

【上學期】

- 實驗01：游標尺、螺旋測微器、球徑計
- 實驗02：動量守恆
- 實驗03：重力加速度的測量
- 實驗04：可變 g 擺
- 實驗05：拋體運動實驗組
- 實驗06：環擺經驗方程式
- 實驗07：基礎光學實驗組
- 實驗08：稜鏡分光儀
- 實驗09：金屬的熱膨脹

【下學期】

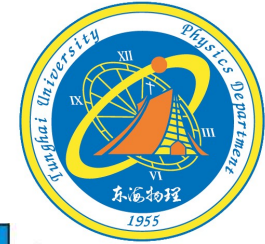
- 實驗 10：歐姆定律
- 實驗 11：安培計與伏特計
- 實驗 12：示波器應用
- 實驗 13：克希荷夫定律
- 實驗 14：載流導線所受磁力
- 實驗 15：共振管實驗組
- 實驗 16：半導體元件的特性
- 實驗 17：電位與電力
- 實驗 18：微波光學





<https://physcourse.thu.edu.tw/mengwen/>

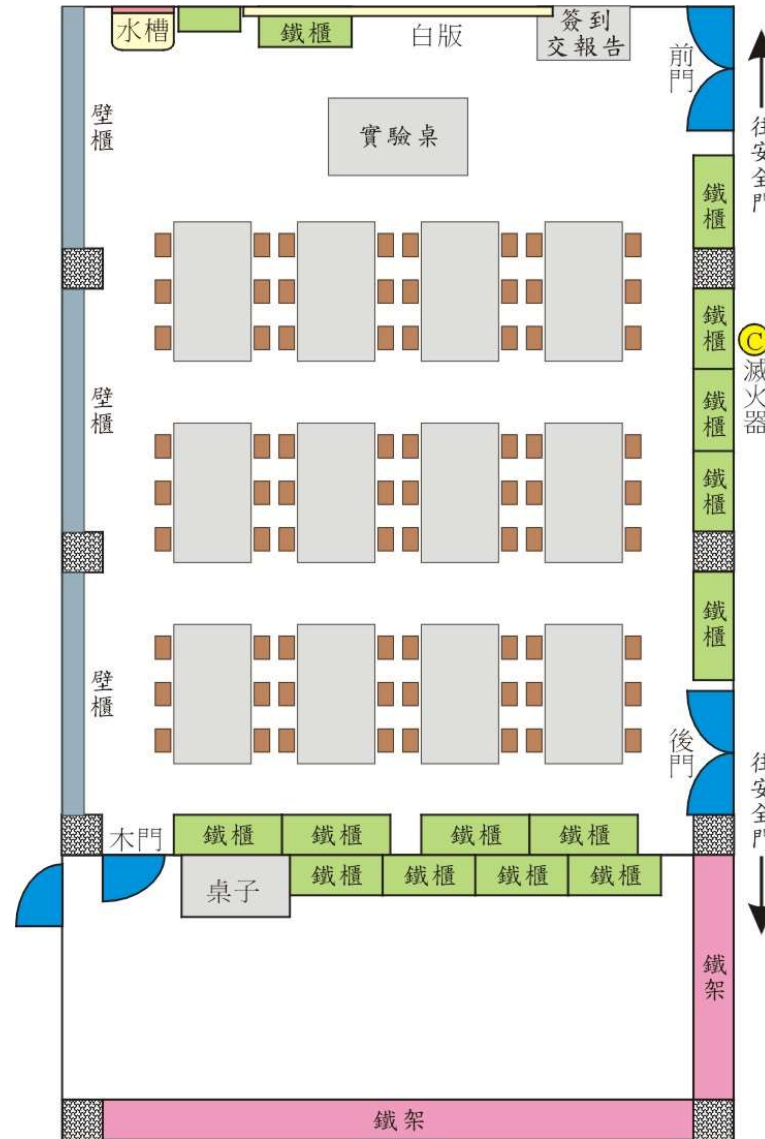




【上學期】

- 實驗01：游標尺、螺旋測微器
- 實驗02：動量守恆
- 實驗03：重力加速度的測量
- 實驗04：可變 g 擺
- 實驗05：拋體運動實驗組
- 實驗06：環擺經驗方程式
- 實驗07：基礎光學實驗組
- 實驗08：稜鏡分光儀
- 實驗09：金屬的熱膨脹

儀器配置會公布在實驗室



上學期主要是做『力學』和『光』的實驗

實驗01：游標尺、螺旋測微器、(X)球徑計



『量測』
『有效數字』與『估計值』

基本測量莫過於長度、時間、質量和溫度。

在這些測量中，儀器不可能無限制的準確，實驗中一定會產生誤差。

記錄實驗數據時，會記錄『準確值』加上一位數的『估計值』。





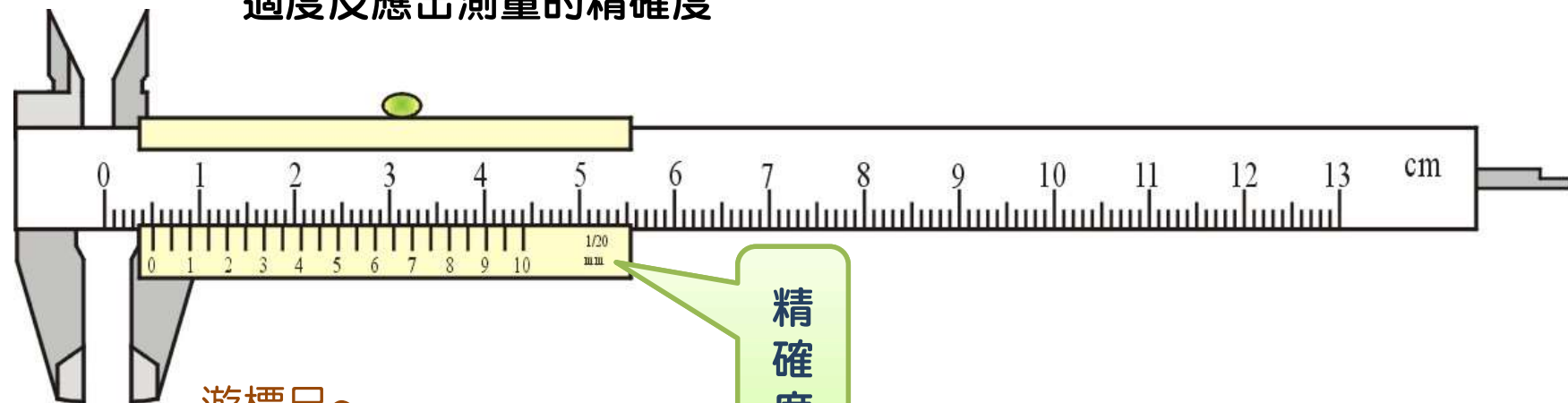
準確值
估計值

完整測量結果 = 數值 + 單位
(數值 = 『準確值』 + 『估計值』)

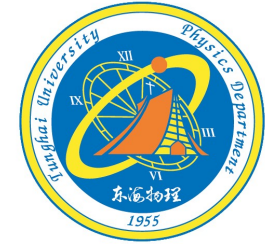
準確值：測量儀器的最小單位
估計值：不足最小單位的部分

最小單位的下一位數
只會有一位數
適度反應出測量的精確度

估計值
只會有『一個』位數
就是
準確值的下一位



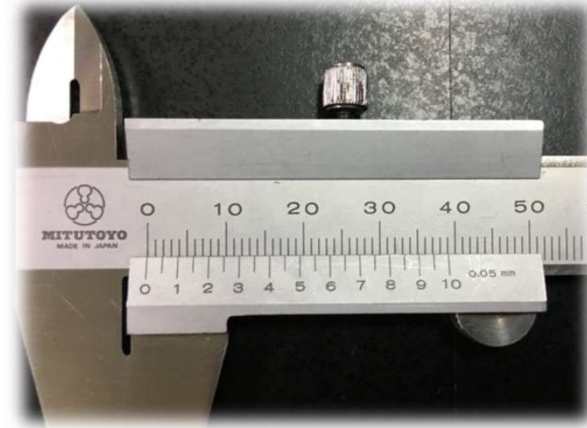
游標尺～
主尺…精確度 → 1 mm
主尺與副尺搭配 → 可讓精確度為 1/20 mm



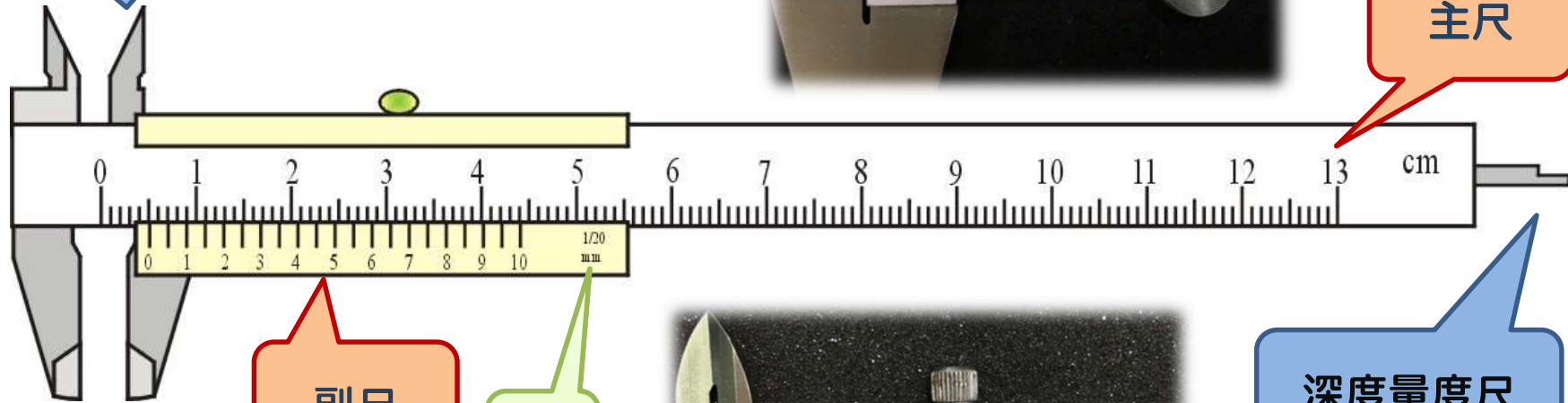
上學期主要是做『力學』和『光』的實驗

量測-游標尺的使用

上夾鉗 (量內徑)



主尺

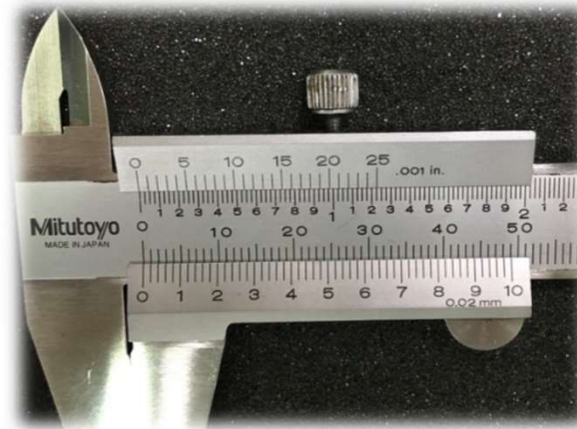


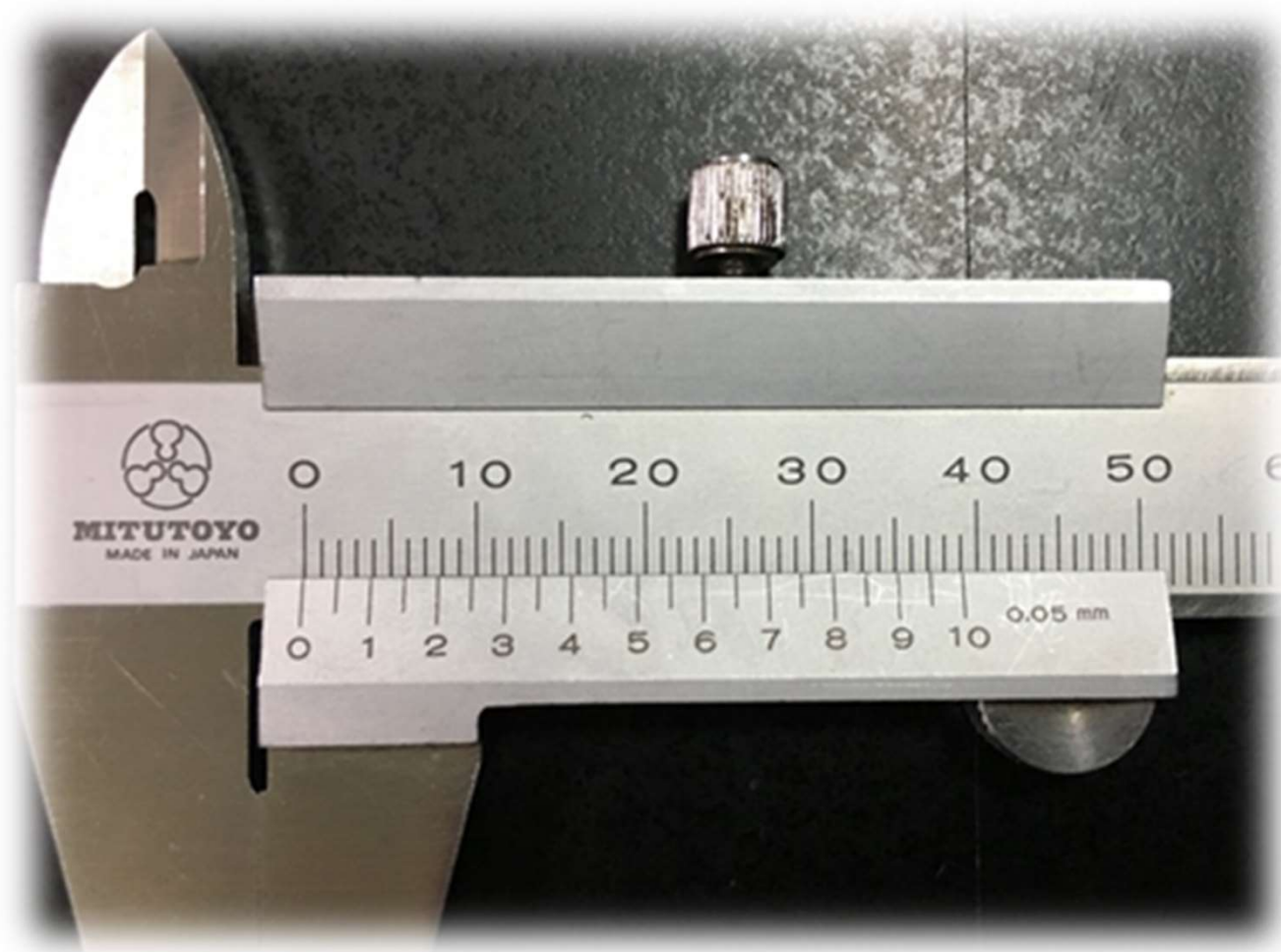
副尺

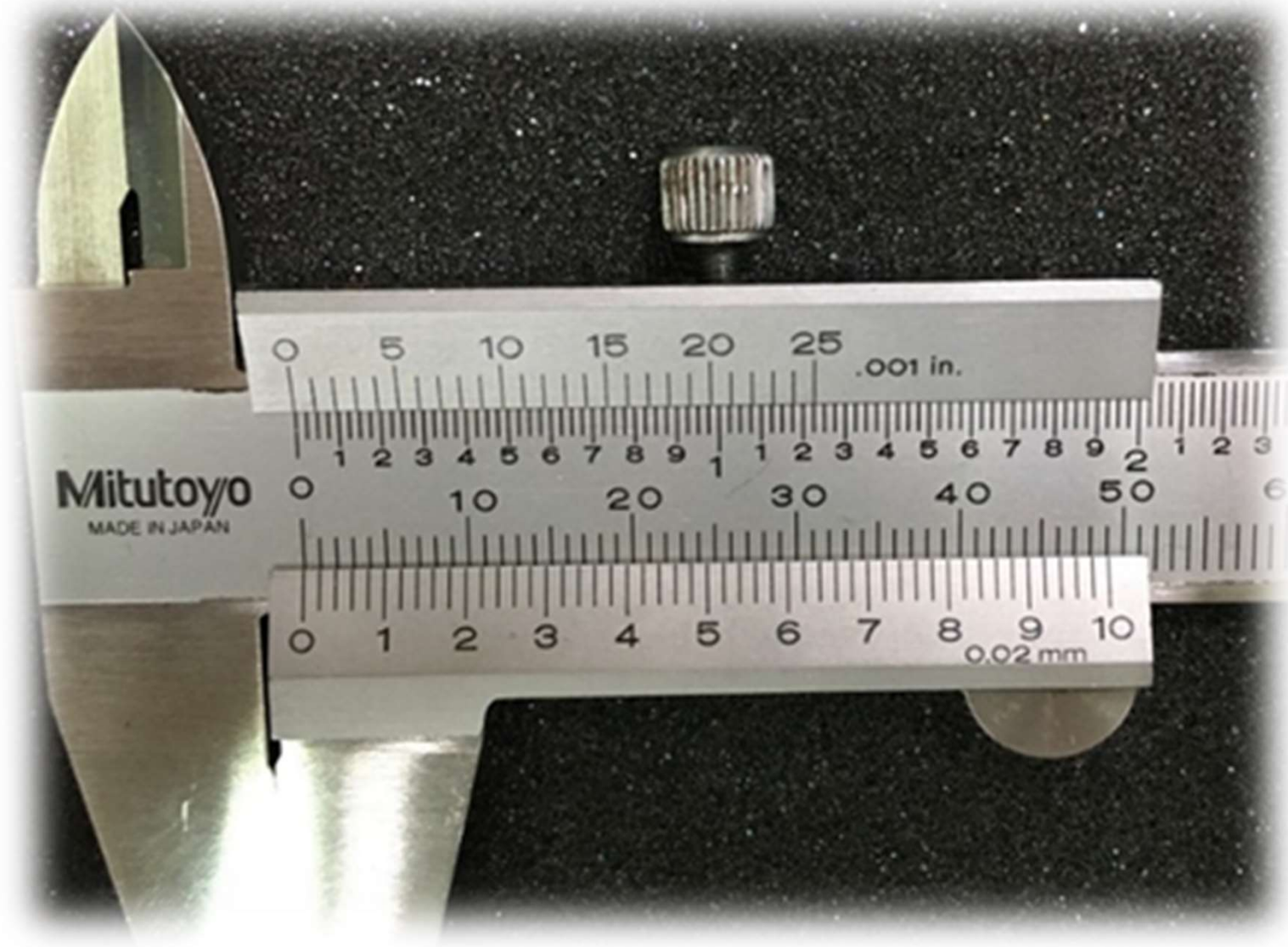
精確度

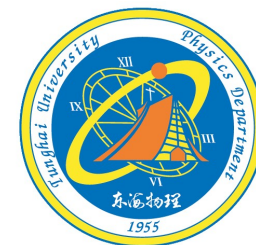
下夾鉗 (量外徑)

深度量度尺

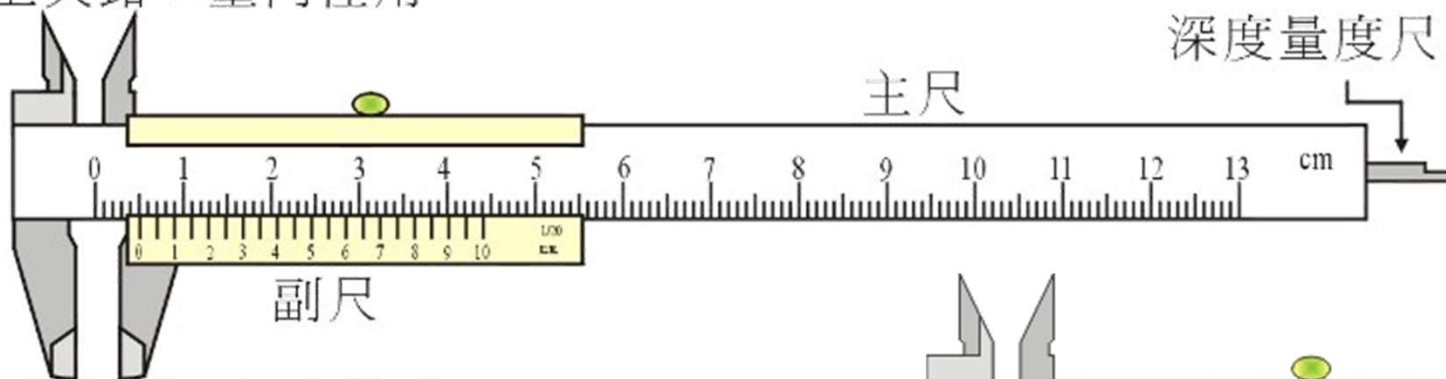




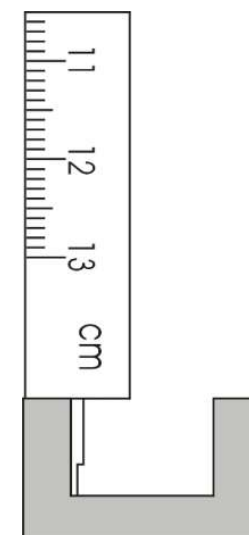
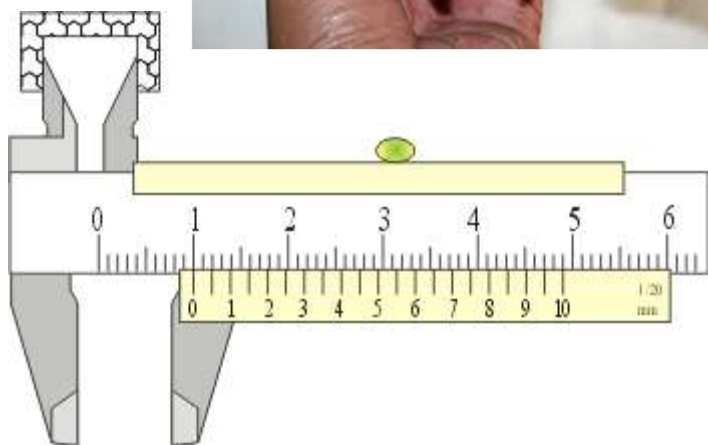
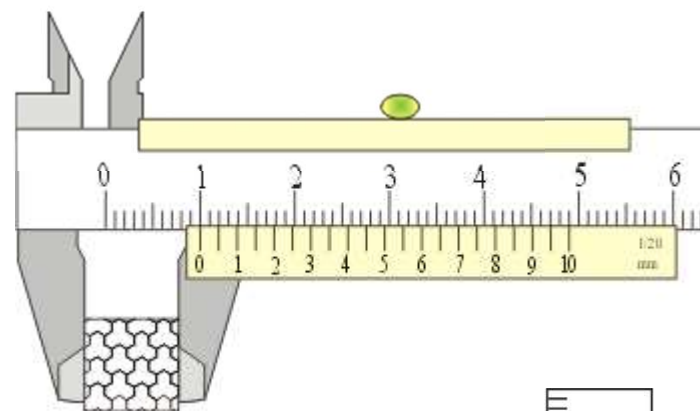


