

Môn học: Đo lường điện

Bài 1

**Những khái niệm cơ bản
trong kỹ thuật đo lường**

Mai Quốc Khánh

Khoa Vô tuyến điện tử

Học viện KTQS

Nội dung

- **Phần I:** Khái niệm cơ bản về phép đo và phương tiện đo
- **Phần II:** Sai số và các phương pháp giảm sai số

“Khoa học bắt đầu từ khi người ta biết đo. Một khoa học chính xác sẽ không có ý nghĩa nếu thiếu đo lường”

D.I. Mendeleev

Phần I

Khái niệm cơ bản về phép đo và phương tiện đo

1. Đại lượng vật lý và phép đo
2. Phương tiện đo và các đặc tính cơ bản của phương tiện đo
3. Phương pháp đo và phân loại phương pháp đo

1. Đại lượng vật lý và phép đo

- Khi nghiên cứu các hiện tượng vật lý và tính chất các vật thể, người ta dùng khái niệm đại lượng vật lý
- **Đại lượng vật lý:**
 - Thuộc tính chung của nhiều đối tượng về mặt chất
 - Thuộc tính riêng của từng đối tượng về mặt lượng
- **Đại lượng đo:** là đại lượng vật lý mà giá trị của chúng cần xác định bằng phép đo.
- Đánh giá đại lượng vật lý: **số + đơn vị**
- Quan hệ giữa đại lượng vật lý và phép đo:
 - Đại lượng vật lý là đối tượng của phép đo
 - Phép đo dùng để xác định giá trị của đại lượng vật lý

Phép đo

- **Phép đo**: việc xác định giá trị của đại lượng vật lý bằng **thực nghiệm** nhờ những **phương tiện kỹ thuật đặc biệt**
- Phân loại phép đo:
 - Phép đo trực tiếp
 - Phép đo gián tiếp
 - Phép đo hợp bộ

Phân loại phép đo

- **Phép đo trực tiếp:** giá trị đại lượng đo nhận được trực tiếp từ số liệu thực nghiệm
 - ✓ VD: đo dòng điện bằng ampe-mét; đo điện áp bằng von-mét
- **Phép đo gián tiếp:** giá trị đại lượng đo nhận được nhờ tương quan hàm số giữa đại lượng này với các đại lượng khác được xác định bằng phép đo trực tiếp
 - $X = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ với X là đại lượng cần đo, còn X_1, X_2, \dots, X_n là các đại lượng được xác định bằng phép đo trực tiếp
 - VD: đo công suất trên một phụ tải $P = U.I$

Phân loại phép đo (tiếp theo)

- **Phép đo hợp bộ**: phép đo đồng thời một số đại lượng, trong đó các giá trị đại lượng đo được xác định bằng cách giải hệ phương trình liên hệ giữa các đại lượng đó với các đại lượng đo được bằng phép đo trực tiếp hoặc gián tiếp

✓ Y_j ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$) là các đại lượng đo được bằng phép đo trực tiếp và gián tiếp

Các đại lượng cần đo X_i được xác định qua hệ phương trình $F_i(X_i, Y_j) = 0$

Phân loại phép đo (tiếp theo)

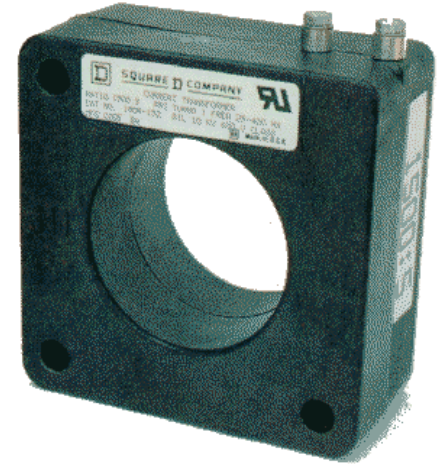
- VD về phép đo hợp bộ: đo hệ số nhiệt điện trở và điện trở của dây đồng
 - Cần đo hệ số nhiệt điện trở α và điện trở R_0 ở 0°C của dây đồng
 - Sử dụng Ôm-mét và nhiệt kế để đo điện trở của dây đồng ở hai nhiệt độ t_1° và t_2° , sau đó giải hệ phương trình

$$R_1 = R_0 + \alpha t_1^\circ$$

$$R_2 = R_0 + \alpha t_2^\circ$$

2. Phương tiện đo và các đặc tính cơ bản của phương tiện đo

- **Phương tiện đo:** là phương tiện kỹ thuật để thực hiện phép đo
- Phân loại:
 - **Phương tiện đo đơn giản**
 - Mẫu đo, thiết bị so sánh, chuyển đổi đo lường
 - **Phương tiện đo phức tạp:**
 - Dụng cụ đo (máy đo), thiết bị đo tổng hợp, hệ thống thông tin đo lường



Mẫu đo

- **Mẫu đo:** phương tiện đo dùng để sao lại đại lượng vật lý có giá trị cho trước với độ chính xác cao
 - VD: thạch anh là mẫu đo tần số; hộp điện trở mẫu
- **Chuẩn:** mẫu đo có cấp chính xác cao nhất của một quốc gia
 - **Chuẩn** có chức năng sao và giữ đơn vị đo; từ **chuẩn** người ta sao, truyền kích thước các đơn vị tới **mẫu**
 - VD: chuẩn mét là thước mét chuẩn làm từ platinum-iridium đặt ở viện chuẩn quốc gia

Thiết bị so sánh và chuyển đổi đo lường

- **Thiết bị so sánh**: so sánh hai đại lượng cùng loại xem “bằng nhau”, “lớn hơn” hay “nhỏ hơn”
- **Chuyển đổi đo lường**: biến đổi thông tin đo lường về dạng thuận tiện cho việc truyền tiếp, biến đổi tiếp, xử lý tiếp hoặc giữ lại nhưng người quan sát không thể nhận biết được
 - VD: Bộ khuếch đại đo lường, biến dòng đo lường, biến áp đo lường, quang điện trở, nhiệt điện trở, bộ biến đổi Hall

