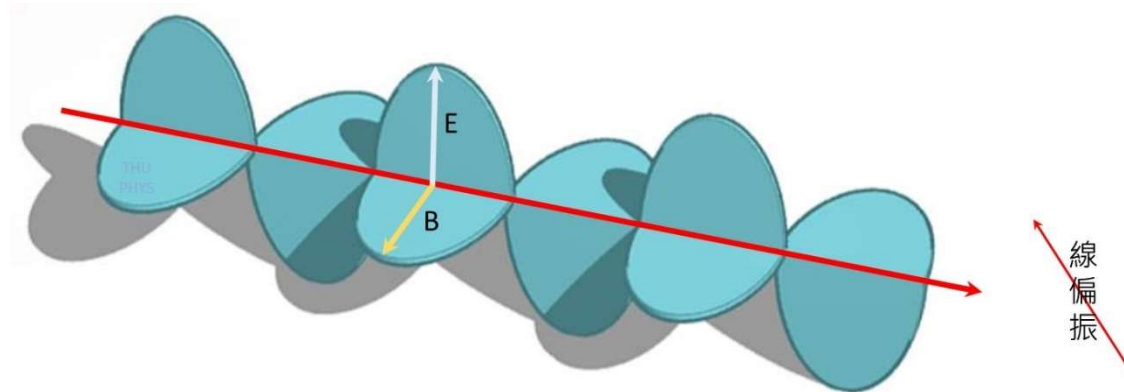
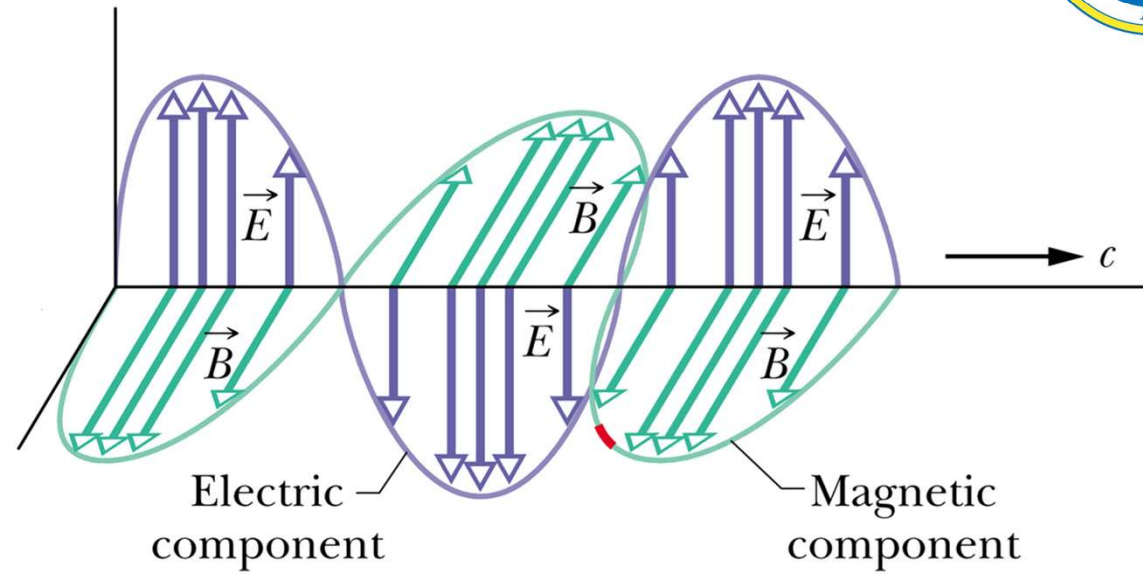


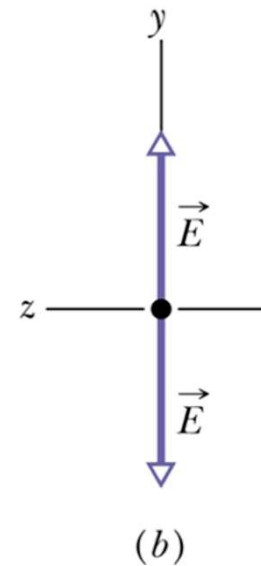
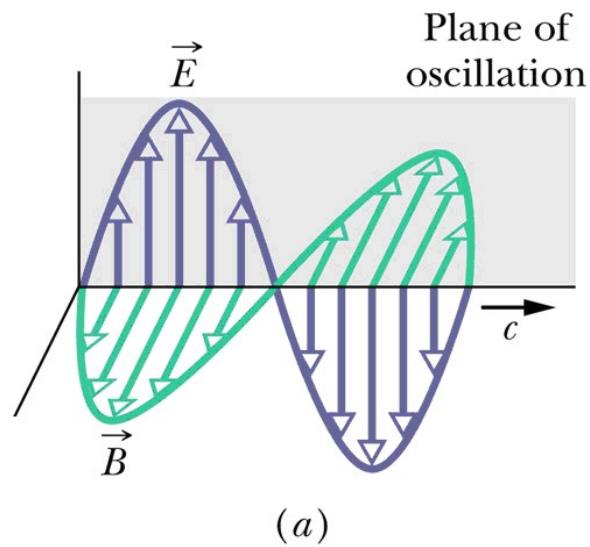


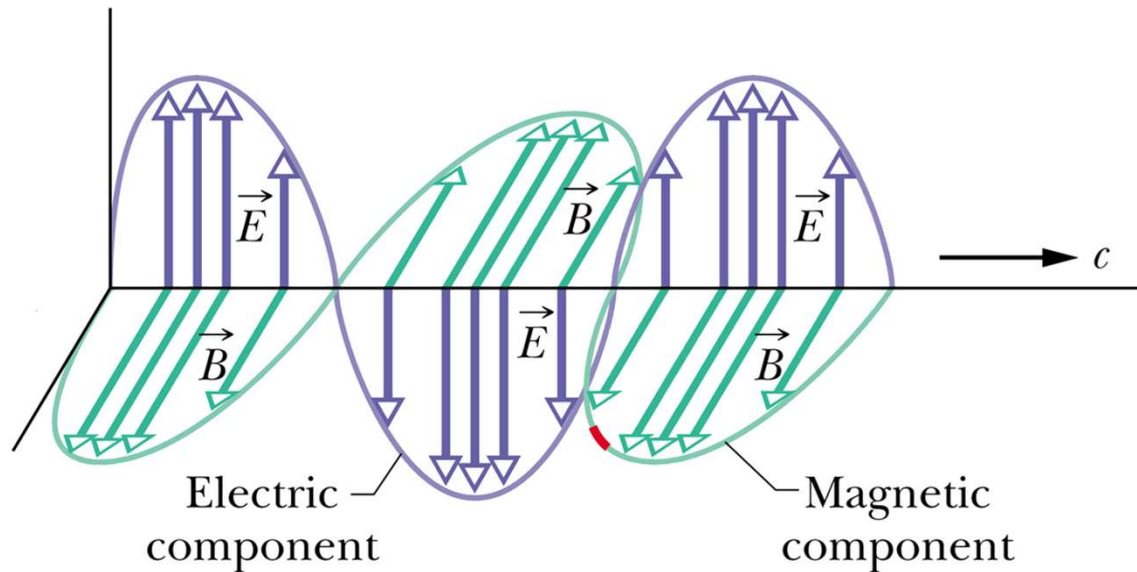
實驗3： 偏振實驗



什麼是偏振

Polarize：偏振、偏極、極化
光波的電場方向稱為光的偏振方向。

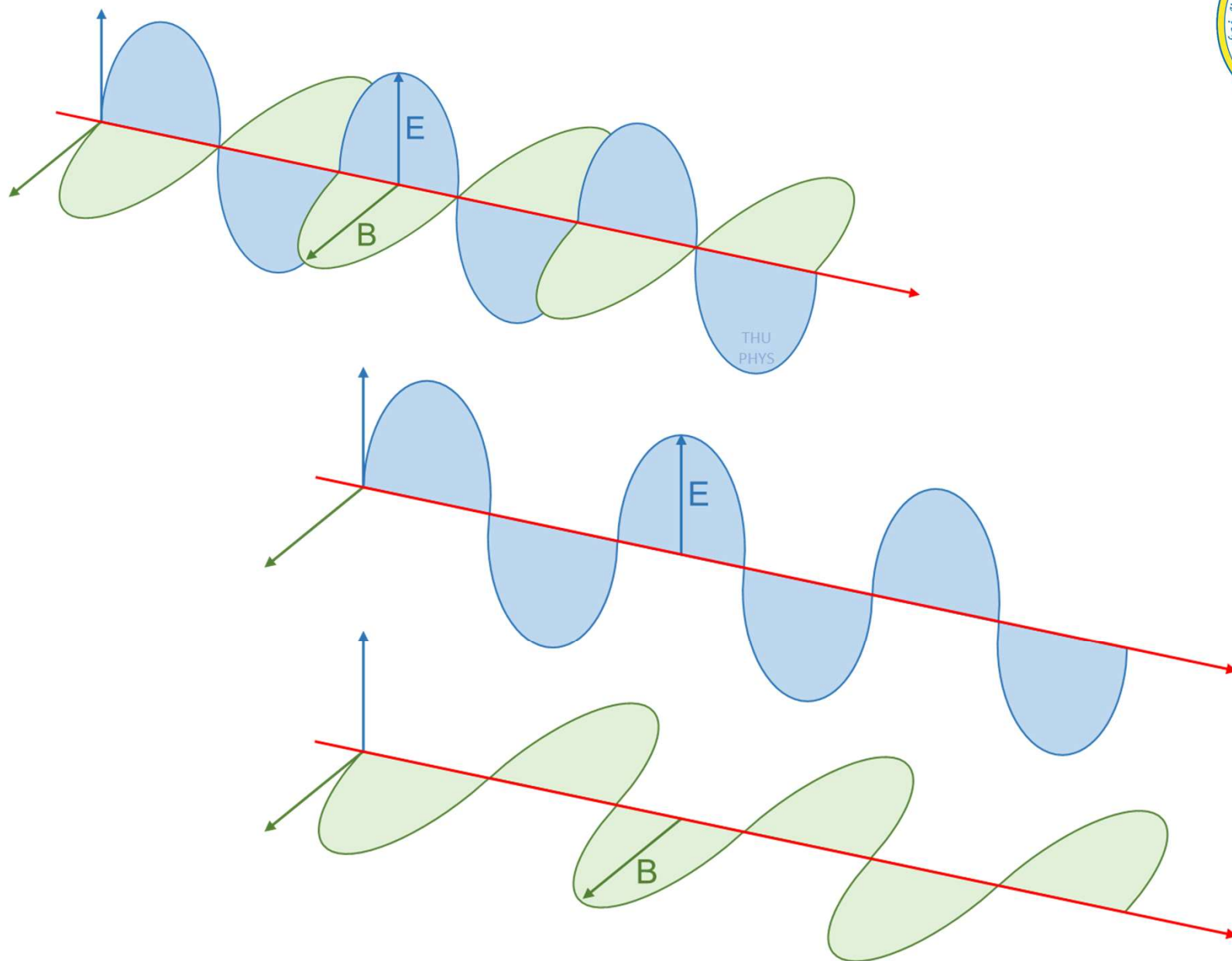




一平面波，其電場 E 與磁場 H 相互垂直，同時與波的行進方向相互垂直。其電場強度 E (electric field intensity) 對磁場強度 H (magnetic field intensity) 的比值等於一個特定值，稱為波阻抗 η (wave impedance)

大多數情況下，以電場強度和方向，就可以描述所有的電磁波特性。

$$\eta = \frac{E}{H} \equiv \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$



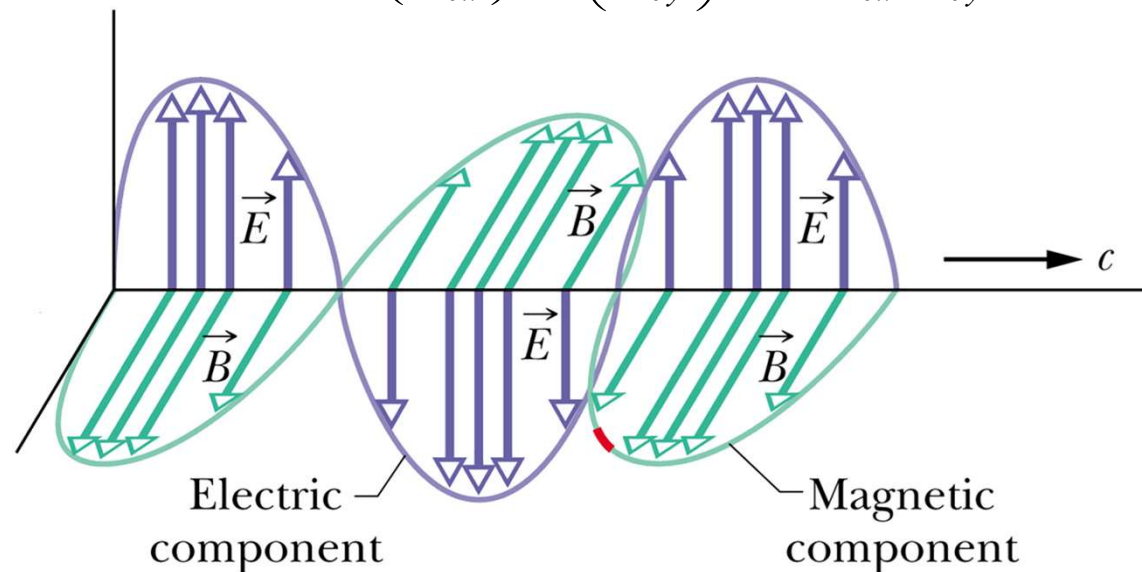
一平面波，在空間中沿著 z 軸方向前進，光波動在 x - y 平面上可以分解為兩個方向互相垂直的振動：

$$\vec{E}(z,t) = \hat{i} E_x(z,t) + \hat{j} E_y(z,t)$$

$$E_x(z,t) = E_{0x} \cos(kz - \omega t)$$

$$E_y(z,t) = E_{0y} \cos(kz - \omega t + \varepsilon)$$

化簡後可以得到：
$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\frac{E_x}{E_{0x}}\frac{E_y}{E_{0y}}\cos\varepsilon = \sin^2\varepsilon$$





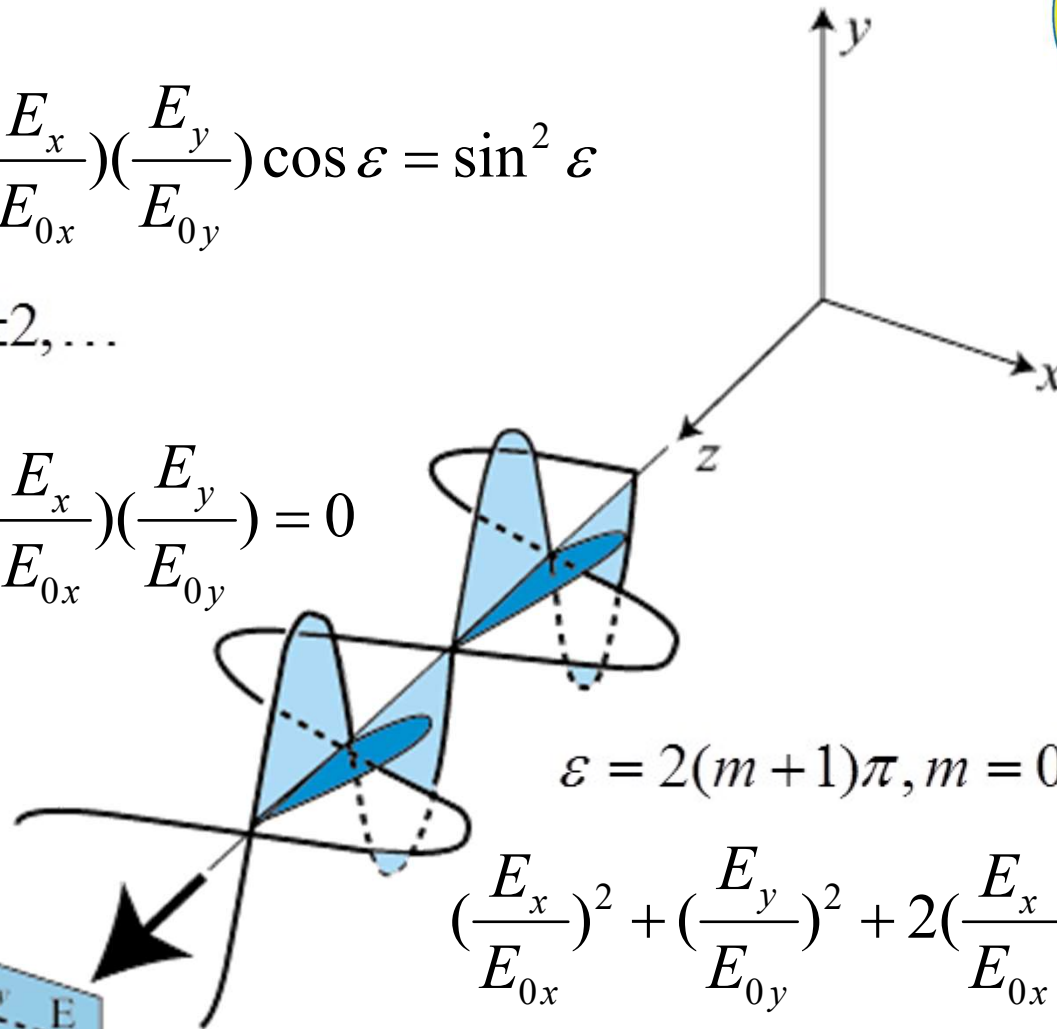
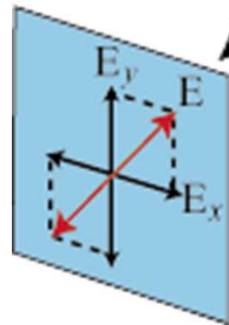
A) 線偏振

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)\cos \varepsilon = \sin^2 \varepsilon$$

$$\varepsilon = 2m\pi, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right) = 0$$

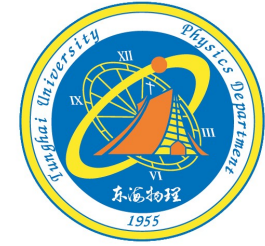
$$\frac{E_y}{E_x} = \frac{E_{0y}}{E_{0x}}$$



$$\varepsilon = 2(m+1)\pi, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 + 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right) = 0$$

$$\frac{E_y}{E_x} = -\frac{E_{0y}}{E_{0x}}$$

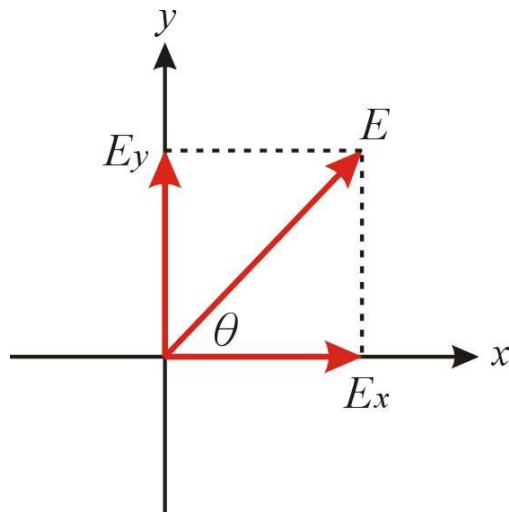


A) 線偏振

➔ 電場總強度 $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{E_{0x}^2 + E_{0y}^2} \cos(\omega t - kz)$ (振幅)

➔ 在 x-y 平面上，偏振方向角度 $\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x} = \pm \tan^{-1} \frac{E_{0y}}{E_{0x}}$

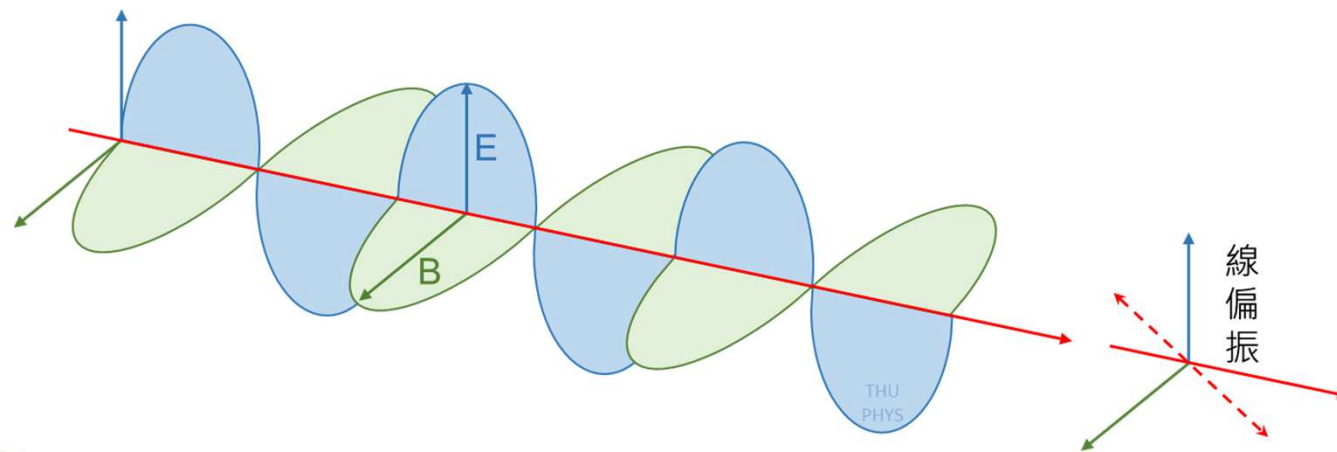
θ 不是時間的函數， θ 不隨時間改變，偏振方向不隨時間改變，因此稱為線偏振。



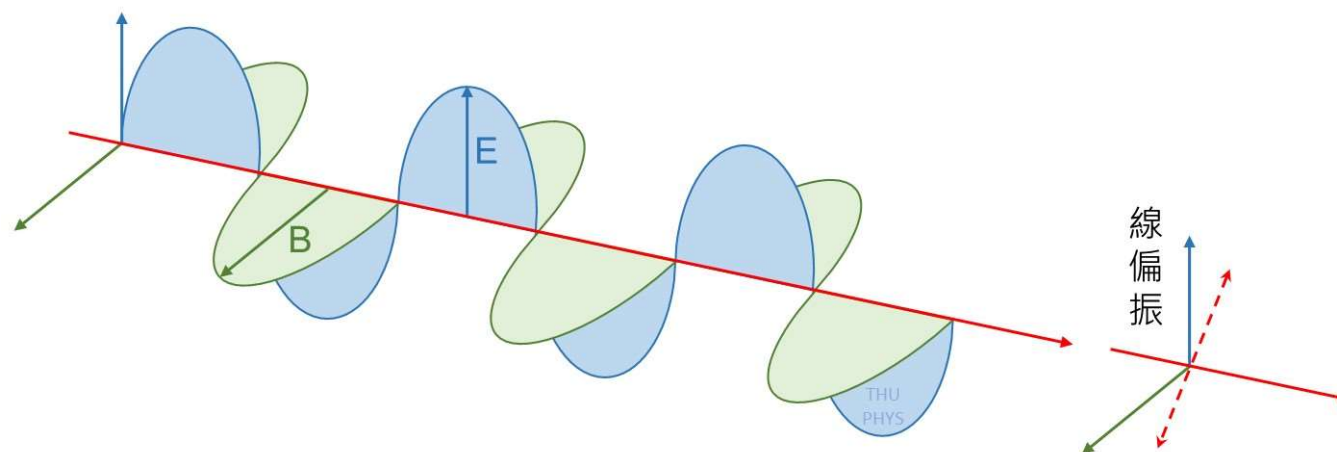


A) 線偏振

$$\phi = 0 \text{ 或 } \pm 2\pi$$



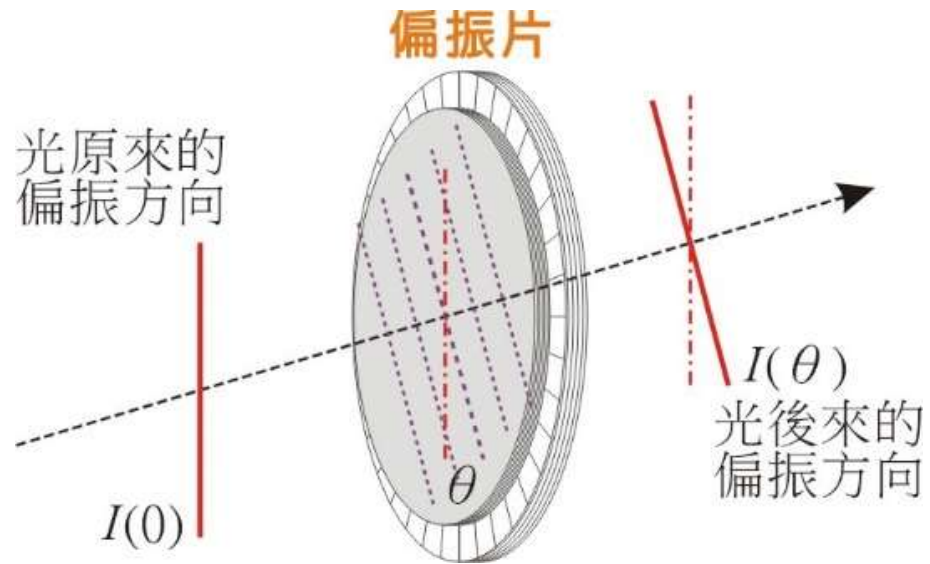
$$\phi = \pm\pi$$



A) 線偏振

Malus's Law

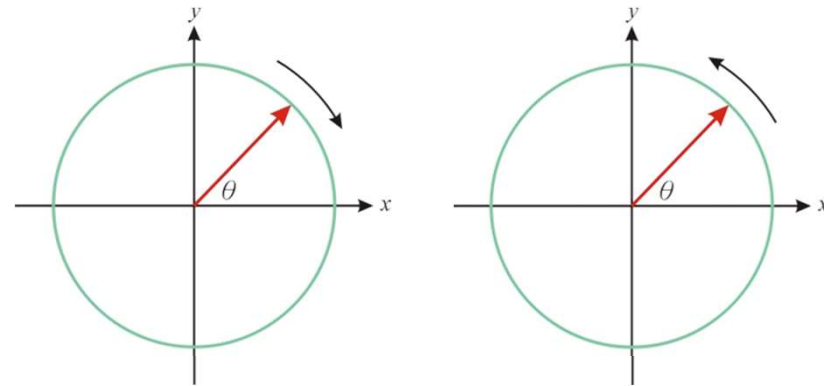
$$I(\theta) = I(0) \cos^2 \theta$$



B) 圓偏振

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)\cos\varepsilon = \sin^2\varepsilon$$

$$E_{0x} = E_{0y} = E_0$$



➡ 電場的的振幅為 $(\vec{E} \cdot \vec{E})^{1/2} = E_0$ 這是固定值，不變。

但...電場的方向會隨時間變化，而不是被限制住的。

➡ $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = E_0$ 淨電場在任意時間都是固定強度。

➡ $\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x} = \mp \tan^{-1}(\omega t - kz)$ ，偏振角度是位置與時間的函數。

