METROLOGIA

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI
Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EINS

Zjazd 1, wykład nr 1, 2

Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał te udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Metrologia prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane metrologią. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Metrologia prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

Tematyka wykładu

Informacje organizacyjne

Spostrzeganie, obserwacja, eksperyment, pomiar

Obiekt pomiaru, wielkość, wartość, wynik pomiaru, mezurand

Skale pomiarowe, metody pomiarowe, narzędzia pomiarowe

System pomiarowy, zadania systemu pomiarowego

Regulamin Studiów – fragmenty §17 ÷ §22

Warunkiem zaliczenia przez studenta semestru i roku w terminie jest:

1) **uzyskanie zaliczeń** do końca sesji semestru, w którym prowadzone są dane zajęcia zgodnie z ich harmonogramem ;

2) **złożenie egzaminów** do końca ostatniej sesji w roku akademickim, w którym prowadzone są dane zajęcia zgodnie z ich harmonogramem;

Wszystkie oceny wpisywane są do protokołów w terminach przewidzianych organizacją roku akademickiego.

W przypadku nieobecności nieusprawiedliwionej na zaliczeniu lub egzaminie student otrzymuje ocenę niedostateczną.

Student ma prawo do **dwóch terminów zaliczeń poprawkowych**.

Student, który nie przystąpił do zaliczenia poprawkowego, **traci prawo** do przywrócenia terminu poprawkowego **i otrzymuje ocenę niedostateczną**.

Warunkiem przystąpienia do egzaminu z przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny ze wszystkich innych form zajęć przypisanych do tego przedmiotu.

Jeżeli student nie uzyskał zaliczenia zajęć do czasu terminów poprawkowych egzaminu, brak zaliczenia nie usprawiedliwia nieobecności na egzaminie i **skutkuje utratą wszystkich terminów egzaminów**, które odbyły się przed uzyskaniem zaliczenia.

Student (...) ma prawo do **dwóch egzaminów poprawkowych**.

Student, który nie przystąpił do egzaminu poprawkowego z przyczyn nieusprawiedliwionych, **traci prawo** do przywrócenia terminu poprawkowego **i otrzymuje ocenę niedostateczną**.

Informacje organizacyjne

Przedmiot: METROLOGIA, WYKŁAD (sala E-201),

Zaliczenie: egzaminy w sesji zimowej i w sesji letniej. Udokumentowana obecność na wykładzie jest premiowana dodatkowymi punktami doliczanymi do wyników egzaminu: 1 punkt za 1 godzinę obecności na wykładzie (egzamin obejmuje 14 pytań ocenianych w skali od 0 do 5 punktów).

Zajęcia powiązane z wykładem : Laboratorium Metrologii (sala E-320)

Prowadzący: dr inż. Eligiusz Pawłowski

Konsultacje: pok. E-318 (2 piętro WEiI), czwartek, godz. 10 – 11

Wymiar wykładu: **7 zjazdów x 2 x 2 godz. = 28 godz. semestr zimowy (E)**

7 zjazdów x 1 x 3 godz. = 21 godz. semestr letni (E)

Wymiar laboratorium: **7 zjazdów x 2 godz. = 14 godz. semestr zimowy**

7 zjazdów x 3 godz. = 21 godz. semestr letni

Program, literatura itp.: gablota ogłoszeniowa przy pok. E-318

Promocje dla sumiennych studentów

1. Na egzaminie będzie można korzystać z **oryginalnych**, **własnoręcznie sporządzonych notatek** z wykładów. W tym celu muszą być one wykonane w oddzielnym, podpisanym zeszycie z **trwale** zszytymi kartkami. Każda kartka powinna być **podpisana** przez autora notatek.

2. Notatki należy przedstawić wykładowcy do **potwierdzenia**. Potwierdzenie można uzyskać na zakończenie każdego wykładu lub w czasie najbliższych zajęć laboratoryjnych podczas tego samego zjazdu.

3. Dodatkowe punkty będą doliczane do wyników egzaminu na podstawie **listy** obecności na wykładzie. **Warunkiem** doliczenia dodatkowych punktów za obecność na wykładzie jest posiadanie i przedstawienie **potwierdzonych** notatek z tego wykładu.

Sprawdzanie obecności na wykładach

Załącznik
do Uchwały Nr 13/2019/V
Senatu Politechniki Lubelskiej
z dnia 11 kwietnia 2019 r.

REGULAMIN STUDIÓW W POLITECHNICE LUBELSKIEJ

3. ORGANIZACJA STUDIÓW

§ 12.

