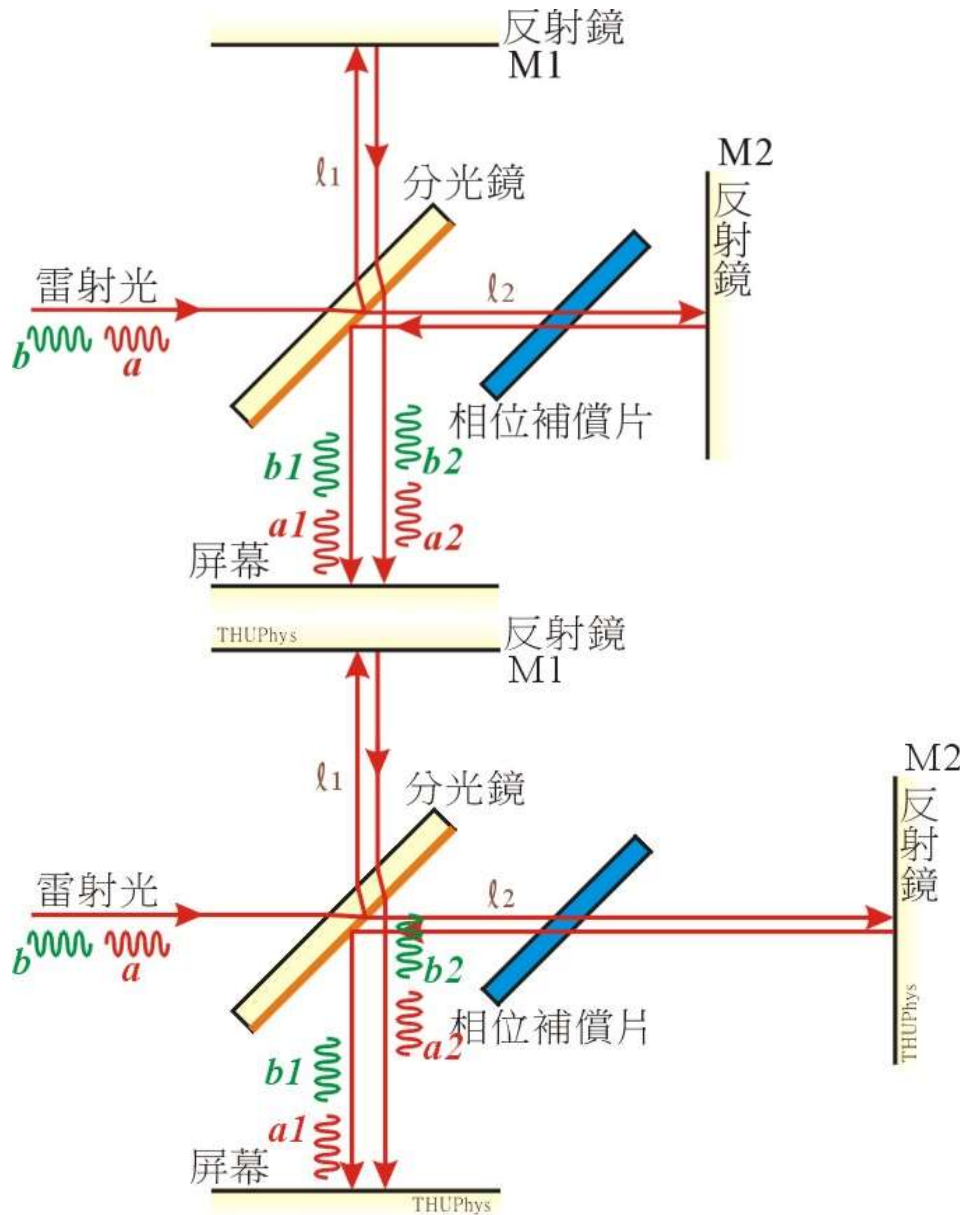


現實光源-有限長波列





同調-現實光源



$$\Delta L = l_1 - l_2$$

$$\Delta L < L_C$$

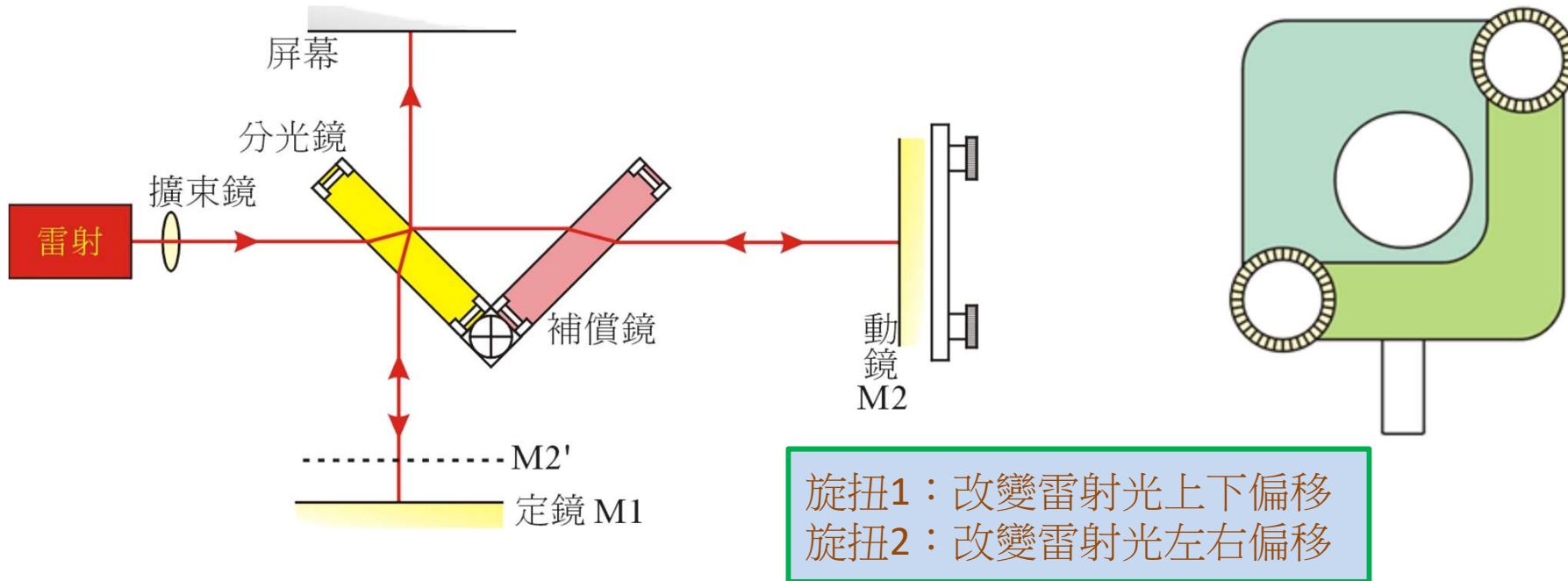
a1和a2波列有機會重疊產生干涉

$$\Delta L > L_C$$

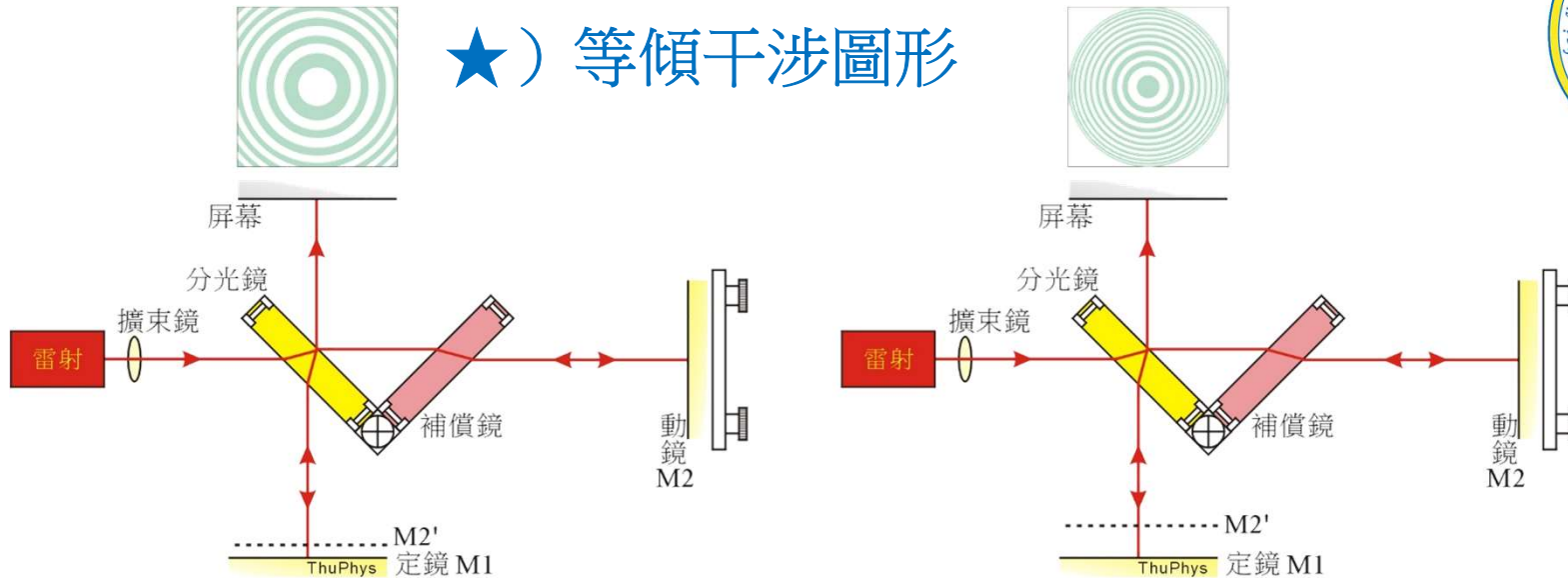
