



Metrologia

Wykład – 30 h

Maciej Wawrzyniak – Polanka p. 135.

E-mail: maciej.wawrzyniak@put.poznan.pl

Tel.: 616 653 835

Konsultacje:

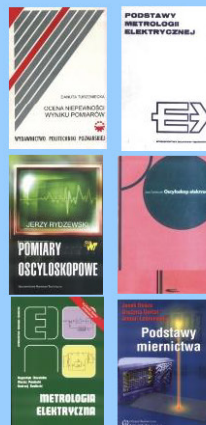
wtorek – od godz. 12:00 do 13:30.

Laboratorium – 30 h

Laboratorium:

dr inż. Michał Maćkowski – Polanka p. 133,

dr inż. Jakub Pająkowski – Polanka p. 215.



Metrologia



Jak nazywa się nauka o pomiarach?

METROLOGIA

Termin metrologia -

pochodzi od dwóch greckich słów:

„μέτρηση” (métrisi), co oznacza - pomiar

oraz

„λογία” (logía), co kiedyś oznaczało - przemówienie, rozprawę, traktat naukowy.

-logia

ostatni człon słów złożonych, wskazujący na ich semantyczny związek z nauką.

Metrologia jest to nauka o pomiarach i zastosowaniach pomiarów.



Metrologia

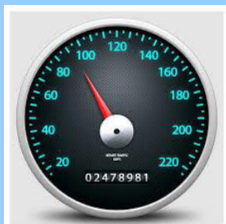




Co mierzymy?



Przykłady pomiarów z codziennego życia.



Prędkościomierz

mierzy prędkość (droga /czas).

Przykładowy pomiar: 100 km/h.



Stoper

mierzy czas.

Przykładowy pomiar: 10,2 s.

Metrologia



Co mierzymy?



Przykłady pomiarów z codziennego życia.



Miarka kuchenna

mierzy objętość płynów w naszej kuchni.

Przykładowy wynik: 250 ml.



Termometr cyfrowy

mierzy temperaturę naszego ciała.

Przykładowy pomiar: 36,6 °C.

Metrologia



Co mierzymy?

Przykłady pomiarów z codziennego życia. 100 km/h; 10,2 s; 250 ml; 36,6 °C.

W codziennym życiu.

Wynik pomiaru składa się z dwóch części:

liczba – wartość odczytana z przyrządu oraz 36,6 °C

jednostka

Metrologia

Co mierzymy?

Przykłady pomiarów z codziennego życia. 100 km/h; 10,2 s; 250 ml; 36,6 °C.

W codziennym życiu.

Wynik pomiaru składa się z dwóch części:

