



KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

- ## Giới thiệu
- Mục đích môn học



Giới thiệu

- Nội dung
 - Chương 1: Các khái niệm cơ bản
 - Chương 2: Sai số đo và xử lý kết quả đo
 - Chương 3: Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo
 - Chương 4: Chuyển đổi đo lường và cảm biến
 - Chương 5: Các cơ cấu chỉ thị
 - Chương 6: Mạch đo và xử lý kết quả
 - Chương 7: Đo dòng điện và điện áp
 - Chương 8: Đo công suất và năng lượng
 - Chương 9: Đo góc pha
 - Chương 10: Đo tần số và thời gian
 - Chương 11: Đo các tham số mạch điện



Giới thiệu

- Tài liệu tham khảo
 - Phạm Thượng Hàn – *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý* – NXB Giáo dục 1997.
 - Nguyễn Văn Vượng – *Cơ sở phương pháp đo kiểm tra trong kỹ thuật* – NXB KH & KT – 2001.
 - Vũ Quý Điềm – *Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử* – NXB KH & KT – 2001
 - John G. Webster – *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook* – CRC – 1999.



CHƯƠNG 1 : CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN



Nội dung

- Định nghĩa
- Đặc trưng của kỹ thuật đo
- Các phương pháp đo
- Phân loại thiết bị đo

Định nghĩa



- Con người muốn có thông tin về các sự vật, hiện tượng xung quanh mình.
- Cần phải có các dụng cụ, phương pháp để cung cấp, ước lượng thông tin về đối tượng cần biết
- Hoạt động đó gọi là **đo lường**.

Định nghĩa

- Định nghĩa :
 - Đo lường là một quá trình **đánh giá định lượng** đại lượng cần đo để có **kết quả bằng số** so với **đơn vị đo**.
 - Quá trình đo là quá trình xác định **tỉ số** : $A_x = \frac{X}{X_0}$
 Ví dụ : I = 10A
 Ví dụ : đo độ ẩm ?
 đo ứng suất cơ học ?




Định nghĩa

- Đo lường học: ngành khoa học chuyên nghiên cứu về các phương pháp để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu về mẫu và đơn vị đo.
 - Kỹ thuật đo lường : ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu và áp dụng các thành quả đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống.
- **Quan tâm** : - Đại lượng đo
- Đơn vị đo
- Độ chính xác yêu cầu của phép đo và tính toán



Các đặc trưng của kỹ thuật đo


- Đại lượng đo
- Điều kiện đo
- Đơn vị đo
- Thiết bị đo và phương pháp đo
- Kết quả đo
- Người quan sát



Các đặc trưng của kỹ thuật đo


Đại lượng đo

- Định nghĩa : đại lượng cần đo là thông số đặc trưng cho đại lượng vật lý cần đo
- Phân loại :
 - Theo bản chất đại lượng đo
 - Theo tính chất thay đổi đại lượng đo
 - Theo cách biến đổi đại lượng đo




Các đặc trưng của kỹ thuật đo

- Phân loại theo bản chất đại lượng đo
 - Đại lượng đo điện
 - Đại lượng đo năng lượng
 - Đại lượng đo không điện
 - Đại lượng đo thông số
 - Đại lượng đo phụ thuộc thời gian



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

- Phân loại theo tính chất thay đổi đại lượng đo
 - Đại lượng đo tiền định
 - Đại lượng đo ngẫu nhiên



Các đặc trưng của kỹ thuật đo


- Phân loại theo cách biến đổi đại lượng đo
 - Đại lượng đo liên tục (đại lượng đo tương tự - analog)
 - Đại lượng đo rời rạc (đại lượng đo số - digital)



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Điều kiện đo


- Phép đo một đại lượng phải được thực hiện trong điều kiện chuẩn theo quy định.