無法產生干涉

三) 邁克森干涉儀

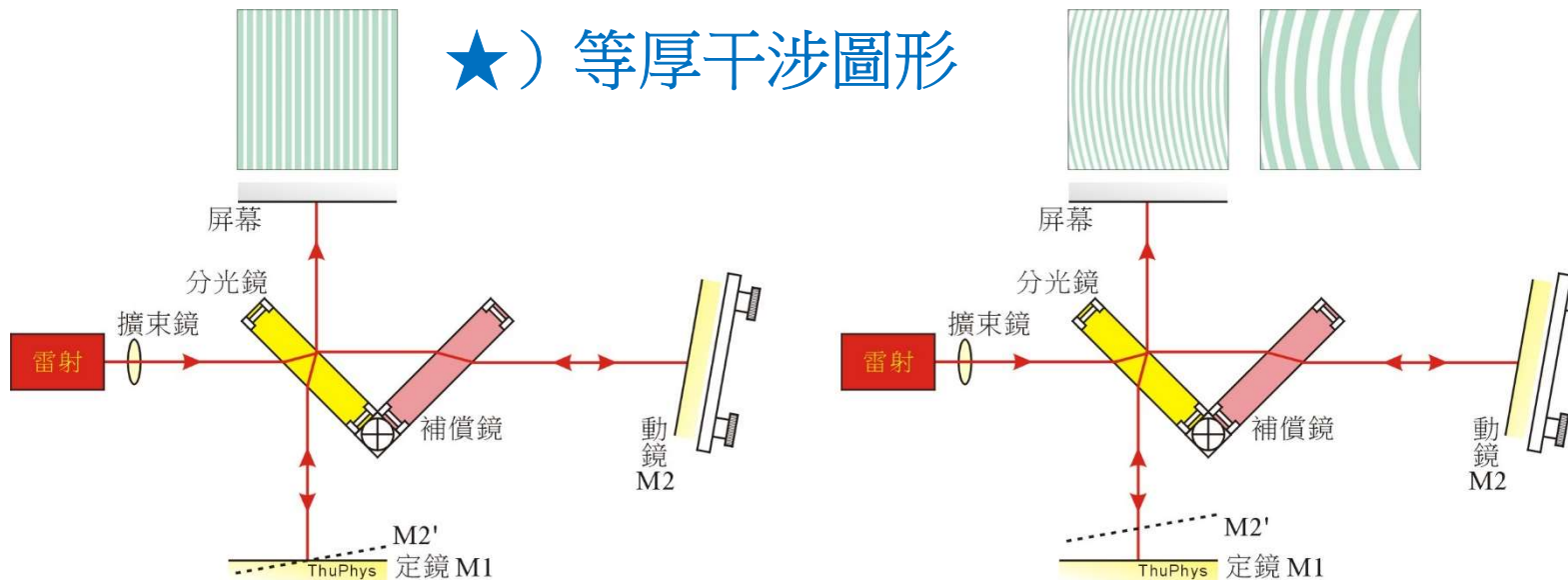
- 1-調整雷射高度、角度，使得雷射可以通過擴束鏡，並分別打在反射鏡（M1和M2）中心。
- 2-移開擴束鏡。
- 3-調整動鏡M2（旋扭1和旋扭2），使得【經由M1在屏幕的反射光點】與【經由M2在屏幕的反射光點】重疊。
- 4-放入擴束鏡。
- 5-微調動鏡M2與定鏡M1。調出【等傾干涉條紋】或【等厚干涉條紋】。