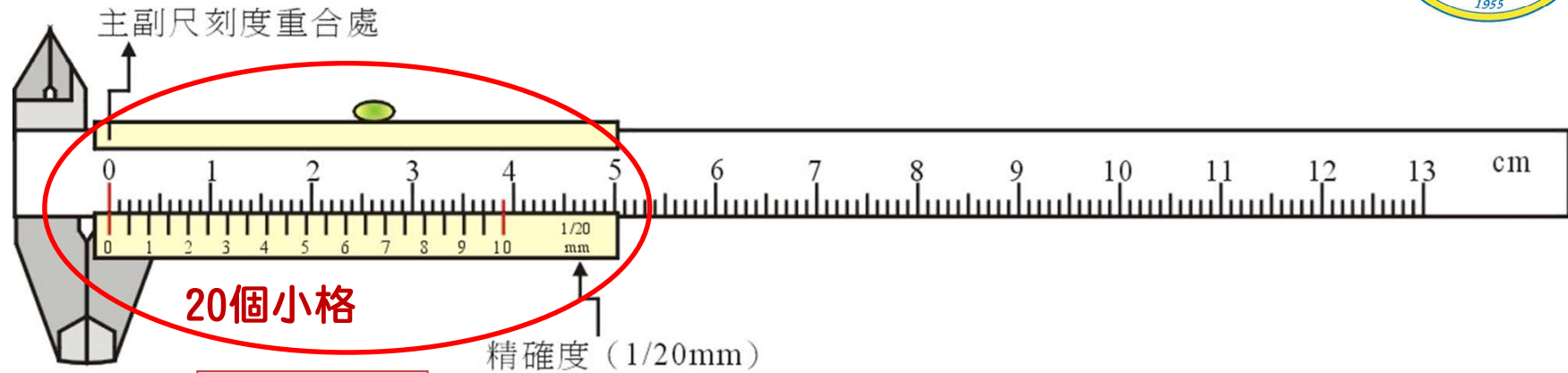
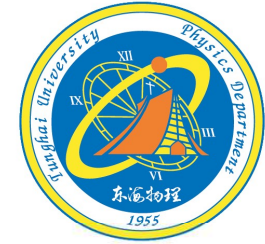


上夾鉗：量內徑用

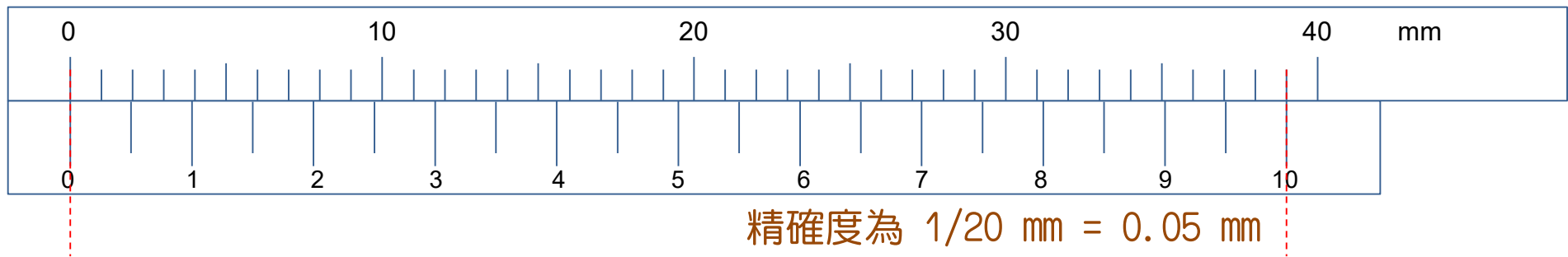


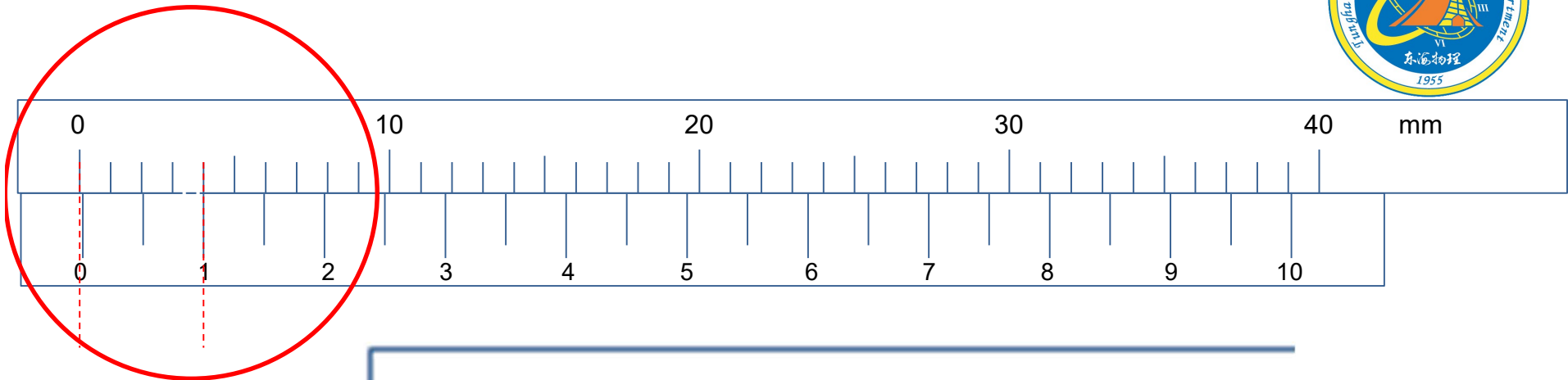
下夾鉗：量外徑用



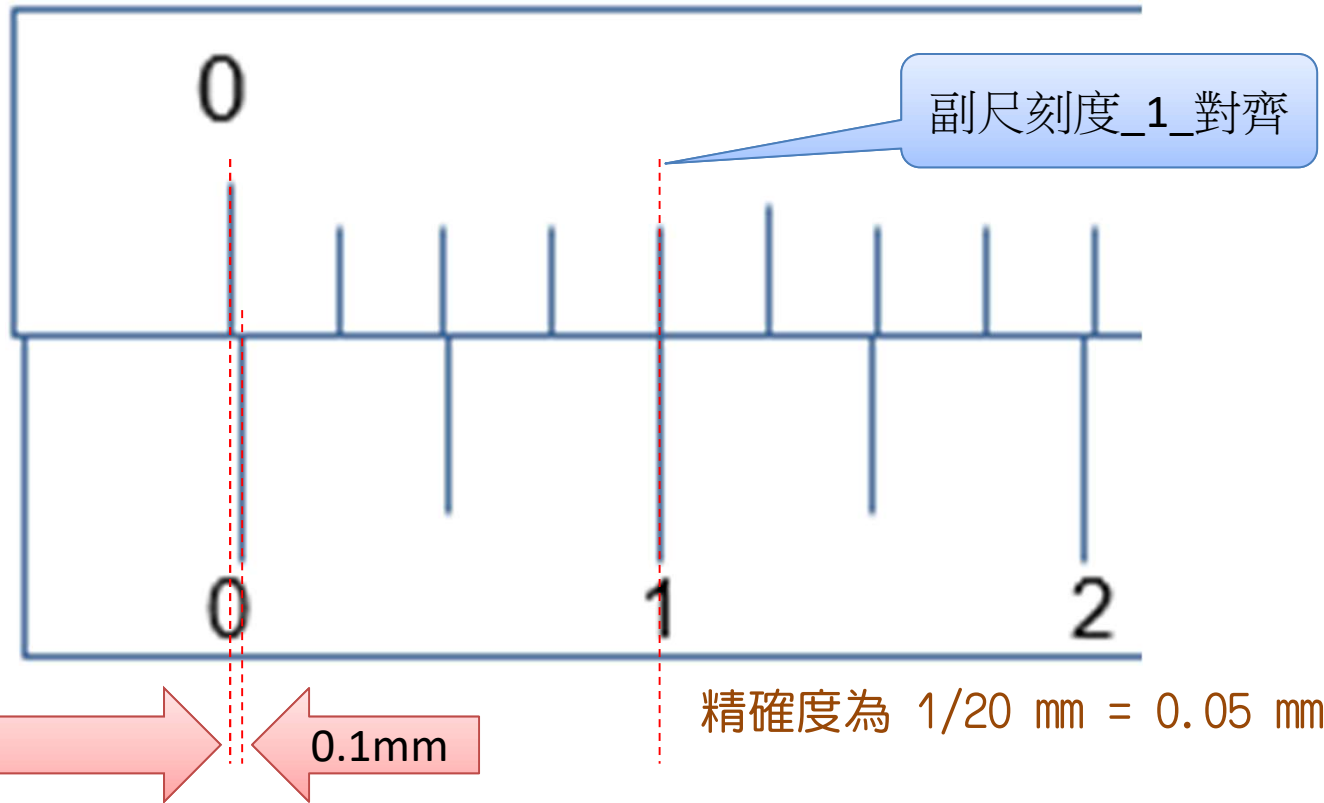


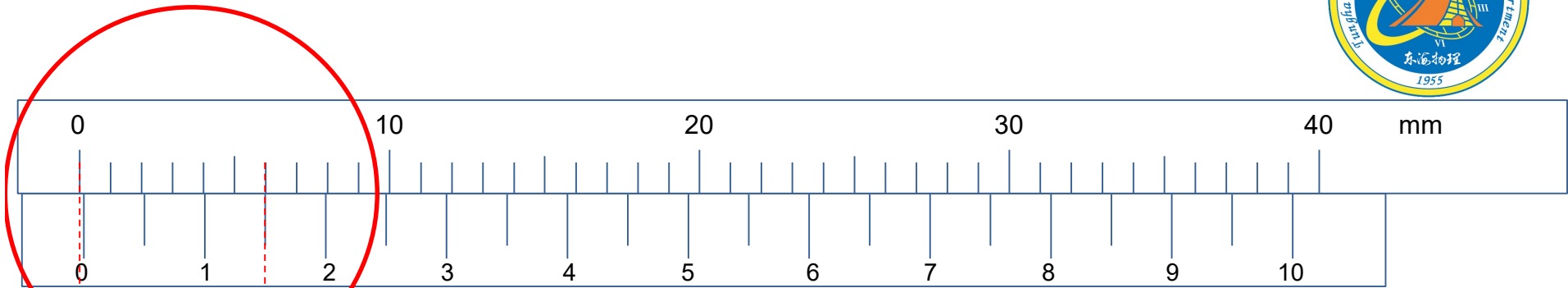
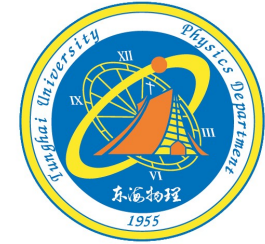
放大來看



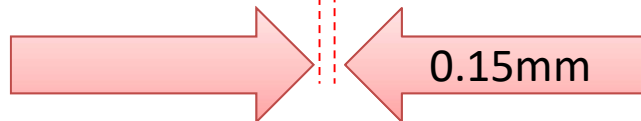
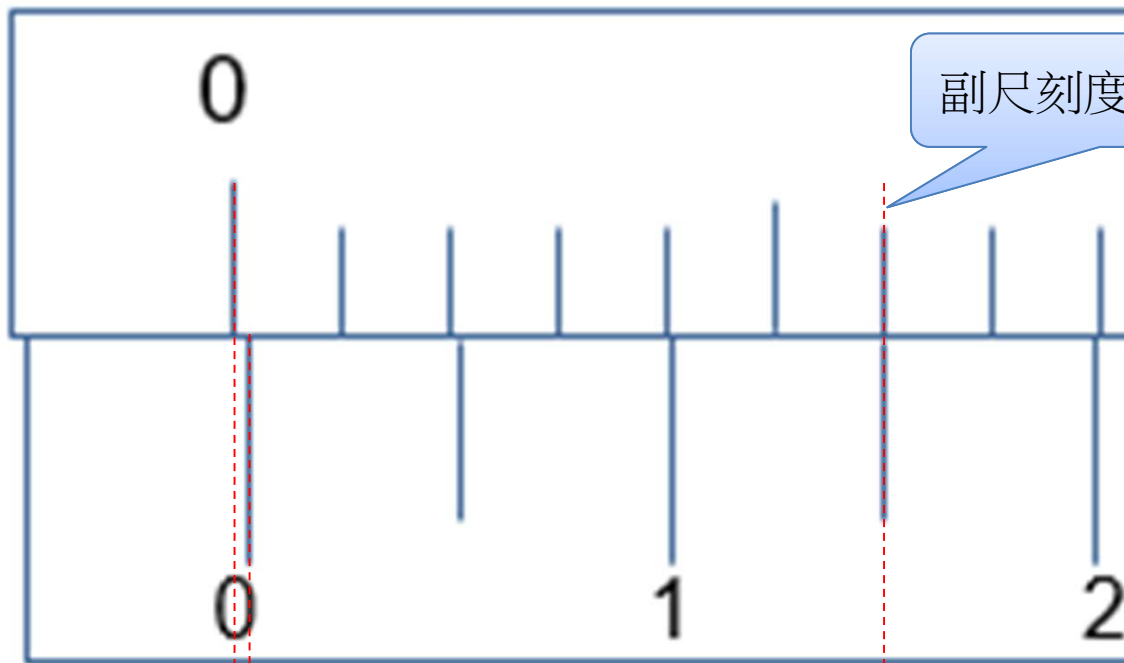


放大圖片

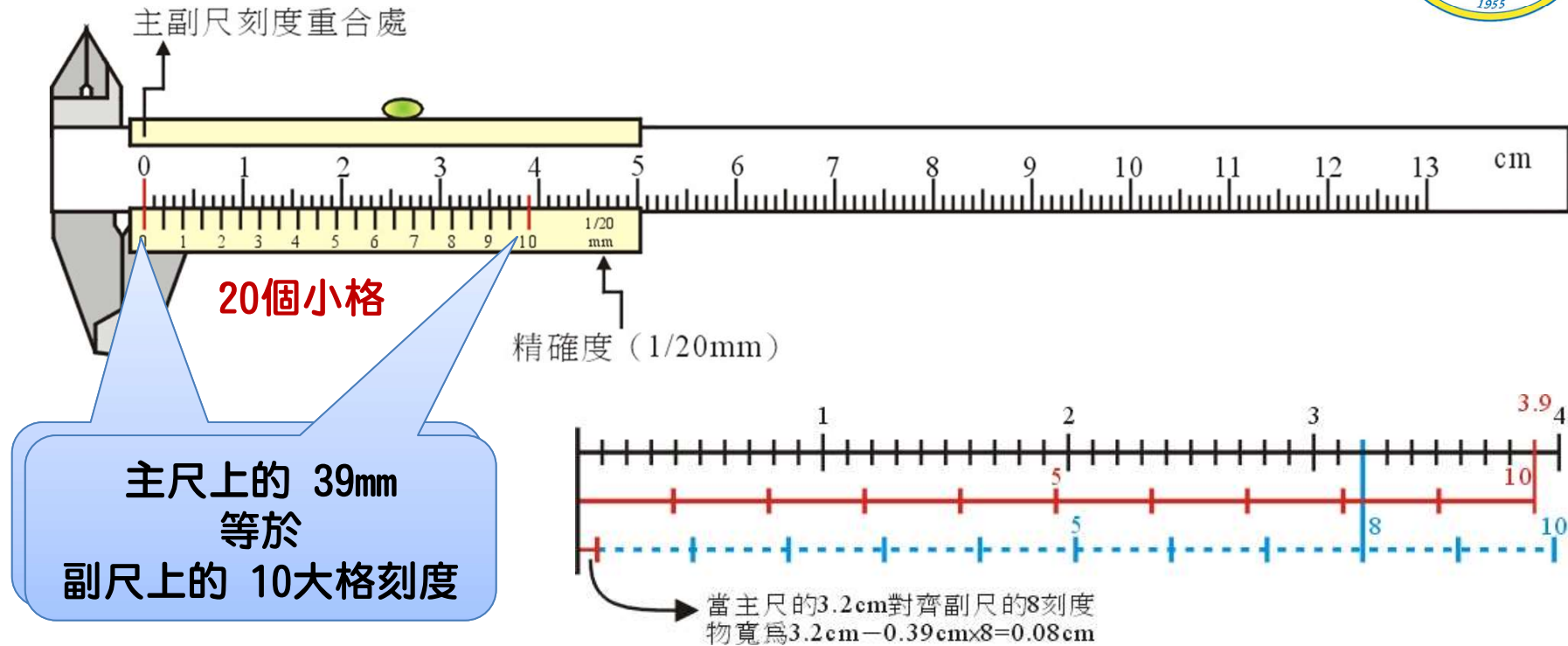
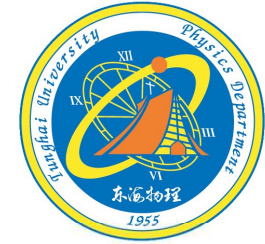




放大圖片



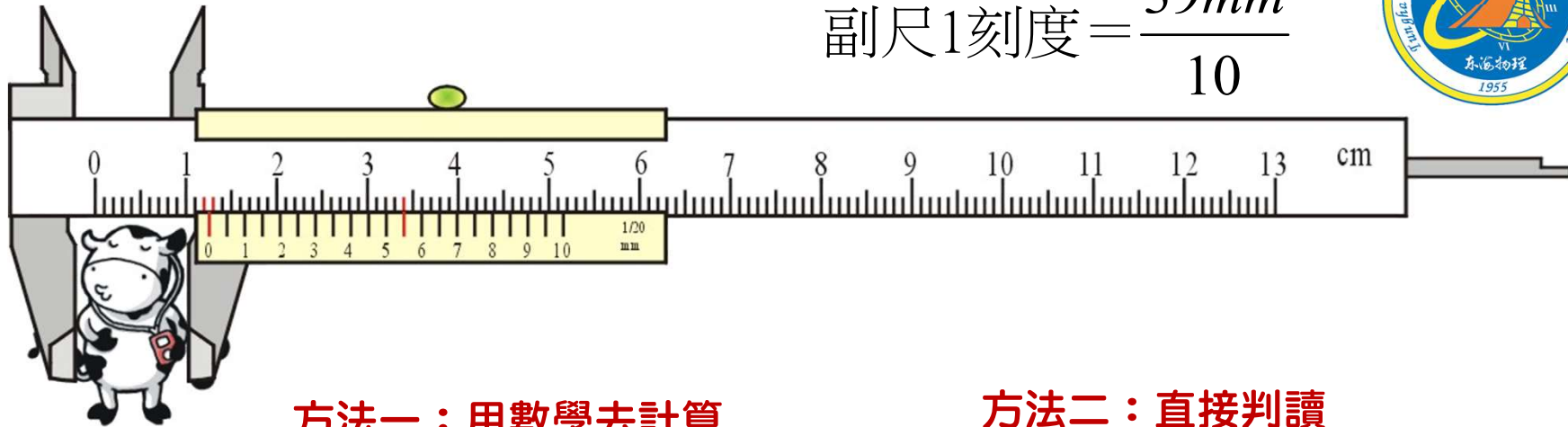
精確度為 $1/20 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$



以上圖當例子來說明，已知主尺上的 39mm 等於副尺上的 10大格刻度的長度，得知副尺上的一個大刻度長為 $39\text{mm}/10=3.9\text{mm}$ 。
待測物長度 = (主副尺重合處之主尺刻度) - (主副尺重合處之副尺長度)
即 $32 - 3.9 \times 8 = 0.8\text{mm}$ 。也就是說，當副尺刻度 8 和主尺某一刻度對齊時，其待測物微幅值為 0.8mm。



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



方法一：用數學去計算

方法二：直接判讀

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

副尺0在主尺的12mm和13mm之間

所以

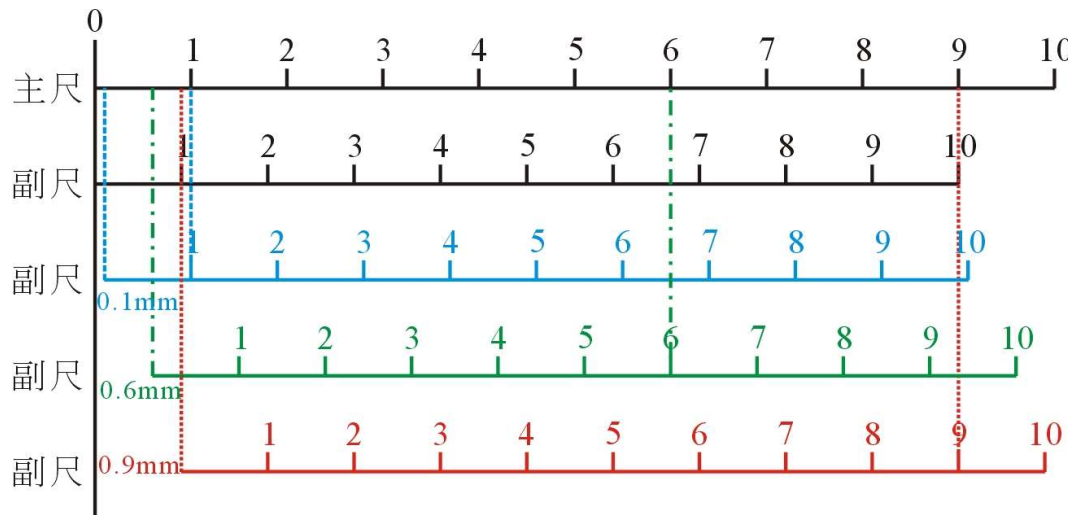
待測物為 $12 + \Delta d$ (單位：mm)

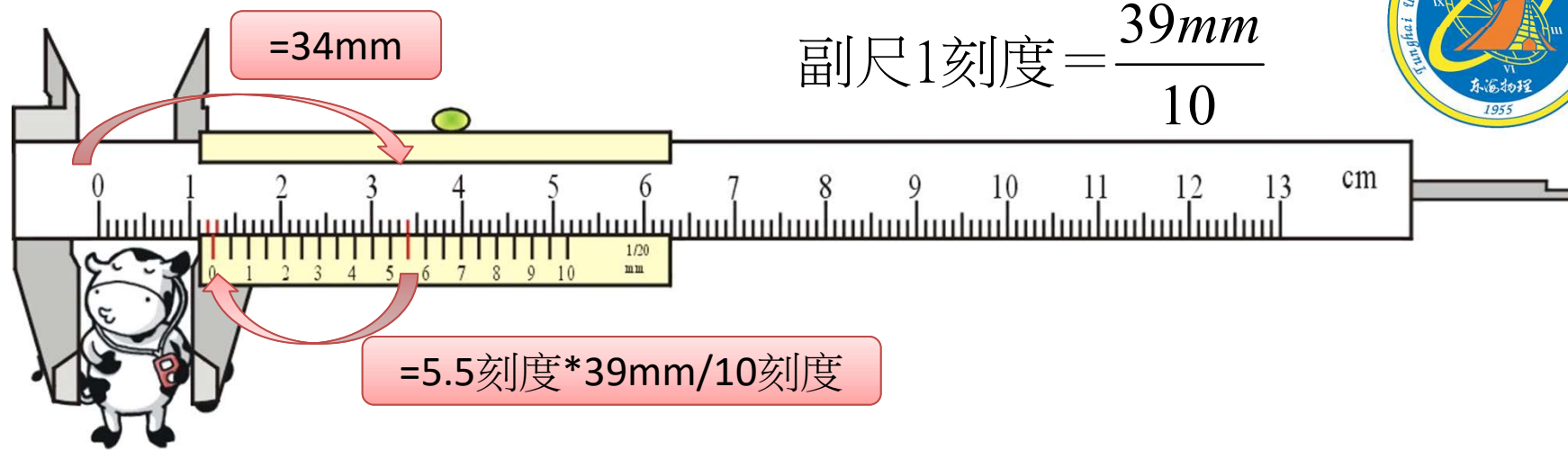
副尺5.5刻度與主尺某一刻度對齊

S0...