liczba – wartość odczytana z przyrządu oraz 36,6 °C

jednostka

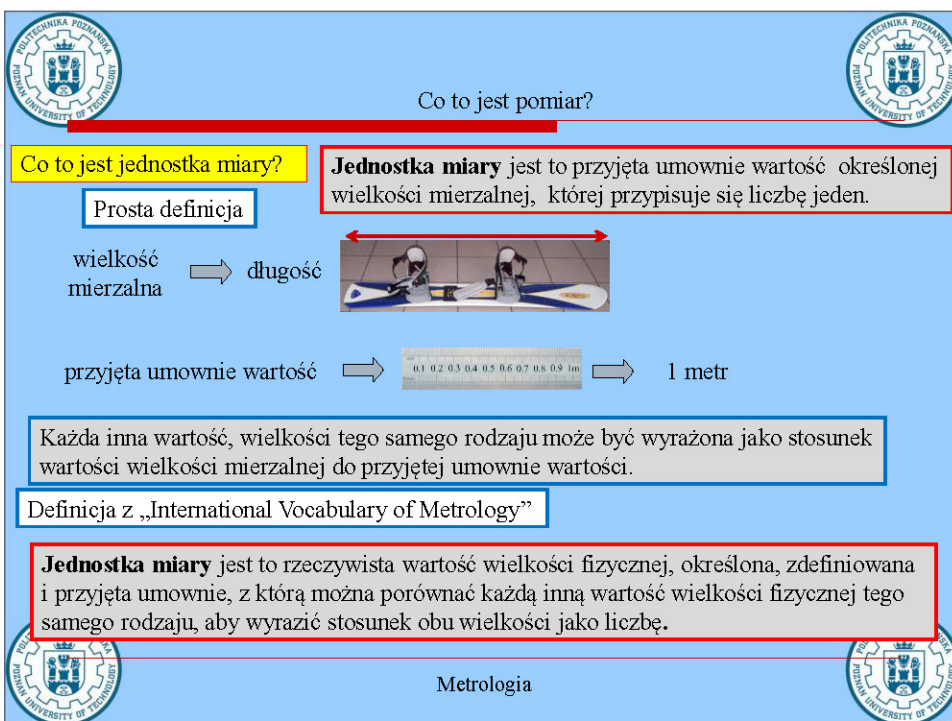
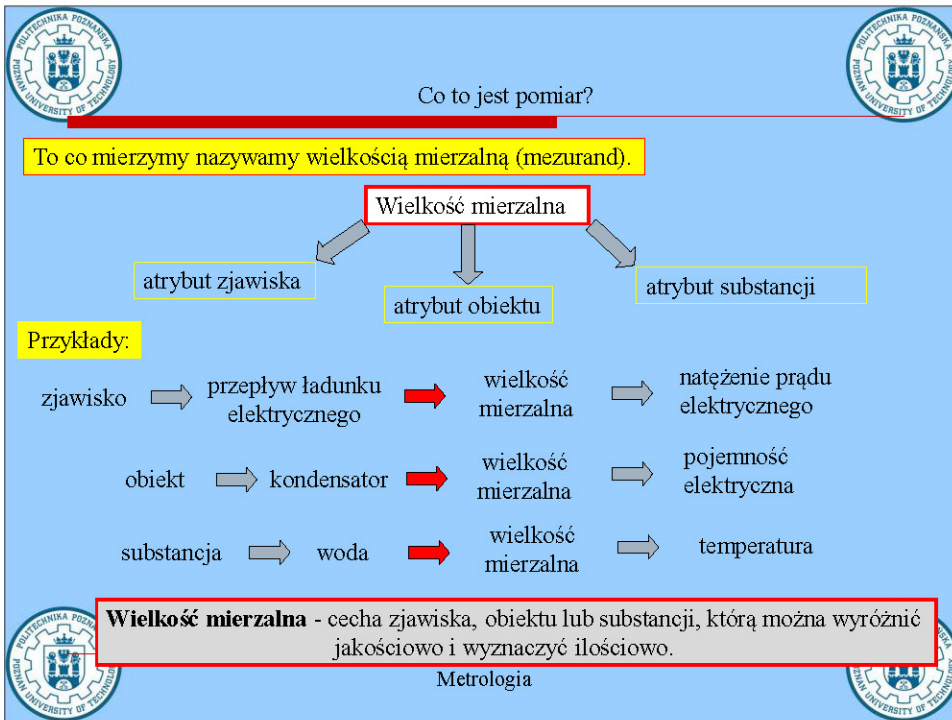
W laboratorium pomiarowym.

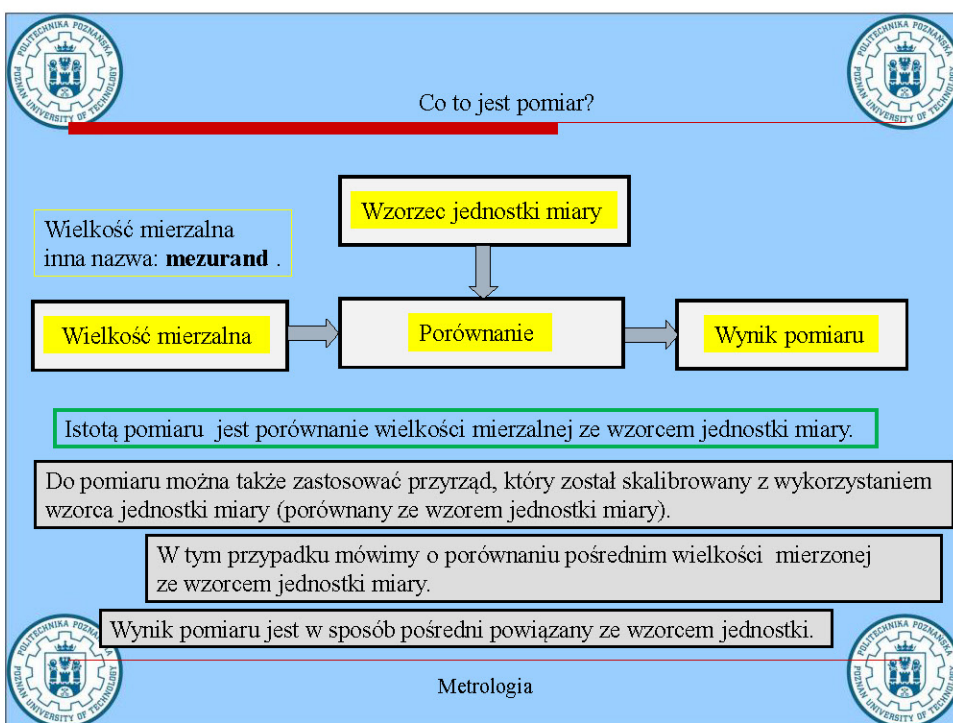
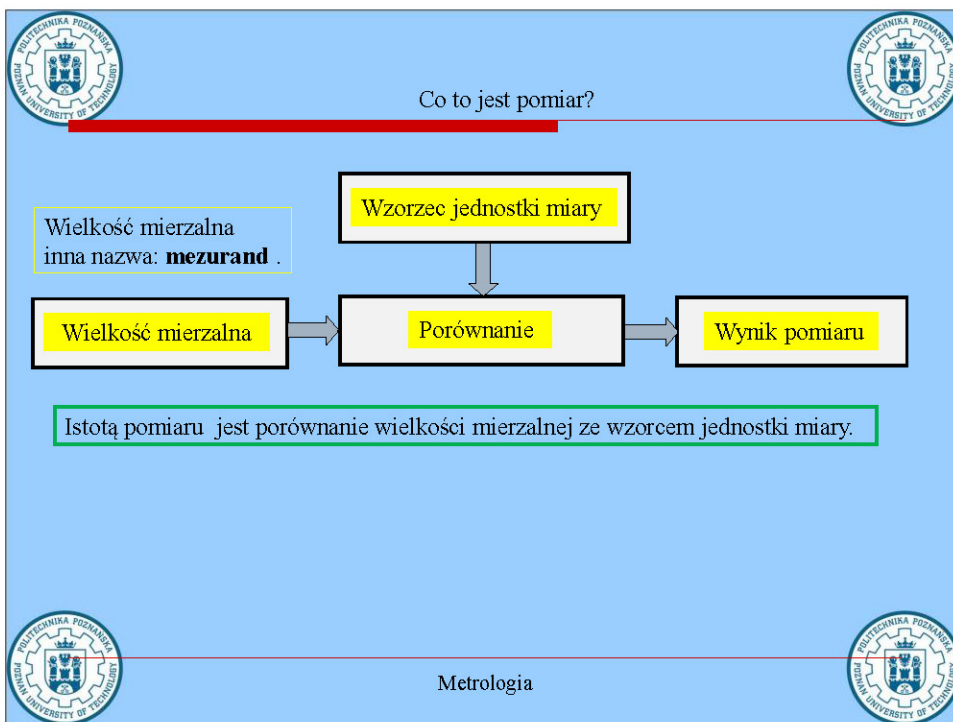
Wynik pomiaru składa się z trzech części:

