

Bài 1: XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC BẰNG PANME, THUỐC KẸP, CẦU KẾ

1. Mục đích yêu cầu

1.1. Mục đích: Mục đích của bài thí nghiệm này là trang bị cho sinh viên những kiến thức về giải pháp thực tiễn để nâng cao độ chính xác của dụng cụ đo độ dài và kỹ năng thực hành sử dụng các dụng cụ đo độ dài có độ chính xác tương đối cao được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật (thước kẹp, pan-me, cầu kế) để đo kích thước một số vật mẫu.

1.2. Yêu cầu

1. Hiểu được nguyên lý của giải pháp sử dụng du xích để nâng cao độ chính xác của dụng cụ đo độ dài.
2. Hiểu được cấu tạo của thước kẹp, pan-me, cầu kế.
3. Biết cách sử dụng thước kẹp, pan-me, cầu kế để xác định kích thước các vật mẫu.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được các sai số theo yêu cầu.

2. Cơ sở lý thuyết

Đo độ dài là một trong những phép đo vật lý cơ bản nhất. Để đo độ dài, người ta thường sử dụng thước. Đơn vị của độ dài trong hệ SI là mét.

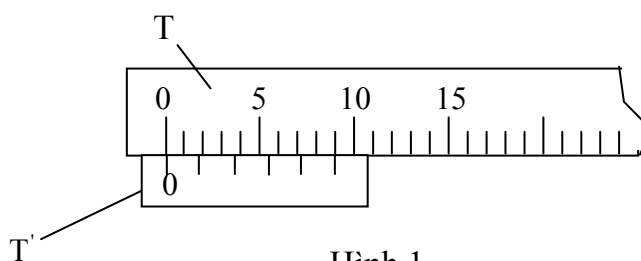
Để tăng độ chính xác của phép đo độ dài với một thước đo đã chọn, người ta thường sử dụng du xích hoặc định ốc vi cấp.

2.1. Du xích

Du xích là phần phụ thêm cho một thước thông thường, cho phép tăng độ chính xác của phép đo lên 10 - 20 lần.

Có hai loại du xích: du xích dài và du xích tròn. Ở đây ta chỉ nghiên cứu du xích dài, loại du xích tròn có cấu tạo và cách sử dụng tương tự.

2.1.1. Nguyên tắc cấu tạo



Hình 1

Du xích dài là một thước nhỏ (còn gọi là thước phụ T') có thể trượt theo chiều dài của một thước thường (còn gọi là thước chính T). Nguyên tắc chia các khoảng trên du xích được trình bày trên hình 1.

Giả sử trên du xích có m khoảng chia, độ dài của mỗi khoảng chia đó bằng x . Độ dài của mỗi khoảng chia trên thước chính là y (thường bằng 1mm).

Du xích được chế tạo sao cho độ dài của m khoảng chia trên thước phụ bằng độ dài của $(am - 1)$ khoảng chia trên thước chính, (trong hình vẽ mô tả ở trên thì $m = 5$, $a = 2$).

$$mx = (am - 1)y$$

ở đây a là các số nguyên.

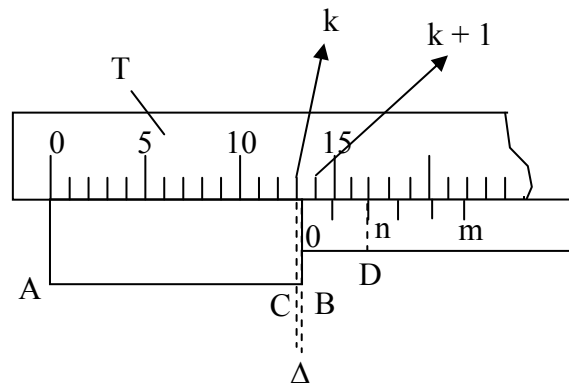
Từ biểu thức trên ta có:

$$x = ay - \frac{y}{m} \quad (1)$$

Nếu khoảng chia nhỏ nhất trên thước chính là 1mm, du xích có $m = 50$ khoảng chia thì độ chính xác của nó bằng $1/50\text{mm}$. Người ta thường gọi đó là du xích $1/50$. Tương tự, có loại du xích $1/10$, $1/20$...

