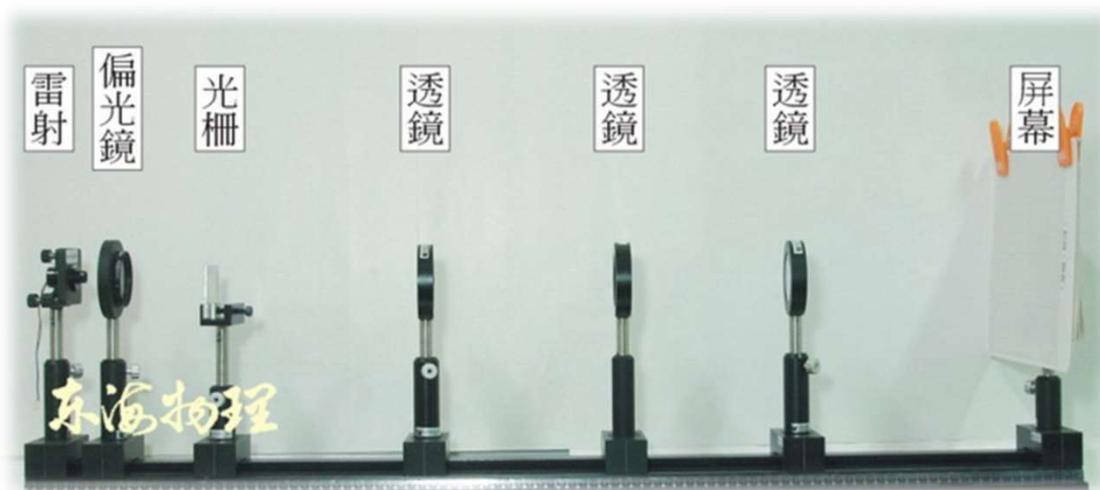
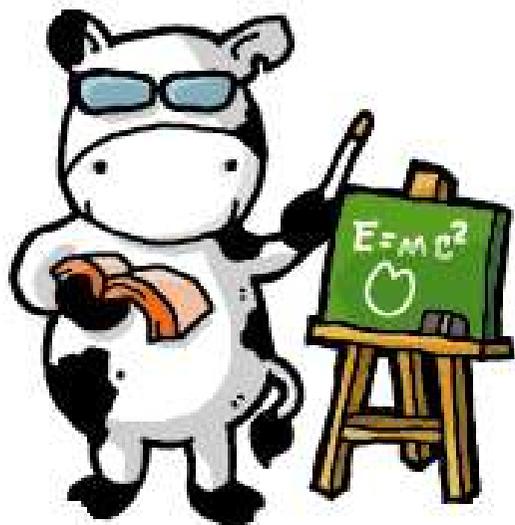
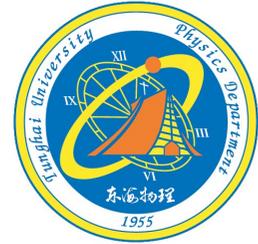


實驗1： 幾何光學 - 透鏡焦距、成像與像差





透鏡焦距的量測

- 1-共軛法
- 2-自準法
- 3-光線追跡法-單透鏡
- 4-光線追跡法-雙透鏡

成像

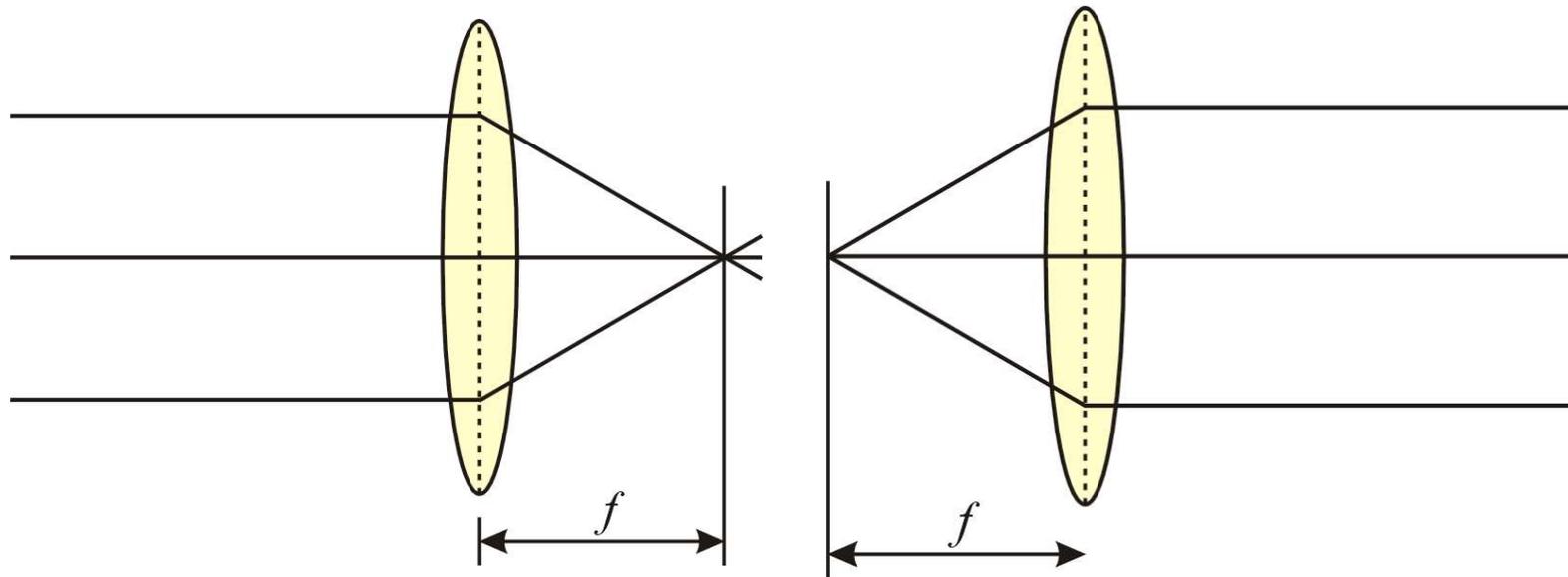
幾何成像

像差 (Abberations)

- 1-球面像差 (Spherical aberration)
- 2-慧差 (Coma aberration)
- 3-像散 (Astigmatism)
- 4-場曲 (Field curvature)
- 5-畸變 (Distortion)
- 6-色像差 (Chromativ aberration)

平行光經過透鏡，會聚焦在焦點上。

焦點上的點光源經過透鏡，會形成平行光。



透鏡焦距怎麼量？



透鏡焦距量測的方法

1-共軛法

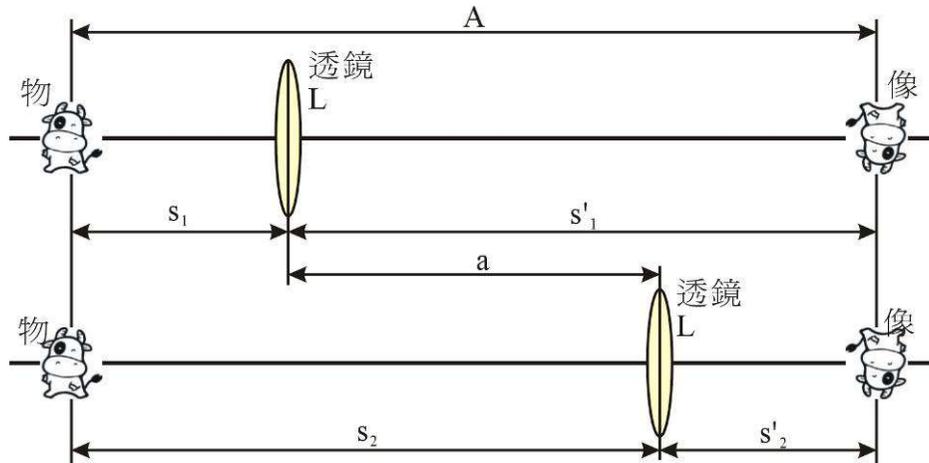
2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡



1) 共軛法



$$A - a = s_1 + s_2' = 2s_1$$

$$s_1 = \frac{A - a}{2}$$

$$s_1' = A - s_1 = \frac{A + a}{2}$$

$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_1'} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{s_1 s_1'}{s_1 + s_1'} = \frac{A^2 - a^2}{4A}$$

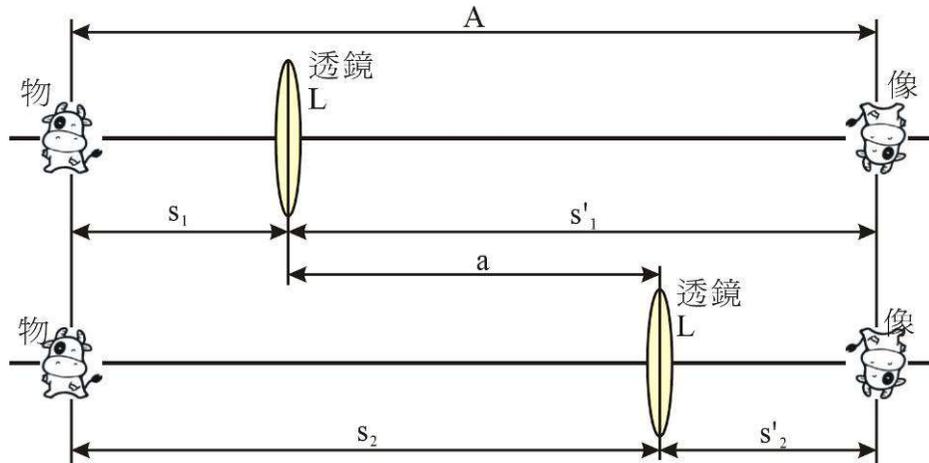
$$\frac{n_m}{s_0} + \frac{n_m}{s_1} = (n_l - n_m) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$n_m = 1$ 空氣折射率

$$s_1 \Big|_{s_0 \rightarrow \infty} = \left[(n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right]^{-1} = f_1$$

$$s_0 \Big|_{s_1 \rightarrow \infty} = \left[(n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right]^{-1} = f_0$$

1) 共軛法



$$A = s_1 + s'_1$$

$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{f}$$

$$s'_1 = \frac{s_1 f}{s_1 - f}$$

$$A = s_1 + \frac{s_1 f}{s_1 - f} = \frac{s_1^2}{s_1 - f}$$

$$\frac{dA}{ds_1} = \frac{2s_1}{s_1 - f} - \frac{s_1^2}{(s_1 - f)^2} = \frac{s_1(s_1 - 2f)}{(s_1 - f)^2} = 0$$

$$s_1 = 2f$$

$$A = s_1 + \frac{s_1 f}{s_1 - f} = 4f$$



透鏡焦距量測的方法

1-共軛法

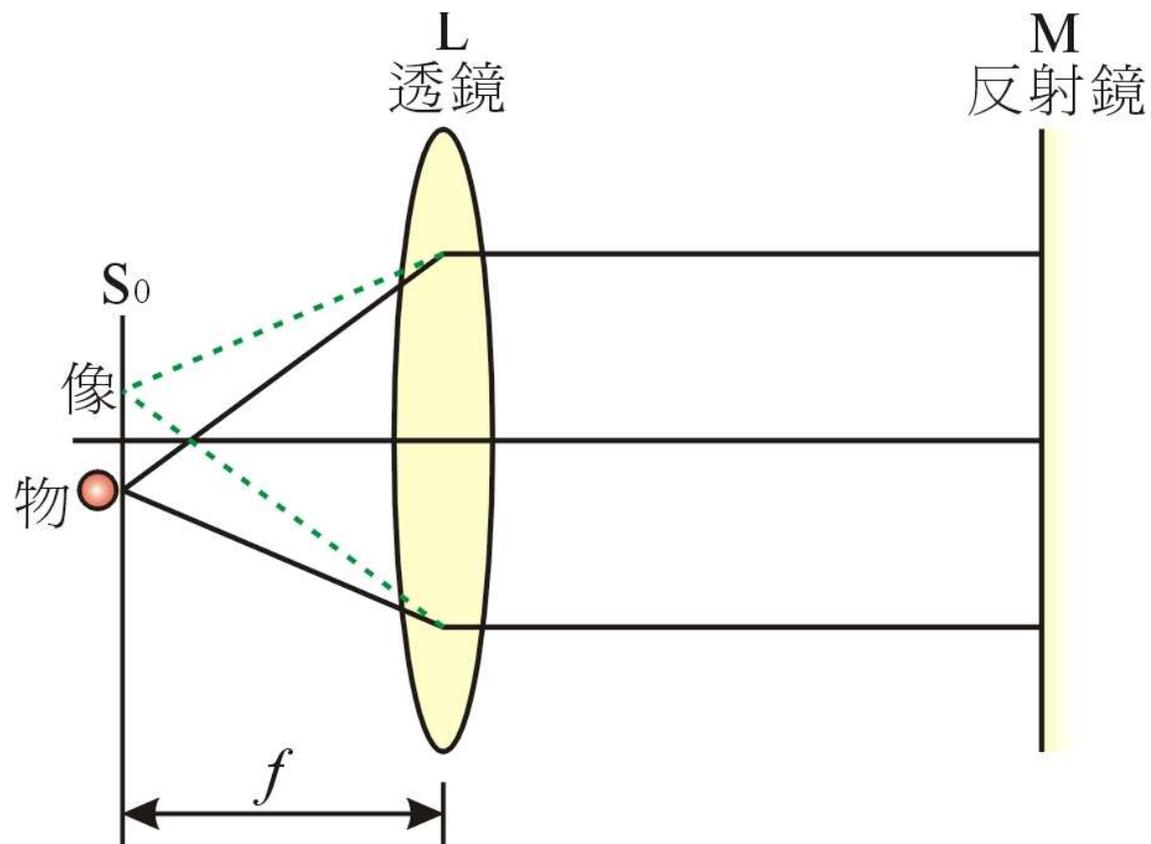
2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡



2) 自準法



焦點上的點光源，經透鏡後會形成平行光。
平行光經過透鏡，會聚焦在焦點上。



透鏡焦距量測的方法

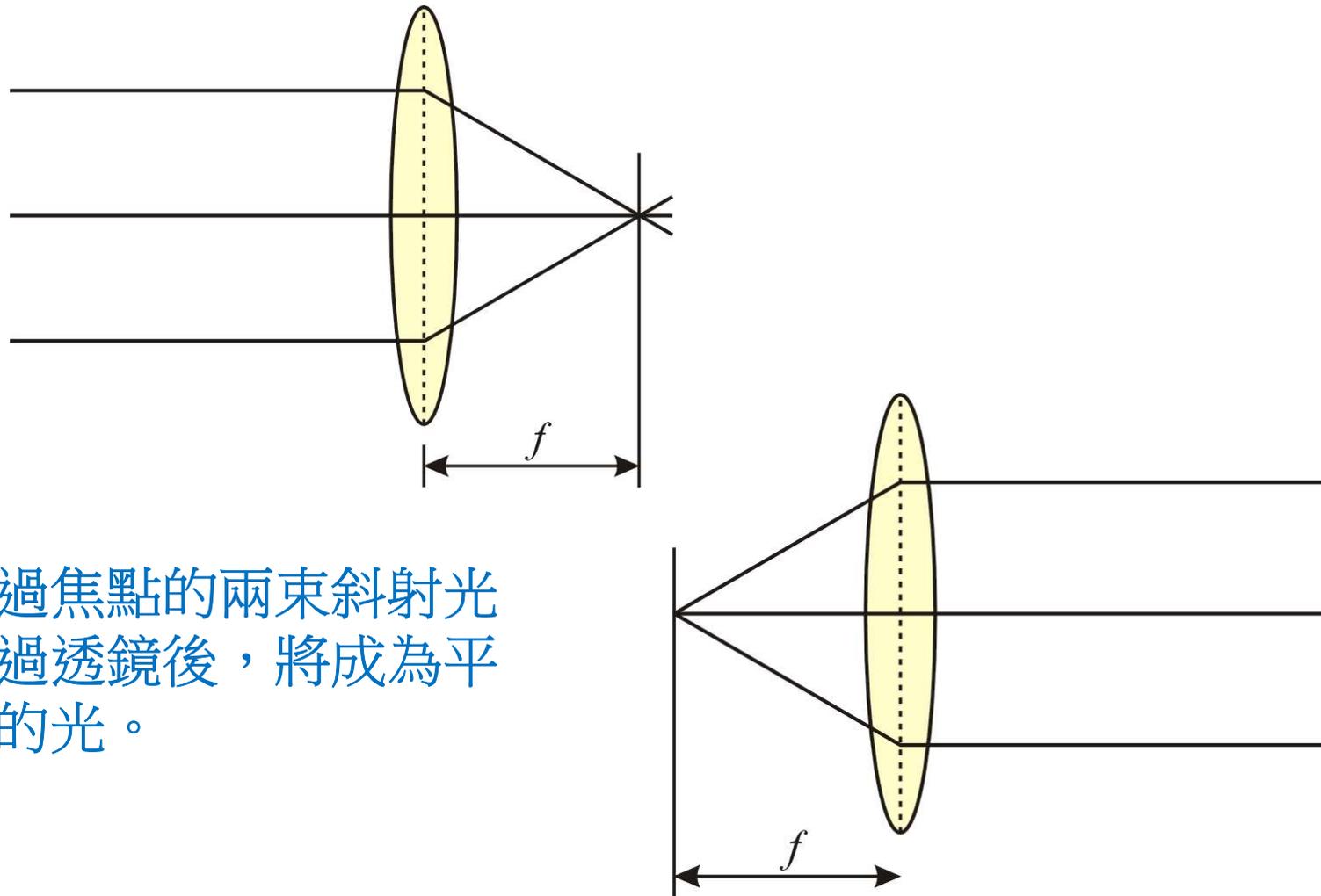
1-共軛法

2-自準法

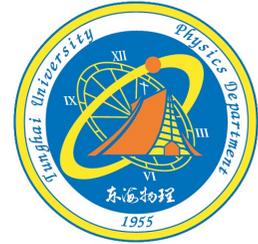
3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡

3) 光線追跡法-單一透鏡



通過焦點的兩束斜射光
經過透鏡後，將成為平
行的光。



透鏡焦距量測的方法

1-共軛法

2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡



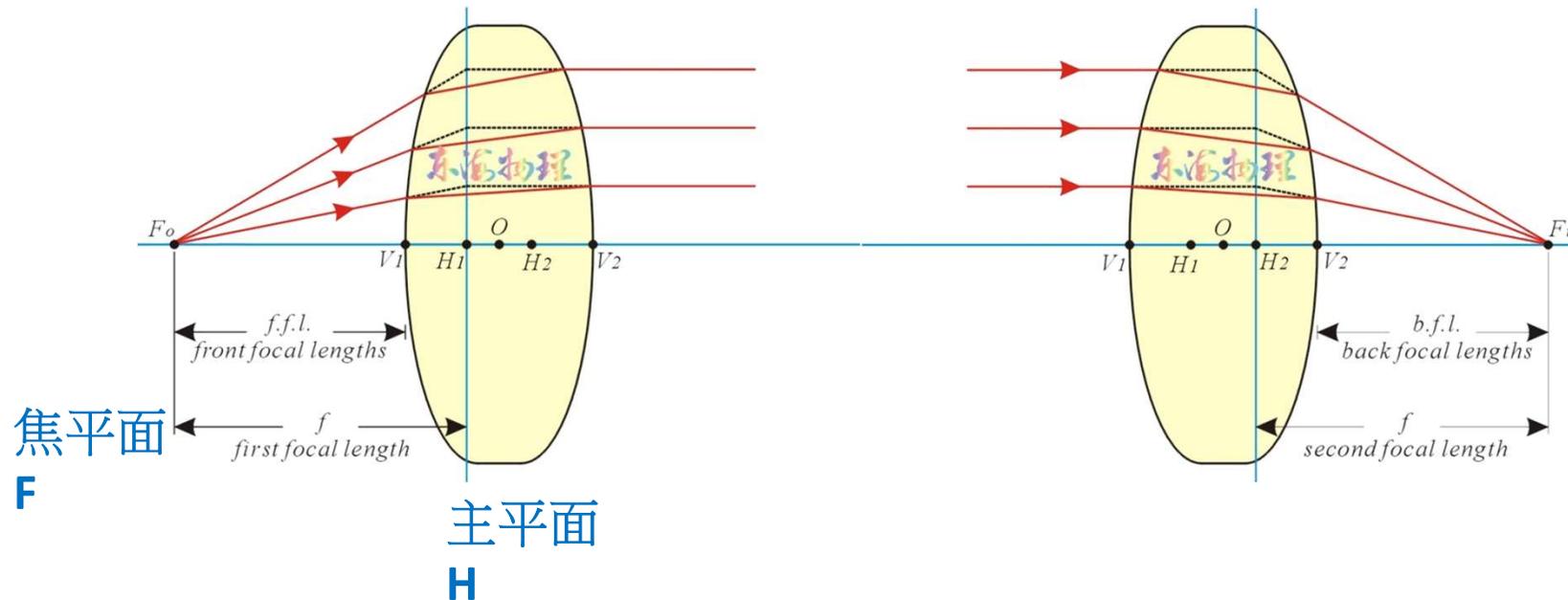
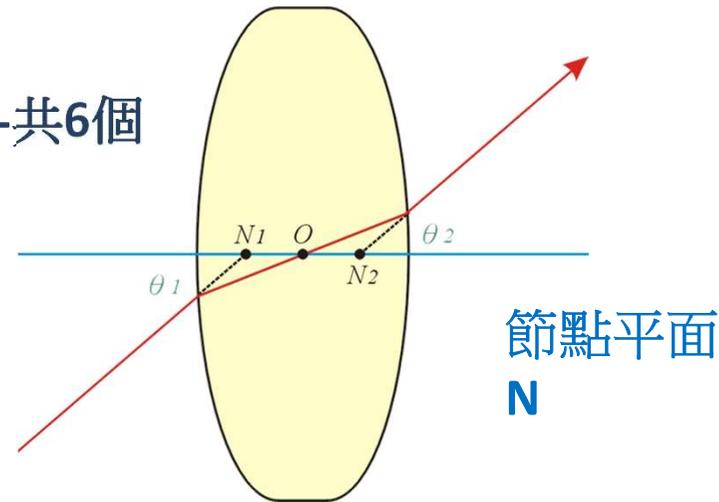
4) 光線追跡法-雙透鏡

光學基本平面 (cardinal planes) -共6個

➡主平面 (principle plane)

➡焦平面 (focal plane)

➡節點平面 (nodal plane)



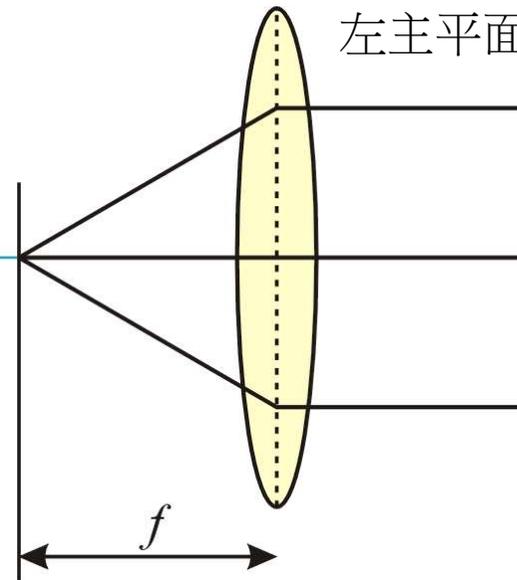
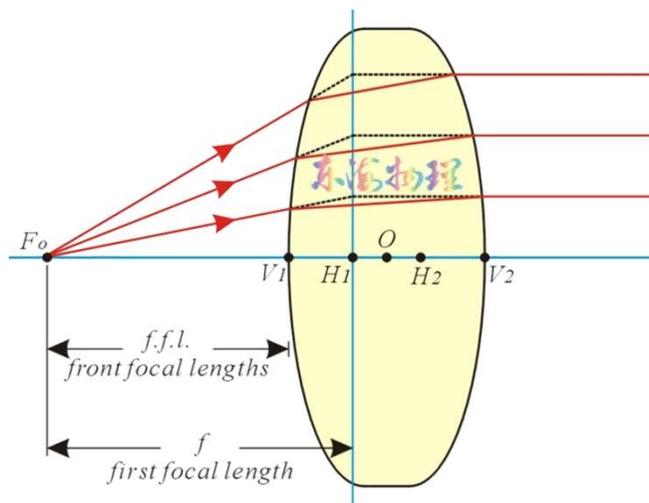
4) 光線追跡法-雙透鏡

光學基本平面 (cardinal planes) -共6個

➡主平面 (principle plane)

➡焦平面 (focal plane)

➡節點平面 (nodal plane)



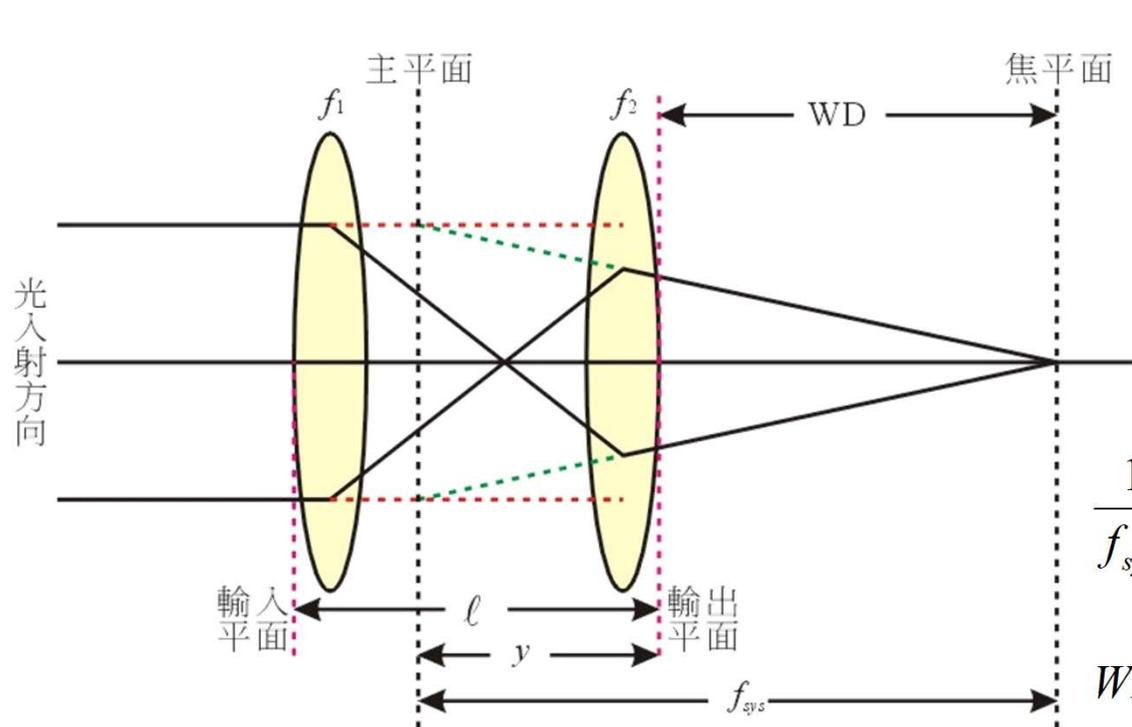
對於【薄透鏡】
主平面在鏡片中間
左主平面與右主平面重疊



4) 光線追跡法-雙透鏡

根據ABCD矩陣法 (ABCD matrix) 這個雙透鏡系統的矩陣可以寫為

$$M_{\text{sys}} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f_2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f_1} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{l}{f_1} & l \\ -\left[\left(1 - \frac{l}{f_1}\right) \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} \right] & 1 - \frac{l}{f_2} \end{bmatrix}$$



$$f_{\text{sys}} \equiv -\frac{1}{C}$$

$$y = -\frac{l}{f_1} f_{\text{sys}} \equiv \frac{1-A}{C}$$

$$\frac{1}{f_{\text{sys}}} = \left[\left(1 - \frac{l}{f_1}\right) \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} \right] = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{l}{f_1 f_2}$$

$$WD \equiv f_{\text{sys}} - \frac{l}{f_1} f_{\text{sys}} = \left(1 - \frac{l}{f_1}\right) f_{\text{sys}}$$



4) 光線追跡法-雙透鏡

$$\frac{1}{f_{syst}} = \left[\left(1 - \frac{l}{f_1} \right) \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} \right] = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{l}{f_1 f_2}$$

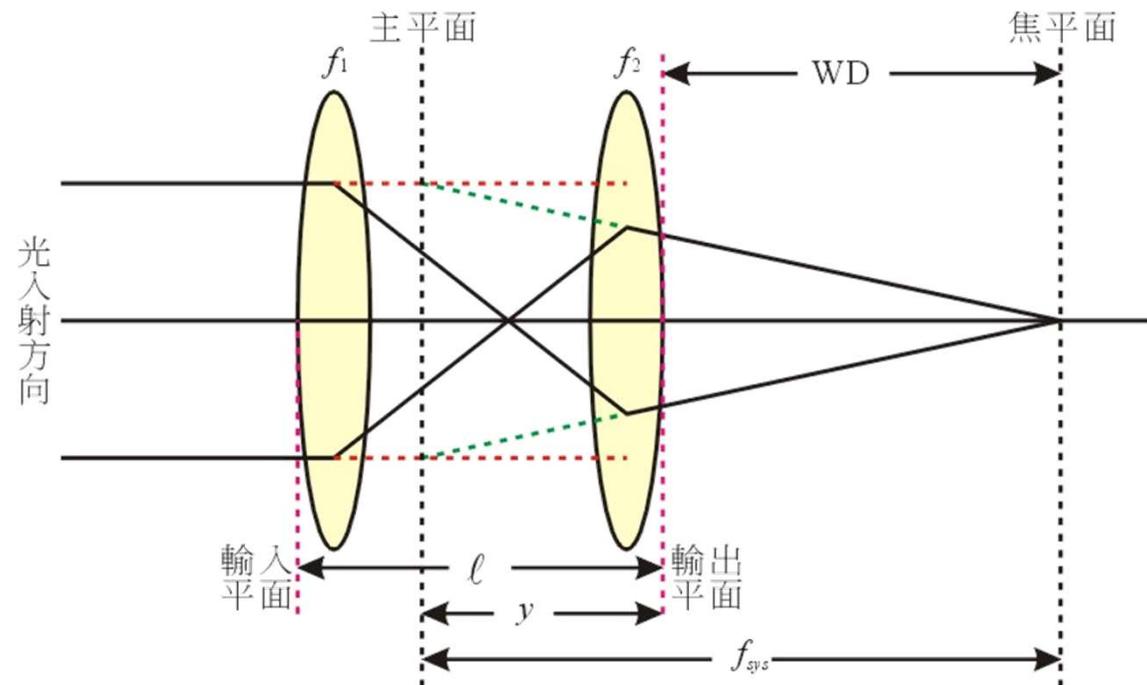
$$f_{syst} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - l}$$

$$WD \equiv f_{syst} - \frac{l}{f_1} f_{syst} = \left(1 - \frac{l}{f_1} \right) f_{syst}$$

$$= \left(1 - \frac{l}{f_1} \right) \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - l}$$

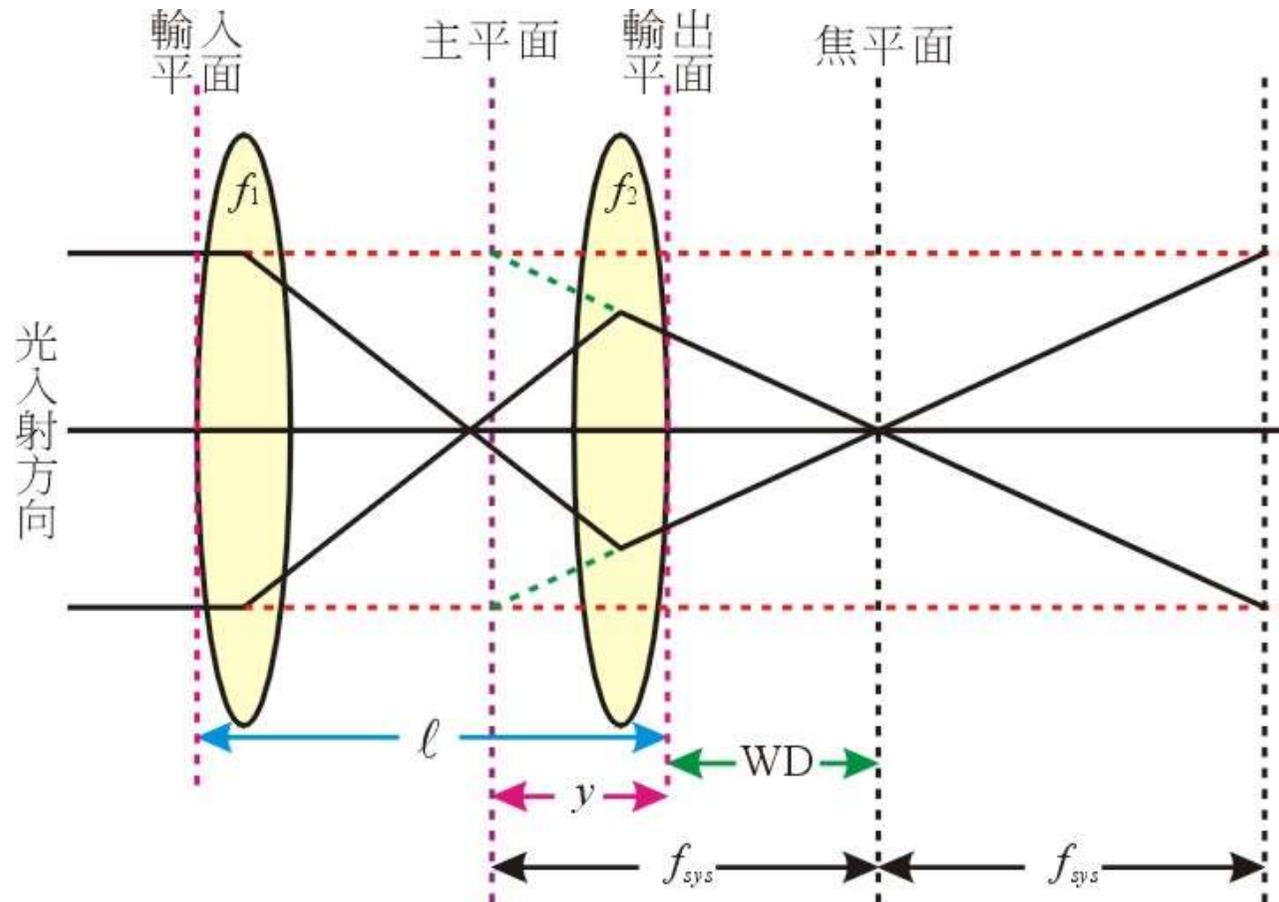
$$= \frac{(f_1 - l) f_2}{f_1 + f_2 - l}$$

$$\frac{1}{WD} = \frac{1}{f_1 - l} + \frac{1}{f_2}$$





4) 光線追跡法-雙透鏡





透鏡焦距的量測

- 1-共軛法
- 2-自準法
- 3-光線追跡法-單透鏡
- 4-光線追跡法-雙透鏡

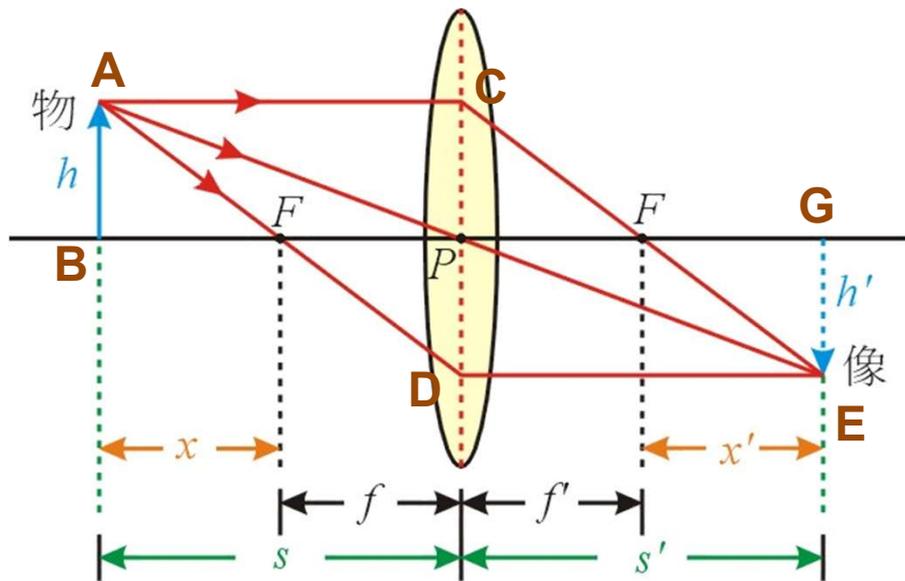
成像

像差 (Abberations)

