

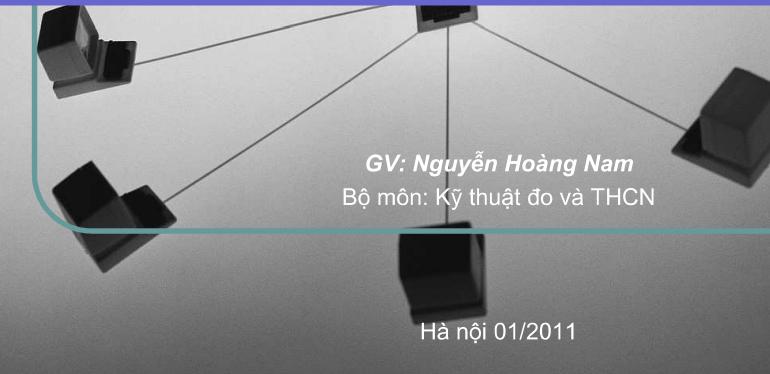
Đề cương môn học

- **CƠ SỞ LÝ THUYẾT KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG**
 - Các khái niệm
 - Cấu trúc của dụng cụ đo
 - Sai số của phép đo và gia công kết quả đo
- **CÁC PHẦN TỬ CHỨC NĂNG CỦA DỤNG CỤ ĐO**
 - Cơ cấu chỉ thị
 - Cảm biến đo lường
- **ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN VÀ KHÔNG ĐIỆN**
 - Đo các đại lượng điện
 - Đo kích thước và di chuyển
 - Đo lực và áp suất
 - Đo các thông số chuyển động
 - Đo nhiệt độ

3

Bài giảng

Kỹ thuật đo lường



1

Mục đích môn học

- Nghiên cứu cơ sở kỹ thuật đo lường và việc đảm bảo cơ sở cho các thí nghiệm.
- Nguyên tắc hoạt động của các phương tiện đo, các phương pháp đo các đại lượng vật lý
- Các phương pháp đánh giá sai số của kết quả đo, các cơ sở tiêu chuẩn hóa và chứng thực.
- Hình thành kinh nghiệm tiến hành thí nghiệm đo, kinh nghiệm làm việc với các phương tiện đo có trình độ đánh giá kết quả đo và sai số phép đo.

4

Tài liệu tham khảo

1. Giáo trình "Cơ sở kỹ thuật đo", PGS. Nguyễn Trọng Quế, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1996.
2. *Đo lường các đại lượng Vật lý*, Chủ biên PGS.TS. Phạm Thượng Hán, Nhà xuất bản Giáo dục, quyển 1.
3. *Đo lường các đại lượng điện và không điện*, PGS. Nguyễn Trọng Quế, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1996.

2

Định nghĩa và phân loại phép đo

- **Phép đo** là quá trình thực hiện việc đo lường.
- **Phân loại**
 - **Đo trực tiếp:** Là cách đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một phép đo duy nhất
 - **Đo gián tiếp:** Là cách đo mà kết quả được suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo dùng cách đo trực tiếp.
 - **Đo hợp bộ:** Là cách đo gần giống như phép đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo phép đo trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình hay một hệ phương trình mà các thông số đã biết chính là các số liệu đo được.
 - **Đo thống kê:** để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi người ta phải sử dụng phép đo thống kê. Tức là phải đo nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình.
- **Đo lường học:** là 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 áp dụng các thành tựu của đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống.

7

Chương 1. Các khái niệm cơ bản của kỹ thuật đo lường

- **Đo lường**
- **Định nghĩa và phân loại phép đo**
- **Khái niệm về đo lường học và kỹ thuật đo**
- **Một số đặc trưng** của kỹ thuật đo
 - Tín hiệu đo
 - Các điều kiện đo.
 - Đơn vị đo và chuẩn mẫu
 - Phương pháp đo và Phương tiện đo
 - Người quan sát và đánh giá kết quả

5

Ví dụ- Phương trình cơ bản của phép đo

- **Phương trình cơ bản của phép đo:**

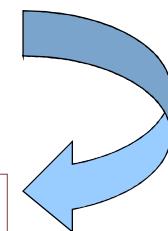
$$A_x = \frac{X}{X_0} \Rightarrow X = A_x \times X_0$$

X: Đại lượng cần đo.

X₀: Đơn vị đo.

A_x: Giá trị bằng số của đại lượng cần đo.

Quá trình so sánh đại lượng cần đo với mẫu
để cho ra kết quả bằng số



Có thể đo một đại lượng
vật lý bất kỳ được
không???



Không, vì không phải
đại lượng nào cũng
có thể so sánh giá trị
của nó với mẫu
được.

8

Định nghĩa về Đo lường

- Theo pháp lệnh “ĐO LƯỜNG” của nhà nước CHXHCN Việt nam
 - Chương 1- Điều 1: Đo lường là việc xác định giá trị của đại lượng cần đo
 - Chính xác hơn: Đo lường là một quá trình đánh giá **định lượng** của một đại lượng cần đo để có kết quả bằng **số** so với **đơn vị đo**
- **Đại lượng đo được:**

Với một đại lượng cần đo là X ta có thể tìm được một đại lượng ΔX để cho

$$m.\Delta X > X \text{ và } (m-1)\Delta X = X$$

hay nói cách khác

Ánh xạ được X vào tập số tự nhiên {N} với độ đo ΔX

6

Ví dụ (2)

- Khi P chưa tác động, cầu cân bằng
 $\Rightarrow U_{ra} = 0$

- Khi có P tác động, R_{tz} thay đổi một lượng $\Delta R \rightarrow U_{ra}$ thay đổi một lượng ΔU . Đo $\Delta U \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta I$

$$\Delta U = \frac{U}{4} \times \frac{\Delta R}{R}$$

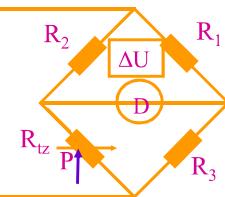
@@ $\Delta U??$

$$\frac{\Delta R}{R} = f\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

$$\epsilon(R) = f(\epsilon_l)$$

$$\frac{\epsilon_R}{\epsilon_l} = 1 + 2K_P + m$$

@@ CM??



$$\frac{R_1}{R_{tz}} = \frac{R_2}{R_3}$$

K_p : Hệ số poisson.

m : Hệ số tỷ lệ.

Đối với kim loại: $K_p = 0,24 \div 4$.
Nếu thể tích $V=I \cdot S$ không thay đổi trong quá trình biến dạng thì $K_p = 0,5$ và bỏ qua m .