2.1.2. Cách đọc kết quả đo độ dài trên một thước có du xích

Khi đo độ dài của vật bằng thước có du xích nếu ta đặt vật sao cho một đầu của vật trùng với vạch chỉ số không của thước chính, thì nói chung đầu kia (đầu B) của vật sẽ nằm giữa vạch thứ k và $k + 1$ của thước chính (hình 2).



Hình 2

Sau đó ta di chuyển du xích sao cho mép của du xích trùng với đầu B của vật. Khi đó quan sát ta sẽ thấy có một vạch nào đó trên du xích (giả thiết là vạch thứ n của du xích) trùng với một vạch đối diện nào đó của thước chính tại D. Chiều dài của vật cần đo bằng:

$$AB = l = ky + \Delta \quad (2)$$

trong đó $\Delta = CB < y$ (C là điểm trùng với vạch thứ k của thước chính)

Mặt khác, nhìn trên hình vẽ, ta thấy:

$$CD = nx + \Delta = \text{số nguyên lần } y. \quad (3)$$

Thay giá trị x từ biểu thức (1) vào (3) ta được:

$$CD = nay + (\Delta - n \frac{y}{m}) = \text{số nguyên lần } y \quad (4)$$

Từ (4) suy ra rằng $(\Delta - n \frac{y}{m})$ hoặc bằng số nguyên lần của y hoặc bằng không. Do $\Delta = CB$

$< y$ và $n < m$ suy ra $(\Delta - n \frac{y}{m})$ chỉ có thể bằng 0, hay:

$$\Delta = n \frac{y}{m} \quad (4^*)$$

Đây là chiều dài nhỏ nhất mà ta có thể đo được bằng thước có du xích (khi đó $k = 0$, $n = 1$), vì vậy y/m được gọi là độ chính xác (độ nhạy) của du xích.

Thay (4*) vào (2), ta được biểu thức tính độ dài của vật cần đo :

$$l = ky + n \frac{y}{m} \quad (5)$$

Tóm lại, cách đọc kết quả đo độ dài của vật như sau:

- Theo công thức (5) hệ số k đọc được trên thước chính là số nguyên lần khoảng chia trên thước chính nằm bên trái vạch 0 của du xích.

- n là số chỉ vạch trên du xích trùng với vạch đối diện trên thước chính (số khoảng chia từ vạch 0 đến vạch n).

- y/m là độ chính xác của thước (y là giá trị một độ chia của thước chính, m là số độ chia trên du xích), độ chính xác của các thước du xích thẳng dùng trong thước kẹp, tung xích... có thể khác nhau, ví dụ là: $1/10$, $1/20$, $1/50$...mm.

2.2. Đinh ốc vi cấp

Để đo những độ dài với độ chính xác nhỏ hơn $0,01\text{mm}$, người ta thường dùng dụng cụ có đinh ốc vi cấp. Cấu tạo của thước có đinh ốc vi cấp dựa trên nguyên lý sau: Khi xoay đinh ốc trong ê cu của nó được một vòng, đinh ốc tiến hay lùi một khoảng bằng bước h của nó. Nếu xoay ốc đi 1 góc α thì nó dịch được một khoảng bằng $(\alpha/360)h$. Với bước ốc $h = 1\text{ mm}$ khi xoay 1 góc $\alpha = 1^\circ$, ốc dịch một khoảng bằng $1/360\text{ mm}$. Ta có thể đo dễ dàng góc quay với độ chính xác 1° nếu gắn ốc với một đĩa tròn đồng tâm có đường kính vài cm.

Đinh ốc vi cấp được dùng trong nhiều dụng cụ như panme, cầu kế, máy so...

Để thực hiện những phép đo độ dài có độ chính xác hơn nữa (đến $0,001\text{mm}$) người ta dùng kính hiển vi có thị kính trắc vi.