- 1-球面像差 (Spherical aberration)
- 2-慧差 (Coma aberration)
- 3-像散 (Astigmatism)
- 4-場曲 (Field curvature)
- 5-畸變 (Distortion)
- 6-色像差 (Chromativ aberration)

成像

- 1、光路圖上，光線進行的方向為由左至右。
- 2、物體在透鏡中心左邊時所量得的物距為正，在右邊時，所量得之物距為負。
- 3、像在透鏡中心右邊時所量得的像距為正，在左邊時為負。
- 4、會聚之透鏡前後焦距均為正，發散透鏡之前後焦距為負。
- 5、光軸上方之物高、像高為正，下方為負。



$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$\triangle ABF$ 和 $\triangle FPD$

$\triangle CPF$ 和 $\triangle FGE$

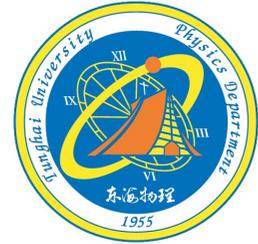
$$\frac{-h'}{h} = \frac{x'}{f'} = \frac{f}{x}$$

$$s = f + x$$

$$s' = f' + x'$$

放大率

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{f}{s - f} = \frac{s' - f'}{f'}$$



透鏡焦距的量測

- 1-共軛法
- 2-自準法
- 3-光線追跡法-單透鏡
- 4-光線追跡法-雙透鏡

成像

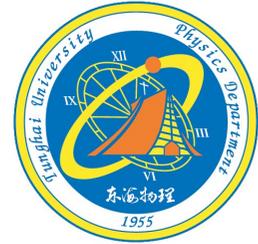
像差 (Abberations)

- 1-球面像差 (Spherical aberration)
- 2-慧差 (Coma aberration)
- 3-像散 (Astigmatism)
- 4-場曲 (Field curvature)
- 5-畸變 (Distortion)
- 6-色像差 (Chromativ aberration)

相機不會是單一鏡頭 像差無所不在



<http://techfeed.today/2015/10/20/如何打造最好的手機相機？/>



像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

3-像散 (Astigmatism)

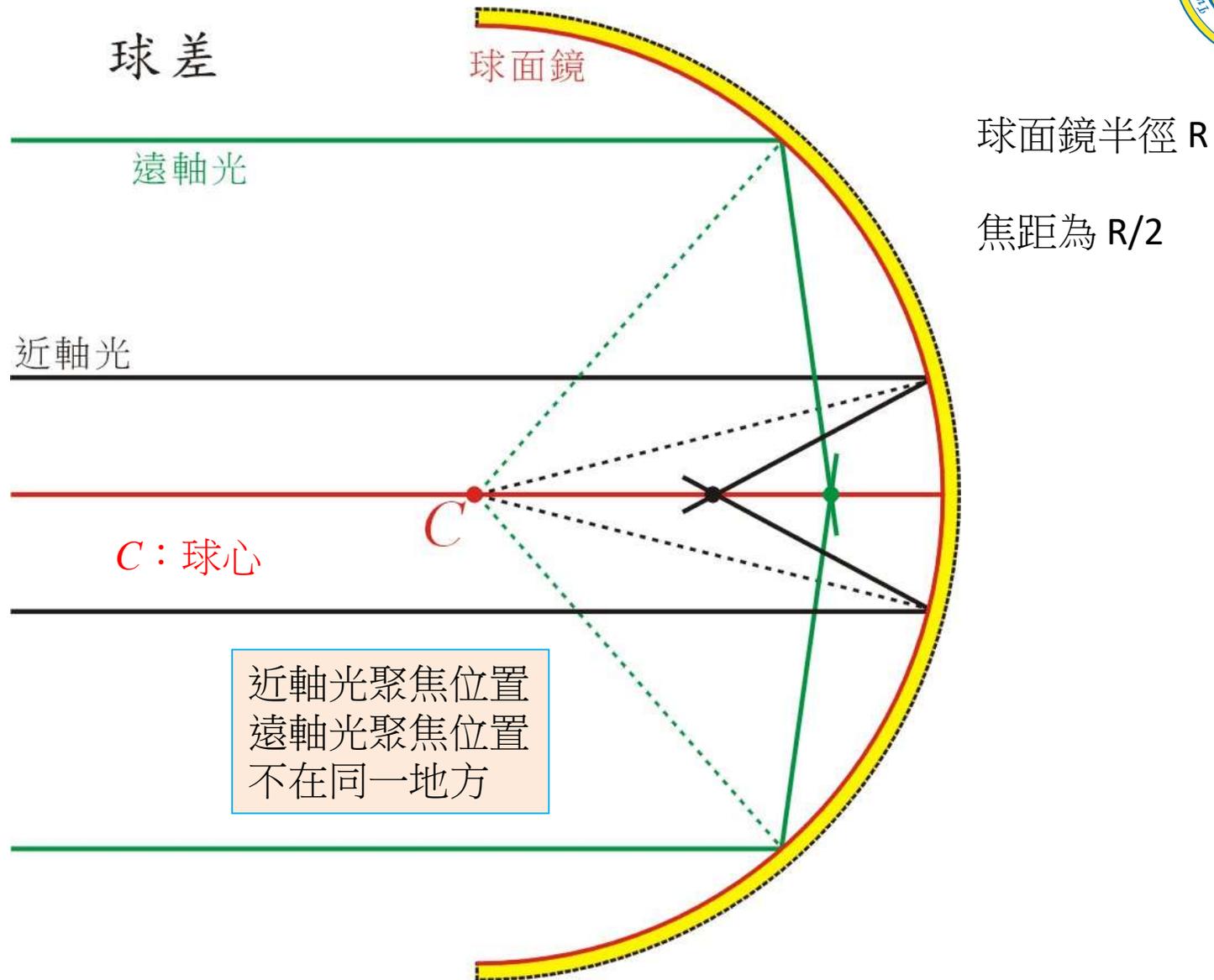
4-場曲 (Field curvature)

5-畸變 (Distortion)

6-色像差 (Chromatic aberration)



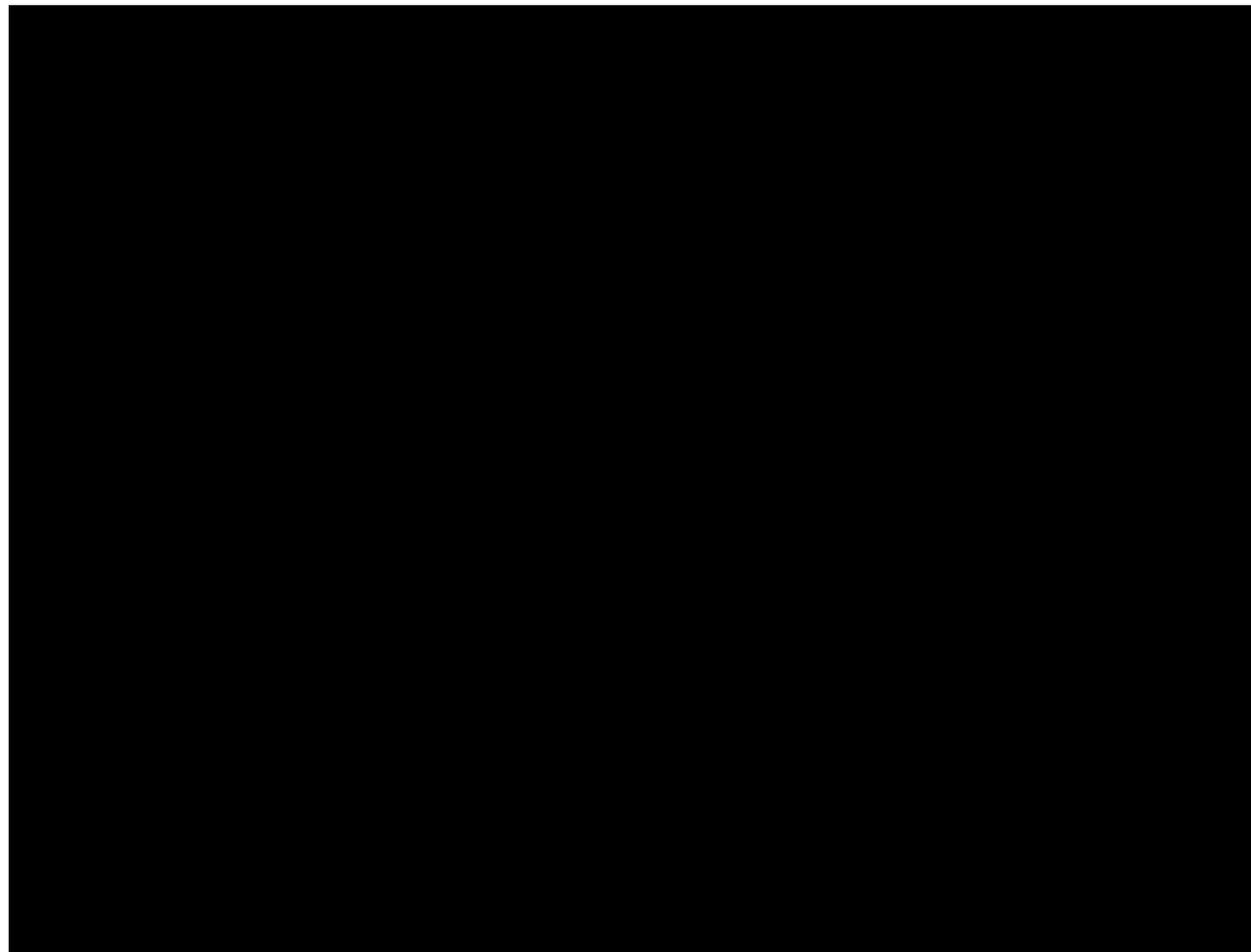
1) 球面像差 (Spherical Aberration)



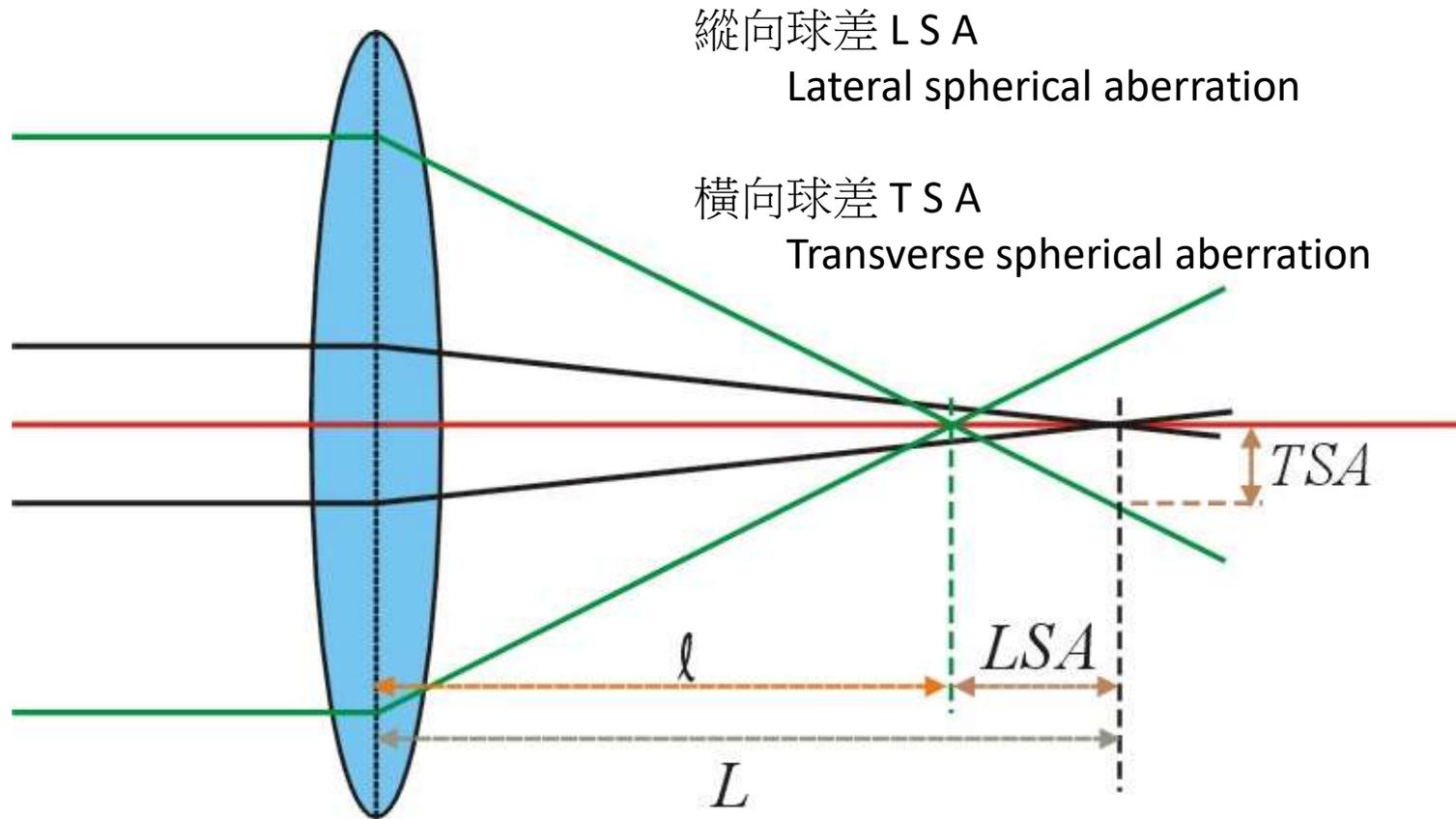


1) 球面像差 (Spherical Aberration)

<https://www.youtube.com/watch?v=E85FZ7WLvao>



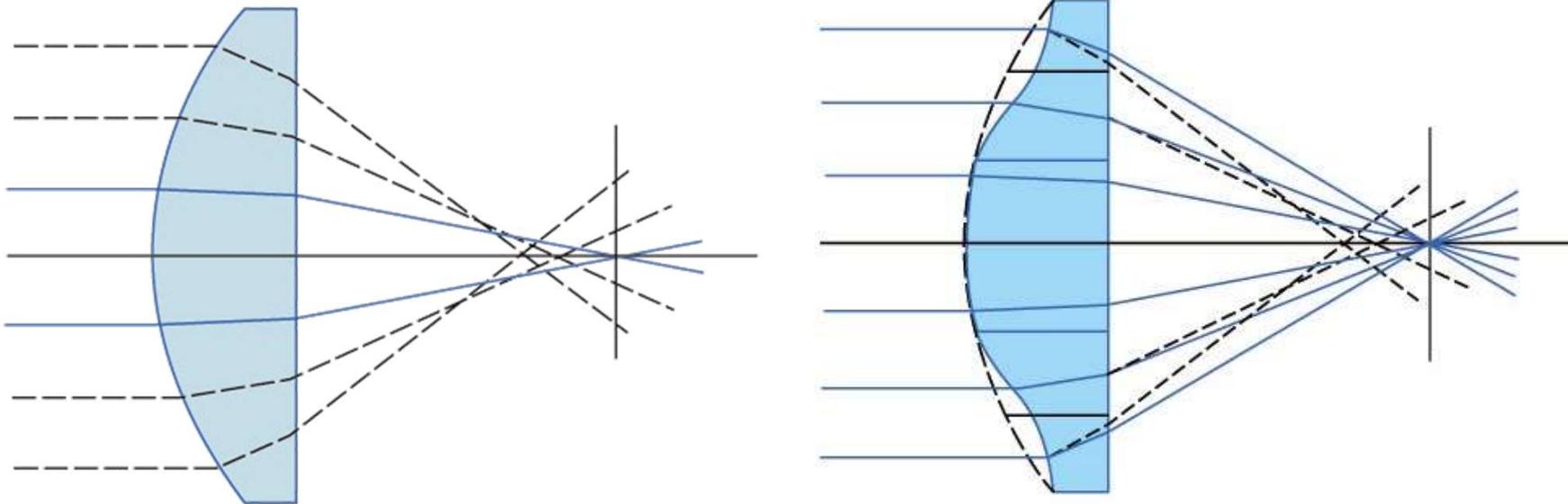
1) 球面像差 (Spherical Aberration)



對凸透鏡而言，
 $LSA > 0$ ，稱為 under corrected
 $LSA < 0$ ，稱為 over corrected

1) 球面像差 (Spherical Aberration)

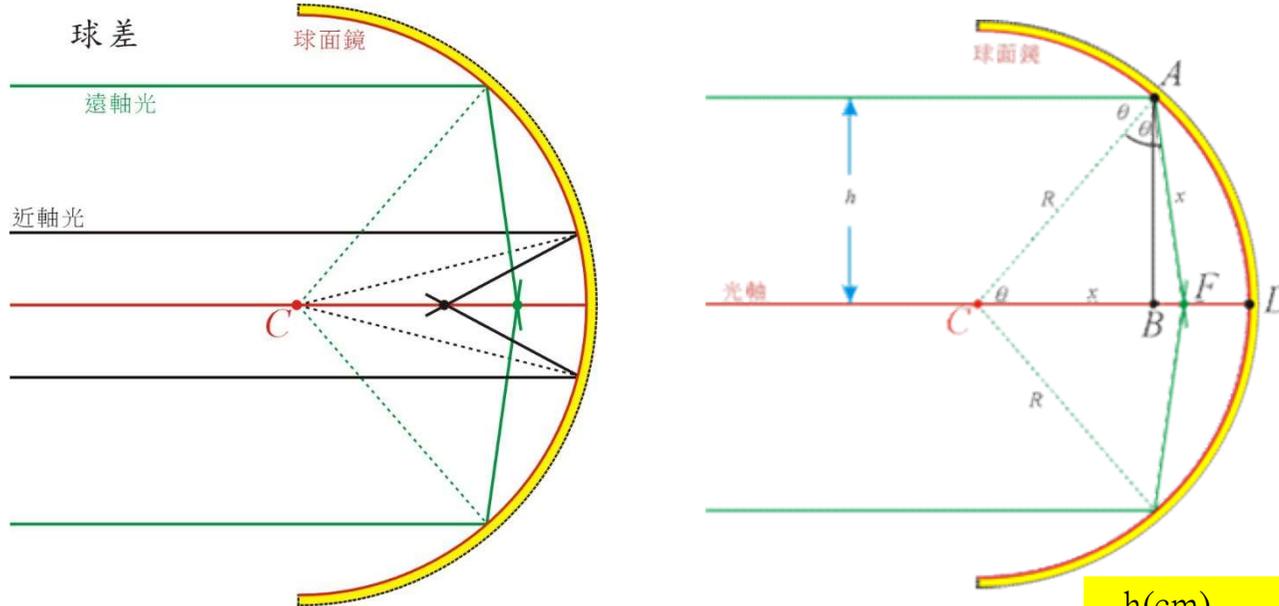
如何消球差



製造非球面鏡片的方法：

- 1、**研磨非球面鏡片**：在整塊玻璃上直接研磨，這種制造工藝成本相對較高。
- 2、**模壓非球面鏡片**：采用金屬鑄模技術將融化的光學玻璃/光學樹脂直接壓制而成，這種制造工藝成本相對較低。
- 3、**複合非球面鏡片**：在研磨成球面的玻璃鏡片表面上覆蓋一層特殊的光學樹脂，然後將光學樹脂部分研磨成非球面。這種制造工藝的成本界于上述兩種工藝之間。

1) 球面像差 (Spherical Aberration)



平行光距離光軸高度 h ，入射球面鏡。
 球面鏡曲率半徑為 R 。
 聚焦在 F 點，球心 C 距離聚焦點 F 為 x 。

$$\sin \theta = \frac{h}{R}$$

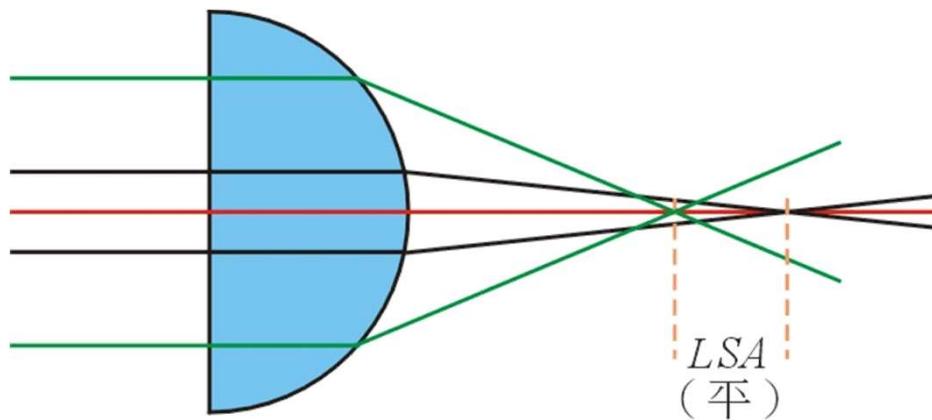
$$\cos \theta = \frac{R^2 + x^2 - x^2}{2Rx} = \frac{R}{2x}$$

$$x = \frac{R^2}{2\sqrt{R^2 - h^2}}$$

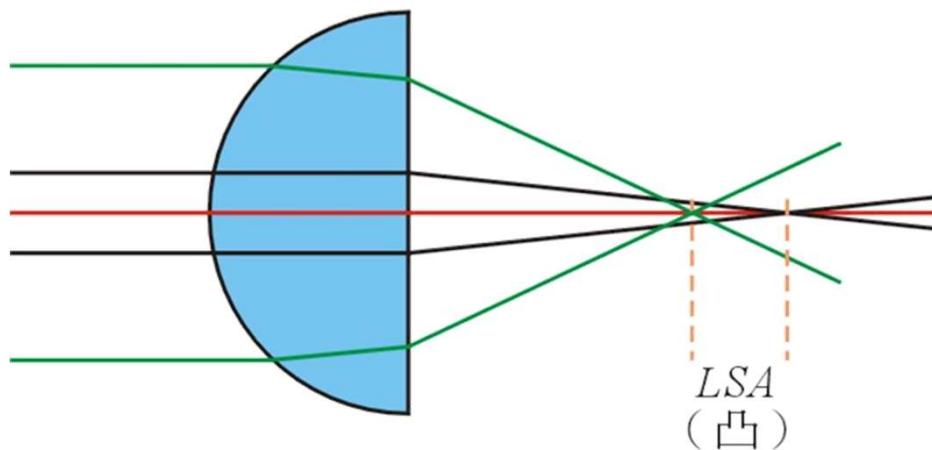
$h(\text{cm})$	$R(\text{cm})$	x	像差： $x-20$
0	40	20.000	0.000
1	40	20.006	0.006
1.5	40	20.014	0.014
2	40	20.025	0.025
2.5	40	20.039	0.039
3	40	20.056	0.056
3.5	40	20.077	0.077
4	40	20.101	0.101
4.5	40	20.128	0.128
5	40	20.158	0.158

1) 球面像差 (Spherical Aberration)

平面面像光源

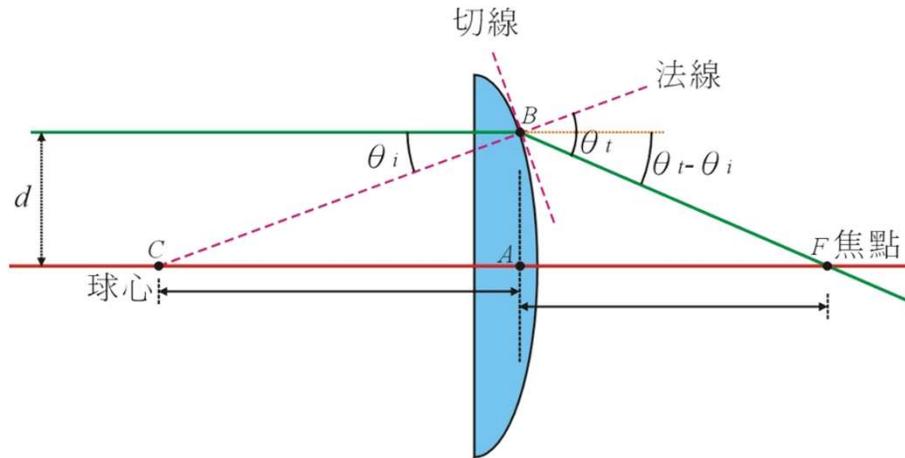


凸面面像光源

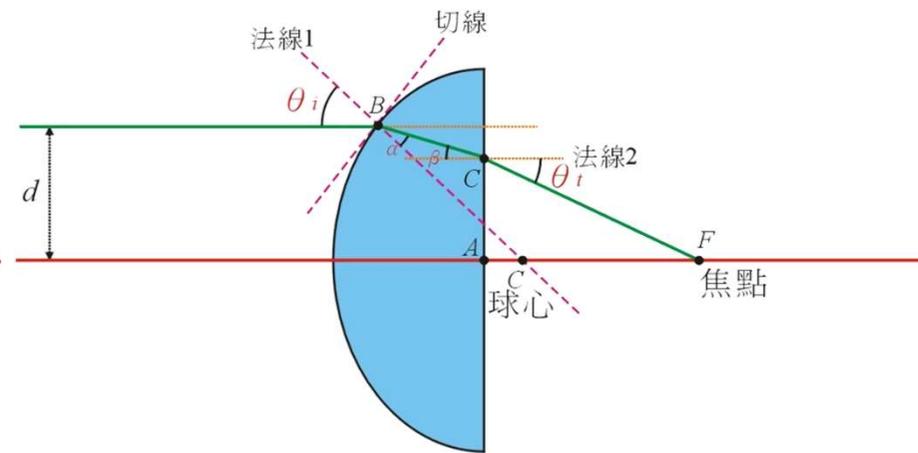
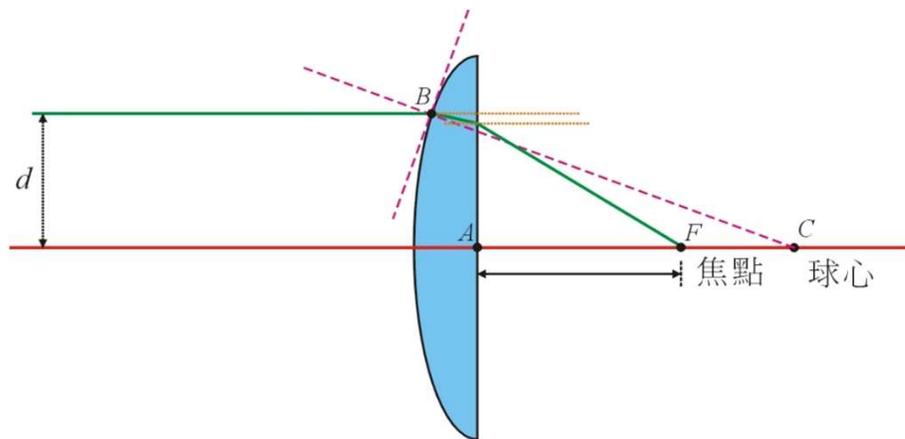


1) 球面像差 (Spherical Aberration)

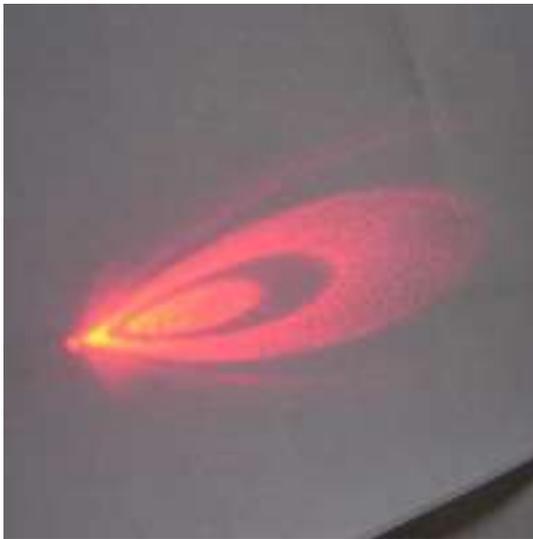
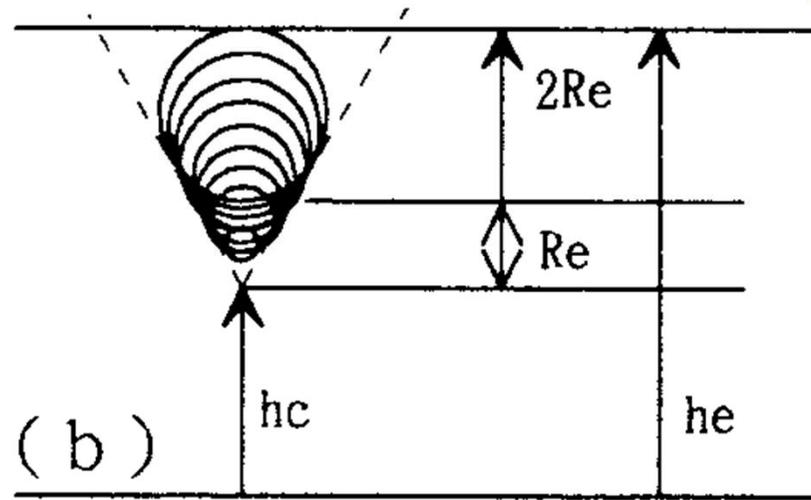
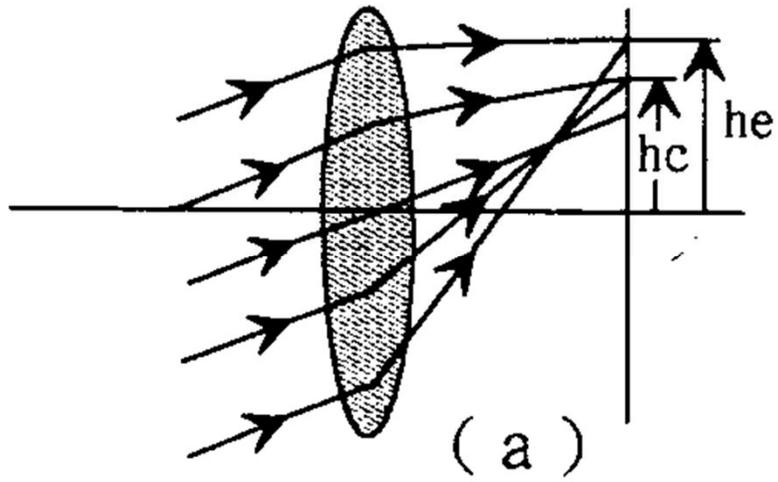
平面面像光源