11

Phương trình cơ bản

- Muốn đo giá trị của một đại lượng vật lý bất kỳ phải chuyển đổi đại lượng này sang một đại lượng vật lý khác có thể so sánh được giá trị của nó với mẫu
- Hai loại chuyển đổi:
 - Đại lượng điện → điện
 - Đại lượng không điện → điện
- Công cụ: cảm biến (sensor, chuyển đổi sơ cấp)

9

Ví dụ về phép đo hợp bộ

- Xác định đặc tính của dây dẫn điện

$$r_t = r_{20} [1 + \alpha(t - 20) + \beta(t-20)^2] \quad \alpha, \beta \text{ chưa biết.}$$

Đo điện trở ở nhiệt độ 20°C , t_1 và t_2
 \Rightarrow Hệ 2 phương trình 2 ẩn α và β .

Các phép đo
trực tiếp???

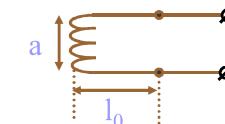
$$\begin{cases} r_{t_1} = r_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2] \\ r_{t_2} = r_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2] \end{cases}$$

$\Rightarrow \alpha, \beta$

12

Ví dụ: Đo ứng suất cơ học của một đầm bê tông chịu lực

- Thực hiện: ứng suất cơ học → điện trở của bộ cảm biến lực căng → mắc cảm biến vào mạch cầu → đo điện áp lệch cầu → ứng suất
- Công cụ: cảm biến dùng điện trở tenzô



$$\begin{aligned} l_0 &= 8 \div 15 \text{ mm} \\ a &= 3 \div 10 \text{ mm} \\ R &= 800 \div 1000 \Omega \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = f\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

10

Ví dụ

- Có một vônmet được khắc độ như sau:
 - 150V tương ứng 100 vạch
- Khi đo điện áp Vônmet chỉ 120 vạch, xác định kết quả?

$$N_0 = \frac{100}{150} \text{ vach/V}$$

- Giá trị: $X = 120 / (100/150) = 180V$

- Giá trị $C = \frac{1}{N_0} = 1,5/\text{vach}$ gọi là hằng số của volmét

15

1.3. Đặc trưng của kỹ thuật đo(1) Tín hiệu đo & Các điều kiện đo

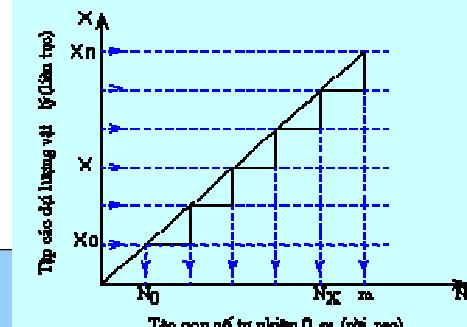
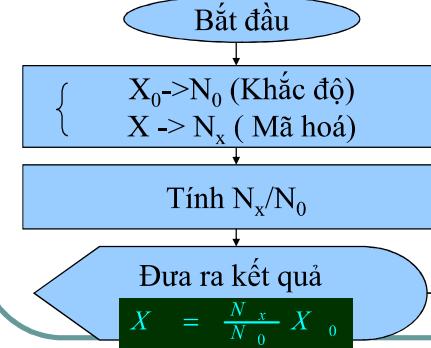
- Tín hiệu đo** mang theo thông tin về đối tượng cần nghiên cứu.
- Tín hiệu đo thể hiện ở 2 phần**: Phần đại lượng và phần dạng tín hiệu.
 - Phần Đại lượng**: thông tin về giá trị của đối tượng đo
 - Phần Dạng tín hiệu**: thông tin về sự thay đổi tín hiệu đo
 - Gia công tín hiệu: là nghiên cứu các quy luật biến đổi tín hiệu, xác định các loại tín hiệu, chuyển các tín hiệu bất kỳ về các tín hiệu có quy luật để đánh giá chúng, chuyển đi xa, dùng vào việc điều khiển hoặc phục hồi lại tín hiệu ấy khi cần thiết
 - Xử lý tín hiệu đo lường: tức là áp dụng các nguyên công về đo lường lên các tín hiệu đó, có những đặc điểm riêng là vẫn đề biến các tín hiệu đó thành số với một sai số xác định, phản ánh định lượng đại lượng cần đo
- Các điều kiện đo**: Khi tiến hành phép đo ta phải tính đến ảnh hưởng của môi trường đến kết quả đo và ngược lại, khi sử dụng dụng cụ đo phải không được ảnh hưởng đến đối tượng đo.

16

1.2. Phương pháp đo (1)

- Quá trình đo biến đổi thẳng kết quả

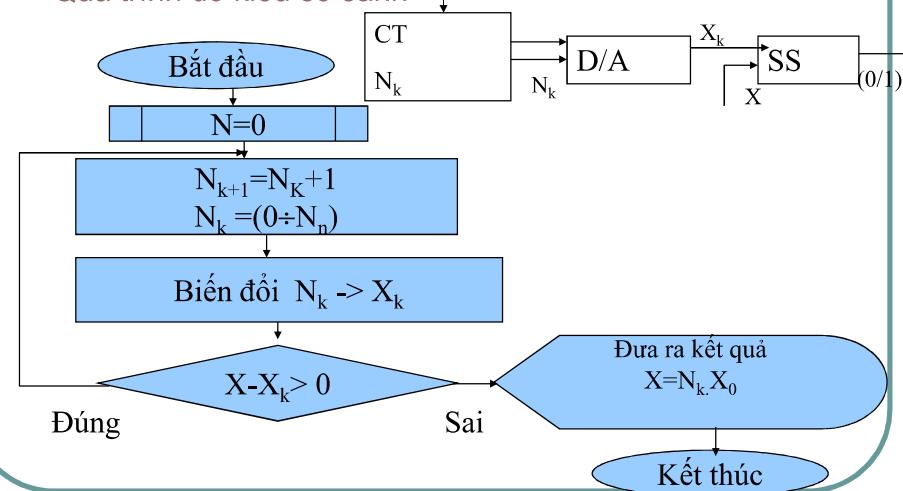
$X = X_0$



13

Phương pháp đo (2)

- Quá trình đo kiểu so sánh



14

Đặc trưng của kỹ thuật đo(4)

Người quan sát

- Đó là người đo và gia công kết quả đo. Nhiệm vụ của người quan sát khi đo là phải nắm được phương pháp đo, am hiểu về thiết bị đo mà mình sử dụng; kiểm tra điều kiện đo; phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị phù hợp; chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với điều kiện môi trường xung quanh; biết điều khiển quá trình đo để cho ra kết quả mong muốn; nắm được các phương pháp gia công kết quả đo để tiến hành gia công số liệu thu được sau khi đo. Biết xét đoán kết quả đo xem đã đạt yêu cầu hay chưa, có cần đo lại hay không, hoặc phải đo lại nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.
- Ngày nay vai trò của người quan sát giảm nhẹ vì hầu hết các phương tiện đều đo tự động

19

Đặc trưng của kỹ thuật đo (5)