liczba – wartość odczytana z przyrządu oraz (36,6 ± 0,1) °C

liczba - niepewność oraz jednostka

Metrologia







Międzynarodowy System Miar

SI -

- Międzynarodowy System Miar

jest oparty na „Międzynarodowym Systemie Wielkości Podstawowych”.

System SI składa się z:

• 7 podstawowych jednostek miar,

• jednostek pochodnych.

Jest to jedyny system miar mający oficjalny status w niemal każdym kraju na świecie, stosowany w nauce, technologii, przemyśle i handlu.

Siedem jednostek podstawowych i 22 jednostki pochodne ze specjalnymi nazwami i symbolami, które mogą być używane w połączeniu w celu wyrażenia innych jednostek pochodnych.



Metrologia



Międzynarodowy System Miar

System SI - jednostki podstawowe.

Nazwa wielkości podstawowej	Nazwa jednostki podstawowej	Symbol jednostki podstawowej
długość	metr	m
masa	kilogram	kg
czas	sekunda	s
natężenie prądu	amper	A
temperatura termodynamiczna	kelwin	K
liczność materii	mol	mol
światłość	kandela	cd

natężenie prądu – natężenie prądu elektrycznego



Metrologia





Międzynarodowy System Miar



System SI - jednostki podstawowe.

Każda jednostka podstawowa ma swoją definicję opartą na solidnych podstawach teoretycznych.

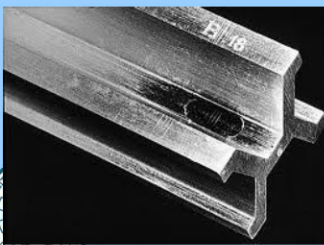
Wzorzec jednostki miary

jest to realizacja definicji danej jednostki miary.

Definicje podstawowych jednostek miar są modyfikowane wraz z rozwojem nauki.

Np.: definicja metra.

Od 1889 do 1960: definicja metra oparta była na platynowo-irydowym prototypie.



Źródło: <https://www.bipm.org/>

Metrologia



Międzynarodowy System Miar



System SI - jednostki podstawowe.

Np.: definicja metra.

Od 1960 do 1983:

definicja metra oparta była na długości fali promieniowania kryptonu 86.

Od 1983 do 2019:

1 metr (m) jest to długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie $1/299\,792\,458$ s.

Od 20 maja 2019 r.:

1 metr (m) jest zdefiniowany poprzez przyjęcie wartości liczbowej prędkości światła w próżni c wynoszącej $299\,792\,458$, wyrażonej w jednostce m/s, przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cezowej $\Delta\nu_{Cs}$.