偏振角度會隨時間改變，但因為振幅不變，所以是圓偏振。

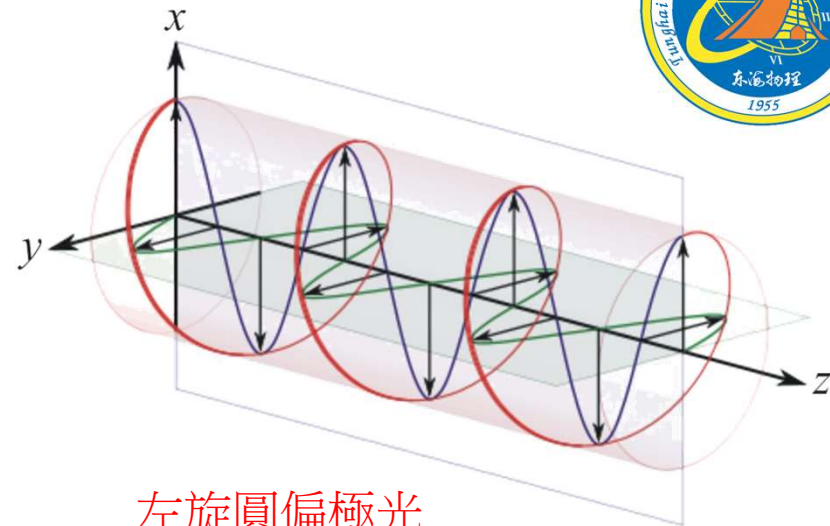


B) 圓偏振

a) $\varepsilon = -\frac{\pi}{2} + 2m\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\vec{E}(z, t) = E_0 \left[\hat{i} \cos(kz - \omega t) + \hat{j} \sin(kz - \omega t) \right]$$

left-circularly polarized (左旋圓偏極光)



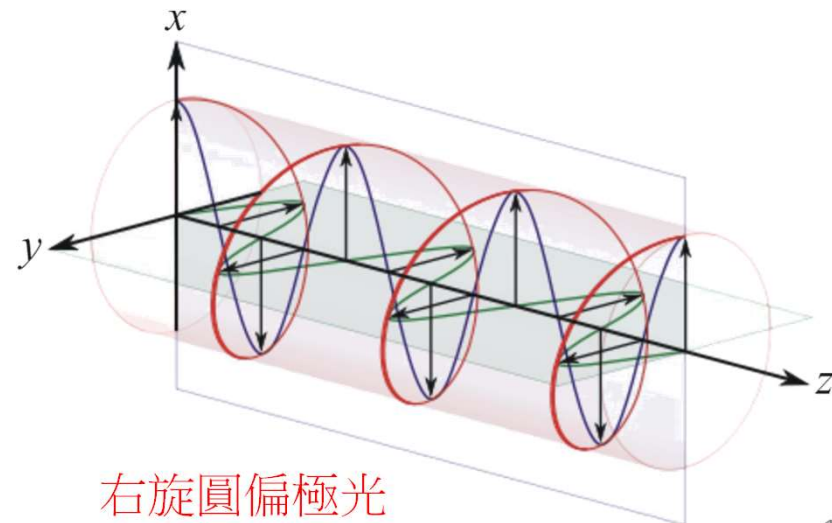
左旋圓偏極光

b) $\varepsilon = \frac{\pi}{2} + 2m\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\vec{E}(z, t) = E_0 \left[\hat{i} \cos(kz - \omega t) - \hat{j} \sin(kz - \omega t) \right]$$

Right-circularly polarized (右旋圓偏極光)

當觀察者往-z方向看時，電場旋轉方向。

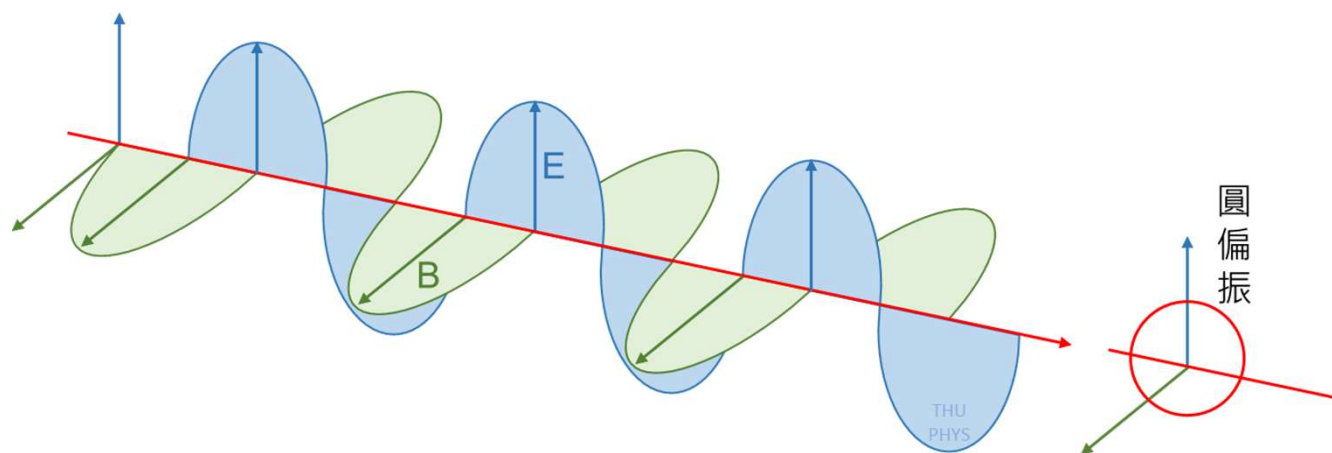


右旋圓偏極光



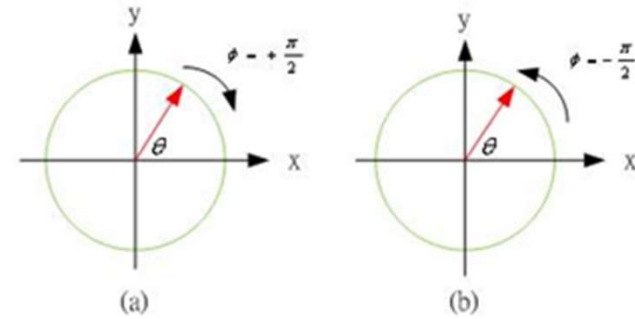
B) 圓偏振

$$\phi = \pm \frac{\pi}{2}$$



光學的定義為：

當迎著傳播方向觀察（即面對波的來向），
 電場向量順時針轉動，稱為右旋圓偏振光；
 電場向量逆時針轉動，稱為左旋圓偏振光。



圖四 圓偏振光，(a) 為右旋圓偏振光，(b) 為左旋圓偏振光。

電磁學的定義為：

若右手拇指指向傳播方向，而其餘四指恰為電場向量隨時間而變的旋轉方向時，則稱為右旋極化(RHC)。若當左手拇指指向傳播方向，而其餘四根手指恰為電場向量隨時間而變的旋轉方向時，則稱為左旋極化(LHC)。

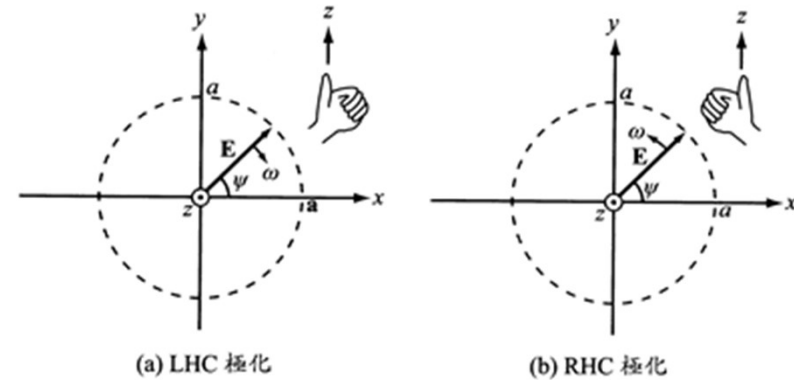


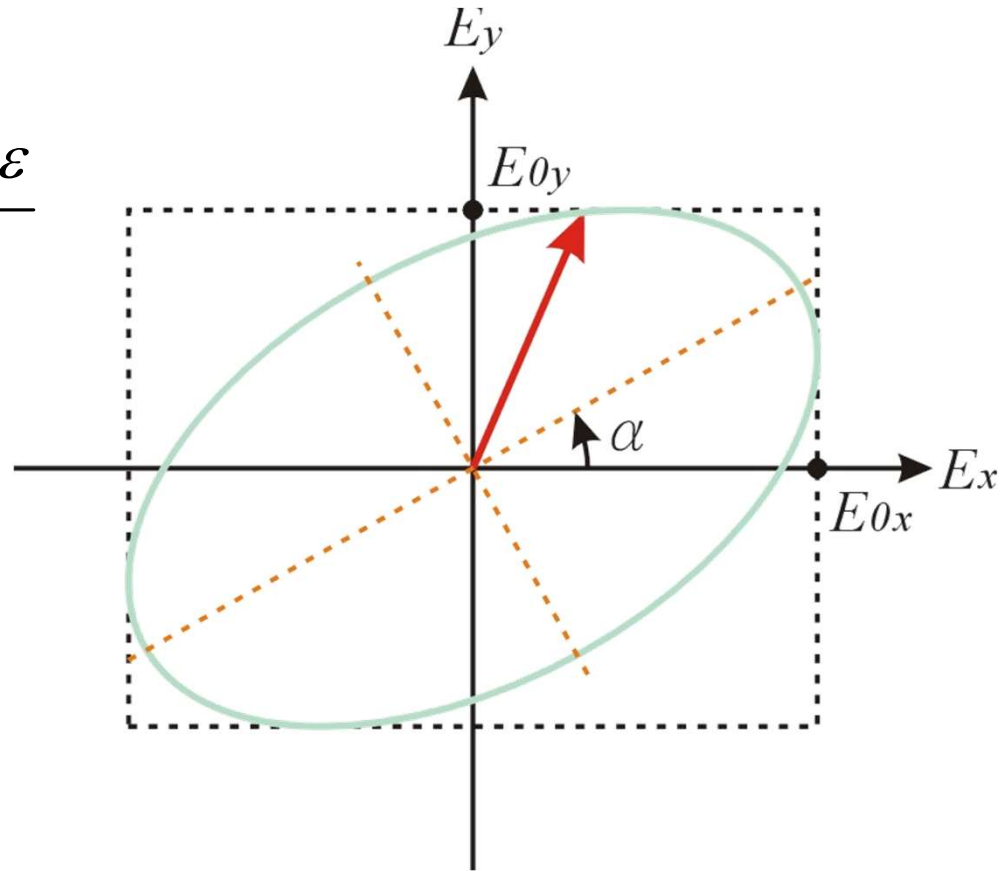
圖 7-8 朝 +z 方向傳播（離開紙面）的圓形極化平面波

C) 橢圓偏振

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)\cos\varepsilon = \sin^2\varepsilon$$

$$E_{0x} \neq E_{0y}$$

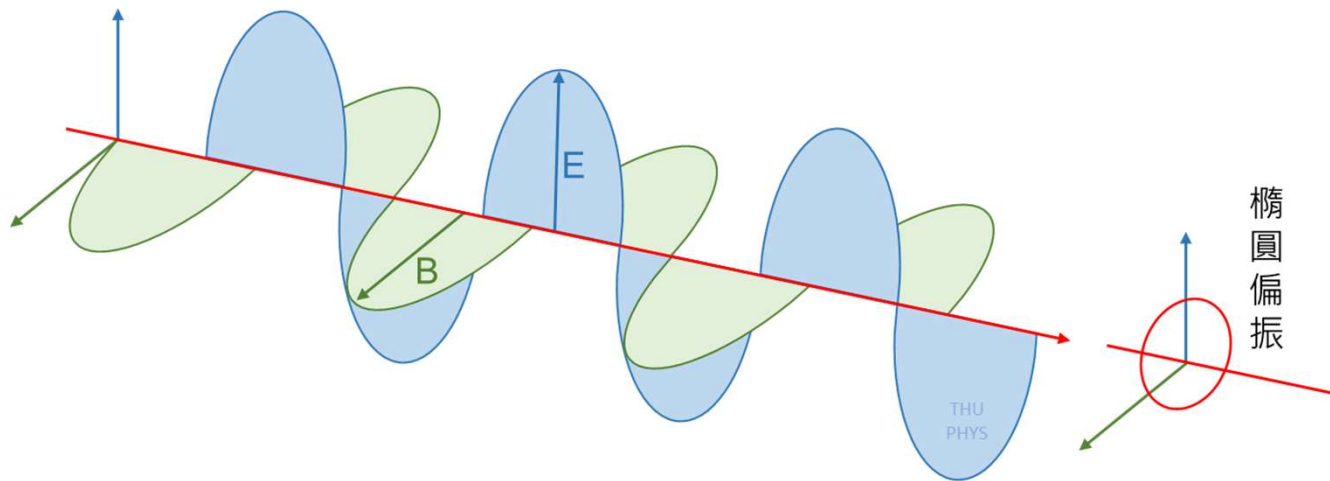
$$\tan 2\alpha = \frac{2E_{0x}E_{0y}\cos\varepsilon}{E_{0x}^2 - E_{0y}^2}$$



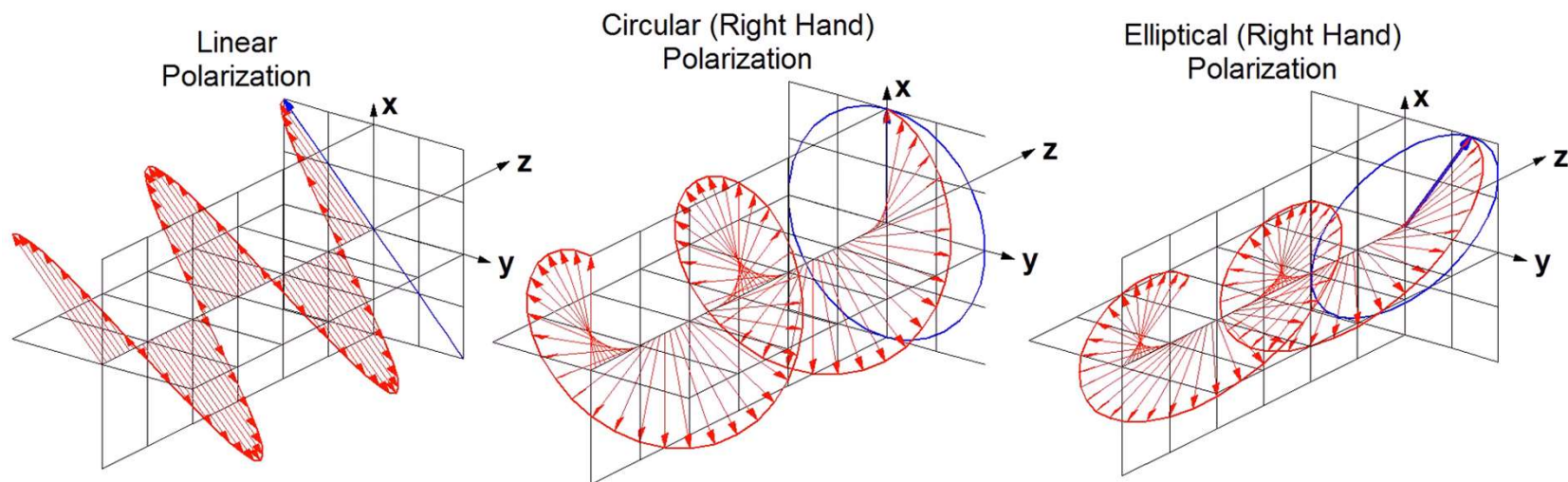


C) 橢圓偏振

$$E_{0x} \neq E_{0y}$$

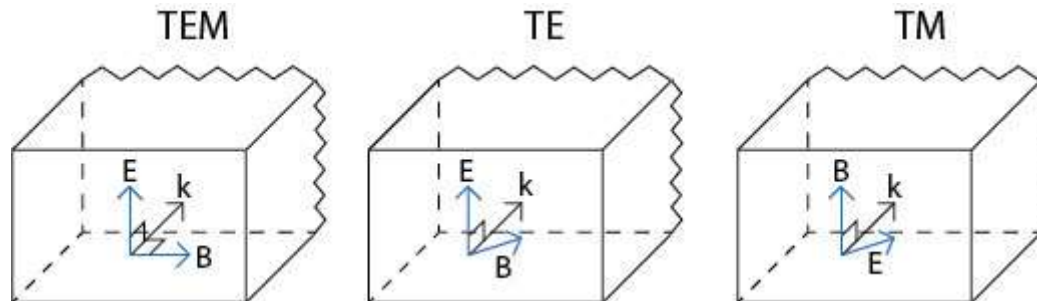
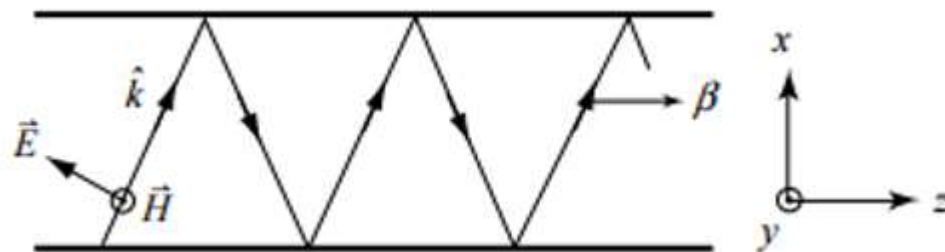
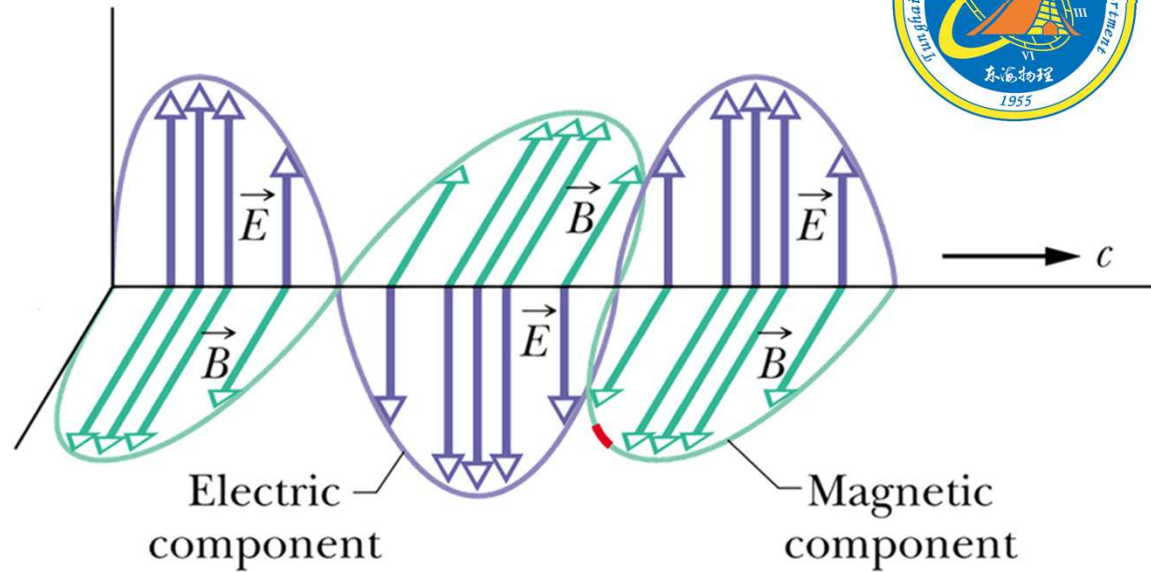