3. Dụng cụ



Hình 3: *Thước kẹp*



Hình 4: *Panme*

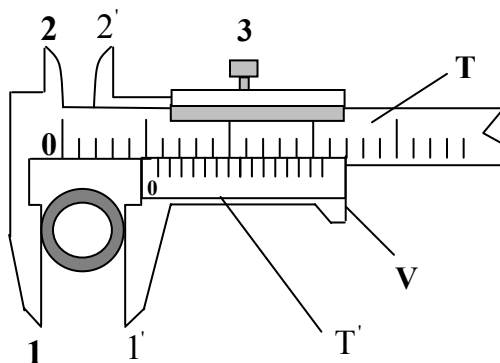
Hình 5: *Cầu kế gắn panme*

Bộ thí nghiệm (hình 3, 4, 5) gồm:

1. Pan me, 2. Thước kẹp, 3. Cầu kế, 4. Khối hộp chữ nhật, 5. Các bản mỏng, 6. Sợi dây đồng, 7. Khối trụ tròn.

4. Trình tự thí nghiệm

4.1. Thước kẹp



Hình 6

4.1.1. Cấu tạo

Một thước kẹp thông thường có cấu tạo như mô tả trên hình 6, gồm có 2 phần:

- Phần chính là thanh kim loại giống hình chữ T, thân của nó là một thước chia độ đến mm.
- Phần phụ có thể trượt song song trên thước chính, tạo với thước chính một hàm kẹp có các mặt đối diện phẳng song song với nhau.

Trên phần phụ có lắp du xích T' . Khi 2 hàm kẹp chập nhau thì vạch số 0 của du xích trùng với vạch số 0 của thước chính. Muốn xô dịch phần phụ ta làm như sau: Tay trái giữ cố định hàm thước chính, tay phải giữ phần phụ, dùng ngón tay cái ấn vào vị trí V rồi kéo ra hoặc đẩy phần phụ dọc theo thân thước.

Sau khi kẹp vật cần xác định kích thước vào giữa hai hàm kẹp ta vặn vít 3 để cố định du xích.

Cách đo độ dài bằng thước kẹp hoàn toàn giống cách đo bằng thước có du xích đã mô tả ở phần 2.1.2.

Chú ý: Khi chế tạo thước kẹp, người ta khắc thước chính và du xích sao cho khi hai hàm kẹp chập nhau thì vạch số 0 của du xích trùng với vạch số 0 của thước chính. Do đó khi đo chiều dài của vật, đọc số đo trên thước chính ứng với vạch số 0 của du xích, ta biết được chiều dài của vật.

4.1.2. Thực hành

Thước kẹp dùng trong bài này gồm hai loại: Loại $0 \div 150$ mm và loại $0 \div 300$ mm

a) Xác định thể tích của khối hộp chữ nhật.

Các bước tiến hành:

- Dùng thước kẹp đo chiều dài a , chiều rộng b và chiều cao c của khối chữ nhật. Mỗi phép đo tiến hành 5 lần. Kết quả ghi vào bảng 1.

- Xử lý số liệu:

+ Tính \overline{a} , \overline{b} , \overline{c} .

+ Tính Δa , Δb , Δc

+ Tính sai số tương đối ε của đại lượng đo gián tiếp.

+ Tính V theo biểu thức $V = abc$.

+ Tính sai số tuyệt đối ΔV .

+ Viết kết quả dưới dạng: $V = \bar{V} \pm \Delta V$

b) Xác định thể tích của khối trụ.

- Đo đường kính đáy d , chiều cao h . Mỗi phép đo tiến hành 5 lần. Kết quả ghi vào bảng 2.

- Xử lý số liệu:

+ Tính \bar{d} , \bar{h} .

+ Tính Δd , Δh .

+ Tính sai số tương đối ε của đại lượng đo gián tiếp.

+ Tính thể tích khối trụ $V = \pi \frac{d^2}{4} h$.

+ Tính sai số tuyệt đối ΔV .

+ Viết kết quả dưới dạng: $V = \bar{V} \pm \Delta V$

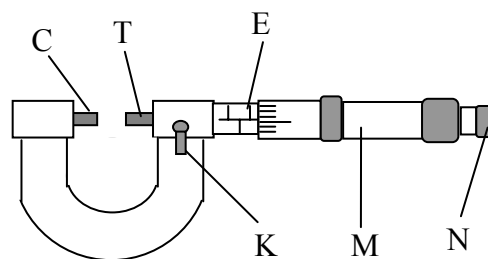
4.2. Panme

4.2.1. Cấu tạo

Cấu tạo của panme được mô tả trên hình 7.