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

$$\Rightarrow 12.55\text{mm}$$



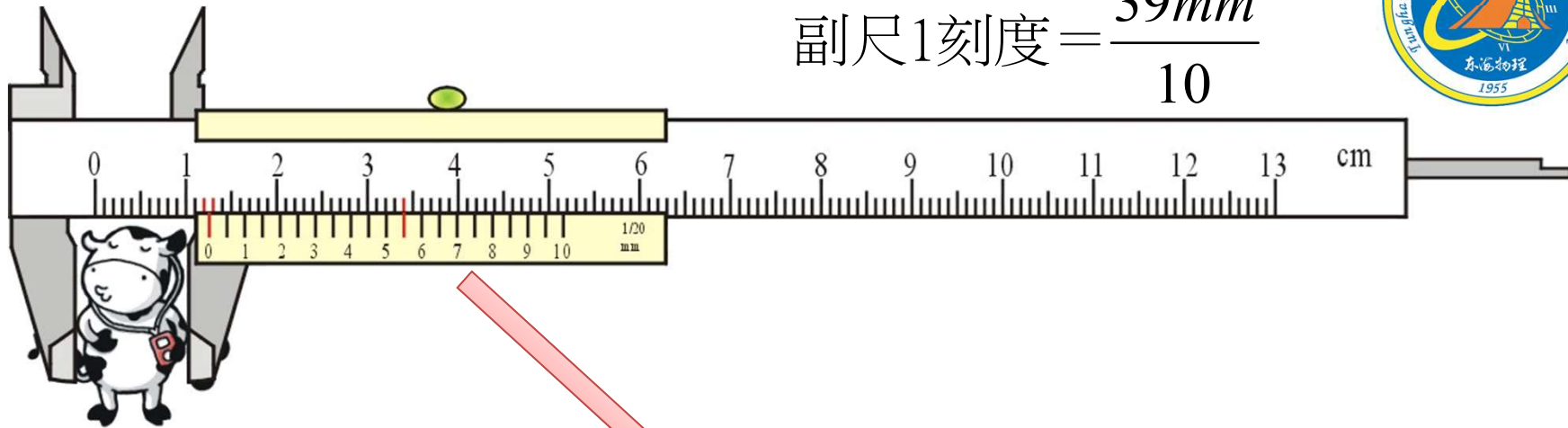


方法一：用數學去計算

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



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



方法二：直接判讀

副尺0在主尺的12mm和13mm之間

所以

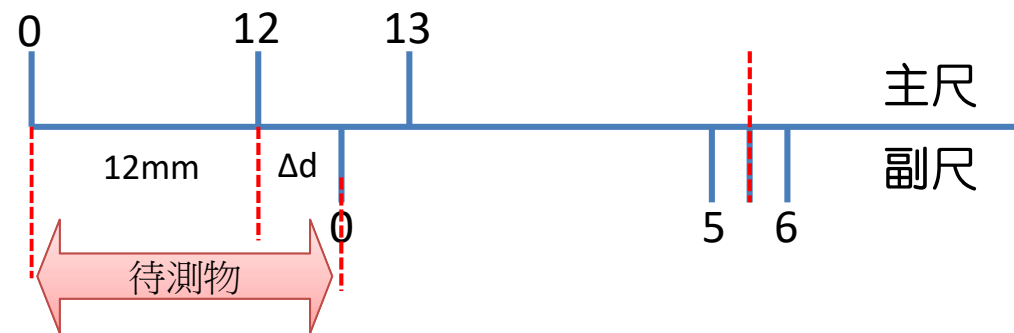
待測物為 $12 + \Delta d$ (單位：mm)

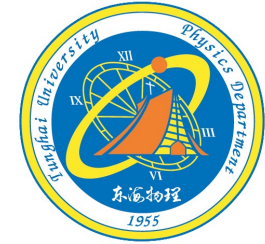
副尺5.5刻度與主尺某一刻度對齊

SO...

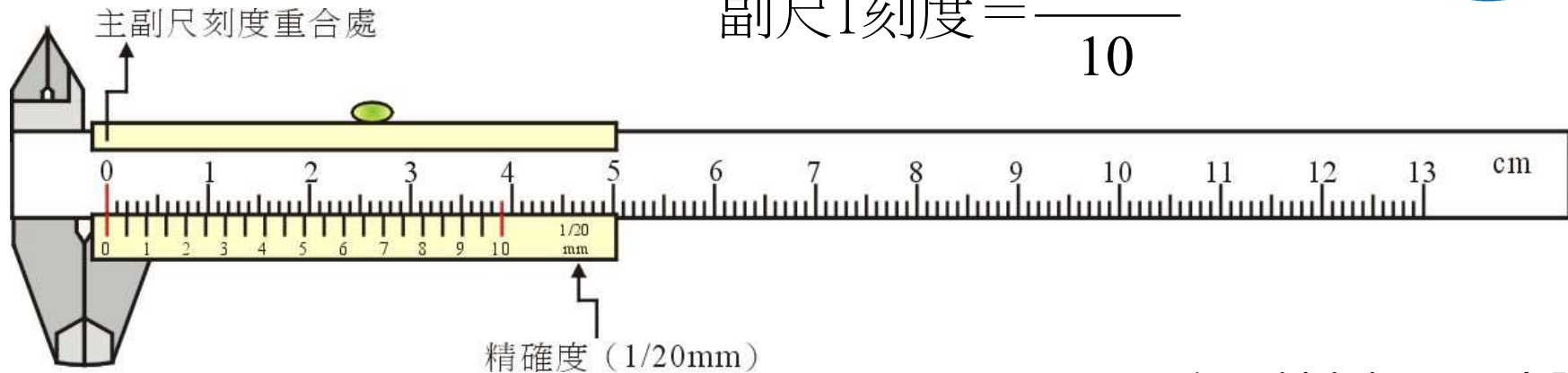
$$\Delta d = 0.55\text{mm}$$

$$\Rightarrow 12.55\text{mm}$$

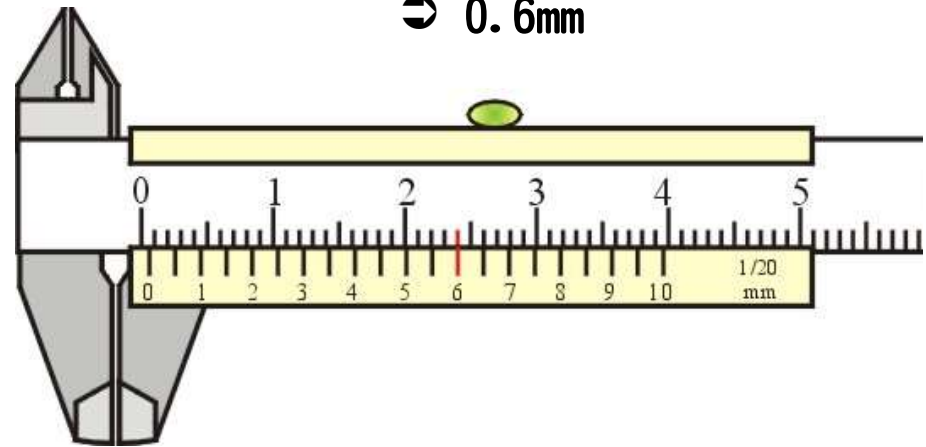
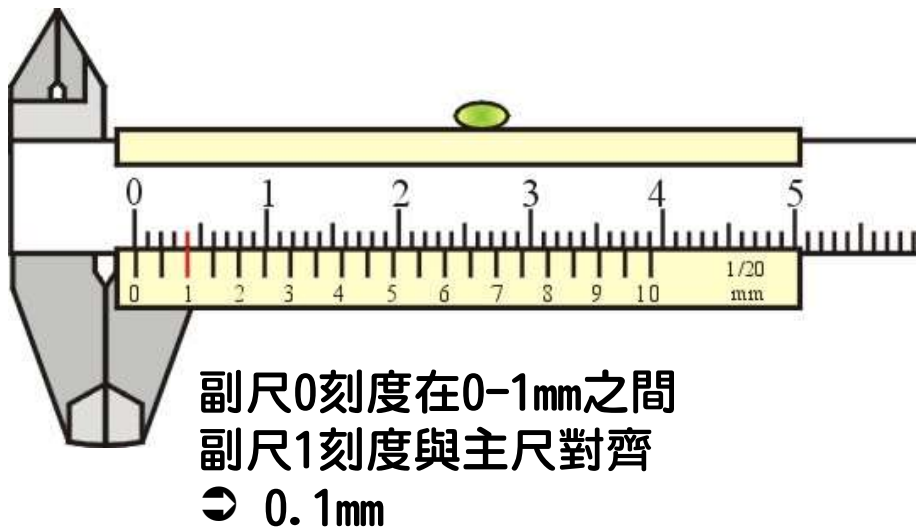


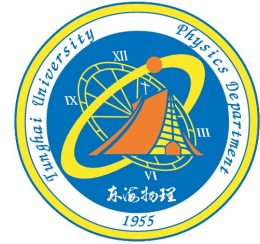


$$\text{副尺1刻度} = \frac{3.9\text{cm}}{10}$$



副尺0刻度在0-1mm之間
副尺6刻度與主尺對齊
⇒ 0.6mm





使用游標尺讀值時…
需不需要～
估計值？

要！

BUT～

需要估計值的
那把游標尺…
實驗室沒有～



游標尺 (這兩款實驗室都沒有)

都沒有

都沒有

都沒有

都沒有

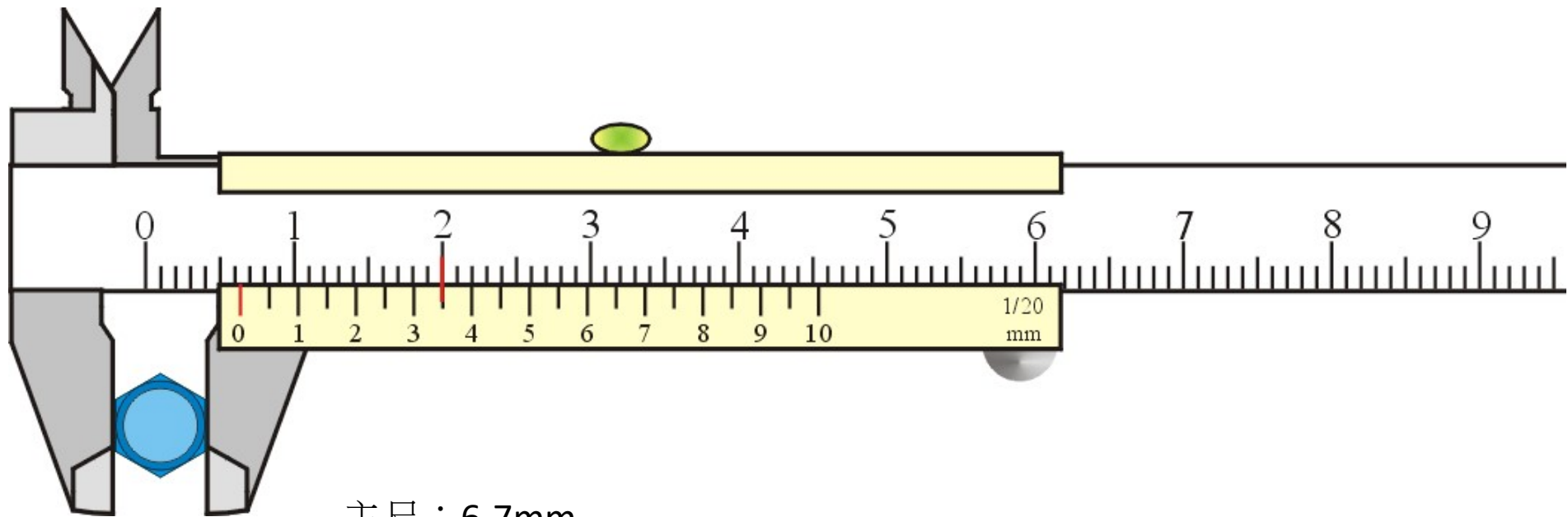
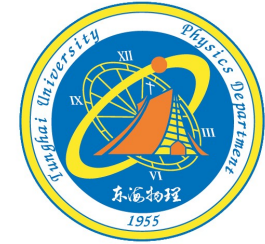
直接讀數字



需要紀錄估計值的
那把游標尺…
實驗室沒有~



有估計值

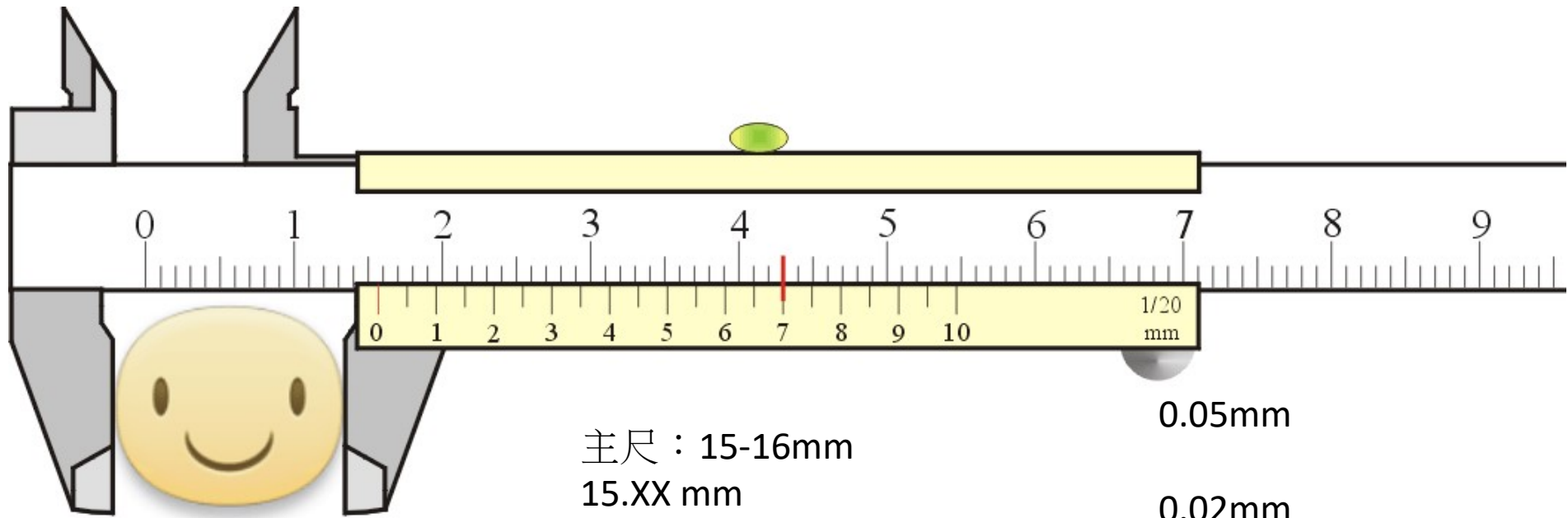
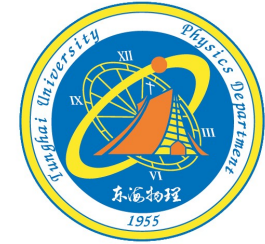


主尺：6-7mm

6.XX mm

1) 直接讀值：6.35mm

2) 計算結果： $20\text{mm} - 3.5 * (39\text{mm}/10) = 6.35\text{mm}$



主尺：15-16mm

15.XX mm

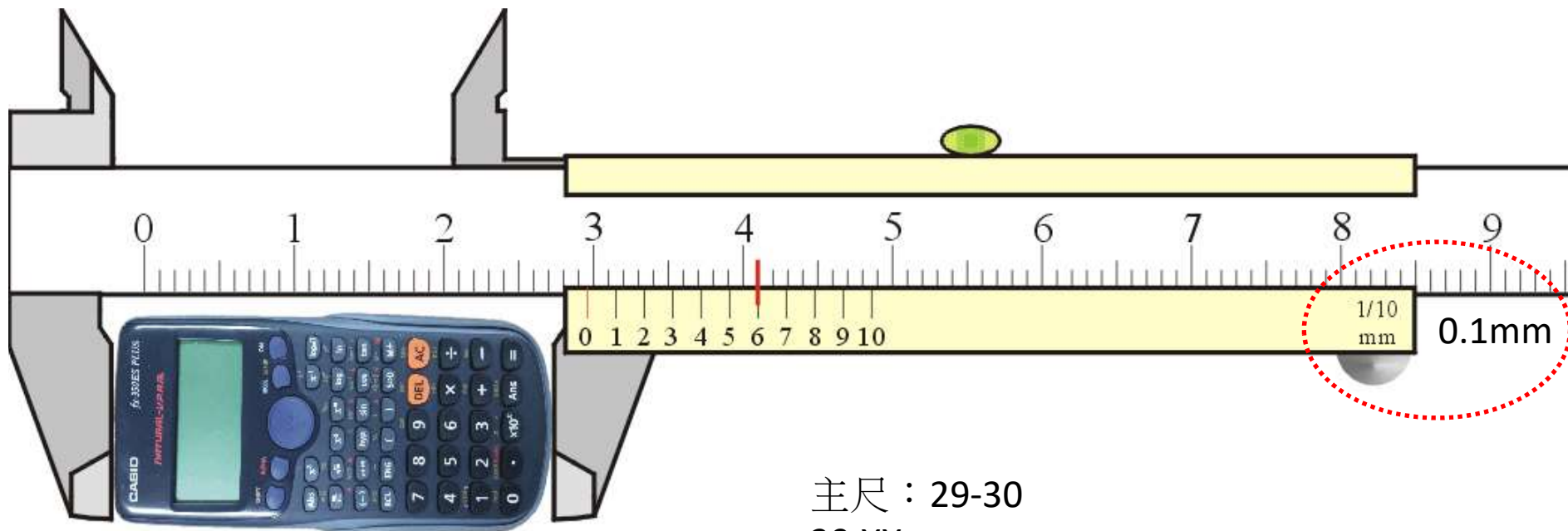
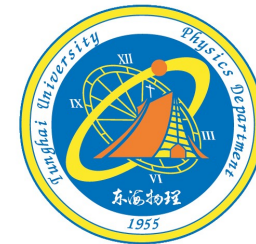
15.70 mm(yes)

15.7 mm(NO)

0.05mm

0.02mm

這把游標尺不需要估計值。



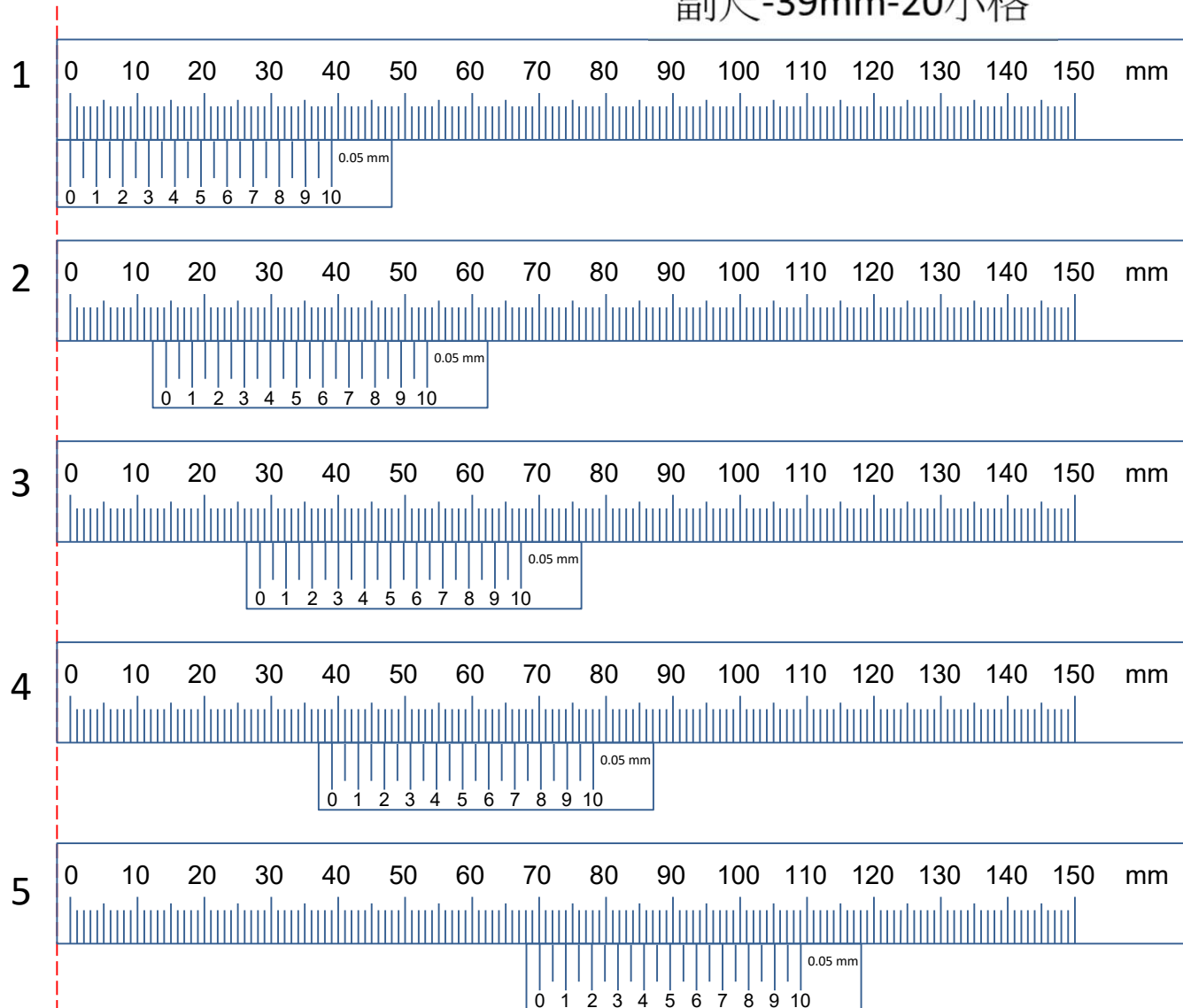
主尺：29-30
29.XX mm
29.6mm? (yes)
29.60mm? (NO)