線偏振、圓偏振、橢圓偏振





TEM wave
TE wave
TM wave



光波是電磁波的一種。

電磁波的偏振方向，定義為『電場的振盪方向』。

當光波前進時，電場的偏振方向可能為垂直
光行進方向的任一角度。

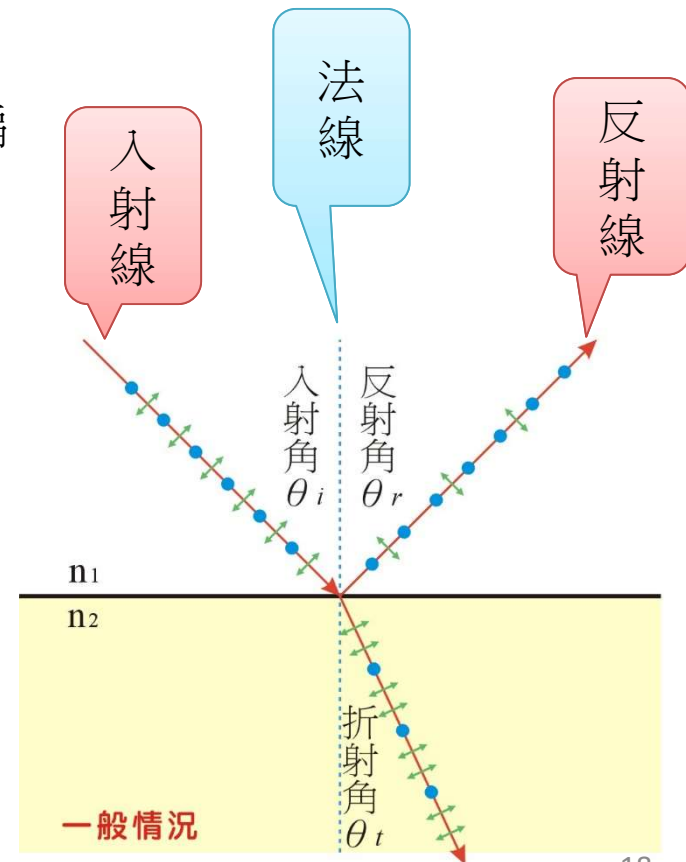
一般我們會用兩個相互垂直的分量，來定義光波的偏
振方向。

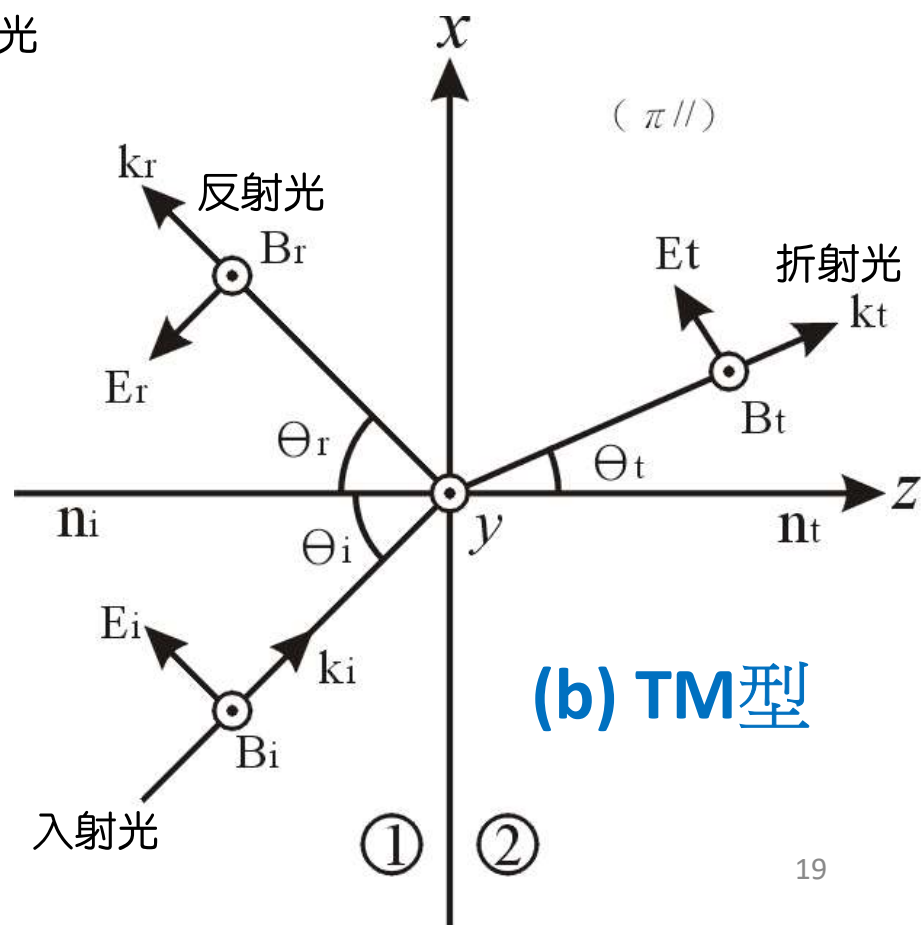
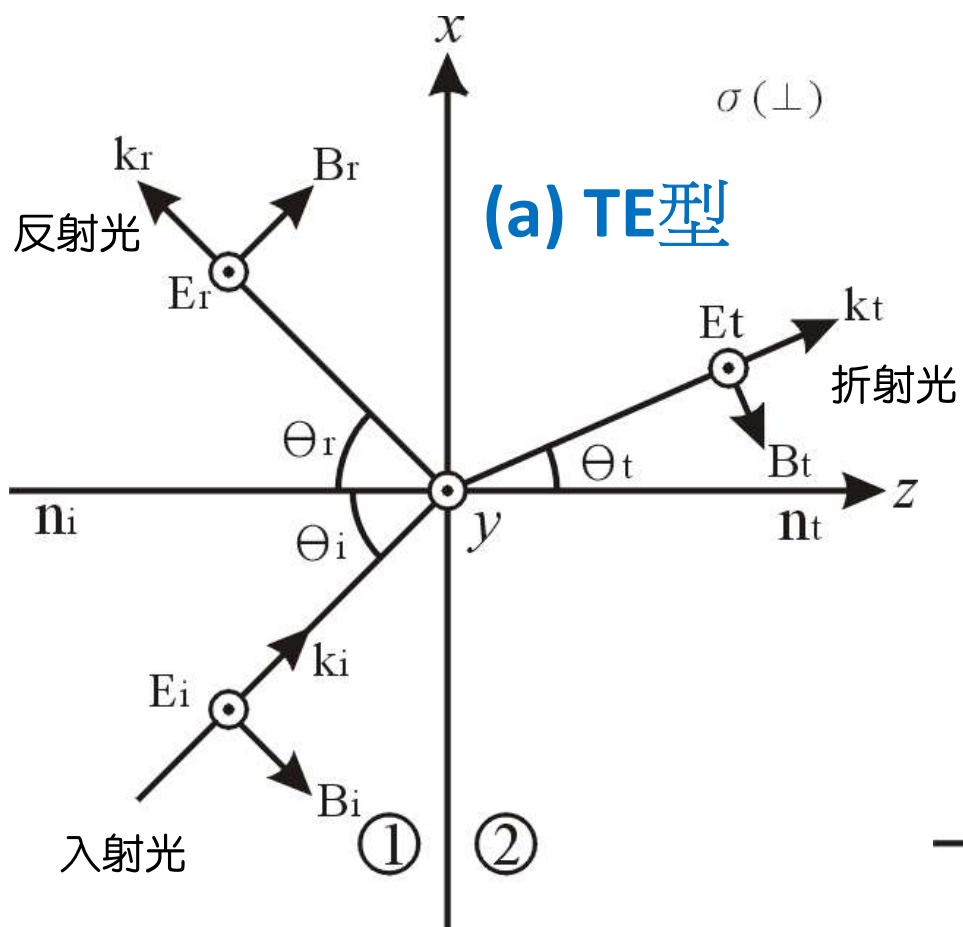
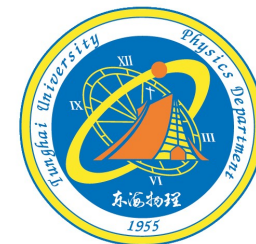
這兩個分量為：

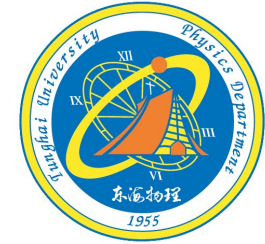
電場振盪方向平行入射面(圖中的綠線)

電場振盪方向垂直入射面(圖中的藍點)

「入射面」為入射線、反射線與法線所構成之平面。

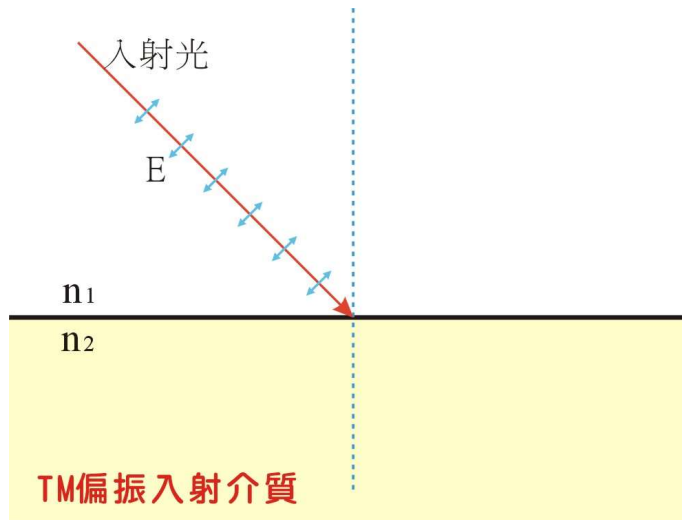




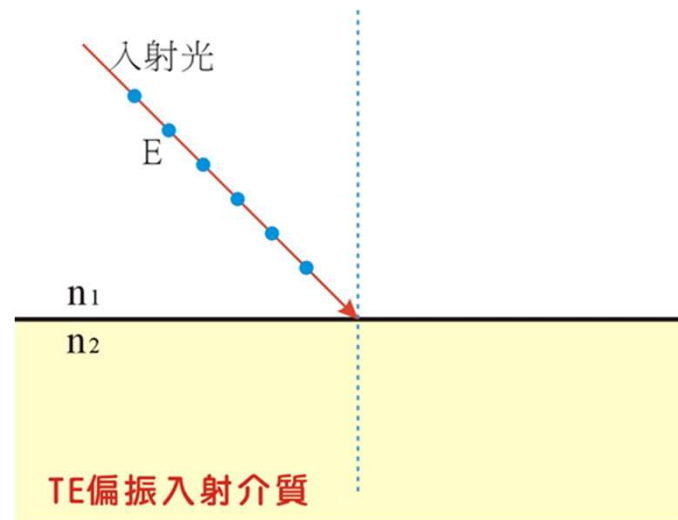


TM偏振 與 TE偏振

TM偏振：
磁場垂直入射面
(電場振盪方向平行入射面)



TE偏振：
電場垂直入射面

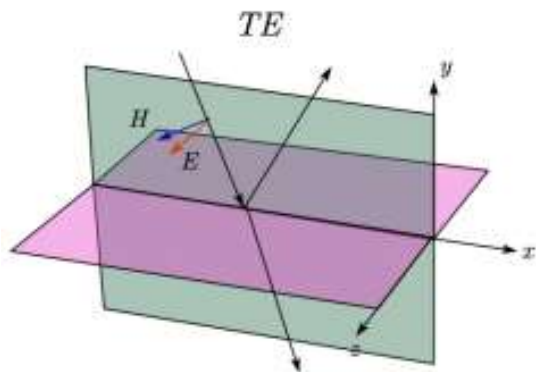
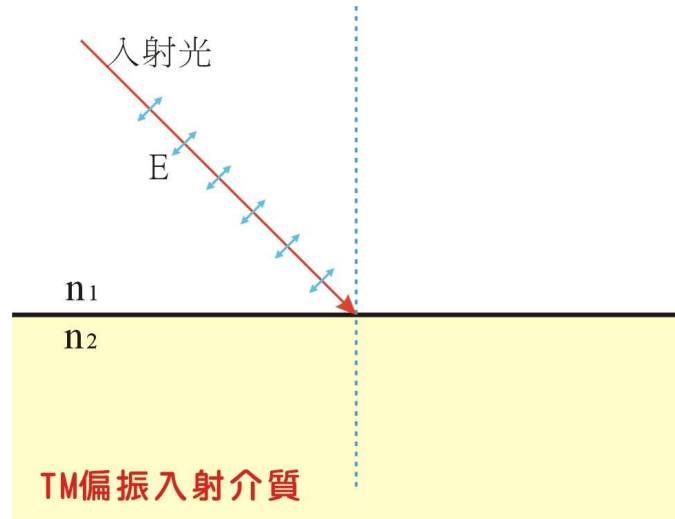




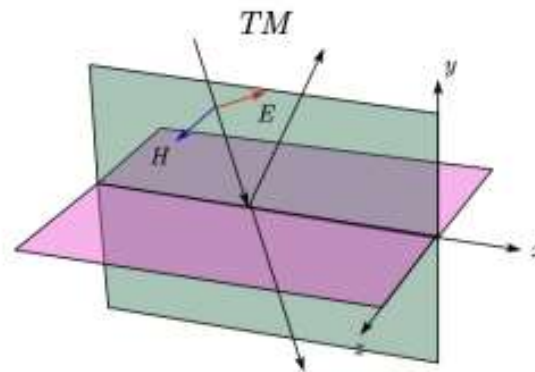
TM偏振 與 TE偏振

TM偏振：
磁場垂直入射面

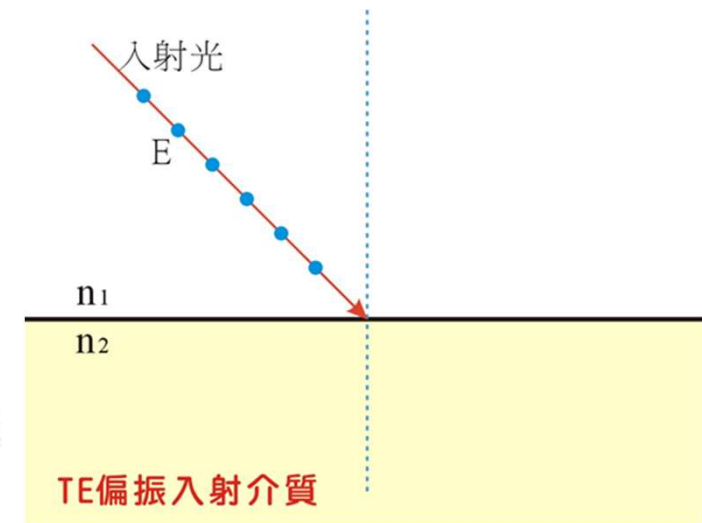
TE偏振：
電場垂直入射面

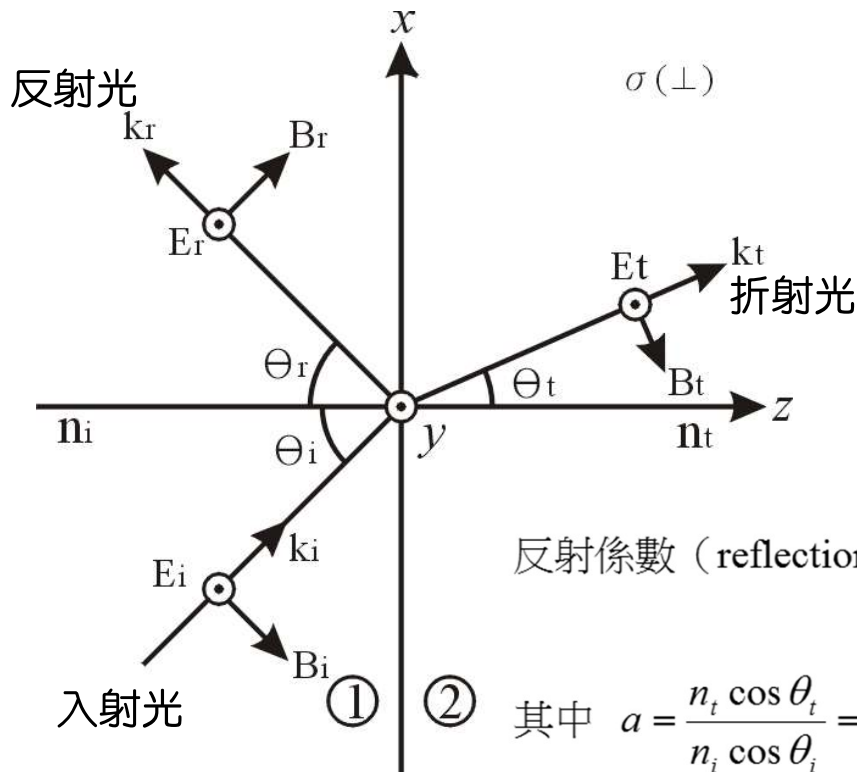
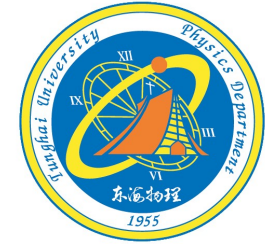


E 垂直入射面
 H 在入射面內



H 垂直入射面
 E 在入射面內





(a) TE型

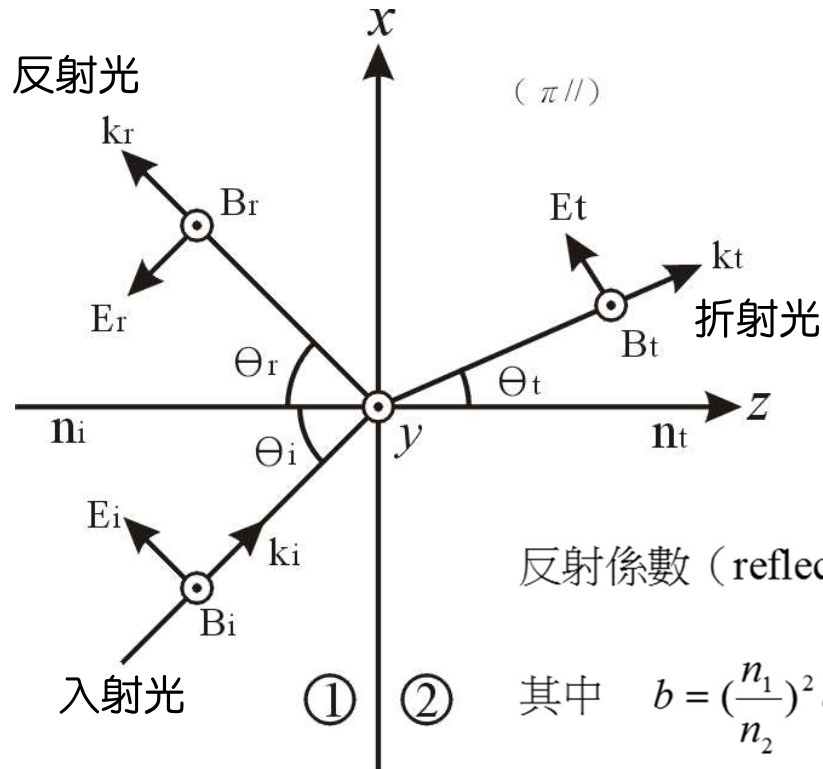
反射係數 (reflection coefficient) $r_{TE} = -\frac{\sin(\theta_i - \theta_t)}{\sin(\theta_i + \theta_t)} = \frac{1-a}{1+a}$ (16)

其中 $a = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} = \frac{\sqrt{n_i^2 - n_i^2 \sin^2 \theta_i}}{n_i \cos \theta_i}$, θ_i 為入射角 (17)

若光係由空氣入射到折射率為 n 的介電質材料之表面，則可進一步化簡為

$$r_{TE} = \frac{\cos \theta_i - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}}{\cos \theta_i + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}} \quad (18)$$

又反射率 R_{TE} 為反射係數 r_{TE} 的平方，因此 $R_{TE} = r_{TE}^2 = \frac{\sin^2(\theta_i - \theta_t)}{\sin^2(\theta_i + \theta_t)}$



(b) TM型

反射係數 (reflection coefficient) $r_{TM} = \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)} = \frac{1-b}{1+b}$ (19)

其中 $b = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 a$

同理，由光從空氣入射到介質時， $r_{TM} = \frac{n^2 \cos \theta_i - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}}{n^2 \cos \theta_i + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}}$ (20)

因反射率 R_{TE} 為反射係數 r_{TE} 的平方，因此 $R_{TM} = r_{TM}^2 = \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_t)}{\tan^2(\theta_i + \theta_t)}$

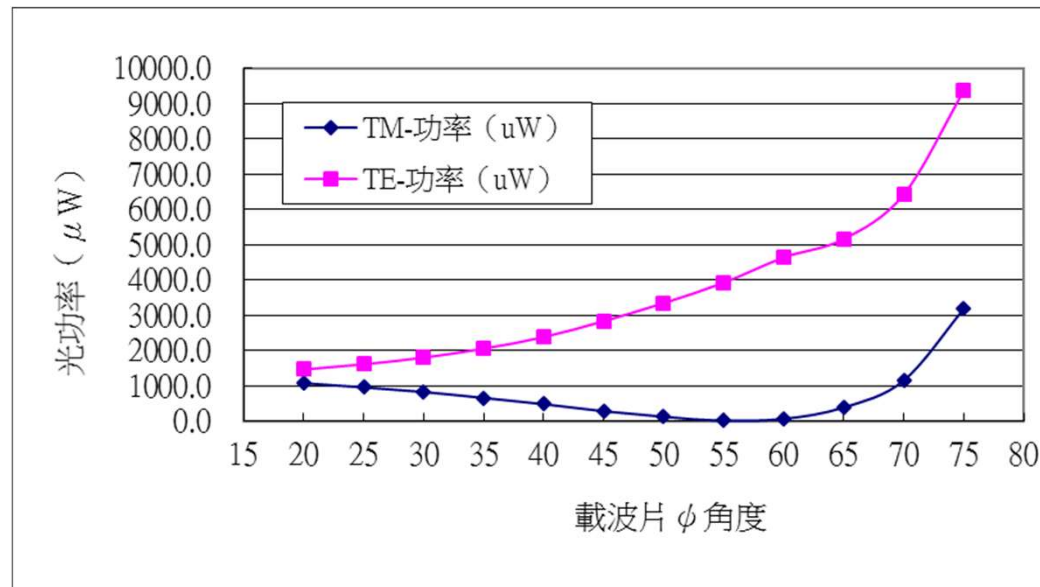


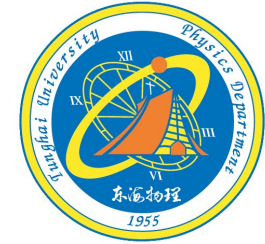
(b) TM型

$$r_{TM} = 0$$

$$\theta_i = \theta_B = \theta_p = \tan^{-1} n$$

布魯斯特角

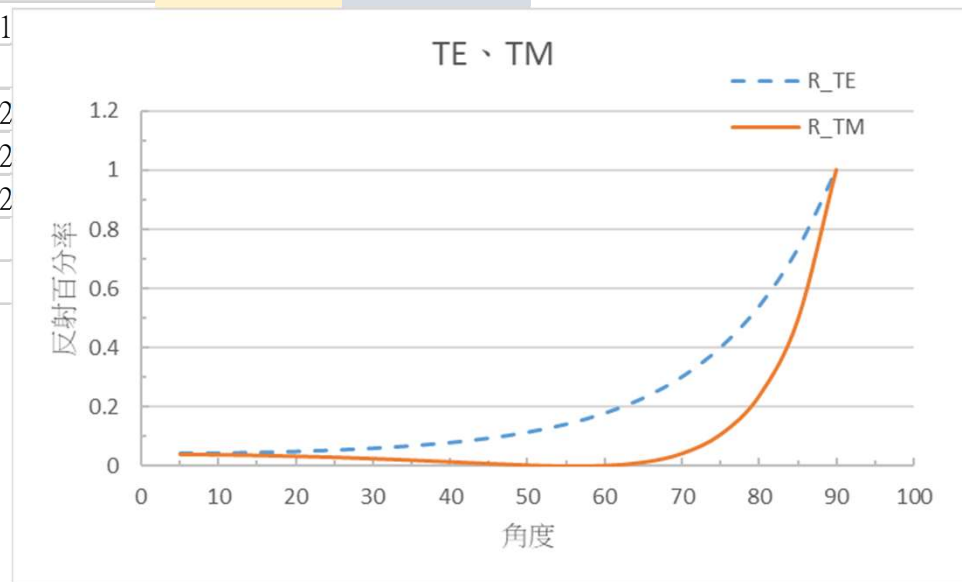




布魯斯特角

入射角-i	入射角-i	折射角-t	i-t	i+t	R_TE	R_TM
5	0.087266463	0.058136572	0.029129891	0.145403034	0.040408312	0.039593589
10	0.174532925	0.116025598	0.058507327	0.290558523	0.041659487	0.038371483
15	0.261799388	0.173413885	0.088385502	0.435213273	0.043835083	0.036326451
20	0.34906585	0.230036877	0.119028974	0.579102727	0.047080933	0.033451524
25	0.436332313	0.28561283	0.150719483	0.721945143	0.051623507	0.029749331
30	0.523598776	0.339836909	0.183761866	0.863435685	0.057796105	0.025249147
35	0.610865238	0.392375315	0.218489923	1.003240553	0.066078758	0.020037132
40	0.698131701	0.442859739	0.255271962	1.140991439	0.077157739	0.014309548
45	0.785398163	0.490882678	0.294515485	1.276280842	0.092013363	0.008466459
50	0.872664626	0.535994466	0.33667016	1.408659092	0.112048357	0.003277532
55	0.959931089	0.577703268	0.38222782	1.537634357	0.139273485	0.000177847
60	1.047197551	0.615479709	0.431717843	1.66267726	0.176571488	0.001801938
65	1.134464014	0.648768025	0.485695989	1.783232039	0.22806296	0.01296338
70	1.221730476	0.677005475	0.544725002	1		
75	1.308996939	0.699650781	0.609346158	2		
80	1.396263402	0.716220477	0.680042925	2		
85	1.483529864	0.726329249	0.757200615	2		
90	1.570796327	0.729727656	0.841068671	2		
角度	入射角-徑度	折射角-徑度				