Dụng cụ đo (máy đo)

- **Dụng cụ đo:** phương tiện đo biến đổi thông tin đo lường về dạng mà người quan sát có thể nhận biết trực tiếp được
 - VD: vôn-mét, ampe-mét, ôm-mét, máy hiện sóng
- Phân loại:
 - Theo mức độ tự động hoá: dụng cụ đo tự động và dụng cụ đo không tự động
 - Theo dạng tín hiệu ra: dụng cụ đo tương tự và dụng cụ đo số
 - Theo phương pháp biến đổi: dụng cụ đo biến đổi thẳng và dụng cụ đo biến đổi cân bằng
 - Trong lĩnh vực đo lường điện tử còn phân loại theo đại lượng đầu vào:
 - Dụng cụ đo dòng điện, dụng cụ đo điện áp, dụng cụ đo tần số, dụng cụ đo một chiều, dụng cụ đo xoay chiều v.v...

Thiết bị đo tổng hợp và hệ thống thông tin đo lường

- Là những phương tiện đo phức tạp, tập hợp nhiều phương tiện đo dùng để kiểm tra, kiểm định đo lường

VD về một số hệ thống thông tin đo lường

Các đặc tính cơ bản của phương tiện đo

- Hàm biến đổi
- Độ nhạy
- Phạm vi đo và phạm vi chỉ thị
- Cấp chính xác

BỘ MÔN STMĐT

Hàm biến đổi của phương tiện đo

(tiếp theo)

- Định nghĩa: tương quan hàm số giữa đại lượng đầu ra và đại lượng đầu vào

$$Y = f(X)$$

- Các dạng hàm biến đổi:
 - Biểu thức toán học
 - Đồ thị
 - Bảng giá trị
- Các yêu cầu với hàm biến đổi:
 - Đơn trị
 - Tuyến tính hoặc phi tuyến
- Hai loại hàm biến đổi của phương tiện đo (độ lệch của hai hàm biến đổi này đặc trưng cho độ chính xác của phương tiện đo)
 - Hàm biến đổi danh định
 - Hàm biến đổi thực tế

Độ nhạy của dụng cụ đo

- **Định nghĩa:** tỷ số giữa biến thiên của tín hiệu ra với biến thiên của tín hiệu vào của phương tiện đo

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad \text{hoặc chính xác hơn là} \quad S = \frac{dy}{dx}$$

- Độ nhạy càng lớn thì phương tiện đo càng có khả năng phát hiện được những biến đổi nhỏ của đại lượng đo
- Phân loại:
 - **Độ nhạy tuyệt đối**
 - **Độ nhạy tương đối (thường dùng):** tỷ số biến thiên đại lượng ra với biến thiên tương đối của đại lượng vào

$$S_0 = \frac{\frac{\Delta y}{y}}{\frac{\Delta x}{x}}$$

Phạm vi đo và phạm vi chỉ thị

- **Phạm vi đo:** phạm vi thang đo gồm những giá trị mà sai số cho phép của phương tiện đo đối với các giá trị đó đã được qui định
- **Phạm vi chỉ thị:** phạm vi thang đo giới hạn bởi giá trị đầu và giá trị cuối của thang đo

Phạm vi đo và phạm vi chỉ thị

Cấp chính xác của phương tiện đo

- **Cấp chính xác:** đặc tính tổng quát của phương tiện đo, xác định giới hạn của **sai số cơ bản** và **sai số phụ** cho phép cũng như các tính chất khác của phương tiện đo có ảnh hưởng tới cấp chính xác
- Cơ sở qui định và ký hiệu cấp chính xác của phương tiện đo là **độ lớn của sai số cơ bản cho phép** và **hình thức biểu hiện sai số đo**

Phương pháp đo và phân loại phương pháp đo

- **Phương pháp đo:** cách thức sử dụng các nguyên lý đo và phương tiện đo để thực hiện phép đo
- Phân loại:
 - **Phương pháp đánh giá trực tiếp:** giá trị của đại lượng đo được xác định trực tiếp theo chỉ thị của dụng cụ đo
 - Đặc điểm: đơn giản, đo nhanh, độ chính xác không cao
 - VD: đo điện áp bằng von-mét
 - **Phương pháp so sánh:** đại lượng cần đo được so sánh với đại lượng mẫu cùng loại
 - Đặc điểm: phức tạp, đo lâu hơn, độ chính xác cao
 - Phân loại:
 - **Phương pháp vi sai:** đại lượng cần đo được so sánh với đại lượng mẫu cùng loại, sau đó đo hiệu giữa hai đại lượng đó
 - **Phương pháp chỉ không:** đại lượng cần đo được so sánh với đại lượng mẫu cùng loại, sau đó điều chỉnh sao cho hiệu giữa hai đại lượng đó bằng 0
 - **Phương pháp thế:** đại lượng cần đo được thay thế bằng đại lượng cùng loại

Phần II

Sai số đo

và các phương pháp giảm sai số đo

1. Khái niệm và phân loại sai số đo
2. Sai số hệ thống và các phương pháp giảm sai số hệ thống
3. Sai số ngẫu nhiên và các phương pháp giảm ảnh hưởng của sai số ngẫu nhiên

Khái niệm và phân loại sai số đo

- Mọi phép đo đều có **sai số** (do nhiều yếu tố ảnh hưởng)
- **Sai số đo**: độ lệch của **kết quả đo** khỏi **giá trị thực** của đại lượng đo
 - **Sai số** càng lớn thì **độ chính xác** của phép đo càng giảm và ngược lại
- **Giá trị thực**: giá trị của đại lượng đó phản ánh đúng đắn nhất thuộc tính của đối tượng cả về lượng cũng như về chất.
 - **Giá trị thực** không phụ thuộc phương tiện đo, phương pháp đo xác định chúng và là chân lý cần đạt tới
 - Thực tế **giá trị thực** không biết được nên phải thay bằng **giá trị thực tế**
- **Giá trị thực tế**: giá trị tìm được bằng thực nghiệm và có xu thế tiệm cận với **giá trị thực**