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Đơn vị đo


- Đơn vị đo : là giá trị đơn vị tiêu chuẩn về một đại lượng đo nào đó được quốc tế quy định mà mỗi quốc gia đều phải tuân thủ.
 - Hệ SI (System International)
 - Hệ CGS (Centimeter Gramme Second)
 - Hệ Anh (English)
 - Hệ MKS (Meter Kilogram Second)
 - Hệ MKSA (Meter Kilogram Second Ampere)
 - Hệ Á Đông (thước, tắc, yến, tạ, sào, mẫu...)
 - Hệ phi tổ chức (gang tay, sào đứng, bước chân...)



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Đơn vị đo


Đại lượng đo	Tên đơn vị	Kí hiệu
Chiều dài	Mét	m
Khối lượng	Kilogram	kg
Thời gian	Giây	s
Cường độ dòng điện	Ampe	A
Nhiệt độ	Kelvin/ $^{\circ}$ C	K
Cường độ sáng	Candela	Cd
Số lượng vật chất	Mol	Mol



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Phân loại thiết bị đo


- Mẫu
- Dụng cụ đo
- Chuyển đổi đo lường
 - Chuyển đổi đại lượng điện thành đại lượng điện khác
 - Chuyển đổi đại lượng không điện thành điện
- Hệ thống thông tin đo lường
 - Hệ thống đo lường
 - Hệ thống kiểm tra tự động
 - Hệ thống chẩn đoán kỹ thuật
 - Hệ thống nhận dạng
 - Tổ hợp đo lường tính toán



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Kết quả đo

- Định nghĩa: là những con số kèm theo đơn vị đo hay những đường cong ghi lại quá trình thay đổi của đại lượng đo theo thời gian
- Kết quả đo là giá trị ước lượng, xác định bằng thực nghiệm nhờ thiết bị đo. Ở một điều kiện nào đó, có thể coi là giá trị thực của đại lượng cần đo.
- Sai số của phép đo được đưa ra để đánh giá sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị thực → đánh giá phép đo



Các đặc trưng của kỹ thuật đo

Người quan sát

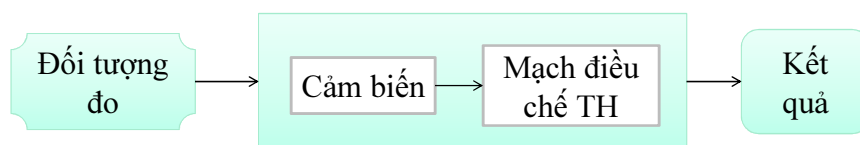
- Định nghĩa: là người thực hiện phép đo và gia công kết quả đo
- Nhiệm vụ
 - Trước khi đo : nắm được phương pháp đo, chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và điều kiện môi trường, kiểm tra điều kiện đo
 - Trong khi đo : biết điều khiển quá trình đo để thu kết quả mong muốn
 - Sau khi đo : nắm các phương pháp gia công kết quả đo.

Phân loại phương pháp đo

- **Đo trực tiếp:** kết quả có chỉ sau một lần đo.
- **Đo gián tiếp:** kết quả có bằng phép suy ra từ một số phép đo trực tiếp.
- **Đo hợp bộ:** như gián tiếp nhưng phải giải một phương trình hay một hệ phương trình mới có kết quả.
- **Đo thống kê:** đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình mới có kết quả