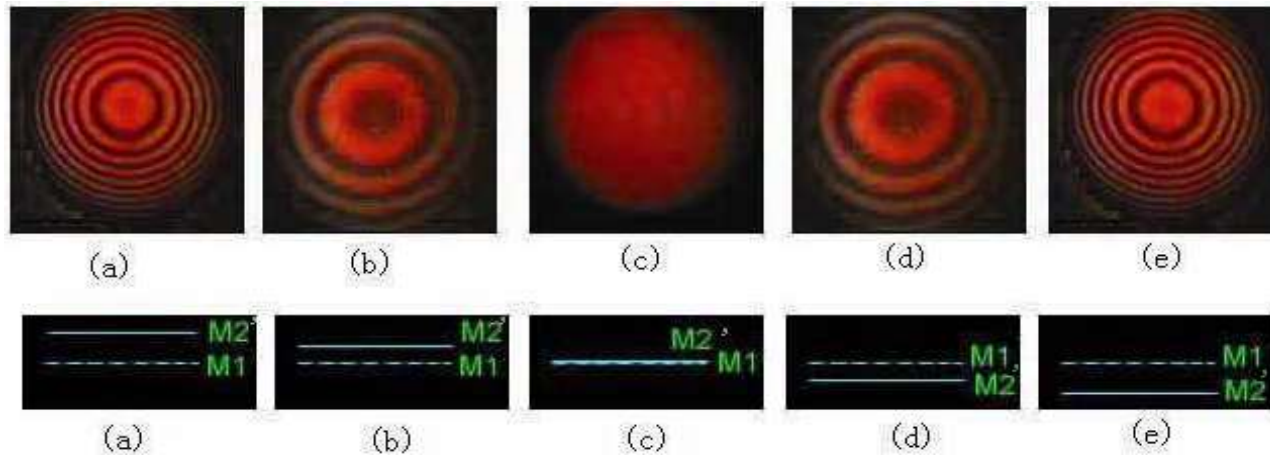
★) 等傾干涉圖形



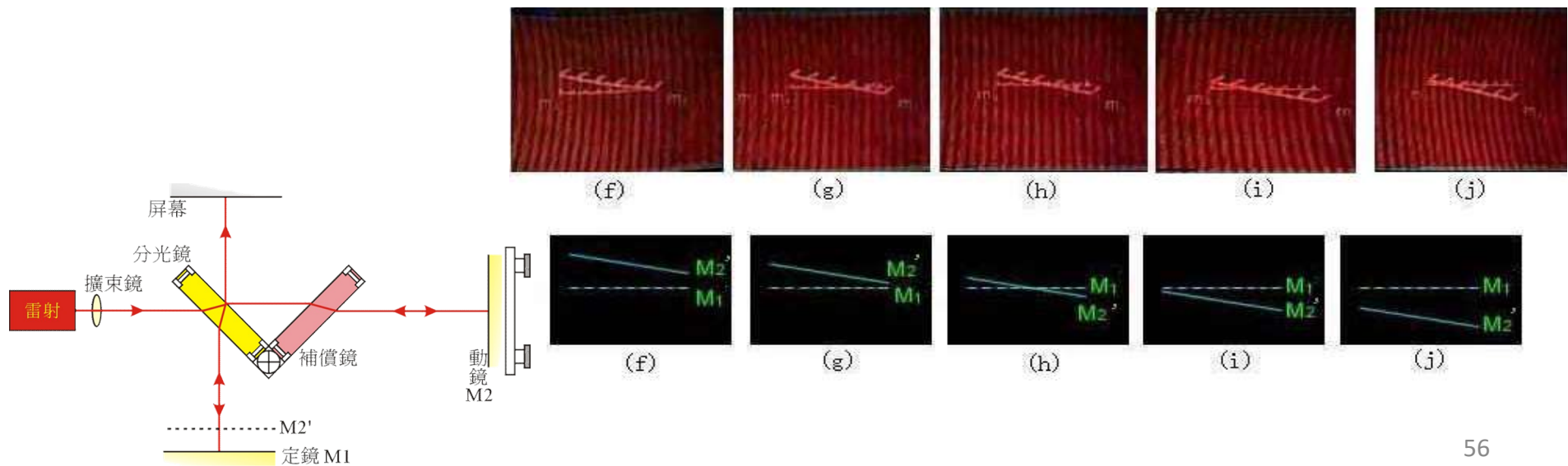
★) 等厚干涉圖形

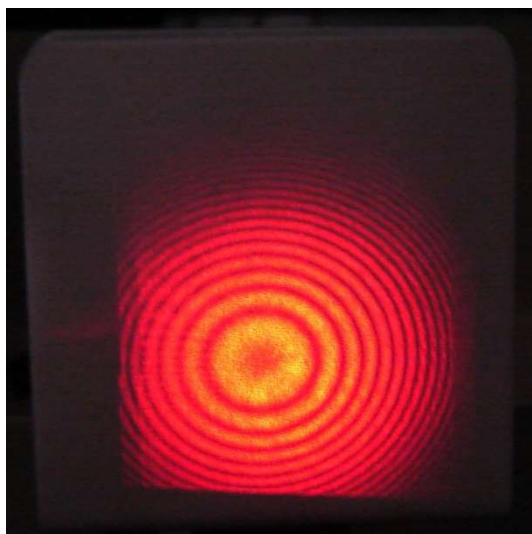


★) 邁克森干涉儀-等傾干涉圖形



★) 邁克森干涉儀-等厚干涉圖形





等傾干涉

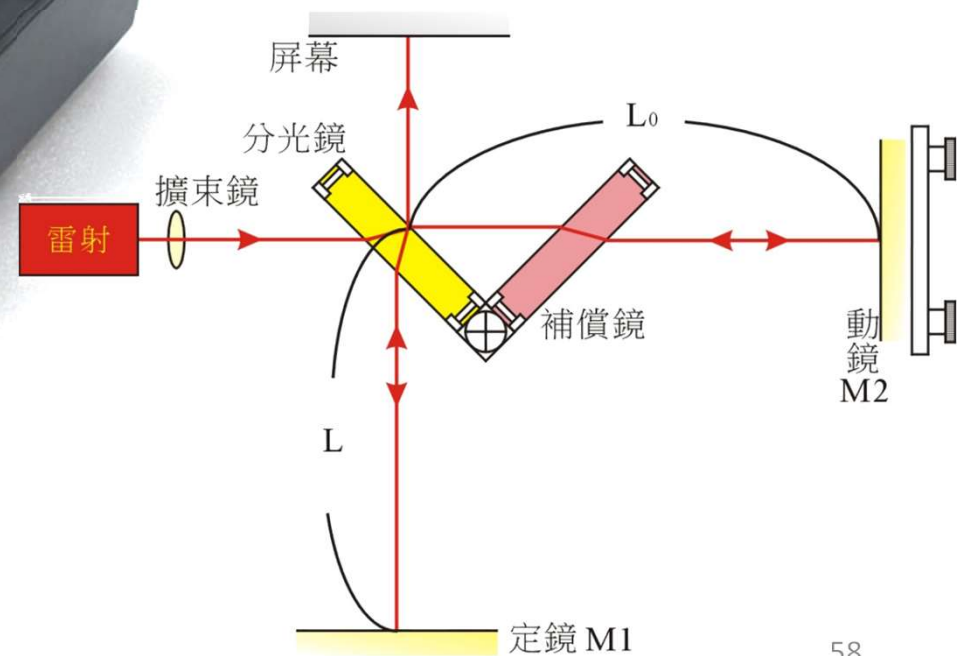
等厚干涉



干涉應用-1-量測He-Ne雷射波長



He-Ne雷射波長：632.8nm



$$L_0 - L = d = m \frac{\lambda}{2} \quad (m \text{ 為整數})$$

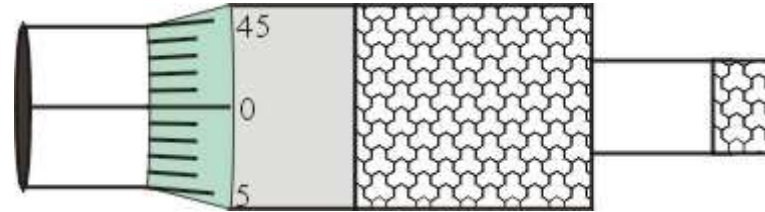
移動 Δd 距離 $\Rightarrow \Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2}$

微調測微頭 (FINE MICROMETER) (螺旋測微器)

2圈 (100小格) $\Rightarrow \Rightarrow 1\text{mm}$

1小格 $\Rightarrow \Rightarrow 0.01\text{mm}$

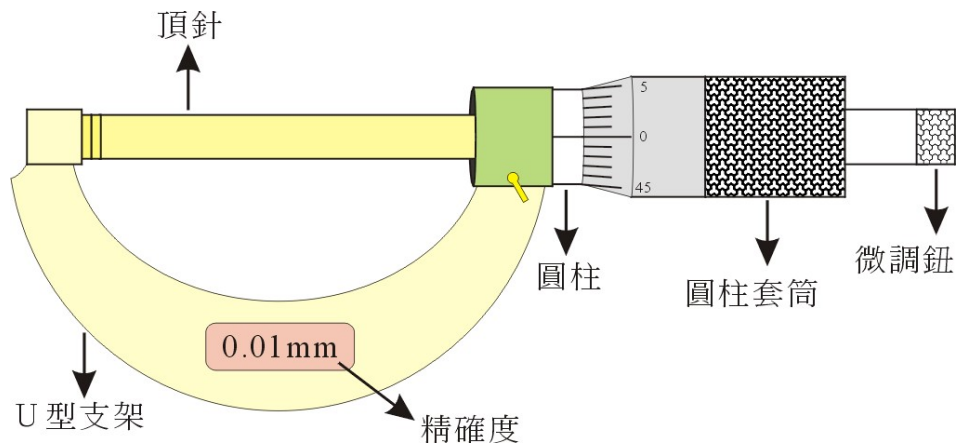
可調範圍 0-25mm



微調測微頭每旋轉一個最小刻度 (0.01mm) ，動鏡移動250nm 。

$$\frac{0.01\text{mm}}{250\text{nm}} = 40$$

干涉儀內部放大40倍 。



干涉應用-1-量測He-Ne雷射波長



He-Ne雷射波長：632.8nm

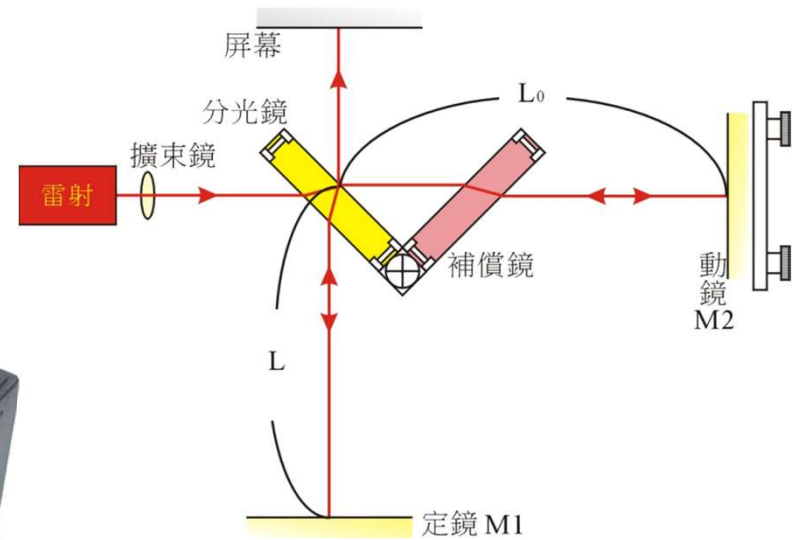
$$L_0 - L = d = m \frac{\lambda}{2} \quad (m \text{ 為整數})$$

$$\text{移動} \Delta d \text{ 距離} \Rightarrow \Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2}$$