Phân loại sai số đo

- Phân loại theo cách biểu diễn:
 - **Sai số tuyệt đối**: hiệu giữa kết quả đo với giá trị thực

$$\Delta X = X_d - X$$

- **Sai số tương đối**: tỷ số giữa sai số tuyệt đối với giá trị thực

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X} 100 (\%)$$

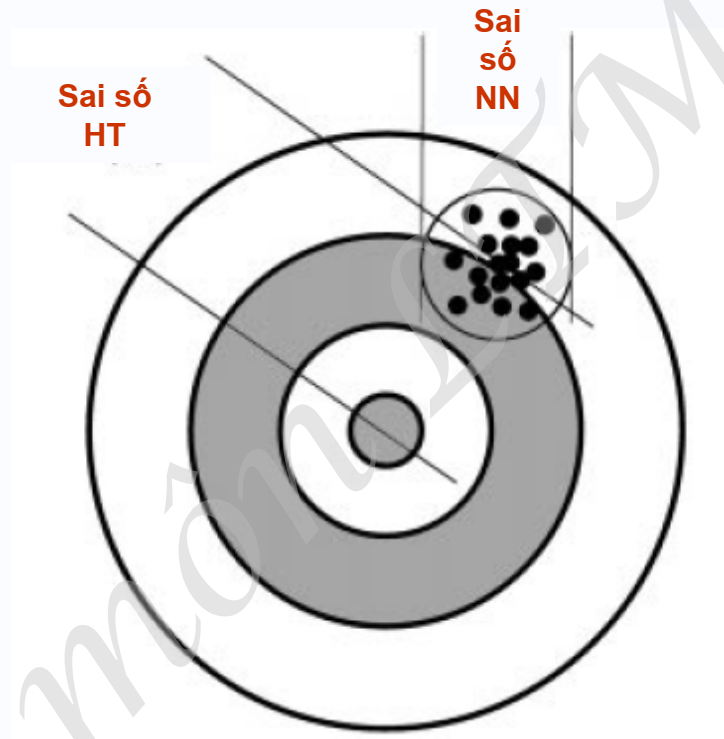
- Với phương tiện đo thường dùng **sai số tương đối qui đổi**

$$\gamma X = \frac{\Delta X}{X_{dm}} 100 (\%) \text{ với } X_{dm} \text{ là giá trị định mức của thang đo}$$

Phân loại sai số đo




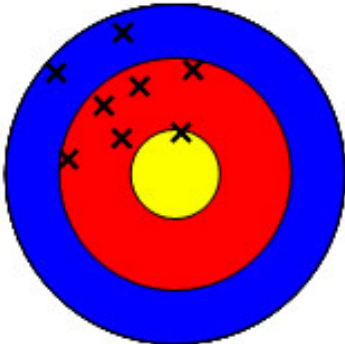
- Phân loại theo sự phụ thuộc của sai số đo vào đại lượng đo:
 - **Sai số điểm không**: sai số mà giá trị của chúng không phụ thuộc đại lượng đo
 - **Sai số độ nhạy**: sai số mà giá trị của chúng phụ thuộc đại lượng đo
- Phân loại theo qui luật thay đổi của sai số đo:
 - **Sai số hệ thống**: sai số không đổi hoặc thay đổi theo một qui luật nhất định khi đo lặp đi lặp lại cùng một đại lượng
 - **Sai số ngẫu nhiên**: sai số thay đổi một cách ngẫu nhiên khi đo lặp đi lặp lại cùng một đại lượng

Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên

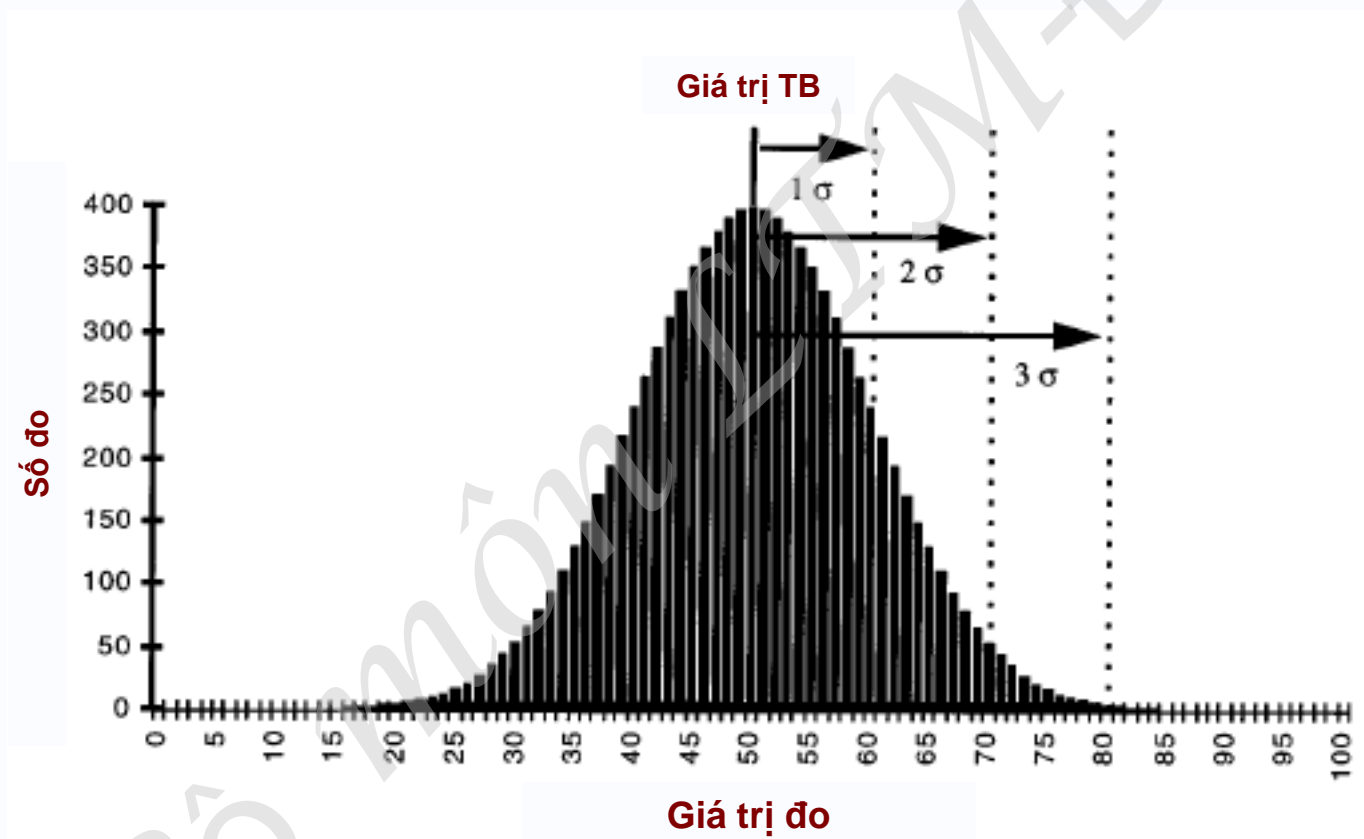


Tương tự giữa mục tiêu với sai số đo

Độ chính xác (accuracy) và độ chụm (precision)

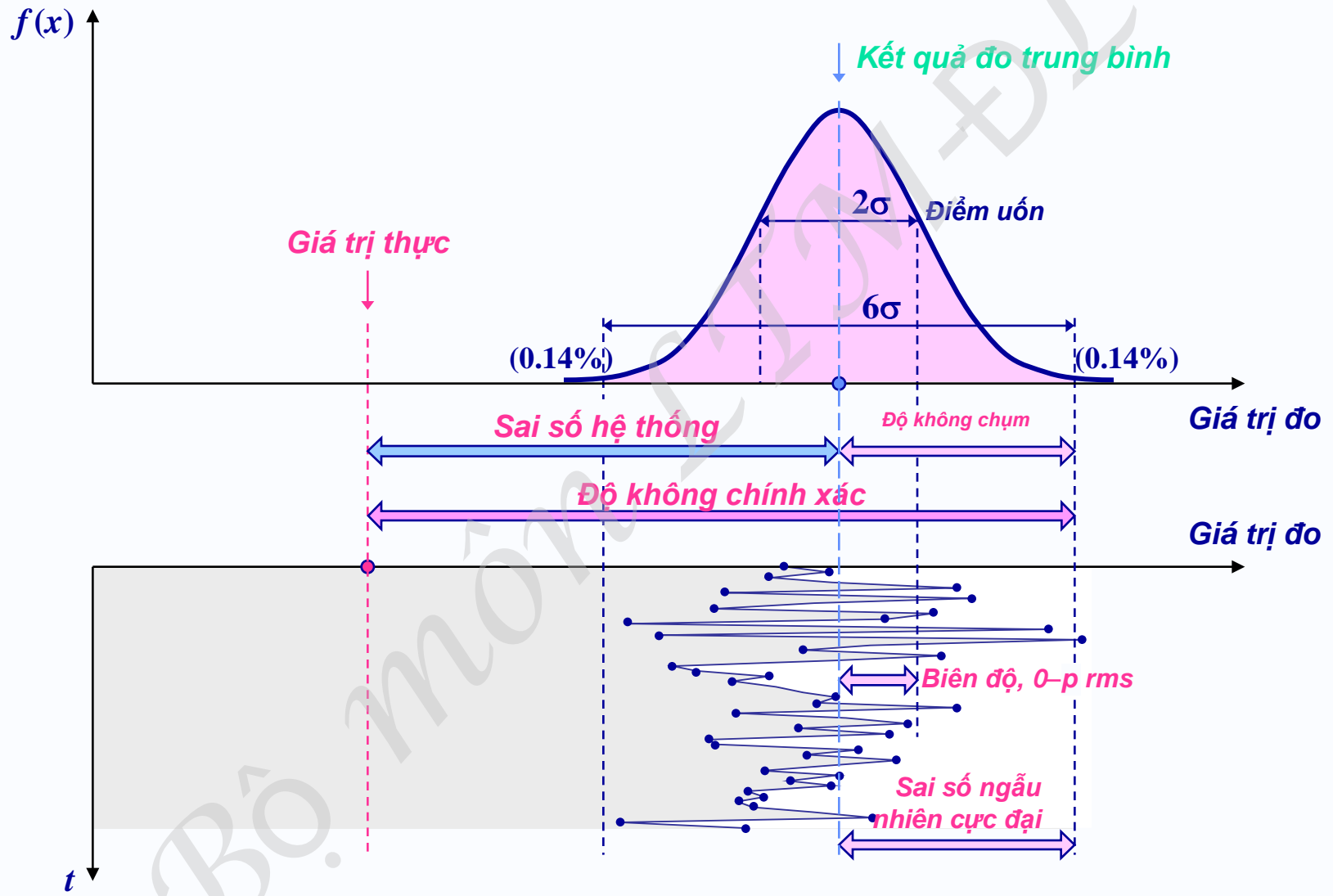
	Chính xác	Không chính xác (SS hệ thống)
Chụm		
Không chụm (lỗi phức hồi)		

Sai số ngẫu nhiên



Ví dụ về phân bố chuẩn

Ví dụ: Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên



Phân loại sai số đo

- Phân loại theo vị trí gây ra sai số đo:
 - **Sai số phương pháp đo**: gây nên do sự không hoàn hảo của phương pháp đo
 - **Sai số phương tiện đo**: gây nên do sự không hoàn hảo của phương tiện đo
 - Phân loại: sai số hệ thống; sai số ngẫu nhiên, sai số điểm không; sai số độ nhạy; sai số cơ bản; sai số phụ; sai số động; sai số tĩnh ...