凸面面像光源



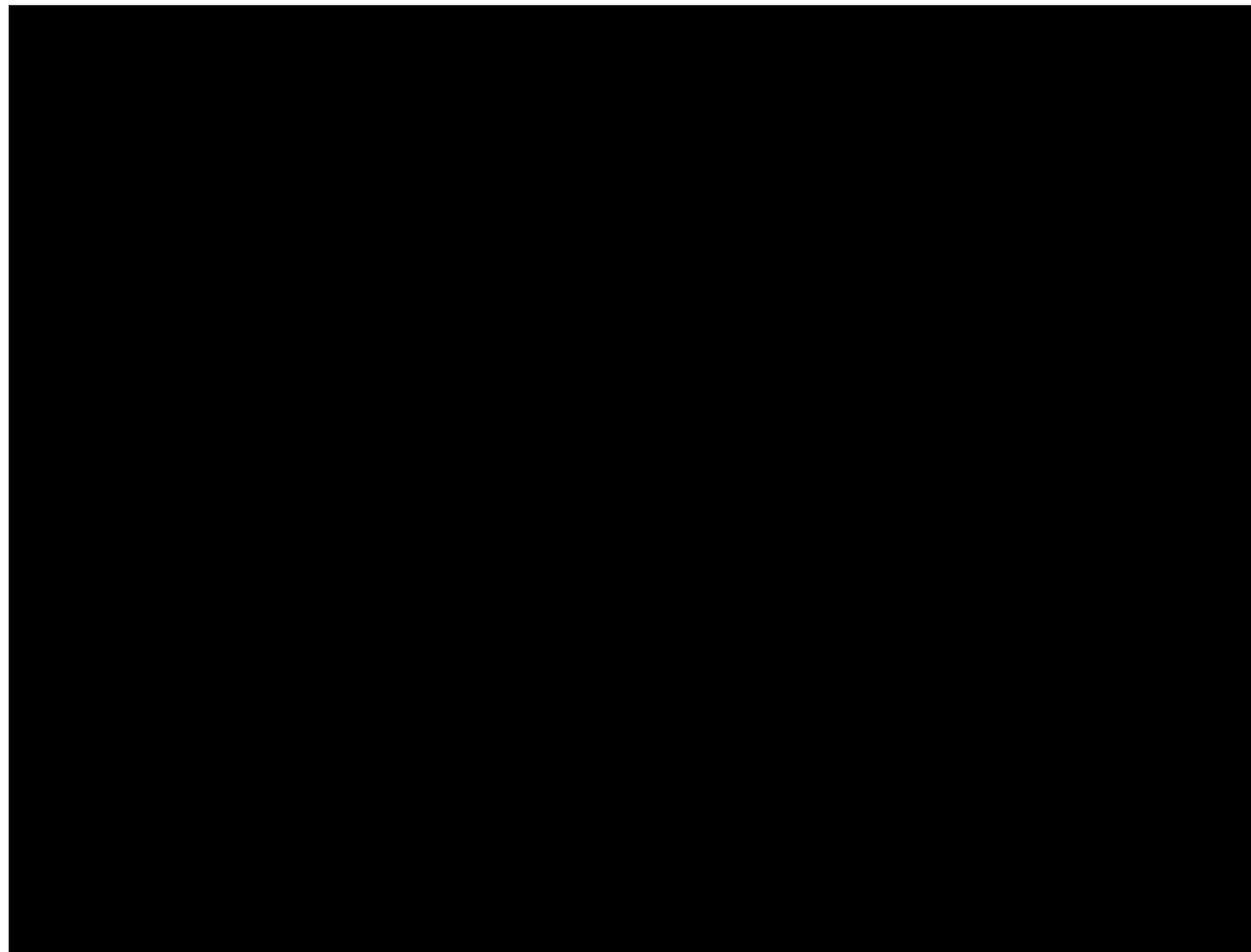
2) 慧差 (Coma Aberration)



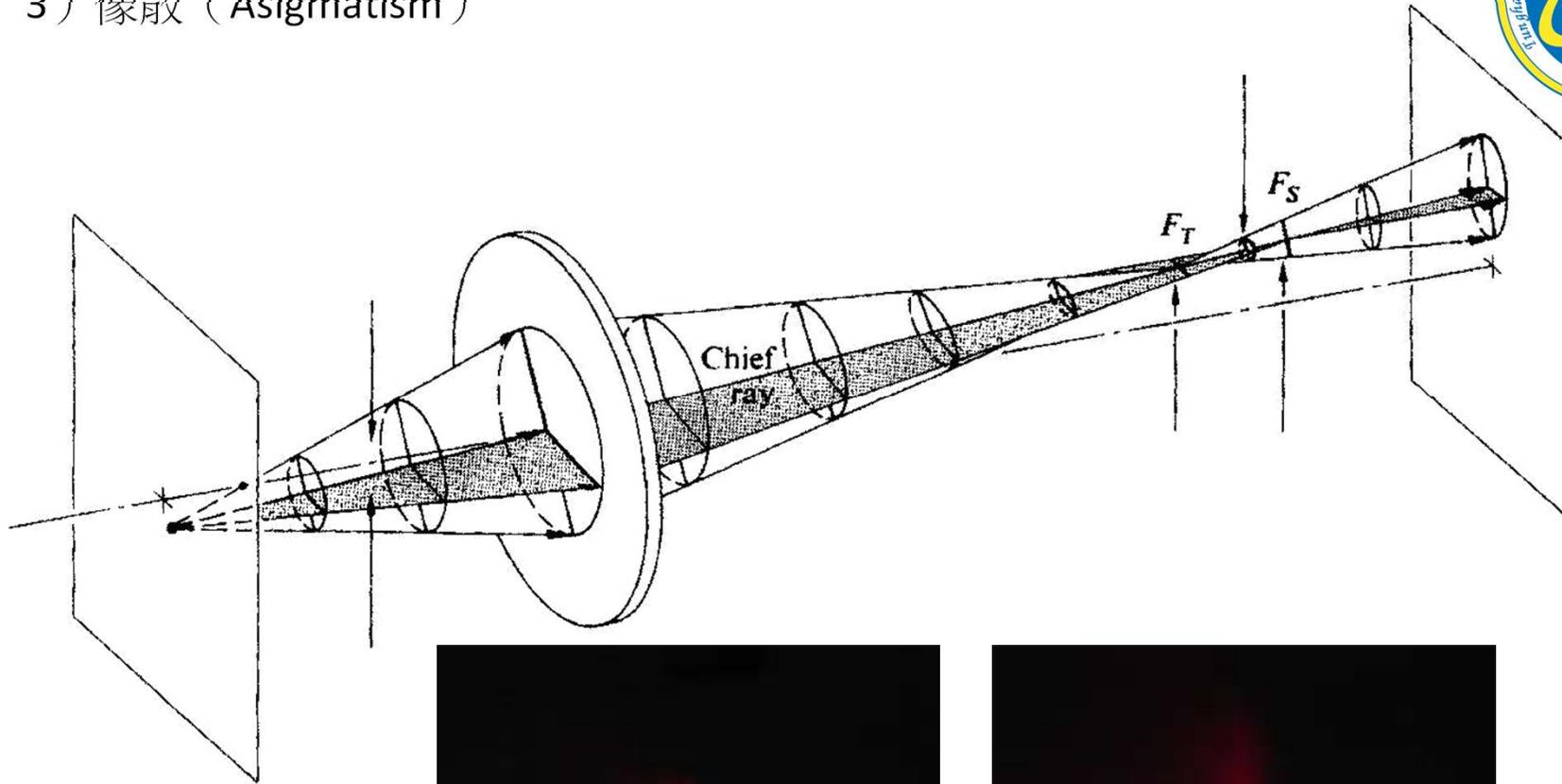


2) 慧差 (Coma Aberration)

<https://www.youtube.com/watch?v=EXmaY2txEBo>

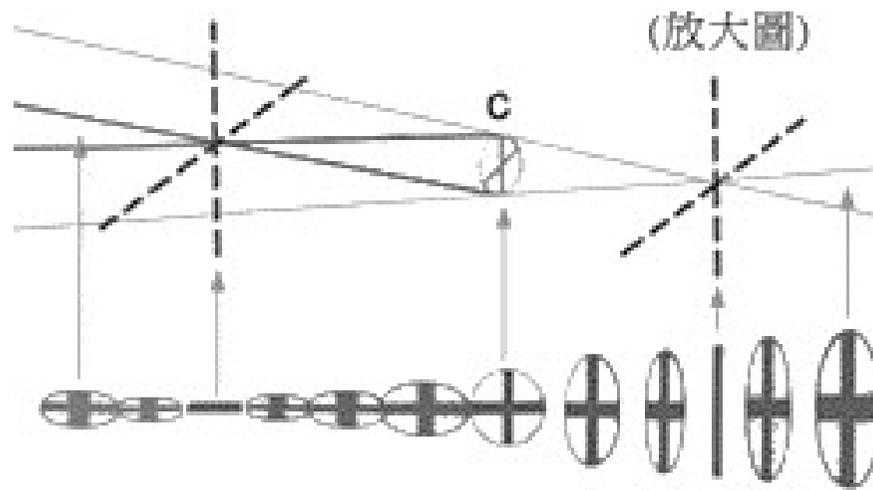
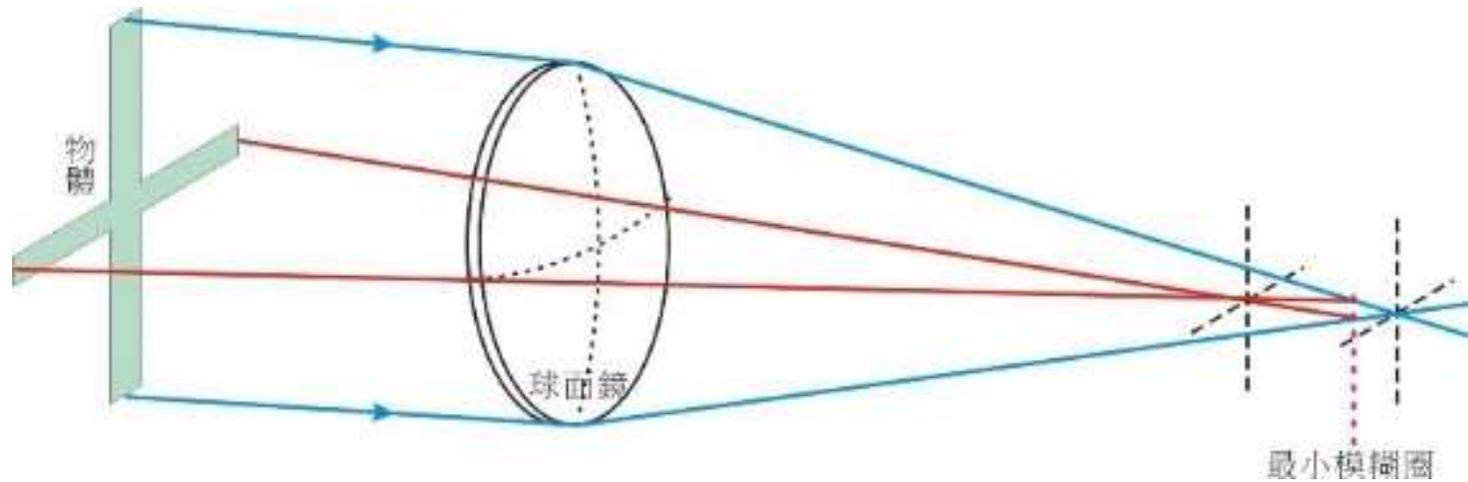


3) 像散 (Astigmatism)



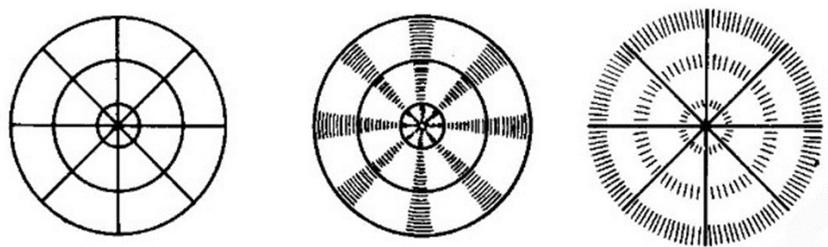
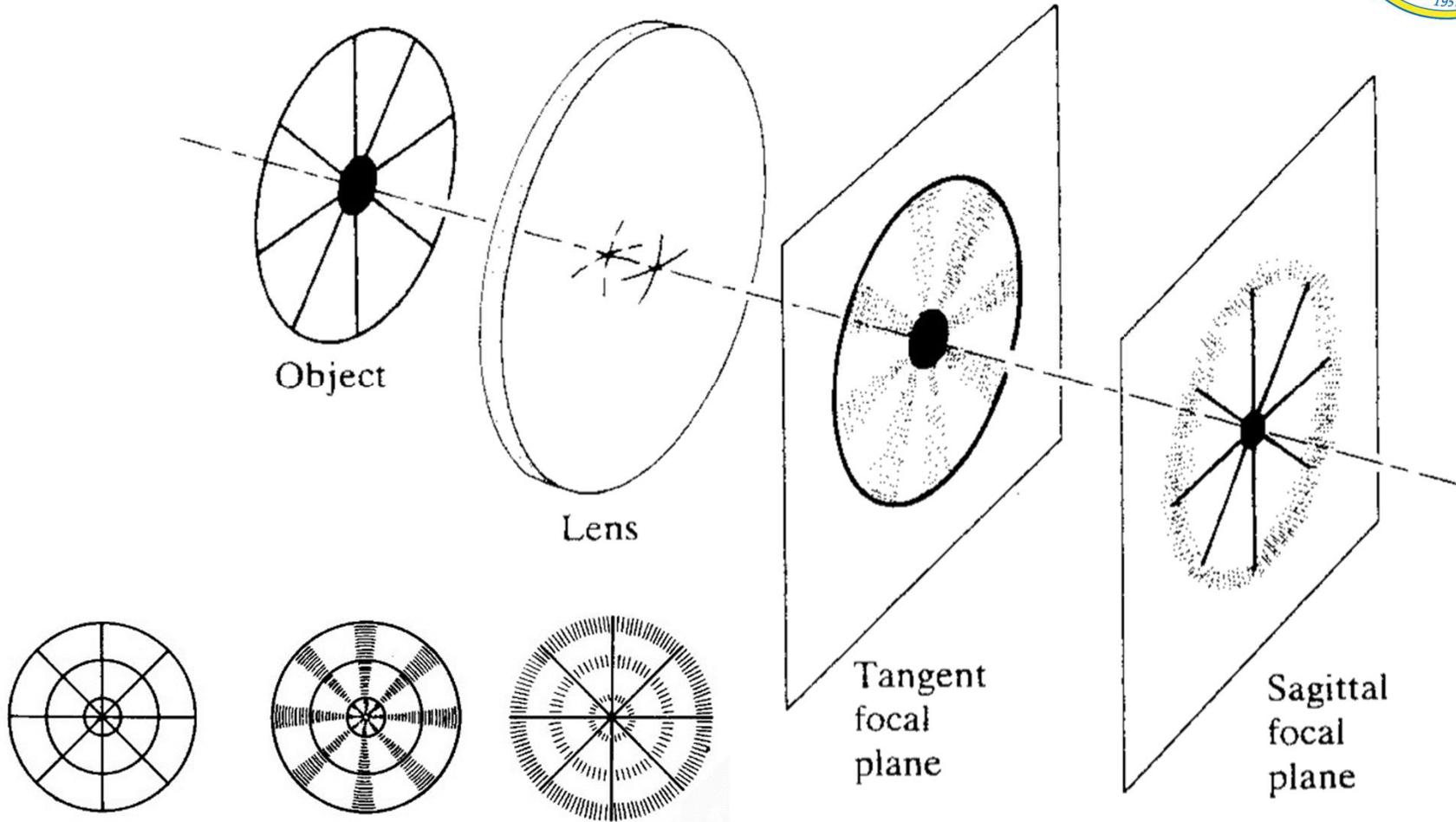


3) 像散 (Astigmatism)



在不同位置的模糊圈

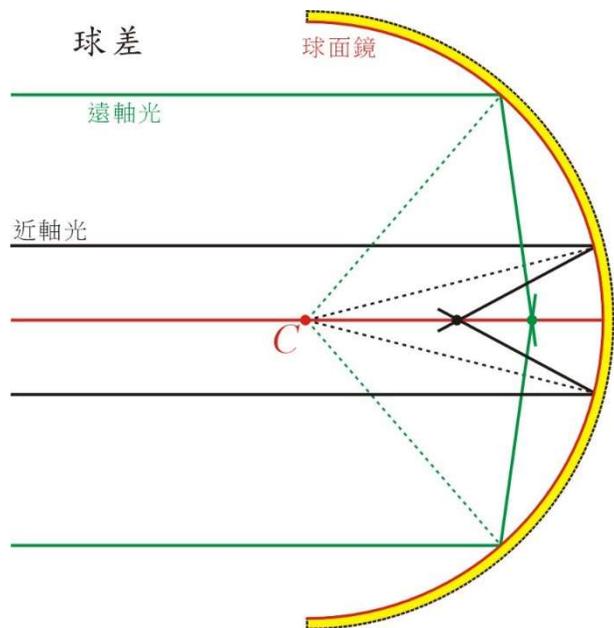
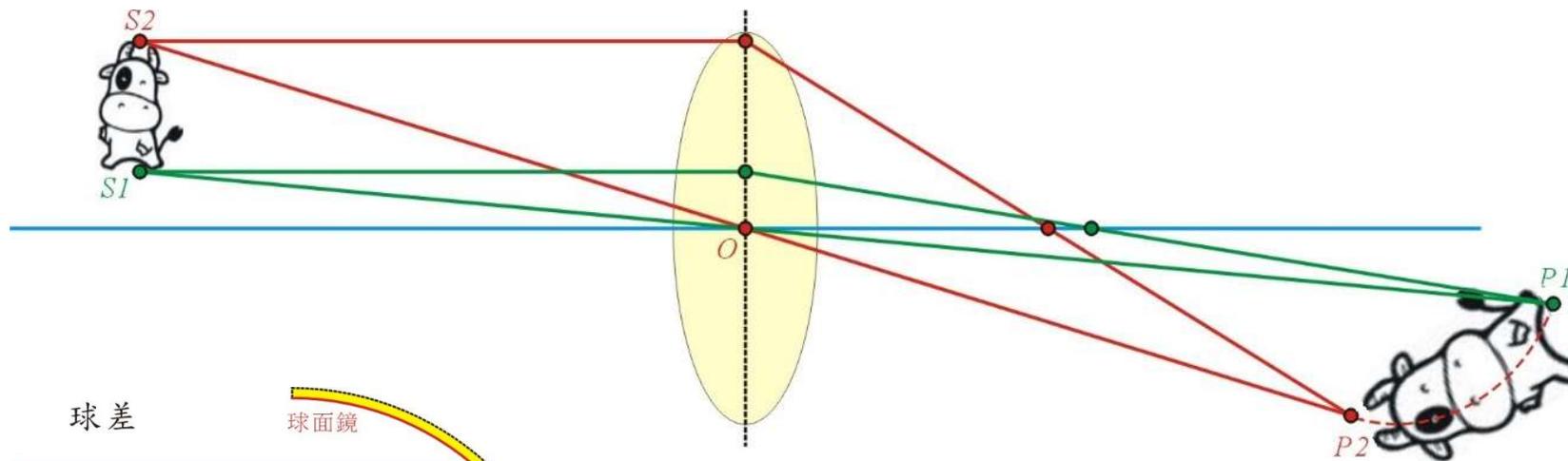
3) 像散 (Astigmatism)



a. 物体 b. t像面 c. s像面

像散

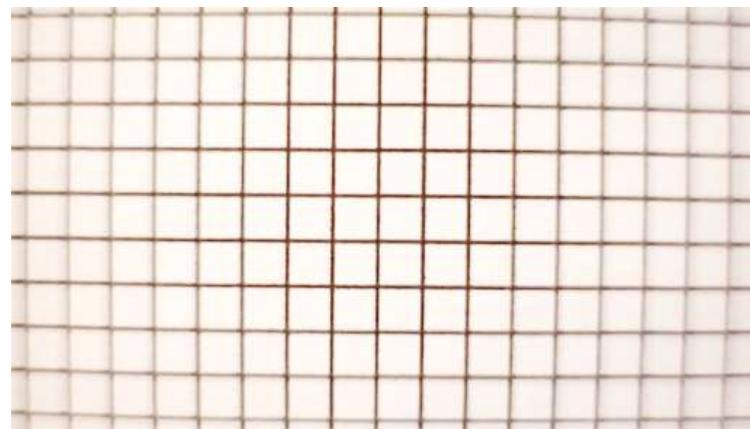
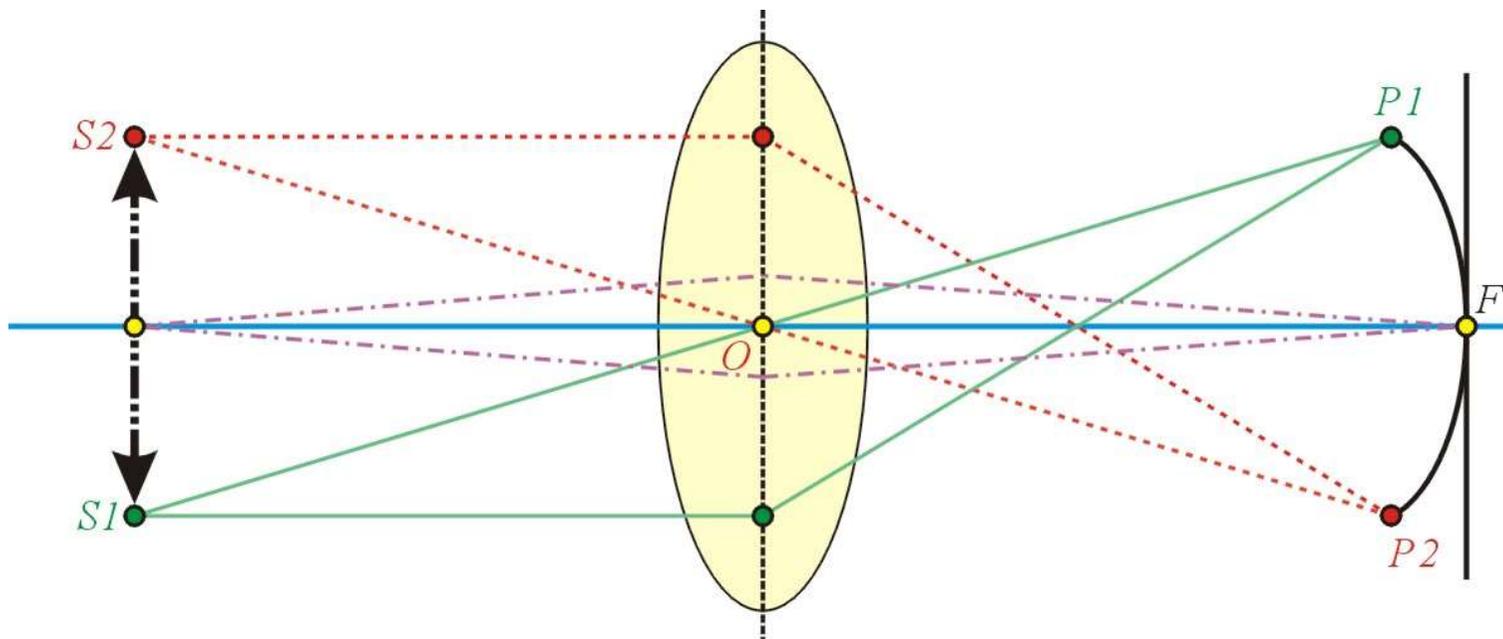
4) 場曲 (Field curvature)



近軸光焦點位置
遠軸光焦點位置
不在同一點！

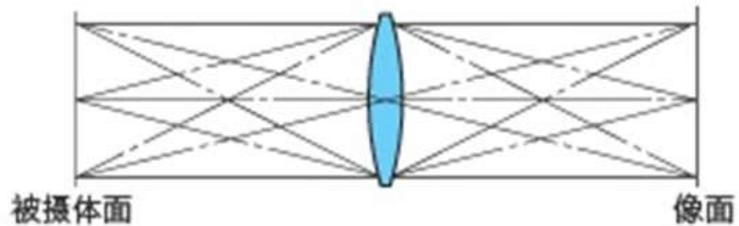


4) 場曲 (Field curvature)

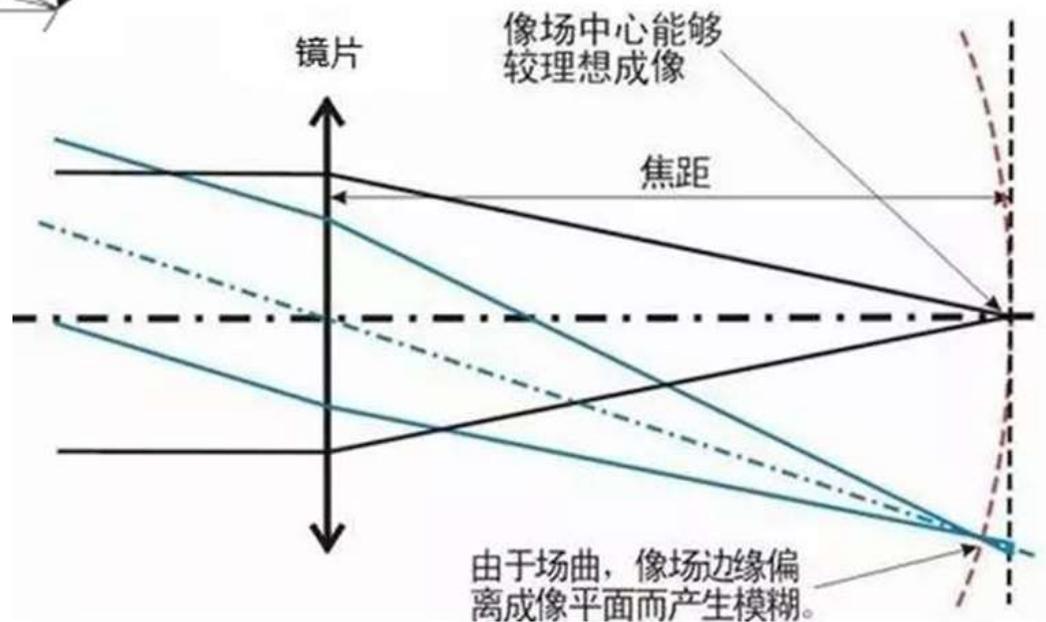
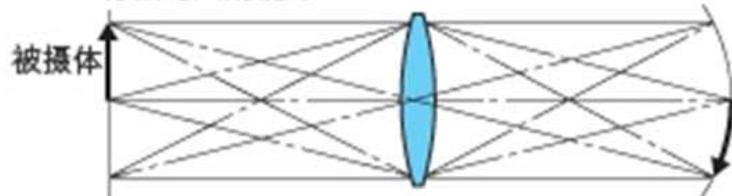




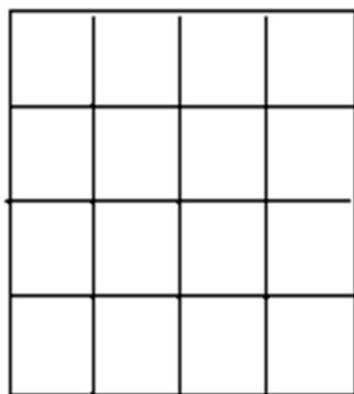
理想的鏡片



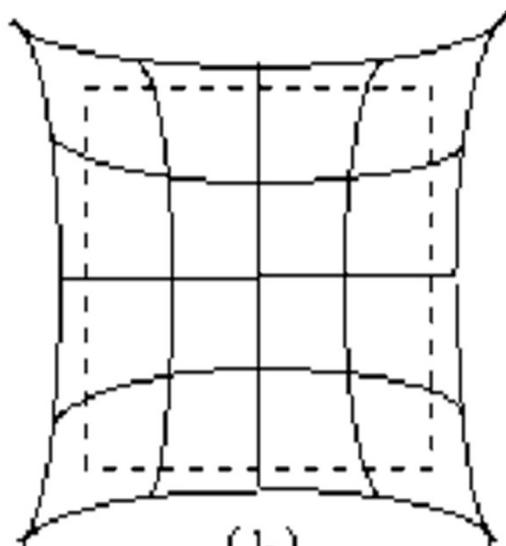
像面彎曲的鏡片



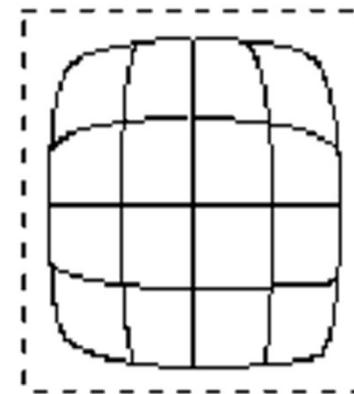
5) 畸變 (Distortion)



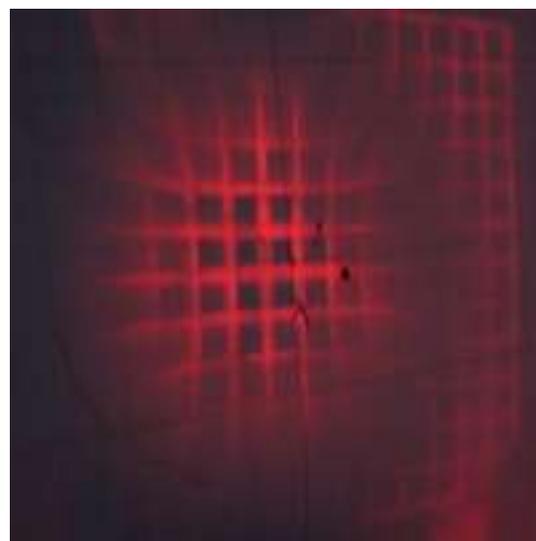
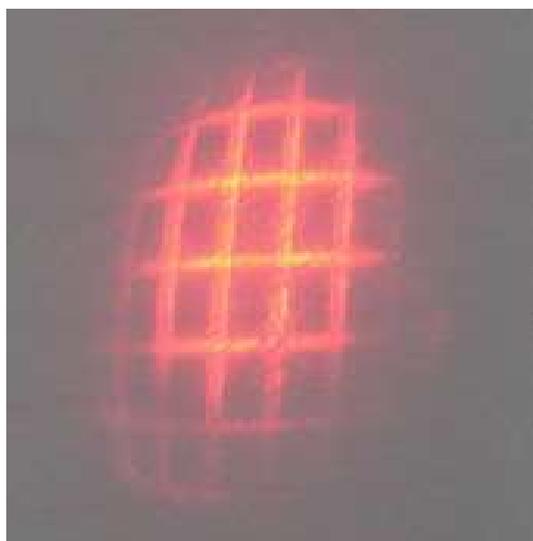
(a)

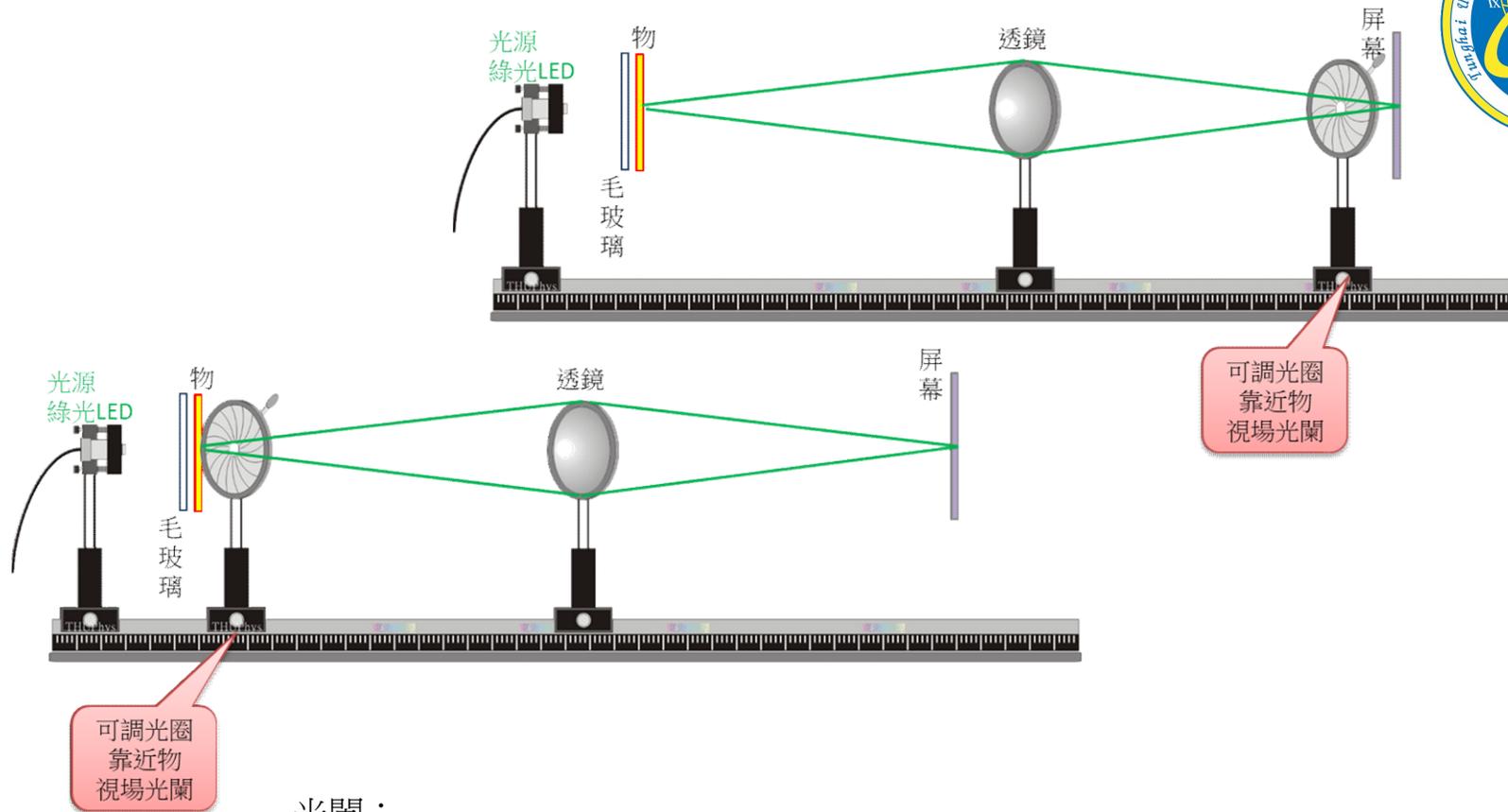


(b)



(c)





光闌：

光學儀器中能對光束起限制作用的長方形或圓形通光孔。一般用來控制光強度、減少像差及增加聚焦的深度。依其作用可分為**孔徑光闌 (Aperture stop)**和**視場光闌 (Field stop)**二種。