Metrologia





Międzynarodowy System Miar

Definicje podstawowych jednostek miar są modyfikowane wraz z rozwojem nauki.

Międzynarodowe Biuro Miar i Wag: <https://www.bipm.org/>



Metrologia






Międzynarodowy System Miar

Od 20 maja 2019 r.

Definicje wszystkich jednostek podstawowych oparte są na stałych fizycznych.



Metrologia






Międzynarodowy System Miar



System SI - jednostki podstawowe.

Definicja kilograma.

Do 19 maja 2019 r.:

Kilogram (kg) jest to jednostka masy, która jest równa masie międzynarodowego prototypu kilograma przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sevres.



Od 20 maja 2019 r.:

Źródło: <https://www.bipm.org/>

definicja kilograma oparta jest na stałej fizycznej h

gdzie: h – stała Plancka.

1 kilogram (kg) jest zdefiniowany poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka h , wynoszącej $6,62607015 \cdot 10^{-34}$, wyrażonej w jednostce J·s, która jest równa $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą stałych c i $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.



Metrologia



Międzynarodowy System Miar



System SI - jednostki podstawowe.

Definicja sekundy.

Do 19 maja 2019 r.:

Sekunda (s) jest to czas równy 9 192 631 770 okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

Od 20 maja 2019 r.:

1 sekunda (s) jest zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej $\Delta\nu_{\text{Cs}}$, to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej 9 192 631 770, wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa s^{-1} .



Metrologia





Międzynarodowy System Miar



Definicje podstawowych jednostek miar od 20 maja 2019 są oparte na stałych fizycznych.

Nazwa jednostki podstawowej	Nazwa stałej definiującej	Symbol stałej definiującej
metr	prędkość światła w próżni	c
kilogram	stała Plancka	h
sekunda	częstotliwość cezowa	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$
amper	ładunek elementarny	e
kelwin	stała Boltzmanna	k
mol	stała Avogadro	N_{A}
kandela	skuteczność świetlna	K_{cd}



Metrologia



Międzynarodowy System Miar



System SI - jednostki pomocnicze. Od 20 maja 2019 roku zaliczane do jednostek pochodnych.

Nazwa wielkości	Nazwa jednostki	Symbol jednostki
kąt płaski	radian	rad
kąt bryłowy	steradian	sr

System SI – jednostki pochodne.

Ciągły postęp nauki powoduje wprowadzanie nowych jednostek pochodnych.

Z tego powodu lista jednostek pochodnych nie jest zamknięta.

Jednostki pochodne są wprowadzane poprzez mnożenie potęg jednostek podstawowych.

$$\text{JedPoch} = \text{m}^a \cdot \text{kg}^b \cdot \text{s}^c \cdot \text{A}^d \cdot \text{K}^e \cdot \text{mol}^f \cdot \text{cd}^g$$

gdzie: wykładniki a, b, c, d, e, f, g są liczbami całkowitymi.



Metrologia





Międzynarodowy System Miar

Np.:

Jednostka częstotliwości hertz:

$$\text{Hz} = \text{m}^0 \cdot \text{kg}^0 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{A}^0 \cdot \text{K}^0 \cdot \text{mol}^0 \cdot \text{cd}^0$$

$$\text{Hz} = \text{s}^{-1} = 1/\text{s}$$

Jednostka ładunku elektrycznego kulomb:

$$\text{C} = \text{m}^0 \cdot \text{kg}^0 \cdot \text{s}^1 \cdot \text{A}^1 \cdot \text{K}^0 \cdot \text{mol}^0 \cdot \text{cd}^0$$

$$\text{C} = \text{s}^1 \cdot \text{A}^1 = \text{s} \cdot \text{A}$$

Jednostka siły newton:

$$\text{N} = \text{m}^1 \cdot \text{kg}^1 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^0 \cdot \text{K}^0 \cdot \text{mol}^0 \cdot \text{cd}^0$$

$$\text{N} = \text{m}^1 \cdot \text{kg}^1 \cdot \text{s}^{-2} = \frac{\text{m} \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

Metrologia



Wzorce jednostek miar

Wzorec jednostki miary

jest to realizacja definicji danej jednostki miary.

Wzorec pomiarowy

Etalon

Realizacja może być w postaci:

• miary fizycznej,

• materiału odniesienia,

• przyrządu pomiarowego,

• systemu pomiarowego.

Metrologia





Wzorce jednostek miar

Wzorzec jednostki miary

jest to realizacja definicji danej jednostki miary.



Przykład realizacji definicji wzorca jednostki miary fizycznej - międzynarodowy prototyp kilograma (stary wzorzec masy).

Źródło: <https://www.bipm.org/>

Metrologia



Wzorce jednostek miar

Wzorzec jednostki miary

jest to realizacja definicji danej jednostki miary.



Przykład realizacji definicji wzorca jednostki miary jako systemu pomiarowego – waga Kibble'a.