Sai số hệ thống

và các phương pháp giảm sai số hệ thống

- **Sai số hệ thống**: sai số không đổi hoặc thay đổi theo một qui luật nhất định khi đo lặp đi lặp lại cùng một đại lượng
- Khi chưa được phát hiện thì sai số hệ thống nguy hiểm hơn sai số ngẫu nhiên
- **Phân loại**:
 - Sai số phương tiện đo
 - Sai số do đặt phương tiện đo không đúng
 - Sai số do người đọc kết quả đo
 - Sai số phương pháp đo
- **Cách giảm sai số hệ thống**:
 - Phương pháp loại bỏ SSHT trước khi đo
 - Phương pháp thế
 - Phương pháp bù sai số theo dấu
 - Phương pháp hiệu chỉnh

Phương pháp giảm sai số hệ thống trước khi đo

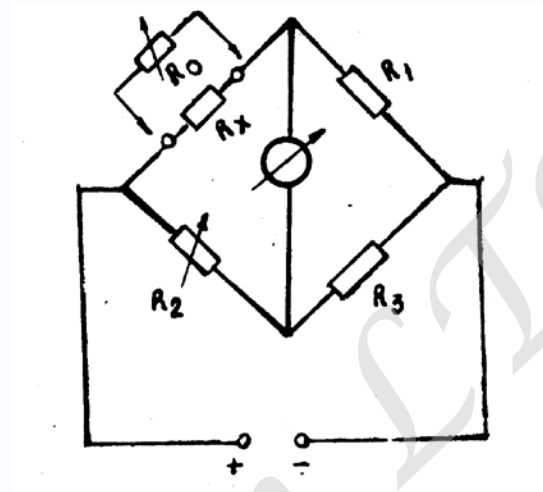
- Định kỳ kiểm tra, kiểm định phương tiện đo
- Lắp đặt phương tiện đo đúng qui cách
- Đo trong điều kiện tiêu chuẩn

BỘ MÔN ĐIỆN

Phương pháp thế và phương pháp bù sai số theo dấu

- **Phương pháp thế**: thay thế đại lượng cần đo bằng đại lượng mẫu cùng loại (trong cùng một điều kiện đo, cùng một phương tiện đo).
 - VD: đo điện trở bằng cầu đo điện trở
- **Phương pháp bù sai số theo dấu**: đo hai lần sao cho SSHT tác động lên kết quả đo ở mỗi lần có dấu ngược nhau
- **Phương pháp hiệu chỉnh**: kết quả đo được cộng hay trừ một đại lượng hiệu chỉnh (đại lượng hiệu chỉnh này được tính trước và cho dưới dạng bảng, đồ thị hoặc biểu thức toán học)

Ví dụ về phương pháp thế



Ban đầu mắc R_x vào một nhánh cầu, thay đổi R_2 để cân bằng cầu: $R_x = R_2 \cdot \frac{R_1}{R_3}$

Sau đó, thay R_x bằng điện trở mẫu R_0 có thể thay đổi được. Điều chỉnh R_0 để cầu cân bằng lại: $R_0 = R_2 \cdot \frac{R_1}{R_3}$

Giả sử cầu có sai số hệ thống là ΔR , có $R_x + \Delta R = R_0 + \Delta R$. Do vậy, $R_x = R_0$

Sai số ngẫu nhiên và phương pháp giảm ảnh hưởng của sai số ngẫu nhiên

- **Sai số ngẫu nhiên**: sai số thay đổi một cách ngẫu nhiên khi đo lặp đi lặp lại cùng một đại lượng
- **Nguyên nhân gây ra SSNN**: do nhiều nguyên nhân tác động lên đối tượng đo, phương tiện đo và quan hệ ngẫu nhiên giữa các nguyên nhân đó
- **Đánh giá SSNN** bằng **phương pháp thống kê**, mục đích để tìm ra:
 - Định luật phân bố sai số
 - Độ lệch bình phương trung bình
 - Khoảng tin cậy và xác suất tin cậy

Sai số ngẫu nhiên và phương pháp giảm ảnh hưởng của sai số ngẫu nhiên

- **Sai số ngẫu nhiên**: sai số thay đổi một cách ngẫu nhiên khi đo lặp đi lặp lại cùng một đại lượng
- **Nguyên nhân gây ra SSNN**: do nhiều nguyên nhân tác động lên đối tượng đo, phương tiện đo và quan hệ ngẫu nhiên giữa các nguyên nhân đó
- **Đánh giá SSNN** bằng **phương pháp thống kê**, mục đích để tìm ra:
 - Định luật phân bố sai số
 - Độ lệch bình phương trung bình
 - Khoảng tin cậy và xác suất tin cậy

Định luật phân bố sai số ngẫu nhiên

- Đo lặp đại lượng X nhiều lần, ta được các kết quả quan sát X_i (với $i = 1, 2, \dots, n$)
- Loại bỏ SSHT, ta được SSNN của mỗi lần quan sát như sau:

$$\Delta_i = X_i - X$$

- Nếu số lần quan sát lớn thì trong các kết quả quan sát sẽ có nhiều kết quả **bằng nhau về giá trị** và **trùng nhau về dấu**. Chia các kết quả quan sát thành các nhóm theo giá trị và dấu, khoảng giá trị của các nhóm lấy bằng Z .