這把游標尺不需要估計值。

游標尺

主尺-15cm

副尺-39mm-20小格



精確度_____mm

1、_____mm

2、_____mm

3、_____mm

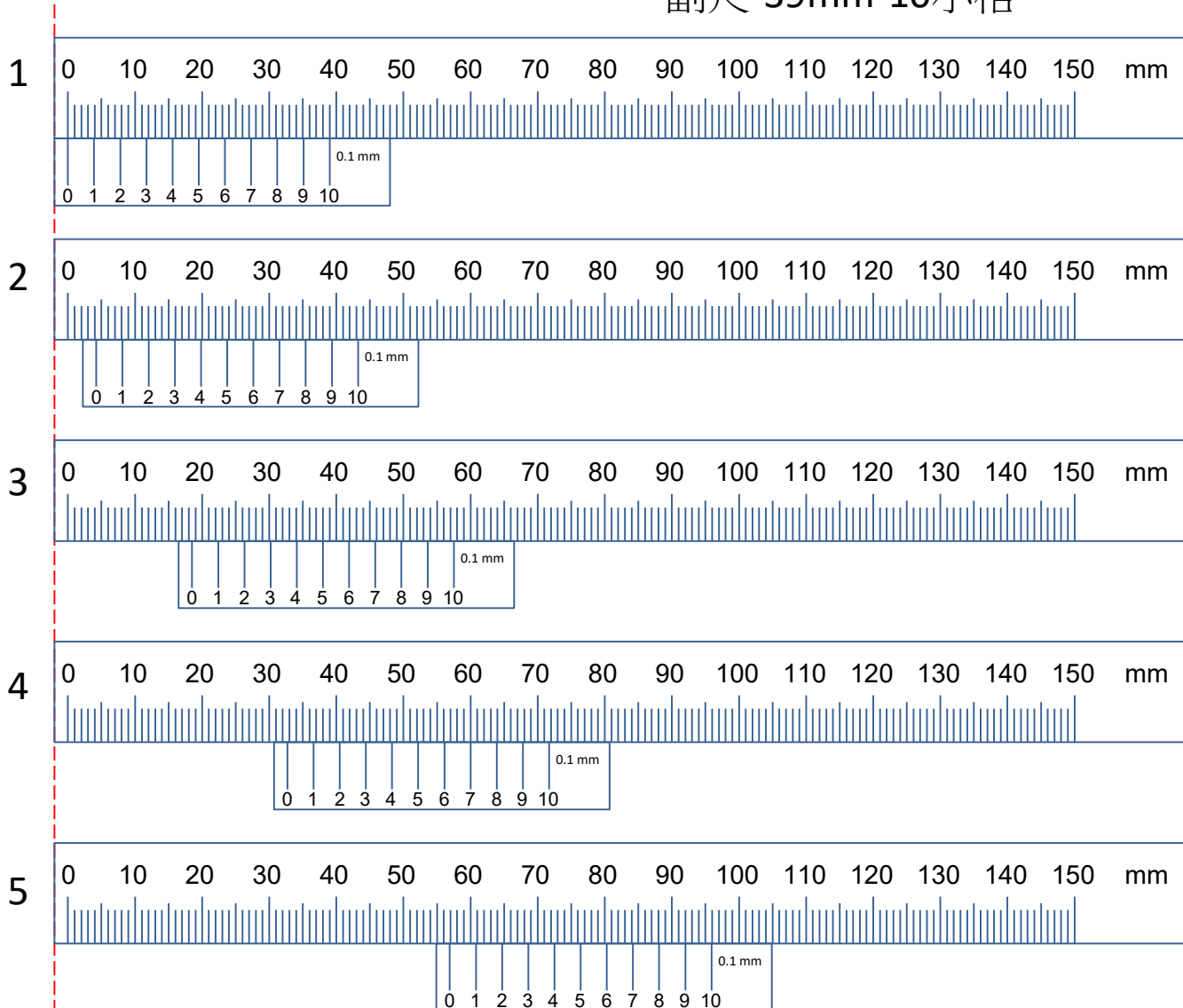
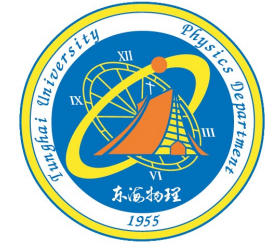
4、_____mm

5、_____mm

游標尺

主尺-15cm

副尺-39mm-10小格



精確度_____mm

1、_____mm

2、_____mm

3、_____mm

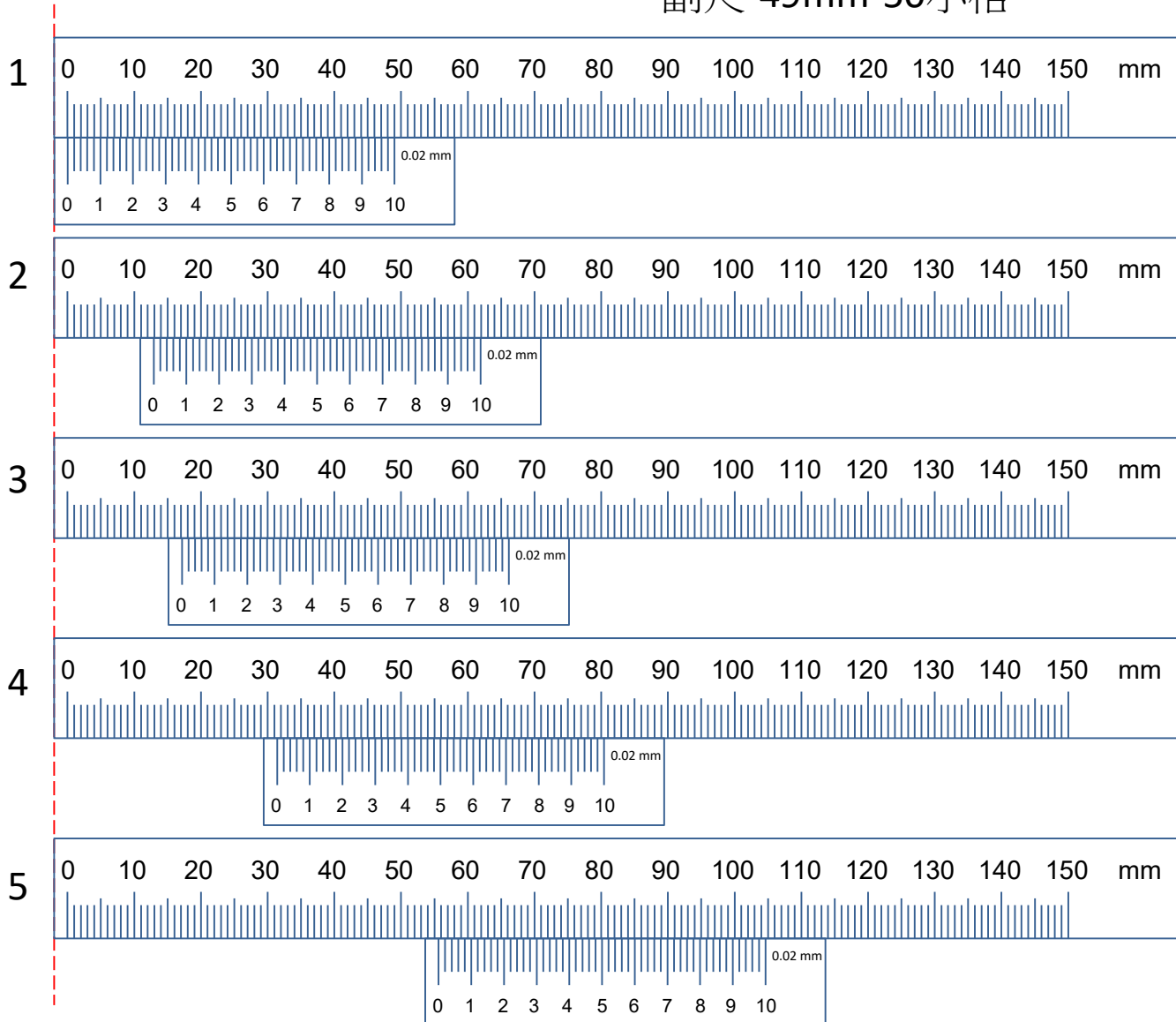
4、_____mm

5、_____mm

游標尺

主尺-15cm

副尺-49mm-50小格



精確度_____mm

1、_____mm

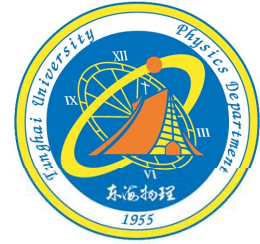
2、_____mm

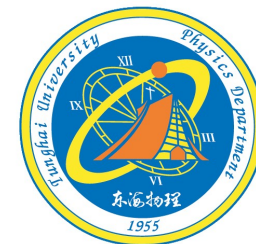
3、_____mm

4、_____mm

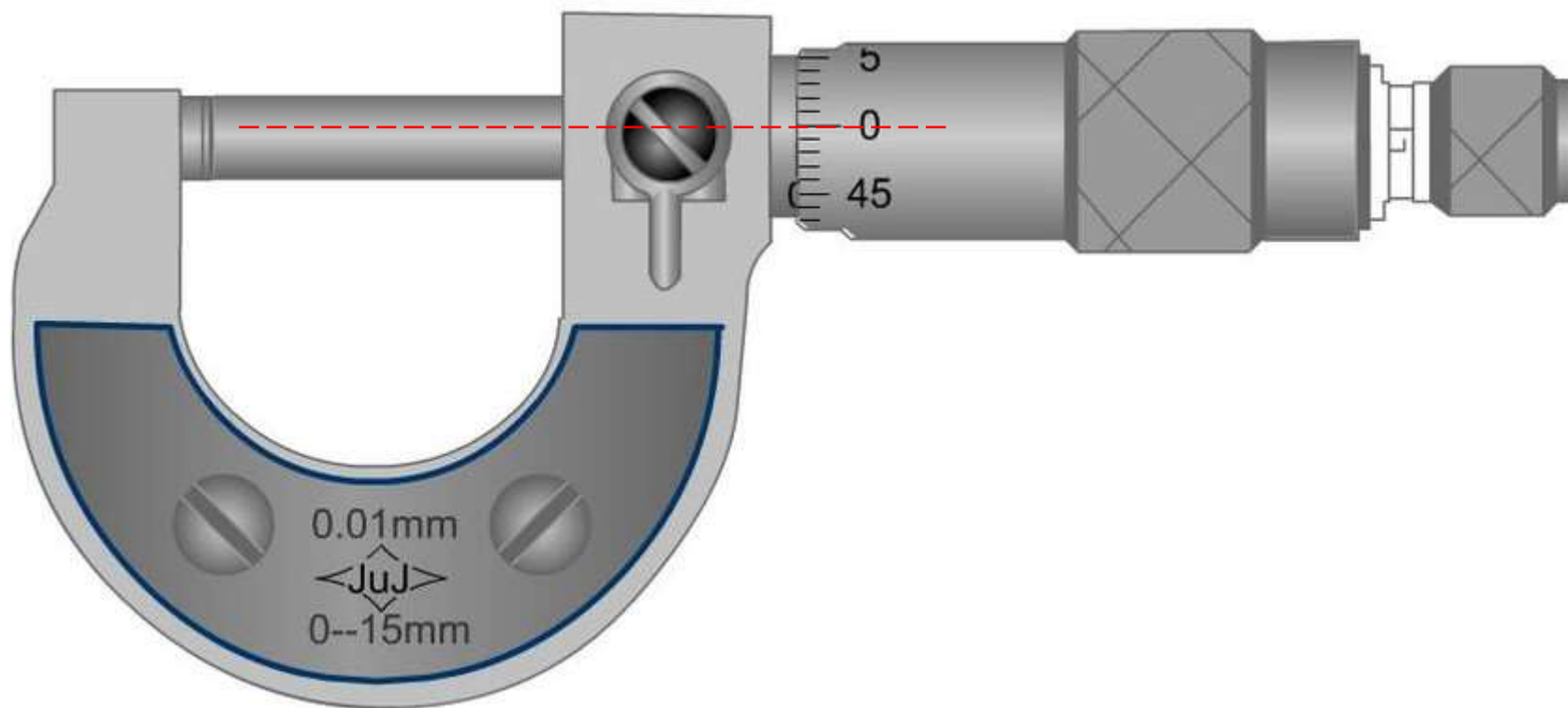
5、_____mm

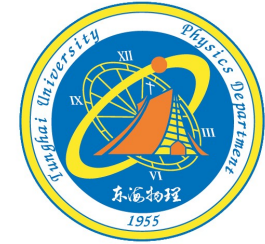
螺旋測微器





螺旋測微器 歸零校正

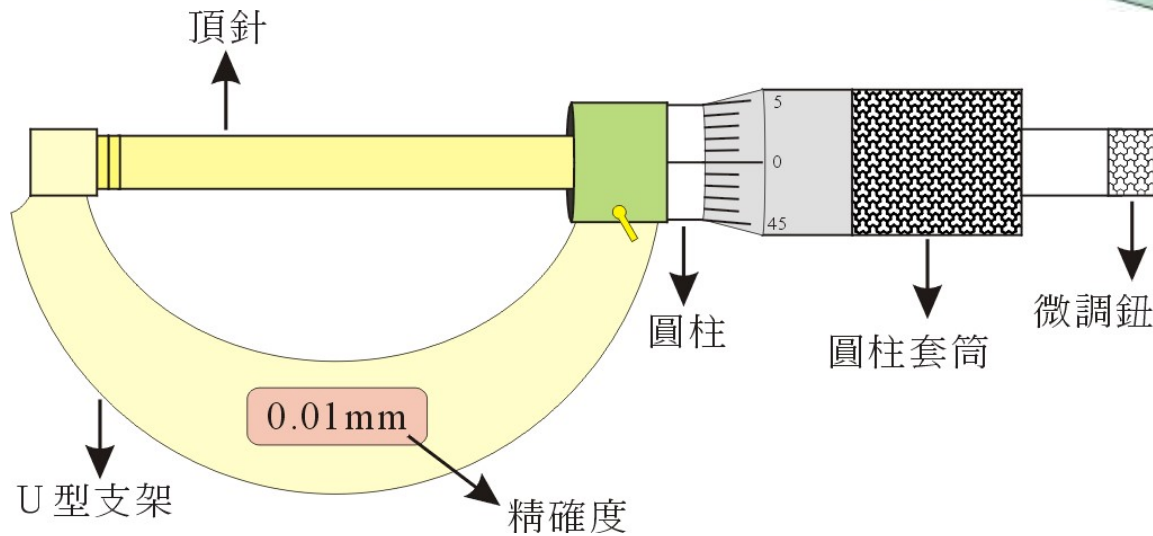
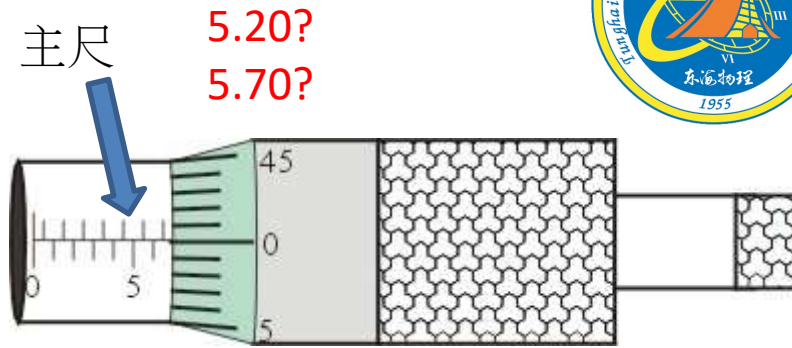




螺旋測微器

- 1-歸零校正
- 2-量測讀值

2圈 (100小格) \Leftrightarrow 1mm
1小格 \Leftrightarrow 0.01mm



使用螺旋測微器時，為使每次測量均在被測物上施以相同的壓力，以減少形變誤差；也為了避免損壞精確的螺旋刻度起見，當頂針已將被測物輕輕夾住時，勿再旋轉圓柱套筒，此時應旋轉位於套筒後的微調鈕，直到聽到“三響”“滴答”聲為止，讀取數值即可。