Trong panme có một đỉnh ốc vi cấp T có bước ren bằng 0,5mm được xoay dễ dàng trong một êcu cố định E. Vành ngoài êcu có một đường thẳng ngang nằm dọc theo thân êcu gọi là vạch chuẩn, một thước thẳng song song với trục của êcu nằm phía trên vạch chuẩn có độ chia là 1mm (gọi là thước chính). Mỗi một vạch chia của thước chính được khắc kèm một vạch gọi là vạch 0,5 nằm tương ứng ở phía dưới đường vạch chuẩn. Để xoay đỉnh ốc vi cấp người ta gắn liền nó với mũ M chụp ra ngoài êcu. Vành mũ M được chia thành 50 phần bằng nhau. Khi ta xoay đỉnh ốc vi cấp 2 vòng thì nó dịch chuyển một đoạn 1mm trên thước chính. Như vậy mỗi độ chia trên vành mũ ứng với độ dịch chuyển $1\text{mm}/100 = 0,01\text{mm}$ gọi là độ chính xác của panme và nếu từ vị trí mà mép của mũ M trùng với vạch thứ k nào đó của thước chính ta xoay đi một vòng thì mép của mũ M sẽ trùng với vạch 0,5 tương ứng của vạch k , nếu ta xoay đi hai vòng thì mép của mũ M trùng với vạch $k + 1$.

Hai mặt đối diện C và T song song với nhau dùng để kẹp vật cần xác định kích thước. Khi ta vận mũ M cho hai mặt C và T áp sát nhau thì vạch số 0 trên vành mũ phải trùng với đường chuẩn ngang và vạch số 0 của thước thước chính trùng với mép của mũ M.



Hình 7

Muốn đo độ dài của vật bằng panme ta đặt vật vào giữa C và T rồi xoay mũ M cho đến khi vật bị kẹp chặt. Sau đó ta xác định giá trị k là số vạch trên thước chính nằm ngay dưới mép của mũ M (số nguyên lần khoảng chia trên thước chính nằm bên trái mép mũ M), n là vạch trên du xích trùng với đường chuẩn ngang, y/m là độ chính xác của thước: ($y/m = 1/100 = 0,01\text{mm}$). Kết quả đo được xác định như sau:

Nếu mép của mũ M chưa vượt quá vạch 0,5 tương ứng của vạch k (đỉnh ốc đang ở vòng quay thứ nhất) thì:

$$l = ky + n.0,01 \text{ (mm)}$$

Nếu mép của mũ M đã vượt quá vạch 0,5 tương ứng của vạch k (đỉnh ốc đang ở vòng quay thứ hai) thì:

$$l = ky + 0,5 + n.0,01 \text{ (mm)}$$

Lưu ý đặc biệt: không được vặn mũ M quá chặt để tránh biến dạng vật, dẫn đến kết quả sai và làm hỏng panme. Để tránh tình trạng này ở cuối mũ M có núm N, khi xoay núm này có tiếng “tách tách” thì dừng lại, không được xoay tiếp nữa và chốt khoá K lại.

4.2.2. Thực hành

Panme dùng trong bài này gồm hai loại: $0 \div 25 \text{ mm}$, và loại $50 \div 75 \text{ mm}$.

Yêu cầu của bài này là sử dụng panme để đo:

- Độ dày của hai bản mỏng khác nhau.
- Đường kính của sợi dây kim loại.

Mỗi phép đo lặp lại 5 lần để tính sai số và kết quả đo viết dưới dạng quy ước. Kết quả đo cũng phải ghi dưới dạng các bảng số liệu (bảng 3).

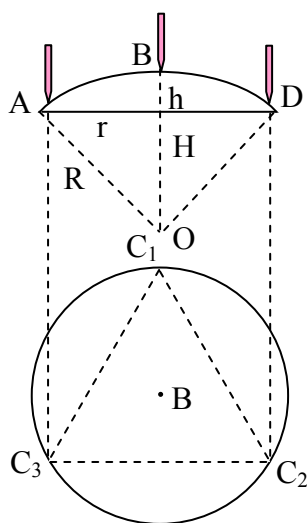
4.3. Cầu kè

Cầu kè là một dụng cụ thường dùng để đo bán kính của mặt cầu lồi, lõm (thí dụ bán kính cong của thấu kính phẳng - lồi...)