$$\Delta d = \frac{d_1 - d_0}{40} \Rightarrow \text{動鏡真正移動的距離}$$

$$d_1 - d_0 \Rightarrow \text{精密測微頭量到的}$$

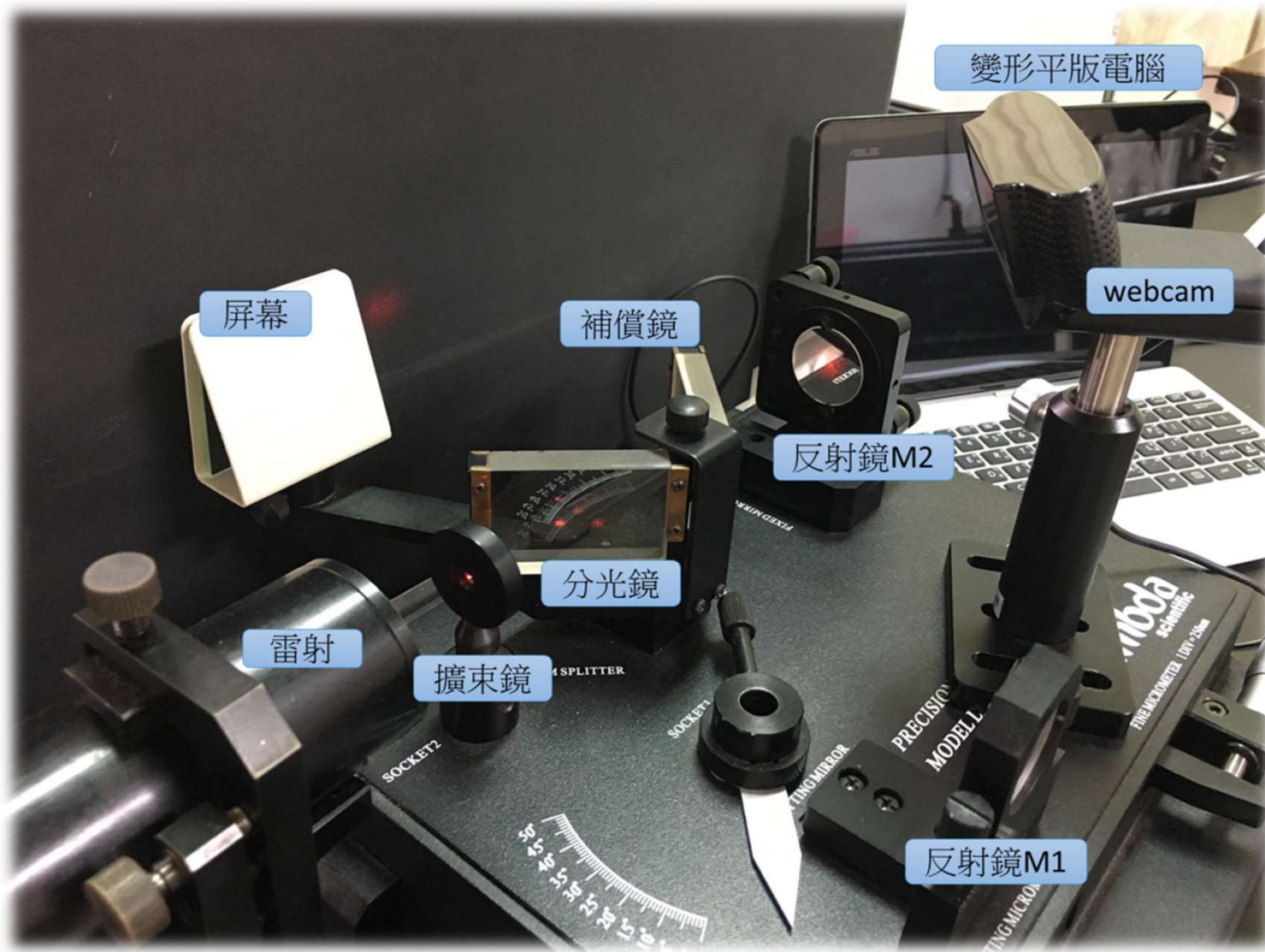
干涉應用-1-量測He-Ne雷射波長



數亮暗條紋變化時，等傾干涉條紋數不要太多，約 5-6 條即可，精調測微頭一開始放在 15-18cm 的位置。也就是在中間位置。做出來的結果誤差較小。



干涉應用-1-量測He-Ne雷射波長



測微螺旋
移動1mm

錄影後
看影片數條紋

當測微螺旋
移動1mm時，
理論上條紋變化
應該多少？



干涉應用-1-量測He-Ne雷射波長

Logitech® Webcam Software

主功能表 偏好設定 說明

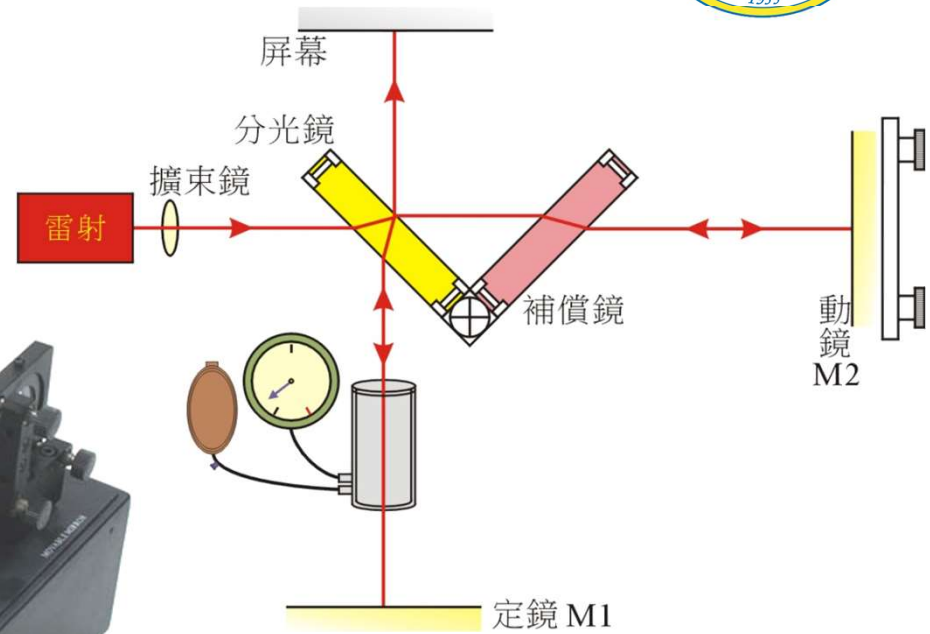
雷射用屏幕
鈉光用鏡面

相片 視訊 控制

全部內容 相片 視訊 移動視訊

01:23 01:52 02:00 00:47

干涉應用-2-量測空氣折射率



$$n_0 = 1 + \frac{\Delta N \lambda}{2l} \times \frac{P_0}{\Delta P}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

干涉應用-2-量測空氣折射率

在邁克遜模式下，如果我們在其中一個光路中放一個氣室，然後通過充氣改變空氣的密度，這束光的光程會改變，干涉環的數目會發生變化。

光程差

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

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

Δn 是折射率，
 l 是氣室的長度，
 λ 是光源的波長，
 ΔN 是變化的干涉環數。

對於理想氣體

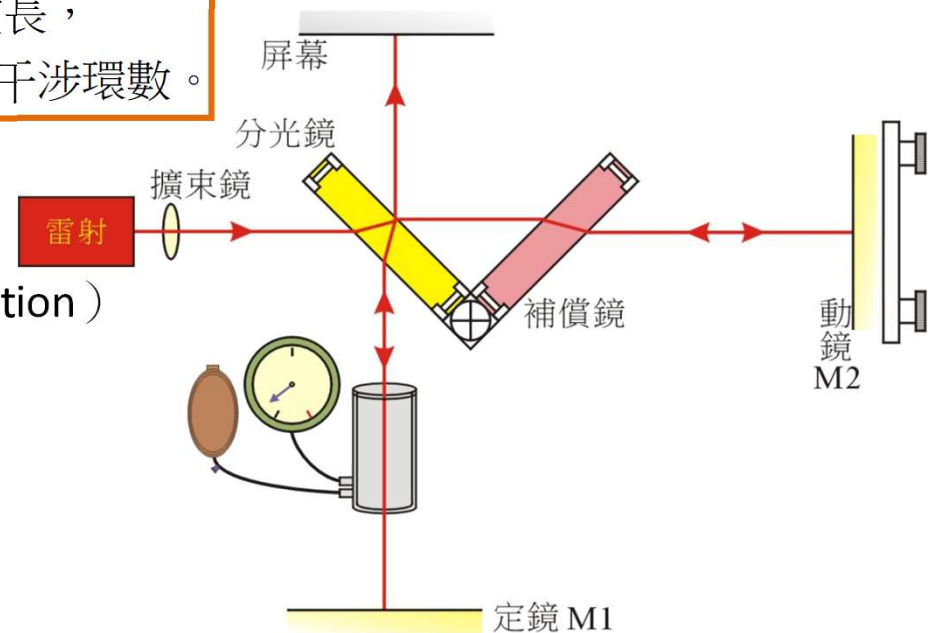
$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{n-1}{n_0-1} \quad (\text{Lorentz-Lorenz equation})$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{PT_0}{P_0T}$$