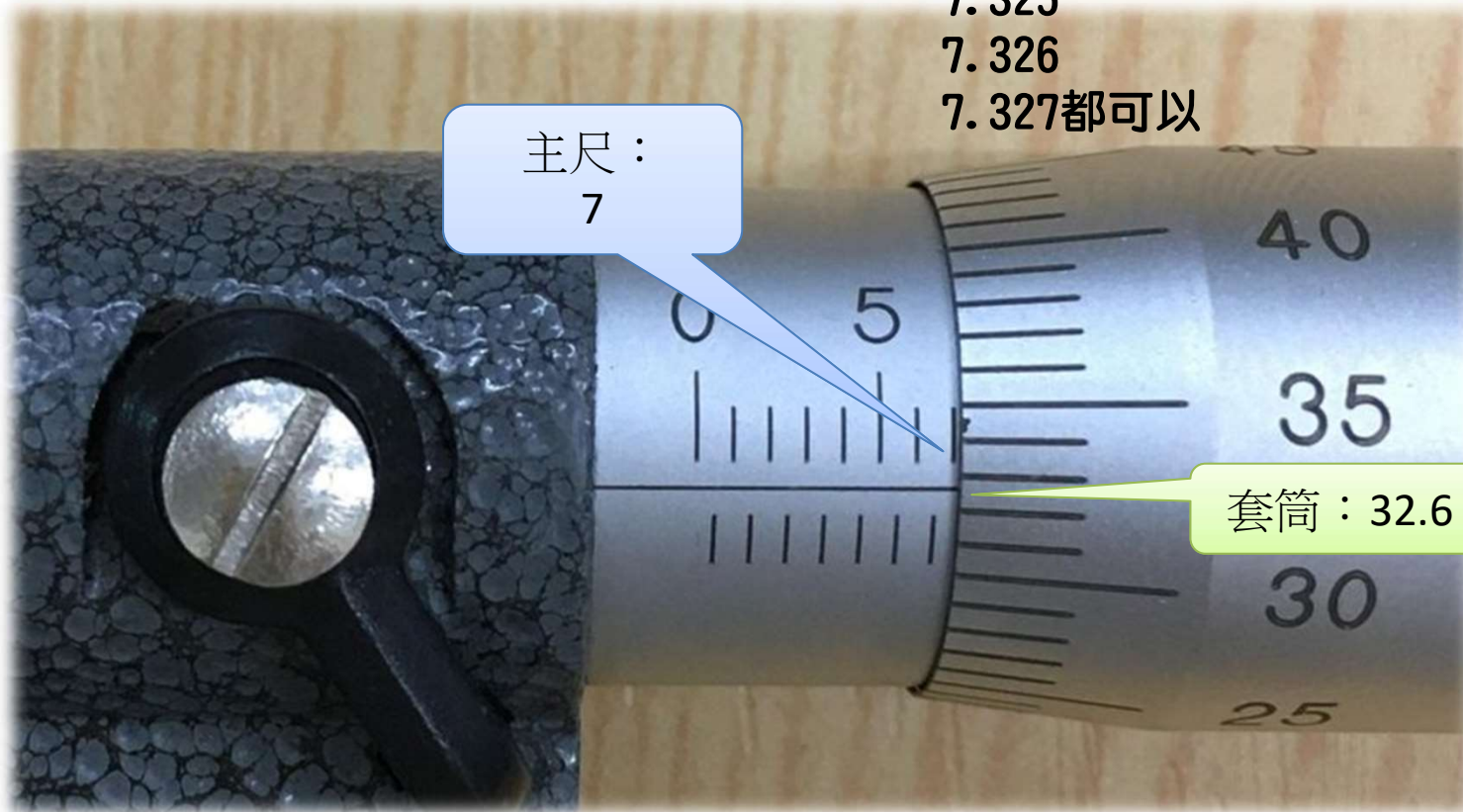
最後一位數是估計值

所以

7.325

7.326

7.327都可以



主尺：
7

套筒：32.6

2圈 (100小格) \Rightarrow 1mm

1小格 \Rightarrow 0.01mm

讀值： $7+0.325=7.326$

準確值：7.32

估計值：0.006

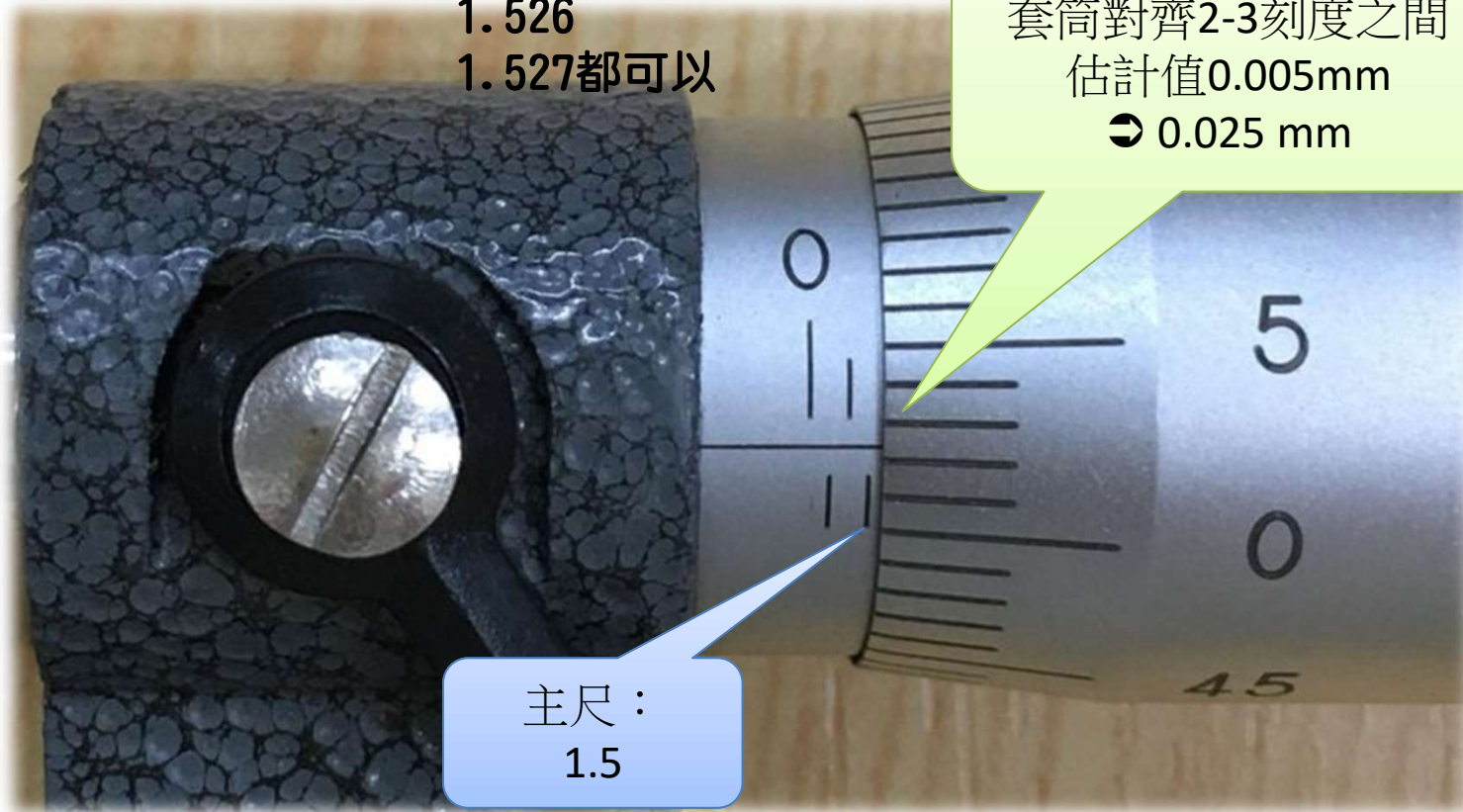
最後一位數是估計值

所以

1.525

1.526

1.527都可以



套筒對齊2-3刻度之間
估計值0.005mm
⇨ 0.025 mm

主尺：
1.5

2圈 (100小格) ⇨⇨ 1mm

1小格 ⇨⇨ 0.01mm

所以讀值是：1.525 mm
讀值：1.5+0.025=1.525
準確值：1.52
估計值：0.005



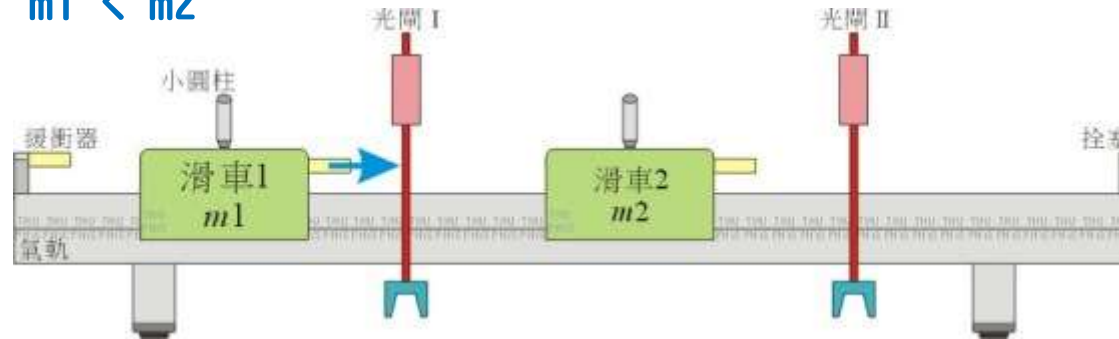
動量守恆

$$m_1 > m_2$$

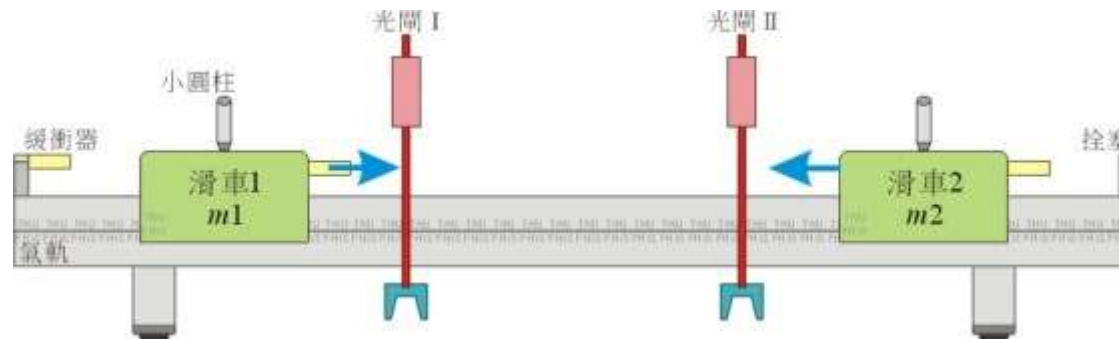
$$m_1 = m_2$$

$$m_1 < m_2$$

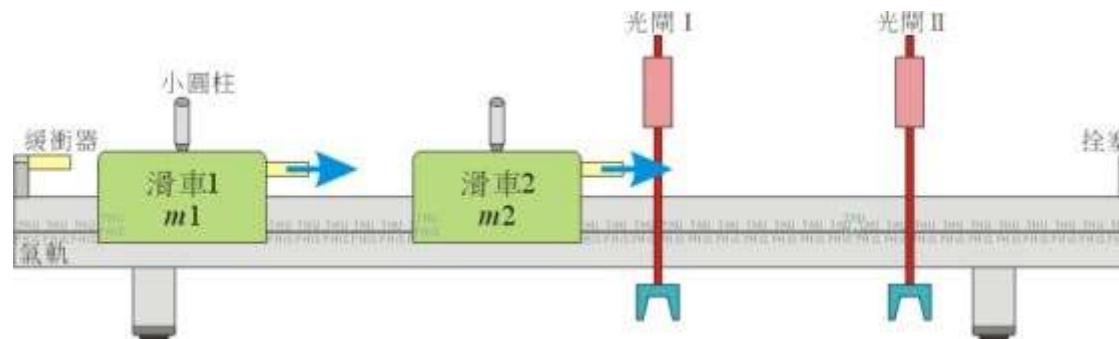
碰撞靜物

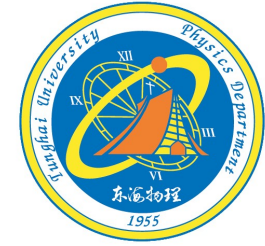


兩物碰撞



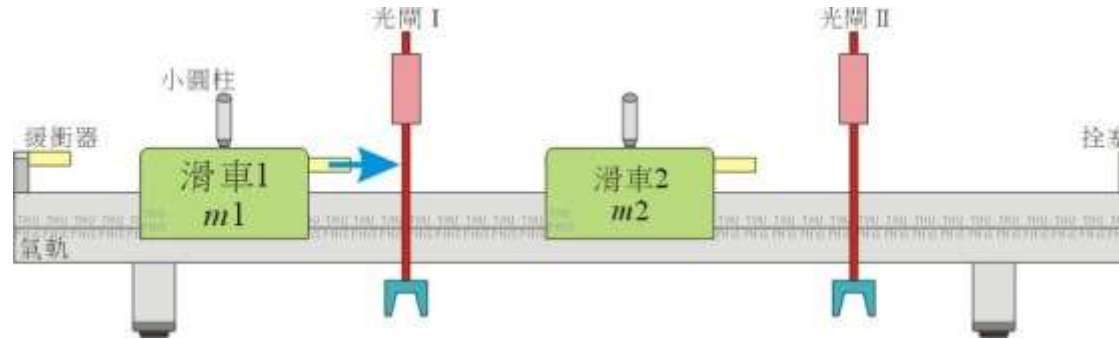
兩物追撞





動量守恆

碰撞靜物



碰撞前

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}$$

碰撞後

$$m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

滑車

m_1

m_2

__?_g=__?_kg

動量守恆

光柵計時器

Function 6 物體通過時間偵測。

操作程序：功能→6→次數設定→數字→歸零→啟動。

俟通過次數到達設定次數時，即自動停止。

按(1)循環顯示物體通過第一支光電管截面時間。

按(2)循環顯示物體通過第二支光電管截面時間。

按(3)循環顯示物體通過第三支光電管截面時間。

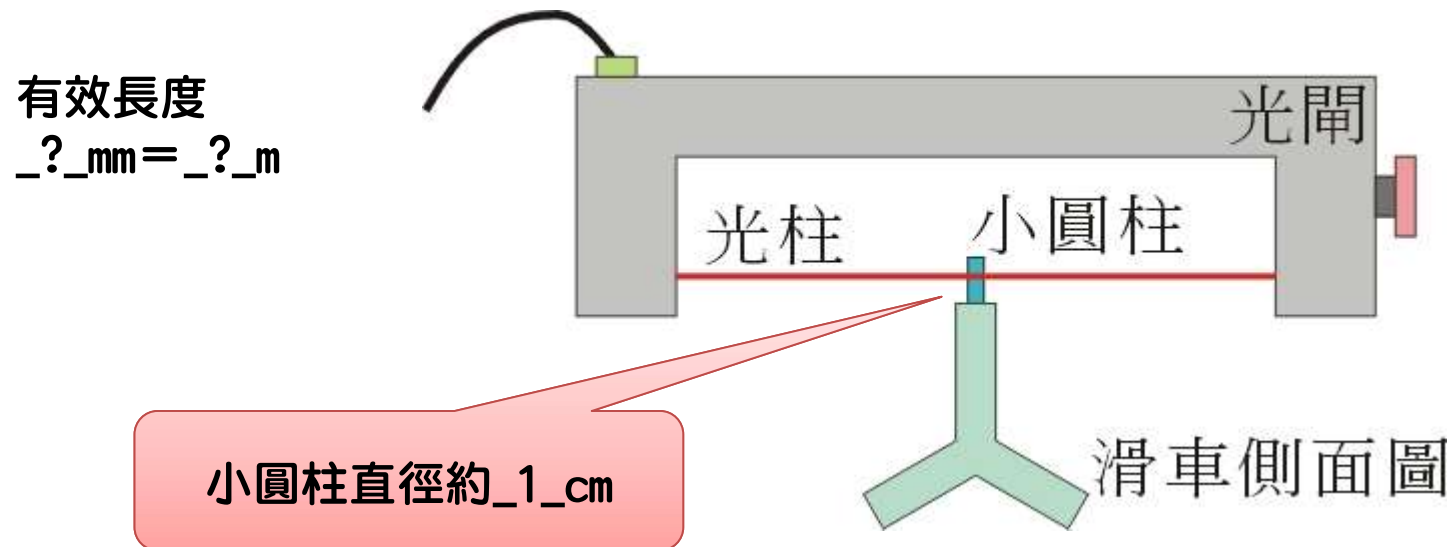




動量守恆

滑車速度=有效長度/時間

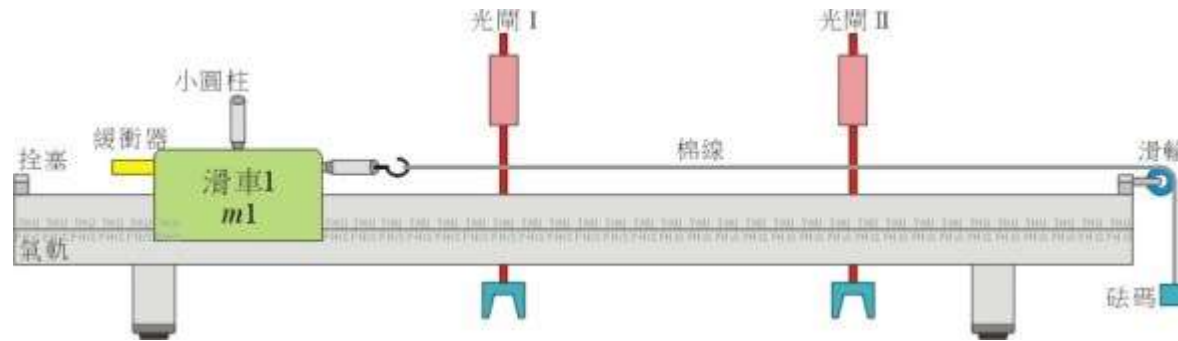
有效長度：擋住光柱的長度（依實驗步驟，此為小圓柱直徑）
時間：量測到的時間是物體通過的光電管截面積的時間。



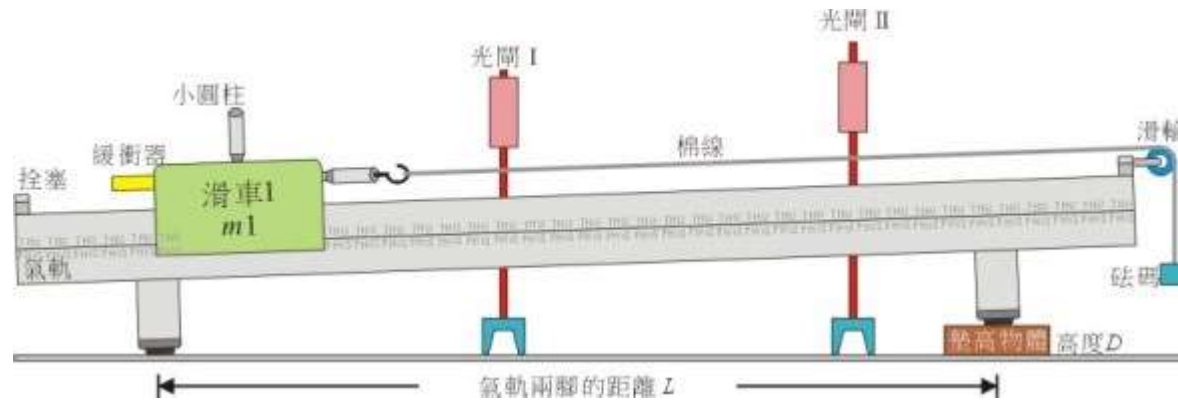


重力加速度

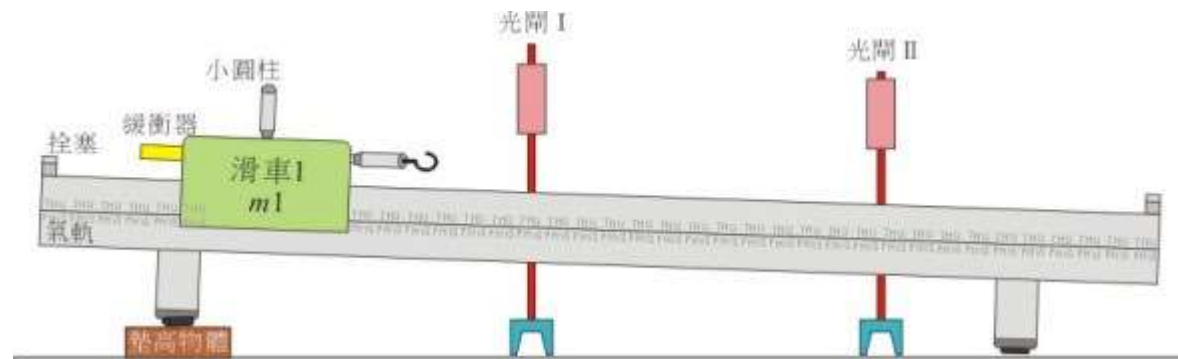
水平滑動

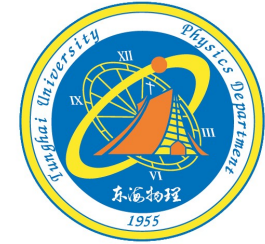


上拉



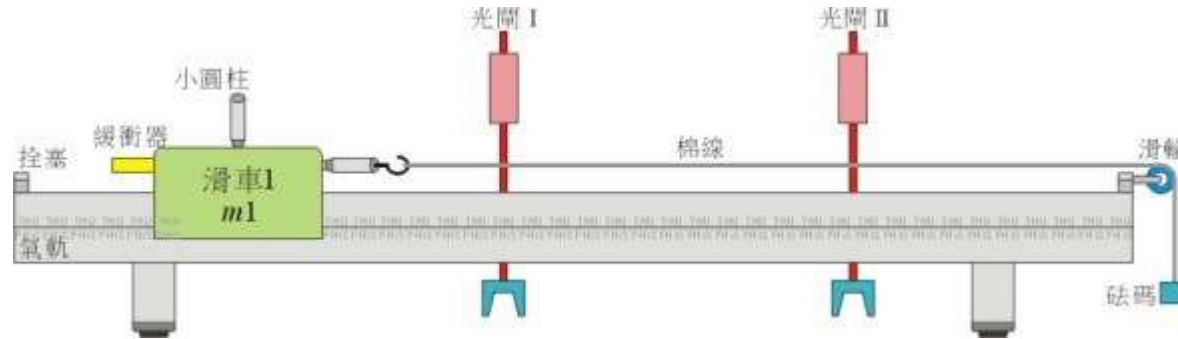
下滑





重力加速度

水平滑動



滑車： $m_1 = \text{?}_g = \text{?}_kg$

約200g

法碼： $m_2 = \text{?}_g = \text{?}_kg$

約20g

$$T = m_1 a$$

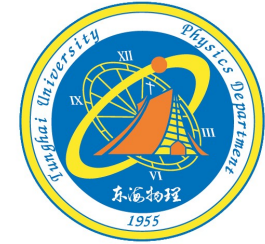
$$m_2 g - T = m_2 a$$

$$g = \frac{m_1 + m_2}{m_2} a$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2aS$$

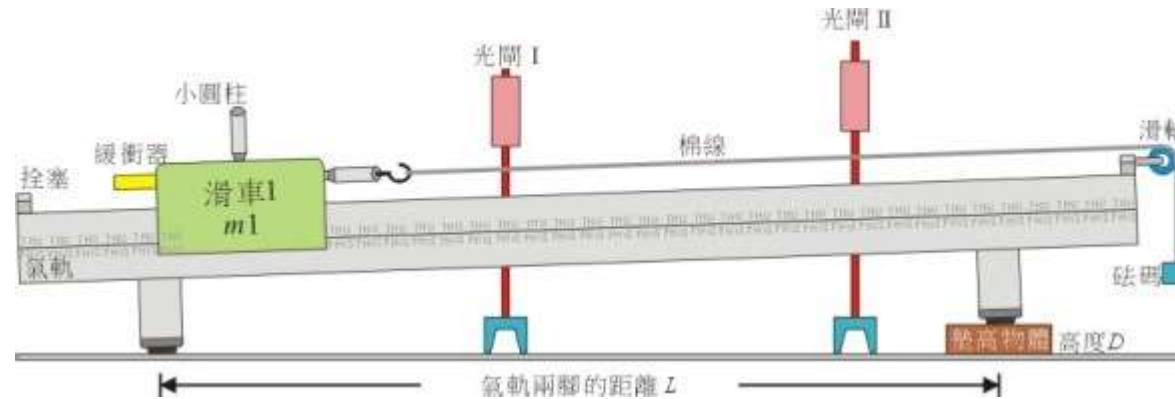
$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2S}$$

$$g = \frac{m_1 + m_2}{m_2} a$$



重力加速度

上拉



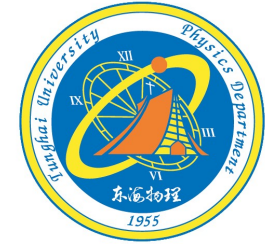
兩氣墊腳距離 L ，墊高物品高度 D

墊高角度 $\sin \theta = \frac{D}{L}$

$$T - m_1 g \sin \theta = m_1 a$$

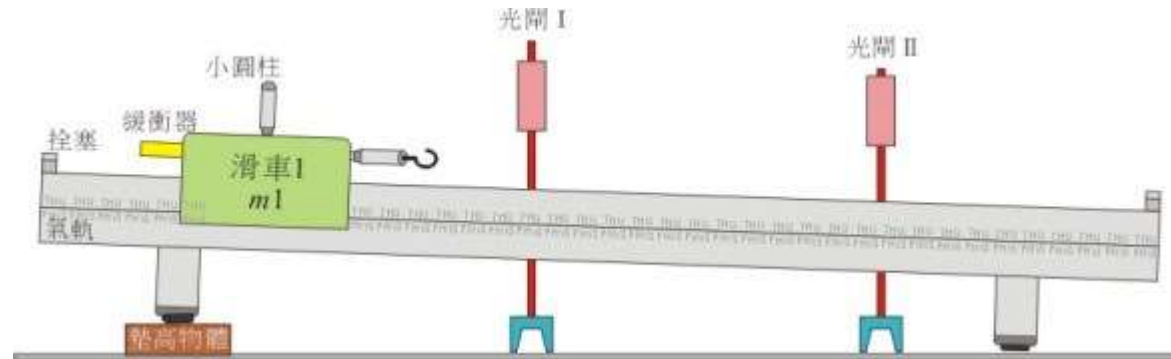
$$m_2 g - T = m_2 a$$

$$g = \frac{m_1 + m_2}{m_2 - m_1 \sin \theta} a$$



重力加速度

下滑



兩氣墊腳距離 L ，墊高物品高度 D

墊高角度 $\sin \theta = \frac{D}{L}$

$$m_1 g \sin \theta = m_1 a$$

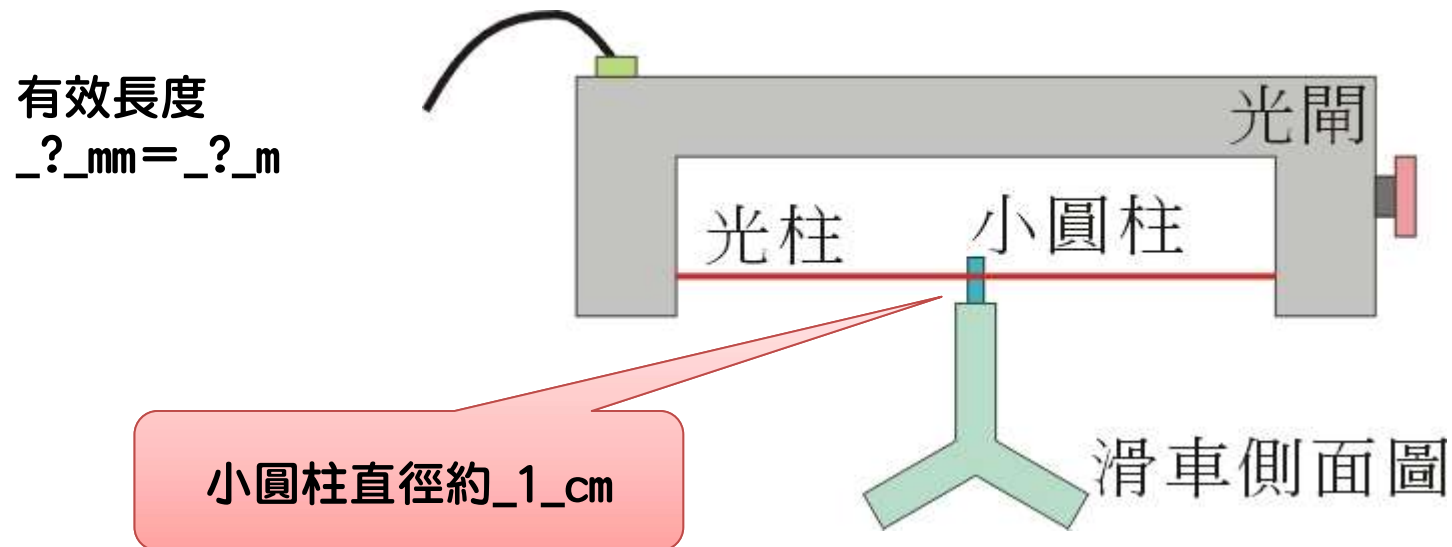
$$g = \frac{a}{\sin \theta}$$



動量守恆

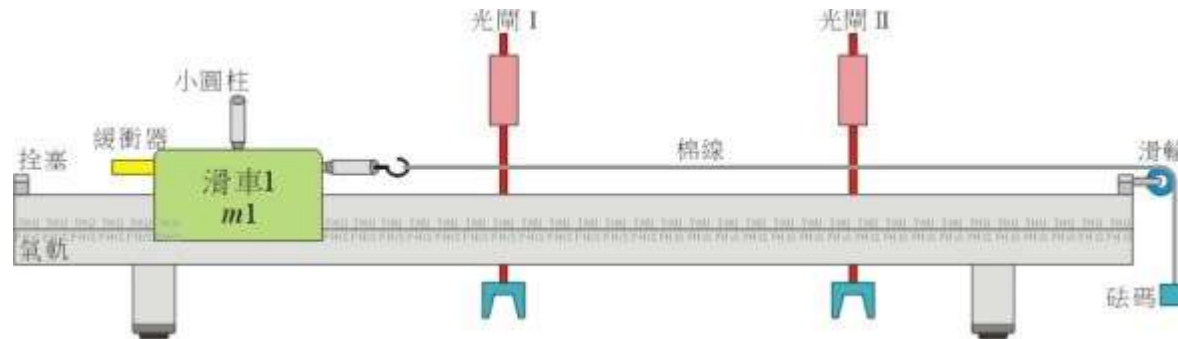
滑車速度=有效長度/時間

有效長度：擋住光柱的長度（依實驗步驟，此為小圓柱直徑）
時間：量測到的時間是物體通過的光電管截面積的時間。





重力加速度



若滑車與軌道間有摩擦力，摩擦係數為 μ

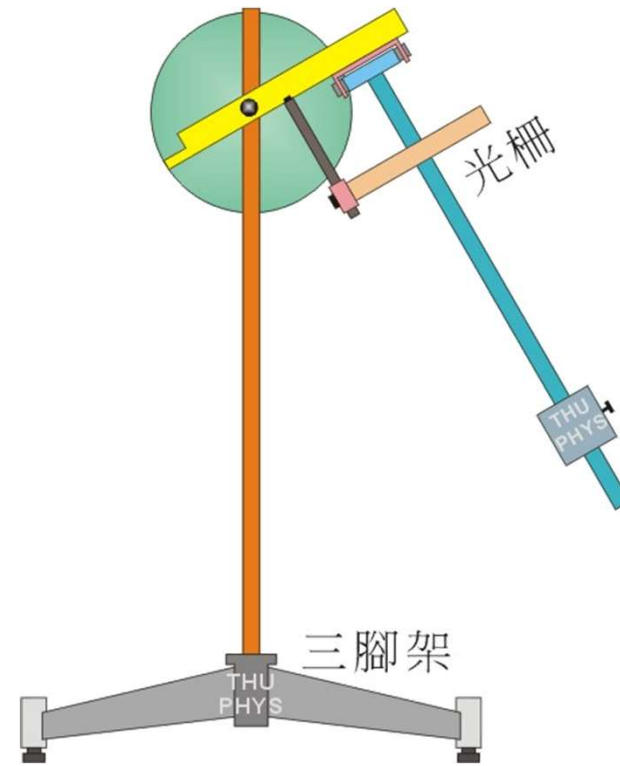
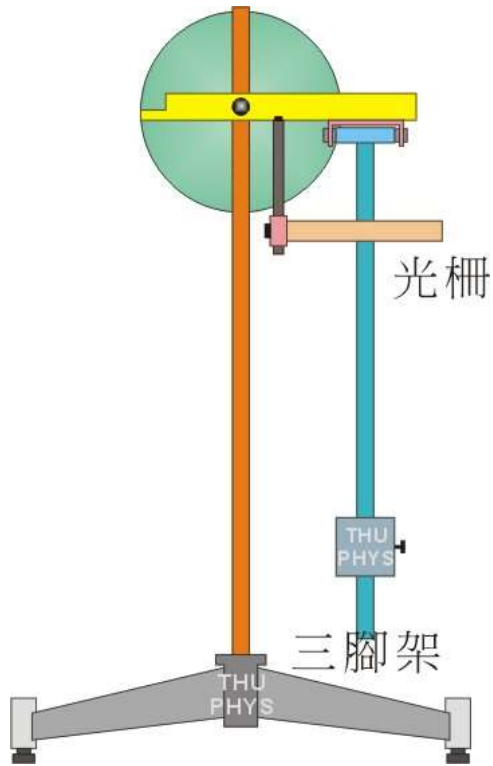
摩擦力為 μN