Đánh giá kết quả đo

- Xác định tiêu chuẩn đánh giá một phép đo.
- Kết quả đo ở một mức độ nào đó có thể coi là chính xác. Một giá trị như vậy được gọi là giá trị ước lượng của đại lượng đo. Đó là giá trị được xác định bởi thực nghiệm nhờ các thiết bị đo. Giá trị này gần với giá trị thực mà ở một điều kiện nào đó có thể coi là thực.
- Để đánh giá giữa giá trị ước lượng và giá trị thực, người ta sử dụng khái niệm sai số của phép đo. Sai số của phép đo là hiệu giữa giá trị thực và giá trị ước lượng
$$\Delta X = X_{\text{thực}} - X_{\text{ước lượng}}$$
- Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sai số :
 - Do phương pháp đo không hoàn thiện.
 - Sự biến động của các điều kiện bên ngoài vượt ra ngoài những điều kiện tiêu chuẩn được quy định cho dụng cụ đo mà ta chọn.
 - Do dụng cụ đo không đảm bảo độ chính xác, do cách đọc của người quan sát, do cách đặt dụng cụ đo không đúng quy định v.v...

20

Đặc trưng của kỹ thuật đo(2)

Đơn vị đo và chuẩn mẫu

- Việc đầu tiên của đo lường học là xác định đơn vị đo và những tổ chức cần thiết để tạo mẫu để đảm bảo cho kết quả đo lường chính xác, tin cậy
- Việc thành lập đơn vị, thống nhất đơn vị đo lường là một quá trình lâu dài, biến động. Việc đảm bảo đơn vị, tổ chức kiểm tra, xác nhận, mang tính chất khoa học, kỹ thuật vừa tổ chức và pháp lệnh
- Việc thống nhất hệ thống quốc tế về đơn vị mang tính chất hiệp thương và quy ước -> *Nó có ý nghĩa quan trọng đặc biệt trong việc giao thương hàng hoá* -> hệ thống đơn vị IS (International Standard) ra đời (1960) Do tổ chức quốc tế về chuẩn phụ trách ISO(International Standard Organisation) gồm 7 đại lượng chính

17

Đặc trưng của kỹ thuật đo(3)

Phương pháp đo và Phương tiện đo

- Quá trình đo được thực hiện theo những bước nhất định, thực hiện các thao tác đo lường cơ bản.
- Thủ tục phối hợp các thao tác (nguyên công) đo lường là phương pháp đo.
- Phương tiện đo thể hiện kỹ thuật của một phương pháp đo cụ thể. -> Định nghĩa “ Phương tiện đo là tập hợp các phần tử, các modul, các dụng cụ, các hệ thống phục vụ cho việc thu thập và xử lý số liệu đo lường”
- Phân loại phương tiện đo lường

18

1.4. Thiết bị đo (1)

- Xác định tiêu chuẩn đánh giá một thiết bị đo:

- Tiêu chuẩn có thể là tiêu chuẩn quốc gia do cơ quan pháp quyền của một Nhà nước quyết định và thành pháp lệnh.
- Tiêu chuẩn quốc tế là tiêu chuẩn do hội đồng các nhà bác học nghiên cứu, xác định và khuyến cáo để các quốc gia áp dụng.
- ISO và IEC là những tiêu chuẩn quốc tế được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực sản xuất

- Tổ chức kiểm định và xác nhận thiết bị đo:

- Thiết bị đo lường là thiết bị phải đảm bảo các tiêu chuẩn về chất lượng vì vậy định kỳ phải được kiểm định và cấp giấy lưu hành
- Đây là công việc của các trung tâm kiểm chuẩn tức là so sánh thiết bị đo với chuẩn và đánh giá lại thiết bị đo.
- Chỉ có những thiết bị đo đã kiểm chuẩn và đã được cấp giấy chứng nhận mới được coi là thiết bị đo hợp pháp, có thể lưu hành.

23

Thiết bị đo (2)

- Tổ chức quản lý đảm bảo đo lường

Thiết bị đo là một thiết bị đặc biệt, nó được quản lý theo pháp lệnh Nhà nước. Nhà nước ra những quy định về quản lý thiết bị đo, như đăng ký, chứng nhận đạt tiêu chuẩn hay không đạt tiêu chuẩn, được lưu hành hợp pháp hay không. Phải đảm bảo việc truyền chuẩn có thể xuống đến những nơi cần thiết đảm bảo cho việc nâng cao chất lượng của các sản phẩm công nghiệp với yêu cầu ngày càng cao.

- Các tiêu chuẩn chung nhất của một thiết bị đo

- Giá trị đo và khoảng đo
- Sai số và độ chính xác
- Các tiêu chuẩn khác
 - Ngoài hai tiêu chuẩn về độ nhạy, độ chính xác của thiết bị đo còn phải xét đến đặc tính động, tốn hao của thiết bị và các chỉ tiêu đặc biệt đối với từng thiết bị.
 - Các chỉ tiêu chuan này là những chỉ tiêu phụ nhưng có những lúc trở thành chỉ tiêu quan trọng.

24

1.3. Các nguyên công đo lường cơ bản(1)

Quá trình đo là thực hiện các nguyên công đo lường, các nguyên công có thể thực hiện tự động trong thiết bị hoặc do người thực hiện.

- Xác định đơn vị đo, thành lập mẫu, tạo mẫu và truyền mẫu:

- xác định đơn vị, tạo ra chuẩn mẫu là những đại lượng vật lý có tính bất biến cao và là hiện thân của đơn vị đo lường.
- Lượng tử hóa chuẩn và tổ hợp thành đại lượng chuẩn có thể thay đổi giá trị, tạo thuận lợi cho việc xác định giá trị của đại lượng đo, ta gọi là truyền chuẩn.

- Nguyên công biến đổi: Thực hiện phép biến đổi trên các tín hiệu đo lường, từ đại lượng này sang đại lượng khác, từ dạng này sang dạng thể hiện khác

21

Các nguyên công đo lường cơ bản (2)

- Nguyên công so sánh:

- so sánh có thể thực hiện trong không gian số bằng một thuật toán chia (phương pháp đo biến đổi trực tiếp)
- trong không gian các đại lượng vật lý, thực hiện bằng một phép trừ trong bộ so sánh (comparator) $X - X_k \leq \epsilon$ (phương pháp đo kiểu so sánh)

- Nguyên công giao tiếp.

- Giao tiếp người và máy (HMI) trong ấy việc hiển thị, trao đổi, theo dõi giám sát là một dịch vụ khá lớn trong hệ thống thông tin đo lường điều khiển.
- Giao tiếp với hệ thống (tức với mạng) thể hiện chủ yếu ở dịch vụ truyền thông.