T 是絕對溫度，
 P 為氣壓，
 ρ 為空氣密度。

$$n_0 = 1 + \frac{\Delta N \lambda}{2l} \times \frac{P_0}{\Delta P}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$



干涉應用-2-量測空氣折射率

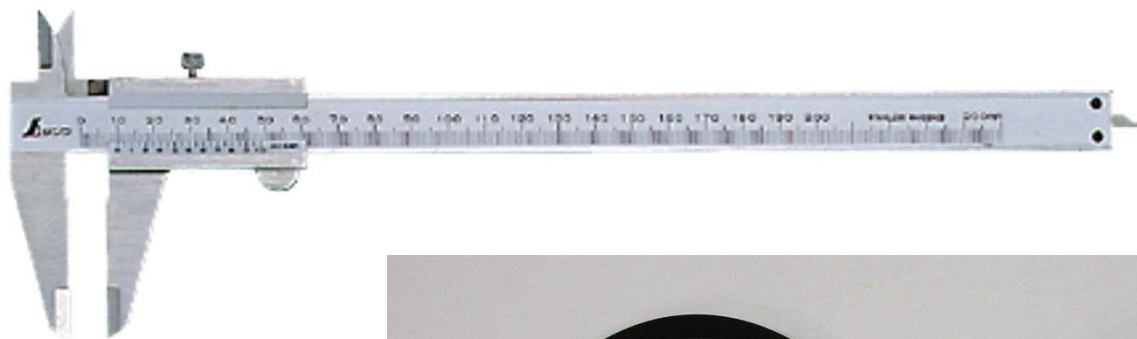


干涉應用-2-量測空氣折射率



加氣壓時，
留意！
不要破表！！
(指針最多轉一圈)