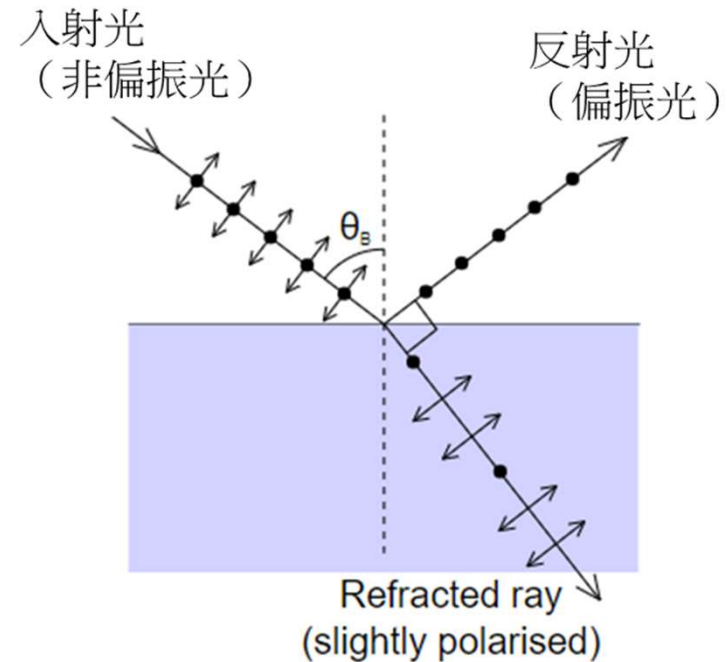
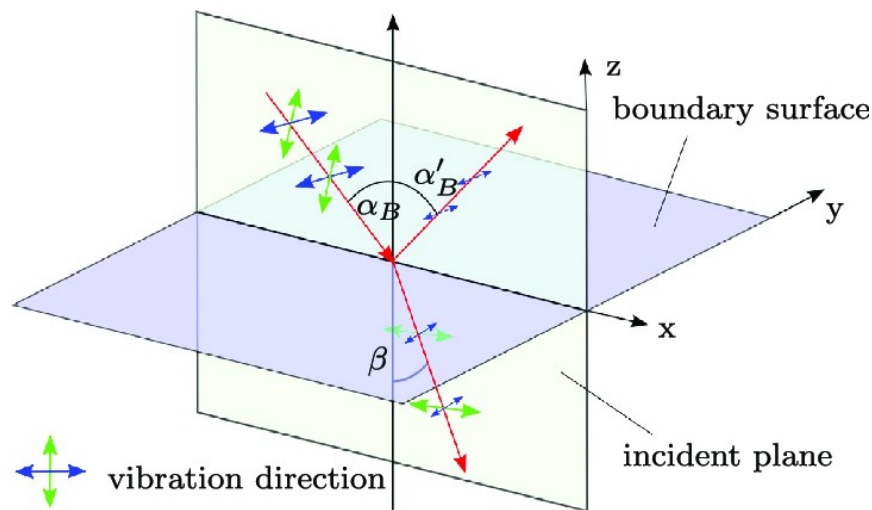
利用EXCEL畫出來的圖

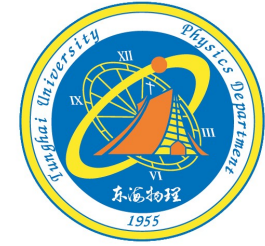


布魯斯特角 (Brewster's angle)

布魯斯特角 (Brewster's angle)，又稱為起偏振角，當入射自然光以此角度射入介面時，反射光是線偏振光，並且與折射光線互相垂直。

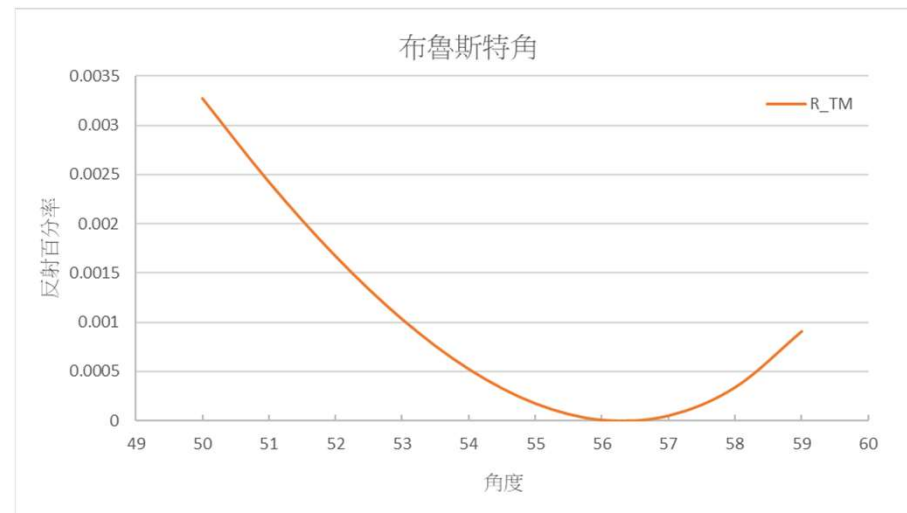
當入射角度等於布魯斯特角時，反射光就成為只有垂直於入射面的線偏振光。





布魯斯特角

入射角-i	入射角-i	折射角-t	i-t	i+t	R_TM
50	0.872664626	0.535994466	0.33667016	1.408659092	0.003277532
51	0.890117919	0.544624914	0.345493005	1.434742832	0.002427932
52	0.907571211	0.553115235	0.354455976	1.460686446	0.001674092
53	0.925024504	0.56146124	0.363563264	1.486485743	0.001033906
54	0.942477796	0.569658684	0.372819112	1.51213648	0.000527566
55	0.959931089	0.577703268	0.38222782	1.537634357	0.000177847
56	0.977384381	0.585590646	0.391793735	1.562975028	1.04423E-05
57	0.994837674	0.593316427	0.401521247	1.5881541	5.43263E-05
58	1.012290966	0.600876178	0.411414788	1.613167144	0.000342178
59	1.029744259	0.608265436	0.421478823	1.638009695	0.000910857
角度	入射角-徑度	折射角-徑度			

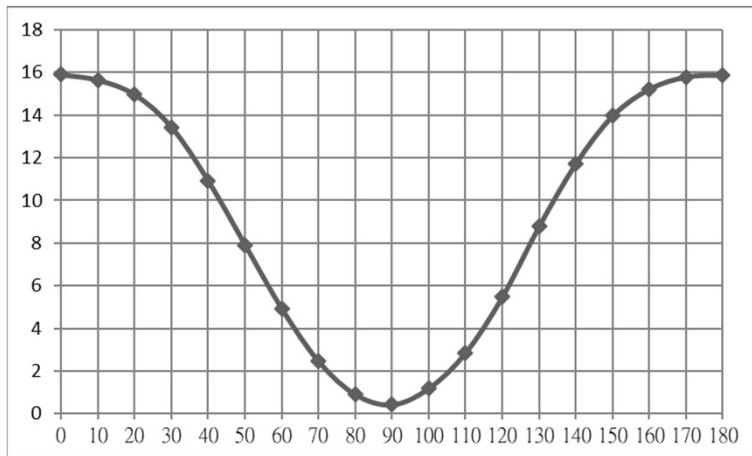
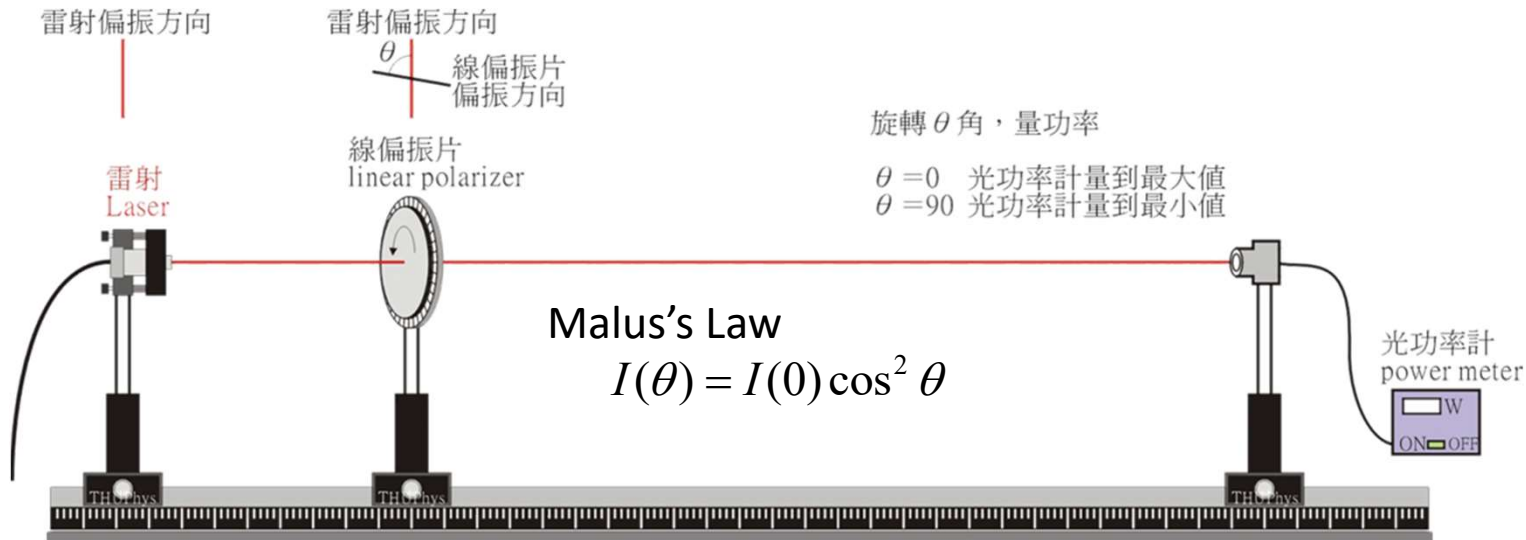




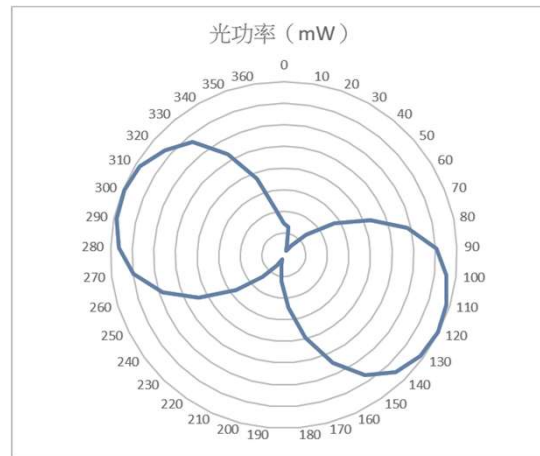
實驗步驟

- (一) 雷數的偏極特性
偏振度
Malus定律
- (二) 線偏極光的產生及檢驗
起偏板
檢偏板
- (三) 偏極光控制元件之特性
 $\frac{1}{2}$ 波片
 $\frac{1}{4}$ 波片
- (四) 載波片布魯斯特角的測量
布魯斯特角
TE、TM

1) 雷射的偏振特性與Malus定律



XY散佈圖
光功率vs角度



雷達圖
光功率vs刻度

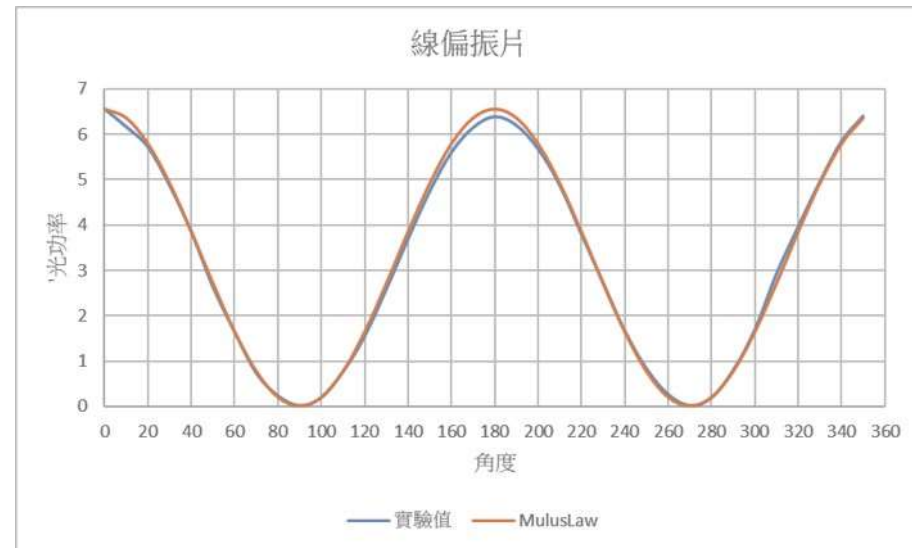
1-先將線偏振片轉一圈，記錄功率最小時的刻度，定義此刻度為角度90度。
2-轉到角度0度，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格1)



1) 雷射的偏振特性與Malus定律

刻度	角度	光功率	光功率 (理論值)
	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
	60		
	70		
	80		
	90		

計算理論值
驗證Malus Law





2) 線偏極光的產生及檢驗

如果入射光是**非偏振光**，會加兩片偏振片，

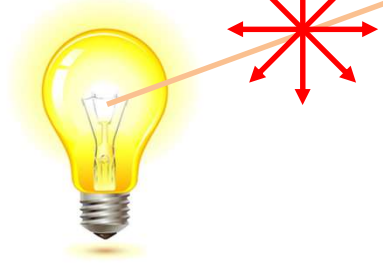
光入射的第一片為偏振片稱為**起偏板** (polarizer)
是將非偏振光變成偏振光的光學元件，

第二片偏振片稱為**檢偏板** (analyzer)
用來檢驗偏振光的狀態。

線偏振
圓偏振
橢圓偏振

非偏振光

光源



起偏板



偏振光

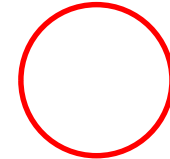
檢偏板



線偏振



圓偏振

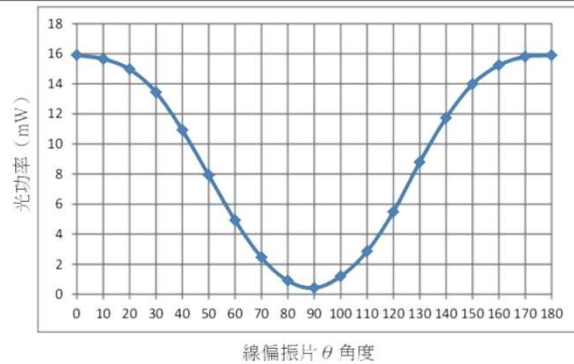


橢圓偏振



2) 線偏極光的產生及檢驗

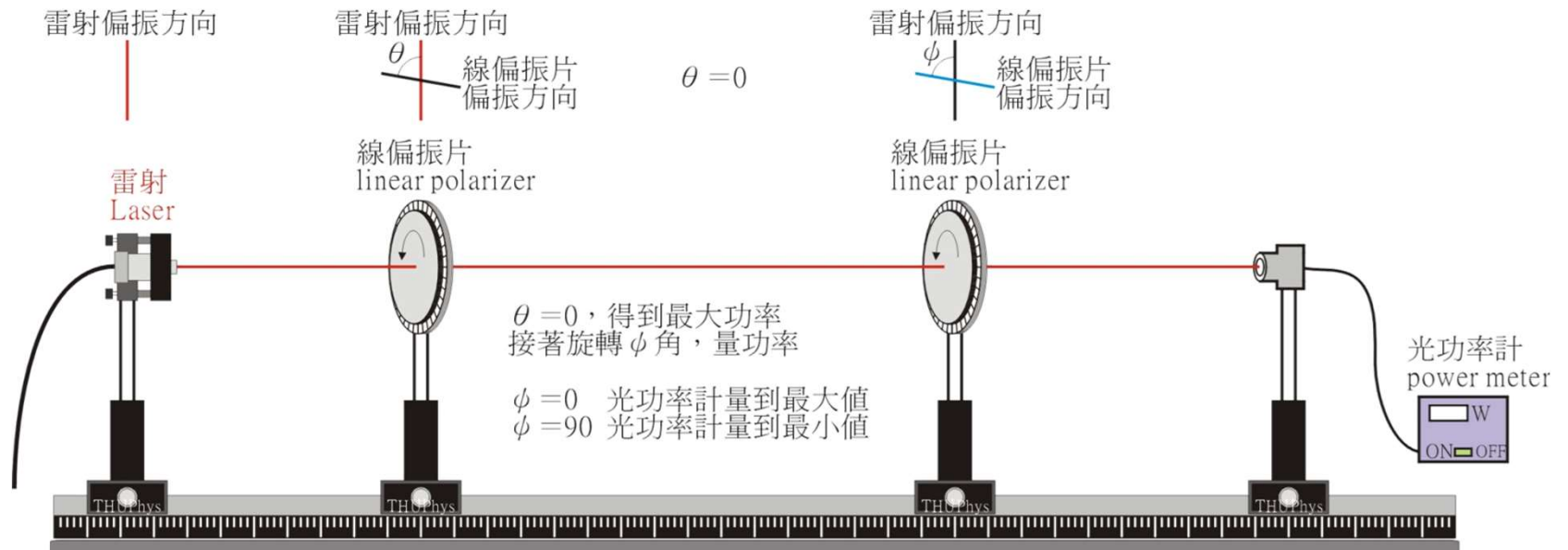
a) 起偏板



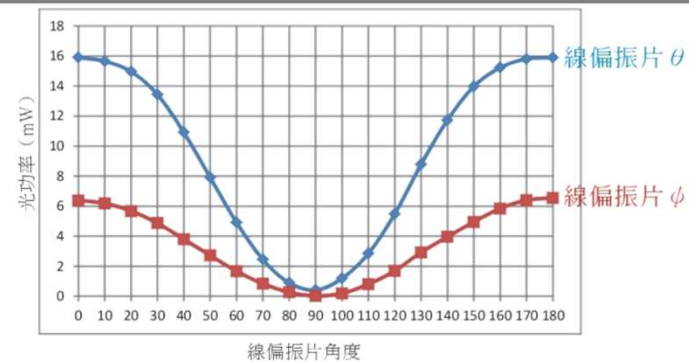
- 1-先將線偏振片(起偏板)轉一圈，記錄功率最小時的刻度，定義此刻度為角度90度。
- 2-轉到角度0度，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格1)

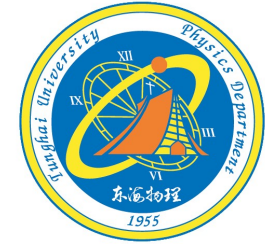
2) 線偏極光的產生及檢驗

b) 檢偏板



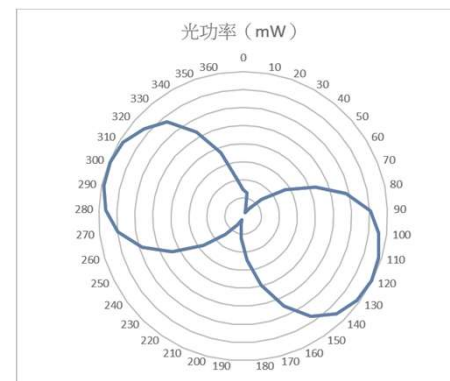
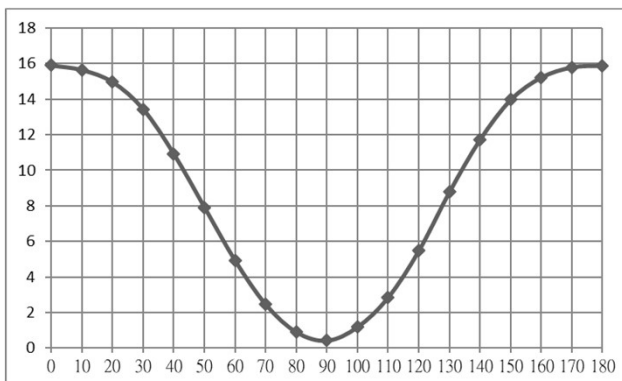
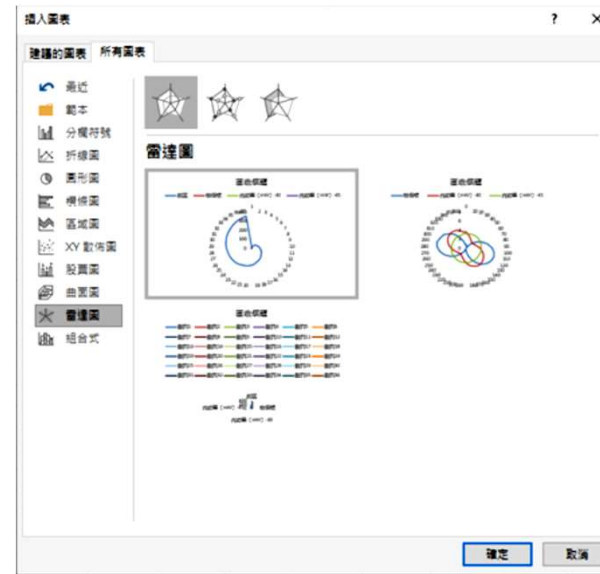
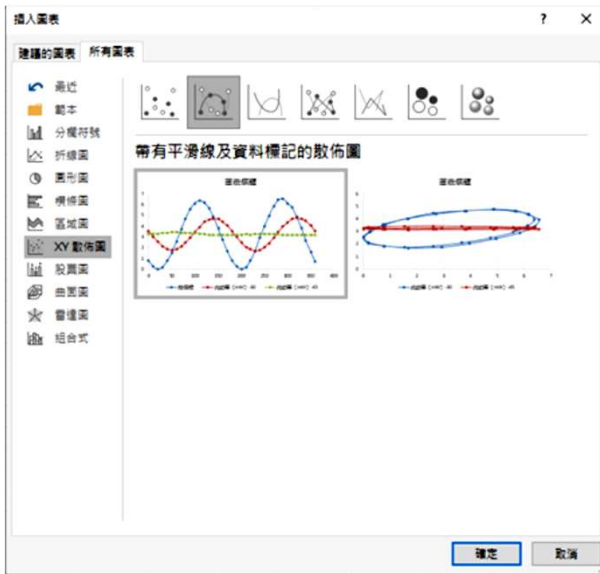
- 1-先將起偏板轉到功率最大的角度（即 $\theta = 0$ ）
- 2-放入第二片線偏振片(檢偏板)，再將檢偏板轉一圈，記錄功率最小時的刻度，定義此刻度為角度90度。
- 3-將檢偏板轉到角度0度，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格2)