Nowy wzorzec kilograma.

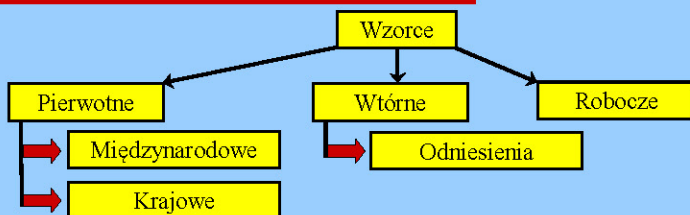
Źródło: <https://www.lexpress.fr/actualite/sciences/>

Metrologia





Podział wzorców jednostek miar



Międzynarodowy wzorzec pierwotny - jest to wzorzec uznany umową międzynarodową za podstawę do ustalania wartości innych wzorców danej wielkości.

Krajowy wzorzec pierwotny - jest to wzorzec uznany urzędowo w danym państwie za podstawę do ustalania wartości innych wzorców danej wielkości.

Wzorzec wtórny - jest to wzorzec, którego wartość jest ustalana przez porównanie ze wzorcem pierwotnym.

Wzorzec roboczy - jest to wzorzec używany do kalibracji lub sprawdzania przyrządów pomiarowych.



Metrologia



Wzorce jednostek miar

Wzorzec pierwotny:

- może być krajowy lub międzynarodowy,
- jest skonstruowany z największą możliwą dokładnością,
- służy do sprawdzania dokładności wzorców odniesienia.



Metrologia





Wzorce jednostek miar

Wzorzec odniesienia:

- ustala się poprzez kalibrację z wykorzystaniem wzorca pierwotnego,
- służy do kalibracji sprzętu pomiarowego o wysokiej dokładności,
- służy także do kalibracji wzorców roboczych,
- wzorzec odniesienia zaliczamy do wzorców wtórnych.



Metrologia



Wzorce jednostek miar

Wzorzec roboczy:

- ustala się poprzez kalibrację z wykorzystaniem wzorca odniesienia,
- służy do kalibracji lub weryfikacji przyrządów pomiarowych lub systemów pomiarowych,
- wykorzystywany w przemyśle, służbie zdrowia i szkolnictwie wyższym.



Metrologia



Spójność pomiarowa

Istotą pomiaru jest porównanie wielkości mierzalnej ze wzorcem jednostki miary.

Do pomiaru można także zastosować przyrząd, który został skalibrowany z wykorzystaniem wzorca jednostki miary (porównany ze wzorem jednostki miary).

W tym przypadku mówimy o porównaniu pośrednim.

Spójność pomiarowa - każdy wynik pomiaru musi być powiązany ze wzorcem pierwotnym jednostki miary za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań.

W procesie **kalibracji** wyniki pomiarów przyrządu pomiarowego są porównywane ze wzorcem roboczym, który jest powiązany ze wzorcem pierwotnym.

Kalibracja (wzorcowanie) - zbiór czynności ustalających relację między wartościami wielkości mierzonej, wskazanymi przez przyrząd pomiarowy, a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznej, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary.



Metrologia



Traceability chain.

Nieprzerwany łańcuch porównań.