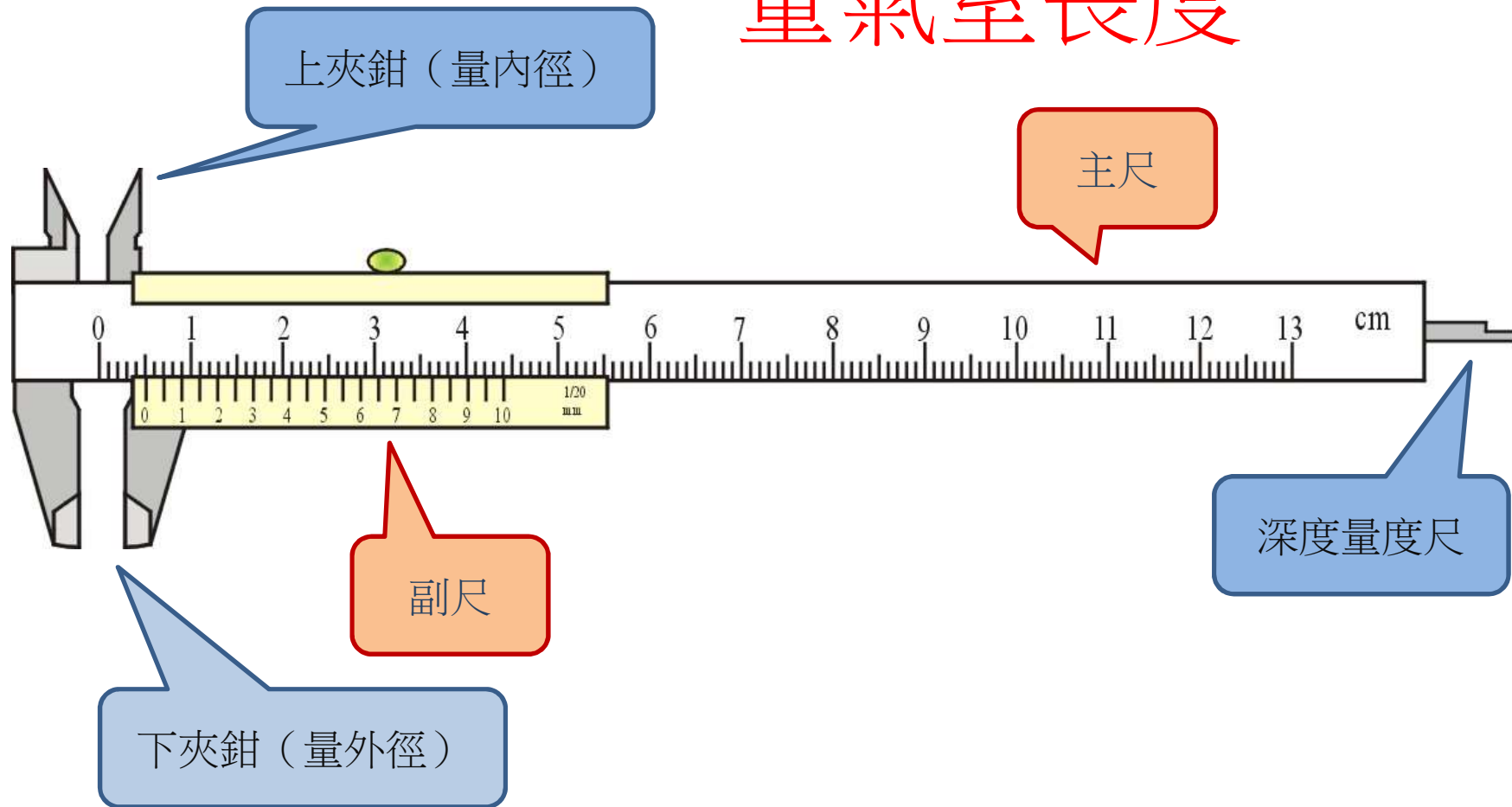
利用游標尺量氣室長度



干涉應用-2-量測空氣折射率

游標尺使用

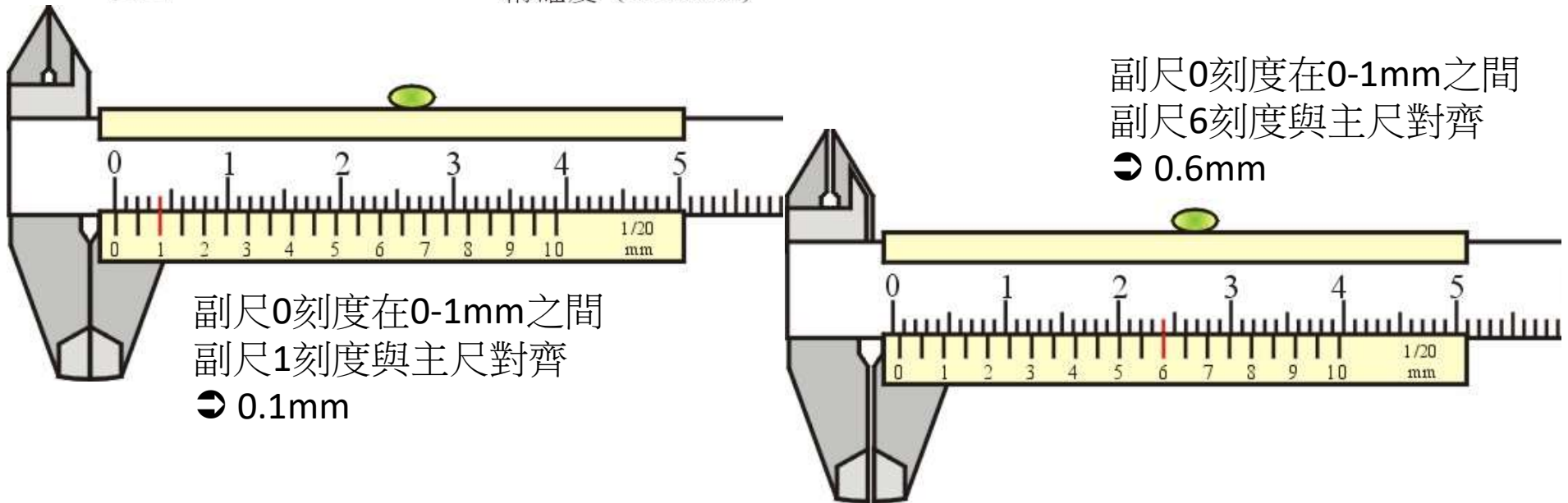
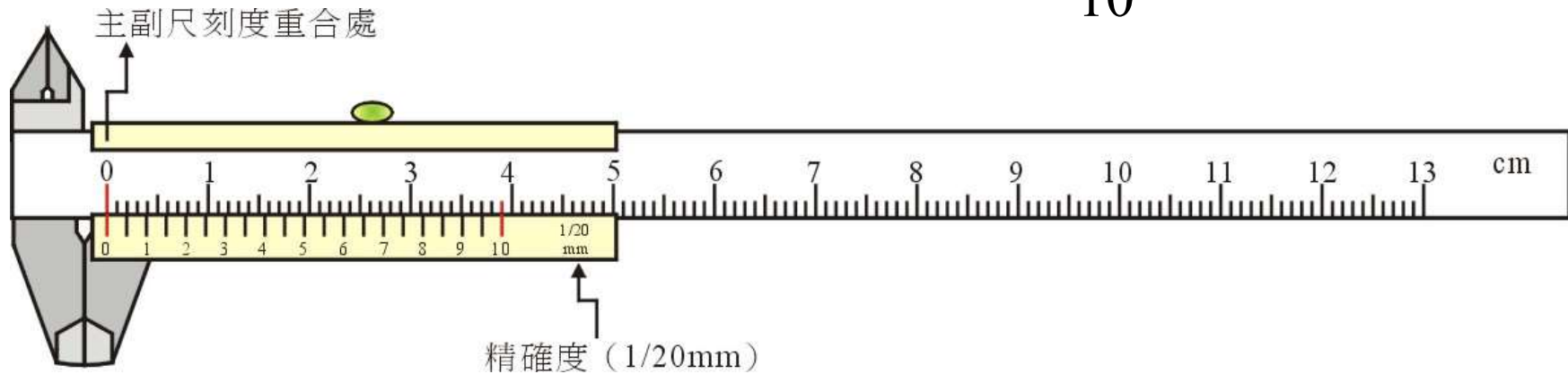
利用游標尺 量氣室長度



干涉應用-2-量測空氣折射率

游標尺使用

$$\text{副尺1刻度} = \frac{3.9\text{cm}}{10}$$



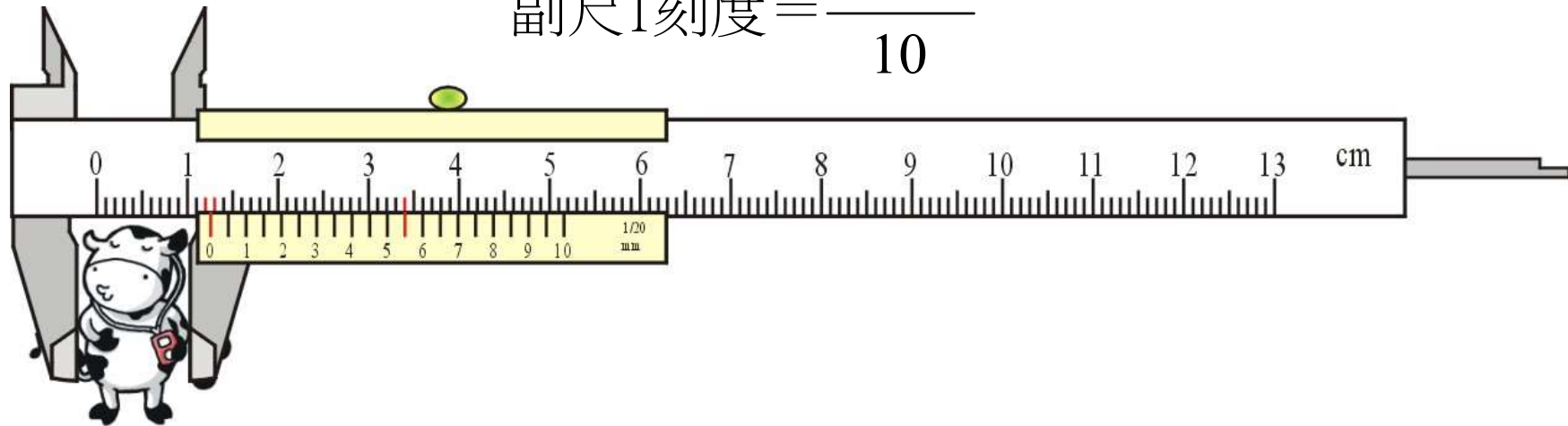
副尺0刻度在0-1mm之間
副尺1刻度與主尺對齊
➔ 0.1mm

副尺0刻度在0-1mm之間
副尺6刻度與主尺對齊
➔ 0.6mm

干涉應用-2-量測空氣折射率

游標尺使用

$$\text{副尺1刻度} = \frac{39\text{mm}}{10}$$



方法一：用數學去計算

$$34\text{mm} - 5.5\text{刻度} * \frac{39\text{mm}}{10\text{刻度}} = 12.55\text{mm}$$

方法二：直接判讀

副尺0在主尺的12mm和13mm之間
所以

待測物為12+ Δd (單位：mm)

副尺5.5刻度與主尺某一刻度對齊

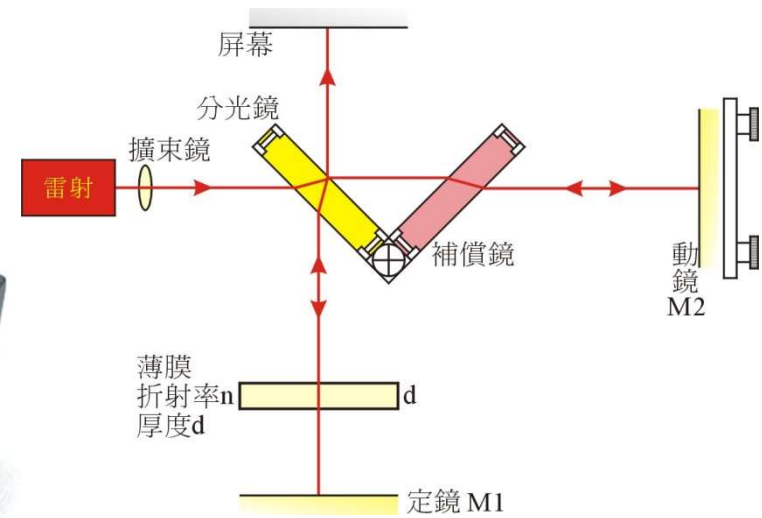
SO...