8. Student zobowiązany jest do udziału w zajęciach dydaktycznych przewidzianych w planie studiów i aktywnego w nich uczestnictwa. Obecność studenta na wykładach może być kontrolowana, a na wszystkich pozostałych zajęciach jest obowiązkowa.

Ocenianie egzaminu

-Każde zagadnienie jest oceniane w skali 0 – 5 punktów.

-Do wyników egzaminu (maksymalnie 70 punktów) doliczane są punkty za obecności na wykładach, 1 godzina = 1punkt.

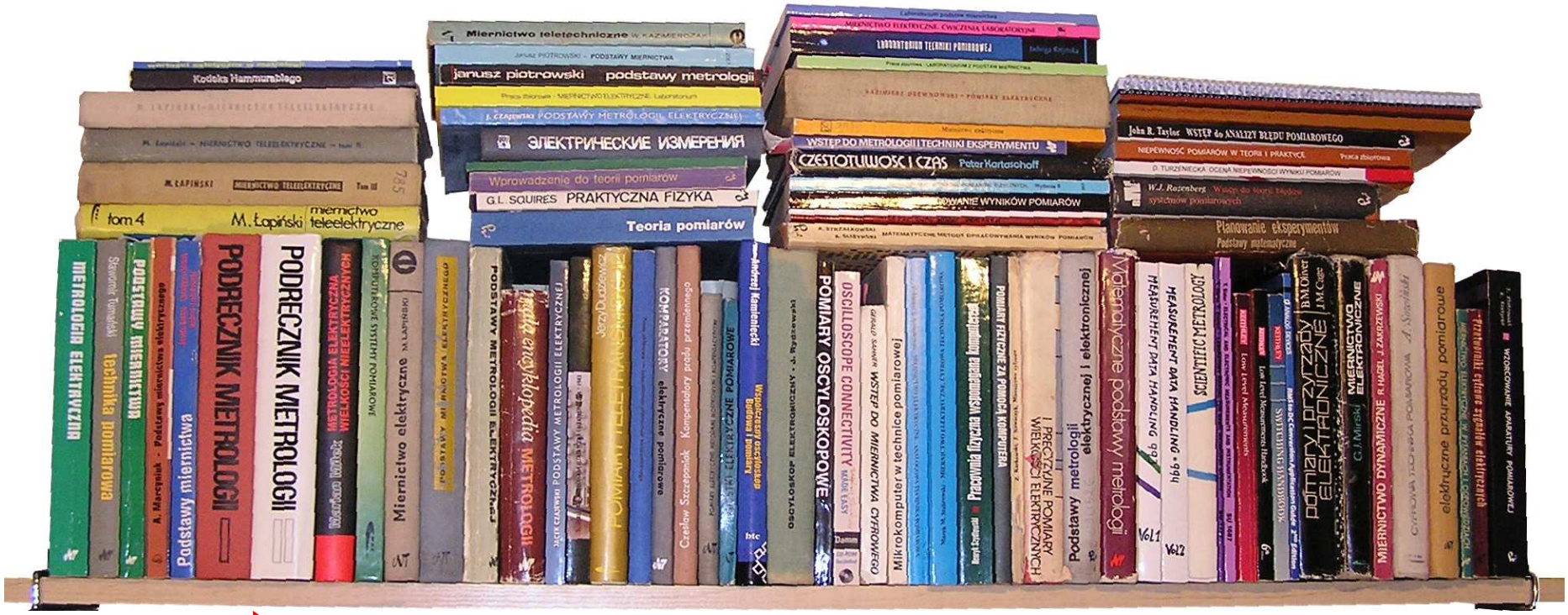
-Łączna liczba punktów przeliczana jest na ocenę końcową.

Tabela do przeliczania punktów na ocenę końcową					
Brak zailczenia	**3,0**	**3,5**	**4,0**	**4,5**	**5,0**
0 - 35	**36 - 42**	**43 - 49**	**50 - 56**	**57 - 63**	**64-70**

-Oceniane są:

- poprawny językowo i czytelny opis słowny zagadnienia,
- przejrzyste i opisane rysunki,
- poprawne wzory z wyjaśnionymi oznaczeniami,
- wykresy z opisanymi osiami i podanymi jednostkami.

Półka z książkami



Literatura podstawowa

Literatura dodatkowa

Literatura podstawowa do przedmiotu

1. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A.: Metrologia elektryczna, WNT, Warszawa 2009.