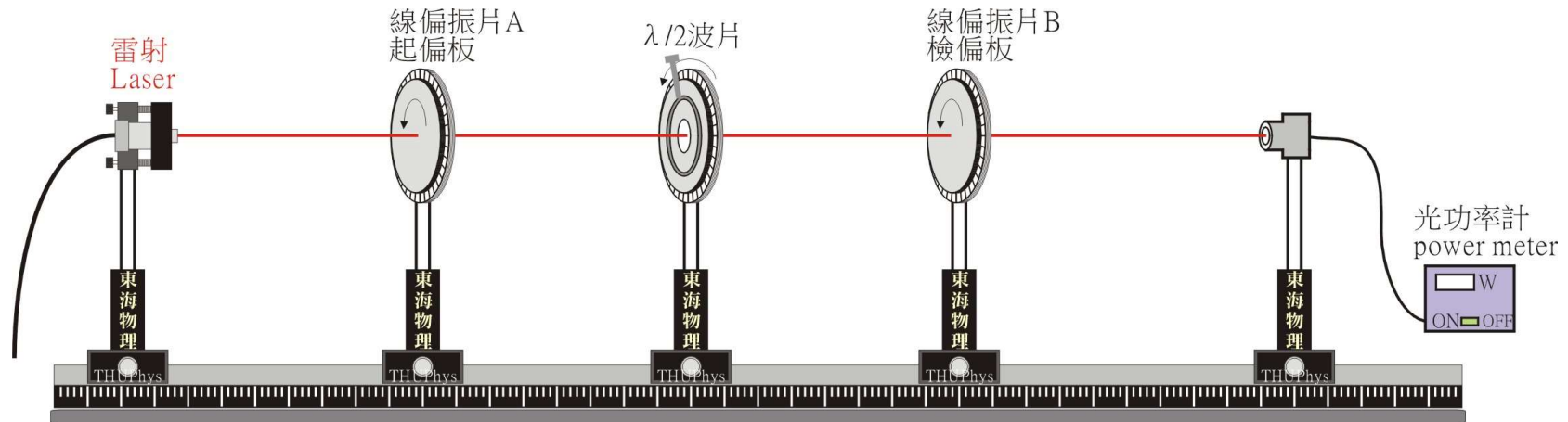
2) 線偏極光的產生及檢驗

XY散佈圖 與 雷達圖



3) 偏振光控制元件 ($\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片) 之特性

$\lambda/2$ 波片



1-前一步驟調到功率最小值。

意即線偏振A與線偏振片B相互垂直。

2-放入 $\lambda/2$ 波片，將 $\lambda/2$ 波片轉一圈，維持功率最小，紀錄此時 $\lambda/2$ 波片的刻度為角度0度。

3-將 $\lambda/2$ 波片轉30度，旋轉線偏振片B，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格3)

4-將 $\lambda/2$ 波片轉45度，旋轉線偏振片B，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格4)

【提醒】在這邊，線偏振片的角度與刻度，必須與表格1一致。
表格3和表格4...刻度與角度要和表格1一致！

3) 偏振光控制元件 ($\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片) 之特性

$\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片

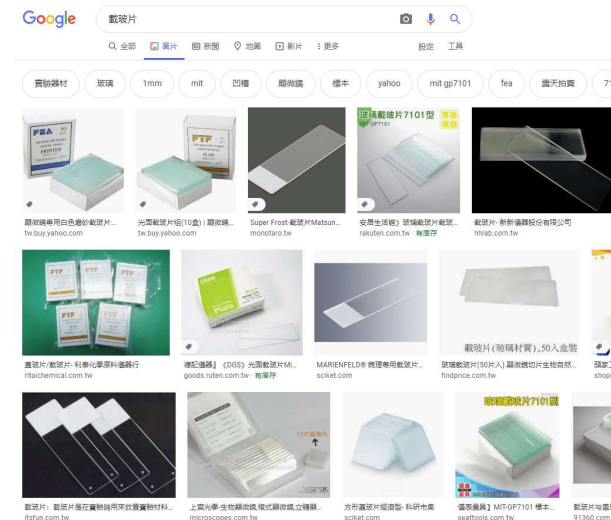
Wave plate

波片，又稱**相位延遲片**，它是由雙折射的材料加工而成。用於調整光束的偏振狀態。常見的波片由單軸晶體（如石英晶體）製作而成，其表面與光軸平行，垂直於光軸的偏振分量（**o光**）與平行於光軸的偏振分量（**e光**）在晶體中不發生雙折射，但傳播速度不同，因而通過波片後它們仍然沿著原有的方向傳播，且會產生相位偏移。相移量取決于波片的厚度，材料和工作波長。常用的波片包括半波片和四分之一波片。**From 維基百科。**

載玻片

Glass slide

指的是“玻”璃片（Glass plate）

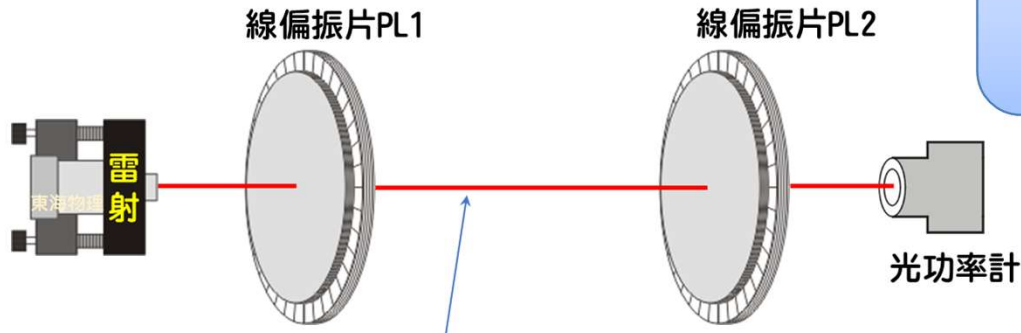


雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

線偏振片PL2
偏振方向

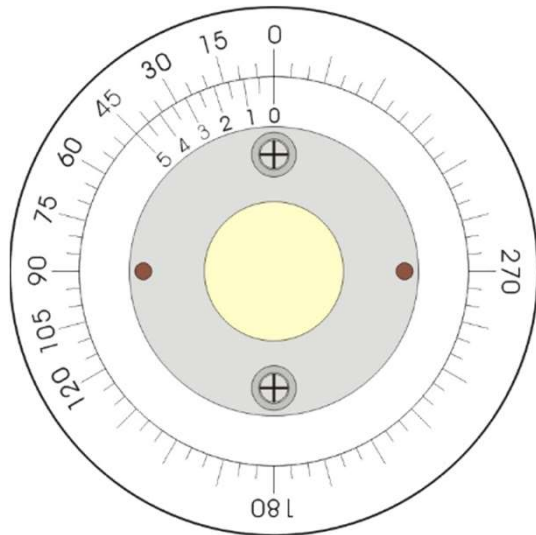
定義此時
線偏振片PL2
的刻度為
角度90度



雷射//PL1
1-用來實驗的光，強度要調到最大
2-光的偏振要夠好

放入
 $\frac{1}{2}$ 波片

定義此時
 $\frac{1}{2}$ 波片的刻度為
角度0度

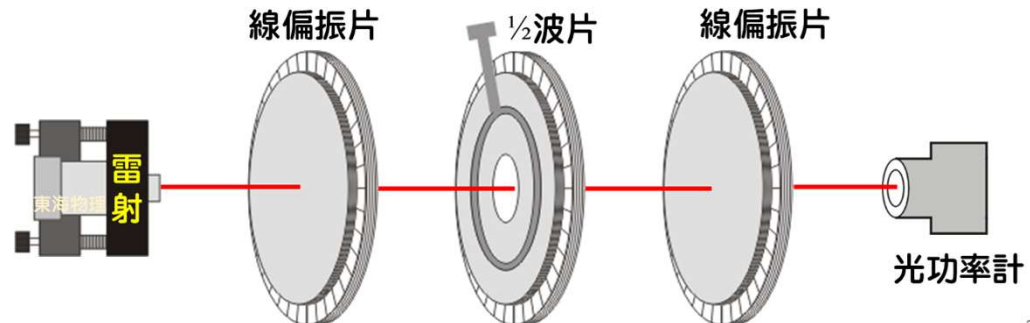


雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

$\frac{1}{2}$ 波片
主軸方向

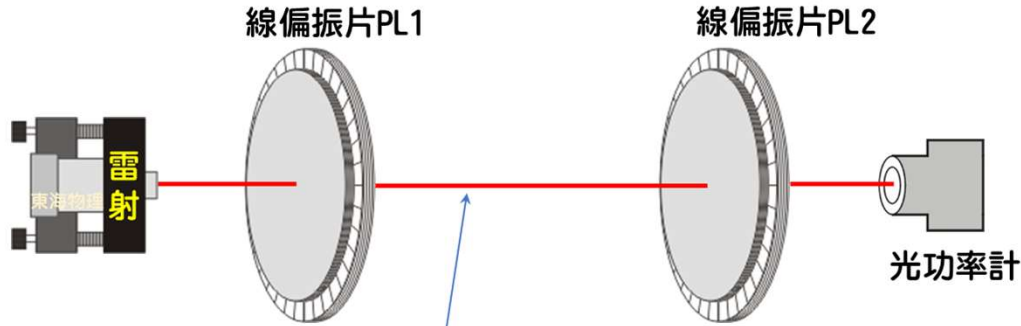
線偏振片PL2
偏振方向



雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

線偏振片PL2
偏振方向



雷射//PL1
1-用來實驗的光，強度要調到最大
2-光的偏振要夠好

$\frac{1}{2}$ 波片為角度0度時
這兩種實驗方式
會得到一樣的結果

這也是為什麼課本要提醒

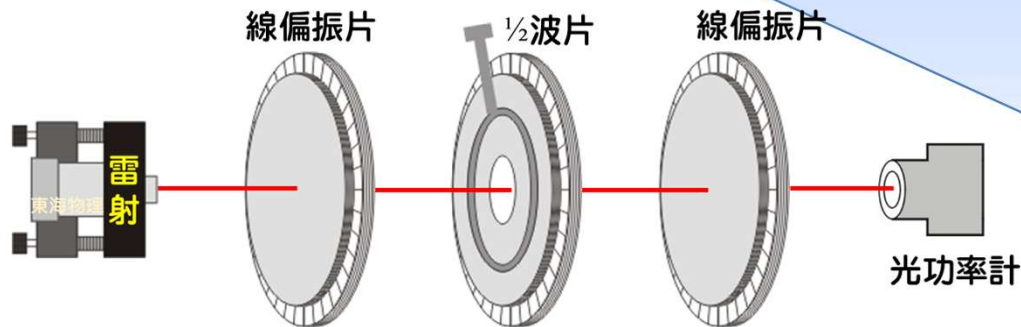
【提醒】在這邊，線偏振片的
角度與刻度，必須與表格2一致。
表格3和表格4...刻度與角度要
和表格2一致！

雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

$\frac{1}{2}$ 波片
主軸方向

線偏振片PL2
偏振方向

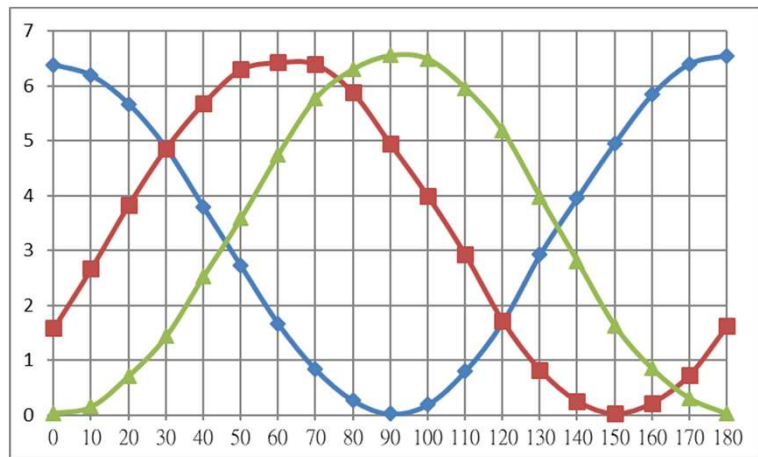
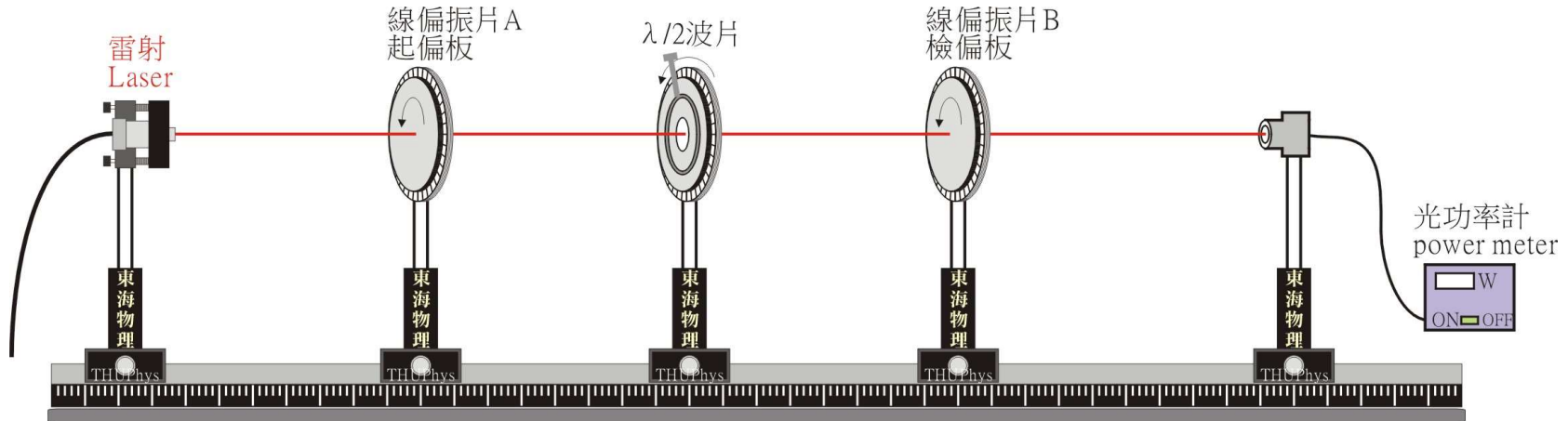


表格3、表格4
與表格2
不同的只有
 $\frac{1}{2}$ 波片的角度

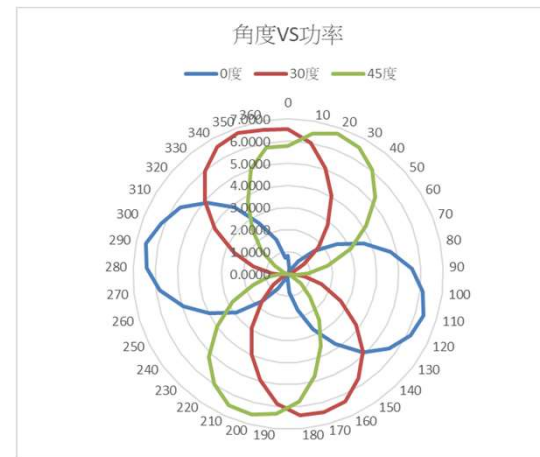
『 $\frac{1}{2}$ 波片主軸方向』與『雷射偏振方向』平行

3) 偏振光控制元件 ($\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片) 之特性

$\lambda/2$ 波片



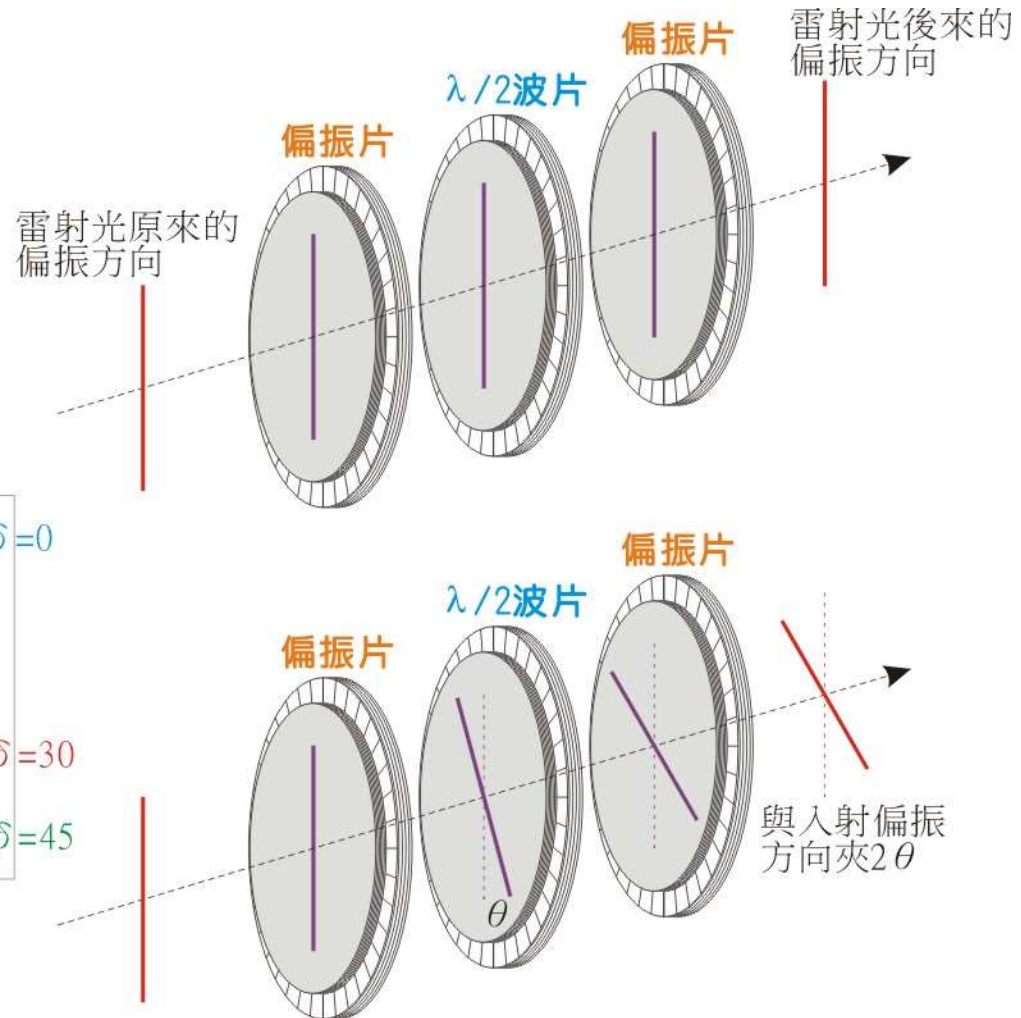
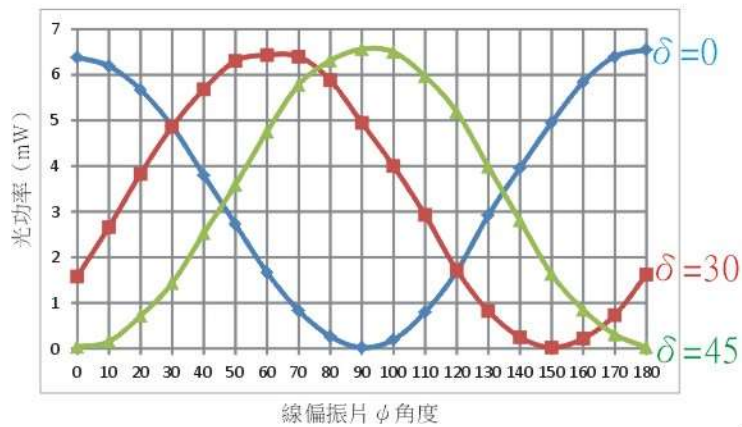
XY散佈圖
光功率vs角度



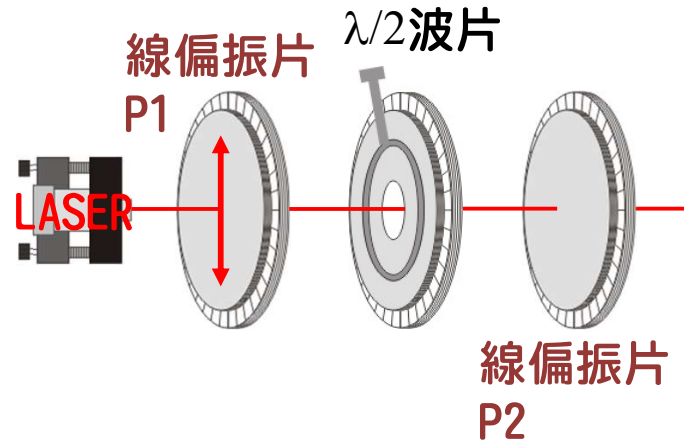
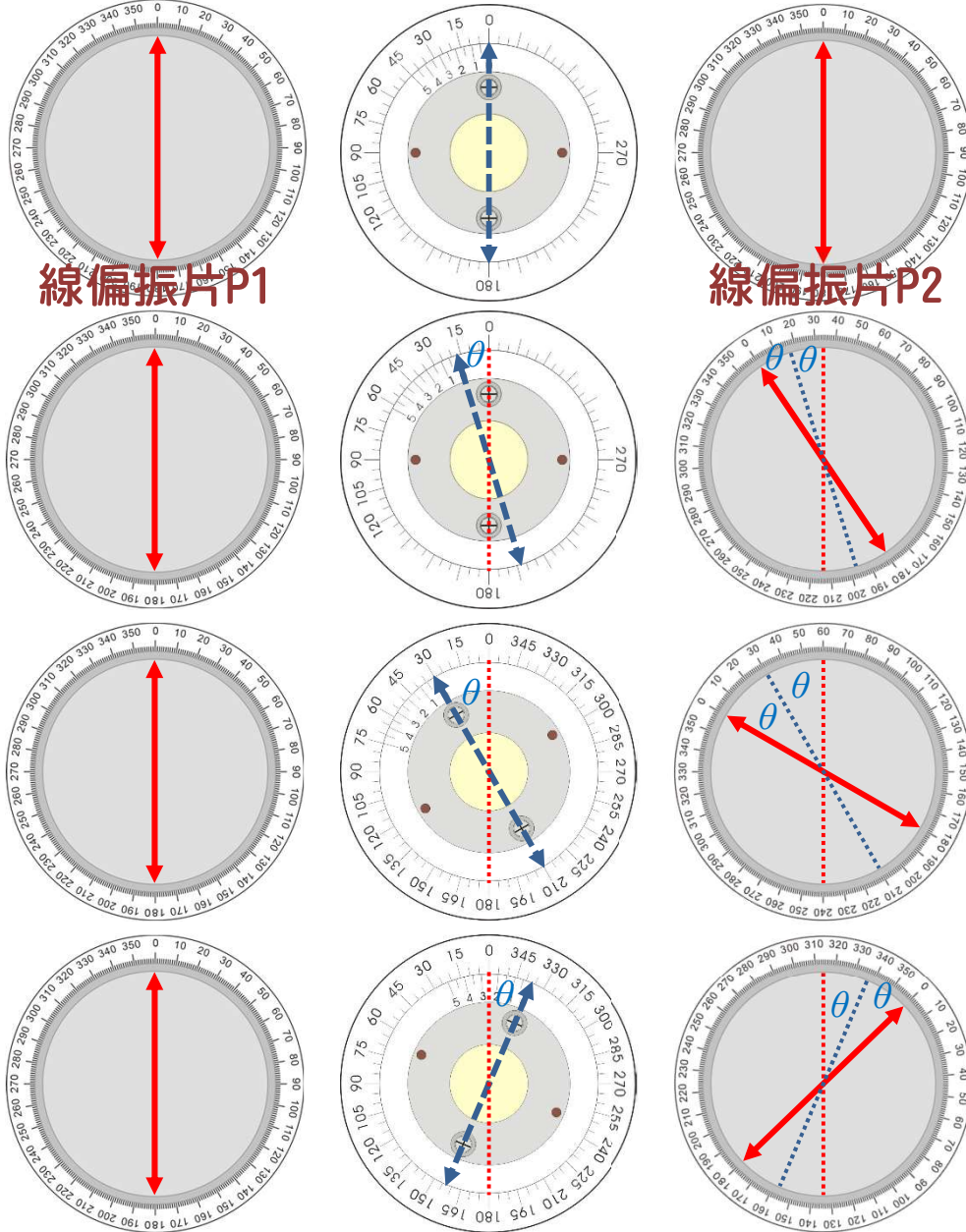
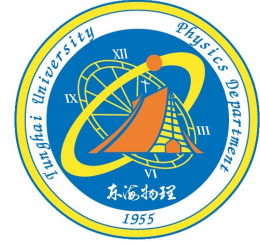
雷達圖
光功率vs刻度