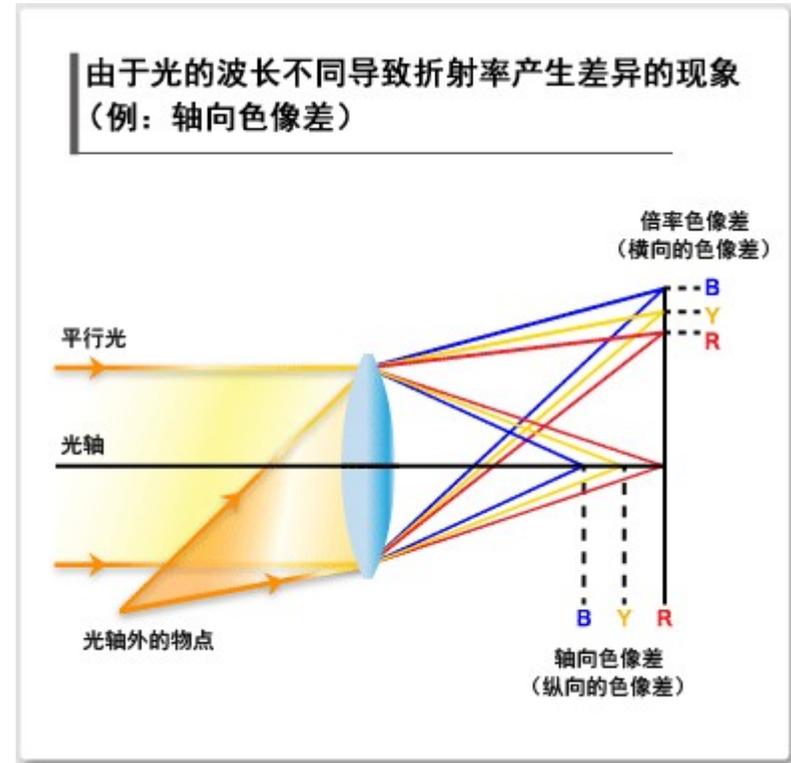
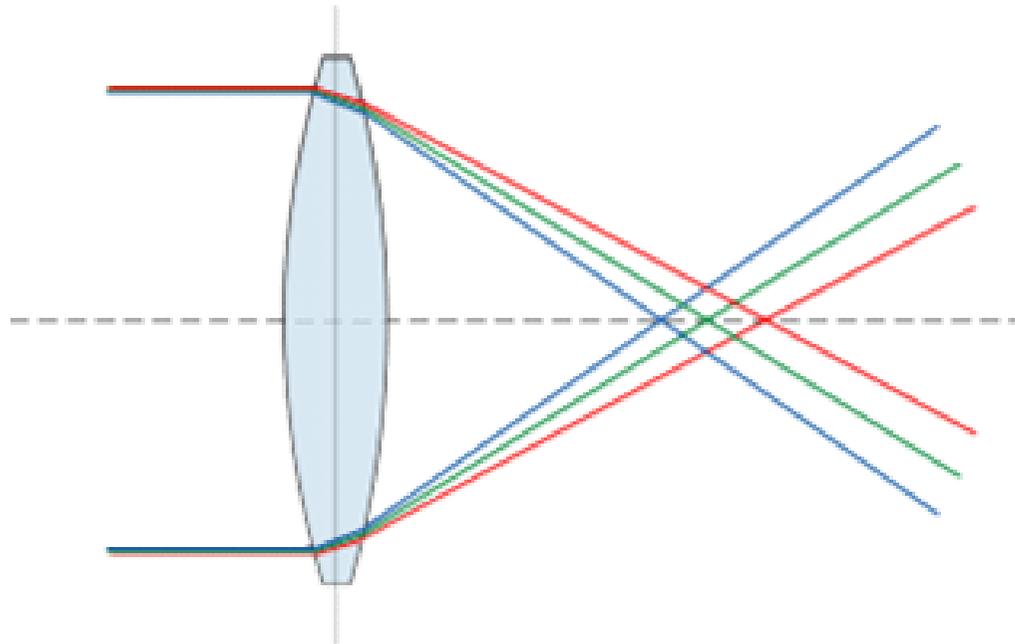
孔徑光闌 (Aperture stop) 限制入射光束大小；

視場光闌 (field stop) 則是控制成像景物面積的大小。

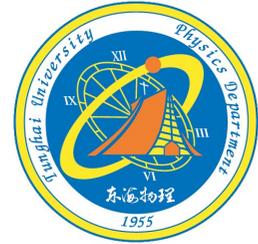
光闌越小，像差越小，景深越大，像越清晰，但是明亮度則減弱。

6) 色差 (Chromatic aberration)

透鏡對不同波長的色光有不同的折射率。



※我們沒有做色差實驗



建立平行擴束光

1-調亮度

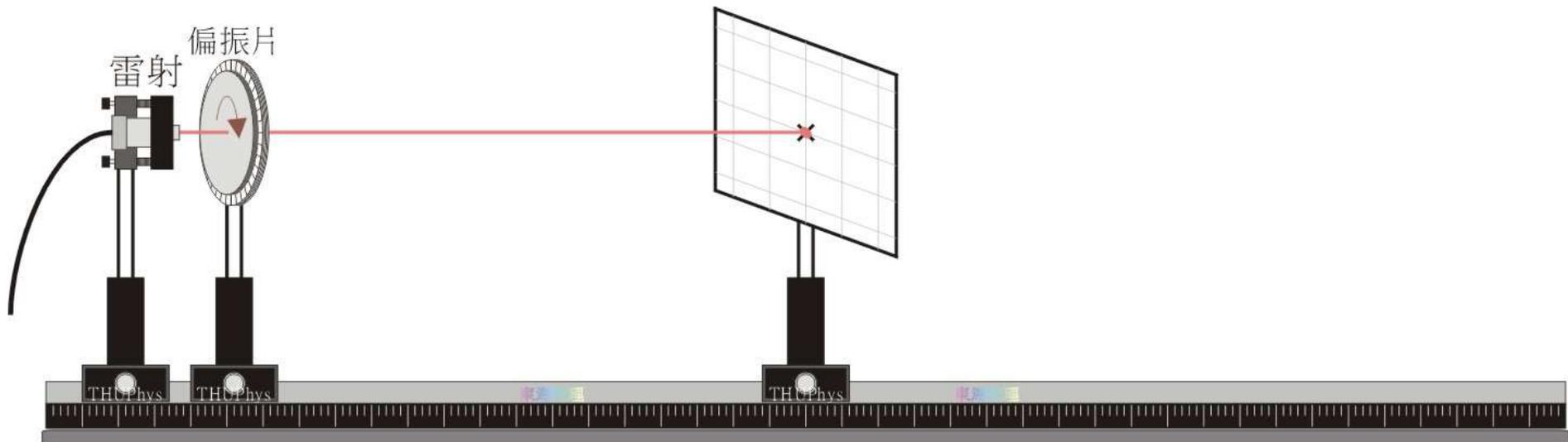
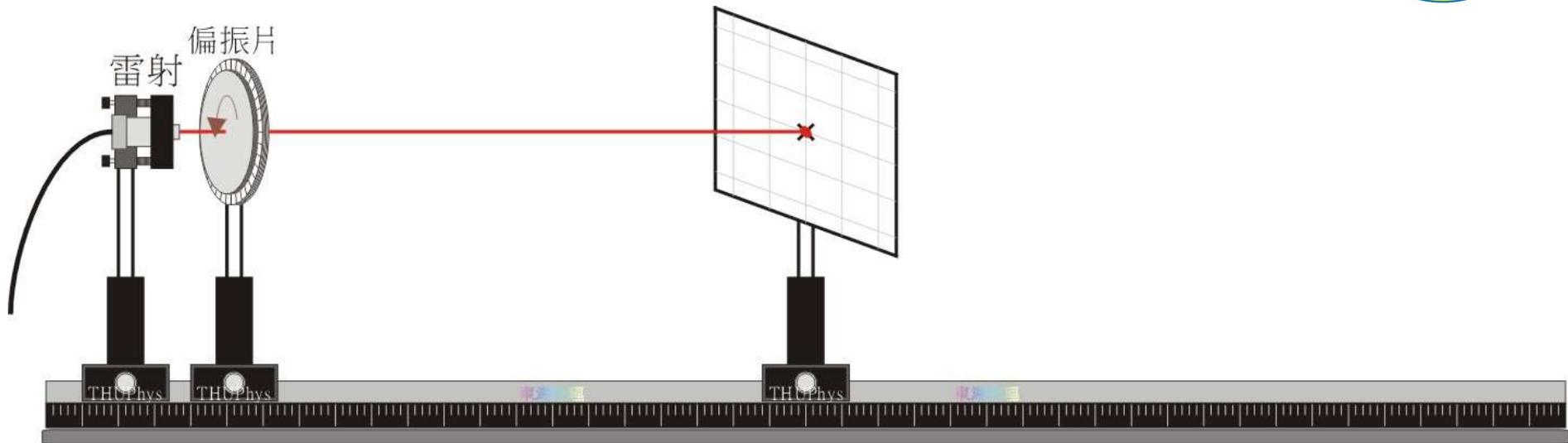
2-對光

3-擴束

4-建立平行擴束光

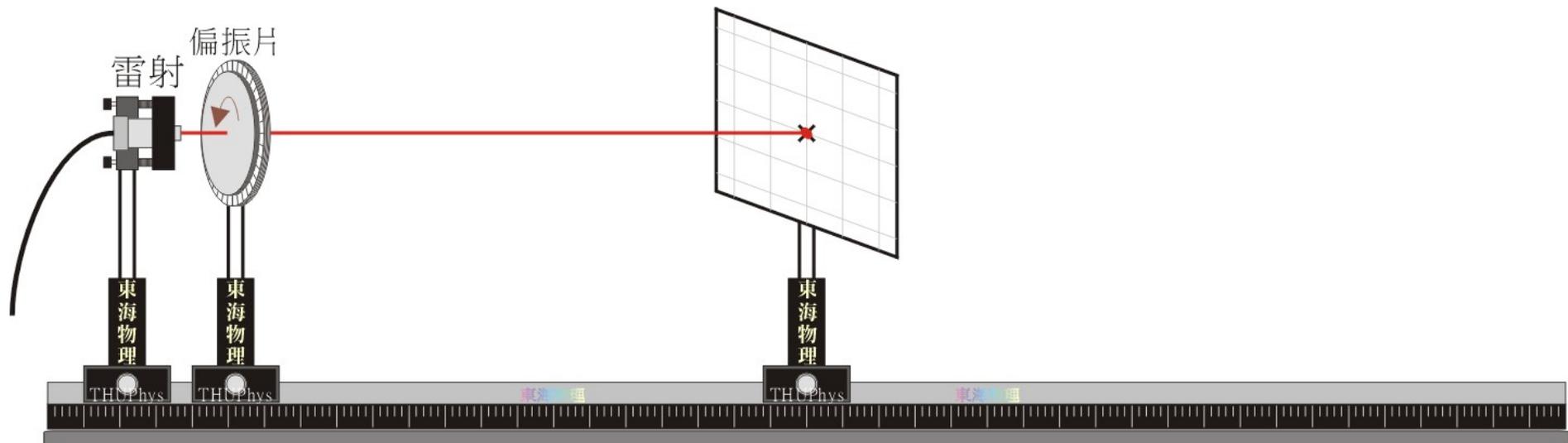
1) 調整亮度

利用偏振片調整雷射光亮度，建議對光時調暗些，避免眼睛負擔太大。



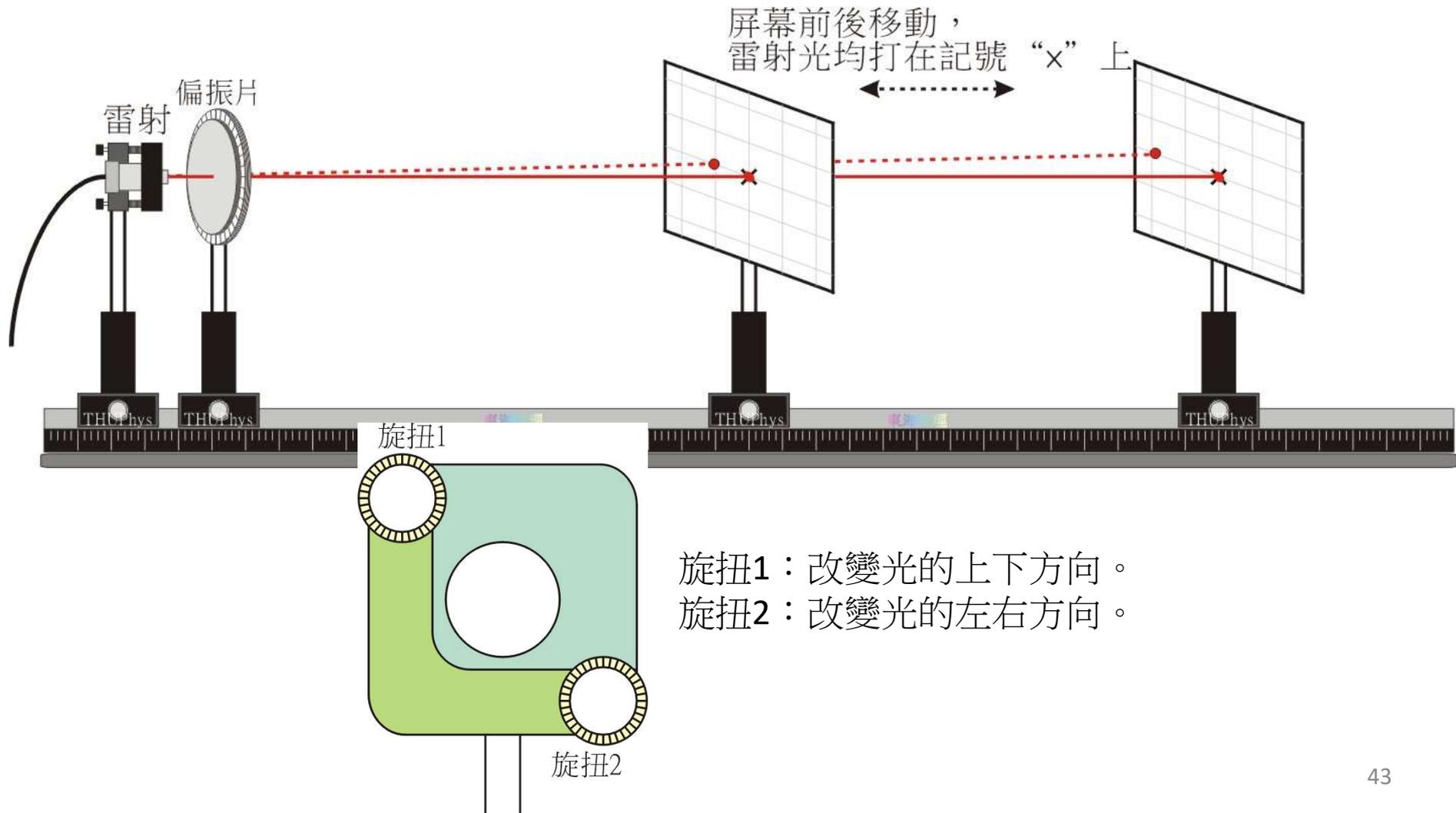
1) 調整亮度

利用偏振片調整雷射光亮度，建議對光時調暗些，避免眼睛負擔太大。



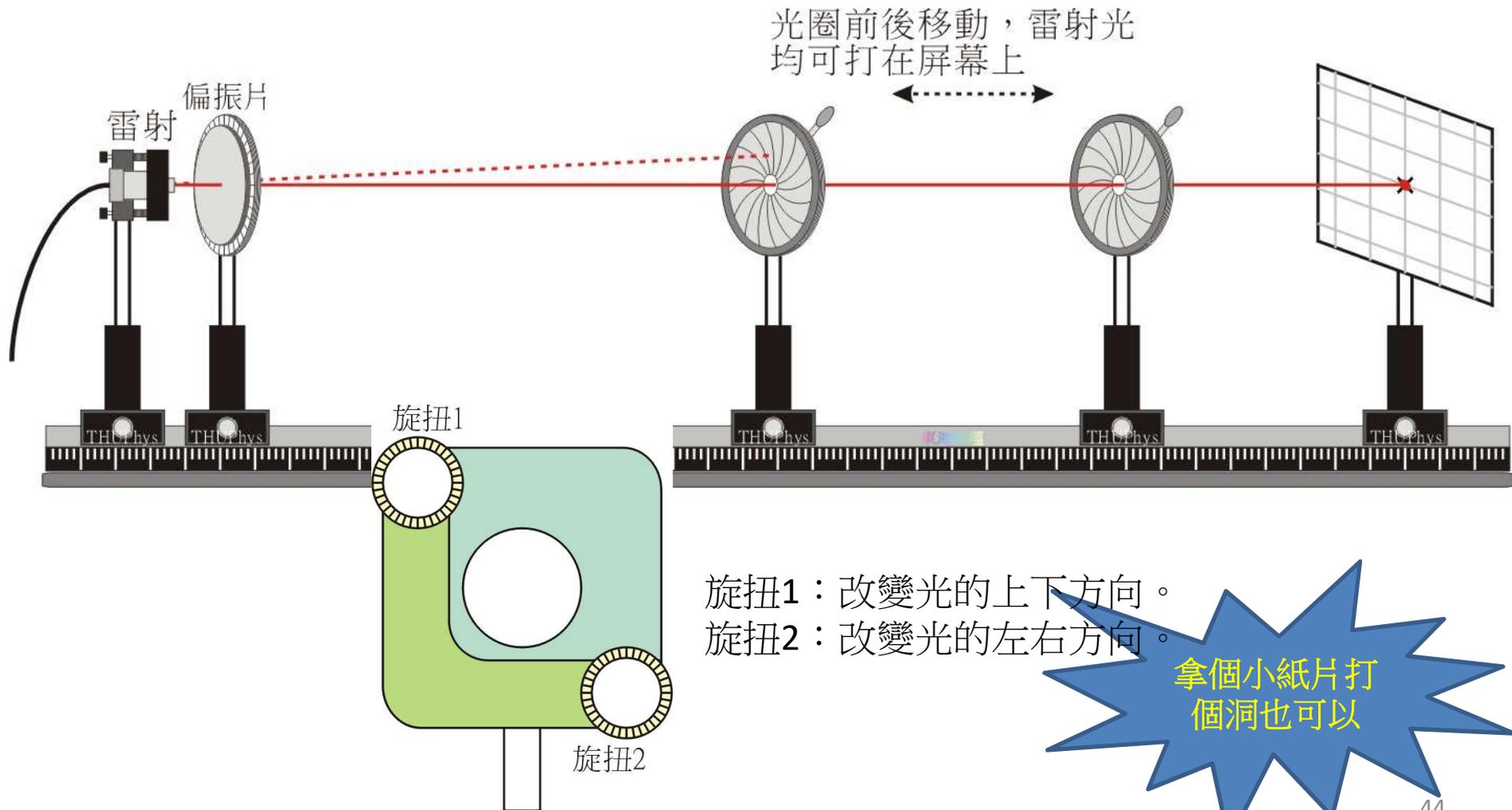
2) 對光—調整雷射高度、角度

使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均打在屏幕的同一位置上。



2) 對光—調整雷射高度、角度

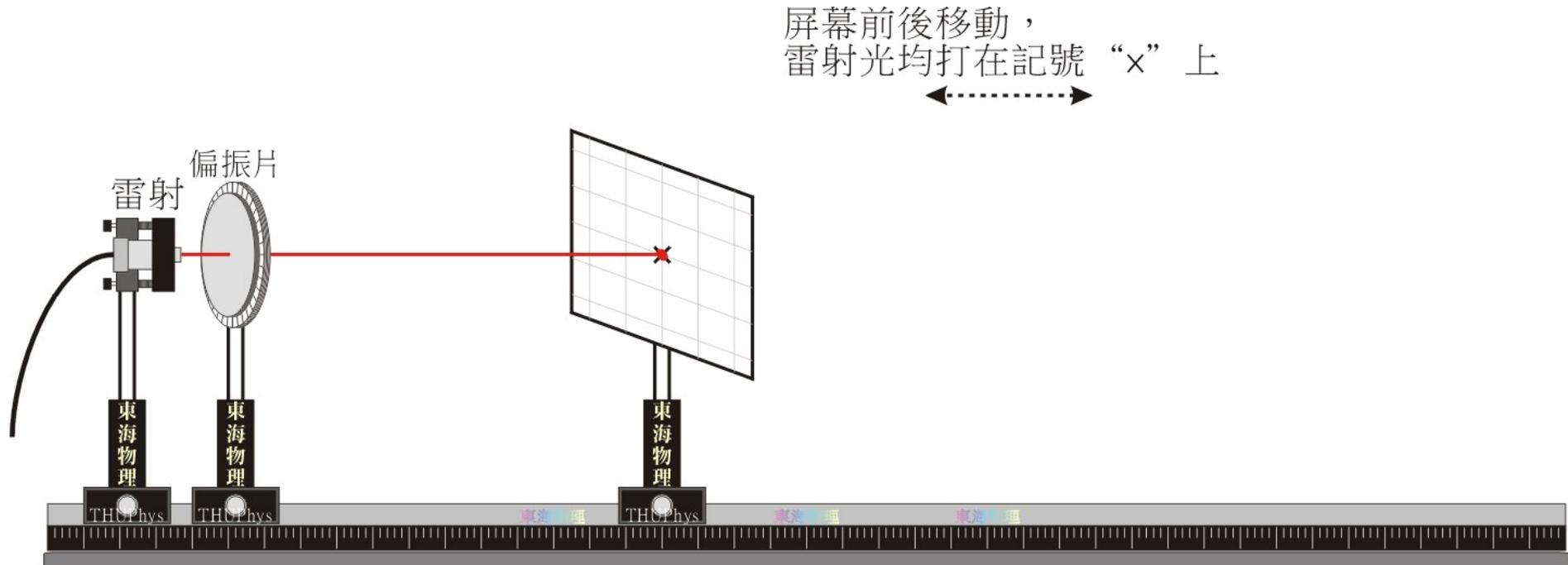
使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均可打在屏幕的同一位置上。



旋鈕1：改變光的上下方向。
旋鈕2：改變光的左右方向。

2) 對光—調整雷射高度、角度

使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均打在屏幕的同一位置上。



2) 對光—調整雷射高度、角度

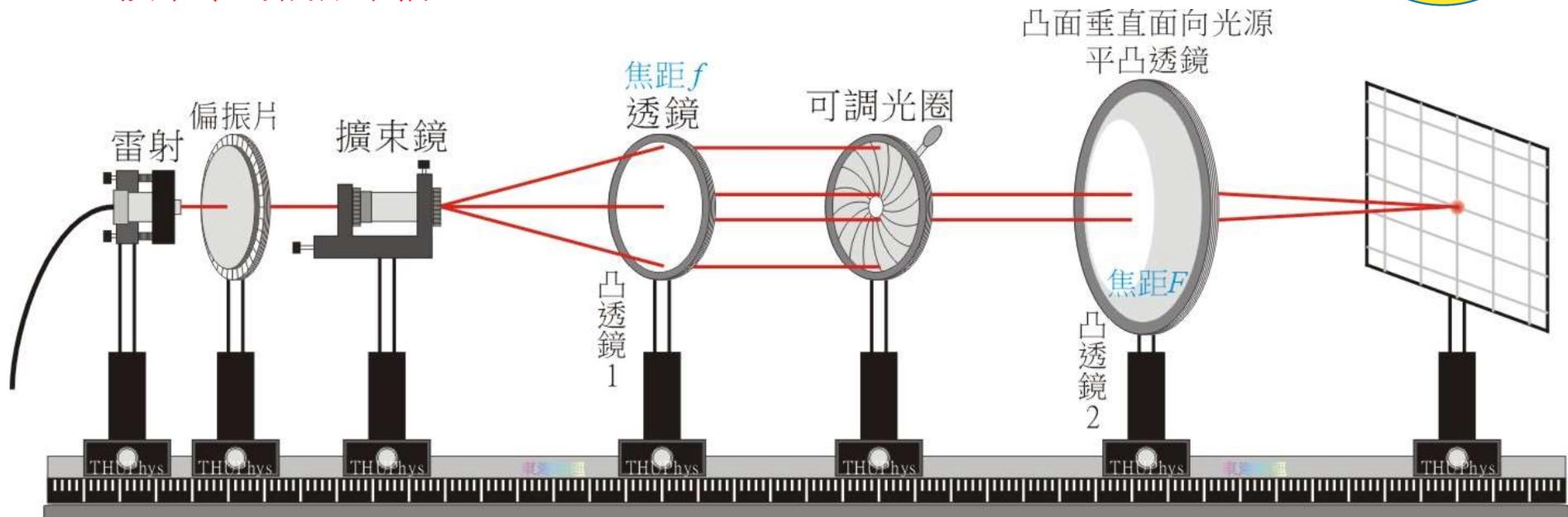
使得光前進方向與滑軌**不**平行—屏幕前後移動時，雷射光越打越偏移X記號。

屏幕前後移動，
雷射光沒打在記號“x”上



2) 關於實驗-對光...要注意的狀況!

接下來的儀器架構:



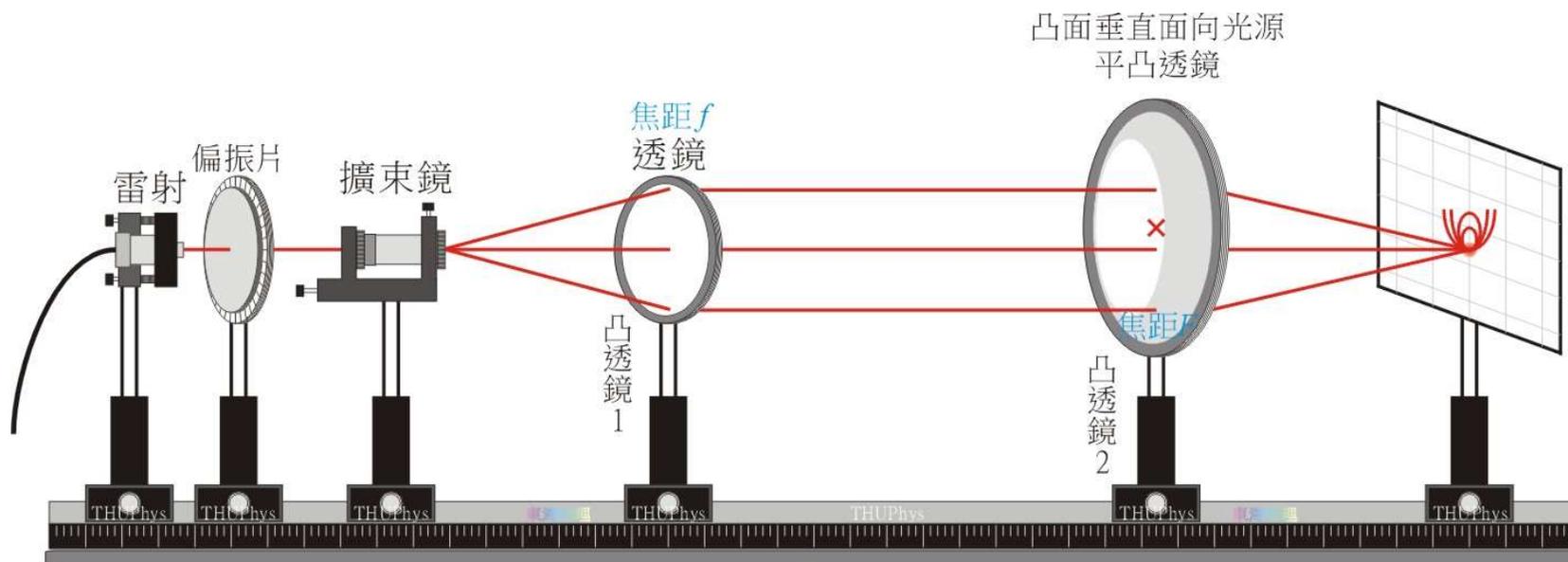
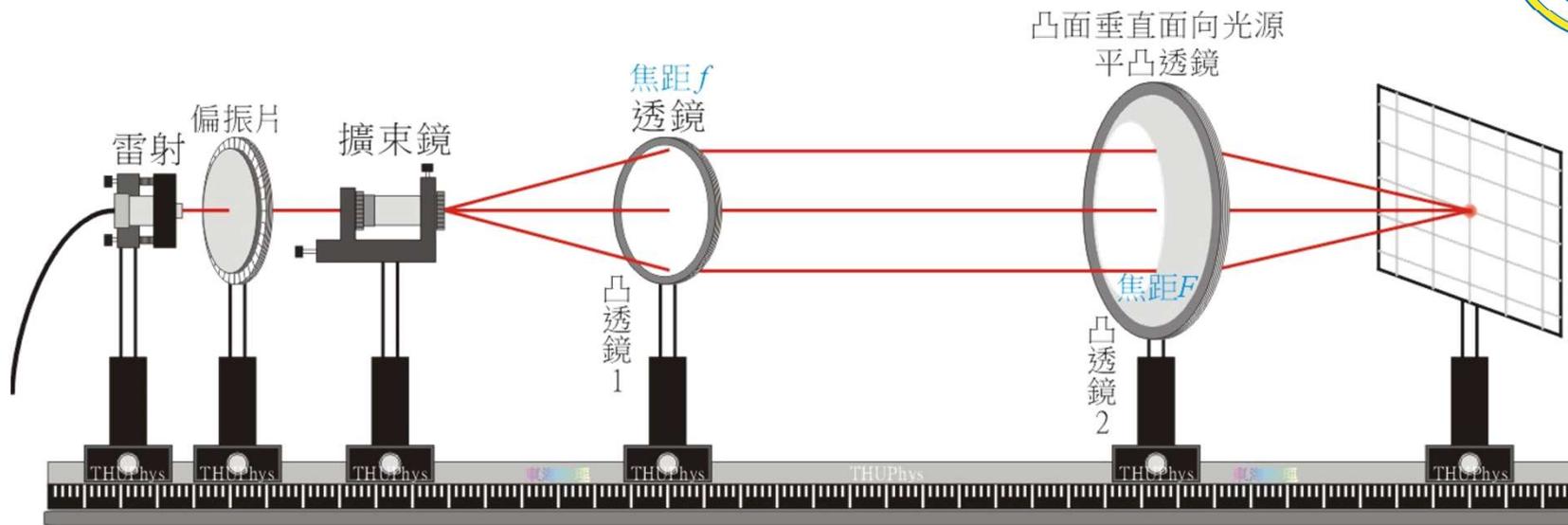
平凸透鏡直徑很大

一開始對光時就對準平凸透鏡中心
避免實驗一開始就有“慧差”的狀況

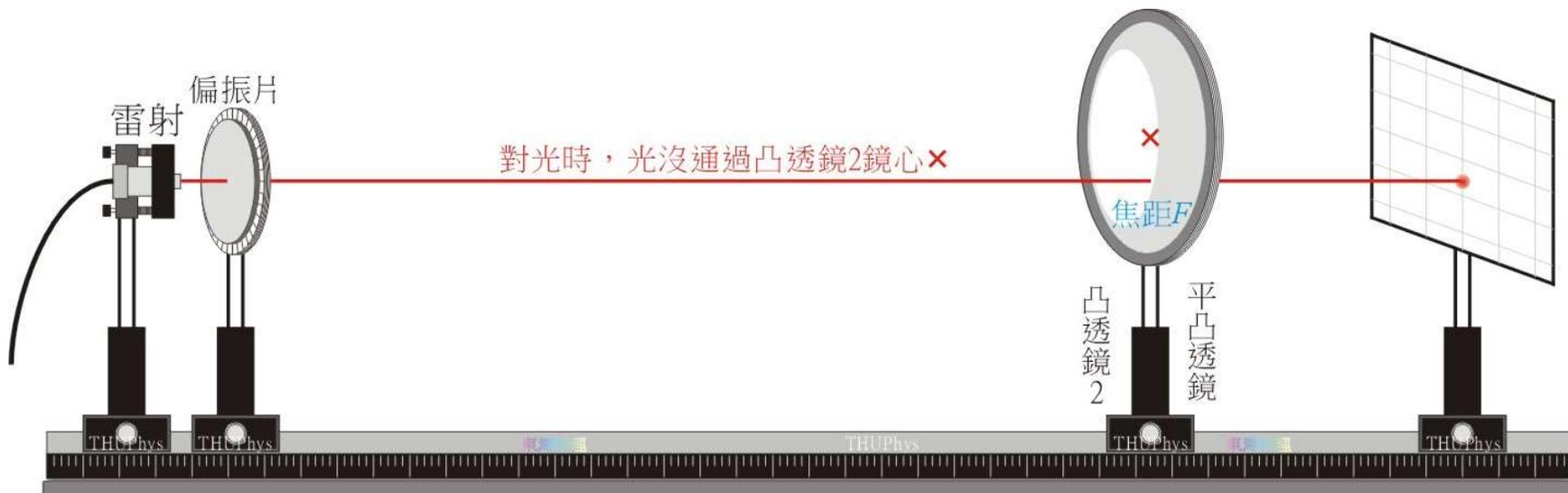
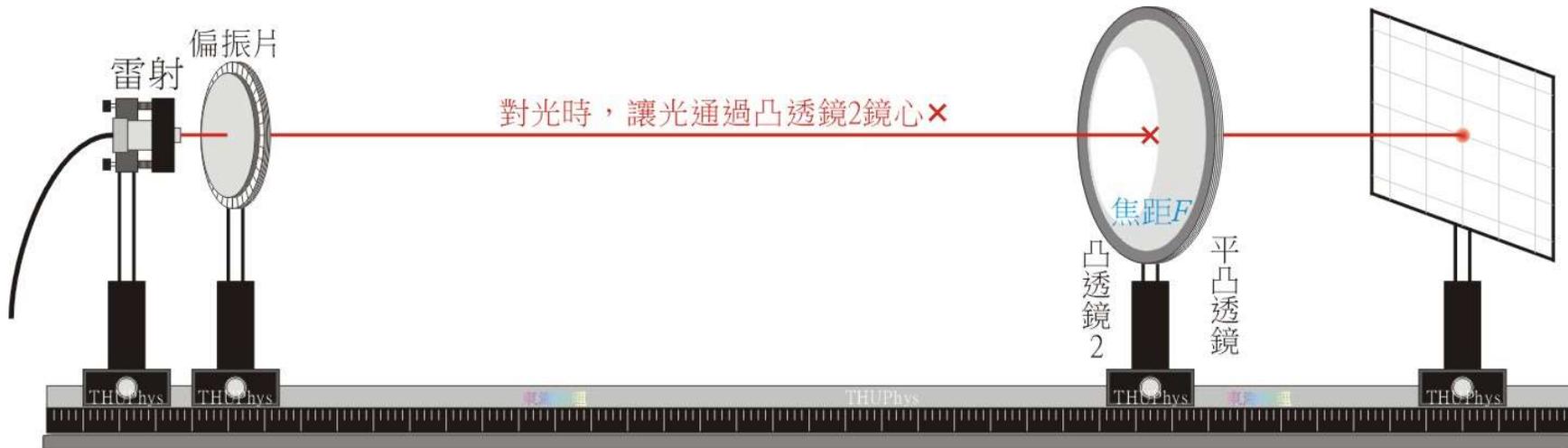
如果一開始沒對準呢?