Định luật phân bố sai số ngẫu nhiên

Ví dụ: $z = 0,01$

có n_1 lần quan sát có sai số $= 0 \div 0,01$

có n_2 lần quan sát có sai số $= 0,01 \div 0,02$

có n_1' lần quan sát có sai số $= -(0 \div 0,01)$

có n_2' lần quan sát có sai số $= -(0,01 \div 0,02)$

.....

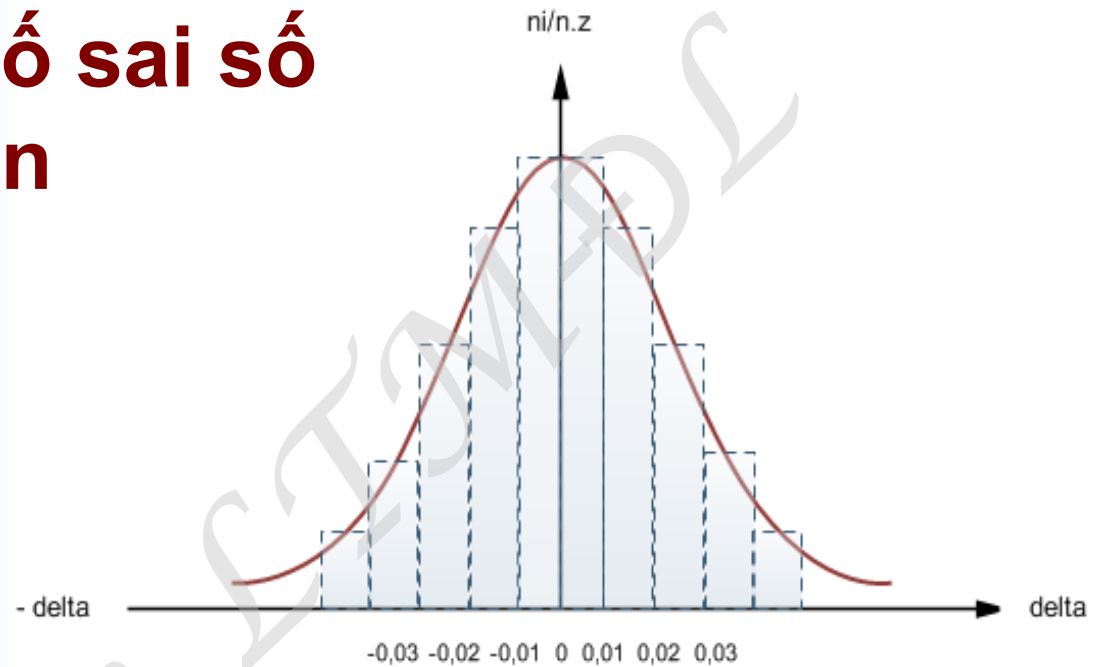
Các tỷ số $\frac{n_1}{n}, \frac{n_2}{n}, \frac{n_1'}{n}, \frac{n_2'}{n}, \dots$ là tần suất hiện SSNN

ứng với các nhóm sai số $n_1, n_2, n_1', n_2', \dots$

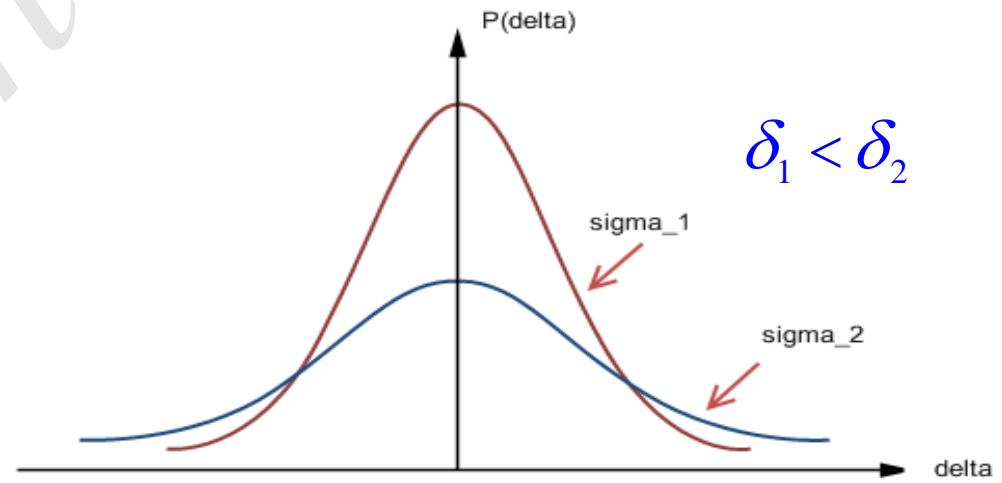
Định luật phân bố sai số ngẫu nhiên

Lập biểu đồ phụ thuộc

giữa $\frac{n_i}{n.z}$ với Δ



Nếu tiến hành đo nhiều lần
($n \rightarrow \infty$ và $z \rightarrow 0$)
thì biểu đồ trở thành
đường cong liên tục
(hàm mật độ phân bố chuẩn
- phân bố Gauss)



Định luật phân bố sai số ngẫu nhiên

Hàm mật độ phân bố xác suất của phân bố chuẩn:

$$p(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}$$

σ là **phương sai của SSNN** - đặc trưng cho mức độ sai lệch ngẫu nhiên trung bình của các kết quả quan sát xung quanh giá trị thực X

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}$$

Đặc biệt, khi $\sigma = 1$ thì có hàm **phân bố chuẩn chuẩn hóa**:

$$p(\Delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2}}$$

Định luật phân bố sai số ngẫu nhiên

Theo định luật phân bố chuẩn, xác suất để $\Delta_i \in (\Delta_1, \Delta_2)$

$$p(\Delta_1 < \Delta < \Delta_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}} d\Delta$$