$\Delta d = 0.55\text{mm}$

☛ 12.55mm

干涉應用-3-介質折射率

介質：使用的是透明載波片（玻璃）



$$\delta_1 = (L - d)n_0 + dn$$

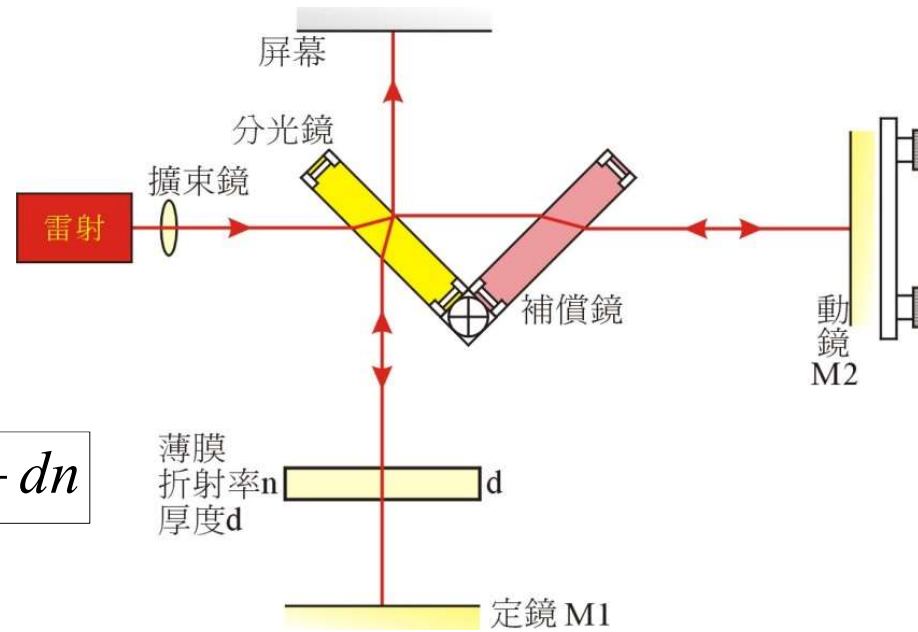
干涉應用-3-介質折射率

邁克森干涉儀 \Rightarrow 空氣折射率： n_0

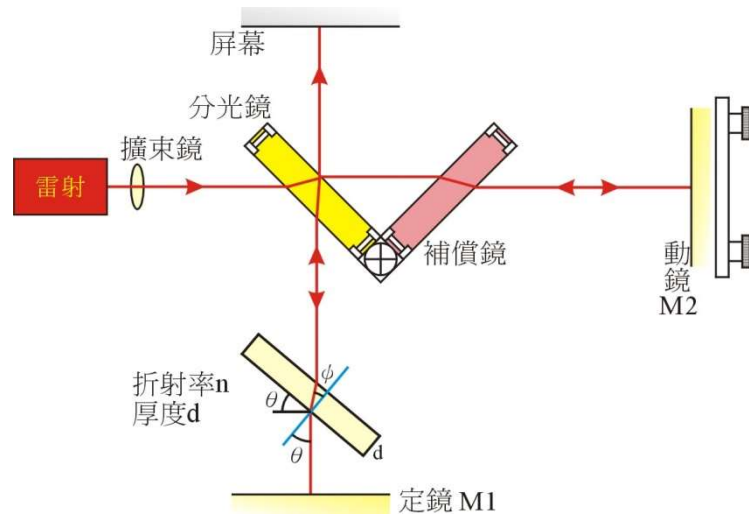
介質折射率： n

放入薄膜 \Rightarrow 光程： $(L-d)n_0 + dn$

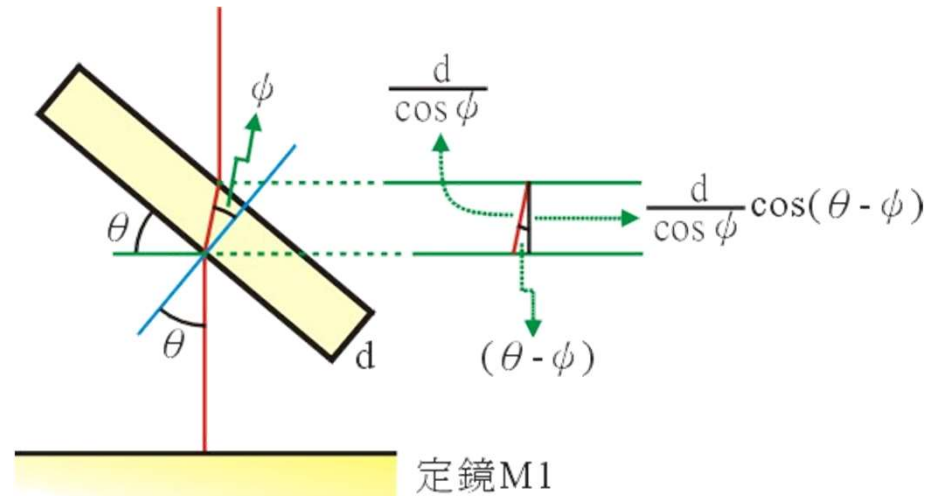
$$\delta_1 = (L-d)n_0 + dn$$



干涉應用-3-介質折射率



$$n = \frac{n_0^2 d \sin^2 \theta}{2n_0 d (1 - \cos \theta) - \Delta N \lambda}$$



$$\delta_1 = (L - d)n_0 + dn$$

$$\delta_2 = \left[L - \frac{d}{\cos \phi} \cos(\theta - \phi) \right] n_0 + \frac{d}{\cos \phi} n$$

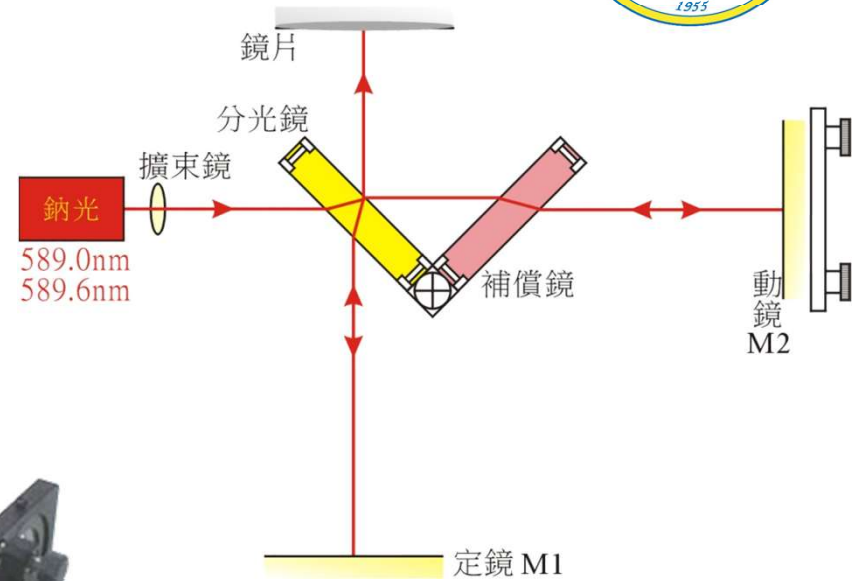
$$\delta_2 - \delta_1 = \left\{ \left[L - \frac{d}{\cos \phi} \cos(\theta - \phi) \right] n_0 + \frac{d}{\cos \phi} n \right\} - [(L - d)n_0 + dn] = \frac{\Delta N \lambda}{2}$$