3) $\lambda/2$ 波片

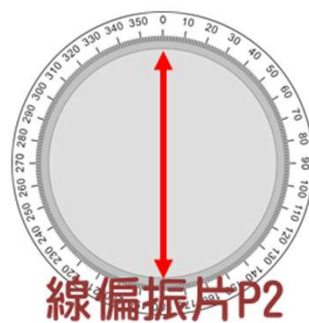
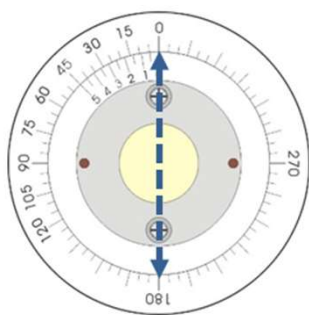
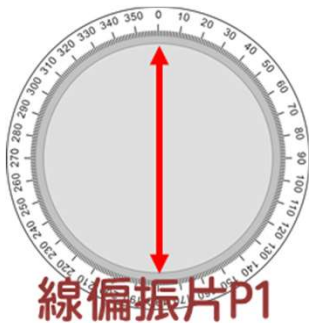
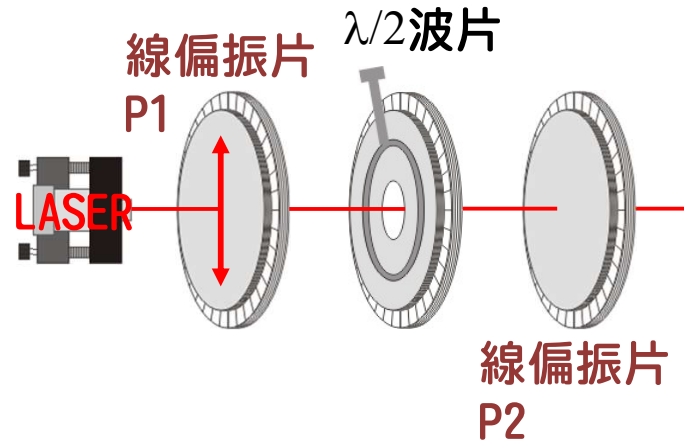
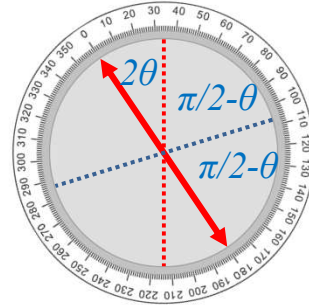
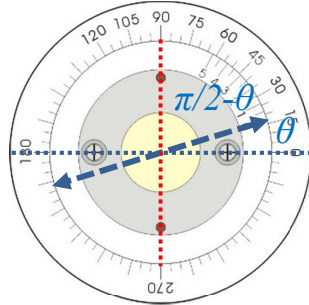
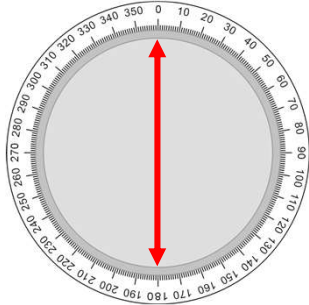
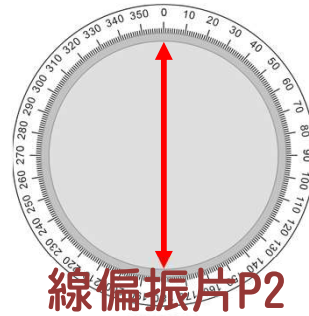
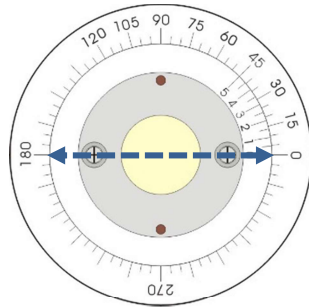
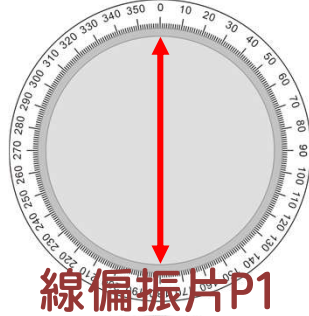
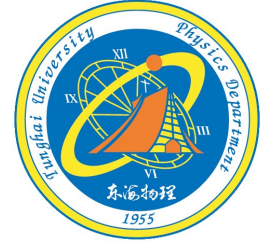
入射光是線偏振~
出射光一樣是【線偏振】
但...偏振方向不一樣！！



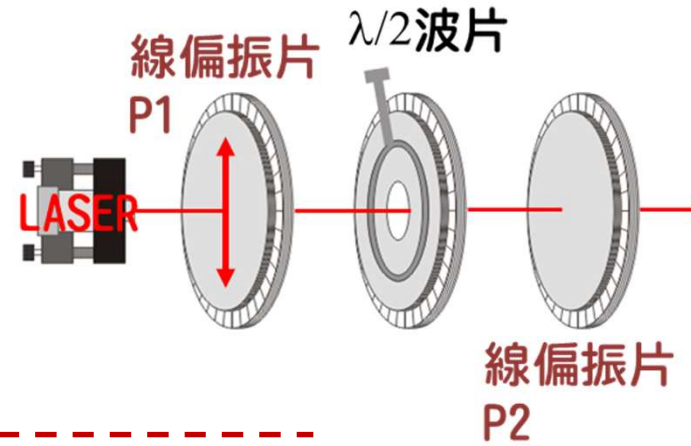
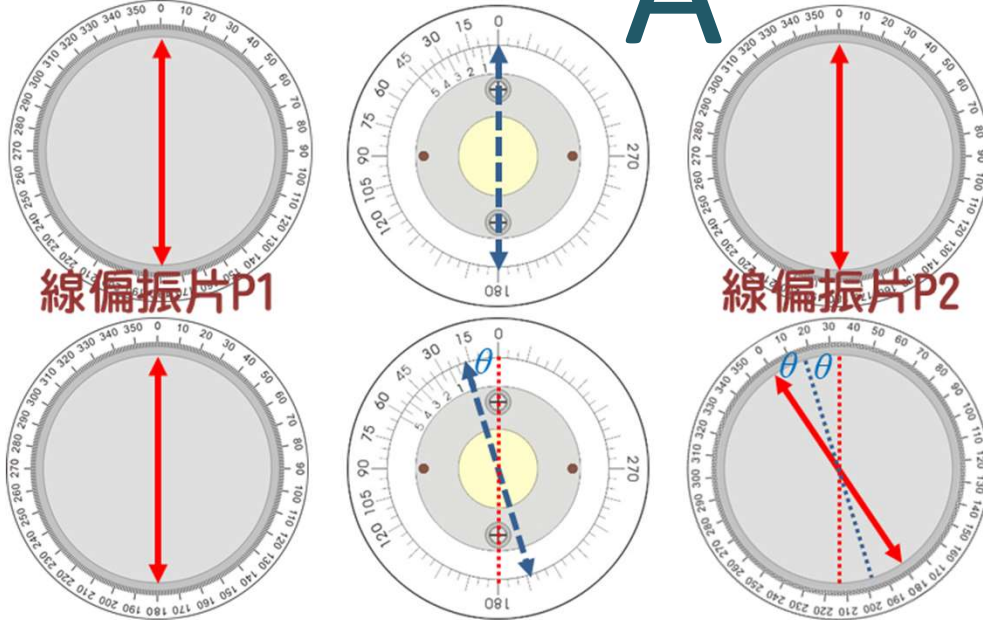
$\lambda/2$ 波片



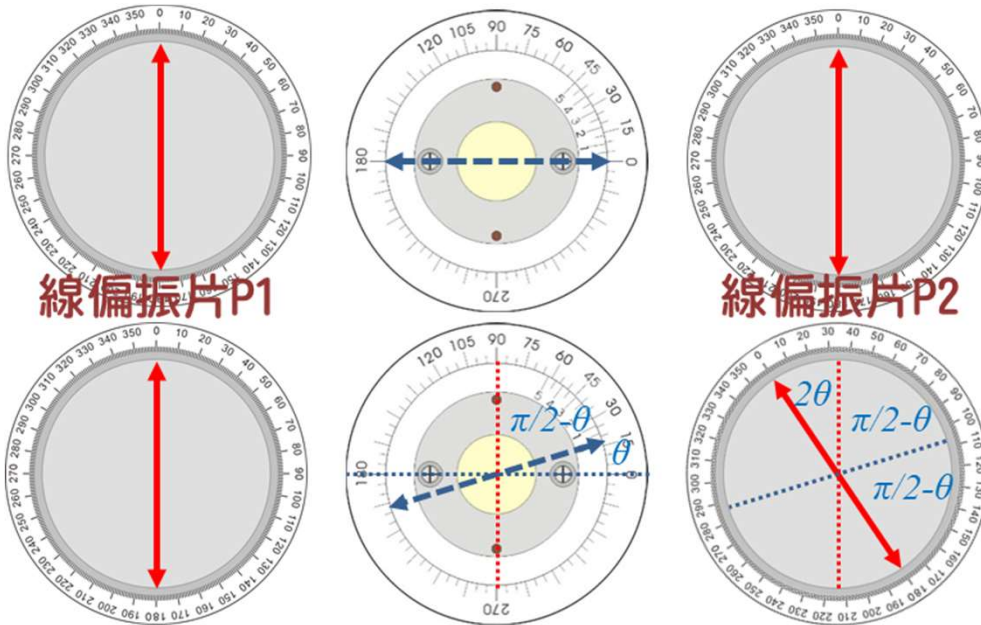
$\lambda/2$ 波片



A

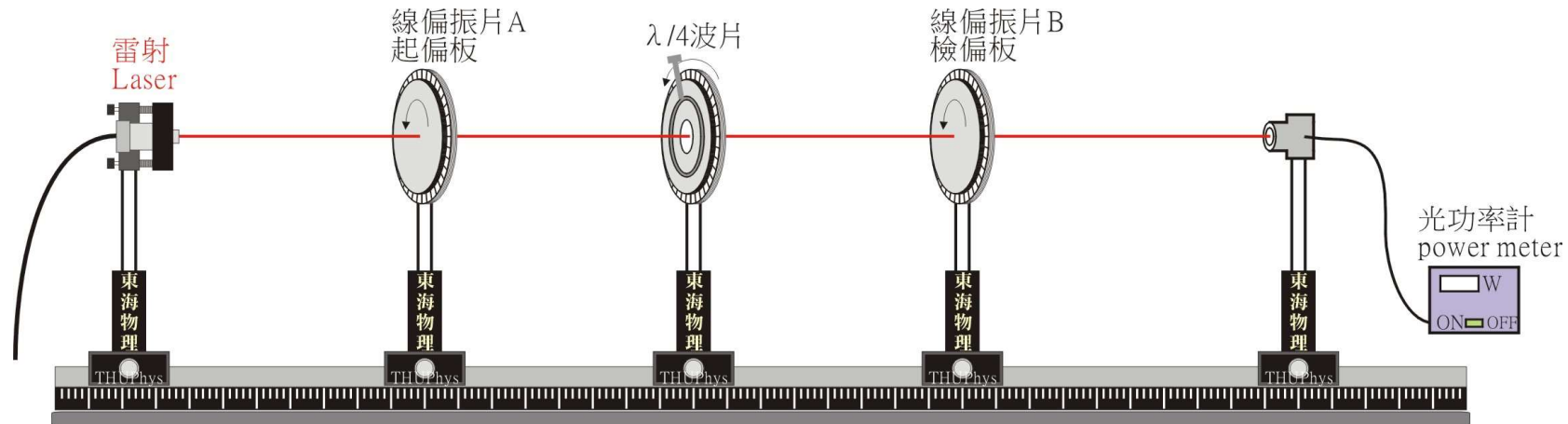


B



A or B

?

4) 偏振光控制元件 ($\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片) 之特性 $\lambda/4$ 波片

1-步驟(1)調到功率最小值。

意即雷射與線偏振片相互垂直。

2-放入 $\lambda/4$ 波片，將 $\lambda/4$ 波片轉一圈，維持功率最小，紀錄此時 $\lambda/4$ 波片的刻度為角度0度。

3-將 $\lambda/4$ 波片轉30度，旋轉線偏振片B，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格5)

4-將 $\lambda/4$ 波片轉45度，旋轉線偏振片B，角度每轉10度，記錄光功率值。(表格6)

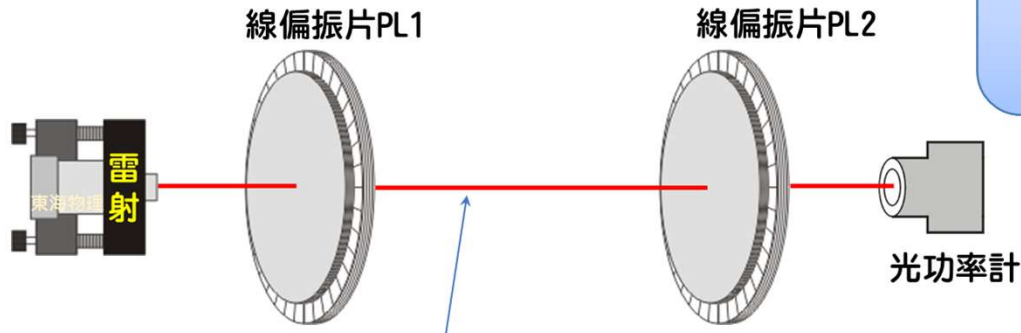
【提醒】在這邊，線偏振片B的角度與刻度，必須與表格2一致。
表格5和表格6...刻度與角度要和表格2一致！

雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

線偏振片PL2
偏振方向

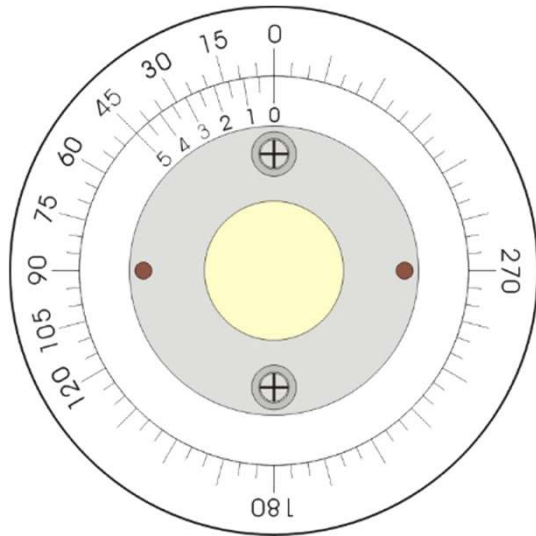
定義此時
線偏振片PL2
的刻度為
角度90度



雷射//PL1
1-用來實驗的光，強度要調到最大
2-光的偏振要夠好

放入
1/4波片

定義此時
1/4波片的刻度為
角度0度

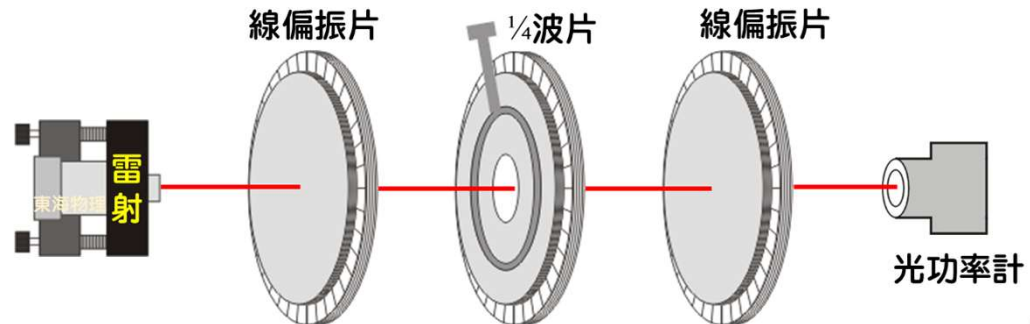


雷射
偏振方向

線偏振片PL1
偏振方向

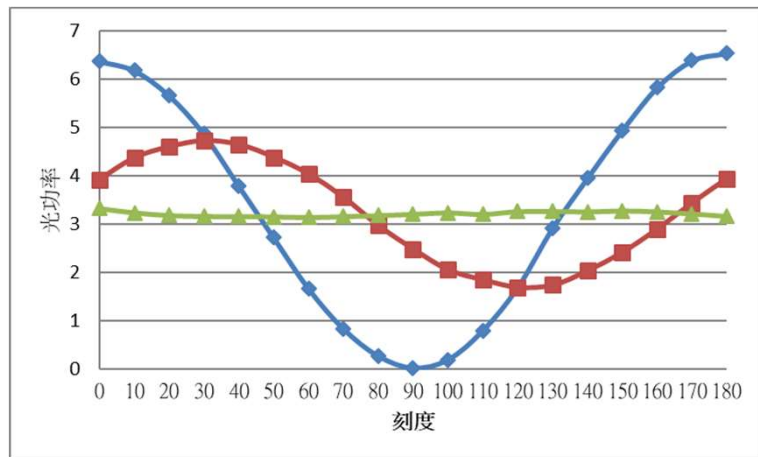
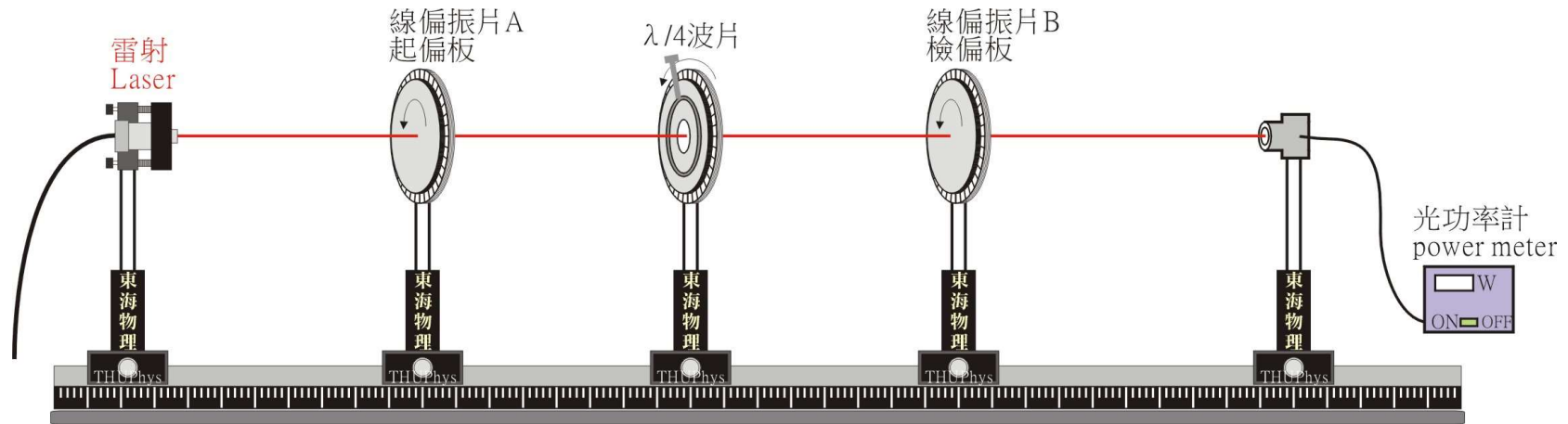
1/4波片
主軸方向

線偏振片PL2
偏振方向

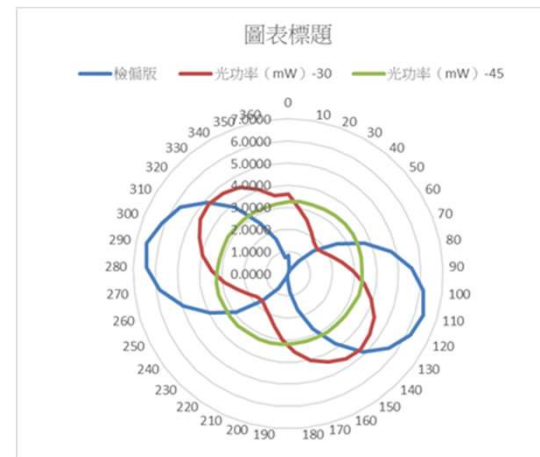


4) 偏振光控制元件 ($\lambda/2$ 波片與 $\lambda/4$ 波片) 之特性

$\lambda/4$ 波片



XY散佈圖
光功率vs角度



雷達圖
光功率vs刻度

4) $\lambda/4$ 波片

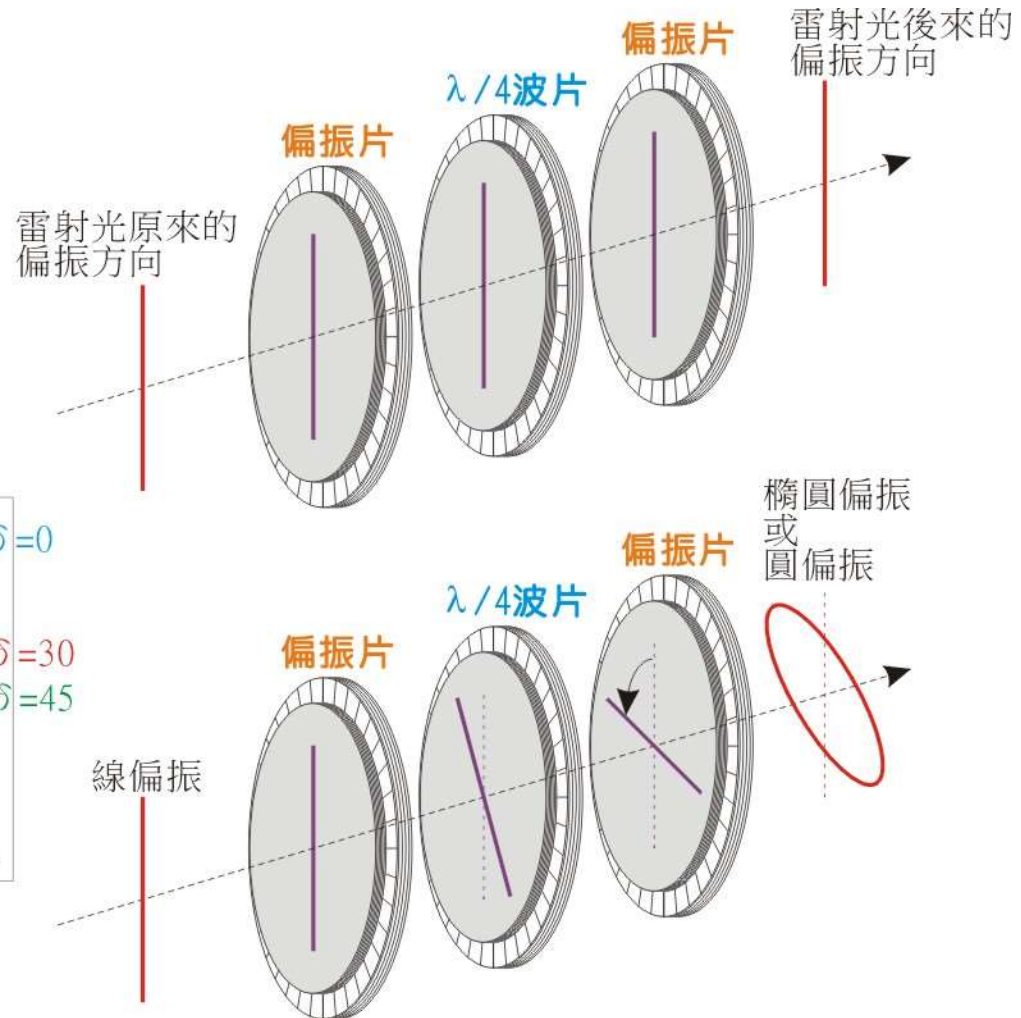
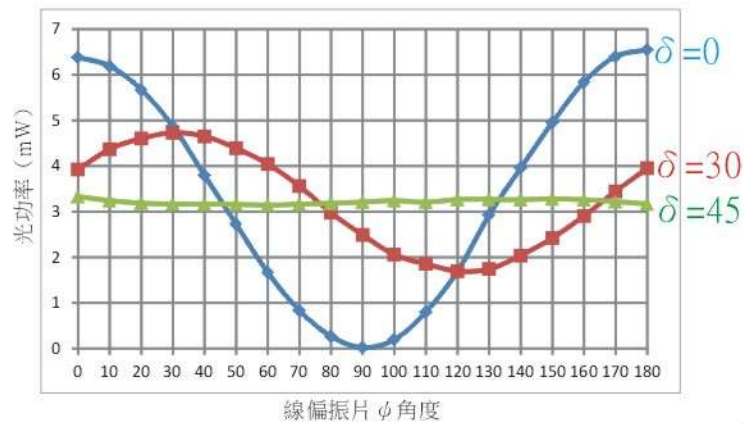
入射光是線偏振~