Międzynarodowe Biuro
Miar i Wag

Definiuje jednostki miar

Międzynarodowe agencje,
organizacje i biura

Utrzymują międzynaro-
dowe wzorce pierwotne

Narodowe instytuty,
urzędy i biura miar

Utrzymują krajowe
wzorce pierwotne

Laboratoria kalibracyjne

Utrzymują i wykorzystują
wzorce odniesienia

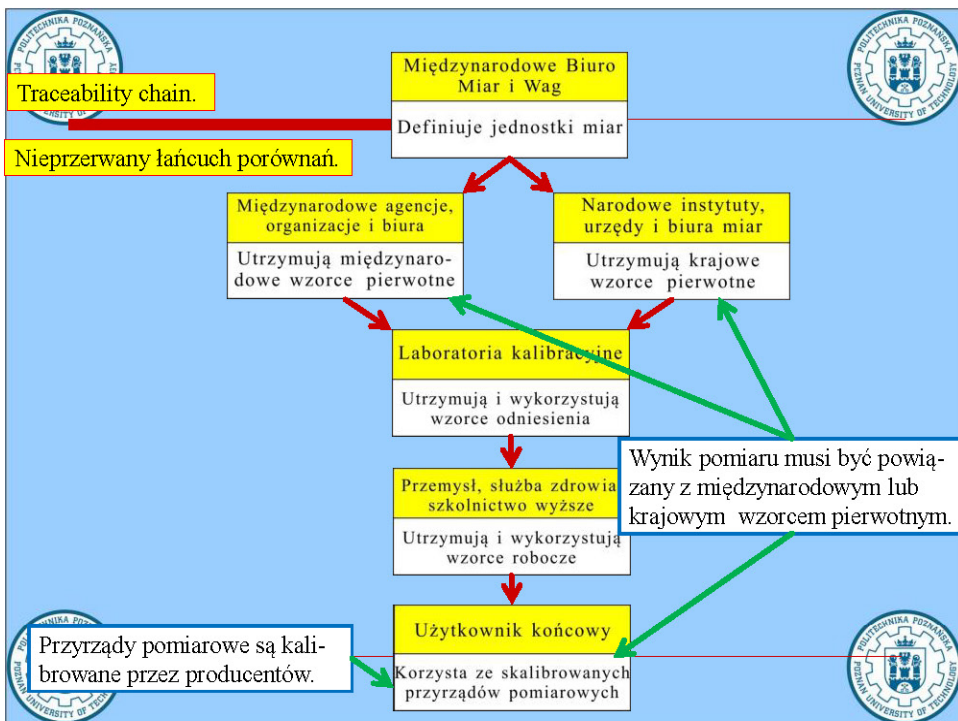
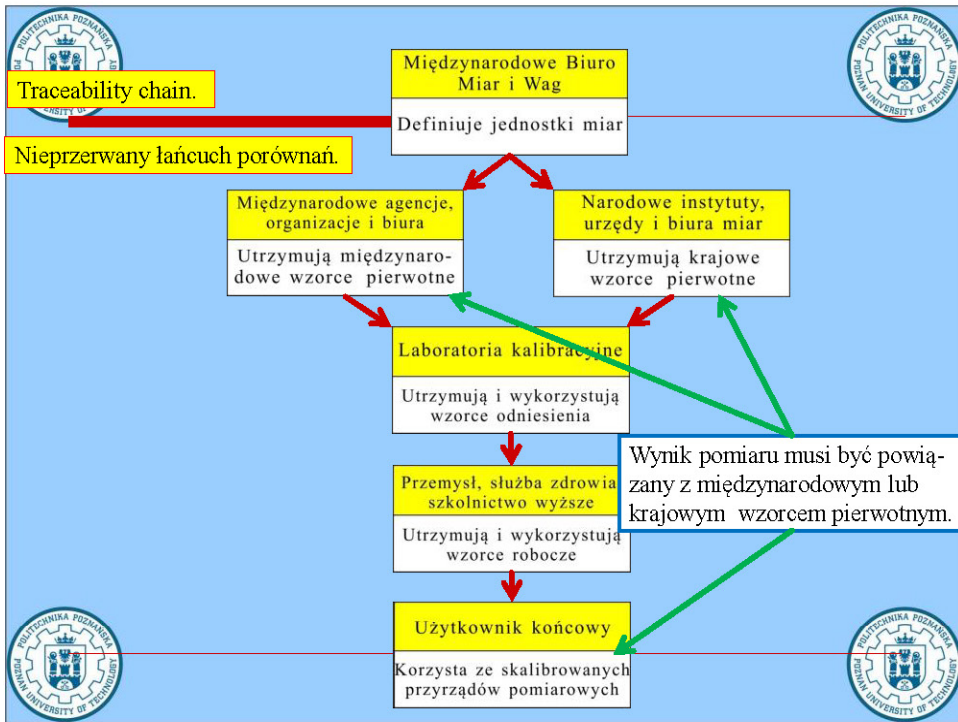
Przemysł, służba zdrowia,
szkolnictwo wyższe