2. Tumański S.: Technika Pomiarowa, WNT, Warszawa 2007.

3. Piotrowski J.: Podstawy miernictwa, WNT, Warszawa 2002.

4. Marcyniuk A.: Podstawy miernictwa elektrycznego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

5. Dusza J., Gortat G., Leśniewski A.: Podstawy miernictwa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.

Literatura dodatkowa do przedmiotu

1. P.H.Sydenham (redakcja) - Podręcznik metrologii cz. I i II, WKiŁ, W-wa 1988r., 1990.

2. Ajdukiewicz K. Logika pragmatyczna, PWN, Warszawa 1975.

3. Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane, Przewodnik PKN-ISO/IEC Guide 99, PKN, Warszawa 2010.

4. Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii, GUM, Warszawa 1996.

5. PN-71/N-02050. Metrologia. Nazwy i określenia

6. Prawo o miarach, ustawa z dnia 11 maja 2001 r., tekst jednolity Dz.U. 2004 nr 243 poz. 2441.

Literatura dodatkowa do przedmiotu c.d.

7. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe, WkiŁ, Warszawa 2002.

8. Miłek M.: Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego,Zielona Góra 2006.

9. Łapiński M.: Miernictwo elektryczne, WNT, Warszawa 1967.

10. Lebson S.: Podstawy miernictwa elektrycznego, WNT, Warszawa 1970.

11. Marcyniuk A., Pasecki E., Pluciński M., Szadkowski B.: Podstawy metrologii Elektrycznej, WNT, Warszawa 1984.

Metrologia – nauka o pomiarach

μετρον *(metron)* – miara

λογοσ *(logos)* – słowo, wykład, nauka

Metrologia jest to gałąź wiedzy i działalności człowieka obejmującą wszystko, co jest związane z **pomiarami**. Metrologia jest nauką o mierzeniu.

Metrologia – dlaczego mierzymy ?

Galileo Galilei (Galileusz)

1564-1642

„Policz to, co można policzyć,
zmierz to, co można zmierzyć,
a to co jest niemierzalne,
uczyń mierzalnym”.

Wnioski:

- liczenie jest bardzo blisko związane z pomiarami
- nie wszystko można zmierzyć (przy danym stanie nauki)
- to co jest niemierzalne można uczynić mierzalnym

Pytania:

- co można zmierzyć, a czego nie można zmierzyć?
- w jaki sposób uczynić mierzalnym to, co jest niemierzalne?
- czy wszystko można uczynić mierzalnym?

Do czego to się może przydać ?

Metrologia – dlaczego mierzymy ?

William Thomson,
Lord Kelvin
1824-1907

„Często powiadam,
że kiedy możesz zmierzyć to, o czym mówisz
i kiedy możesz wyrazić to liczbami,
to już wiesz cokolwiek o tym,
ale jeżeli nie możesz zmierzyć tego,
jeżeli nie możesz tego wyrazić liczbami,
to twoja wiedza jest uboga i niewystarczająca ...”.

Wnioski:

- mierzenie polega na wyrażaniu liczbami rzeczywistości
- opis za pomocą liczb jest podstawą wiedzy
- bez opisu liczbowego wiedza jest uboga

Pytania:

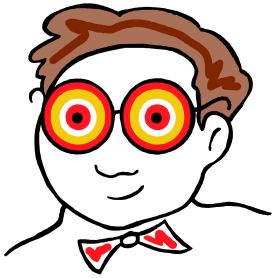
- w jaki sposób przypisywać liczby rzeczywisty obiektom?

Krótkie wprowadzenie do pomiarów

Człowiek poznaje otaczającą go rzeczywistość poprzez jedno- i dwukierunkowe oddziaływania

Proces poznawania otaczającej nas rzeczywistości

Spostrzeganie – najbardziej elementarny akt poznawania rzeczywistości, w dużej mierze spostrzeganie jest przypadkowe, ale pozwala wyciągać wnioski i uogólniać.



Obserwacja – spostrzeganie kierowane zadaniem, czyli spostrzeganie zaplanowane, prowadzone celowo dla uzyskania odpowiedzi na postawione z góry pytania, bez oddziaływania na obiekt obserwacji.

Eksperyment – zabieg realizowany w celu dokonania obserwacji, który bądź to wywołuje, bądź to wpływa na obserwowane zjawisko.

Spostrzeganie, obserwacja, eksperyment - przykłady

Spostrzeganie – człowiek pierwotny spostrzega, że słońce wschodzi w kolejne dni w różnych miejscach nad horyzontem. Wyciąga wniosek, że jest to związane z porą roku.