下一頁!

2) 關於實驗-對光...要注意的狀況!

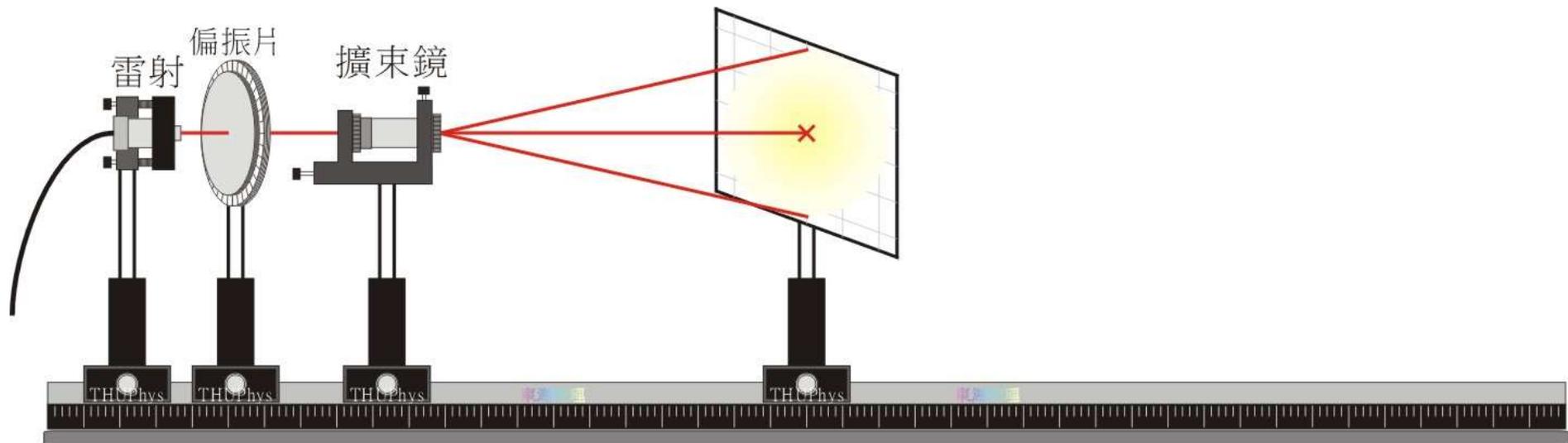


2) 關於實驗-對光...要注意的狀況!



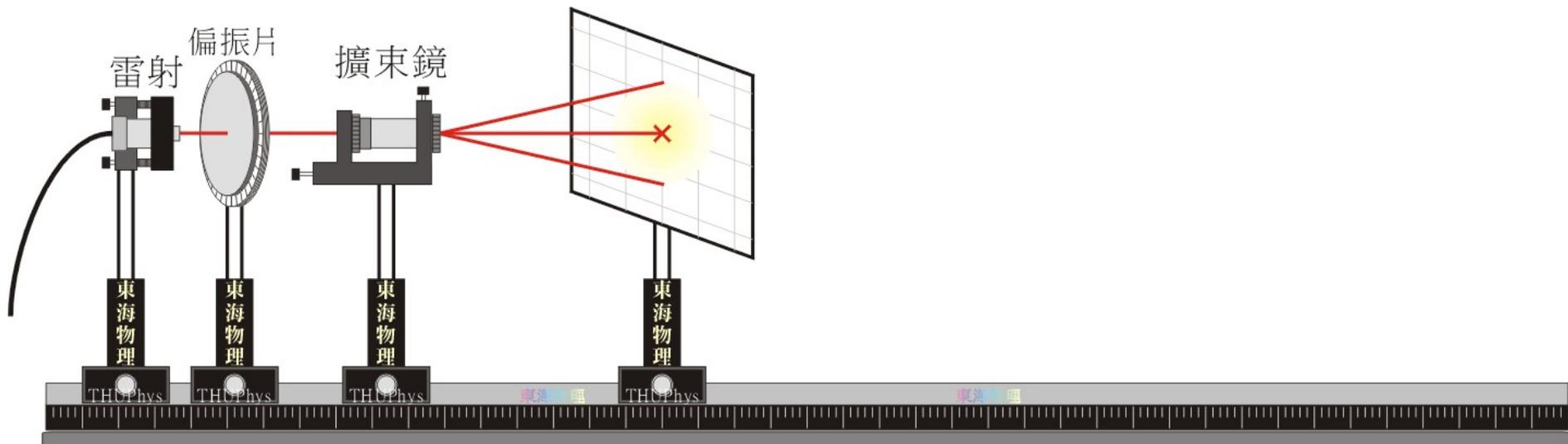
3) 擴束

放入擴束鏡，調整擴束鏡高度、角度，
使得剛剛“x”記號在哪，現在擴束後的圓心就在哪～



3) 擴束

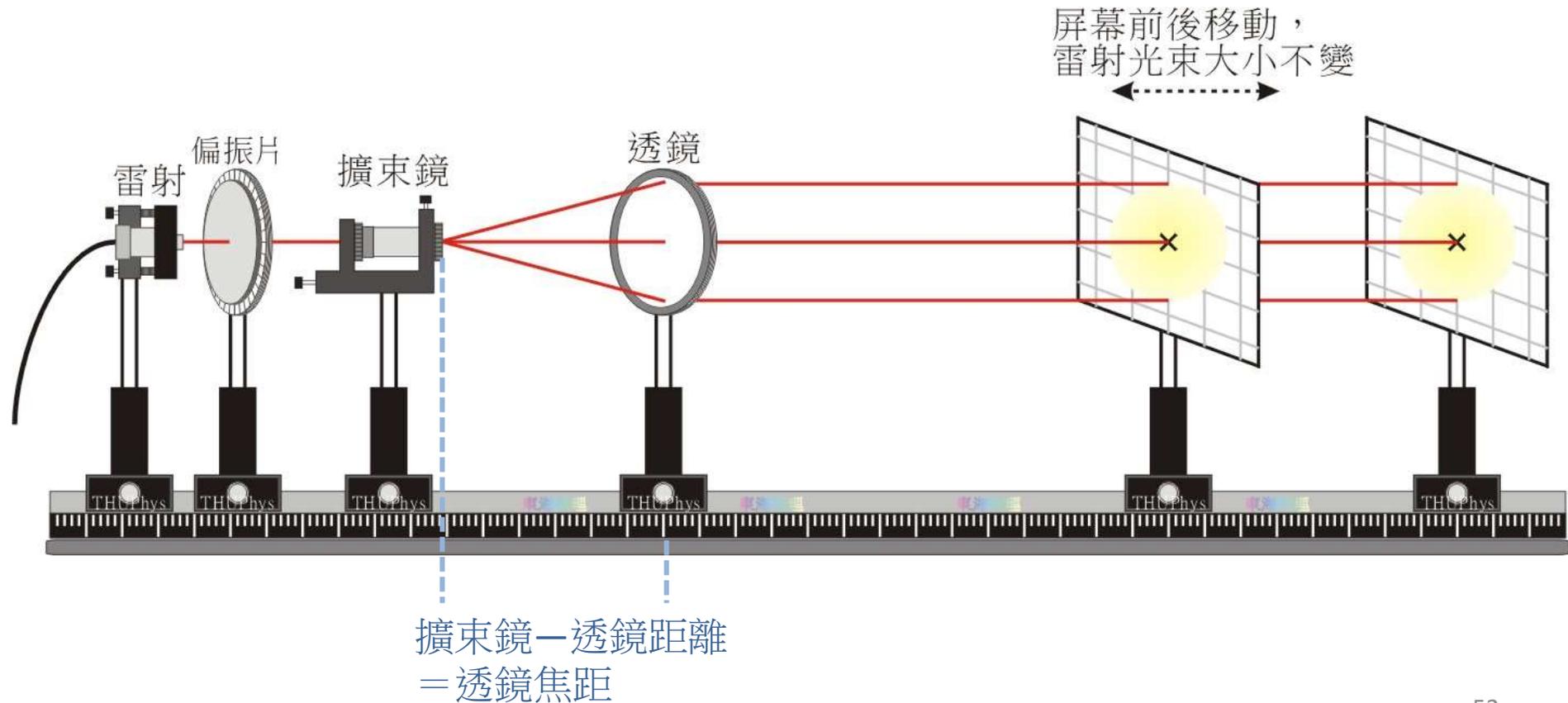
放入擴束鏡，調整擴束鏡高度、角度，
使得剛剛“x”記號在哪，現在擴束後的圓心就在哪～



4) 平行擴束光

放入透鏡，調整透鏡高度與前後位置。

使得屏幕前後移動時，雷射光束大小不變。

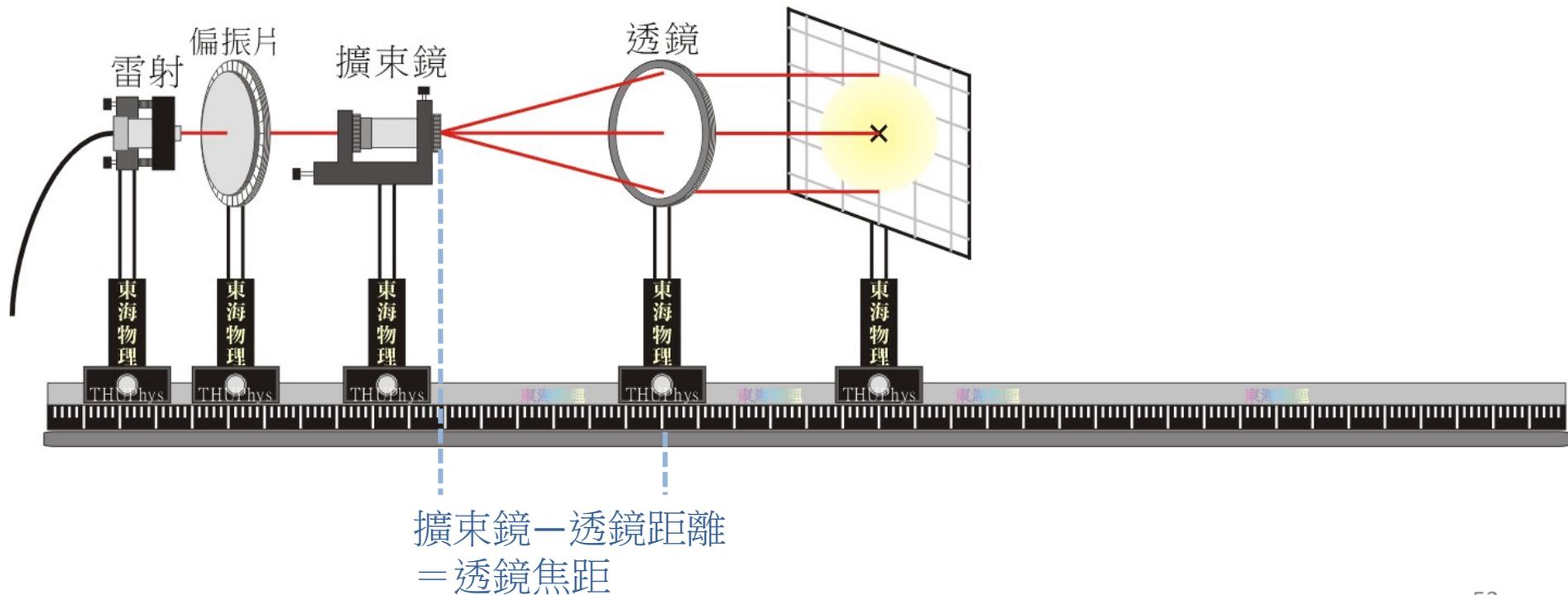


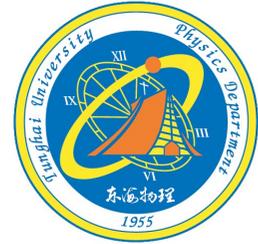
4) 平行擴束光

放入透鏡，調整透鏡高度與前後位置。

使得屏幕前後移動時，雷射光束大小不變。

屏幕前後移動，
雷射光束大小不變





透鏡焦距的量測

- 1-共軛法
- 2-自準法
- 3-光線追跡法-單透鏡
- 4-光線追跡法-雙透鏡

成像

像差 (Abberations)

- 1-球面像差 (Spherical aberration)
- 2-慧差 (Coma aberration)
- 3-像散 (Astigmatism)
- 4-場曲 (Field curvature)
- 5-畸變 (Distortion)
- 6-色像差 (Chromativ aberration)



透鏡焦距量測

1-共軛法

2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

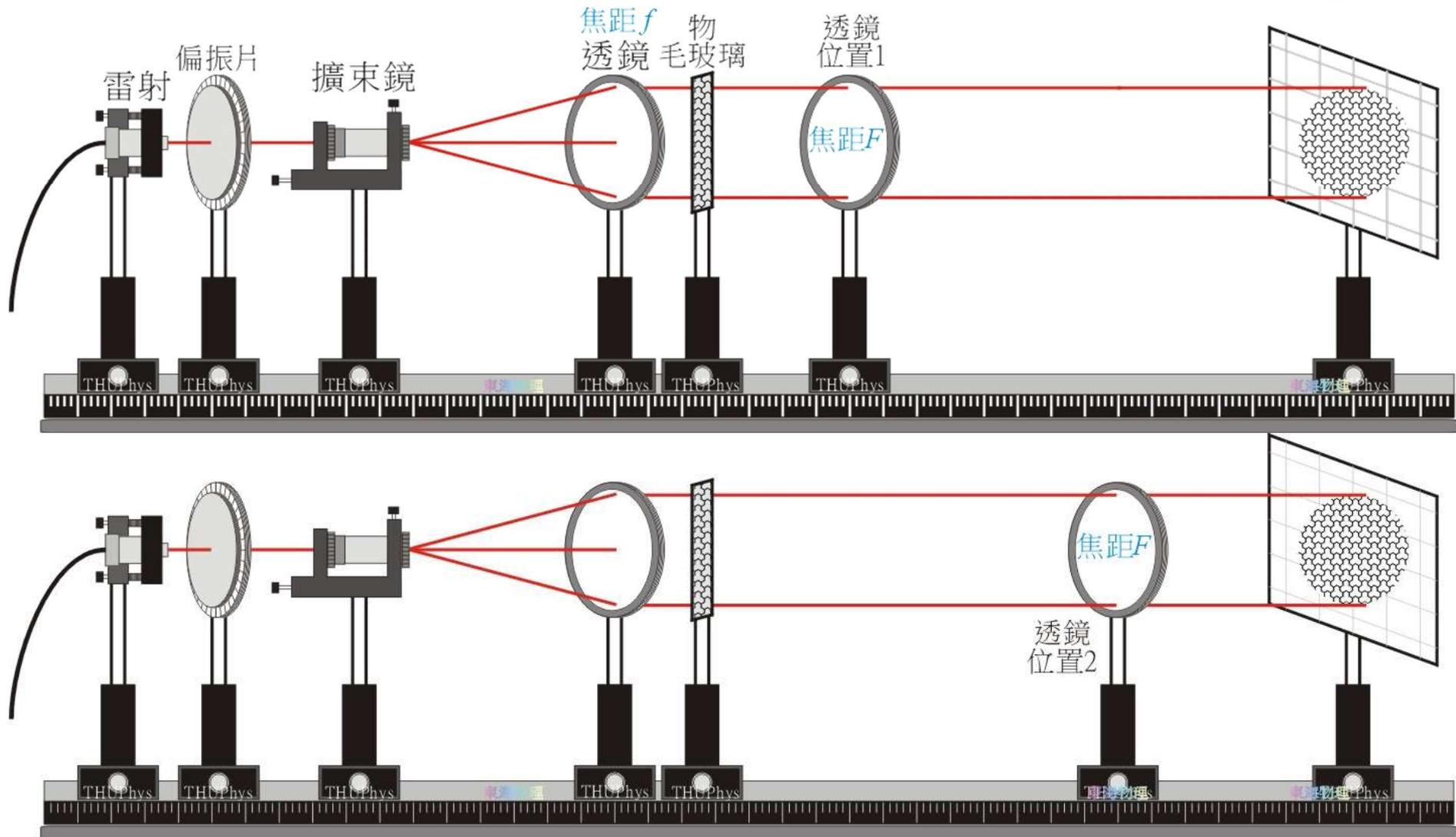
4-光線追跡法-雙透鏡



1) 共軛法

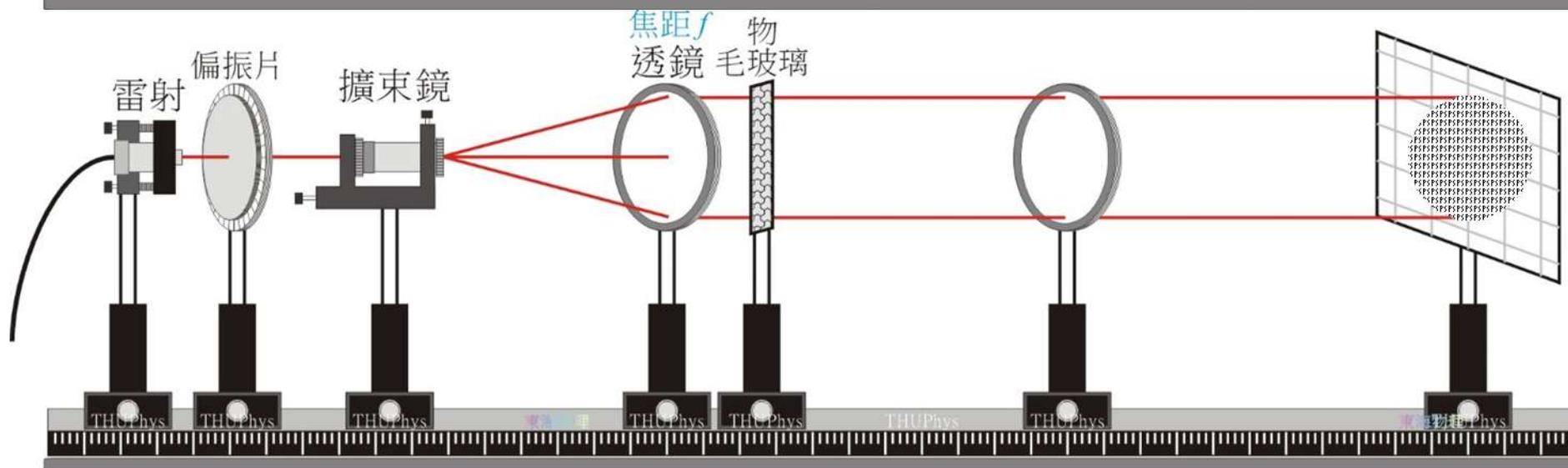
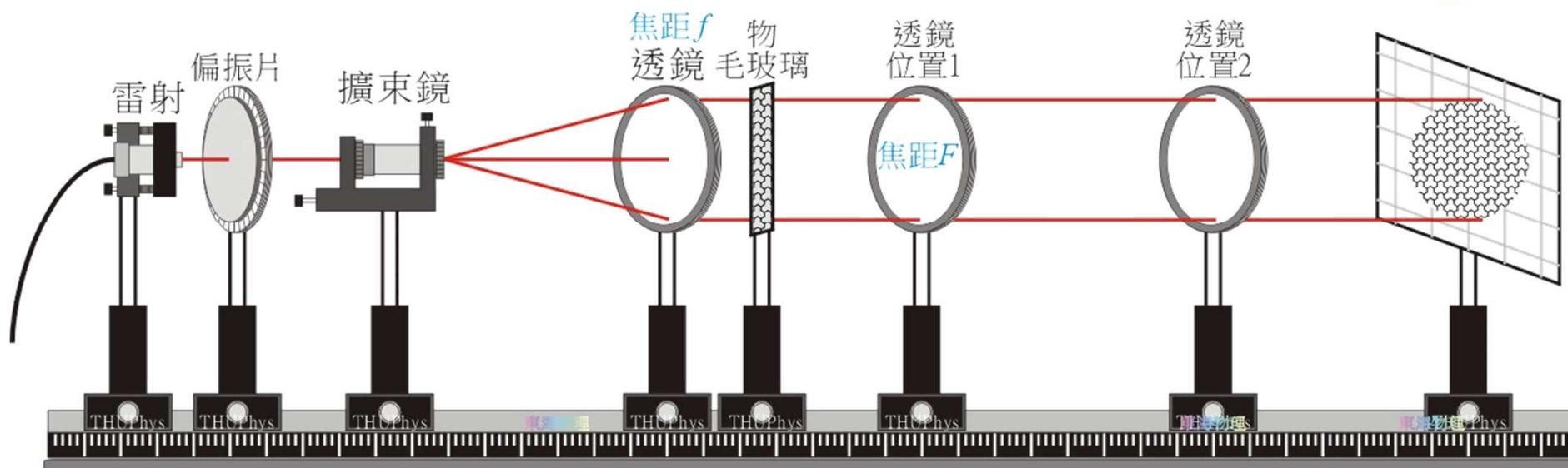
透鏡在位置1或是位置2均可得到清晰成像。

物與屏幕距離 A ($A > 4F$)



透鏡在位置1或是位置2均可得到清晰成像。
其他位置，模糊影像。

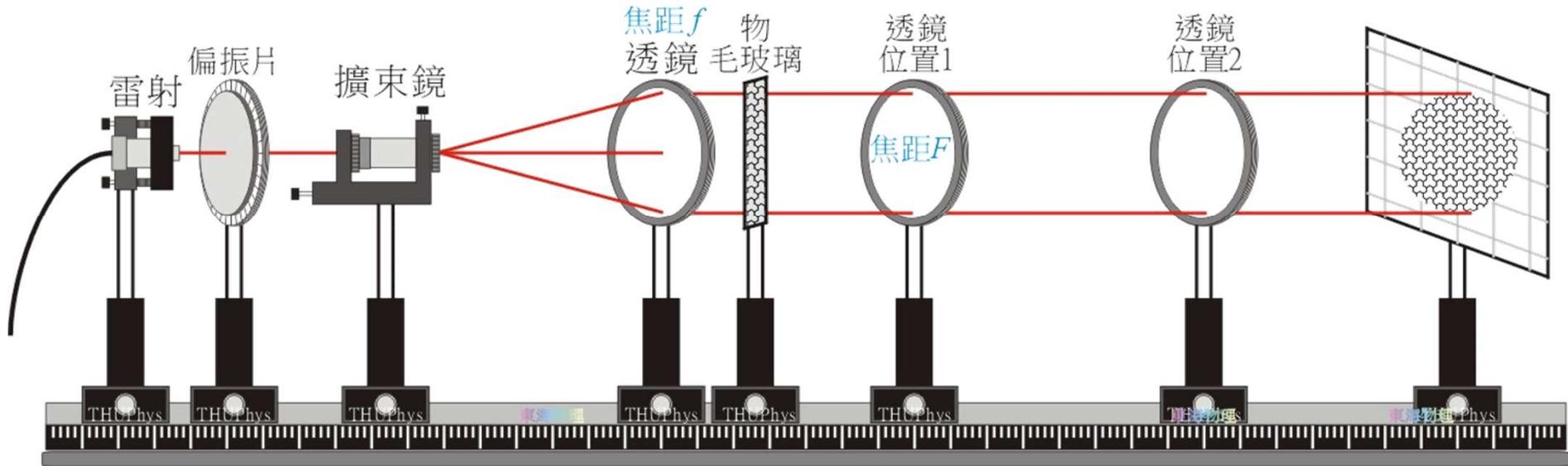
← 物與屏幕距離 A ($A > 4F$) →





透鏡在位置1或是位置2均可得到清晰成像。

← 物與屏幕距離 A ($A > 4F$) →



透鏡在位置1和位置2，都可以得到清晰成像。

$A > 4F$

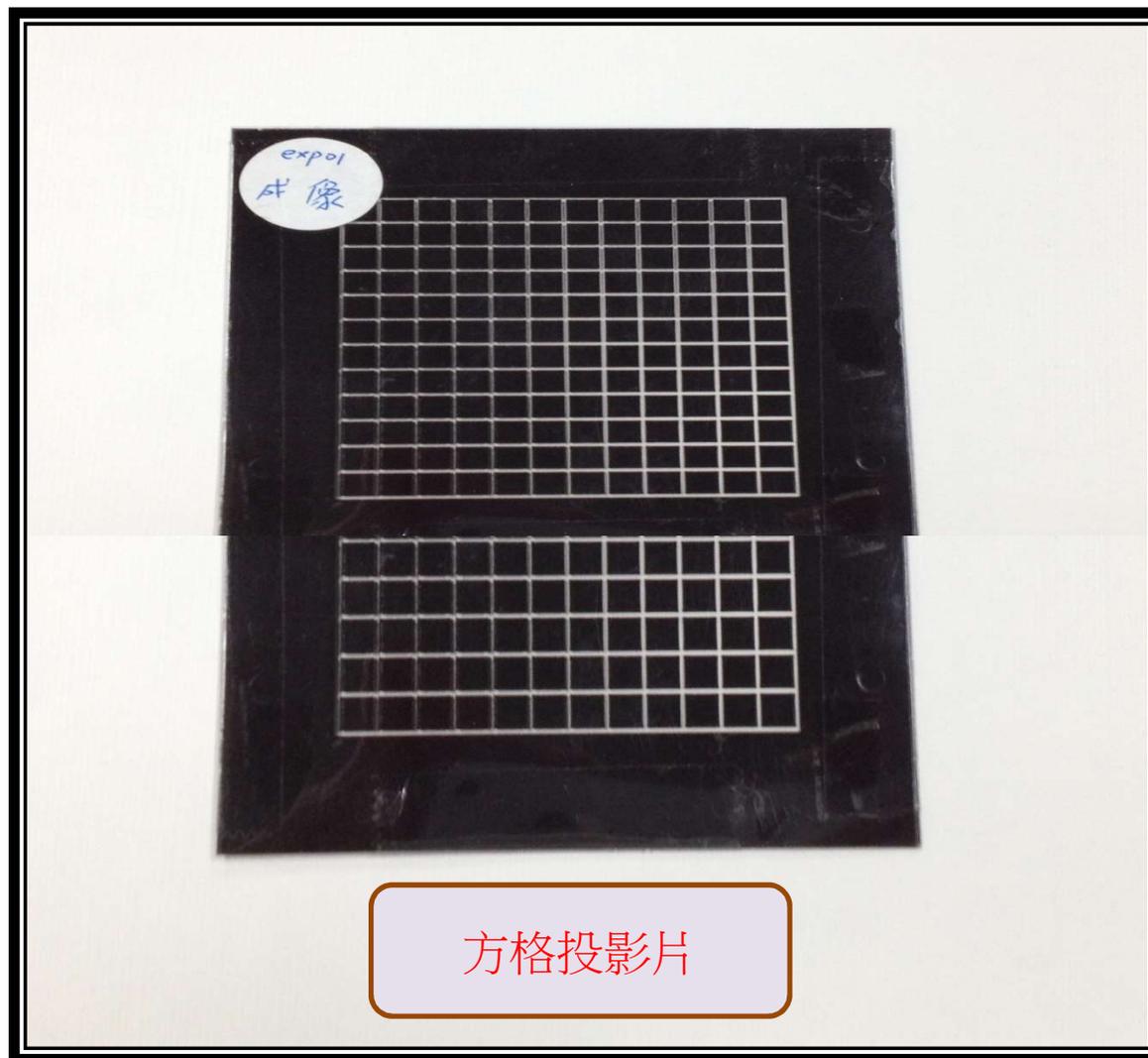
$A \gg \gg \gg \gg 4F$...實際操作時，不好找成像位置。...別自虐~~

PS：透鏡焦距貼在鏡座上

$$f = \frac{s_1 s_1'}{s_1 + s_1'} = \frac{A^2 - a^2}{4A}$$



1) 共軛法-“物”





透鏡焦距量測

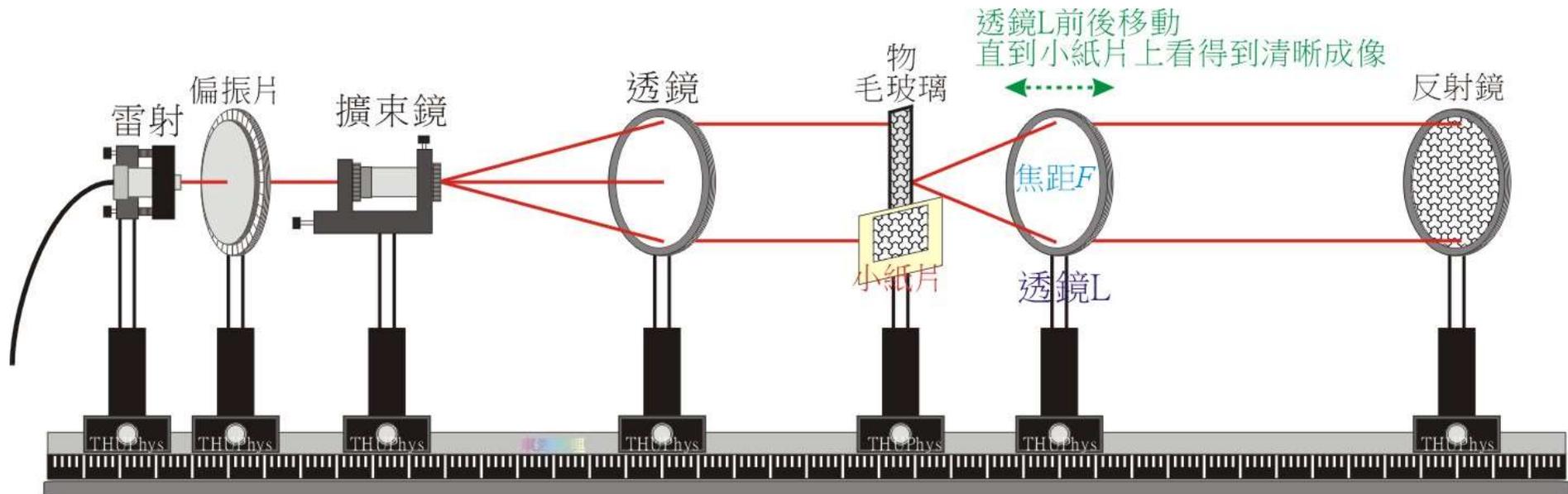
1-共軛法

2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡

2) 自準法



物與透鏡 L 的距離，為透鏡 L 的焦距 F 。



透鏡焦距量測

1-共軛法

2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

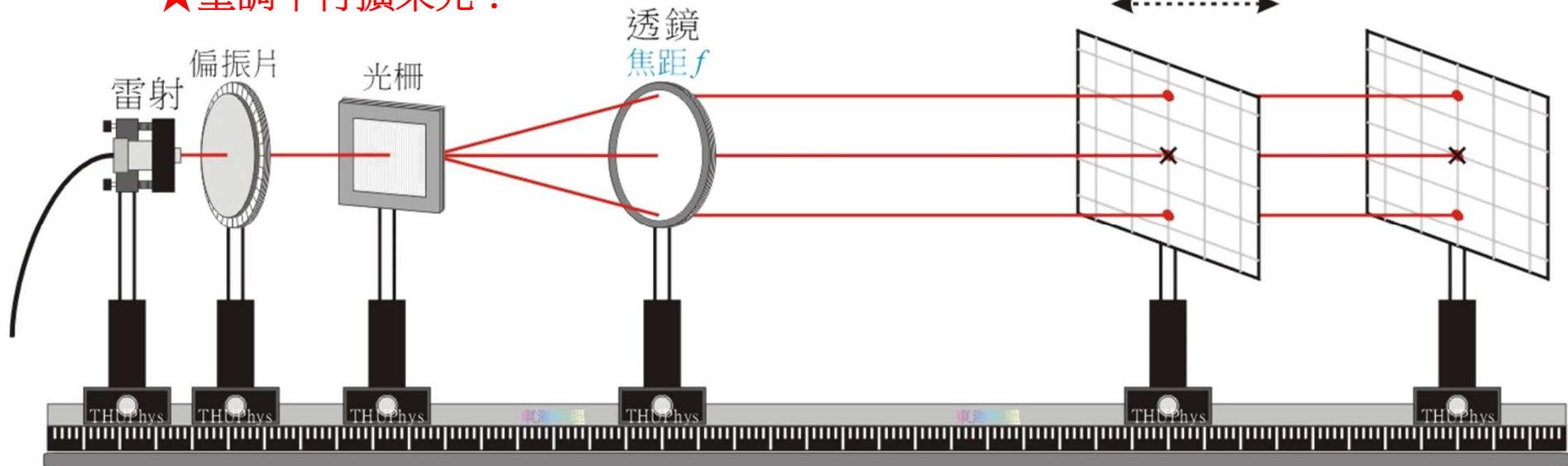
((有狀況!))