出射光有可能是

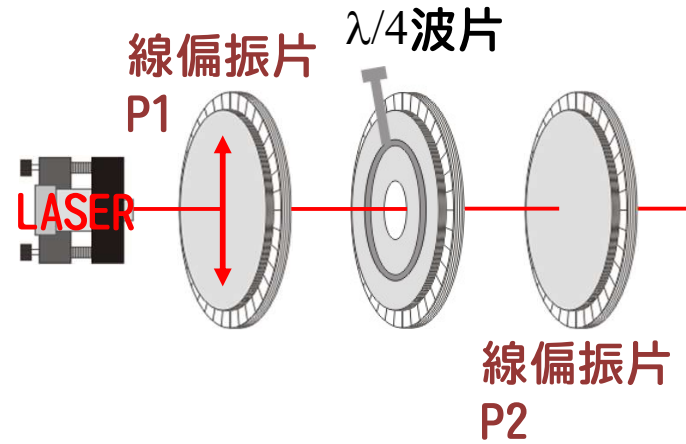
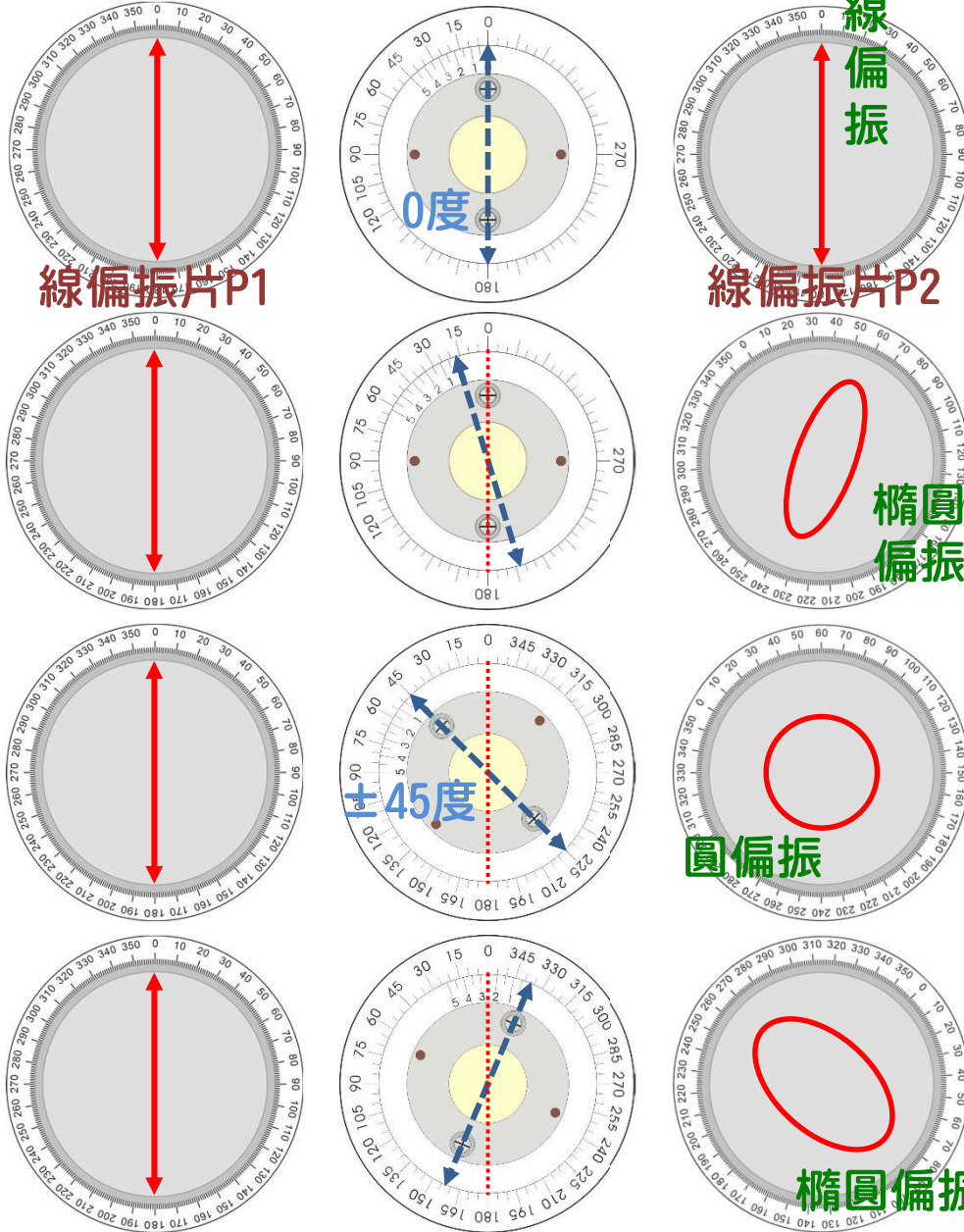
【線偏振】-與光軸同向

【橢圓偏振】

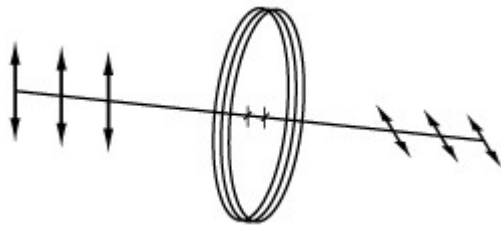
【圓偏振】-夾45度角



$\lambda/4$ 波片



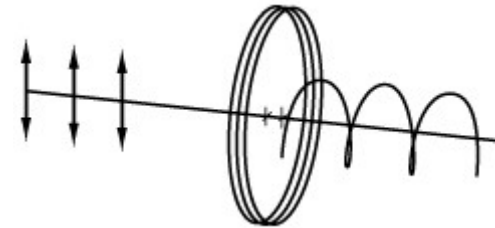
3) $\lambda/2$ 波片



線偏振進

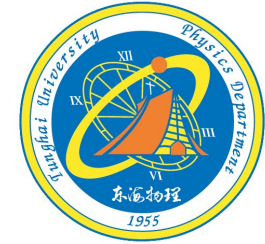
線偏振出

4) $\lambda/4$ 波片



線偏振進

線偏振出 (0度)
圓偏振出 (45度)
橢圓偏振出 (其他)



補充

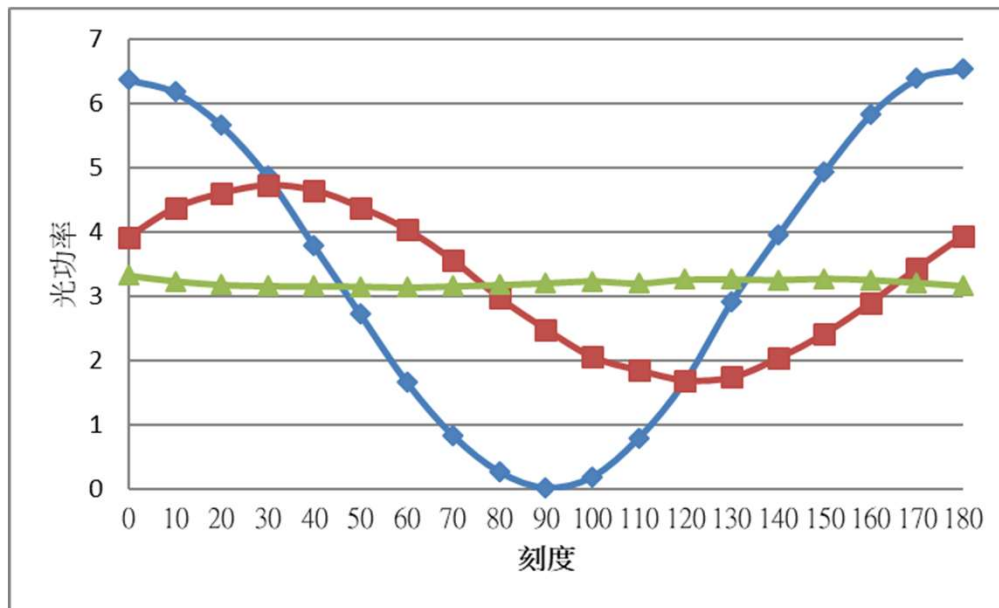
有一道偏振光入射，你手上只有一片線偏振片。

請問如何利用本實驗的結論，來判定入射的偏極光是線偏極、圓偏極或橢圓偏極呢？

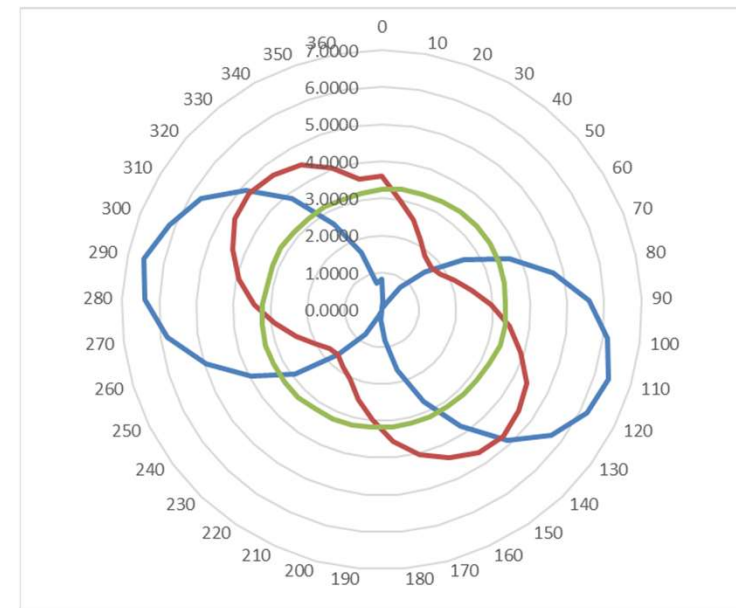
線偏振

圓偏振

橢圓偏振



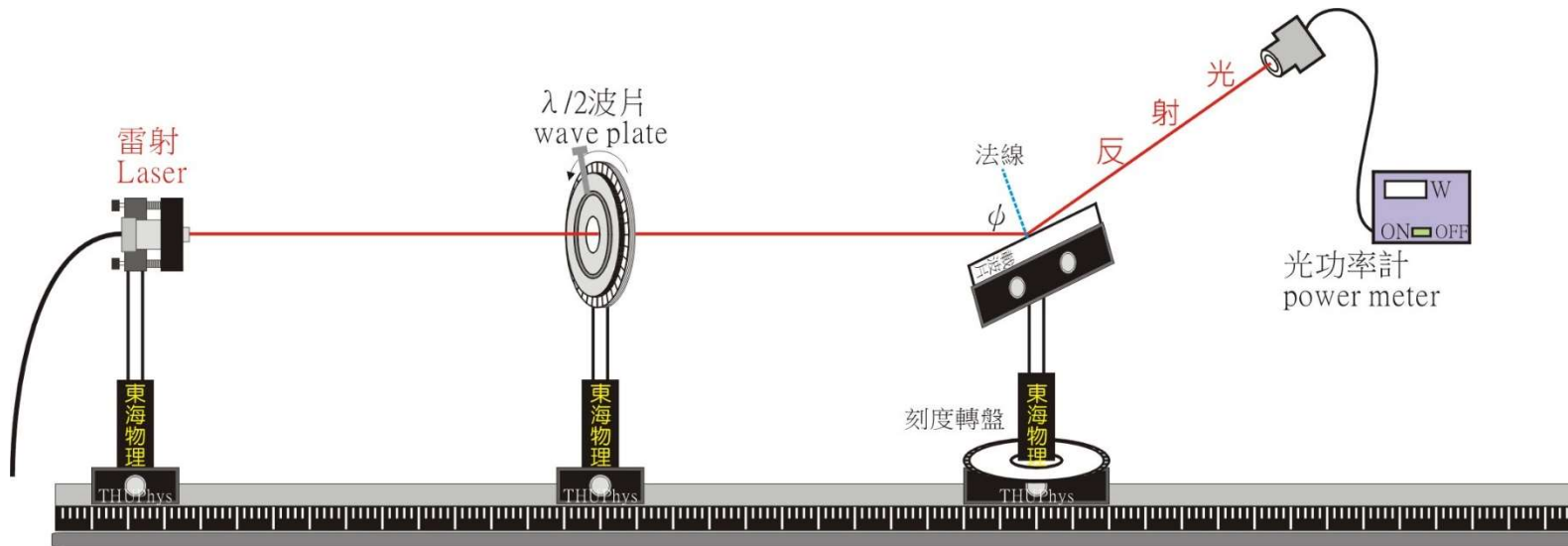
XY散佈圖
光功率vs角度



雷達圖
光功率vs刻度

5) 布魯斯特角

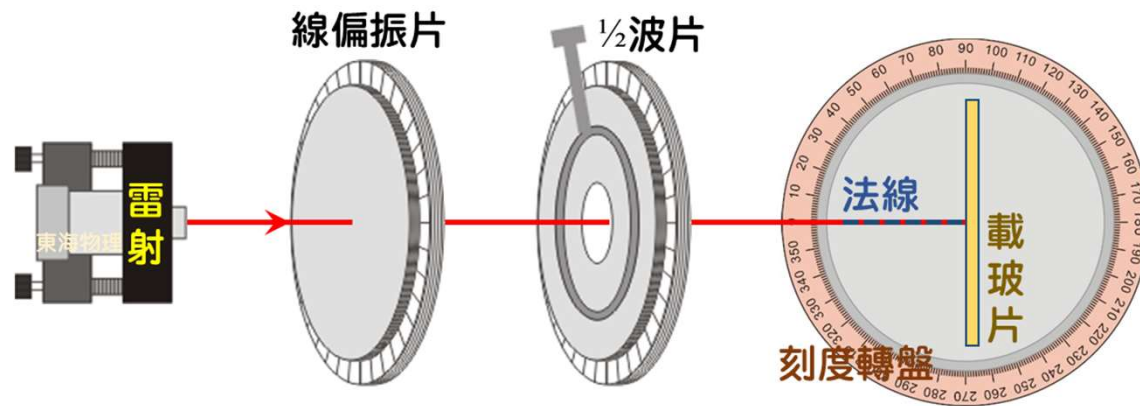
測量
反射光



1-入射光與反射光重疊
→角度 $\psi = 0$ 度。

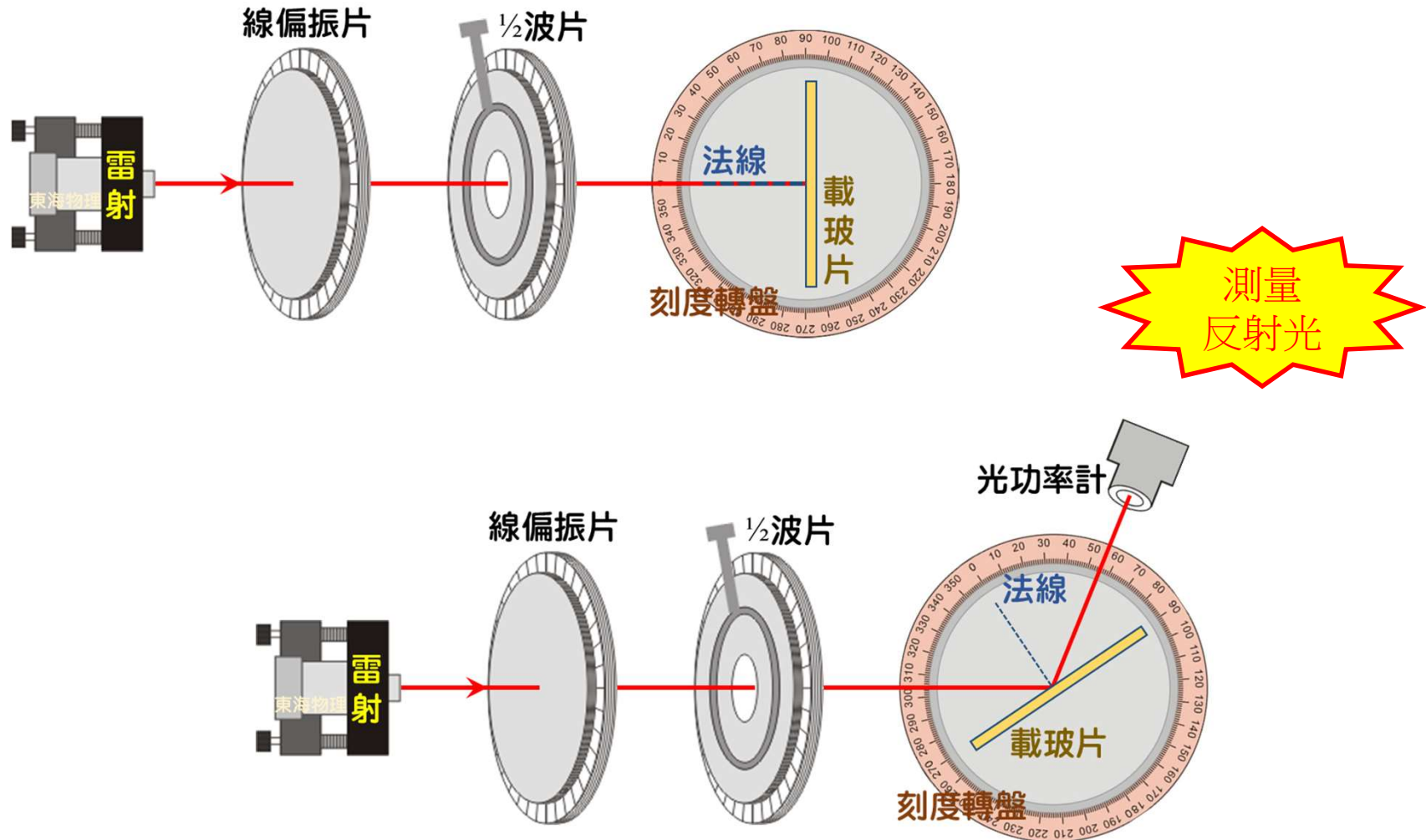
5) 布魯斯特角

調整旋轉台使反射光與入射光重合，此時設定旋轉台的角度為零。



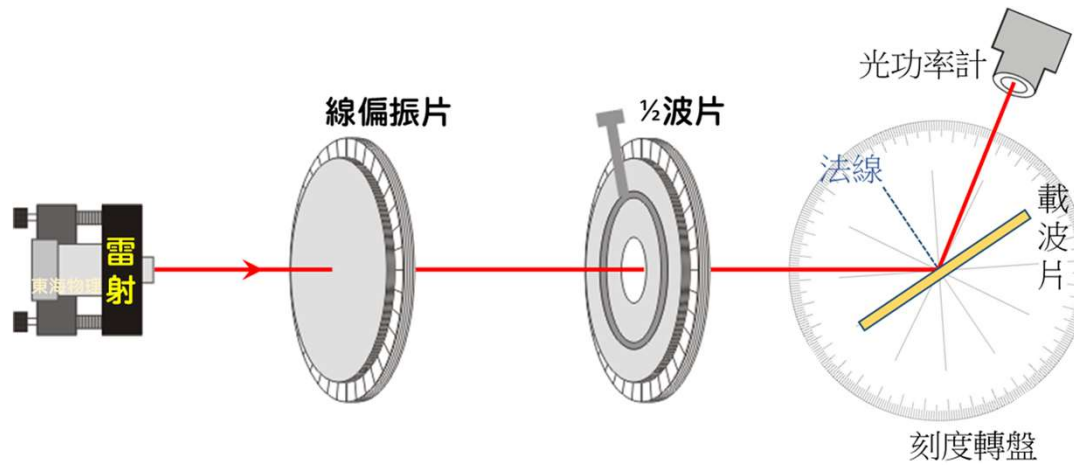
5) 布魯斯特角

調整旋轉台使反射光與入射光重合，此時設定旋轉台的角度為零。

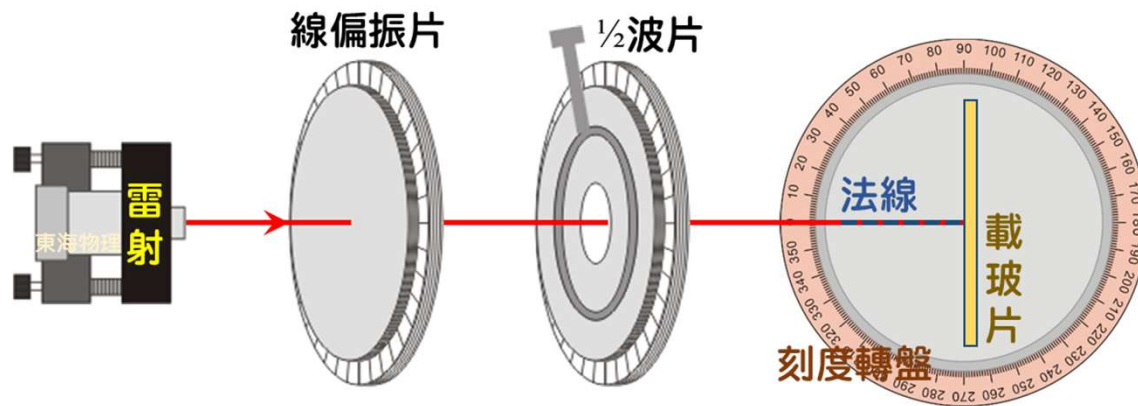


6) TE、TM

測量
反射光



1-入射光與反射光重疊
→角度 $\psi=0$ 度。



光功率計 (Power meter) gentec UNO



這隻感測器最大可以量到300mW。
NOISE LEVEL 100 pW。

感應器前端有加一片衰減片
可以將接收的光衰減10倍
此時量測時，要按【ATT】啟動衰減功能
雷射要打在感應器中間位置。



維基百科：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%81%8F%E6%8C%AF%E7%89%87>

根據獲取方式分類，可分為天然偏振片、人造偏振片。

天然偏振片可以由具有特殊分子排列的晶體製成，通常很難找到合適的晶體，加工比較考究，很難獲得，因此價格昂貴。

人造偏振片由於製造工藝簡單、價格便宜，並可製成較大面積，因而得到廣泛的應用。

人造偏振片獲取方法：

I偏振片：它是通過電磁作用或機械作用把具有二向色性的碘化硫酸奎寧小晶體整齊排列在透明的塑料薄膜上製成的。

H偏振片：1938年，由蘭德發明。目前廣泛應用。它本身不包含二向色性晶體。把聚乙烯醇薄片加熱，沿一個方向拉伸，使聚合物分子在拉伸方向排列成長鏈，然後把片子浸入碘溶液中，碘附著在長鏈上形成一條碘鏈。碘分子中導電電子就能沿著長鏈流動。當一束自然光射到偏振片上時，由於碘分子提供的高傳導性，平行排列的長鏈分子吸收平行長鏈方向的電場分量，而與它垂直的電場分量則幾乎不受影響，結果透射光變成線偏振光。偏振片上能透過電矢量振動的方向稱為它的振透方向。

K偏振片：K偏振片的製造方法是將聚乙烯醇薄膜放在高溫爐中通以氯化氫作催化劑，除掉聚乙烯醇分子中的若干水分子，形成聚合乙烯的細長分子，再單向拉伸而成。K偏振片的光化學性能穩定、能耐潮耐熱、高溫時不易分解，但是價格較貴

鏡片座刻度讀法

實驗室的偏振片
不是
定光軸偏振片
SO...