22

Đơn vị và hệ đơn vị (2)

- Bội số và ước số của đơn vị

Hệ số	Tên	Ký hiệu	Hệ số	Tên	Ký hiệu
10^{24}	Yotta	Y	10^{-1}	Deci	d
10^{21}	Zetta	Z	10^{-2}	Centi	c
10^{18}	Exa	E	10^{-3}	Mili	m
10^{15}	Peta	P	10^{-6}	Micro	μ
10^{12}	Tera	T	10^{-9}	Nano	n
10^9	Giga	G	10^{-12}	Pico	p
10^6	Mega	M	10^{-15}	Femto	f
10^3	Kilo	K	10^{-18}	Atte	a
10^2	Hecto	H	10^{-21}	Zepto	z
10^1	Deca	Da	10^{-24}	Yocto	y

27

Chương 2. Hệ đơn vị, chuẩn, mẫu, tạo mẫu và chuyển mẫu

- Đơn vị và hệ đơn vị
- Chuẩn và mẫu
- Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi
- Tổ chức quốc tế và quốc gia về hệ thống chuẩn.

25

Định nghĩa 7 đơn vị cơ bản

- Chiều dài:** đơn vị chiều dài là mét (m). Mét là khoảng chiều dài đi được của ánh sáng truyền trong chân không trong khoảng thời gian là: $1/299.792.458$ giây
- Khối lượng:** Đơn vị khối lượng là kilogam (kg). Đó là khối lượng của một khối Bạch kim Iridi (Pt Ir) lưu giữ ở BIPM ở Pháp –Bureau International des Poids et Mesure).
- Thời gian:** Đó là thời gian của $9.192.631.770$ chu kỳ của máy phát sóng nguyên tử Sedi 133(Cs-133).
- Dòng điện:** Ampe là cường độ dòng điện tạo ra một lực đẩy là 2×10^{-7} N trên đơn vị chiều dài giữa hai dây dẫn dài vô cực đặt cách nhau 1m.

28

2.1.Đơn vị và hệ đơn vị chuẩn(1)

- Hệ đơn vị SI gồm 7 đại lượng chính

Tên đơn vị	Đơn vị	Ký hiệu
Chiều dài	mét	m
Khối lượng	Kilogam	Kg
Thời gian	giây	s
Dòng điện	Ampe	A
Nhiệt độ	độ Kelvin	$^{\circ}\text{K}$
Ánh sáng	Candela	Cd
Định lượng phân tử	Mol	Mol

- 102 đơn vị dẫn xuất và 72 đại lượng vật lý

26

Một số đơn vị ngoài đơn vị hợp pháp mà vẫn sử dụng

Đơn vị	Quy đổi ra SI	Đơn vị	Quy đổi ra SI
Inch	$2,54 \cdot 10^{-2} \text{m}$	Fynt	$4,536 \cdot 10^{-1} \text{kg}$
Foot (phút)	$3,048 \cdot 10^{-1} \text{m}$	Tonne	$1,0161 \cdot 10^3 \text{kg}$
Yard (Yat)	$9,144 \cdot 10^{-1} \text{m}$	Fynt/foot ²	$4,882 \text{kg/m}^2$
Mille (dặm)	$1,609 \text{km}$	Fynt/foot ³	$1,6018510 \text{kg/m}^3$
Mille (hải lý)	$1,852 \text{km}$	Bari	$1 \cdot 10^6 \text{N/m}^2$
"Inch vuông	$6,4516 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$	Torr	$1,332 \cdot 10^2 \text{N/m}^2$
Foot vuông	$9,290 \cdot 10^{-2} \text{m}^2$	Kilogam lực	$9,8066 \text{N}$
Inch khối	$1,6384 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$	Calo	$4,1868 \text{J}$
Foot khối	$2,832 \cdot 10^{-2} \text{m}^3$	Mã lực	$7,457 \cdot 10^2 \text{W}$
Galon (Mỹ)	$3,785 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$	Kilowatt giờ	$3,60 \cdot 10^6 \text{J}$
Galon (Anh)	$4,5 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$	Thermie	$1,0551 \cdot 10^3 \text{J}$
		Electron volt (ev)	$1,602 \cdot 10^2 \text{J}$
		Gauss	$1 \cdot 10^{-4} \text{T}$
		Maxwell	$1 \cdot 10^{-8} \text{Wb}$

31

Định nghĩa 7 đơn vị cơ bản (2)

e. **Nhiệt độ** (nhiệt động): Đó là $\frac{1}{273,16}$ nhiệt độ nhiệt động của điểm ba của nước nguyên chất.

f. **Lượng vật chất (mol)** Đó là lượng vật chất của số nguyên tử của vật chất ấy, bằng số nguyên tử có trong 0,012 kg cacbon 12 (C_{12}).

g. **Cường độ sáng hay quang độ**: candela (Cd) là cường độ của một nguồn sáng phát ra ánh sáng đơn sắc ở tần số $540 \cdot 10^{12} \text{Hz}$, với công suất $\frac{1}{683}$ Watt trong một Steradian (Sr).

h. **Hai đơn vị phụ là Radian (Rad) và Steradian.**

Radian là góc phẳng có cung bằng bán kính.

Steradian là góc khối nằm trong hình cầu giới hạn bởi vòng tròn cầu có đường kính bằng đường kính của qua cầu.

29

2.2.Chuẩn và mẫu

- Để thống nhất được đơn vị thì người ta phải tạo được mẫu của đơn vị ấy, phải truyền được các mẫu ấy cho các thiết bị đo
- Để thống nhất quản lý đo lường, đảm bảo đo lường cho công nghiệp, thương mại, và đời sống, mỗi quốc gia đều tổ chức hệ thống mẫu chuẩn và truyền chuẩn của quốc gia đó.

- Các hằng số vật lý dùng để làm chuẩn
- Chuẩn mẫu mét
- Chuẩn mẫu về khối lượng
- Chuẩn mẫu về thời gian và tần số.
- Chuẩn mẫu về các đại lượng điện.