4-光線追跡法-雙透鏡

3) 光線追跡法-單一透鏡

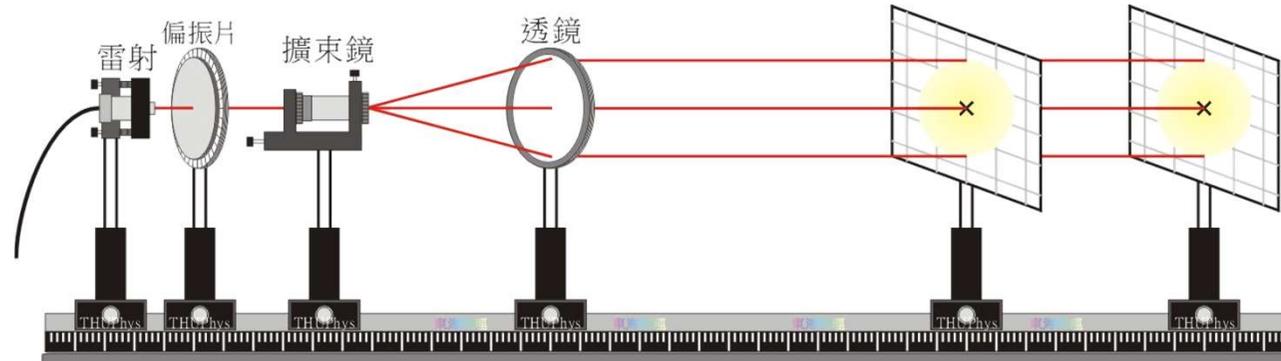
★重調平行擴束光！

屏幕前後移動，
雷射光點距離不變



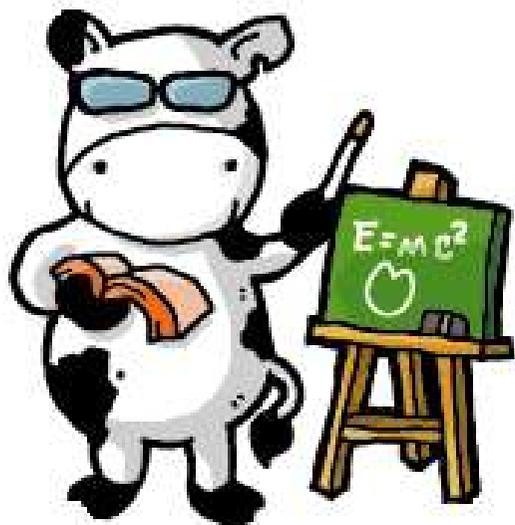
f

屏幕前後移動，
雷射光束大小不變



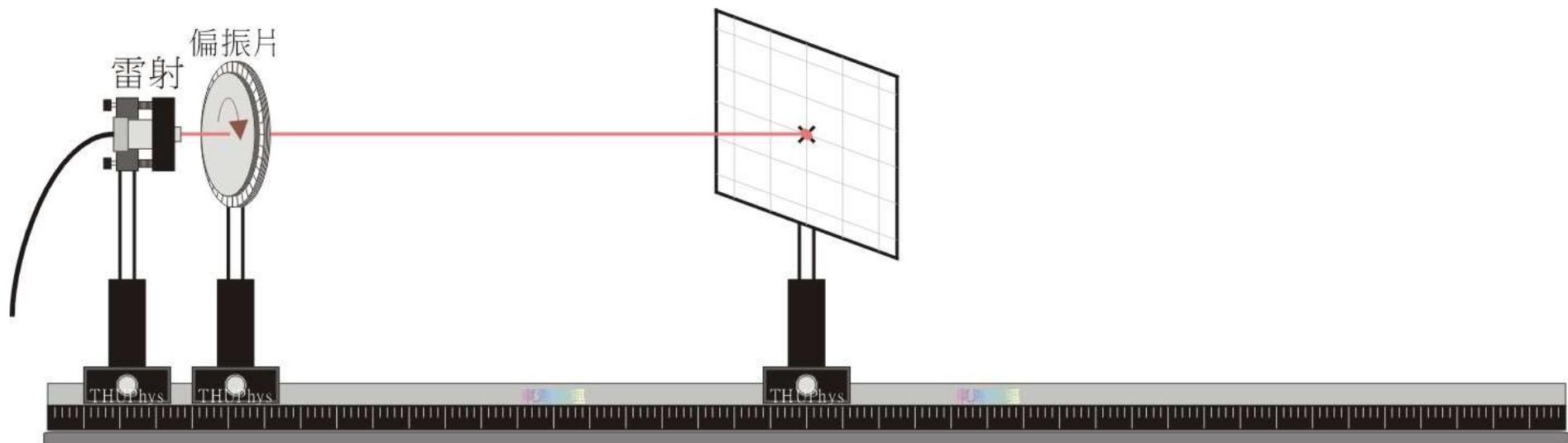
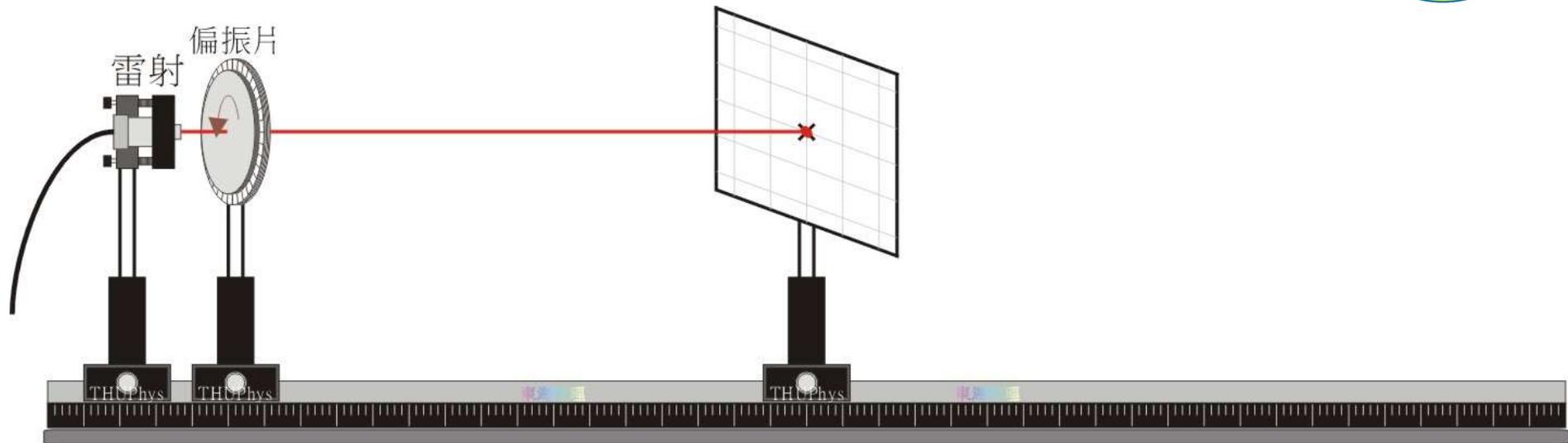


重新建立平行擴束光



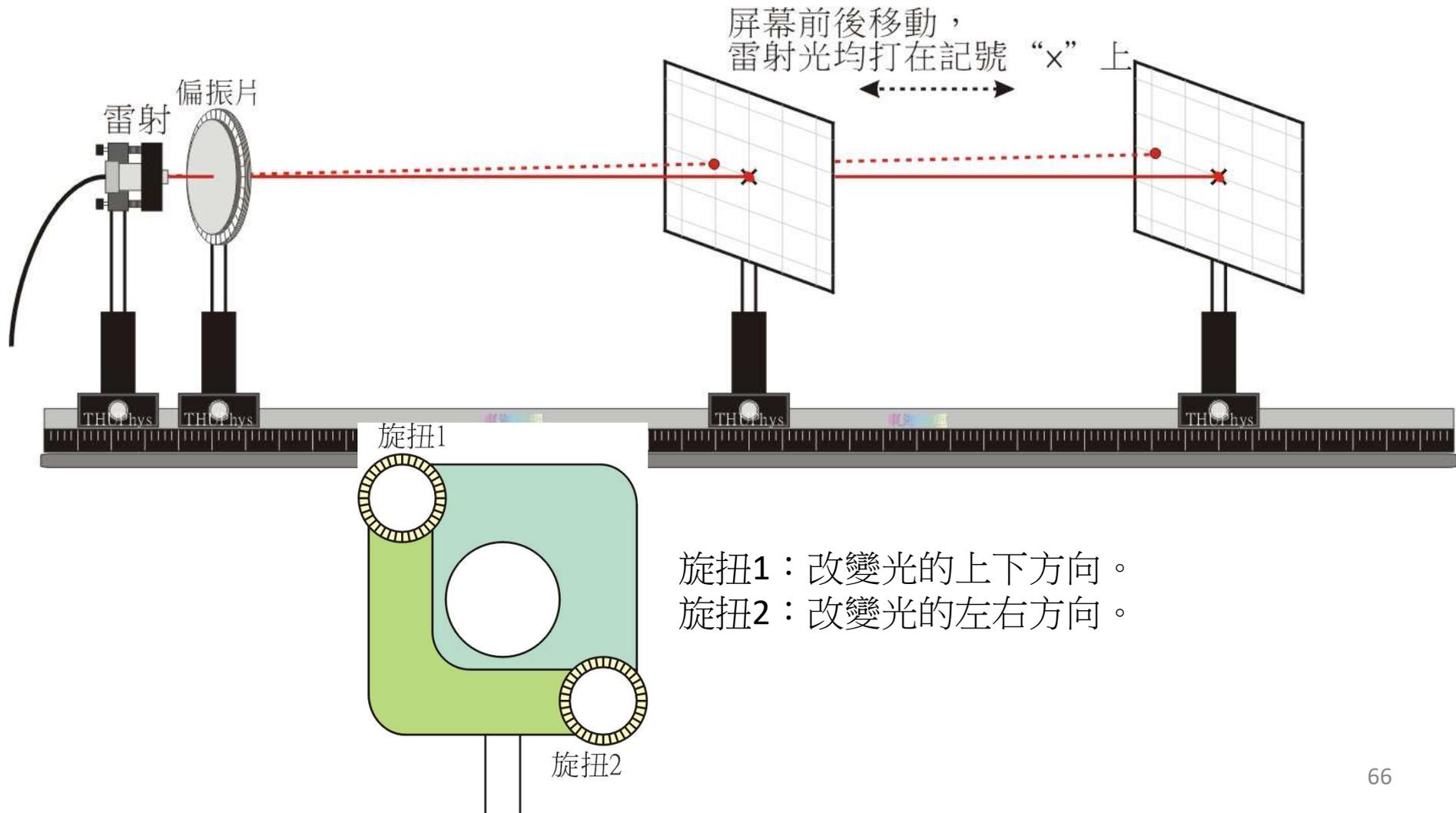
1) 調整亮度

利用偏振片調整雷射光亮度，建議對光時調暗些，避免眼睛負擔太大。



2) 對光—調整雷射高度、角度

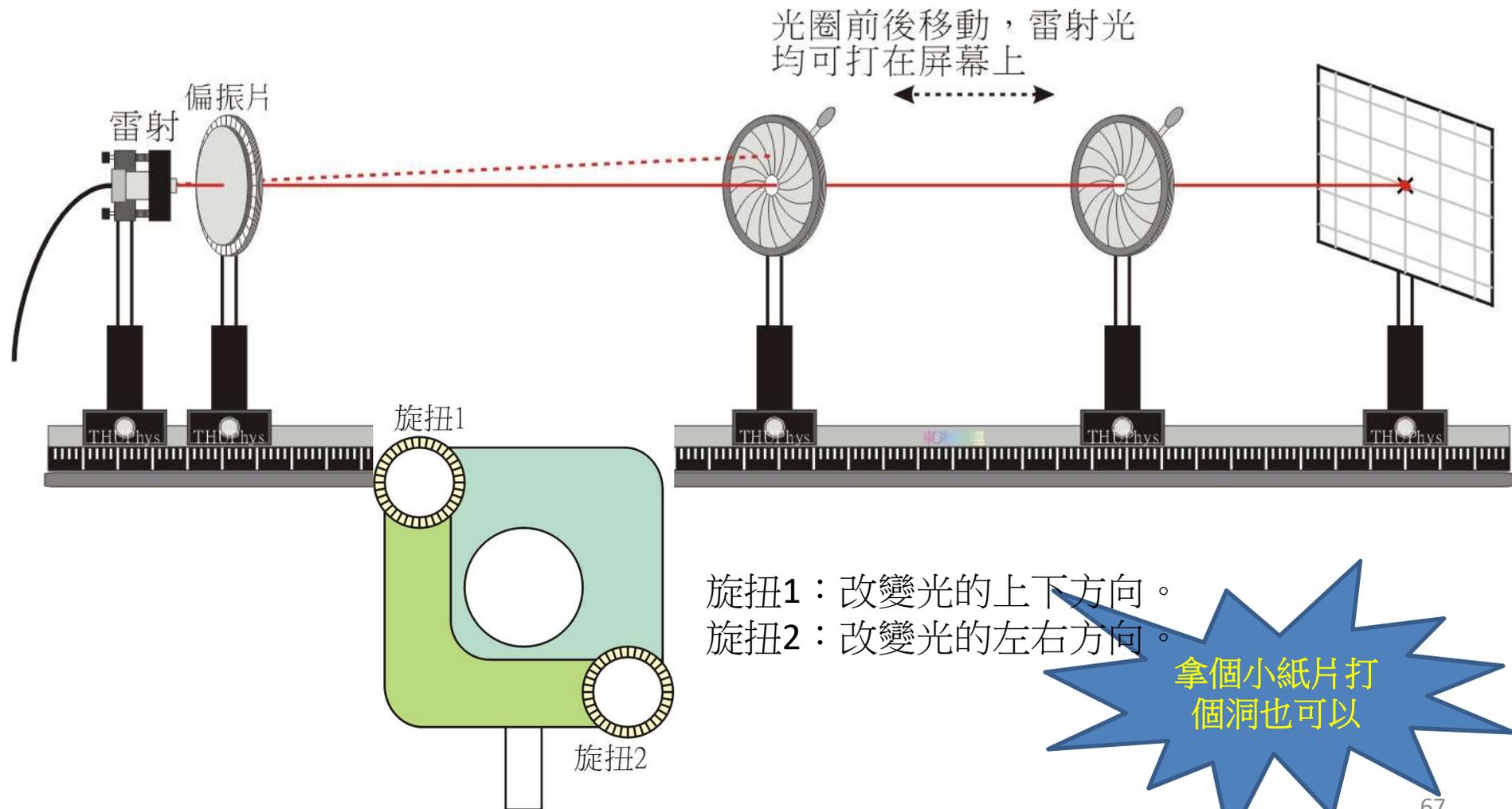
使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均打在屏幕的同一位置上。



旋扭1：改變光的上下方向。
旋扭2：改變光的左右方向。

2) 對光—調整雷射高度、角度

使得光前進方向與滑軌平行—光前後移動時，雷射光均可以打到屏幕上。

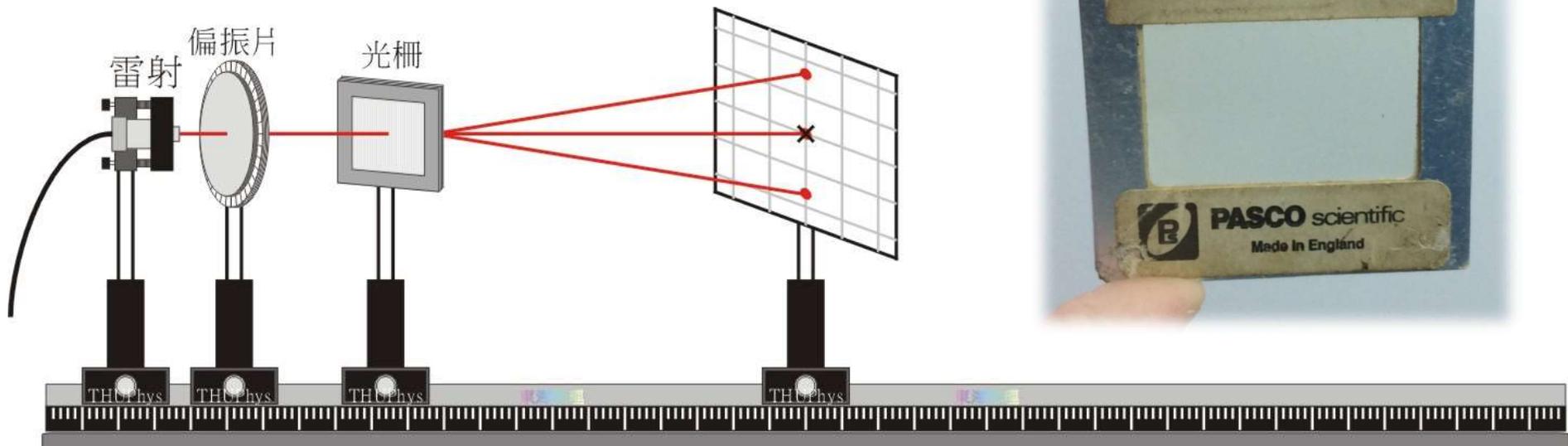


旋鈕1：改變光的上下方向。
旋鈕2：改變光的左右方向。

3) 擴束

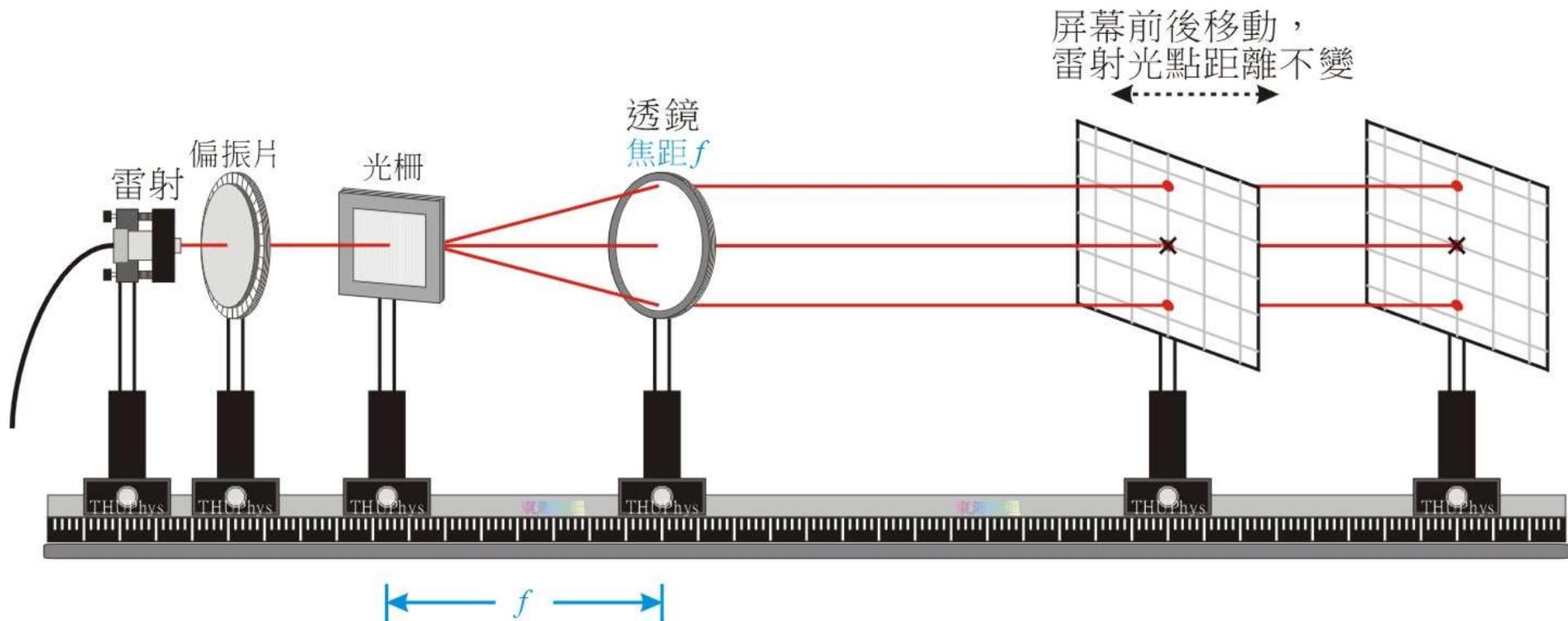
放入**光柵**，調整光柵高度、角度，使得繞射後的光點打在屏幕上。

本實驗使用的是**300 lines/mm**光柵



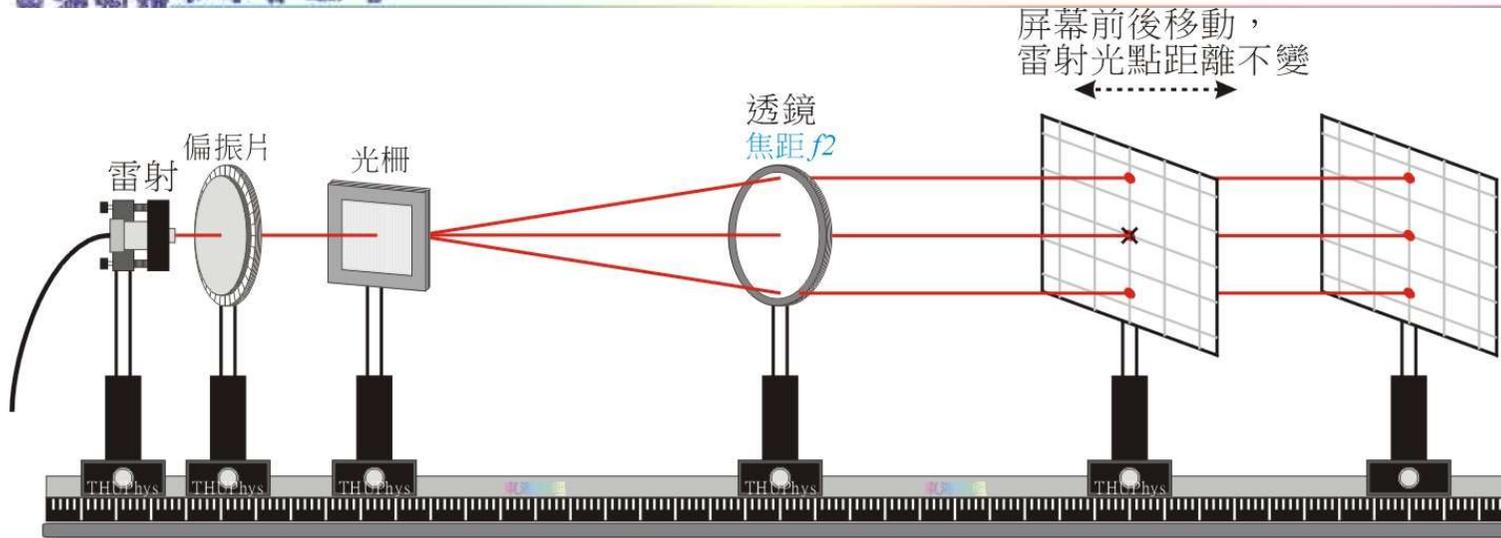
4) 平行擴束光

放入透鏡，調整透鏡高度，確定同時會有3個光點打入透鏡。
 調整透鏡的前後位置，使得前後移動屏幕時，光點間的距離不會改變。



【問】透鏡大小與焦距有何限制？

本實驗使用的是300 lines/mm光柵
 和焦距為10cm的2吋透鏡



屏幕前後移動，
雷射光點距離不變

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

$$\lambda = 650nm$$

$$\text{光柵} 300 \text{ line/mm}$$

$$\text{透鏡直徑} 2\text{吋} \cong 5cm = \Delta y$$

$$(5 \times 10^{-2})m \times \frac{1}{2} = \frac{D \times (650 \times 10^{-9} m)}{\left(\frac{1}{300} \times 10^{-3} m\right)}$$

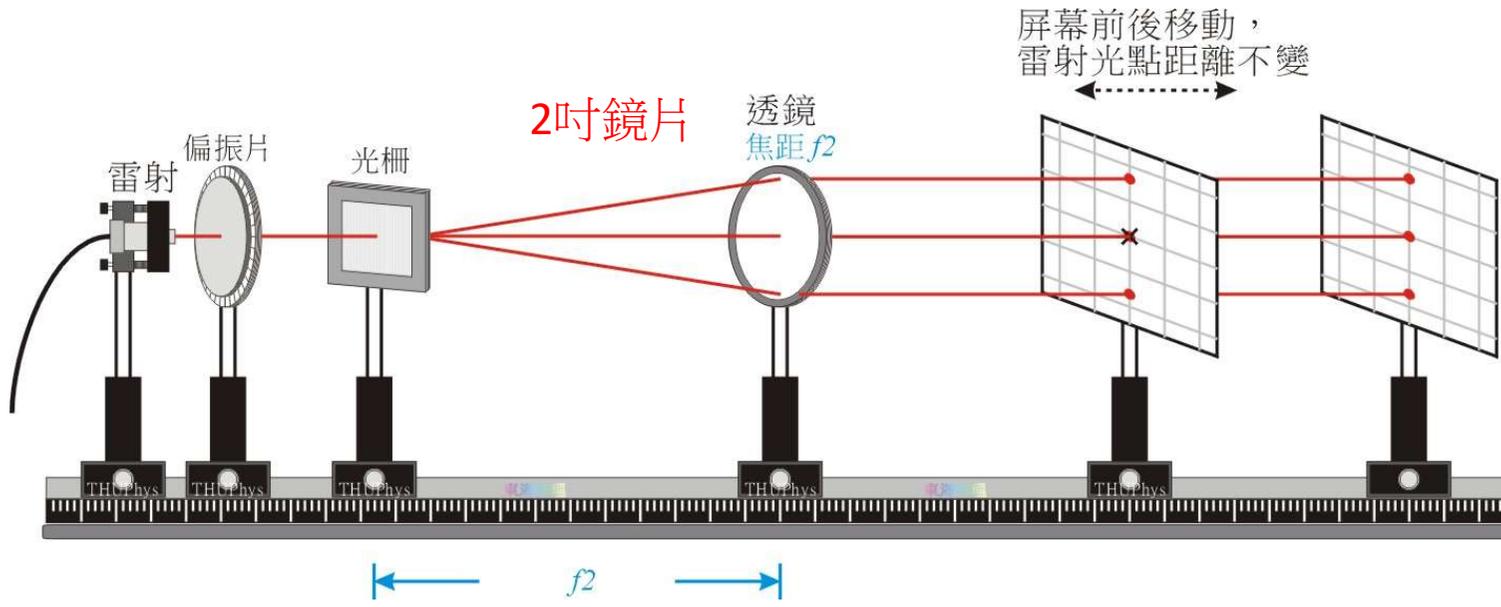
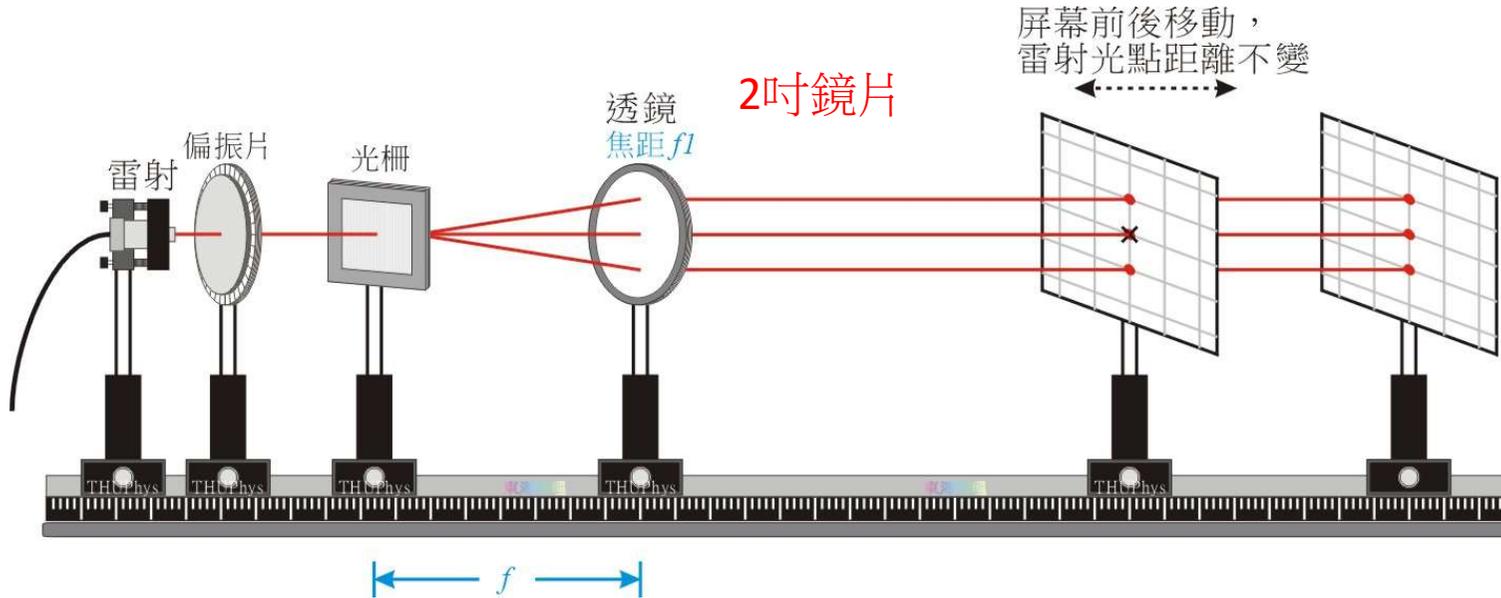
三個光點

$$D = \frac{\frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-2} \times \frac{1}{300} \times 10^{-3}}{650 \times 10^{-9}} = 0.128m = 12.8cm$$

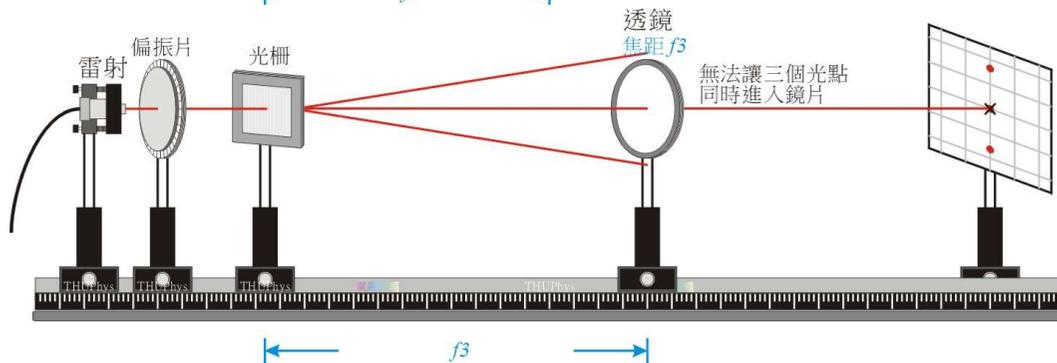
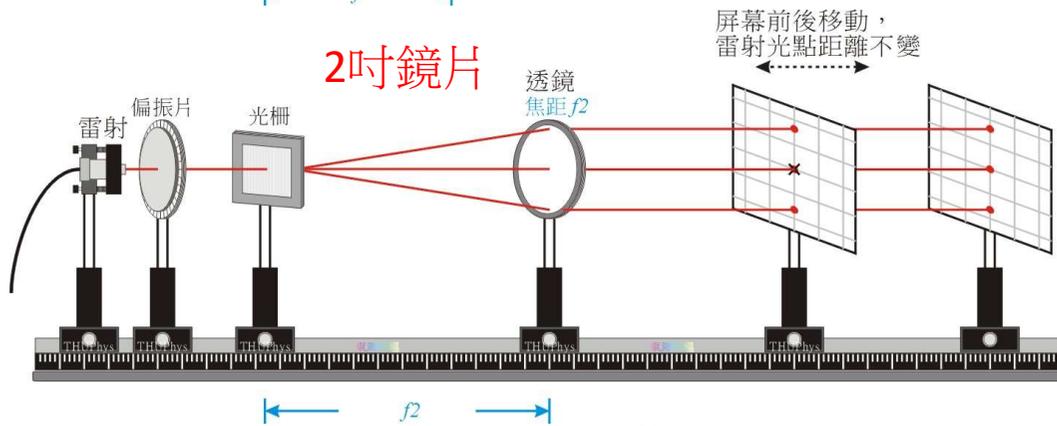
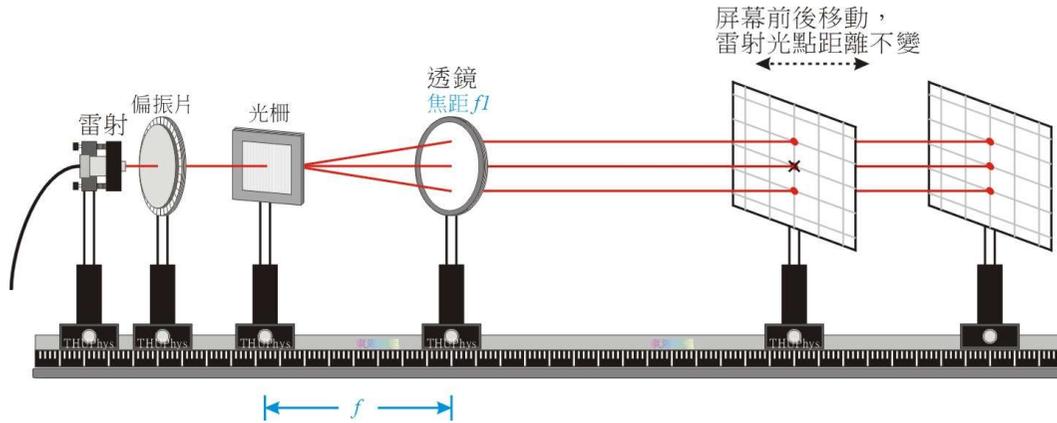
透鏡容許焦距最大值

- 光柵 80 line/mm $\Rightarrow D = 48cm$
- 光柵 100 line/mm $\Rightarrow D = 38.46cm$
- 光柵 300 line/mm $\Rightarrow D = 12.8cm$

【問】透鏡大小與焦距有何限制？



【問】透鏡大小與焦距有何限制？



光柵 $80 \text{ line/mm} \Rightarrow D = 48\text{cm}$
 光柵 $100 \text{ line/mm} \Rightarrow D = 38.46\text{cm}$
 光柵 $300 \text{ line/mm} \Rightarrow D = 12.8\text{cm}$