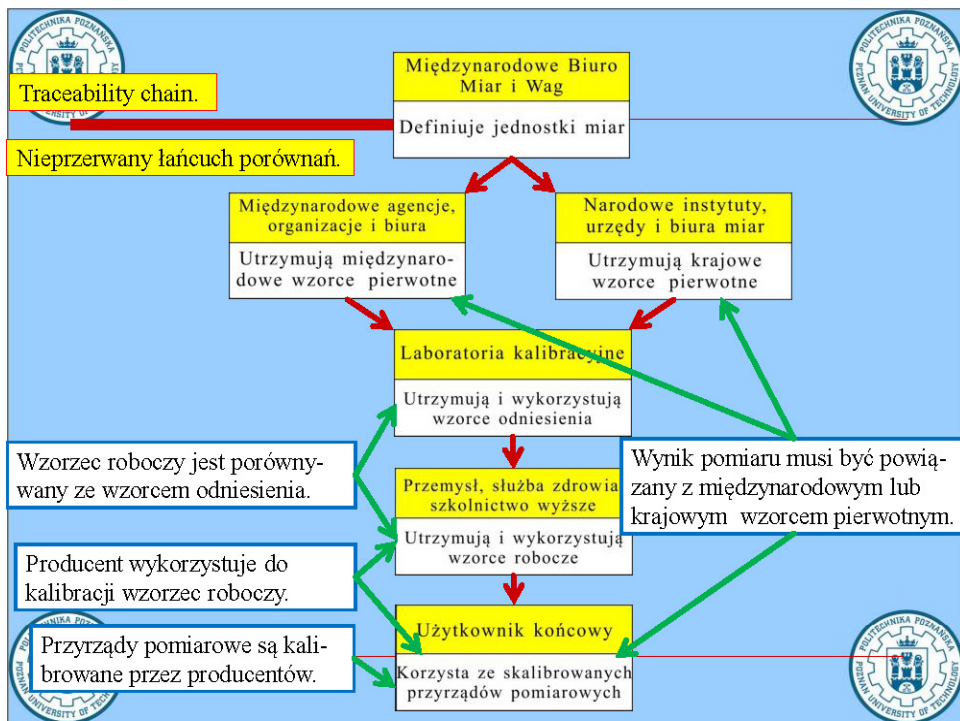
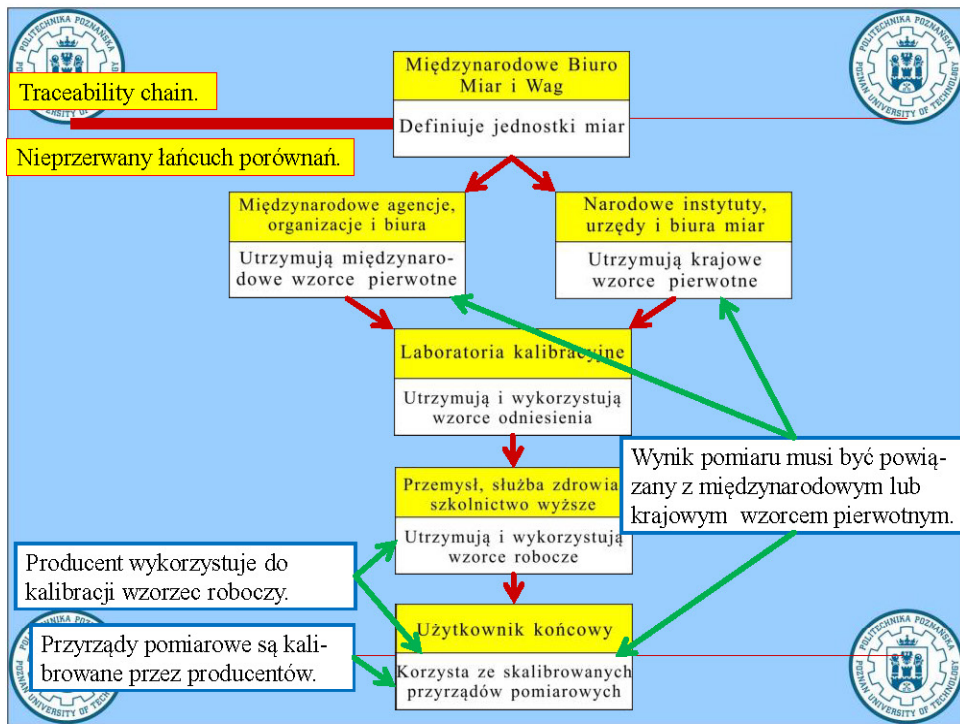
Utrzymują i wykorzystują
wzorce robocze