32

Bảng các đơn vị dẫn xuất

Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu	Thứ nguyên	Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu	Thứ nguyên		
Tần số	Hertz	Hz	$\frac{1}{s}$	T ⁻¹	Tù thông	Weber	Wb	V.S	$L^2 MT^{-1}$
Lực	Newton	N	$Kg \frac{m}{s^2}$	MLT ⁻²	Tù cảm ứng	Tesla	T	W/m^2	$MT^{-2} I^1$
Áp suất	Pascal	Pa	N/m^2	ML ⁻¹ T ⁻²	Điện cảm	Henry	H	Wb/A	$T^{-2} I^2$
Năng lượng	Joule	J	Nm	ML ² T ⁻²	Nhiệt độ Celsius	độ	°C	K	θ
Công suất	Watt	W	J/s	ML ² T ⁻³	Quang thông	Lumen	Lm	Cd/Sr	J/SI^1
Điện áp	Volt	V	W/A	ML ² T ⁻³ I ⁻¹	Độ dời	Lux	Lx	$1/m^2$	$L^2 JSr^{-1}$
Điện tích	Coulomb	C	A/s	T ⁻¹ I	Cường độ phóng xạ	Becquerel	Bq	1/s	I ⁻¹
Điện dung	Farad	F	C/V	L ⁻² M ⁻¹ T ⁴ I ²	Liệu lượng tuyệt đối	Gray	Gy	J/kg	$L^2 T^1$
Điện trở	Ohm	Ω	V/A	L ² MT ⁻³ I ⁻²	Liệu lượng tương đương	Sievert	Sv	m^2/s^2	$L^2 T^1$
Điện dẫn	Siemens	S	/V	L ⁻² M ⁻¹ T ³ I ²					

Phân loại (3)

- Trên phạm vi quốc tế
 - Chuẩn quốc tế (International standard):
Là chuẩn được một hiệp định quốc tế công nhận để làm cơ sở ấn định giá trị cho các chuẩn khác của đại lượng có liên quan trên phạm vi quốc tế.
 - Chuẩn quốc gia (National Standard):
Là chuẩn được một quyết định có tính chất quốc gia công nhận để làm cơ sở ấn định giá trị cho các chuẩn khác có liên quan trong một nước.
 - Chuẩn chính (Reference standard):
Là chuẩn thường có chất lượng cao nhất về mặt đo lường có thể có ở một địa phương hoặc một tổ chức xác định mà các phép đo ở đó đều được dẫn xuất từ chuẩn này.
 - Chuẩn công tác (Working standard):
Là chuẩn được dùng thường xuyên để hiệu chuẩn hoặc kiểm tra vật đo, phương tiện đo hoặc mẫu chuẩn.
 - Chuẩn so sánh (Transfer standard):
Là chuẩn được sử dụng như là một phương tiện để so sánh các chuẩn.

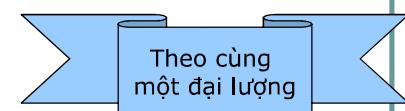
35

Định nghĩa - chuẩn

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) 6165 -1996 chuẩn đo lường (measurement standard) hay văn tắt là chuẩn, được định nghĩa như sau: “**Chuẩn là Vật đo, phương tiện đo, mẫu chuẩn hoặc hệ thống đo để định nghĩa, thể hiện, duy trì hoặc tái tạo đơn vị hoặc một hay nhiều giá trị của đại lượng để dùng làm mốc so sánh”**

● Phân loại

- Chuẩn đầu (Primary standard)
- Chuẩn thứ (Secondary standard):
- Chuẩn bậc I:
- Chuẩn bậc II:



Theo cùng
một đại lượng

33

Một số hằng số vật lý dùng làm chuẩn

Điều kiện	Ký hiệu	Giá trị (với độ khang chung ± 1σ)	Đơn vị
Tốc độ ánh sáng trong chân không	C	299.792.458 m/s (chính xác)	Thời gian, tần số chiếu xạ
Điện tích electron	e	1,60217733 · 10⁻¹⁹ (0,3 ppm)	Điện荷, dung
Hàng số "Jozepson"	K _{J-90}	483.587,96 Hz/v (0,4 ppm)	Điện荷
Hàng số Von Klitzing	R _{J-90}	25,812807 KΩ (0,2 ppm)	Điện trễ
Hàng số dEen từ trong chân không	μ₀	4π · 10⁻⁷ N/A² (chính xác)	Điện dung

36

Phân loại (2)

- Chuẩn đầu (Primary standard): Là chuẩn được chỉ định hay thừa nhận rộng rãi là có chất lượng về mặt đo lường cao nhất và các giá trị của nó được chấp nhận không dựa vào các chuẩn khác của cùng đại lượng.
- Chuẩn thứ (Secondary standard): Là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn đầu của cùng đại lượng.
- Chuẩn bậc I: là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn thứ của cùng đại lượng.
- Chuẩn bậc II: là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn bậc I của cùng đại lượng.

34

Phát điện áp một chiều chuẩn

Pin mẫu Weston

Sức điện động Pin mẫu ở 20°C cho bởi Công thức:

$$E_{20} = 1.018636 - 0.6 \cdot 10^{-4} N - 5.0 \cdot 10^{-5} N^2$$

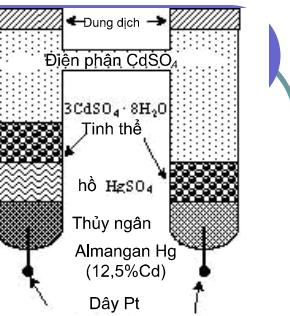
$N=0.04-0.08$

Sức điện động của Pin mẫu lại thay đổi theo nhiệt độ theo Công thức:

$$E_t = E_{20} - 4.610^{-5}(t-20) - 9.510^{-4}(t-20)^2 + 1.0 \cdot 10^{-5}(t-20)^3 + ..$$

Trở sức tự động hằng năm là $1\mu\text{V/năm}$ (microVolt)

Mẫu điện áp Quốc gia được lấy là giá trị trung bình của 20 (hoặc 10) pin mẫu bao hoà này.



39

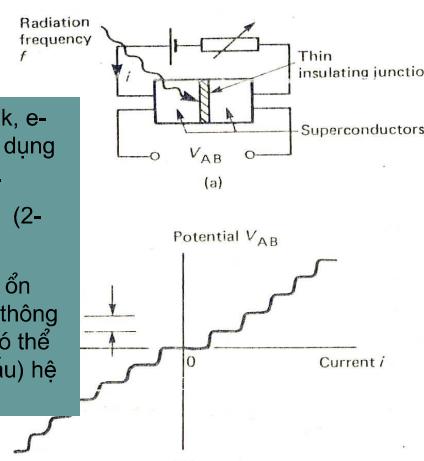
Phản tử Jozepson (1)

$$V = n \frac{\hbar}{2e} f$$

n- Số cấp chuyển tiếp Siêu dẫn; \hbar - Hằng số Plank, e- Điện tích Electron; f tần số sóng điện từ cực ngắn dùng lén lớp chuyển tiếp siêu dẫn chì-oxit chì tinh khiết.

Lớp chuyển tiếp để trong bình cách nhiệt nhiệt độ ($2-4\text{K}$). Tần số sóng điện từ cực ngắn là 9 GHz .

Điện áp trên một lớp chuyển tiếp ($4-5\text{ mV}$) có tính ổn định rất cao: được truyền để so sánh với pin mẫu thông qua một phân áp chính xác (3.10^{-8}) và tổng hợp có thể thiết lập điện áp vào khoảng 1V (để so với Pin mẫu) hệ số không ổn định thấp hơn 5.10^{-8}V .