透鏡焦距量測

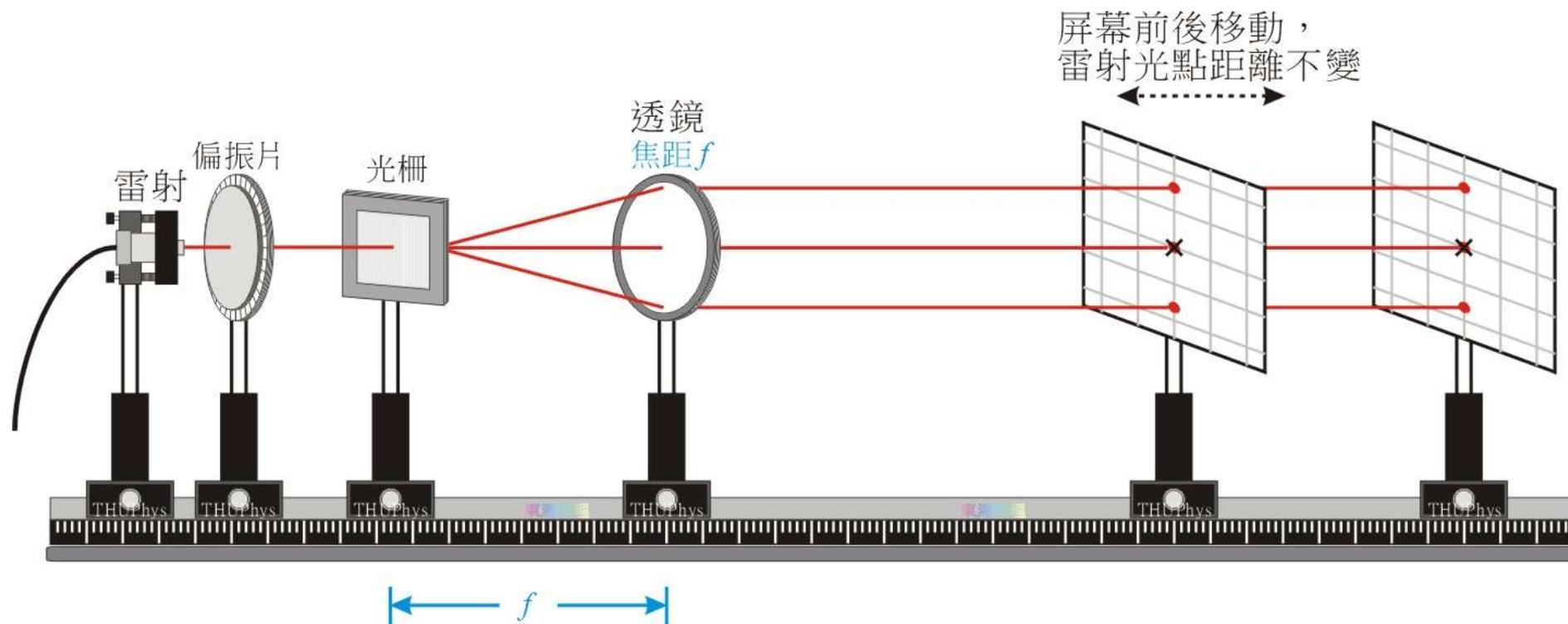
1-共軛法

2-自準法

3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡

3) 光線追跡法-單一透鏡





透鏡焦距量測

1-共軛法

2-自準法

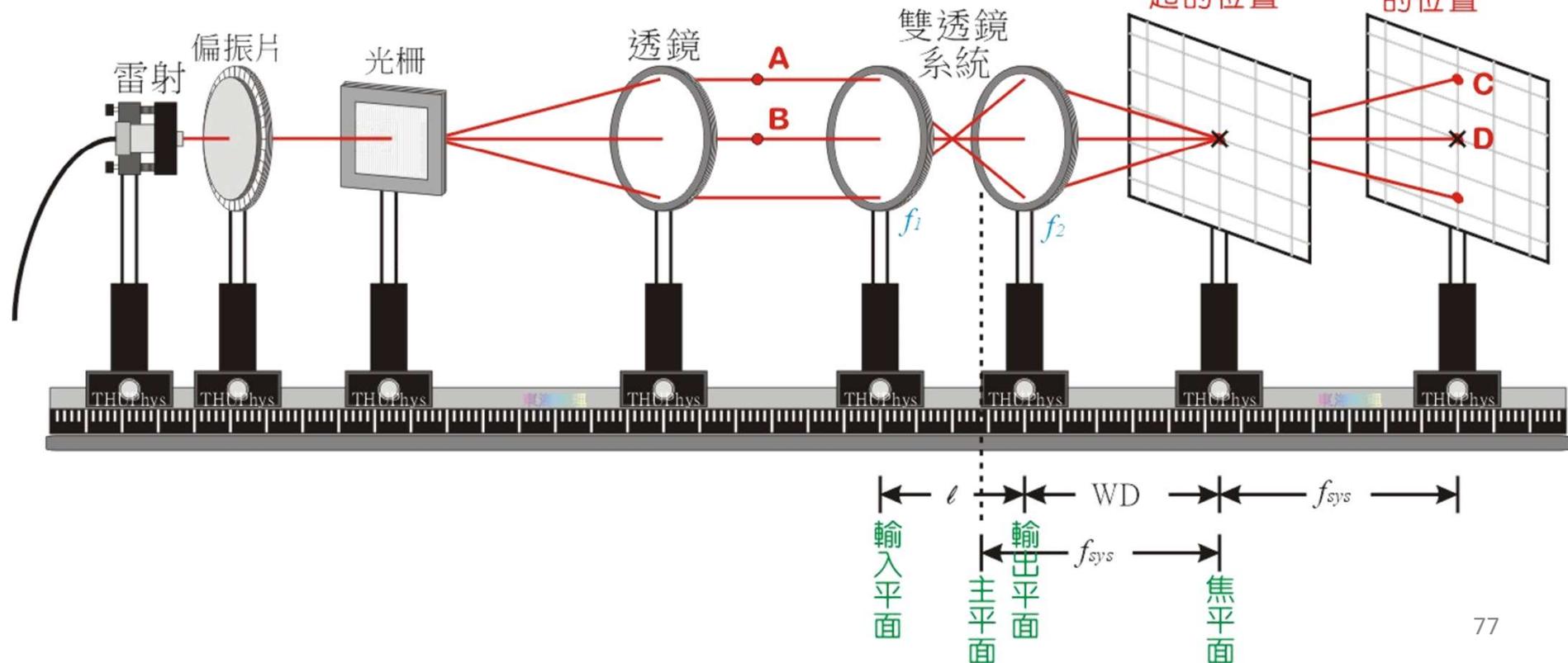
3-光線追跡法-單透鏡

4-光線追跡法-雙透鏡

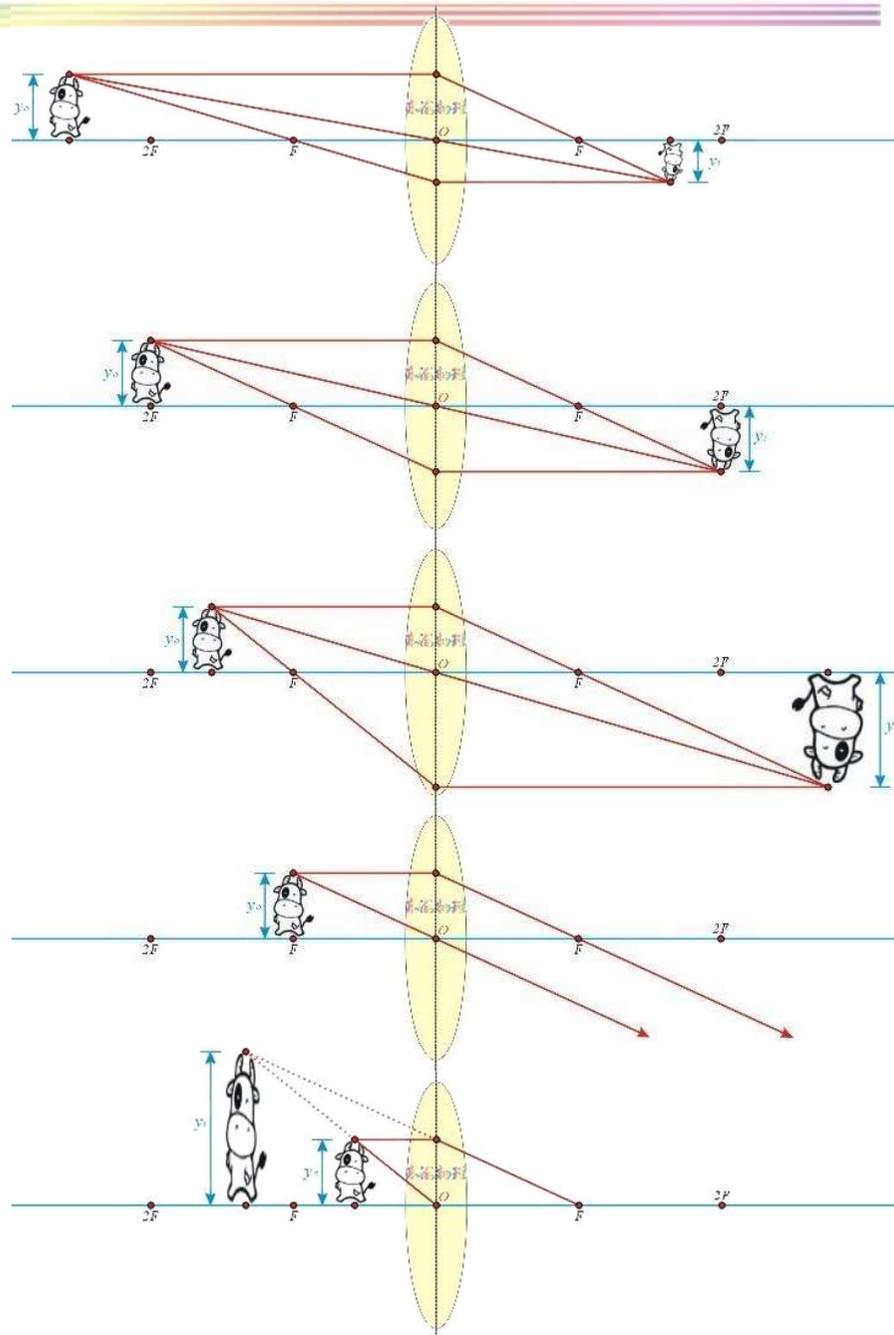
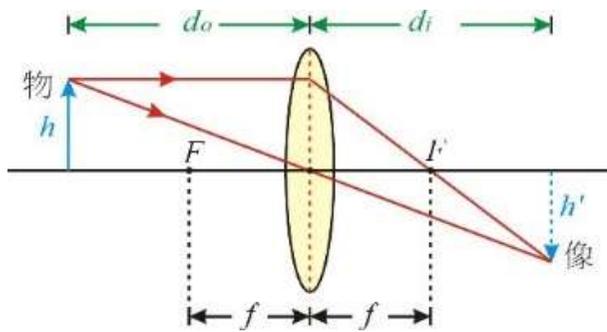
4) 光線追跡法-雙透鏡

$$\frac{1}{f_{\text{sys}}} = \left[\left(1 - \frac{l}{f_1} \right) \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} \right] = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{l}{f_1 f_2}$$

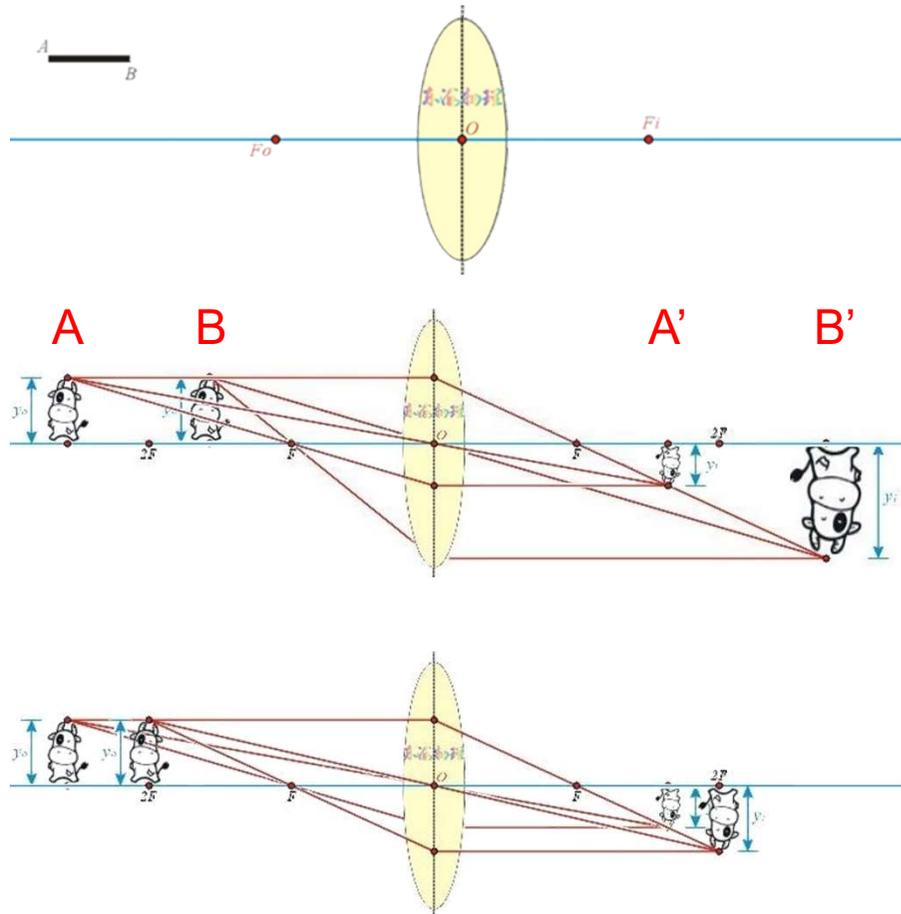
$$WD \equiv f_{\text{sys}} - \frac{l}{f_1} f_{\text{sys}} = \left(1 - \frac{l}{f_1} \right) f_{\text{sys}}$$



透鏡成像



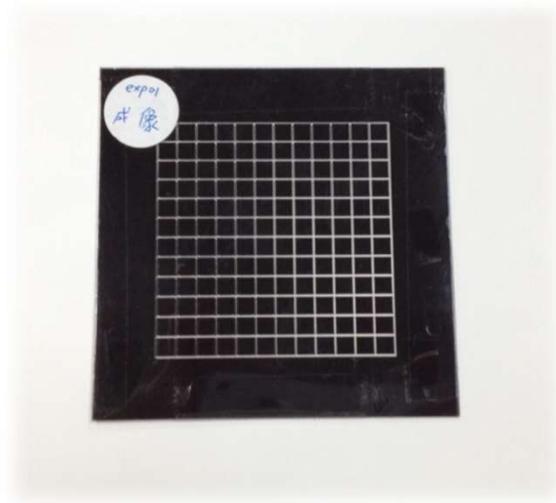
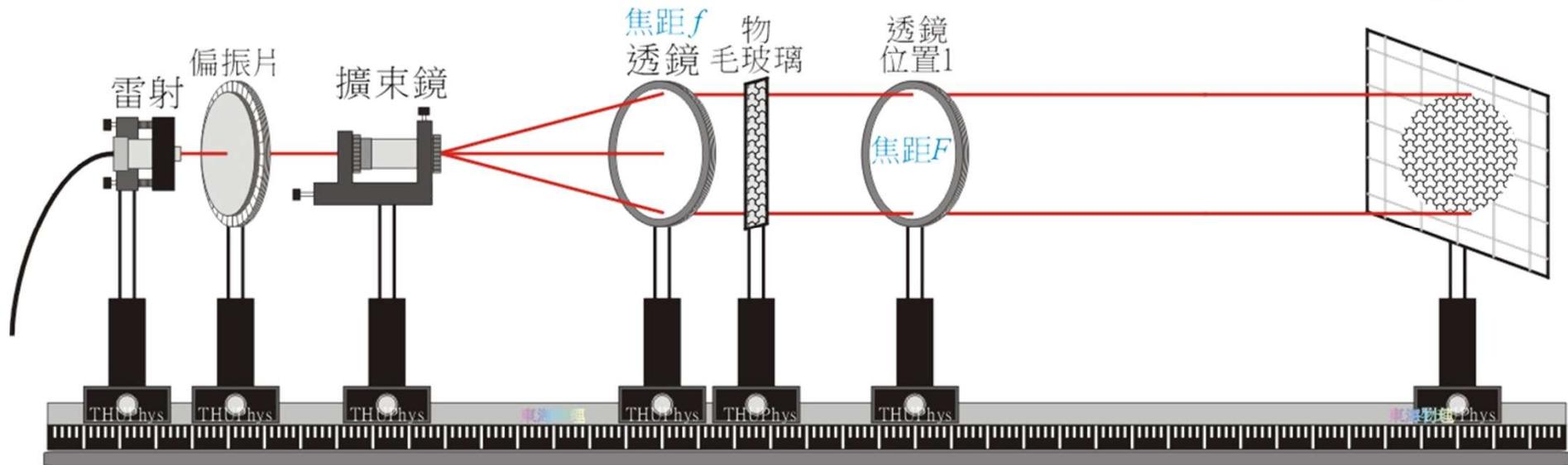
數據分析3中的放大率是所謂的橫向放大率。如果物體在光軸上是有厚度的，則有所謂的縱向放大率，如圖所示。討論如何求縱向放大率？



$$m_L = -m_A m_B$$

$$m_L = \frac{A'B'}{AB}$$

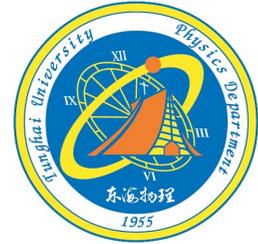
透鏡成像



$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{f}$$

$$s'_1 = \frac{fs_1}{s_1 - f}$$

理論放大率 $m = \frac{s'_1}{s_1} = \frac{f}{s_1 - f}$



像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

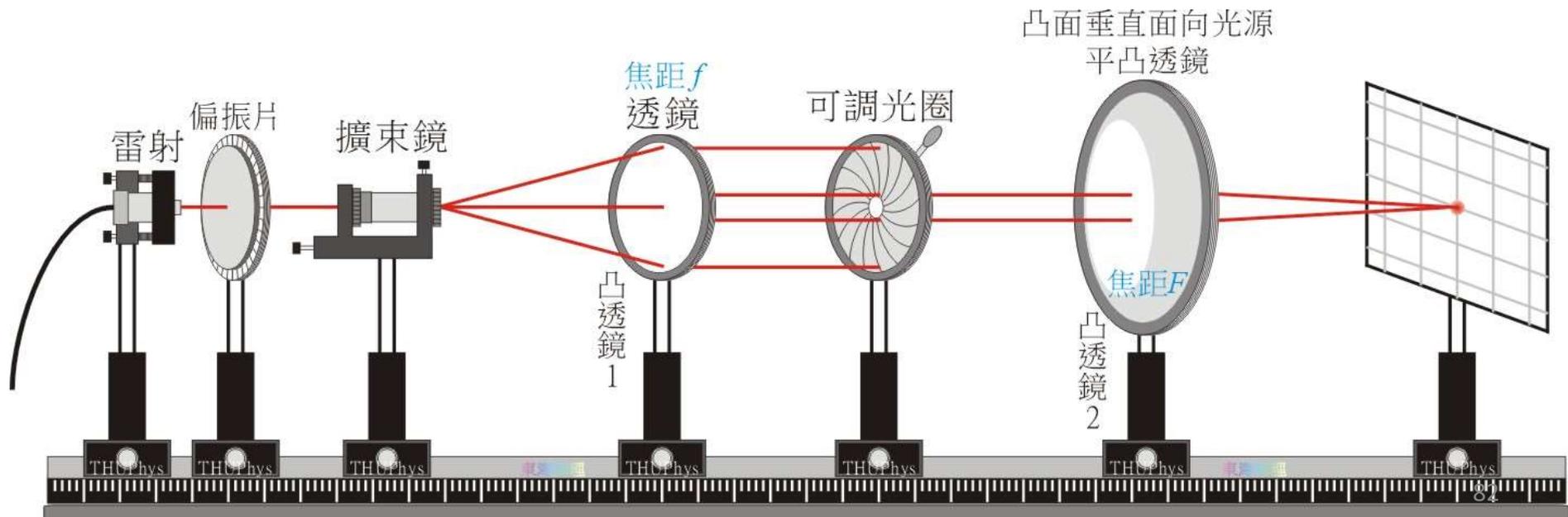
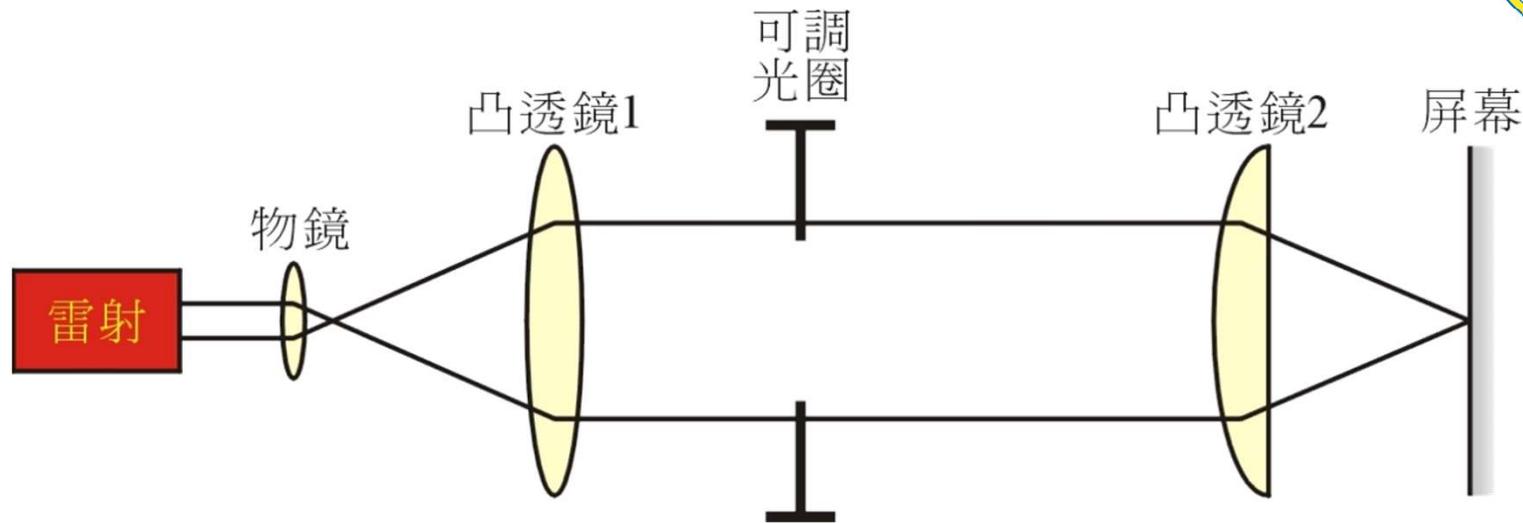
3-像散 (Astigmatism)

4-場曲 (Field curvature)

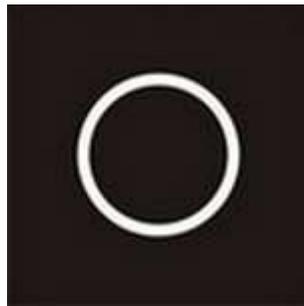
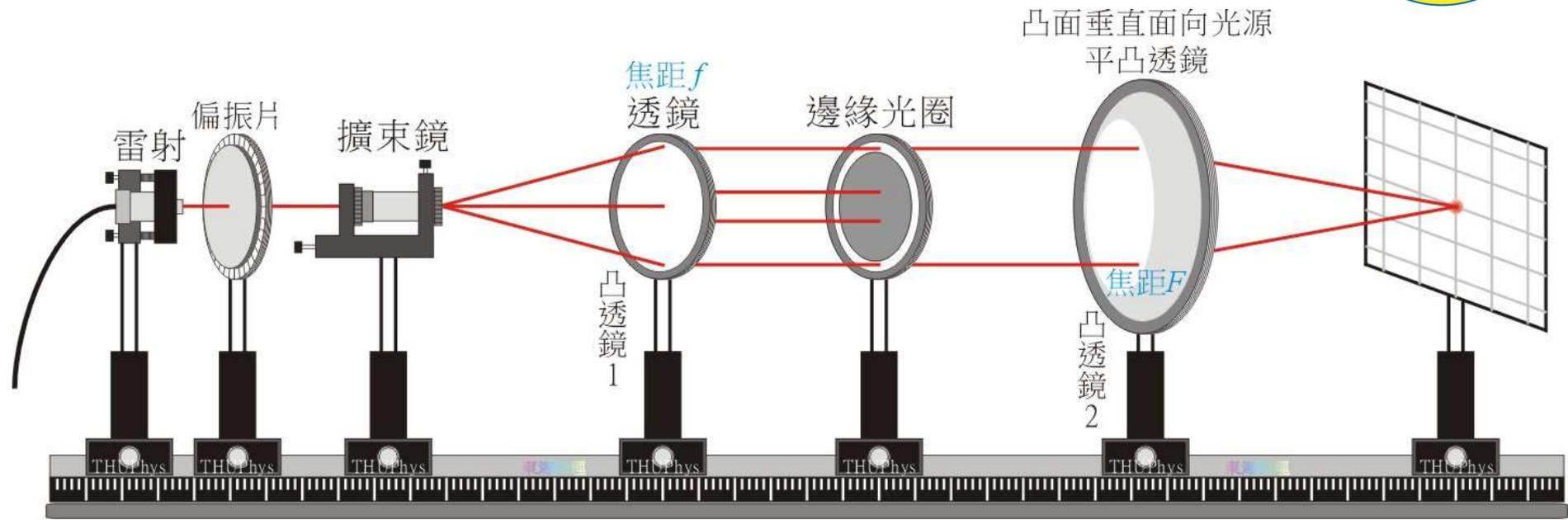
5-畸變 (Distortion)

6-色像差 (Chromatic aberration)

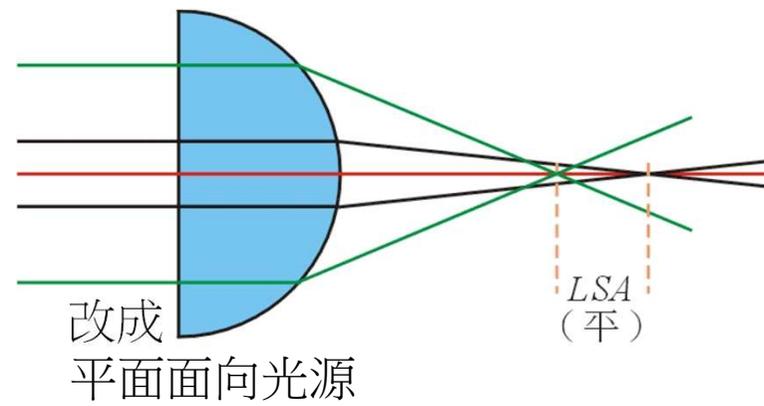
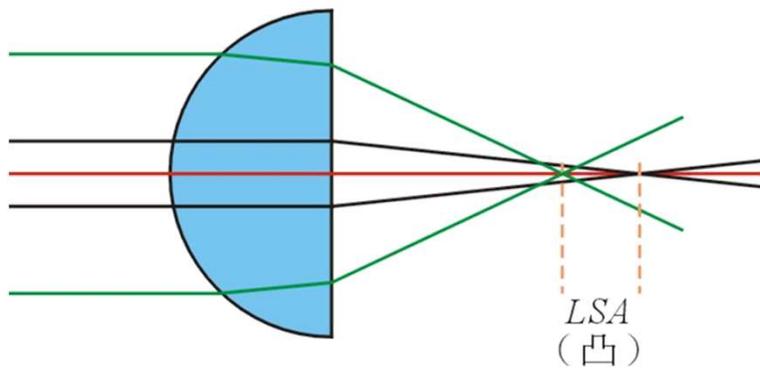
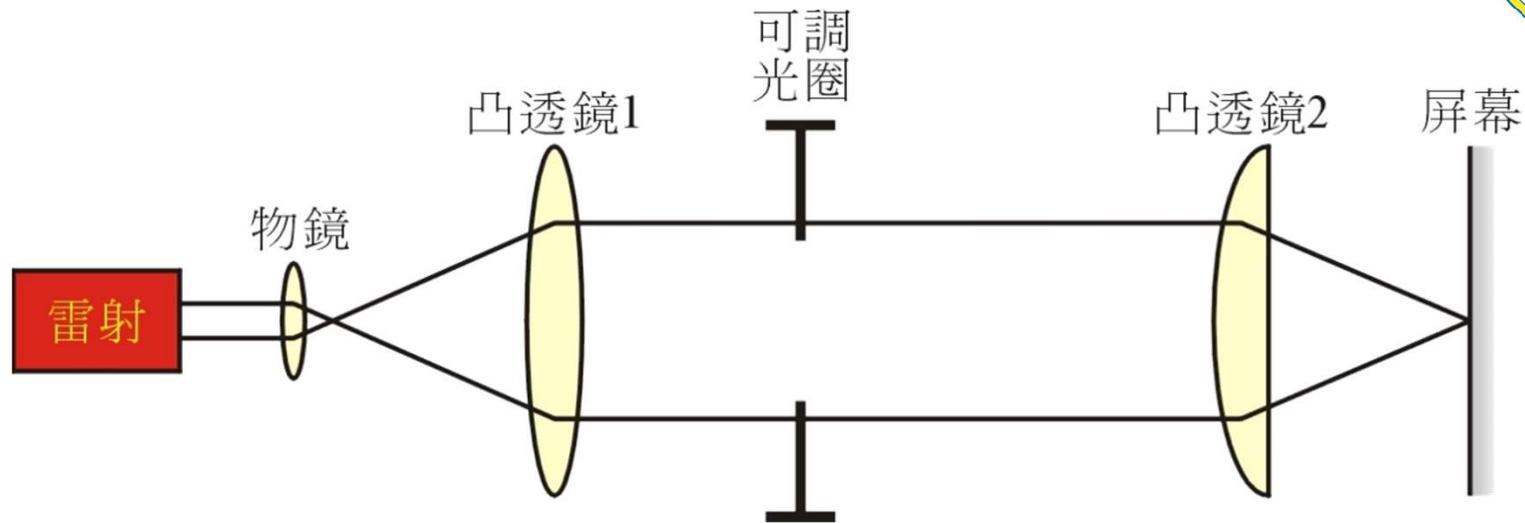
1) 球面像差



1) 球面像差



1) 球面像差





像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

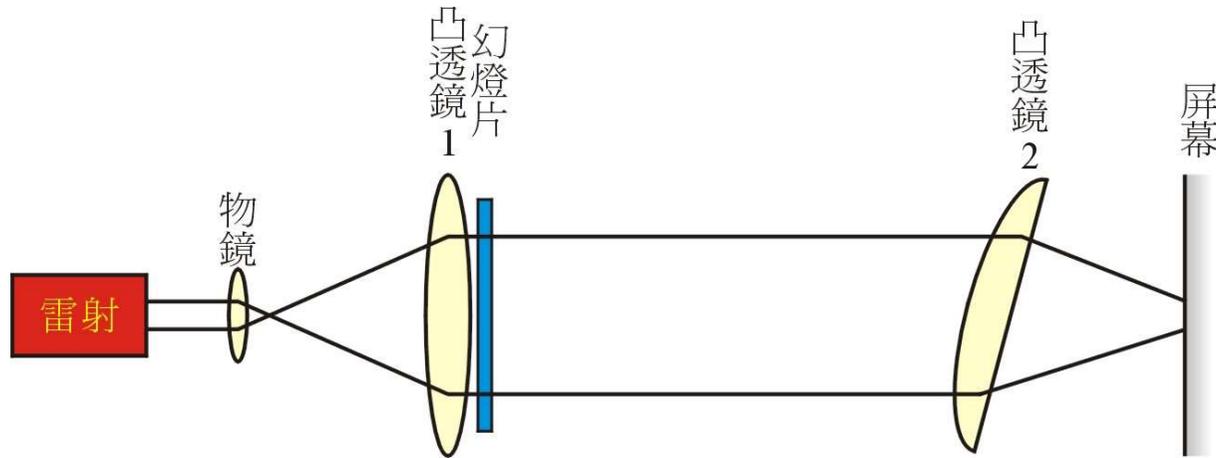
3-像散 (Astigmatism)

4-場曲 (Field curvature)

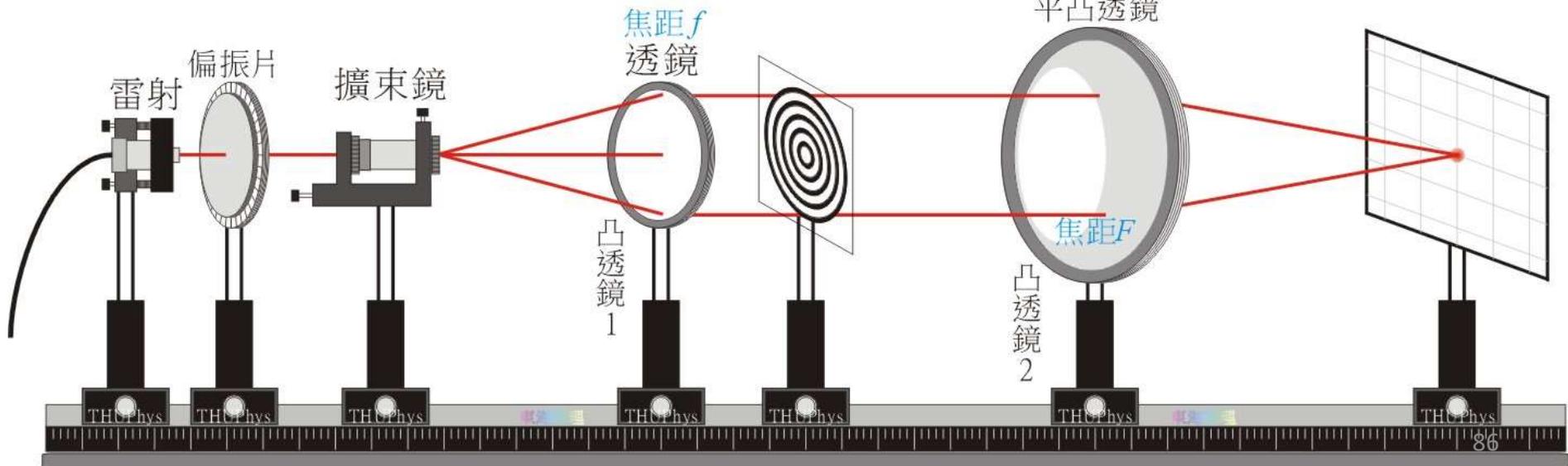
5-畸變 (Distortion)

6-色像差 (Chromativ aberration)