干涉應用-4-量測鈉光波長

鈉黃光中含有兩個波長相近的單色光：

- ➡ 589.0nm
- ➡ 589.6nm

鈉光波長理論值
(取平均值) : 589.3nm

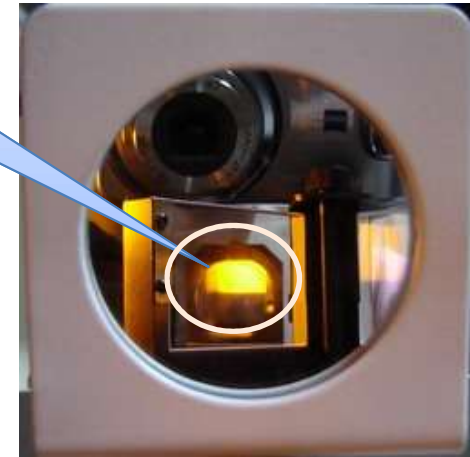


$$\bar{\lambda} = \frac{2\Delta d}{\Delta N}$$

干涉應用-4-量測鈉光波長

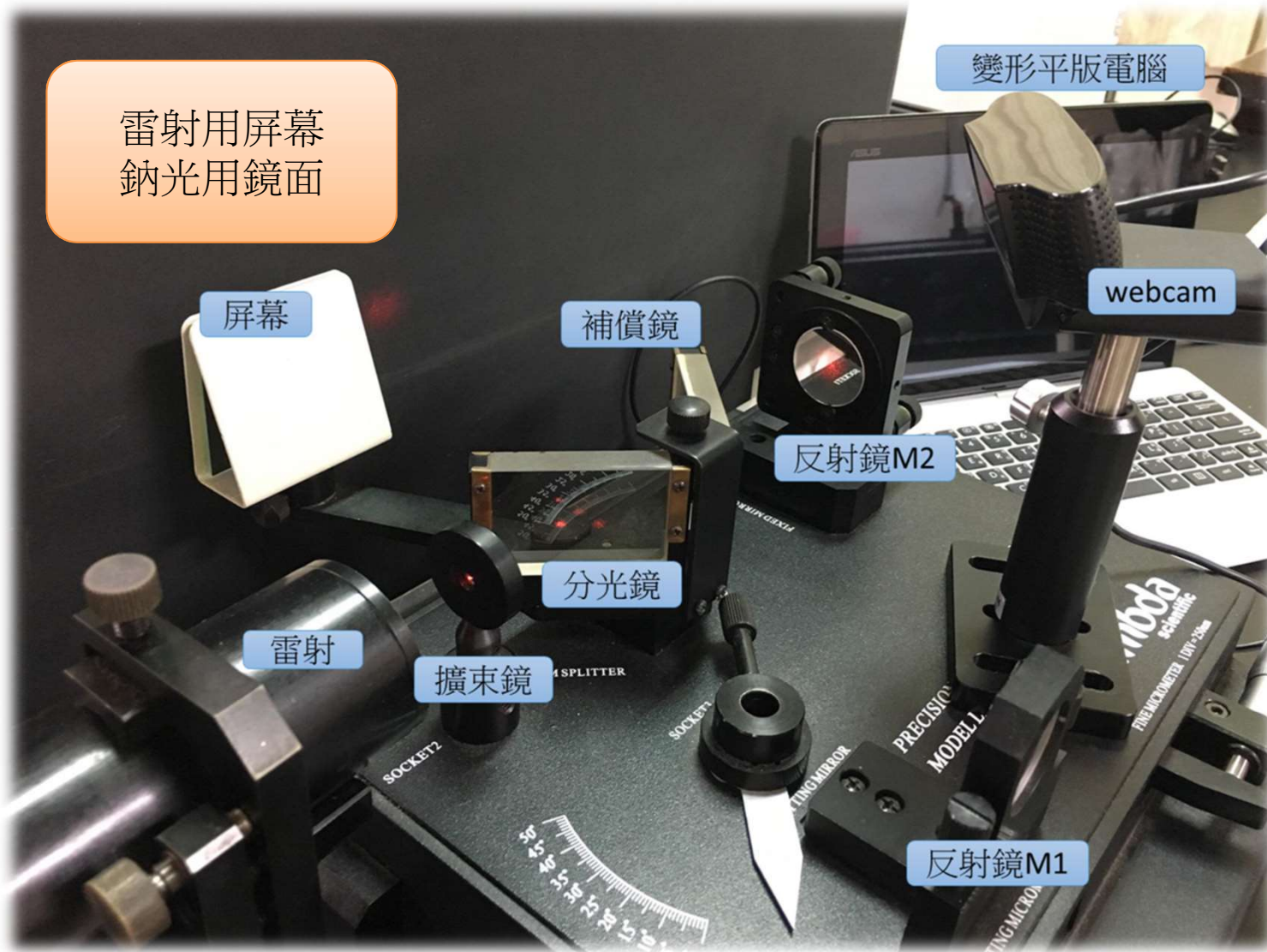
$$\bar{\lambda} = \frac{2\Delta d}{\Delta N}$$

干涉條紋在
這裡





干涉應用-4-量測鈉光波長



測微螺旋
移動1mm

錄影後
看影片數條紋



干涉應用-4-量測鈉光波長

Logitech® Webcam Software

主功能表

干涉條紋在這裡

相片
視訊

控制

全部內容 相片 視訊 移動視訊

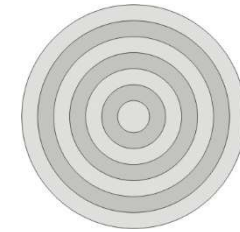
01:23 01:52 02:00 00:47

干涉應用-5-量測鈉光雙黃線波長差

鈉黃光中含有兩個波長相近的單色光：

- ➡ 589.0nm
- ➡ 589.6nm

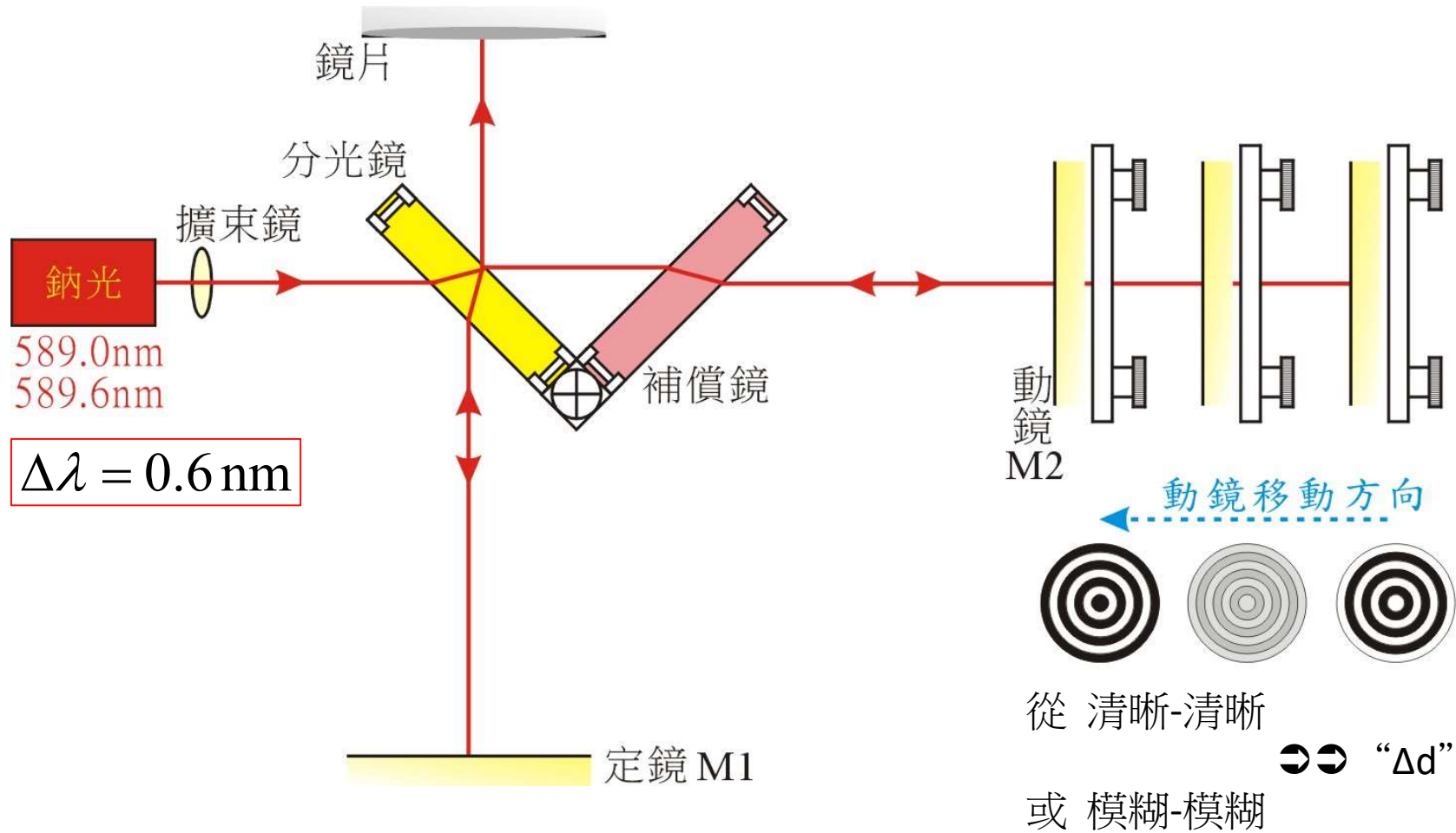
$$\Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta d}$$

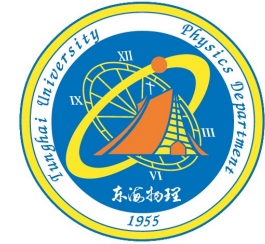




干涉應用-5-量測鈉光雙黃線波長差

$$\Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta d}$$





助教不是教你作弊喔

可以事先算出理論值

He-Ne雷射632.8nm

玻璃折射率約1.5

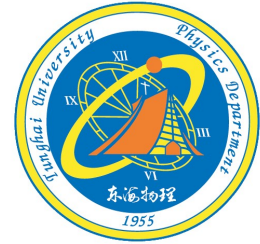
空氣折射率1.000297(STP下)

鈉光589.0nm、589.6nm

那光雙黃線波長差0.6nm

那~~~

你應該數幾個亮暗條紋變化？



【做完實驗助教要檢查以下項目】

- 1、雙狹縫干涉 (0.25、0.3、0.45)
光柵 (80、100、300)
理論值 和 實驗值比較
- 2、不同狹縫 (單、雙、三、六) 的干涉圖片
- 3、等傾干涉、等厚干涉 圖片
- 4、雷射波長 (632.8nm)
- 5、空氣折射率
- 6、薄層物折射率
- 7、鈉光平均波長 (589.3nm)
(589.0nm、589.6nm)
- 8、鈉光波長差 (0.6nm)



完成以上實驗
你會變成怎樣？



我們沒有最好 只有追求更好

有空繼續補~~



東海大學應用物理學系
地址：40704台中市西屯區東海大學BOX803
電話：04-23590121*32100
網址：<http://physics.thu.edu.tw/>