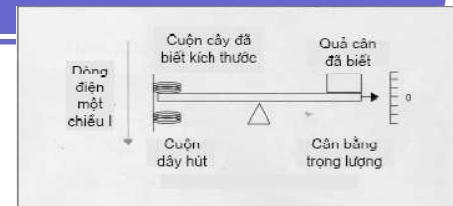
40

Một số chuẩn mẫu về các đại lượng điện

- Chuẩn dòng điện
- Chuẩn điện áp
- Chuẩn điện trở
- Chuẩn điện dung
- Chuẩn tần số

37

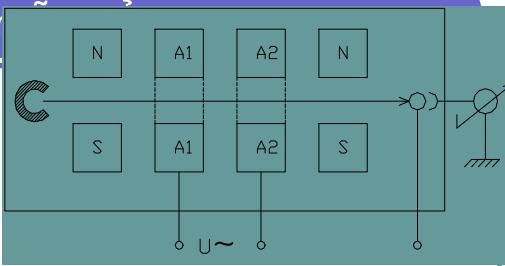
a. Chuẩn dòng điện



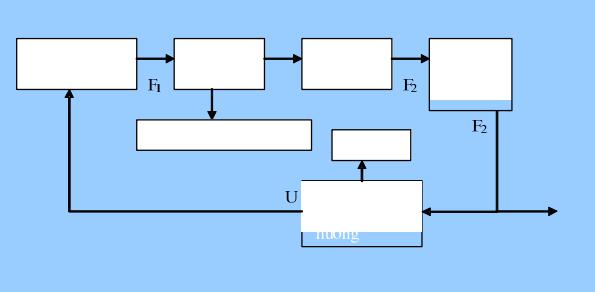
- Chuẩn bằng cân AgNO_3 điện phân
- Năm 1960 chuẩn được thực hiện thông qua cân dòng điện tức là đo lực đẩy điện từ giữa hai dây dẫn dài vô cùng thông qua cân có độ chính xác cao (đạt đến 4.10^{-6} A).
- Gần đây thì người ta có đề xuất việc xác định dòng điện thông qua từ trường
- **Xác định dòng điện chuẩn rất phức tạp vì vậy trong thực tế người ta sử dụng chuẩn về điện áp.**

38

Sơ đồ máy phát tần số

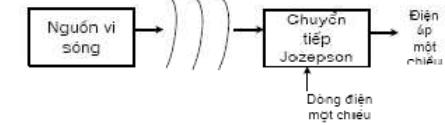
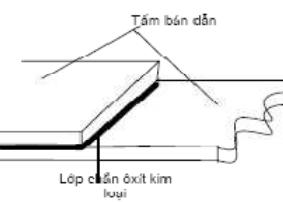


Chỉ có các nguyên tử xêdi có năng lượng $F = 4$, $m_f = 0$ mới đi vào buồng chân không, ở đây nó qua 1 điện trường đều và được nung nóng lên bằng tia sóng cực ngắn, có tần số 9.162.631.770 Hz.



43

Lớp chuyển tiếp



41

Ví dụ: Một số đài phát tần số trên thế giới

Tên đài	Vị trí	Kinh vĩ tuyến	Tổ chức	Tần số KHz	Sai số 10^{-10}	Cách phát
CHV	Otawa Canada	45°18' Bắc 75°45' Tây	Ủy ban nghiên cứu quốc gia	3330 14.670	0,05	Liên tục
DCF 77	Menzingen Tây Đức	50°41' B	Viện vật lý kỹ thuật liên bang	77,5	0,1	Liên tục (trừ từ 4-8 giờ thứ 3 và thứ 2 hàng tuần)
FFH	Sévan Pháp	45°32' B 02°27' Đ	Trung tâm thông tin quốc gia	2500	0,2	Liên tục 8 giờ - 16 giờ (trừ thứ 7, chủ nhật)
GBR	Rebis Anh	52°22' B 01°11' T	Phòng thí nghiệm quốc gia về vật lý	16	0,2	2 giờ 55-3 giờ, 8 giờ, 55-9 giờ, 14,55-15 giờ, 20,55 - 21 giờ
IAM	Rim Ý	41°52' B 12°27' Đ	Viện cao cấp Bưu điện và thông tin	5000	0,5	Mỗi một 15 phút từ 7,30 - 8,30h hàng ngày (trừ chủ nhật).
JJY	Tokio Nhật	35°42' B 139°31' Đ	Bộ Bưu điện và thông tin	2500 5000 10.000 15.000	0,5	Liên tục (ngắt quãng từ 25 đến 34 phút hàng giờ)

Phát tần số chuẩn

Nguyên lý của máy phát thời gian hay tần số chuẩn đều dựa trên công thức:

$$hv = E_2 - E_1$$

h- hằng số Plank; v - là tần số; E_1 và E_2 là hai mức năng lượng trong khi chuyển mức.

Hiện nay dùng 3 loại mẫu nguyên tử về thời gian: Xedi, Hitro, Rubidi

Bảng tóm tắt các đặc tính của các mẫu thời gian hay sử dụng

Đặc tính	Xedi	Hitro	Rubidi	Thạch anh
Tính lặp lại	$\pm 3.10^{-12}$	$\pm 2.10^{-12}$		
ổn định(trung bình trong 1 sec)	5.10^{-12}	5.10^{-13}	5.10^{-12}	5.10^{-12}
Trôi	Rất nhỏ	Rất nhỏ	$\pm 1.10^{-13}$	$\pm 5.10^{-10}$
Tần số cộng hưởng	9.192.631.770	1420405.751		6.834.682.608
Trọng lượng máy (khoang)	30kg	400	15	10
Nhiệt độ làm việc	-20 ÷ +60°C	0 ÷ 50°C	0 ÷ 50°C	0 ÷ 50°C
Số lần cộng hưởng nguyên tử trong một giây	10^6	10^{12}	10^{12}	
Nhiệt độ cộng hưởng	360°K	300°K	330°K	

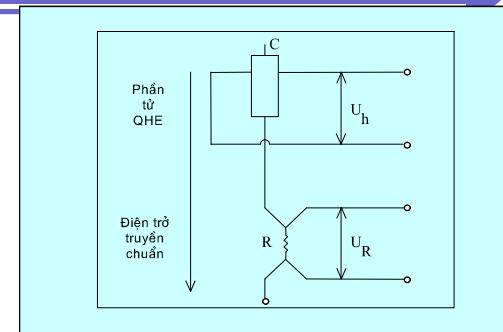
42

Chuẩn điện trở

$$U_h = R_{k-90} I / i$$

$$R_h = \frac{U_h}{I} = R_{k-90} / i$$

U_h : @ Ông Hall, R_h = Ông Hall - ống tử.
 I là dòng @ Ông Hall ch'ý trong mùng b,n d'E'n MOSFET.
 i con sè nguy'a'n ch'Ø sè @ Ông Hall trong mùng b,n d'E'n
 lõc x,C @ Ông R_h.
 R_{k-90} : h'ng sè von Klitzing.