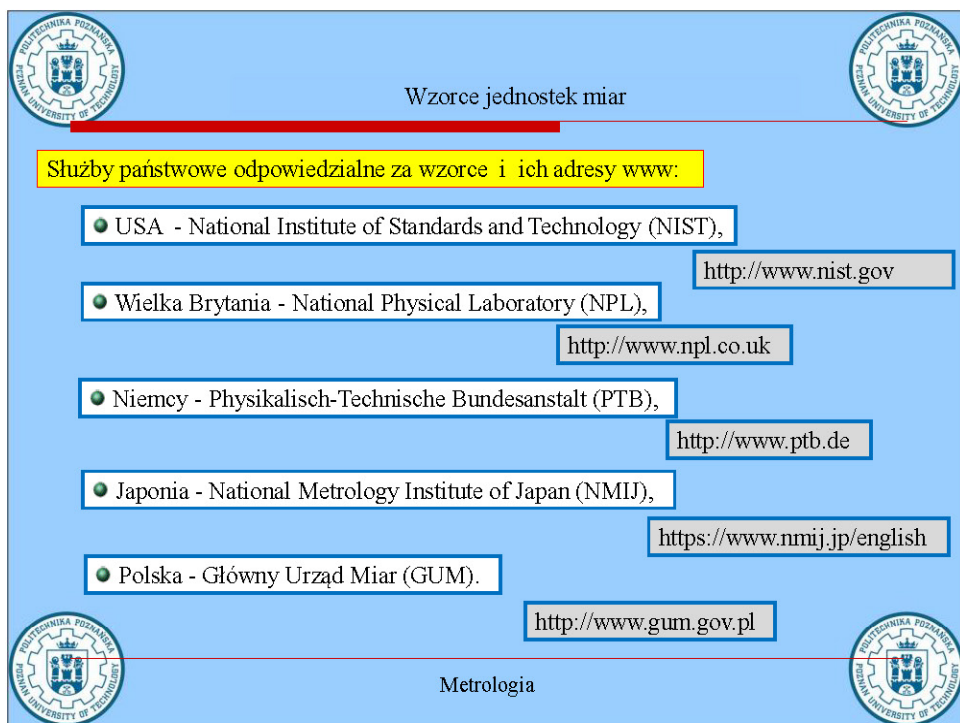
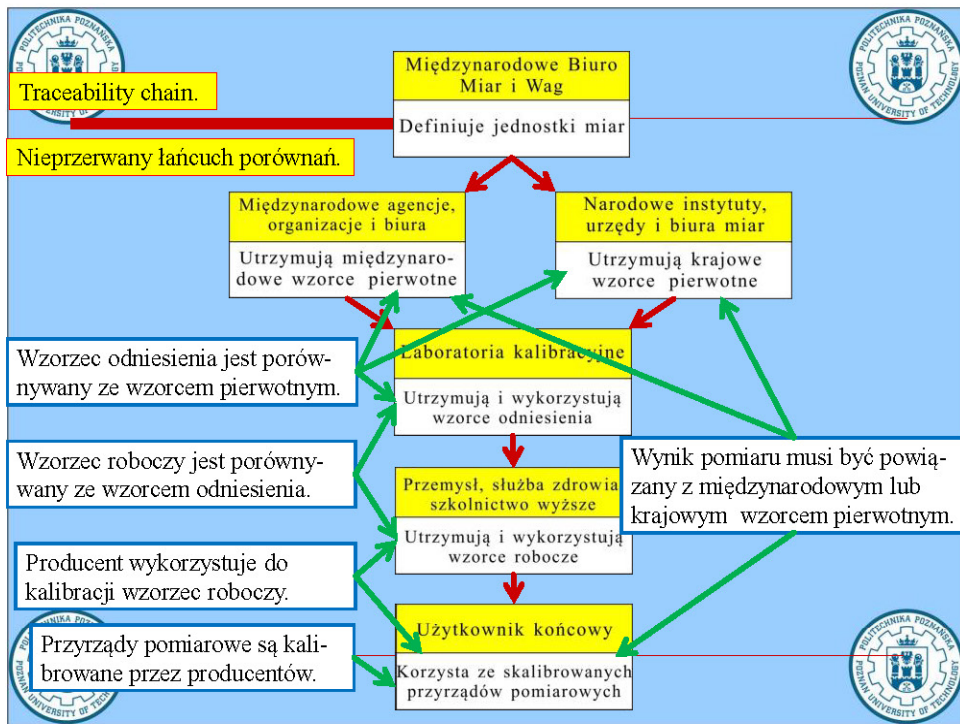
Użytkownik końcowy

Korzysta ze skalibrowanych
przyrządów pomiarowych











International System of Units



Przedrostki SI.

Np.: mm (millimetr), kg (kilogram), pF (pikofarad), MW (megawat).

Przedrostki mnożące		Współ-czynnik	Przedrostki dzielące		Współ-czynnik
Nazwa	Symbol		Nazwa	Symbol	
yotta	Y	10^{24}	decy	d	10^{-1}
zetta	Z	10^{21}	centy	c	10^{-2}
exa	E	10^{18}	milli	m	10^{-3}
peta	P	10^{15}	micro	μ	10^{-6}
tera	T	10^{12}	nano	n	10^{-9}
giga	G	10^9	pico	p	10^{-12}
mega	M	10^6	femto	f	10^{-15}
kilo	k	10^3	atto	a	10^{-18}
hecto	h	10^2	zepto	z	10^{-21}
deca	da	10^1	yocto	y	10^{-24}

Metrologia



Międzynarodowy System Miar



Jednostki pochodne najczęściej używane w elektronice.

Nazwa wielkości	Nazwa jednostki	Symbol	Jednostka pochodna wyrażona za pomocą	
			Innych jednostek	Jednostek podstawowych
częstotliwość	hertz	Hz		s^{-1}
ładunek elektryczny	kulomb	C		s A
moc	wat	W	J/s	$m^2 kg s^{-3}$
napięcie elektryczne	wolt	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
pojemność	farad	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
rezystancja	om	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
przewodność	siemens	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
indukcyjność	henr	H	Wb/A	$kg s^{-2} A^{-1}$
strumień magnetyczny	weber	Wb	V s	$m^2 kg s^{-2} A^{-1}$
indukcja magnetyczna	tesla	T	Wb/m ²	$kg s^{-2} A^{-1}$

Metrologia