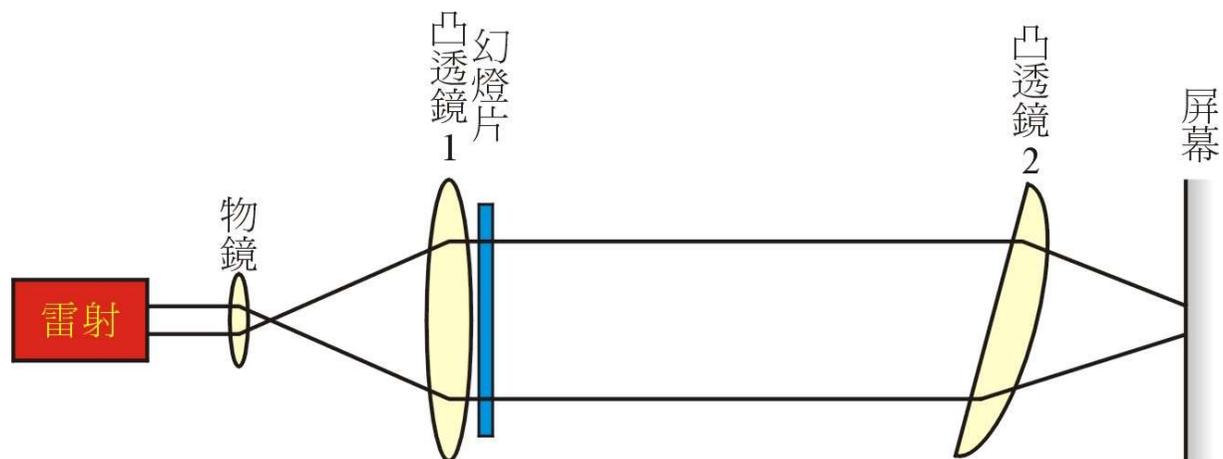
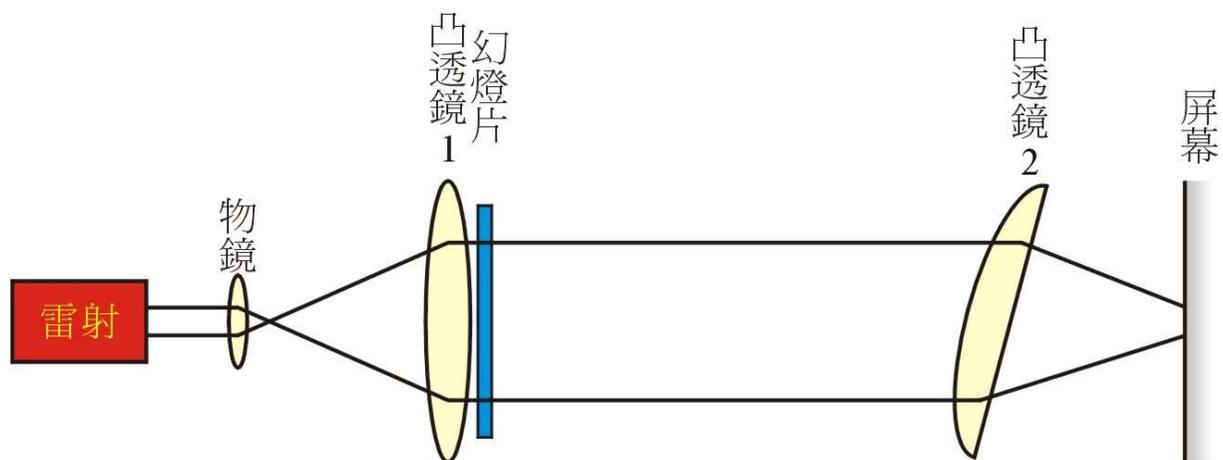
2) 慧差

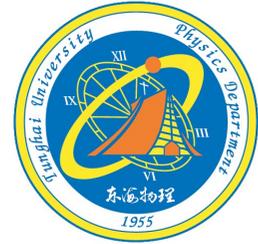


- 1、凸面垂直面向光源
 - 2、接著轉角度，使得平行光束斜入射透鏡
- 平凸透鏡



2) 慧差





像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

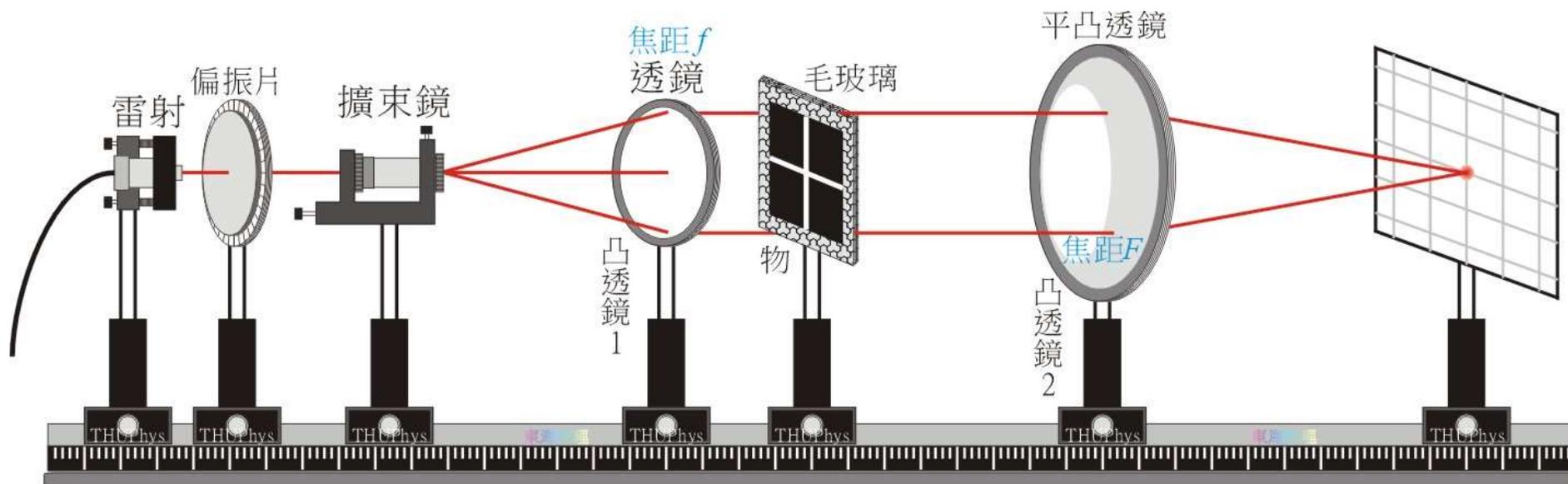
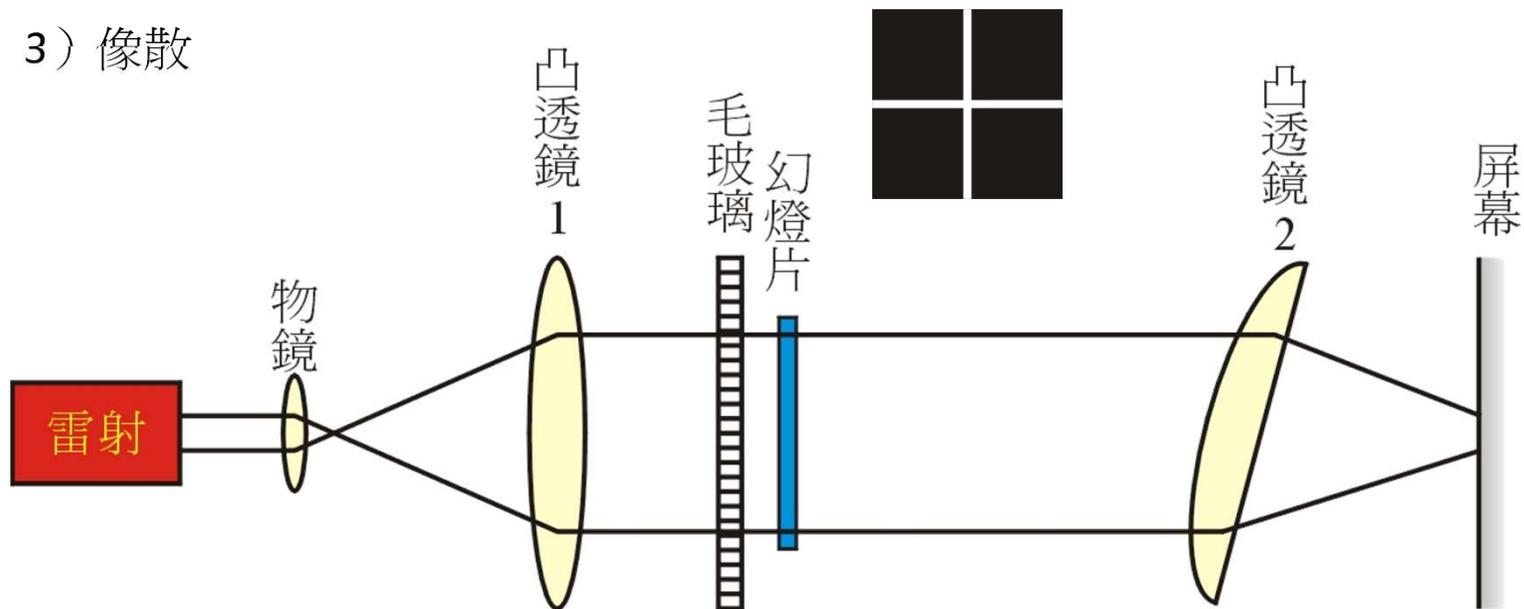
3-像散 (Astigmatism)

4-場曲 (Field curvature)

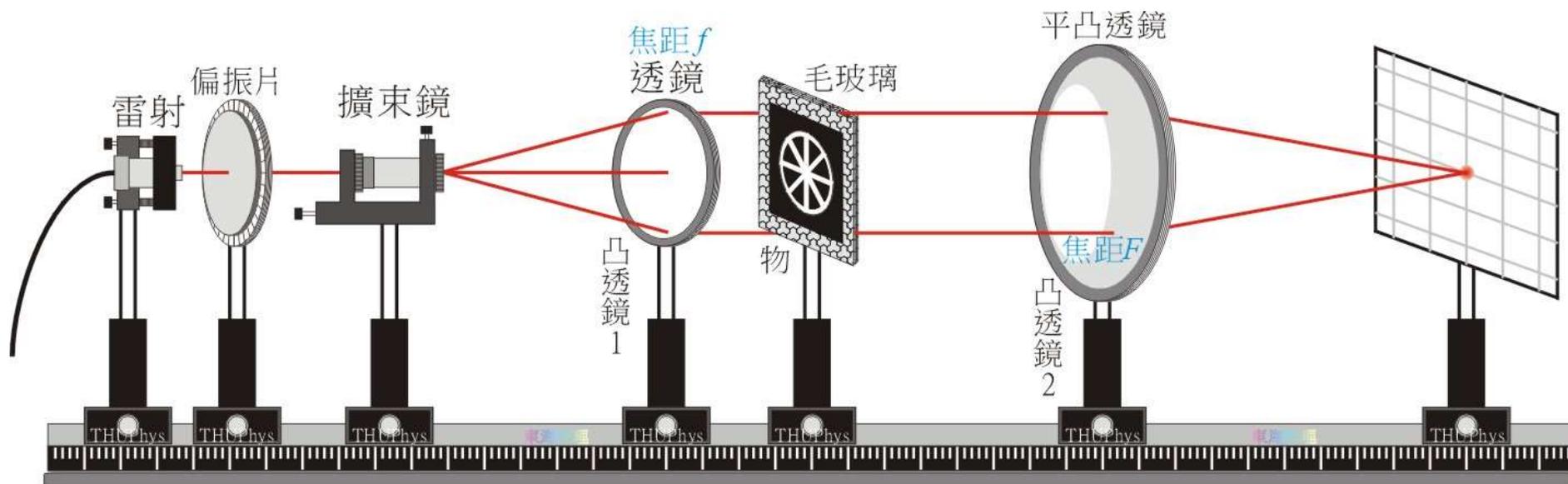
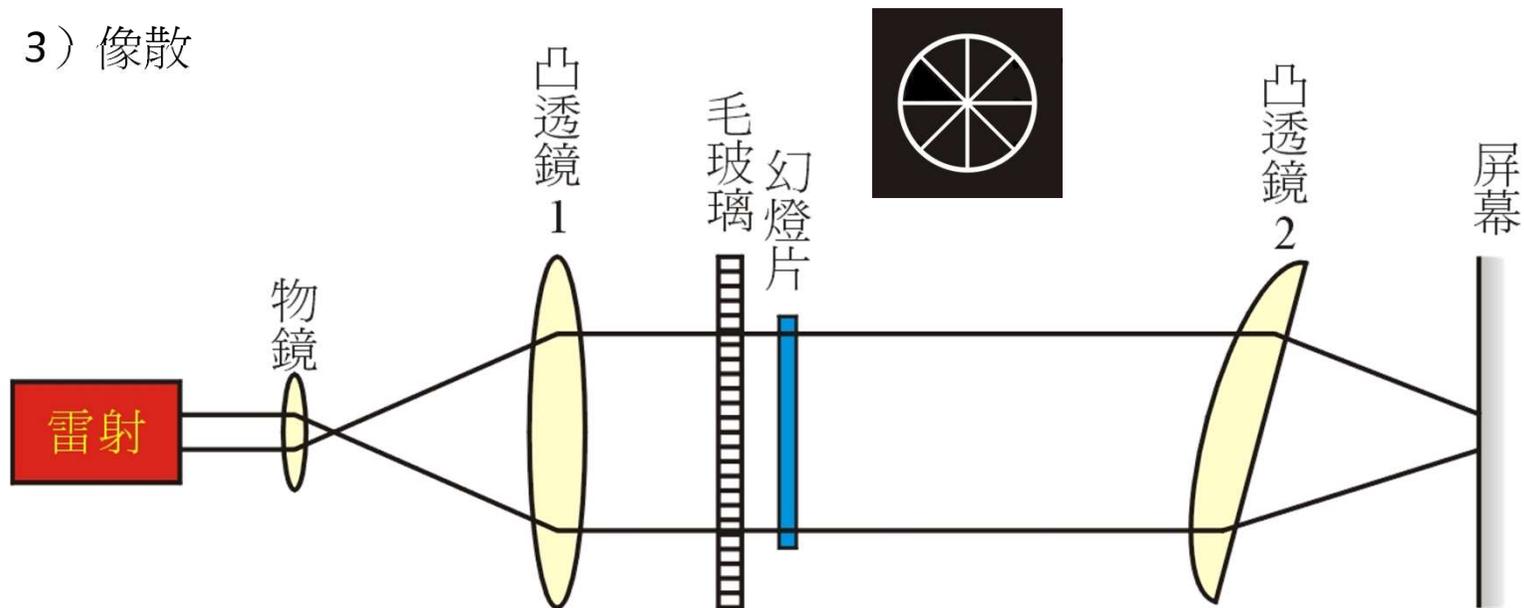
5-畸變 (Distortion)

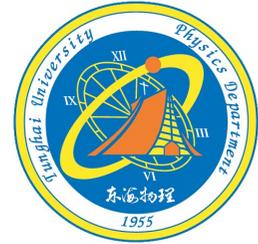
6-色像差 (Chromatic aberration)

3) 像散



3) 像散





像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

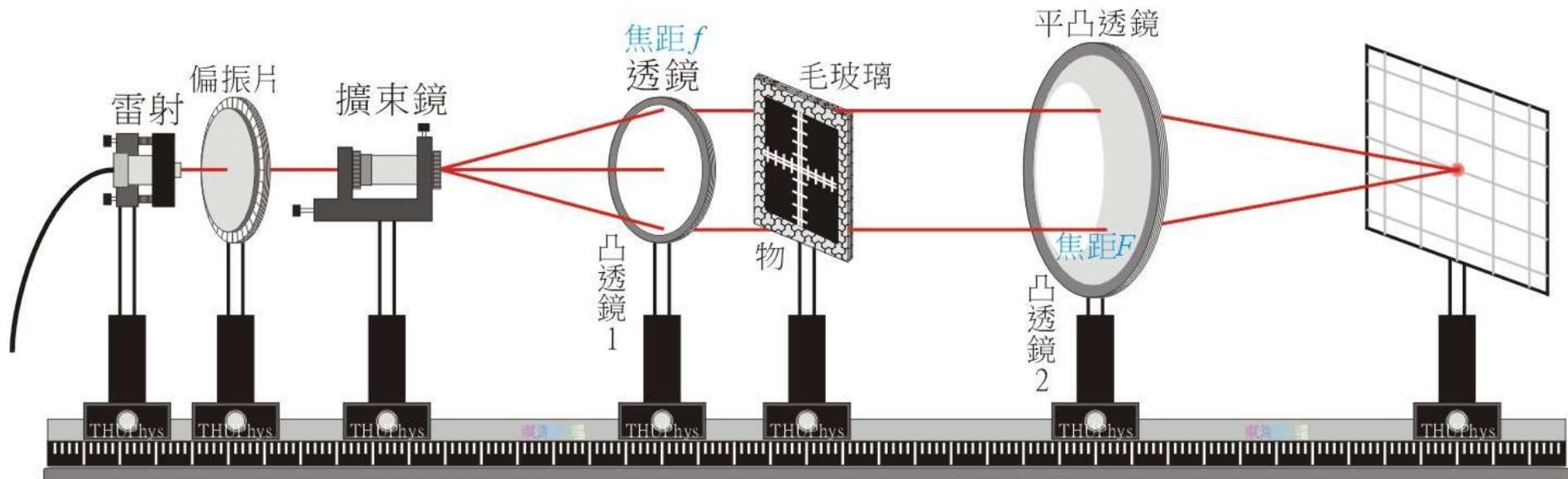
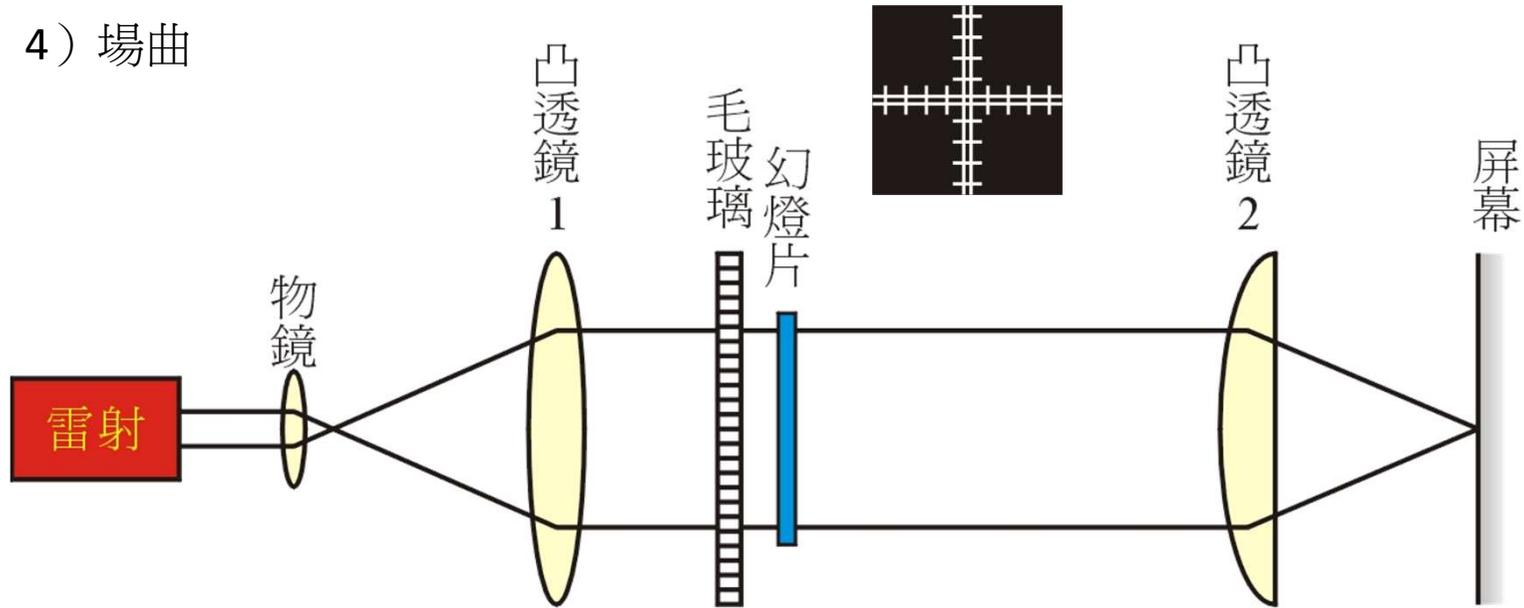
3-像散 (Astigmatism)

4-場曲 (Field curvature)

5-畸變 (Distortion)

6-色像差 (Chromatic aberration)

4) 場曲





像差 (Abberations)

1-球面像差 (Spherical aberration)

2-慧差 (Coma aberration)

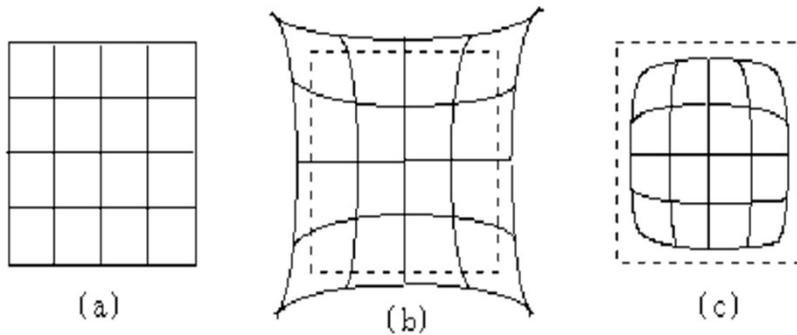
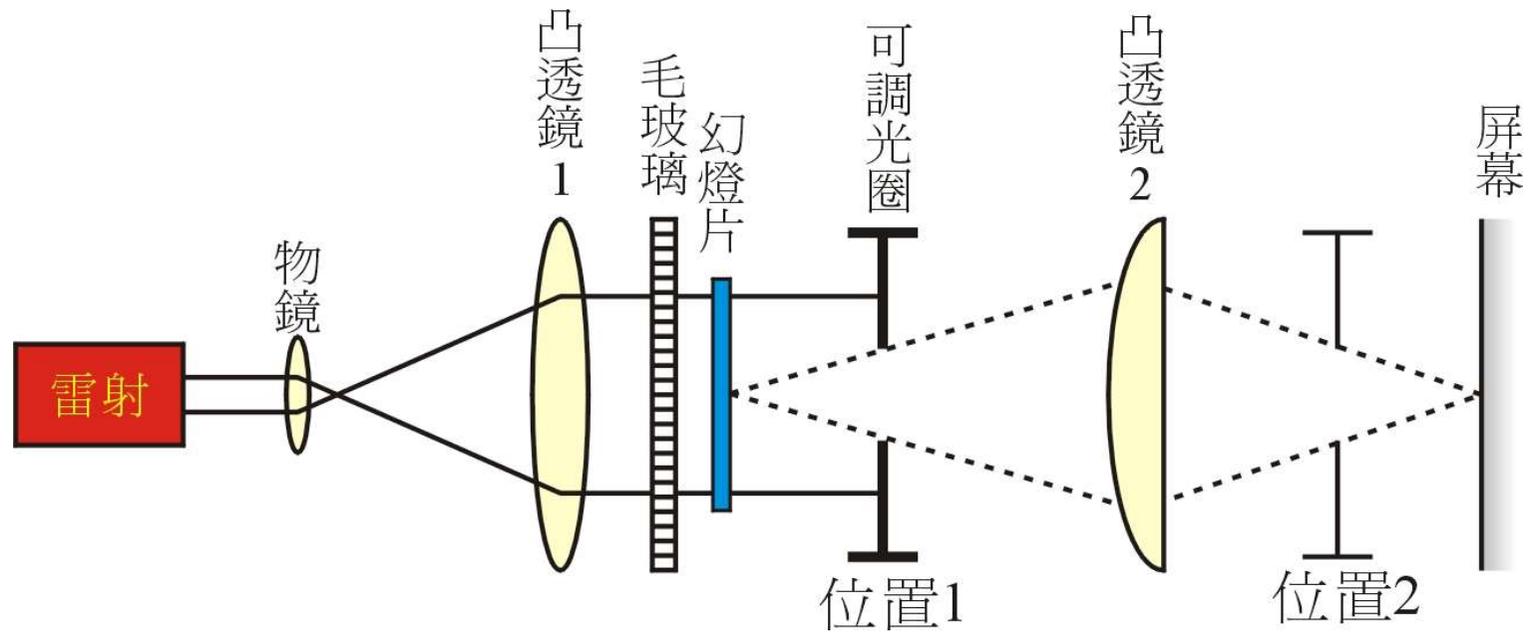
3-像散 (Astigmatism)

4-場曲 (Field curvature)

5-畸變 (Distortion)

6-色像差 (Chromativ aberration)

5) 畸變



位置 1 - 桶型畸變 (圖c)
位置 2 - 枕型畸變 (圖b)

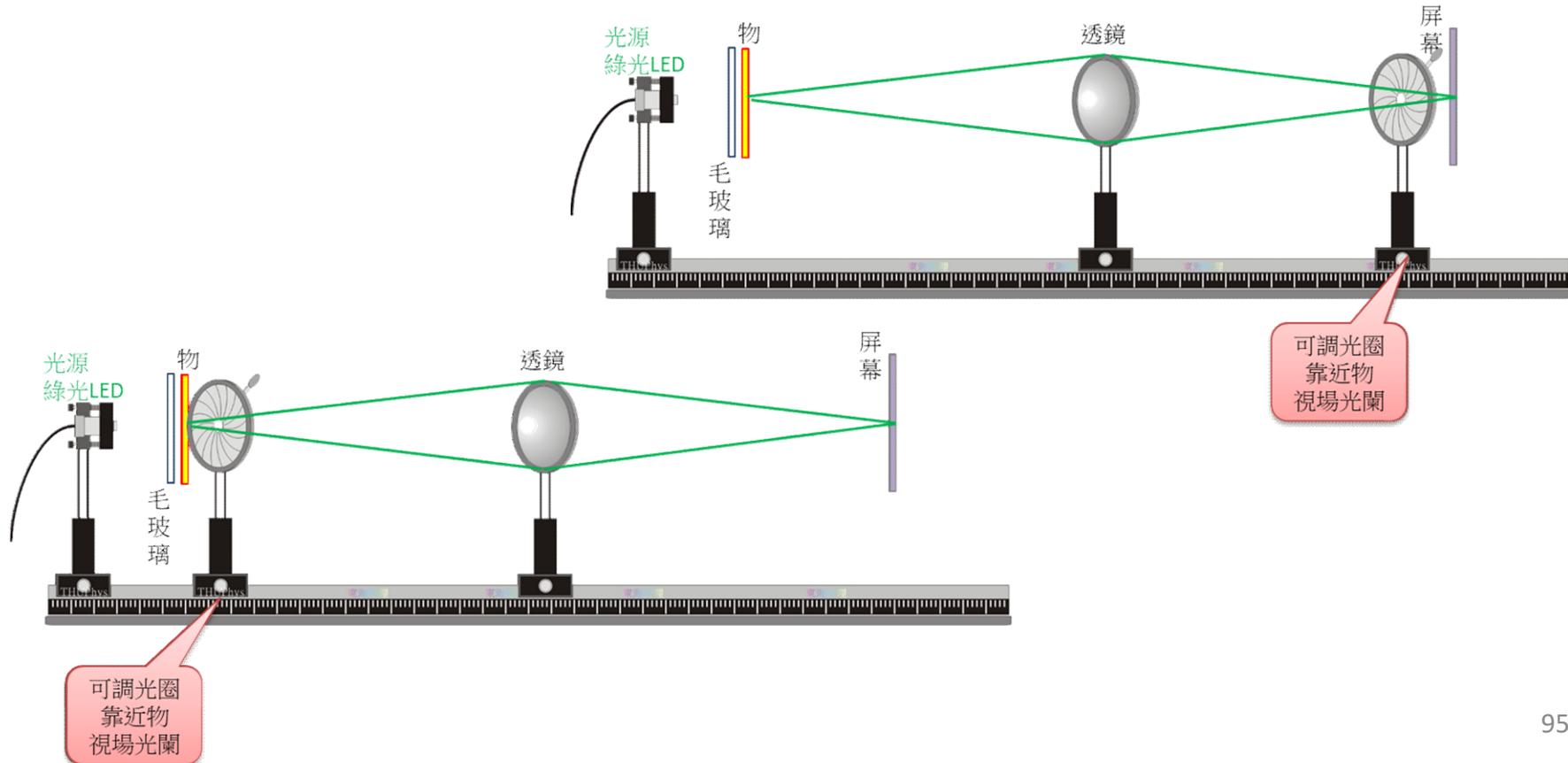
光闌：

光學儀器中能對光束起限制作用的長方形或圓形通光孔。一般用來控制光強度、減少像差及增加聚焦的深度。依其作用可分為**孔徑光闌 (Aperture stop)**和**視場光闌 (Field stop)**二種。

孔徑光闌 (Aperture stop) 限制入射光束大小；

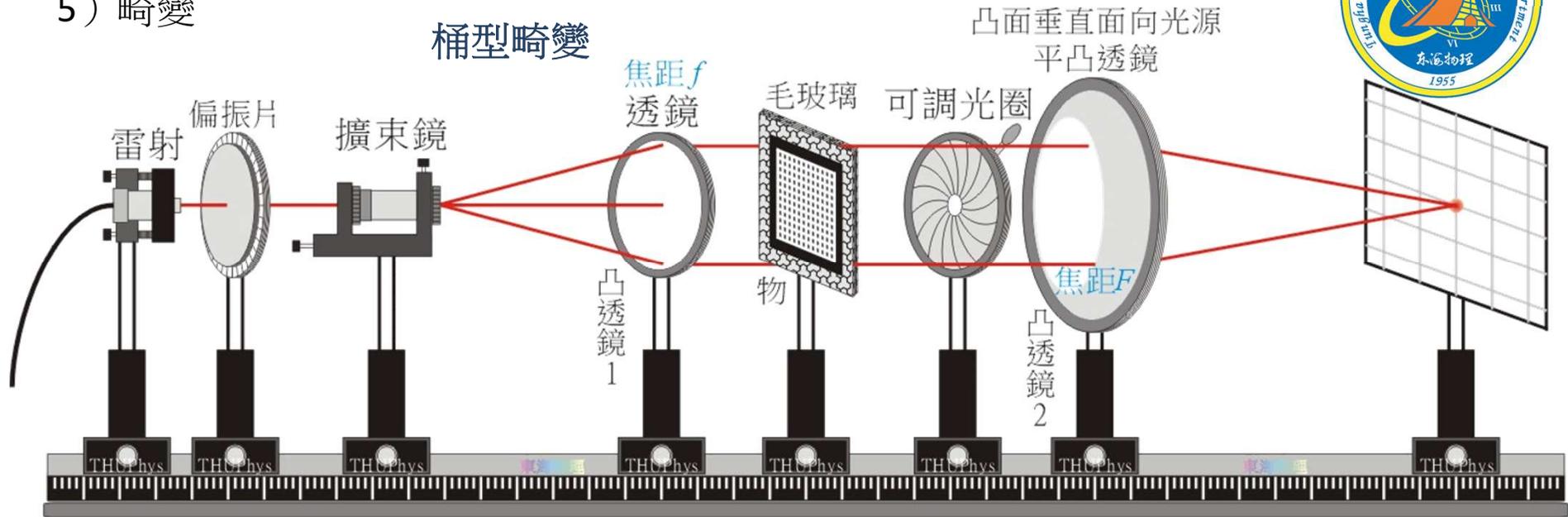
視場光闌 (field stop) 則是控制成像景物面積的大小。

光闌越小，像差越小，景深越大，像越清晰，但是明亮度則減弱。

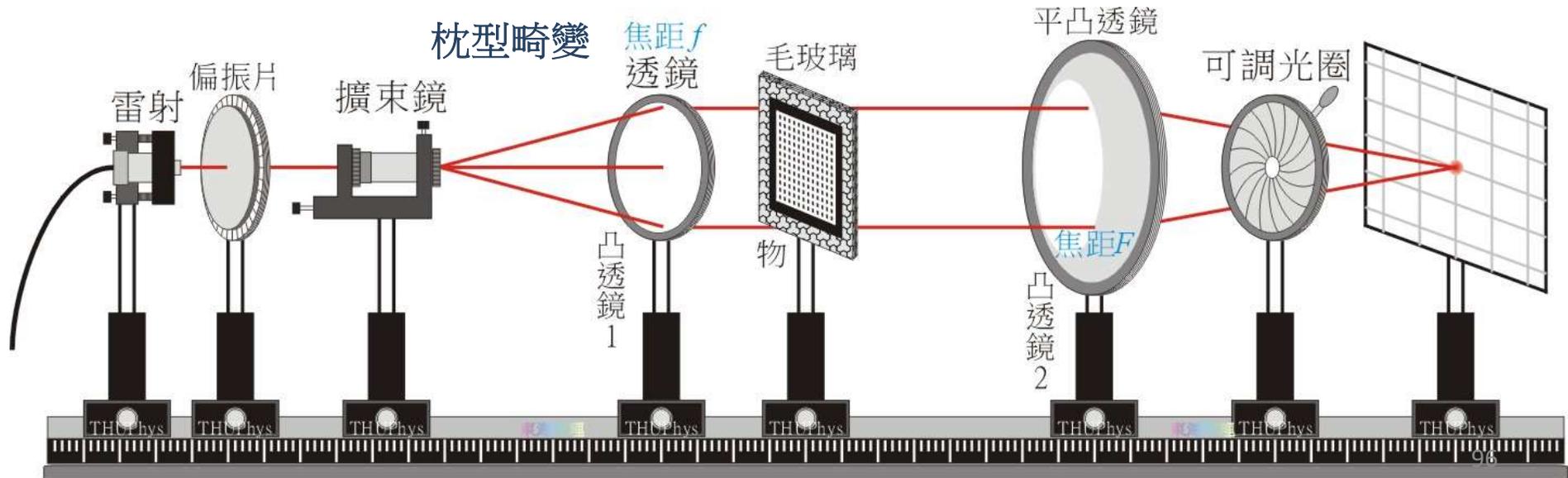


5) 畸變

桶型畸變



枕型畸變



做完實驗





【做完實驗助教要檢查以下項目】

1、數據

共軛法

自準法

光線追跡法-單透鏡

光線追跡法-雙透鏡

理論值與實驗值比較

2、球差數據

球面面向光源 與 平面面向光源

哪一個狀況下球差比較小？

3、照片

慧差-小角度、大角度

像散-水平清晰、垂直清晰

場曲-中間清晰、中間模糊

畸變-枕行畸變、桶形畸變



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/>