47

Ví dụ

Bảng 3.13 Điện trở mẫu của Fluke.

Loại mẫu	Đầu ra	Bạn không ổn định	Quan hệ với	Ứng dụng
QHE quantum Hall effect	$\frac{h}{ie^2}$	0,2 ppm ($\pm 1\sigma$)	Theo định nghĩa SI về Ω	Mẫu đầu sử dụng ở phòng TN, bảo quản trong H lỏng
Thomas 1Ω	1Ω	0,05 ppm	2 hệ với mẫu cấp trên	Mẫu đầu phòng thí nghiệm, bảo quản trong dầu.
ESI SR 104 10kΩ	10kΩ	0,15 ppm	2 hệ với mẫu cấp trên	Mẫu đầu phòng thí nghiệm bảo quản trong không khí nhưng có hiệu chỉnh nhiệt độ
Fluke 742A	1Ω - 19MΩ 11 giá trị cu thể	2,5 ppm/6 tháng	Quan hệ với mẫu cấp trên	Mẫu cấp 2 dùng ở phòng thí nghiệm và hiện trường
Calibrator điện trở 5450	1Ω đến 100MΩ 17 giá trị cu thể	6 ppm/90 ngày	Quan hệ với mẫu quốc gia	Mẫu công tác nhiệt độ bảo quản 18-28°C
Fluke 5700	1Ω đến 100MΩ 17 giá trị	11 ppm/90 ngày	2 hệ với chuẩn quốc gia	Mẫu công tác làm việc ở nhiệt độ 18 - 28°C
Fluke 5100	1Ω đến 100MΩ 8 decat	10 ppm/6 tháng	Quan hệ với chuẩn quốc gia	Mẫu làm việc
Các hộp điện trở	6 decat 0,1-1MΩ	100 ppm		Hộp điện trở

48

Chuẩn điện trở

Từ lâu, điện trở mẫu là một bộ gồm 10 cuộn dây manganin có điện trở định mức 1Ω để trong hộp kín 2 lớp đố dày không khí nén, có giá trị $1,0000002\Omega$ với phương sai $\sigma = 1.10^{-7}$.

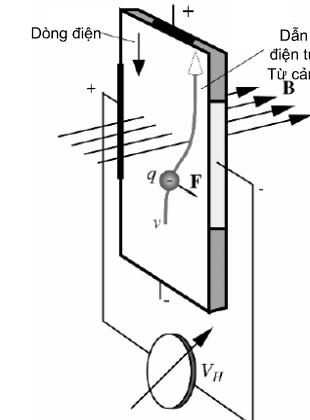
Truyền điện trở mẫu cho các điện trở khác bằng cầu 1 chiều.

Từ năm 1990, điện trở mẫu được xác định thông qua hiệu ứng Hall lượng tử từ (QHE), nhò có hằng số vật lý von Klitzing. Hằng số Von Klitzing được xác định $R_{k-90} = 25,81280\Omega$ với sai số $0,2.10^{-6}$. Phân tử cơ bản của một QHE là một planar MOSFET mỏng để trong một môi trường nhiệt độ thấp. 1-2K (-271°C). Từ trường được đặt vuông góc với lá mỏng bán dẫn có cường độ từ cảm một vài Tesla.

45

Hiệu ứng Hall

- Điện áp cảm ứng Hall tỉ lệ với cường độ từ cảm B và dòng điện đi qua tấm QHE



46

Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi (2)

● Các vấn đề tạo mẫu công tác (mẫu biến đổi):

• Lượng tử hóa chuẩn mẫu:

- Sau khi đã xác định đơn vị, cần có cách phân chia mẫu thành những bộ số và ước số của đơn vị.
- Đơn vị nhỏ nhất của chuẩn mẫu gọi là **lượng tử**.
- Sai số **lượng tử**

$$\beta = \frac{q_k}{X_k} = \frac{1}{N_k}$$

• Tổ hợp các lượng tử của mẫu thành mẫu biến đổi

Các lượng tử của mẫu được tổ hợp với nhau thành những đại lượng mẫu biến thiên. Tổ hợp các quy tắc gọi và biểu diễn các con số có giá trị xác định gọi là **hệ thống đếm**.

• Thuật toán biến đổi trong quá trình ra mẫu

Trong quá trình so sánh với đại lượng cần đo, mẫu cần phải thay đổi được giá trị của nó. Thay đổi theo một chiến lược như thế nào để tối ưu theo một mục tiêu nhất định, đó là **thuật toán biến đổi mẫu**.

51

2.3. Liên kết chuẩn

● Tổ chức chuẩn thế giới

● Tổ chức đảm bảo đo lường của Việt Nam

Theo sơ đồ tổ chức quốc tế về công ước mét ở Việt Nam có
Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng trực thuộc hội đồng bộ trưởng chịu trách nhiệm về việc xây dựng các tiêu chuẩn, quản lý các phương tiện đo lường để đảm bảo chất lượng các sản phẩm sản xuất tại Việt Nam.

Về việc đảm bảo đo lường, trực thuộc Tổng cục TC-ĐL-CL có các trung tâm đo lường

- Trung tâm đo lường nhà nước
- Trung tâm đo lường 1, trung tâm đo lường 2..
- Các phòng thí nghiệm chuẩn chuyên ngành Vilas

52

Chuẩn điện dung

Chuẩn điện dung được thực hiện bằng tụ điện tĩnh theo lý thuyết Thompson - Lombard. Tụ gồm 4 thanh thép đường kính 50mm dài 500mm có trục song song và nằm trên đỉnh hình vuông, giữa chúng có 1 thanh màn chấn tĩnh điện đặt ở ngay tâm của hình vuông: Sự thay đổi điện dung của tụ điện (của từng cặp điện cực) thay đổi theo khoảng di chuyển của thanh màn chấn.

$$\Delta C = \frac{1}{2\pi} \ln 2\Delta L = \frac{1}{2\pi\mu_0 C^2} \ln 2\Delta L$$

μ_0 : từ dẫn của không khí, C = tốc độ ánh sáng.

ΔL đo bằng phương pháp giao thoa với $\Delta L = 100\text{mm}$ sai số 10^{-7} . $\Delta C = 0,4002443 \text{ pF}$, sai số không quá $5 \cdot 10^{-7}$.

Điện dung mẫu được truyền sang các điện dung khác bằng cầu xoay chiều.

Từ các mẫu này ta có thể suy ra các đại lượng điện khác thông qua các hộp điện trở và hộp điện dung chính xác cao.

49

2.3.Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi

- Sau khi tạo mẫu quốc gia, phải tổ chức mạng lưới quốc tế và quốc gia để truyền chuẩn đến những phòng thí nghiệm tiêu chuẩn khu vực. Những chuẩn này phải đạt độ chính xác yêu cầu: cách bố trí, quy luật biến đổi phù hợp với tín hiệu kiểm tra và thiết bị so sánh.