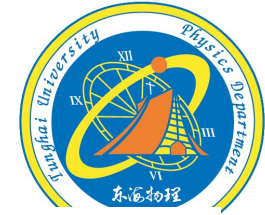
N 為正向力

重力加速度為何？

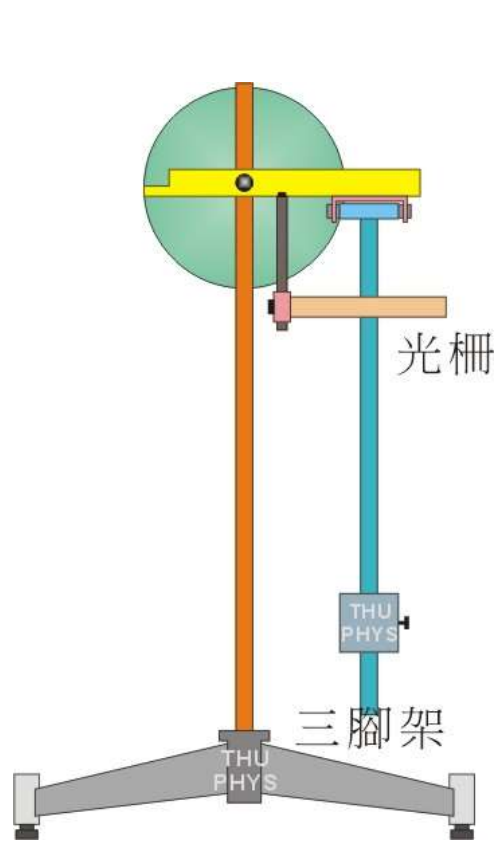


可變G擺



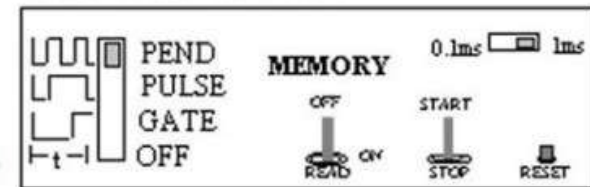


可變G擺



三種模式：

- (1) GATE MODE :
滑動體遮住光柱時開始計時，
離開時停止計時。
- (2) PULSE MODE :
滑動體遮住光柱時開始計時，
離開後，第二次遮住光柱時，停止計時。
- (3) PEND MODE :
滑動體遮住光柱時開始計時，
第三次遮住光柵時停止計時。



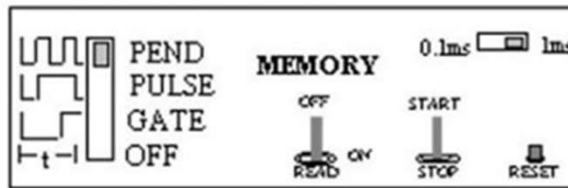
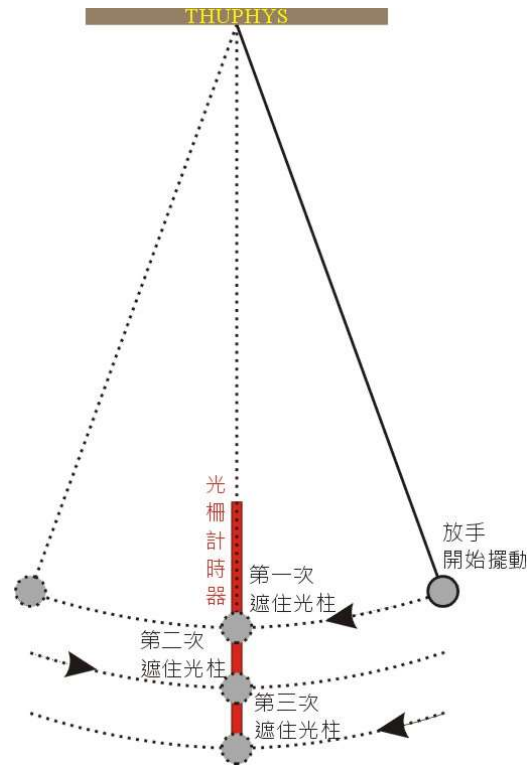
光柵計時器操作面板

可變G擺



三種模式：

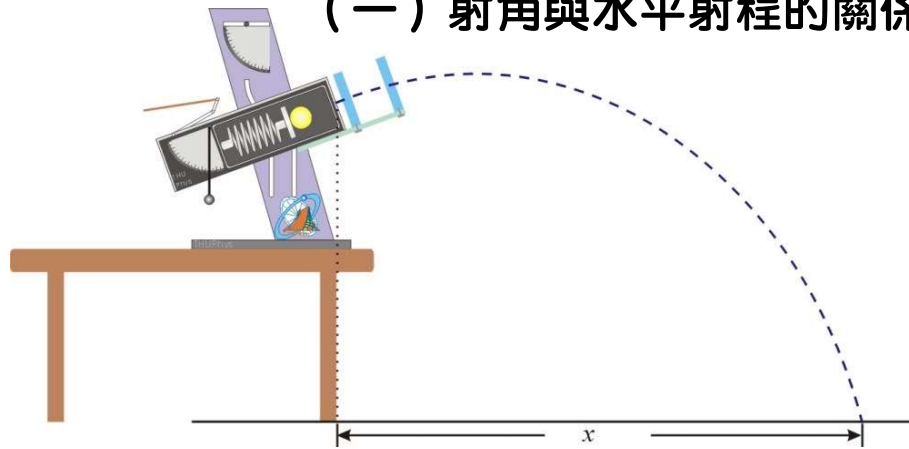
- (1) GATE MODE：
滑動體遮住光柱時開始計時，
離開時停止計時。
- (2) PULSE MODE：
滑動體遮住光柱時開始計時，
離開後，第二次遮住光柱時，停止計時。
- (3) PEND MODE：
滑動體遮住光柱時開始計時，
第三次遮住光柵時停止計時。



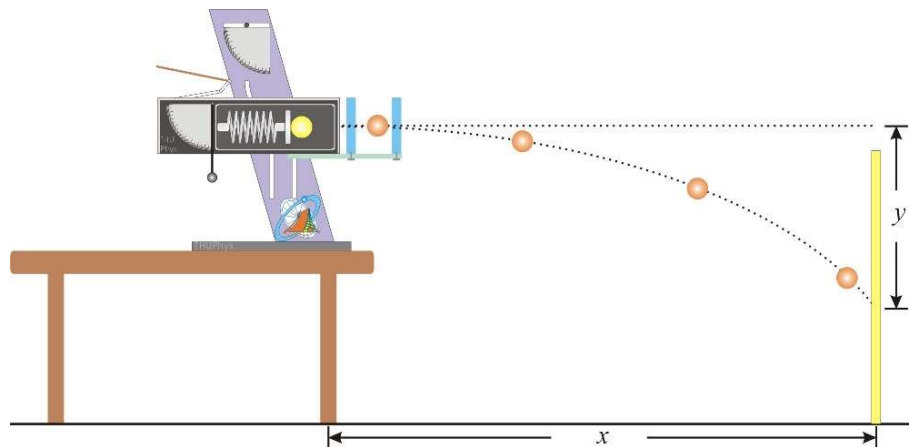
光柵計時器操作面板

拋體運動實驗

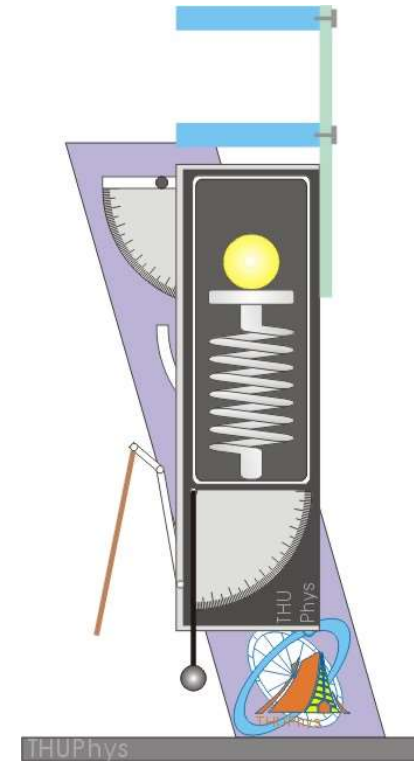
(一) 射角與水平射程的關係

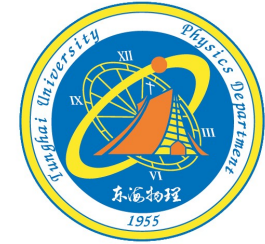


(二) 拋體軌跡



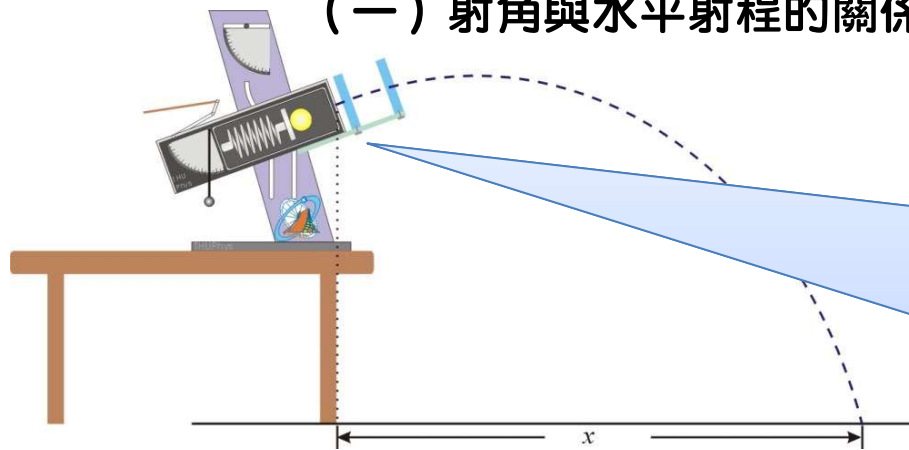
(三) 能量守恆





拋體運動實驗

(一) 射角與水平射程的關係

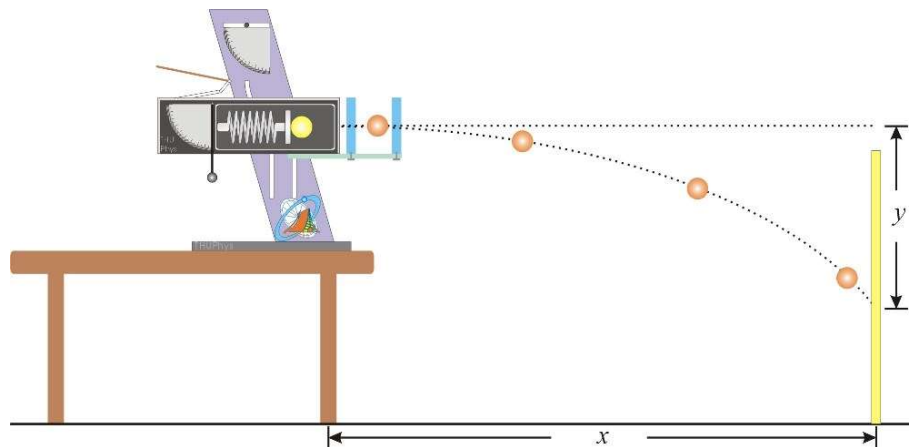


彈簧壓縮
壓至short即可

不需到mid或long
實驗室空間沒那麼大

PS：留意塑膠球跑到哪裡了

(二) 拋體軌跡



發射器前方有人時
禁止將球射出



拋體運動實驗

這台光電計時器
面板有三個按鈕與一個旋鈕
按鈕-

RESET
MEMORY
START

旋鈕-

五種模式

模式一：Gate

模式二：Pulse

模式三：Pendulum

以上三種模式，僅測量孔1（光閘1）有作用

模式四：Gravity

模式五：Newton's second law of motion ($F=ma$)



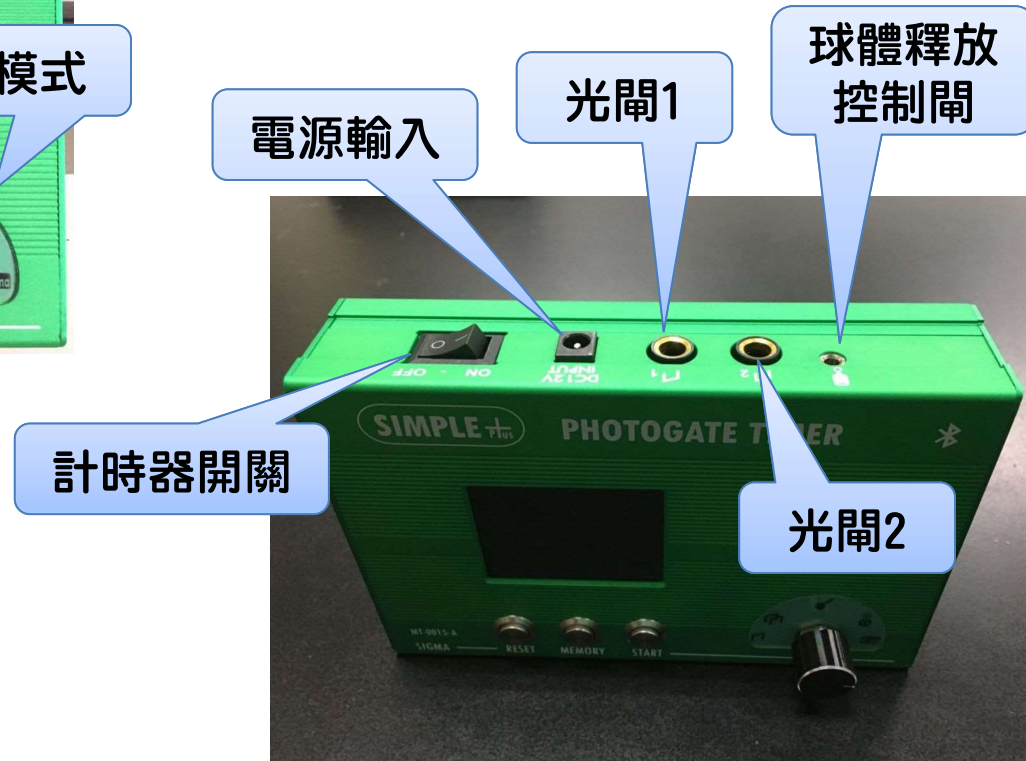
拋體運動實驗



五種模式

這台光電計時器有五種模式

- 模式一：Gate
- 模式二：Pulse
- 模式三：Pendulum
- 模式四：Gravity
- 模式五：Newton's second law of motion ($F=ma$)



電源輸入

光閘1

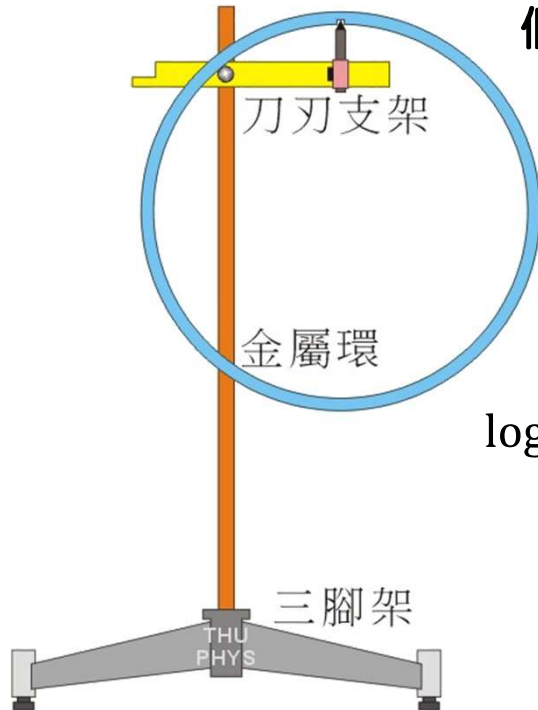
球體釋放
控制閘

計時器開關

光閘2



環擺經驗方程式



假設週期 T 與直徑 d 的關係

$$T = A \cdot d^n$$

T : 週期

A : 比例常數

d : 直徑

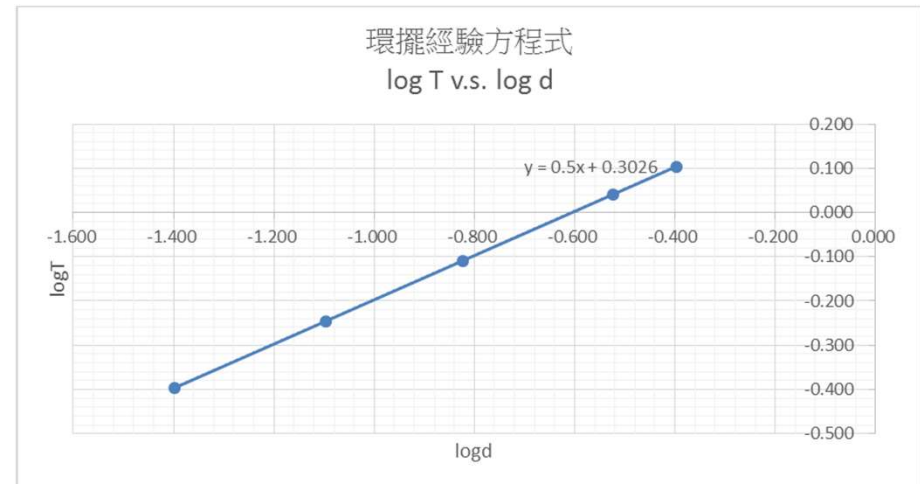
n : 一未知常數

$$\log T = \log A + n \log d$$

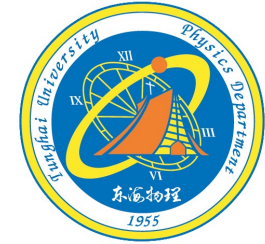
$$A = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$$

$$n = \frac{1}{2}$$

使用Excel畫圖，
並秀出趨勢線公式



	d(mm)	d(m)	log d	T(sec)	log T
金屬環1	40	0.04	-1.398	0.401	-0.396
金屬環2	80	0.08	-1.097	0.568	-0.246
金屬環3	150	0.15	-0.824	0.777	-0.109
金屬環4	300	0.3	-0.523	1.099	0.041
金屬環5	400	0.4	-0.398	1.269	0.104



基礎光學

反射

入射角 = 反射角

折射

斯乃耳定律 (Snell's Law)