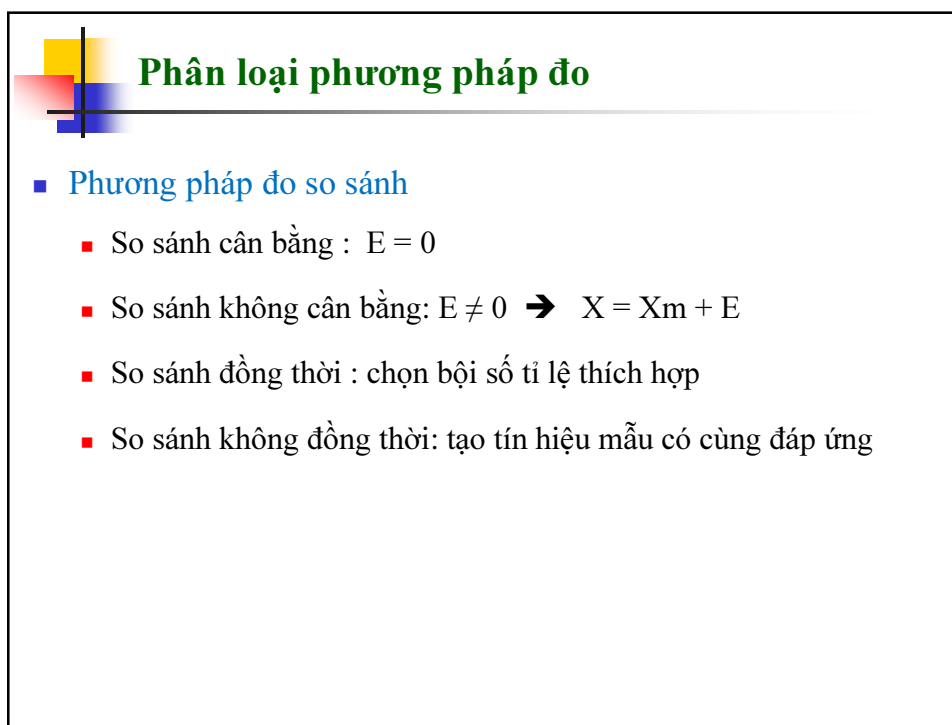
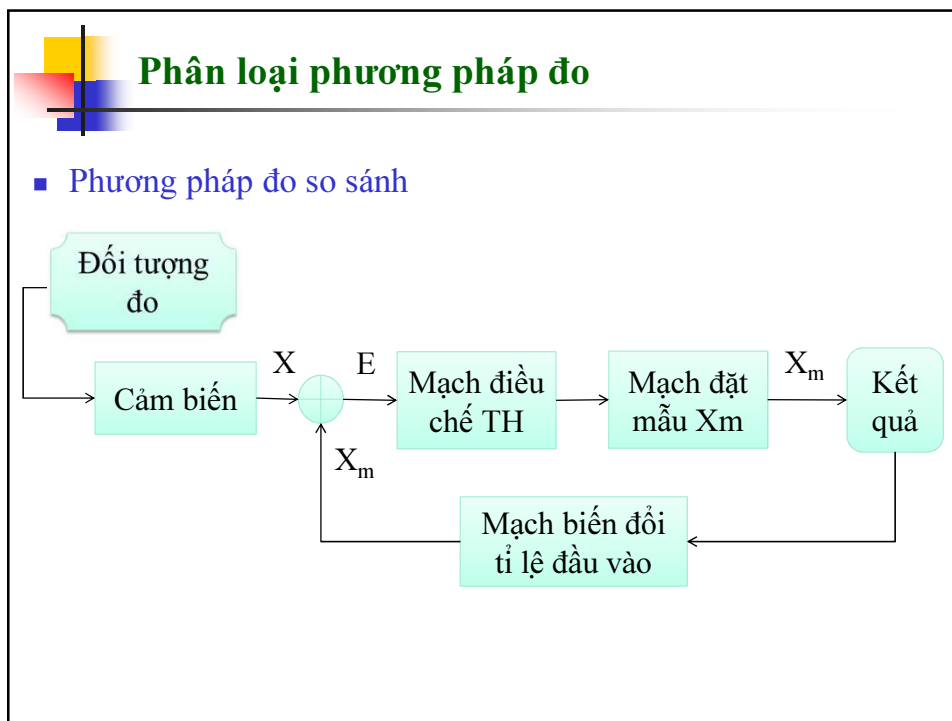
Phân loại phương pháp đo