4.3.1. Cấu tạo

Cầu kè (hình 8) là một dụng cụ dùng để đo bán kính cong của một mặt cầu. Cấu tạo của nó gồm một đế nhỏ Đ có ba chân giống nhau. Các đầu nhọn C_1, C_2, C_3 của ba chân này nằm tại ba đỉnh của một tam giác đều trên mặt phẳng ngang. Ở tâm đế Đ có một đồng hồ micrômét cắm thẳng đứng hoặc một panme có đầu B xuyên qua giữa đế.

4.3.2. Cách đo



Hình 8

Đặt cầu kế lên trên mặt cong cần đo bán kính, giả sử độ cao của đầu B so với các mũi nhọn C_1, C_2, C_3 là h , gọi R là bán kính mặt cầu lồi và r là bán kính của đường tròn ngoại tiếp với tam giác đều $C_1C_2C_3$. Áp dụng định lý Pitago cho tam giác vuông OHA:

$$R^2 = r^2 + (R - h)^2 \quad (6)$$

Từ đó suy ra:

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h} \quad (7)$$

Như vậy để đo bán kính của mặt cong ta chỉ cần xác định các thông số r và h .

a. Đối với cầu kế gắn đồng hồ micrômét

Khi đặt các đầu nhọn C_1, C_2, C_3 nằm trên mặt phẳng ngang của bản thủy tinh P (dùng làm mặt chuẩn) thì đầu đo B của đồng hồ micrômét nằm tại tâm của tam giác đều $C_1C_2C_3$ và kim của đồng hồ micrômét chỉ đúng số 0 của nó. Trong trường hợp kim đồng hồ lệch khỏi vị trí 0, cần điều chỉnh lại vị trí 0 bằng cách nới vít V và xoay nhẹ mặt trước của đồng hồ để cho vạch số 0 trùng với vị trí đầu kim. Đặt cầu kế lên mặt lồi của của thấu kính, đọc và ghi giá trị h vào bảng 4 và xử lý số liệu.

b. Đối với cầu kế gắn panme

Đặt cầu kế lên tấm kính phẳng đen, điều chỉnh cho mũi nhọn B vừa chạm tới mặt phẳng. Để việc điều chỉnh được dễ dàng ta bố trí sao cho có ánh sáng chiếu xiên vào cầu kế, nhìn vào mặt ta thấy bóng của B. Điều chỉnh sao cho mũi B và bóng của nó trùng nhau, nhìn trên panme ta xác định được vị trí l_0 .

Điều chỉnh cho mũi nhọn B lên cao, đặt cầu kế lên mặt lồi của thấu kính, vặn ốc M cho mũi B vừa chạm mặt lồi. Nhìn trên panme ta xác định được vị trí l , khi đó: $h = l - l_0$. Đọc và ghi các giá trị l, l_0 vào bảng 5.

• Cách xác định bán kính r (trong trường hợp không cho trước)

Đề tờ giấy lên mặt kính phẳng, đặt cầu kế lên và ấn nhẹ sao cho các mũi nhọn C_1, C_2, C_3 in vết lên tờ giấy, điều chỉnh đầu B sao cho mũi nhọn của nó cũng in vết lên. Bỏ cầu kế ra, dùng thước kẹp đo khoảng cách từ vết của C_1 (hoặc C_2, C_3) đến vết của mũi B.

Trong thí nghiệm này ta dùng cầu kế để thực hiện 5 lần phép đo độ cao h tại các vị trí khác nhau và xác định bán kính r 5 lần (nếu không cho trước), sau đó xác định bán kính cong R của mặt cầu lồi theo công thức (7).

5. Báo cáo thí nghiệm

ĐO KÍCH THƯỚC BẰNG PANME, THUỐC KẸP, CẦU KÉ

Lớp

Xác nhận của giáo viên

KípNhóm.....

Họ tên.....

Mục đích thí nghiệm

.....

.....

.....

.....

.....