Thay $\frac{\Delta}{\sigma} = t$ hay $\Delta = \sigma t$ thì định luật phân bố sai số theo t sẽ là

hàm phân bố chuẩn chuẩn hoá

$$p(\Delta_1 < \Delta < \Delta_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}} d\Delta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t_2) - \Phi(t_1)$$

với $t_1 = \frac{\Delta_1}{\sigma}$, $t_2 = \frac{\Delta_2}{\sigma}$ và $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ (bảng tích phân xác suất)

Giá trị trung bình cộng

Do không xác định được giá trị thực $X \Rightarrow$ thay X bằng giá trị trung bình cộng \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

\Rightarrow Sai số ngẫu nhiên Δ_i (độ lệch giữa X_i với X) cũng được thay bằng độ lệch ngẫu nhiên φ_i (độ lệch giữa X_i với \bar{X}).

$$\varphi_i = X_i - \bar{X}$$

φ_i còn được gọi là sai số dư

Độ lệch trung bình bình phương

⇒ Phương sai của SSNN σ cũng được thay bằng giá trị gần đúng S (tính theo công thức Bessel)

$$S = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 + \varphi_2^2 + \dots + \varphi_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i^2}{n-1}}$$

nếu $n \rightarrow \infty$ thì $S \rightarrow \sigma$ (hay $\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} S$)

Nếu lấy giá trị trung bình cộng \bar{X} làm kết quả đo, thì phương sai sẽ giảm đi \sqrt{n} lần ⇒ Giá trị gần đúng của phương sai của kết quả đo:

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i^2}{n(n-1)}}$$

nếu $n \rightarrow \infty$ thì $S_{\bar{X}} \rightarrow \sigma_{\bar{X}}$ (tức là $\sigma_{\bar{X}} = \lim_{n \rightarrow \infty} S_{\bar{X}}$)

Khoảng tin cậy và xác suất tin cậy

Khi đánh giá sai số của kết quả đo cần xác định độ chính xác và độ tin cậy của kết quả đo.

* **Xác suất tin cậy** của kết quả đo:

- Xác suất để kết quả đo \bar{X} khác so với giá trị thực một lượng không quá Δ .

$$P_{TC} = P(\bar{X} - \Delta < X < \bar{X} + \Delta)$$

* **Khoảng tin cậy** của kết quả đo:

- Khoảng giá trị $(\bar{X} - \Delta \div \bar{X} + \Delta)$

Sai số cực đại và sai số thô

* **Sai số cực đại**: giới hạn cho phép của sai số ngẫu nhiên.

- Phân bố chuẩn, dùng "chỉ tiêu 3σ " làm sai số cực đại

$$\Delta_m = \pm 3\sigma$$

(1000 lần đo chỉ có 3 lần sai số lớn hơn 3σ , hay xác suất gặp sai số nhỏ hơn $\pm 3\sigma$ là 0,997)

- Cho trước một xác suất tin cậy $\phi(t)$ nào đó, tra Bảng tích phân xác suất của phân bố chuẩn (Slide 44) sẽ tìm được hệ số t tương ứng với số lần đo để từ đó tính được sai số cực đại

$$\Delta_m = t\sigma \quad \text{hay} \quad \Delta_m = tS$$

* **Sai số thô**:

- Sai số vượt quá mong đợi ở điều kiện đã cho một cách rõ rệt.

- Những sai số vượt quá sai số cực đại được coi là sai số thô.

Bảng tích phân xác suất của phân bố Gauss

Giá trị t ứng với xác suất tin cậy $\Phi(t)$ khác nhau

$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t
0,50	0,675	0,992	2,652
0,60	0,842	0,993	2,697
0,70	1,036	0,994	2,748
0,75	1,150	0,995	2,807
0,80	1,282	0,996	2,878
0,85	1,440	0,997	2,968
0,90	1,645	0,998	3,090
0,95	1,960	0,999	3,291
0,96	2,054	0,9995	3,481
0,97	2,170	0,9999	3,891
0,98	2,326	0,99999	4,417
0,99	2,576	0,999999	4,892
0,991	2,612	0,9999999	5,327

Phân bố Student

Khi số lần đo ít ($2 \leq n \leq 10$), người ta dùng phân bố Student để xử lý kết quả quan sát

Khoảng tin cậy của kết quả đo theo phân bố Student:

$$(\bar{X} - t_s S_{\bar{X}} \div \bar{X} + t_s S_{\bar{X}})$$

Cho trước xác suất tin cậy P_{TC} và số lần đo n , tra bảng tích phân xác suất của phân bố Student (Slide 46) sẽ tìm được hệ số t_s

Sai số cực đại theo phân bố Student:

$$\Delta_m = t_s \sigma \quad \text{hay} \quad \Delta_m = t_s S$$

Bảng tích phân xác suất của phân bố Student

Giá trị t_s ứng với xác suất tin cậy P_{TC} và số lần đo n khác nhau

$n \backslash P_{TC}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1,000	1,376	1,963	3,08	6,31	12,71	31,8	63,7	636,6
3	0,816	1,061	1,336	1,886	2,92	4,30	6,96	6,92	31,6
4	0,765	0,978	1,250	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84	12,9
5	0,741	0,941	1,190	1,533	2,13	2,77	3,75	4,60	8,61
6	0,737	0,920	1,156	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
7	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,45	3,14	4,71	5,96
8	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,36	3,00	3,5	5,40
9	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
10	0,703	0,883	1,110	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78

Xử lý kết quả quan sát

- Để giảm ảnh hưởng của SSNN:
 - Tiến hành phép đo nhiều lần
 - Xử lý thống kê kết quả quan sát
- Mục đích của xử lý kết quả quan sát:
 - Tìm giá trị của kết quả đo
 - Tìm định luật phân bố sai số
 - Xác định giới hạn của SSNN
 - Xác định xác suất tin cậy và khoảng tin cậy của kết quả đo
- Điều kiện cho phép xử lý kết quả quan sát:
 - Phép đo phải đồng nhất (cùng điều kiện trong mọi lần đo)
 - Không tồn tại SSHT trong kết quả quan sát (hoặc đã loại bỏ SSHT)