- Phương pháp đo trực tiếp



Mạch điều biến TH







Mẫu và chuẩn

- Chuẩn: các đơn vị đo tiêu chuẩn như chuẩn chiều dài, chuẩn khối lượng, chuẩn điện áp...
- Mẫu: dụng cụ dùng để kiểm tra chuẩn hóa các dụng cụ đo khác
 - Pin mẫu
 - Nguồn ổn áp mẫu
 - Điện trở mẫu

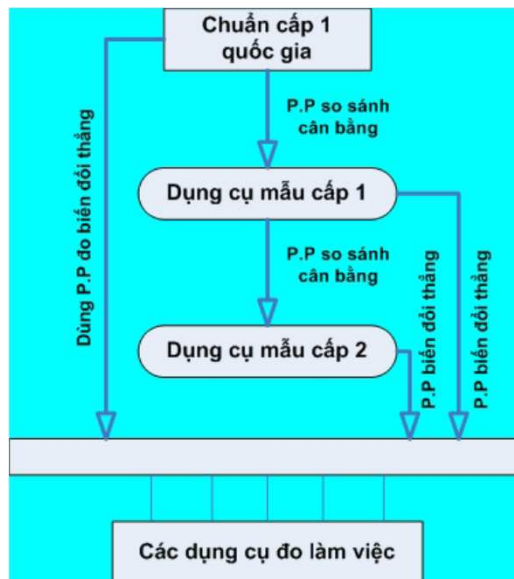


Mẫu và chuẩn

- Các dụng cụ đo tạo ra chuẩn được gọi là dụng cụ chuẩn cấp 1, đảm bảo độ chính xác nhất của một quốc gia
- Các dụng cụ mẫu có cấp chính xác thấp hơn và thường dùng để kiểm định các dụng cụ đo sản xuất.
- Dụng cụ mẫu nói chung đắt tiền và yêu cầu bảo quản, vận hành rất nghiêm ngặt nên chỉ sử dụng khi cần thiết.
(Đọc thêm chương 2, sách Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý)

Hệ thống truyền chuẩn

- Các thiết bị chuẩn có độ chính xác cao chỉ có ý nghĩa khi truyền được cho các dụng cụ mẫu và dụng cụ làm việc



Nội dung

- Các loại sai số
- Phương pháp loại trừ sai số
- Phương pháp xử lý kết quả đo

Các loại sai số

Tiêu chí phân loại	Theo cách thể hiện bằng số	Theo nguồn gây ra sai số	Theo qui luật xuất hiện của sai số
Loại sai số	- Sai số tuyệt đối - Sai số tương đối	- Sai số phương pháp - Sai số thiết bị. - Sai số chủ quan. - Sai số bên ngoài.	- Sai số hệ thống. - Sai số ngẫu nhiên

Sai số phép đo = sai số hệ thống + sai số ngẫu nhiên

Các loại sai số

- Sai số tuyệt đối: $\Delta X = X - X_{th}$
- Sai số tương đối: $\gamma = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 \approx \frac{X}{X_{th}} \cdot 100\%$
- Độ chính xác phép đo : $\varepsilon = \frac{1}{\gamma}$: dụng cụ đo có độ chính xác càng lớn, sai số càng nhỏ.
- Sai số hệ thống: thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hoặc thay đổi có quy luật khi đo nhiều lần 1 đại lượng đo



Bài tập

1. Một thiết bị đo có thang đo cực đại là 100mA, có sai số tương đối quy đổi là $\pm 1\%$. Tính các giới hạn trên và giới hạn dưới của dòng cần đo và sai số theo phần trăm trong phép đo đối với:
 - a. Độ lệch cực đại
 - b. 0,5 độ lệch cực đại
 - c. 0,1 độ lệch cực đại



Bài tập

2. Một ampe mét có khoảng đo 5A, 2.5A, 1A. Thang đo được chia thành 100 vạch, cấp chính xác 1.
 - Đặt vào thang đo 5A để đo dòng điện, kim chỉ 18 vạch. Xác định giá trị dòng điện và tính sai số tương đối của phép đo
 - Chọn thang đo thích hợp, xác định số vạch mà kim chỉ thị. Tính sai số mới.