我們記錄的是相對角度

偏振方向相互垂直 \rightarrow 功率最小
平行 大

記錄刻度，去計算相對角度。

偏振片
(偏光片)



量測到**功率最小**時，選定一字母指向某一個刻度，該刻度**定義為角度90度**，再去計算相對角度。

一般我會選 POLARIZER 的『P』
這個字母～



維基百科：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%A2%E7%89%87>

波片，又稱相位延遲片，它是由雙折射的材料加工而成。用於調整光束的偏振狀態。

常見的波片由單軸晶體（如石英晶體）製作而成，其表面與光軸平行，垂直於光軸的偏振分量（o光）與平行於光軸的偏振分量（e光）在晶體中不發生雙折射，但傳播速度不同，因而通過波片後它們仍然沿著原有的方向傳播，且會產生相位偏移。

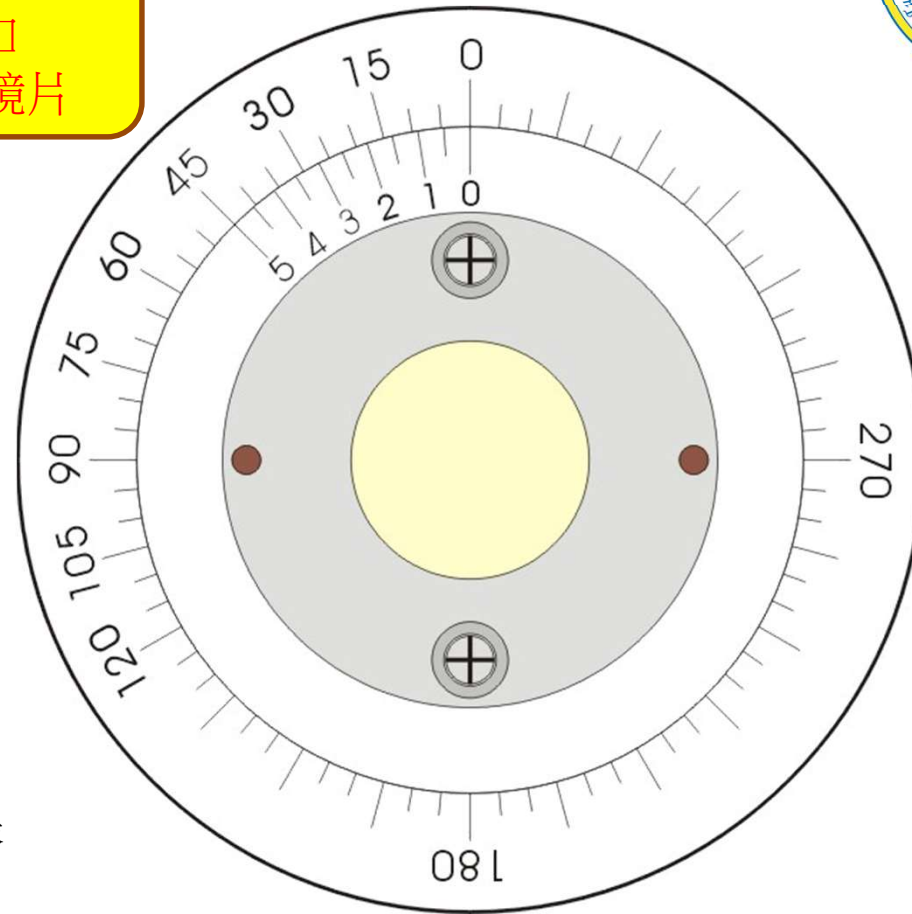
相移量取決于波片的厚度，材料和工作波長。

常用的波片包括半波片和四分之一波片。

實驗室的波片
是針對633nm

精密鏡片座刻度讀法

$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



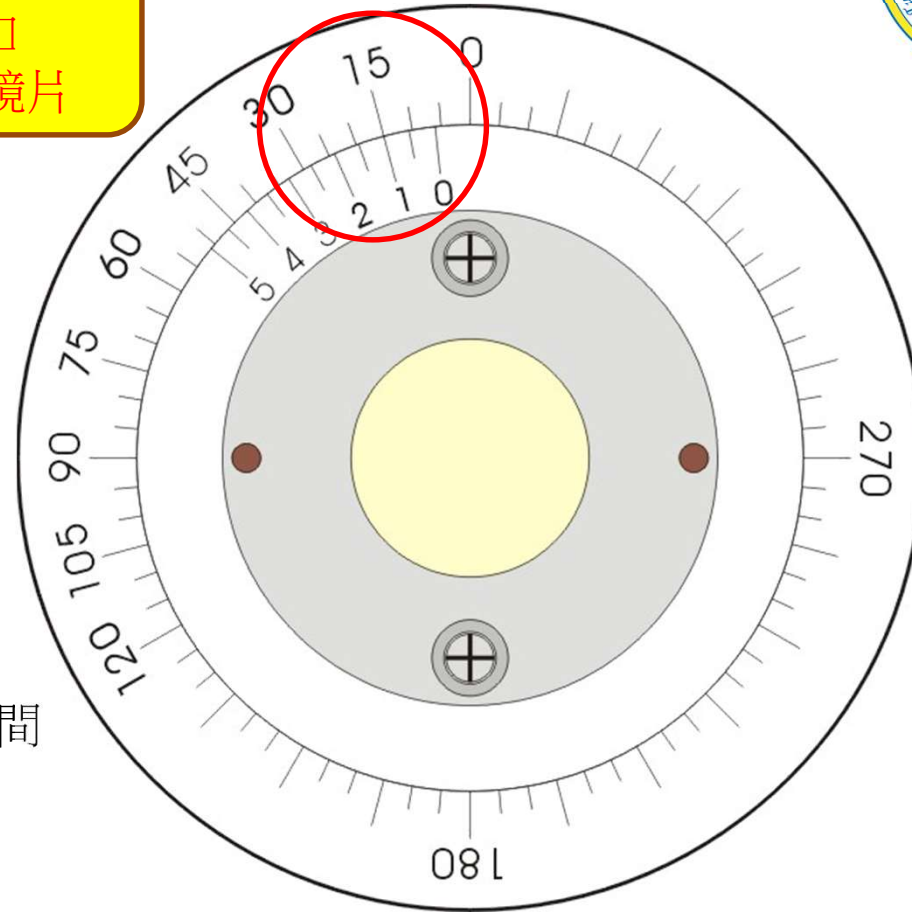
主尺角度0度與副尺0刻度對齊

主尺角度45度與副尺5刻度對齊

精密鏡片座刻度讀法



$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



副尺0刻度介於主尺5-10角度之間

測量結果為 $5+\Delta\theta$

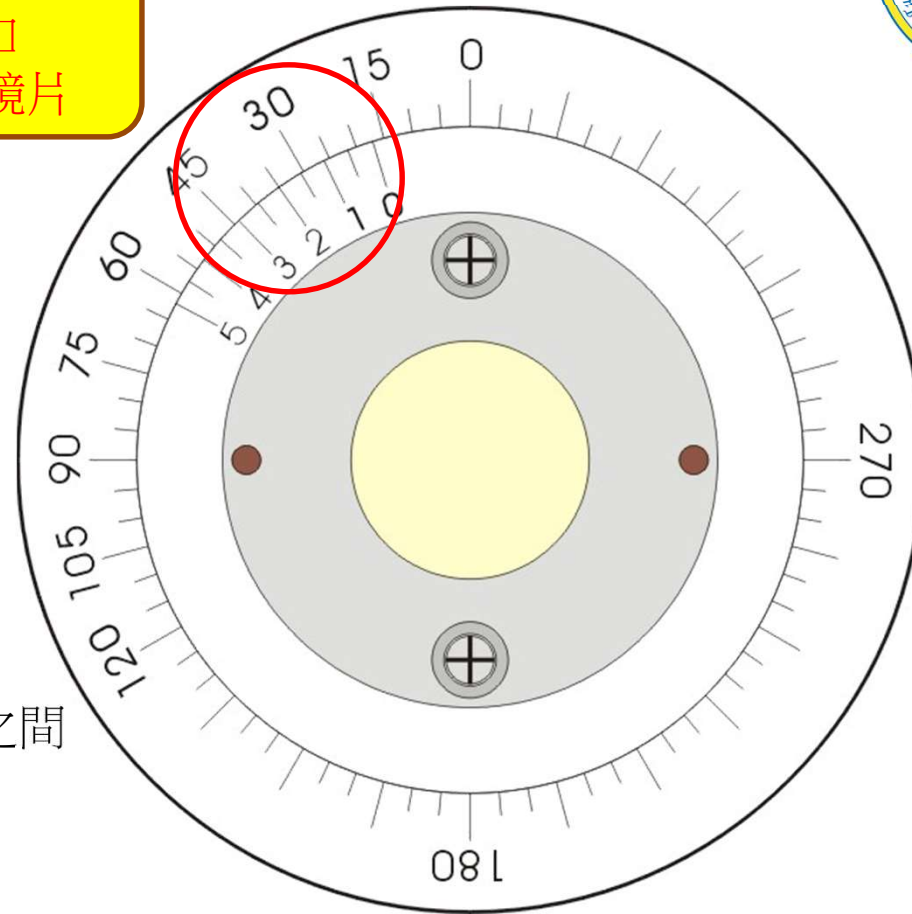
副尺1刻度與主尺15對齊

SO $\Delta\theta=1$

測量結果為角度6度

精密鏡片座刻度讀法

$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



副尺0刻度介於主尺15-20角度之間

測量結果為 $15+\Delta\theta$

副尺2刻度與主尺35對齊

所以 $\Delta\theta=2$

測量結果為角度17度

5) 布魯斯特角的應用

<http://haha90.phy.ntnu.edu.tw/content/funExperiment/allFunExps/polar/polar.html>



↑偏振方向水平，車窗反射的光線相當明顯。



↑偏振方向改為垂直，反射光就幾乎看不見了(可以看到車內的物體)。
想一想：經由車窗反射的光線，偏振方向為何？與地板反射相同嗎？
為何這些反射光都會是水平方向偏振呢？(提示：查查“布魯斯特角”)

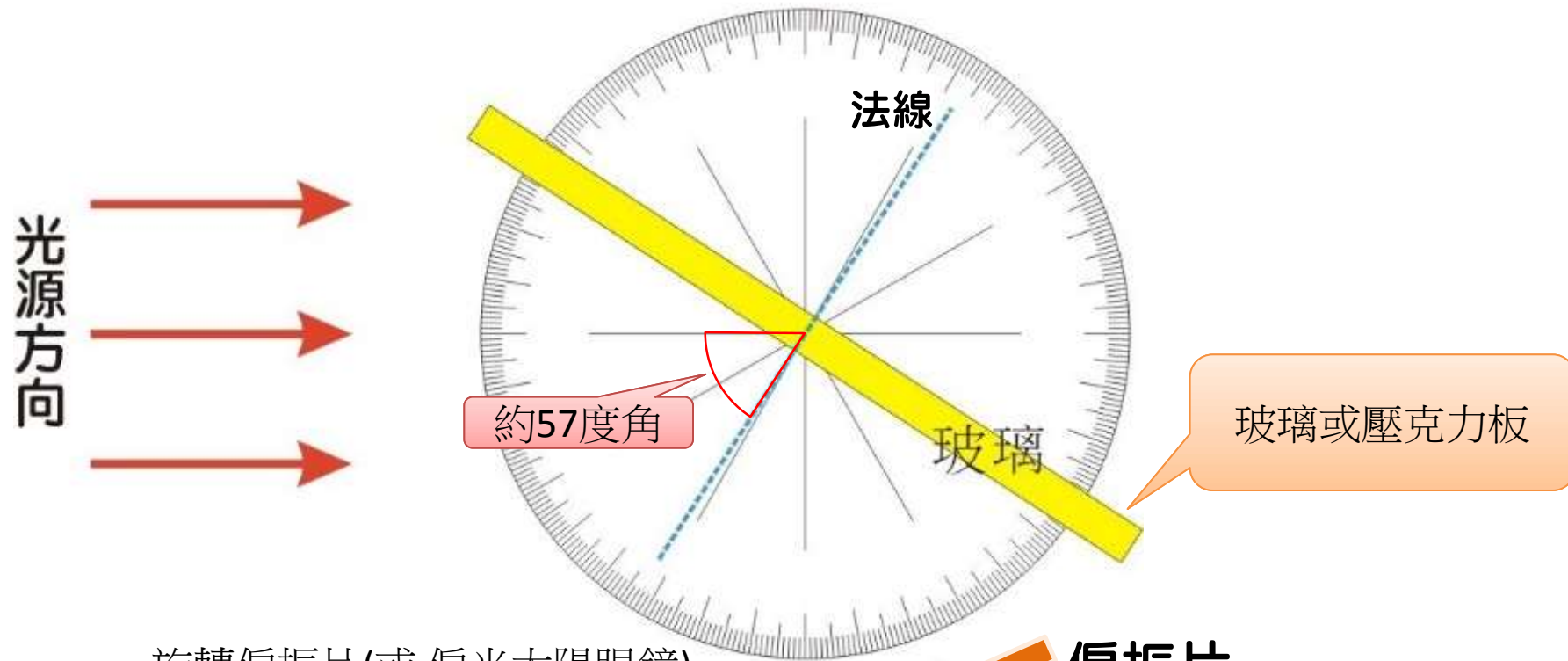


↑偏振方向水平，瓷磚地板反射的光線相當明顯。



↑偏振方向改為垂直，反射光就幾乎看不見了。
想一想：經由地板反射的光線，偏振方向為何？與木地板相同嗎？

5) 布魯斯特角



旋轉偏振片(或 偏光太陽眼鏡)

偏振方向

1-垂直

2-水平

哪個偏振方向看那隻牛看得比較清楚？



6) 偏光在生活中的應用



偏振片水平



反射光影

偏振片垂直

6) 偏光在生活中的應用



6) 偏光在生活中的應用



轉動線偏振片



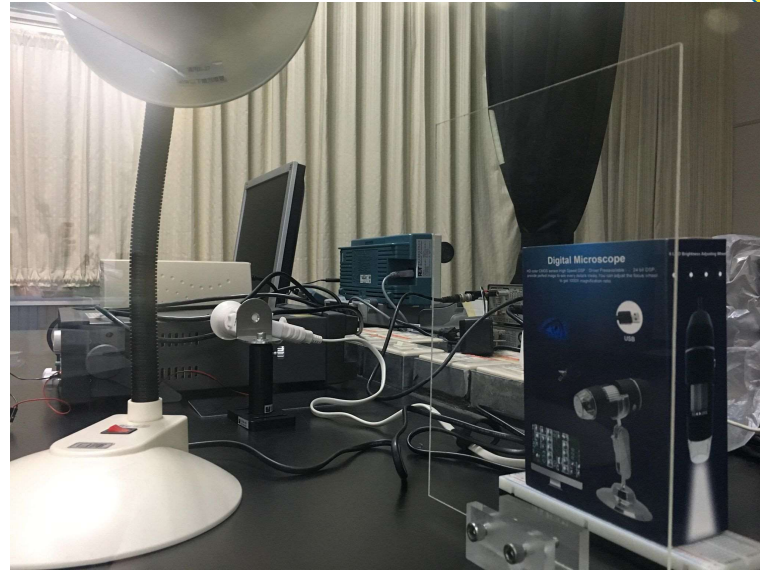
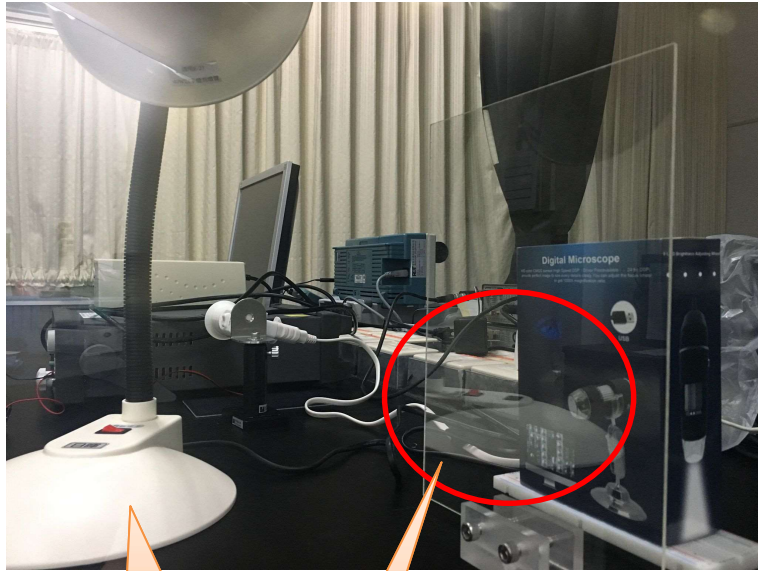
6) 偏光在生活中的應用



6) 偏光在生活中的應用



6) 偏光在生活中的應用



檯燈

檯燈
反射光



壓克力板

偏振片

手機

6) 偏光在生活中的應用



室外亮
室內暗
室內外亮暗對比要夠

轉動壓克力板
改變反射光角度
確定反射最強

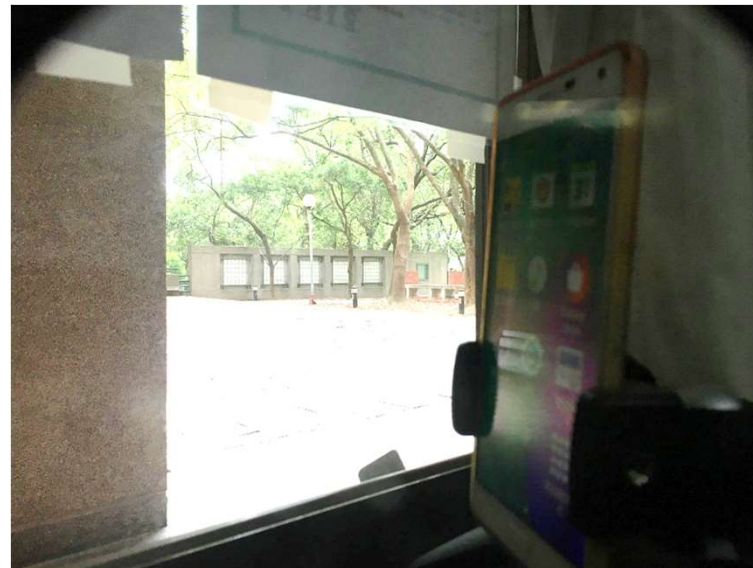
大太陽時效果
比較好



6) 偏光在生活中的應用

多雲
效果不好

改變偏振片角度



調
圖
片
亮
度



6) 偏光在生活中的應用

多雲
效果不好





6) 偏光在生活中的應用

在攝影的世界中
有 **PL** 和 **CPL** 兩種偏振片
對於物理人來說

PL 線偏振片 (Polarizing Filte)
線偏振

CPL 環形偏振片 (Circular Polarizing Filter)
一片線偏振片加上 $1/4$ 波片組成
線偏振+圓偏振

搜尋：全部 | 24H | 24H書店 | 購物中心 | 代購服務 | PChome旅遊 |

篩選： 超商取貨 郵箱取貨

Green.L 77mm 偏光鏡CPL偏光鏡環形偏光鏡環型偏光鏡光鏡
Green.L 77mm 偏光鏡CPL偏光鏡環形偏光鏡環型偏光鏡圓偏光鏡圓形偏光鏡
5.6 55-200mm F4-5.6 SAM

B+W XS-PRO KSM HTC-PL 高透光凱氏偏光鏡(52mm)
總代理捷新公司貨【B+W】XS-PRO KSM HTC-PL高透光凱氏偏光鏡(52mm)
型片 ■光圈數減1-1.5格(舊款最多減3格) ■mrc新一代鍍膜科技 ■玻璃原料製

HOYA Fusion 95mm 偏光鏡 Antistatic CPL
18層超級鍍膜鏡片HOYA Fusion 95mm 偏光鏡 Antistatic CPL ■18層超級鍍
靜電 防水 防油污 ■消除反光 藍更藍 白更白 ■超薄鋁製鏡框

折價券

6) 偏光在生活中的應用

✦ 跟著鄭大師玩科學 > 古代維京人用太陽石定位不只是傳說



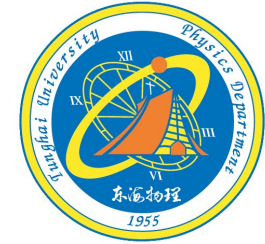
📖 古代維京人用太陽石定位不只是傳說

📅 2015-07-18 📌 生活科學趣談



方解石
-雙折射現象

<https://www.masters.tw/42741/sunstone>



【做完實驗助教要檢查以下項目】

- 1、實驗中所使用的雷射，其偏振度多少？
- 2、表格1，畫出光功率vs角度圖。
理論值與實驗值比較
- 3、表格1、2，畫出光功率vs角度圖。
- 3、表格2、3、4，畫出光功率vs角度圖。
- 4、表格2、5、6，畫出光功率vs角度圖。
以上都要兩張圖-XY散佈圖、雷達圖
- 5、表格7，畫出光功率vs載玻片角度圖。
載玻片折射率=？
- 6、表格8-9，畫出光功率vs載玻片角度圖。
- 7、照片



科博館 立體劇場

科博館立體劇場眼鏡 有標示偏振方向

目前位於：科博館 > 展覽與劇場 > 劇場資訊 > 立體劇場 > 簡易科學萬花筒

立體劇場

展覽與劇場

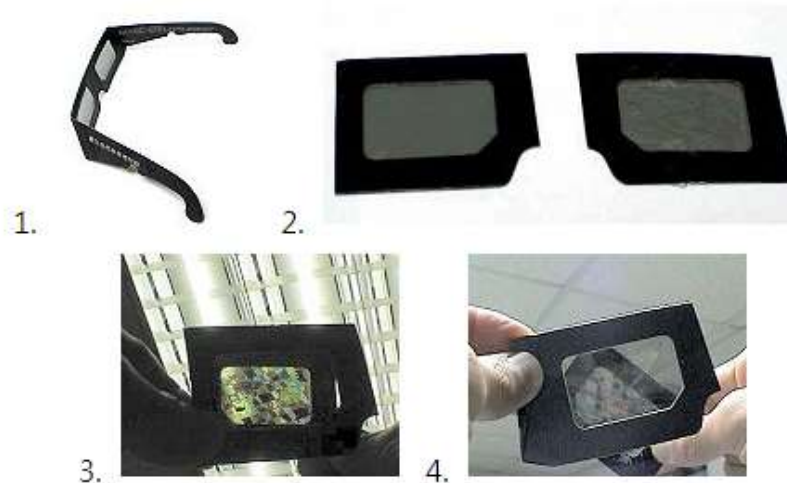
劇場簡介

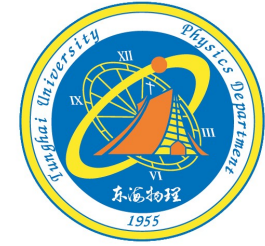
簡易科學萬花筒

小動物大世界

製作方法

1. 將使用過的立體眼鏡鏡片依外框分別剪下。
2. 取任何一個鏡片，以手指寬的透明膠帶，直、橫、交錯、重覆貼在鏡片上《交互貼的愈多顏色愈豐富》。
3. 將貼有透明膠帶的鏡片置於前方《貼有膠帶的面朝向自己》，另一鏡片置於前者後方，並對著光源相互旋轉觀察色彩變化。
4. 再將完成作品置入兩個大小不一紙筒內固定，即完成簡易科學萬花筒製作。





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/>