Kết quả thí nghiệm

5.1.Thước kẹp

Bảng 1

Kết quả đo khối chữ nhật

Lần đo	Dài		Rộng		Cao	
	a_i	Δa_i	b_i	Δb_i	c_i	Δc_i
$i = 1$						
...						
5						
TB	$\bar{a} = \dots$	$\overline{\Delta a} = \dots$	$\bar{b} = \dots$	$\overline{\Delta b} = \dots$	$\bar{c} = \dots$	$\overline{\Delta c} = \dots$

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}} + \frac{\Delta c}{\bar{c}} = \dots$$

$$\bar{V} = \bar{a}\bar{b}\bar{c} = \dots = \dots(\text{m}^3)$$

$$\Delta V = \varepsilon \bar{V} = \dots = \dots(\text{m}^3)$$

$$\rightarrow V = \bar{V} \pm \Delta V = \dots \pm \dots(\text{m}^3)$$

Bảng 2

Kết quả đo khối trụ

Lần đo	Đường kính mặt đáy		Chiều cao	
	d_i	Δd_i	h_i	Δh_i
$i = 1$				
...				
5				
TB	$\bar{d} = \dots$	$\overline{\Delta d} = \dots$	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\Delta d}{\bar{d}} + \frac{\Delta h}{\bar{h}} = \dots$$

$$\bar{V} = \pi \frac{\bar{d}^2}{4} \bar{h} = \dots = \dots (\text{m}^3)$$

$$\Delta V = \varepsilon \bar{V} = \dots = \dots (\text{m}^3)$$

$$\rightarrow V = \bar{V} \pm \Delta V = \dots \pm \dots (\text{m}^3)$$

5.2. Panme

Độ chính xác của panme: $\Delta h_{dc} = \dots (\text{mm})$

Bảng 3

Đo độ dày bản mỏng và đường kính sợi dây đồng.

Lần đo	Bản 1		Bản 2		Sợi dây	
	h_i	Δh_i	h_i	Δh_i	d_i	Δd_i
$i = 1$						
...						
5						
TB	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$	$\bar{d} = \dots$	$\overline{\Delta d} = \dots$

Kết quả:

$$h = \bar{h} \pm \Delta h = \dots \pm \dots (\text{mm})$$

$$d = \bar{d} \pm \Delta d = \dots \pm \dots (\text{mm})$$

5.3. Cầu kế

Bảng 4

Xác định bán kính cong bằng cầu kế gắn đồng hồ micrômét

Độ chính xác của đồng hồ micrômét ... mm		
Bán kính vòng tròn ngoại tiếp tam giác đều $C_1C_2C_3$: $r = \dots \text{mm}$		
Lần đo	$h_i (\text{mm})$	$\Delta h_i (\text{mm})$
$i = 1$		
...		
5		
TB	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$

Xác định bán kính cong bằng cầu kế gắn panme

Độ chính xác của panme: ... (mm)						
Lần đo	l_0 (mm)	l_i (mm)	h_i (mm)	Δh_i (mm)	r_i (mm)	Δr_i (mm)
$i = 1$						
...						
5						
TB	\times	\times	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$	$\bar{r} = \dots$	$\overline{\Delta r} = \dots$

Chú ý: Sai số tuyệt đối của đại lượng đo trực tiếp bằng sai số trung bình của các lần đo cộng với sai số của dụng cụ.

$$\varepsilon = \frac{2\bar{r}}{\bar{r}^2 + \bar{h}^2} \Delta r + \frac{\left| \bar{h}^2 - \bar{r}^2 \right|}{\bar{h}(\bar{h}^2 + \bar{r}^2)} \Delta h = \dots$$

$$\bar{R} = \frac{\bar{r}^2 + \bar{h}^2}{2\bar{h}} = \dots = \dots (\text{mm})$$

$$\Delta R = \varepsilon \bar{R} = \dots = \dots (\text{mm})$$

$$\rightarrow R = \bar{R} \pm \Delta R = \dots \pm \dots (\text{mm})$$

6. Câu hỏi kiểm tra

1. Nguyên tắc cấu tạo của du xích và đỉnh ốc vi cấp.
2. Trình bày cách đo bán kính cong của thấu kính phẳng - lồi bằng cầu kế.