Phương pháp loại trừ sai số

- Sai số hệ thống :
 - Phân tích lý thuyết, kiểm tra dụng cụ đo, chuẩn đo
 - Chỉnh “0” trước khi đo
 - Chỉnh định theo đặc tuyến
 - Bù ngược dấu hoặc bù hiệu chỉnh
- Sai số ngẫu nhiên
 - Kỳ vọng toán m_x (giá trị trung bình)
 - Độ lệch bình quân σ , phương sai $D = \sigma^2$
 - Phân bố xác suất : hàm mật độ phân bố xác suất chuẩn

$$W(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-0.5\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)^2}$$

Phương pháp loại trừ sai số

- Các bước tính sai số ngẫu nhiên
 - Tính ước lượng kì vọng toán học m_x của đại lượng đo

$$m_x = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n},$$
 - Tính độ lệch của kết quả mỗi lần đo so với giá trị trung bình

$$v_i = x_i - \bar{X}$$
 - Tính khoảng giới hạn của sai số ngẫu nhiên $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$

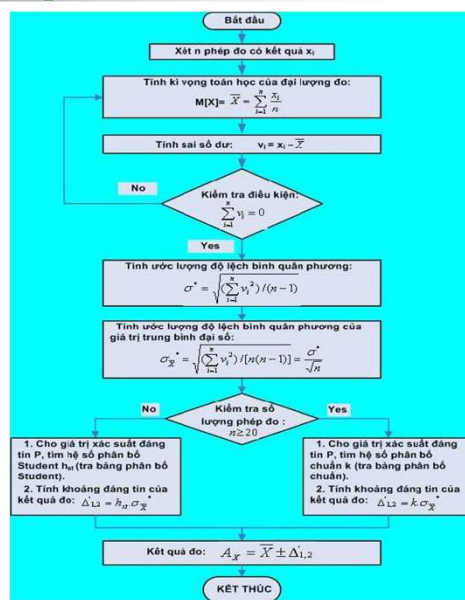
$$\Delta_1 = \Delta_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}}$$
 - Xử lý kết quả đo: loại những kết quả đo nào có sai số dư nằm ngoài khoảng $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$

Phương pháp loại trừ sai số

- Loại bỏ những kết quả đo không thực (sai lệch quá lớn)
- Loại trừ sai số hệ thống
- Loại trừ sai số ngẫu nhiên
- Gia công kết quả đo

Phương pháp xử lý kết quả đo

- Lưu đồ thuật toán gia công kết quả đo



Tính toán sai số gián tiếp

- Đo gián tiếp: kết quả được tính từ các phép đo trực tiếp khác
- Sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_k} \Delta x_k \right)^2}$$

- Sai số tương đối của phép đo gián tiếp

Hàm y	Sai số tuyệt đối Δy	Sai số tương đối $\gamma_y = \Delta y / y$
$x_1 + x_2$	$\pm \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}$	$\pm \sqrt{\frac{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}{(x_1 + x_2)^2}}$
$x_1 \cdot x_2$	$\pm \sqrt{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
$\frac{x_1}{x_2}$	$\pm \sqrt{\frac{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}{x_2^4}}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
x^n	$\pm n x^{n-1} \Delta x$	$\pm n \left(\frac{\Delta x}{x}\right)$

Bài tập 1

- Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên với xác suất đáng tin cậy $p=0.98$ của phép đo điện trở với kết quả như sau
- 140,25; 140,5; 141,75; 139,25; 139,5; 140,25; 140; 126,75; 141,15; 142,25; 140,75; 144,15; 140,15; 142,75.
- Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn.