Các bước xử lý kết quả quan sát (1)

- **Bước 1:** tính giá trị trung bình cộng $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
- **Bước 2:** tìm sai số dư $\varphi_i = X_i - \bar{X}$
- **Bước 3:** kiểm tra kết quả tính toán xem tổng sai số dư có bằng 0 hay không

Nếu $\sum_{i=1}^n \varphi_i \neq 0$ thì phải tính toán lại từ đầu

- **Bước 4:** tìm giá trị gần đúng của phương sai $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i^2}{(n-1)}}$

và giá trị gần đúng của phương sai của giá trị trung bình cộng

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Các bước xử lý kết quả quan sát (2)

- **Bước 5:** Kiểm tra xem các kết quả quan sát có sai số thô hay không

- Nếu số lần đo >10 , sử dụng phân bố Gauss

$$\Delta_m = 3S$$

- Nếu số lần đo ≤ 10 , sử dụng phân bố Student

$$\Delta_m = t_S S$$

Nếu có sai số thô thì phải loại bỏ kết quả quan sát tương ứng khỏi quá trình xử lý, rồi tính lại \bar{X} , S , $S_{\bar{X}}$

Các bước xử lý kết quả quan sát (3)

- **Bước 6:** Viết kết quả đo
 - Với số lần đo >10

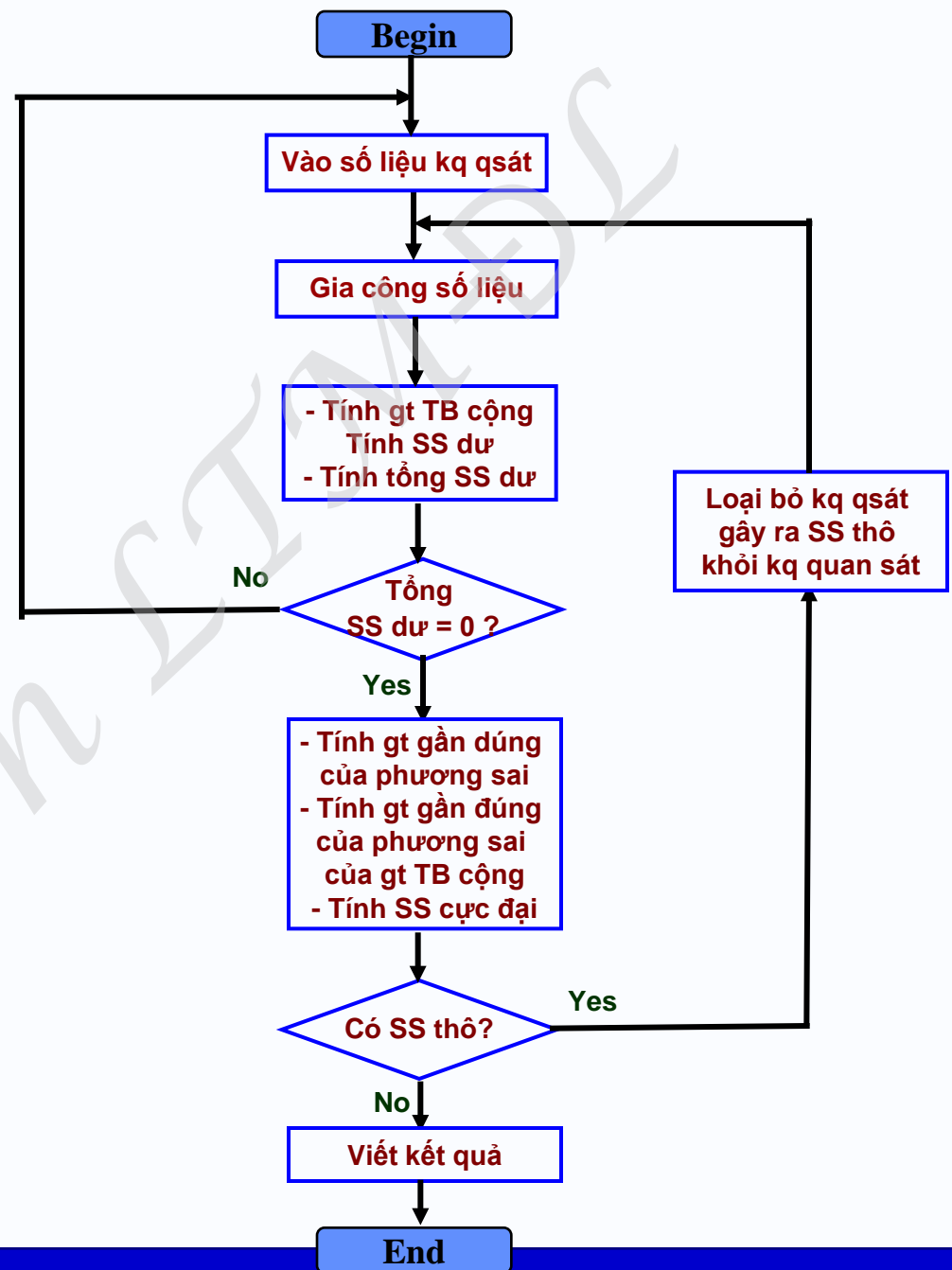
$$X = \bar{X} \pm t S_{\bar{X}} \quad \text{với} \quad P_{TC} = \dots$$

- Với số lần đo ≤ 10

$$X = \bar{X} \pm t_s S_{\bar{X}} \quad \text{với} \quad P_{TC} = \dots$$

Chú ý cách viết kết quả (tham khảo SGK)

Lưu đồ quá trình Xử lý kết quả quan sát



VD xử lý kết quả quan sát



Cảm ơn!