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

幾何成像

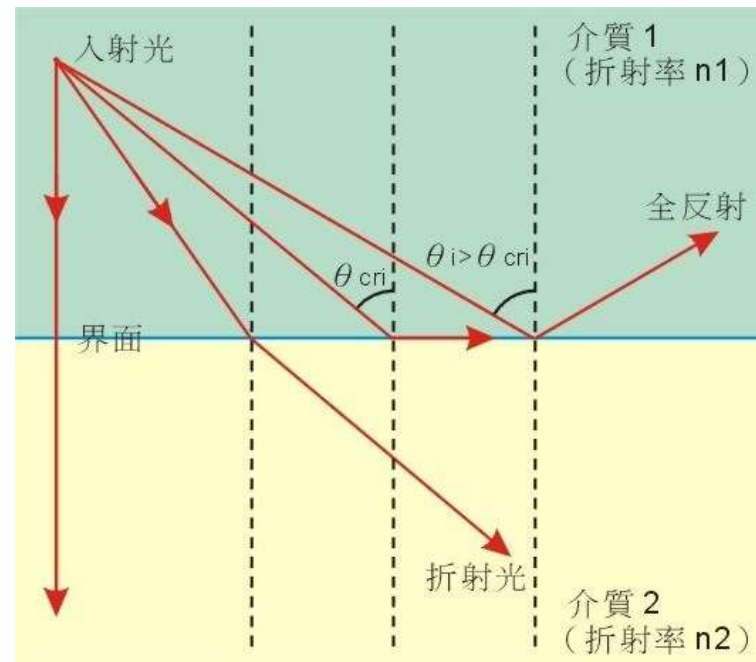
薄透鏡成像公式

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

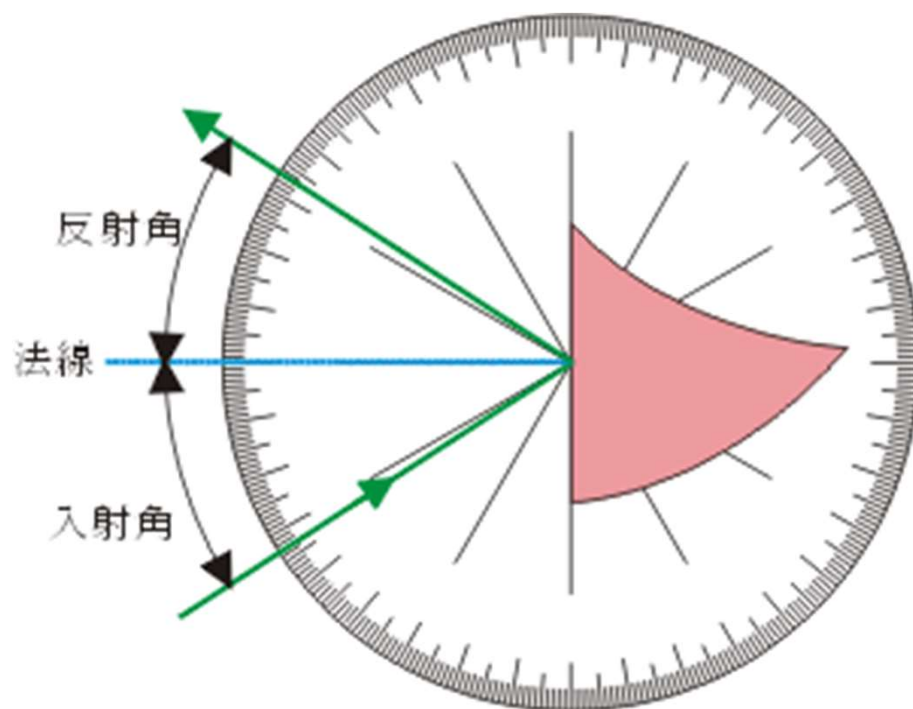
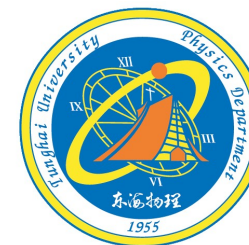
放大率

$$\text{實驗放大率 } m_1 = \frac{h_i}{h_o}$$

$$\text{理論放大率 } m_2 = \frac{d_i}{d_o}$$



基礎光學-反射



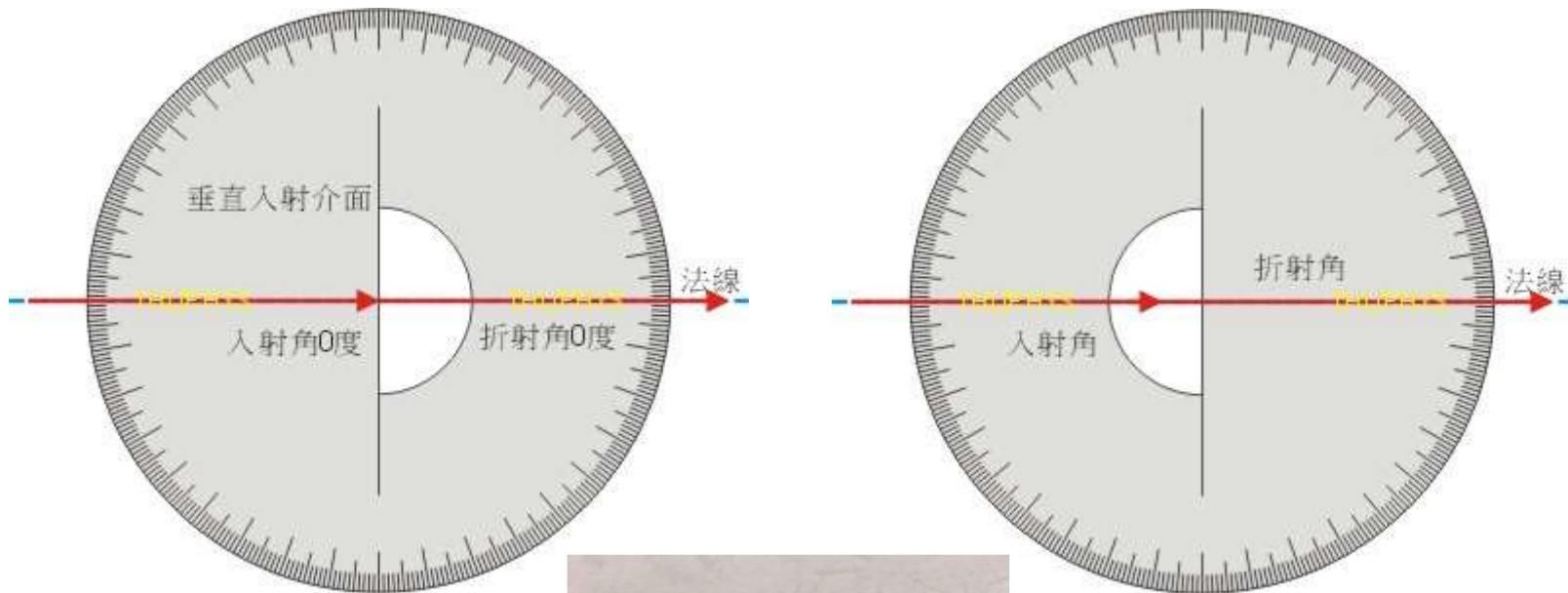
基礎光學-折射

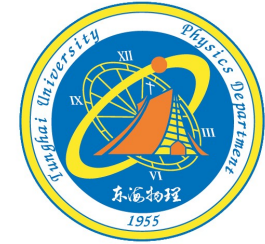
對光

光從圓心入射

入射角 0 度

折射角 0 度





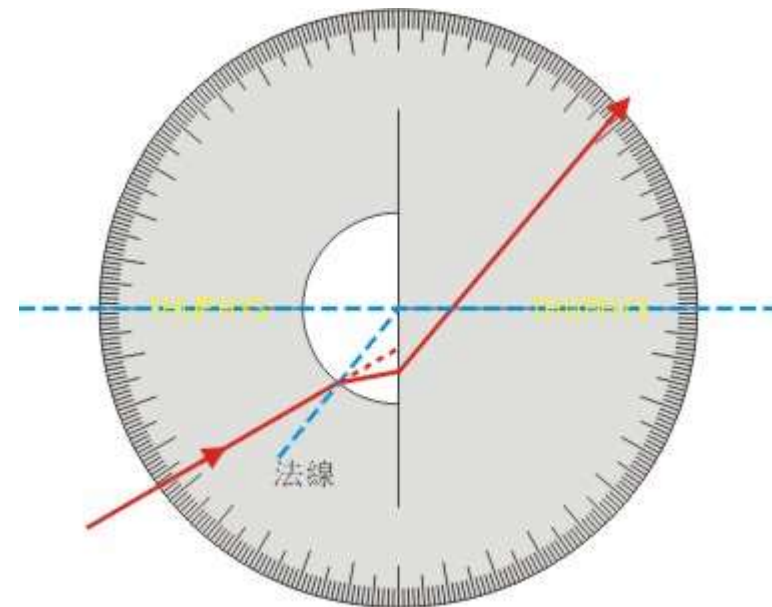
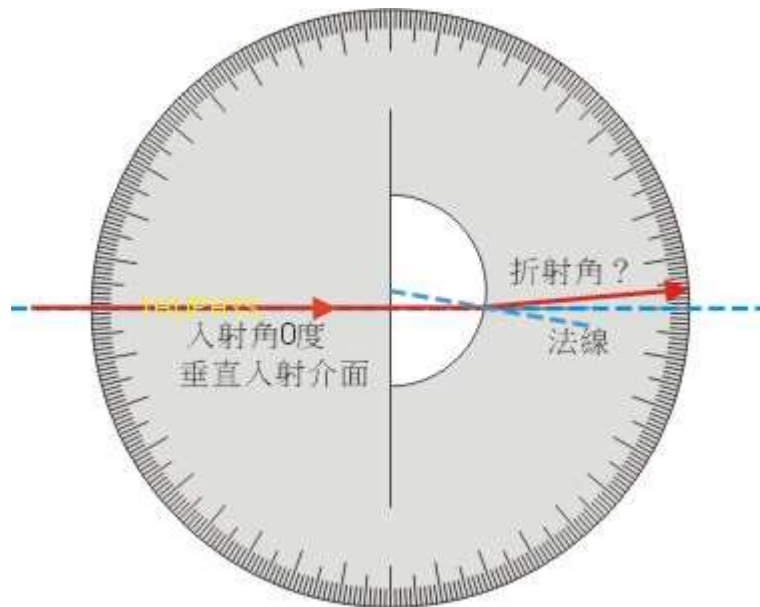
基礎光學-折射

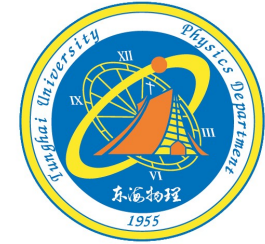
對光

沒對好~光『沒有』從圓心入射

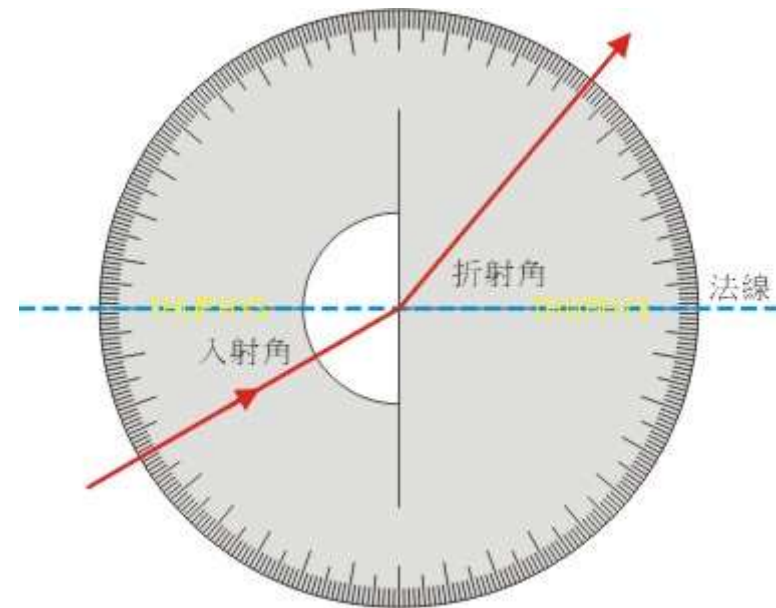
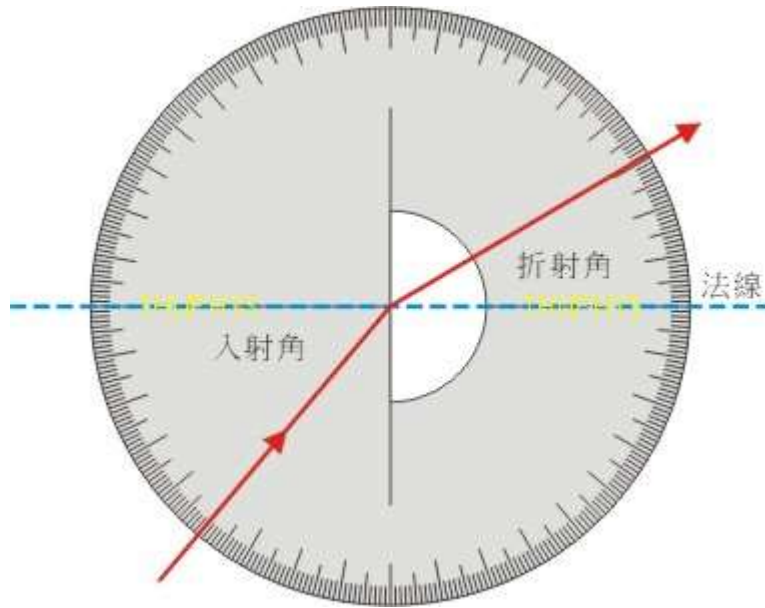
入射角 0 度

折射角 ? 度

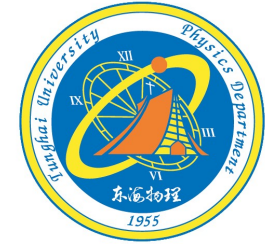




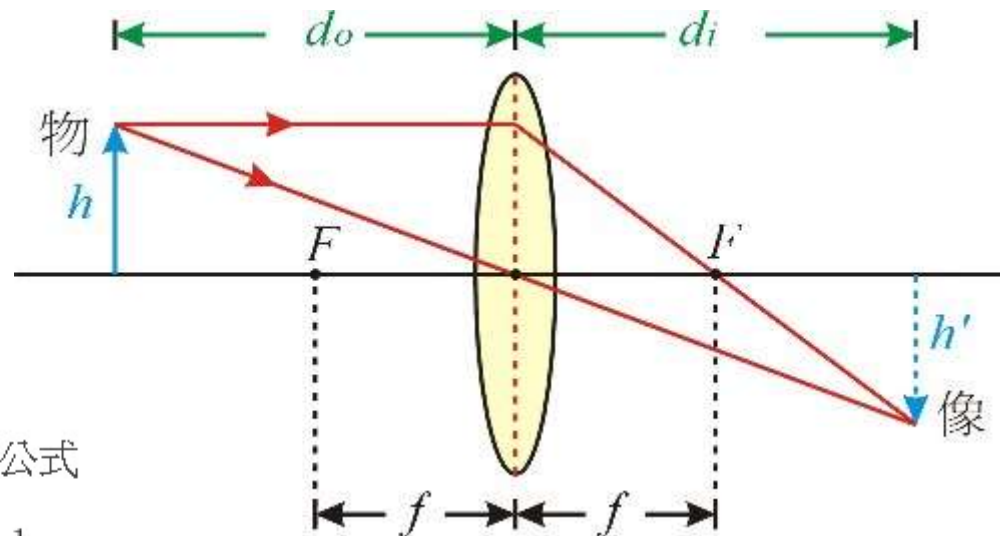
基礎光學-折射



半圓形透鏡是壓克力材質
折射率約為1.49



基礎光學-幾何成像



薄透鏡成像公式

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

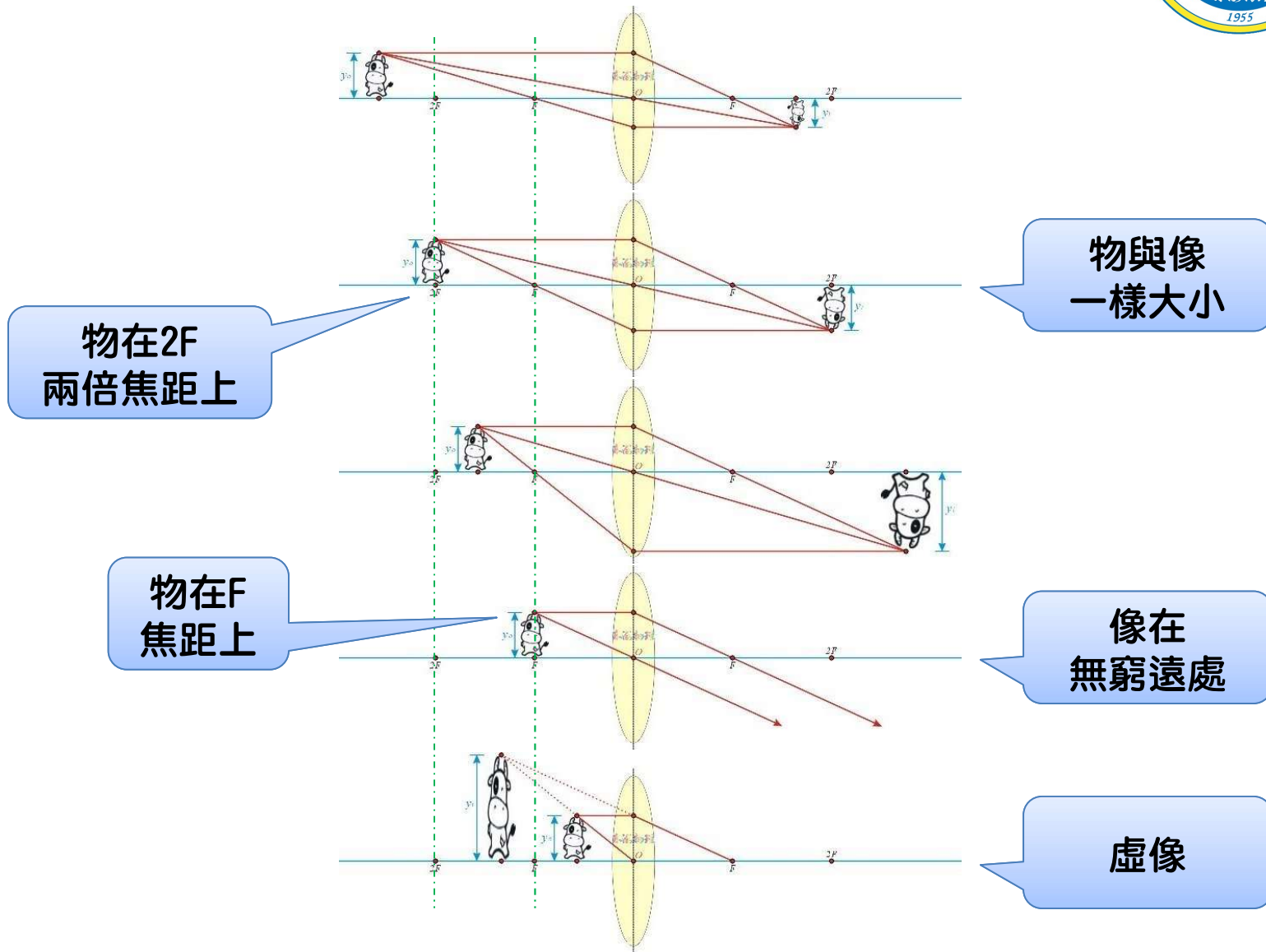
放大率

$$\text{實驗放大率 } m_1 = \frac{h_i}{h_o}$$

$$\text{理論放大率 } m_2 = \frac{d_i}{d_o}$$



基礎光學-幾何成像



物在2F
兩倍焦距上

物與像
一樣大小

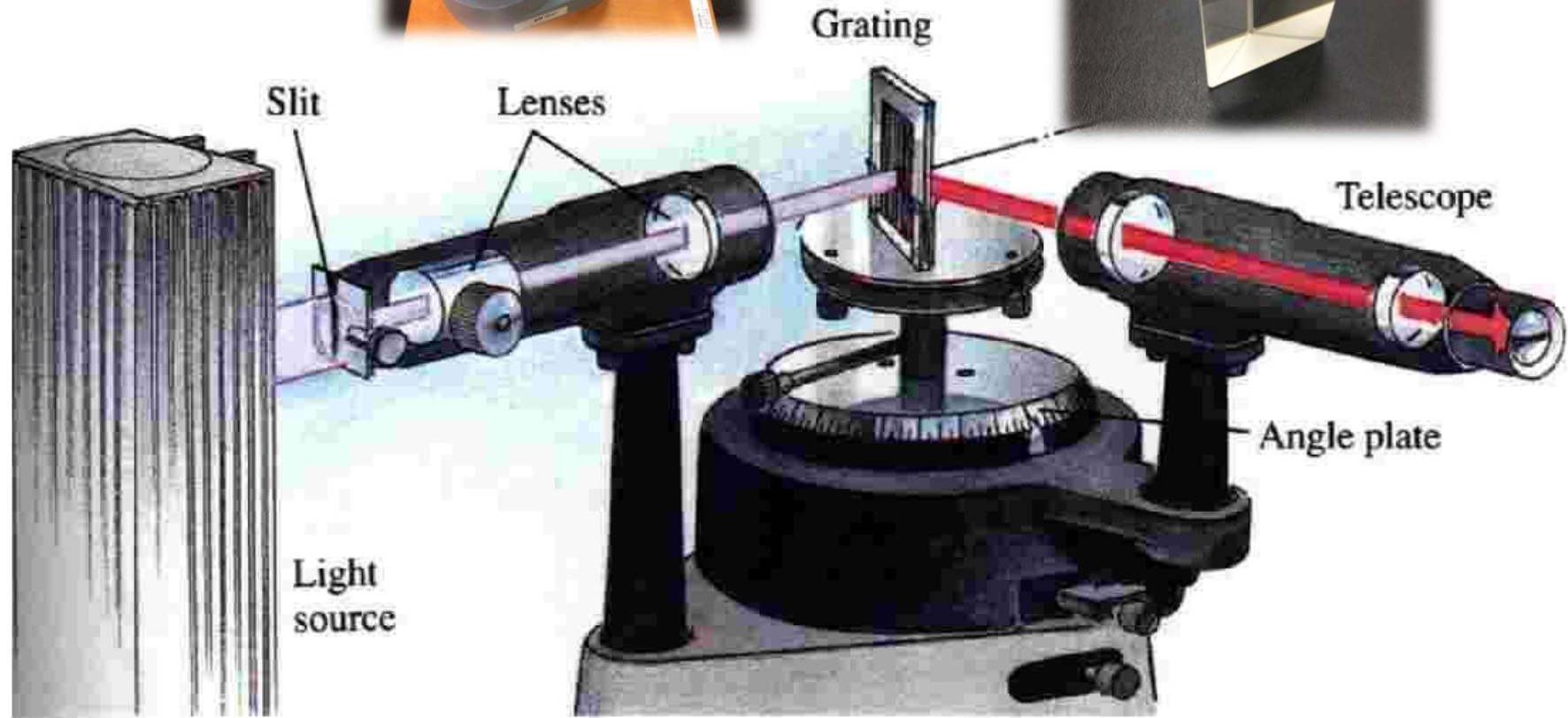
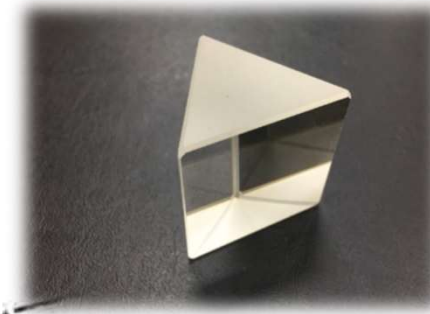
物在F
焦距上