50

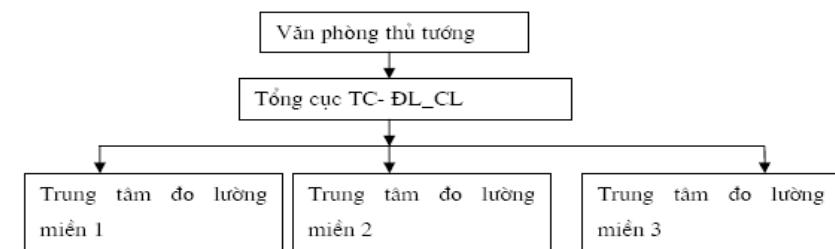
Tổ chức quốc tế về chuẩn ISO31-1992

nationmaster.com

- ISO 31-0: Nguyên tắc chung
- ISO 31-1: Không gian và thời gian
- ISO 31-2: Hiện tượng tuần hoàn và các phần liên quan
- ISO 31-3: Cơ
- ISO 31-4: Nhiệt
- ISO 31-5: Điện và từ
- ISO 31-6: Ánh sáng và bức xạ điện có liên quan
- ISO 31-7: Âm
- ISO 31-8: Hóa học và vật lý phân tử
- ISO 31-9: Vật lý nguyên tử và hạt nhân
- ISO 31-10: Phản ứng hạt nhân và bức xạ ion hóa
- ISO 31-11: Dấu hiệu và ký hiệu toán học dùng trong khoa học vật lý và công nghệ
- ISO 31-12: Số đặc trưng
- ISO 31-13: Vật lý trạng thái rắn

55

Cấu trúc đảm bảo đo lường Việt nam



Hình 3.20. Cấu trúc hệ thống đảm bảo đo lường ở Việt nam

Trang Web: www.tcvn.gov.vn

53

Tổ chức quốc tế về chuẩn Châu Âu EUROMET



Membership and organisation

EUROMET Committee 25 Delegates

EUROMET Executive Committee
8 Members

EUROMET Chairman
EUROMET Secretary

Ad hoc
Working Parties

Strategy Group
Service Investigation Group
MRA Peer Review Group

11 Technical Committees
11 TC Chairpersons
300 Contact Persons

TC-AUV Acoustics, Ultrasound & Vibration
TC-EM Electricity & Magnetism
TC-F Flow
TC-IR Ionising Radiation
TC-IM Interdisciplinary Metrology

TC-L Length
TC-M Mass & related quantities
TC-MC Metrology in Chemistry
TC-PR Photometry & Radiation
TC-T Thermometry
TC-TF Time & Frequency



*Joint EUROMET-EURACHEM Technical Committee "Metrology in Chemistry" (Metchem or MC)

mol

cd

kg

m

s

K

A

56

Trung tâm đo lường Việt nam

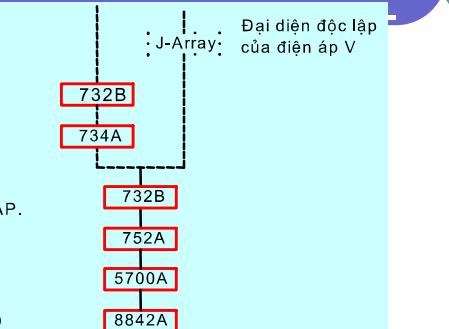
- Xây dựng chuẩn, bảo hành, truyền chuẩn, hiệu chuẩn: Ta xây dựng và ban hành chuẩn quốc gia, theo đúng quy định và quy tắc quốc tế, thường xuyên thông tin trao đổi với các chuẩn quốc tế khác, đảm bảo sao cho chuẩn đầu của Việt nam nằm trong danh sách các chuẩn có uy tín.
- Đại diện cho phía Việt nam giải quyết các tranh chấp về chất lượng kết quả đo, phương tiện đo khi có tranh chấp.

Trang Web: www.vmi.gov.vn

54

Tổ chức truyền mẫu quốc tế (2)

Phòng thí nghiệm địa phương
 Truyền chuẩn sơ cấp (dùng ở MAP)
 Mẫu đầu Volt nhân tạo tại địa phương (Theo MAP)
 Mẫu 10V
 So sánh với mạng J-Array thông qua MAP.
 Mẫu phân áp (10:1 và 100:1)
 Mẫu làm việc
 Dụng cụ đo sử dụng (dịch vụ cho R&D)



Ký hiệu

- = Định nghĩa
- = Thiết bị thực nghiệm
- - - - - = Thiết bị sử dụng và thương mại
- = Thiết bị thương mại

59

Tổ chức quốc tế về chuẩn Châu Âu EUROMET (2)

Organisation make-up

- **EUROMET Committee (EC):** Takes decisions and consists of one delegate per Signatory
- **EUROMET Executive Committee (EEC):** Prepares EUROMET actions and consists of eight members elected by the EUROMET Committee
- **Contact Person:** One per country, per subject field
- **Technical Committee Chairperson (TCC):** Coordinate EUROMET projects, per subject field.

Members

Austria, Belgium, Czech Republic, Commission of European Communities, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, The Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom.

Publications

- EUROMET DIRECTORY 2002
- *Guide 1: EUROMET's Policy on the Application of Quality System in National Metrology Institutes*
- *Guide 2: EUROMET and its International Relations*
- *Guide 3: EUROMET Guidelines on Conducting Comparisons*
- *Guide 5: EUROMET Co-operation in Research*
- *Guide 6: EUROMET Traceability*
- *Guide 7: EUROMET Consultation on Facilities*
- *Guide 8: Review Criteria and Procedures for EUROMET CMCs*
- *Guide 9: EUROMET Review Procedures for other RMOs' CMCs.*

57

Ví dụ: Tổ chức truyền mẫu quốc tế (1)

Đo lường học quốc tế

Định nghĩa các đơn vị cơ bản

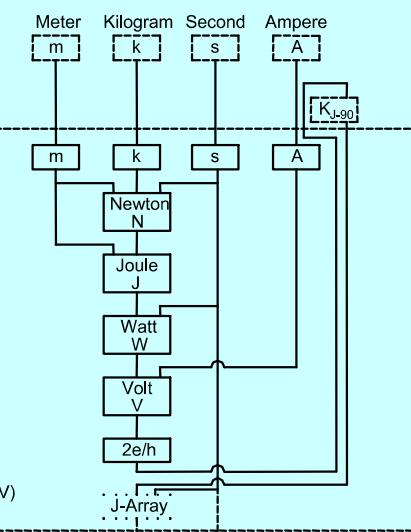
CIPM xác định hằng số Josephson

Phòng thí nghiệm quốc gia

Thực hiện các định nghĩa SI

Giá trị của các hằng số vật lý

Đại diện quốc gia về Volt (mẫu 10V)



58