Bài tập 2

- Tính sai số tương đối trong phép đo gián tiếp công suất mạch điện thông qua đo U,I
- Chỉ số đo thu được $U = 100\text{V}$; $I = 1\text{A}$
- Giá trị lớn nhất của thang đo các dụng cụ đo là
- $I_{\text{max}} = 1\text{A}$; $U_{\text{max}} = 150\text{V}$
- Cấp chính xác 1%



Phương pháp xử lý kết quả đo

- Tính toán hệ số tương quan tuyến tính

$$\rho = \frac{\mu_{11}}{\sigma_x \sigma_y} \quad -1 \leq \rho \leq 1$$

- Nếu $\rho > 0$ tương quan dương
- Nếu $\rho < 0$ tương quan âm
- Nếu $\rho = 0$ không có tương quan
- ρ càng gần 1 tương quan tuyến tính càng mạnh

Phương pháp xử lý kết quả đo

• Phương pháp lấy số liệu trung bình

- Đặt vấn đề: 2 đại lượng X và Y có các cặp giá trị đo tương ứng (x_i, y_i)

- $y_i \neq ax_i + b$

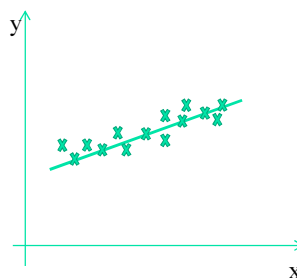
- Phương pháp :

- Chọn a, b sao cho với n phép đo, tổng

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0$$

- Chia lượng phép đo n thành 2 nhóm

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m (y_i - ax_i - b) = 0 \\ \sum_{j=m+1}^n (y_j - ax_j - b) = 0 \end{array} \right.$$



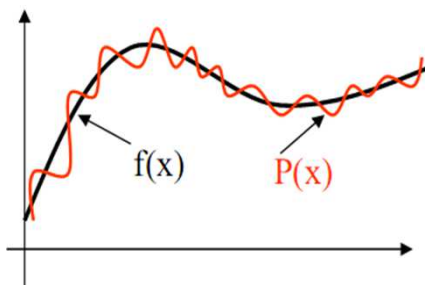
Phương pháp xử lý kết quả đo

- Phương pháp bình phương cực tiểu : tìm $P(x)$ gần đúng nhất với $f(x)$

- $P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$

- $S(x) = \sum_{k=1}^n [f(x_k) - P(x_k)]^2 \min$

- $\frac{\partial S}{\partial a_i} = 0 \quad \forall i = 1..n$




Phương pháp xử lý kết quả đo

- Xây dựng phương trình và biểu thức thực nghiệm từ kết quả đo
 - Tính hệ số tương quan để chẩn đoán dạng đường cong
 - Khi đường cong thực nghiệm có dạng tuyến tính
 - Phương pháp bình phương cực tiểu
 - Phương pháp trung bình
 - Phương pháp kéo chỉ
 - Khi đường cong thực nghiệm có dạng phi tuyến
 - Phương pháp bình phương cực tiểu
 - Phương pháp trung bình
 - Phương pháp tuyến tính hóa: khi đường cong không có dạng đa thức.

Bài tập 3

Khi thử nghiệm vật liệu của sun ta nhận được các giá trị điện trở của nó theo nhiệt như trong bảng sau.
Xác định đường cong thực nghiệm giữa nhiệt độ và điện trở trong thí nghiệm này

Số lần thí nghiệm	1	2	3	4	5	6
t, °C	+0,5	+9,7	+19,2	+30,5	+40,2	+49,5
R _i , Ω	1,01	1,02	1,07	1,13	1,18	1,26



Phương pháp xử lý kết quả đo

- Phương pháp dùng máy tính
 - Dùng Matlab : lệnh polyfit
 - Dùng các công cụ khác như: Mathematical, Excel, Mapple ...
 - Dùng các công cụ đồ họa.