像在
無窮遠處

虛像



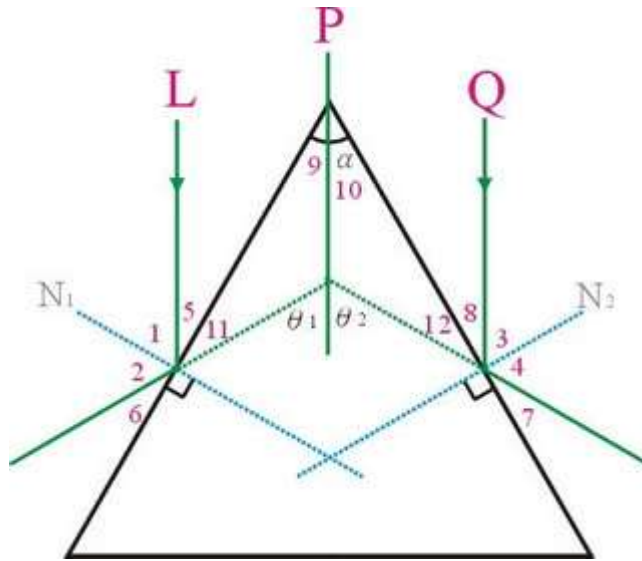
稜鏡分光儀



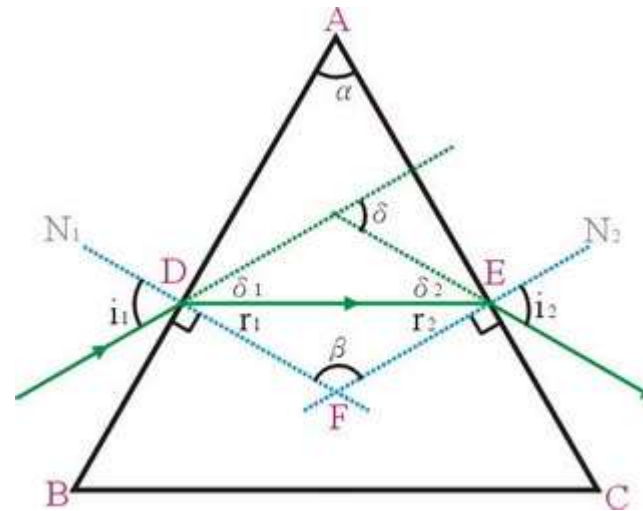


稜鏡分光儀

頂角量測



最小偏向角的量測





稜鏡分光儀

1-找頂角

找**反射光**

2-找偏向角

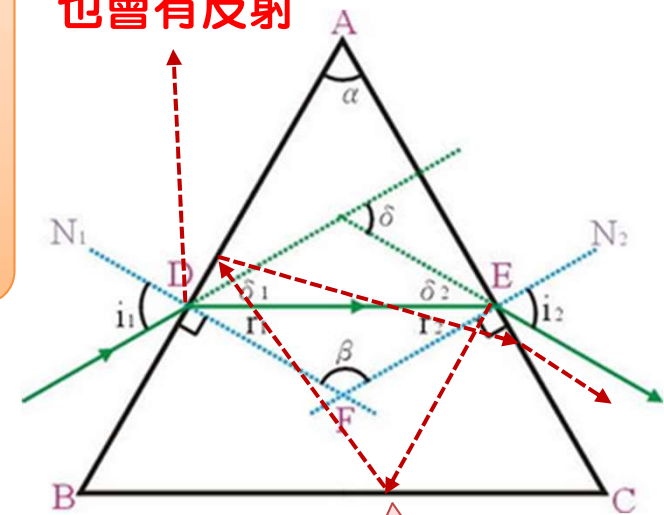
找**折射光**

先找到分光（紅橙綠藍紫…五道光線）
再去定位（移動目鏡，對準十字），讀取刻度

只找最亮的那五道
紅橙綠藍紫

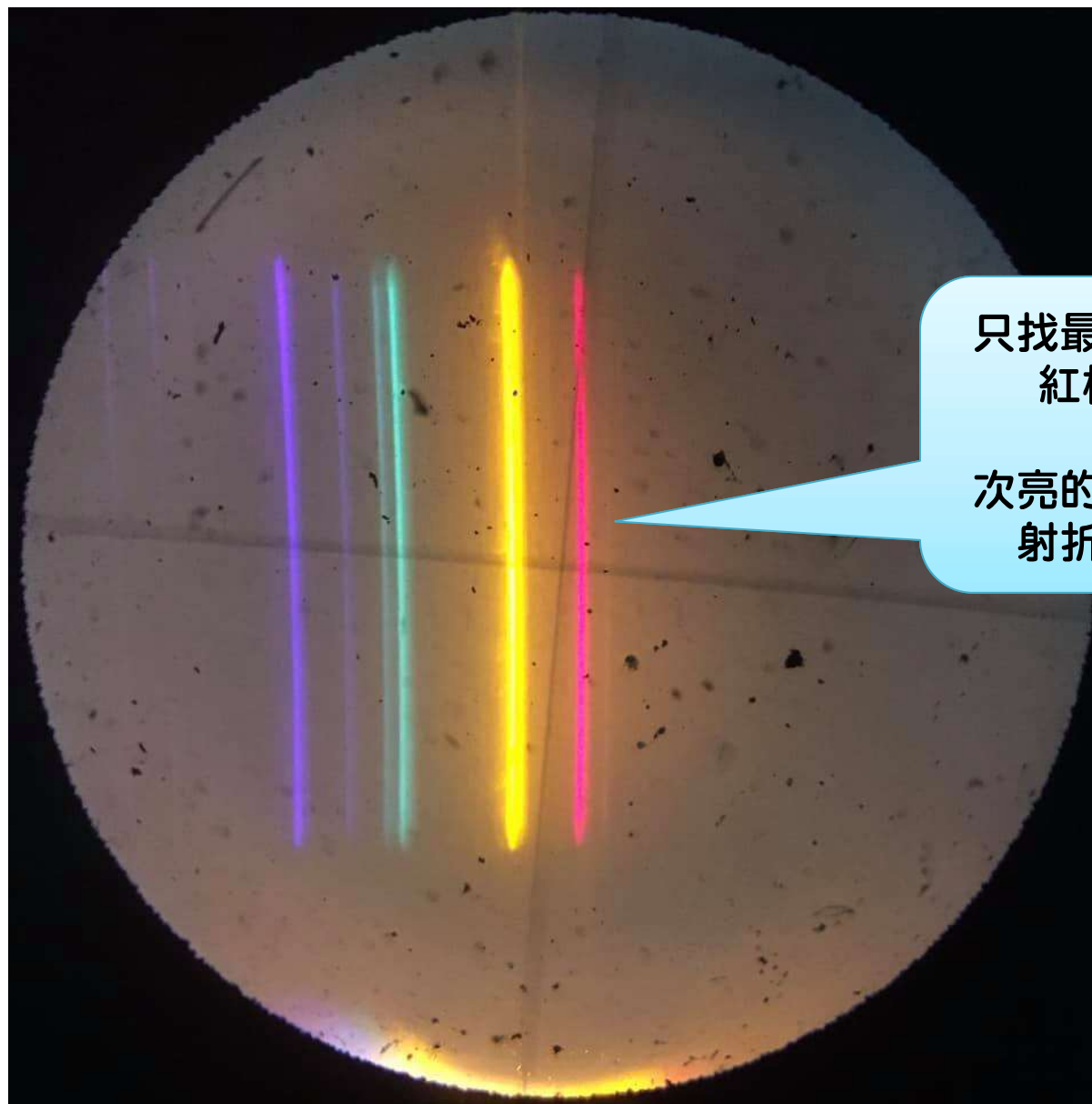
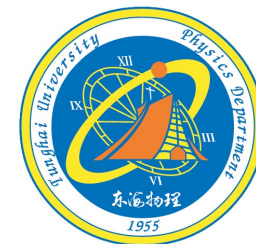
次亮的，是再次反
射折射的結果

有折射
也會有反射



示意圖

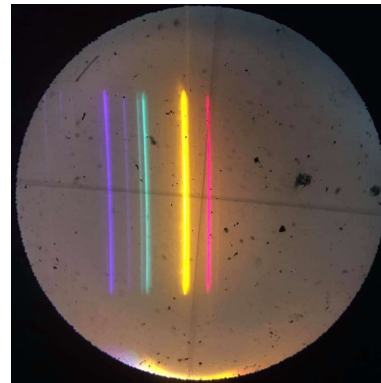
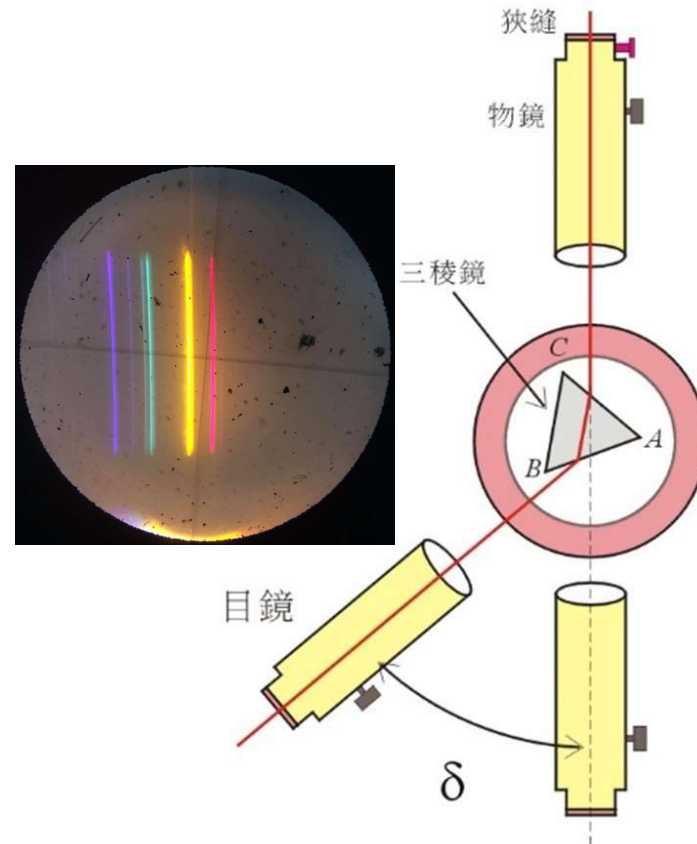
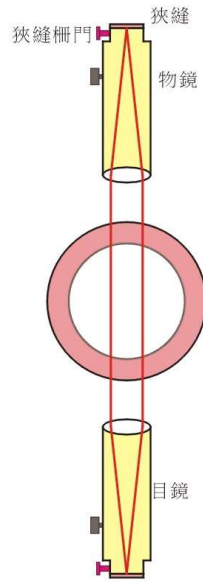
稜鏡分光儀



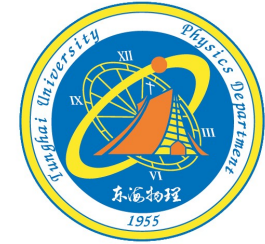
只找最亮的那五道
紅橙綠藍紫

次亮的，是再次反
射折射的結果

稜鏡分光儀



『刻度』、『角度』要分清楚
角度0度時，刻度=__?__



稜鏡分光儀

一圈360度（記錄為 360° ）

1 度為60分（角分）（記錄為 $60'$ ）

1 分為60秒（角秒）（記錄為 $60''$ ）

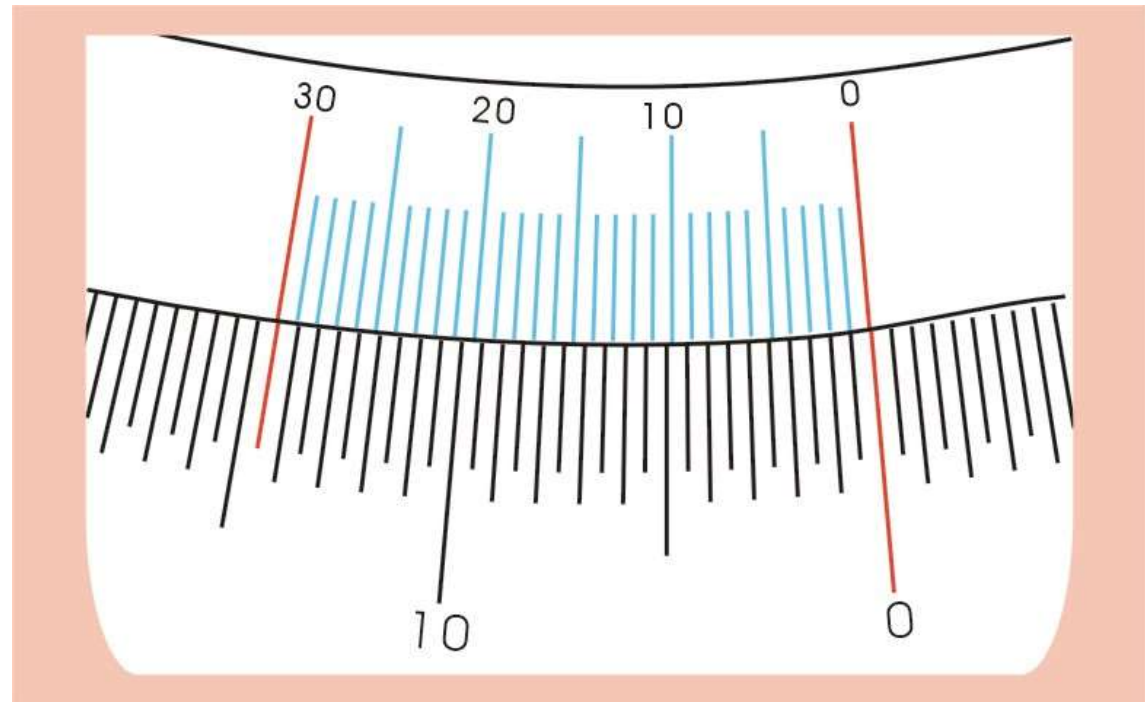
$$1^{\circ} = 60' = 3600''$$

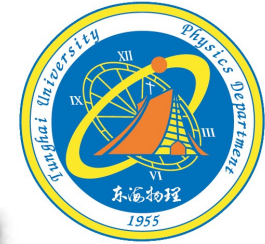
利用副尺，角度可以讀到『分』。

當主尺的0刻度與負尺的 0 刻度對齊時，主尺的 14.5 刻度與負尺的 30 刻度對齊。

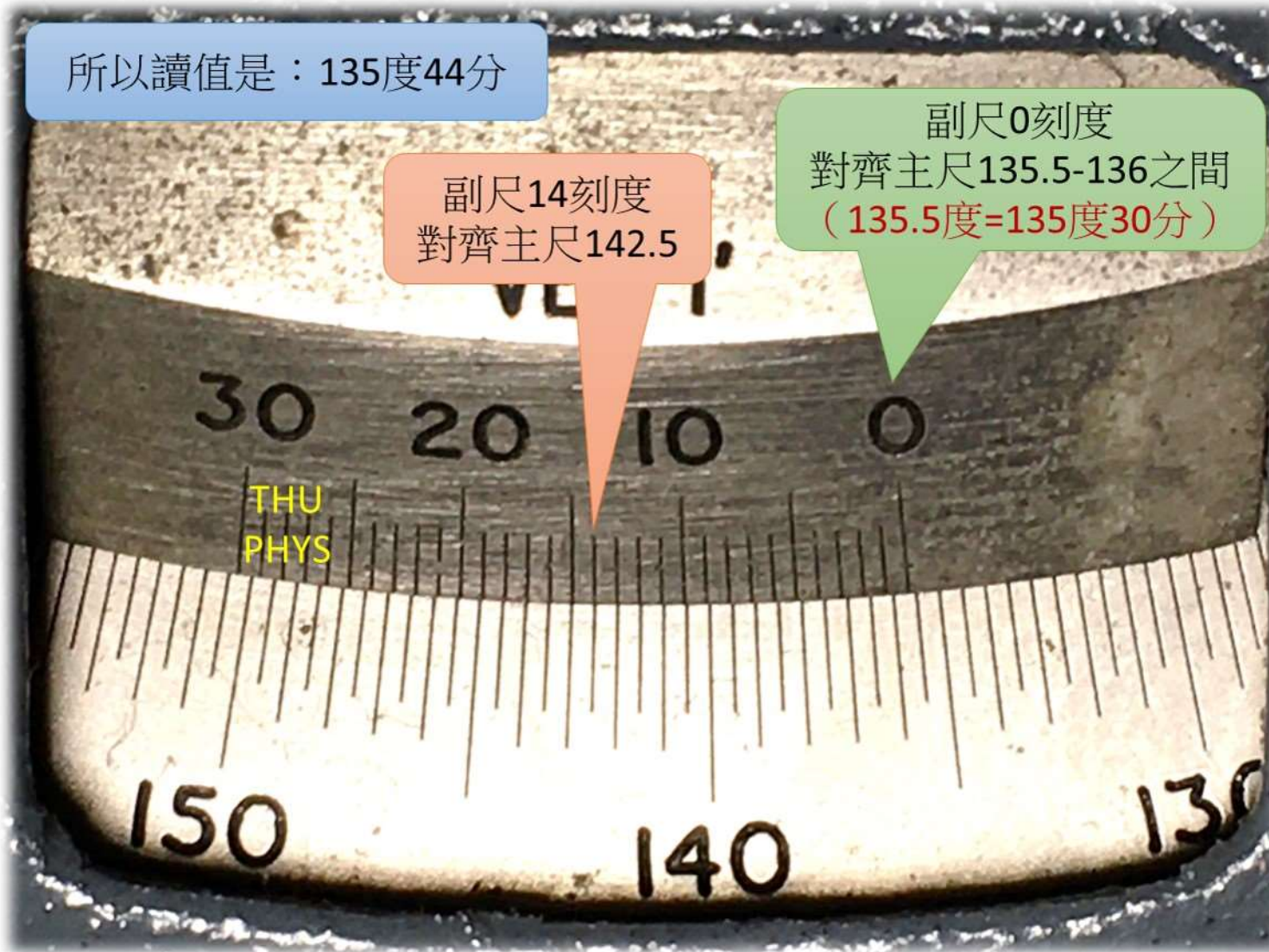
所以精密度為 $\frac{0.5}{30} = \frac{1}{60}$ 度，

即 1 分（角分， $1'$ ）。



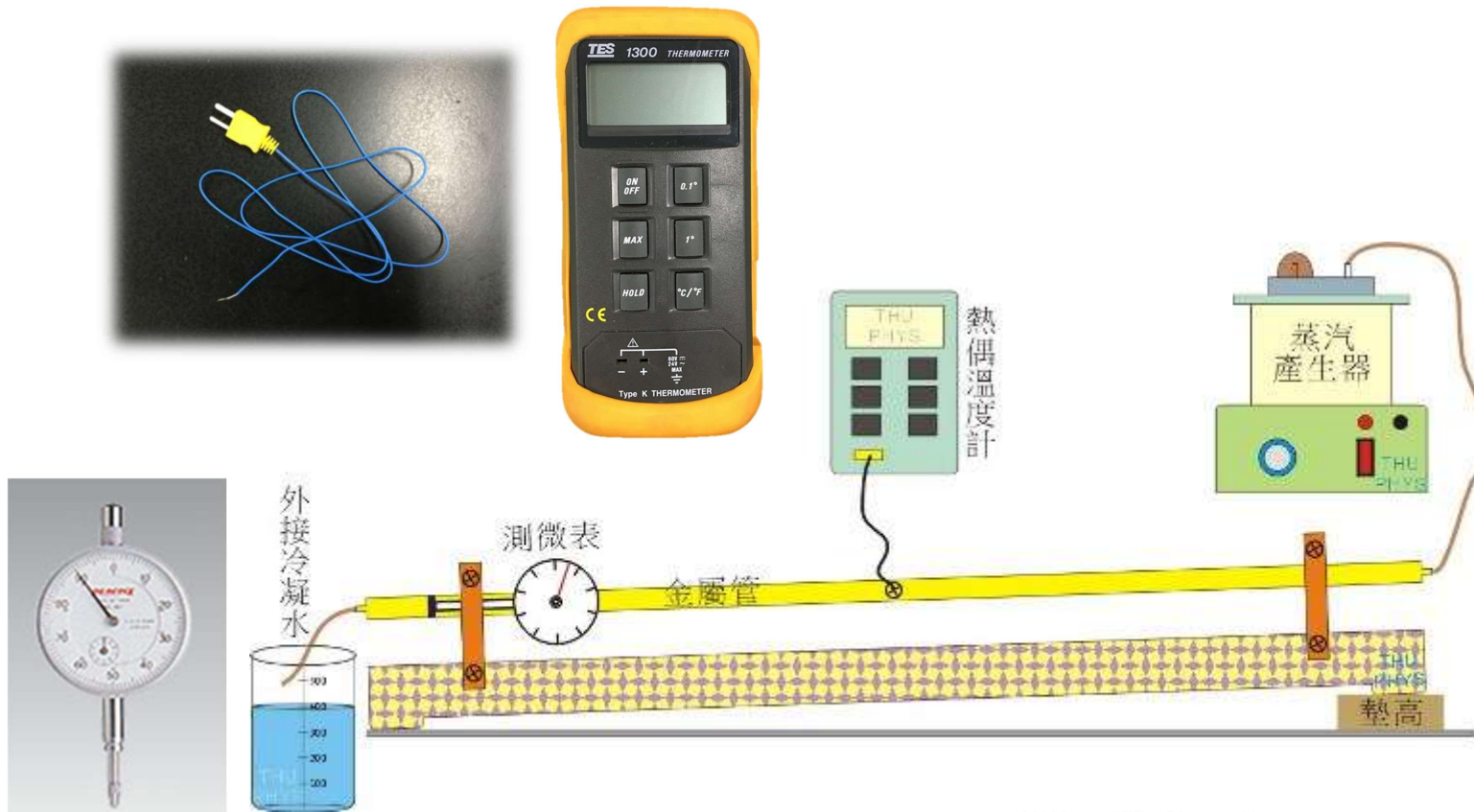


稜鏡分光儀



金屬熱膨脹

線膨脹係數：溫度升高 1度C，固體單位長度的伸長量。



$$\alpha_{Al} = 2.4 * 10^{-5} K^{-1}$$

$$\alpha_{Cu} = 1.7 * 10^{-5} K^{-1}$$

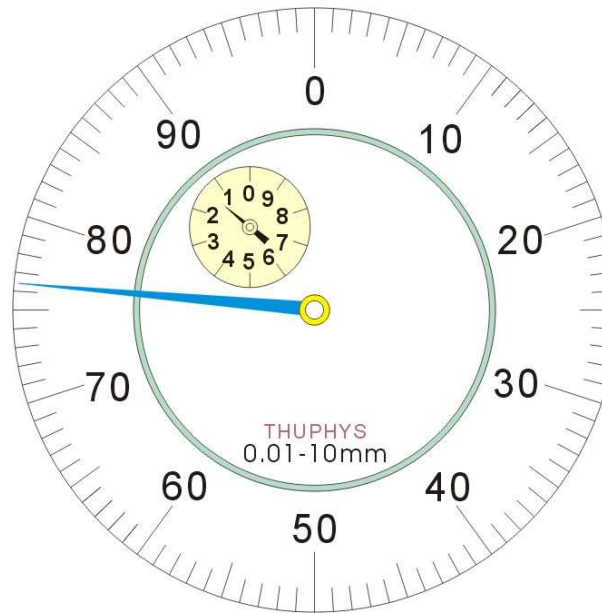
$$\alpha_{Steel} = 1.14 * 10^{-5} K^{-1}$$



金屬熱膨脹

測微表：外圈轉一圈為1mm（100小格）轉一小格0.01mm

內圈轉一圈為10mm



測微表安裝好後，頂針先壓縮約一半長度，紀錄此時的刻度與溫度。

通過蒸氣，金屬管子熱膨脹後，再次此時的刻度與溫度...計算 ΔL 和 ΔT



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應用物
理學系
電話：04-23590121*32100
網址：<http://physics.thu.edu.tw/>