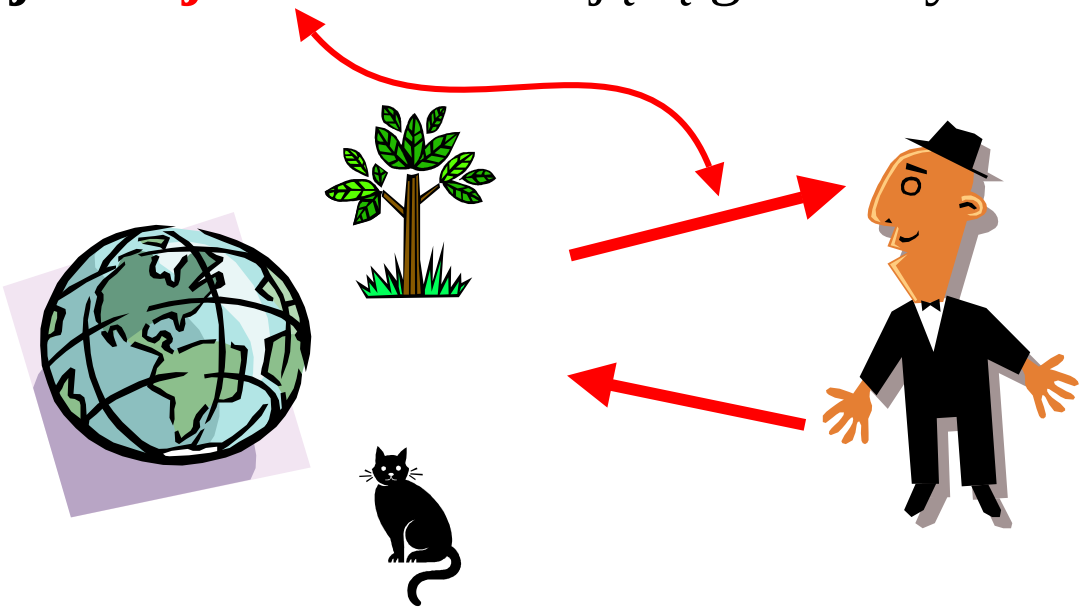
Obserwacja – człowiek obserwuje wschody słońca i zaznacza miejsce wschodu słońca w kolejne dni roku, chce uzyskać odpowiedź na pytanie: jaki jest związek z porami roku?

Eksperyment – człowiek buduje obserwatorium astronomiczne, (np.: **Stonehenge, Anglia**) mierzy czas trwania kolejnych pór roku, przewiduje nadejście wiosny i konieczność rozpoczęcia prac polowych.

Spostrzeganie, obserwacja, eksperyment - przykłady
Wschód słońca nad Stonehenge w dniu przesilenia letniego

Eksperyment – wzajemne oddziaływanie

Eksperyment jest najbardziej zaawansowanym sposobem poznawania rzeczywistości, w eksperymencie człowiek **oddziałuje wzajemnie** z otaczającą go rzeczywistością.



Eksperyment – uzyskiwanie informacji

Eksperyment jest to celowe działanie prowadzące do uzyskania informacji o obiektach i zjawiskach.

Informacja ta może mieć charakter:

- jakościowy (odpowiada na pytania typu: jakie coś jest ?)

Np.: duże, małe, okrągłe, kwadratowe, zielone, czerwone, brzydkie, ładne, słodkie, kwaśne, ciekawe, nudne ...

- ilościowy (odpowiada na pytanie: ile czegoś jest ?)

Np.: 2 kilogramy, 3 metry, 10 omów, 40μT, 1 mol ($6{,}02214179 \cdot 10^{23}$) cząsteczek tlenu, 12 jabłek ...

Pomiar – definicje pomocnicze

Cecha – pojęcie pierwotne, nie definiowane (właściwość, coś co opisuje pewne własności obiektu).

Obiekt pomiaru – zbiór cech rozróżnialnych jakościowo.

Wielkość (fizyczna, mierzona) **–** cecha (właściwość) obiektu (zjawiska, ciała lub substancji) którą można wyróżnić jakościowo i wyznaczyć ilościowo za pomocą liczby i odniesienia.

Wartość (wielkości) **–** ilościowe wyrażenie wielkości poprzez podanie liczby i jednostki miary.

Wielkość (fizyczna) i jej wartość

Uwaga! Nie wolno mylić pojęć **Wielkość i Wartość**

Wielkość (fizyczna, mierzona) – cecha obiektu (ciała, substancji, zjawiska) którą można wyróżnić jakościowo i określić ilościowo.

Wartość (wielkości) – ilościowe wyrażenie wielkości poprzez podanie liczby i jednostki miary.

Wartość wielkości $\neq$ ~~**Wielkość wartości**~~

Bez sensu !!!

Pomiar – definicje

Ajdukiewicz K., Logika pragmatyczna:

Pomiar właściwy danej wielkości jest to **zabieg poznawczy**, którego wynikiem jest znalezienie **miary liczbowej** tej wielkości w obranych jednostkach mierniczych.

Pomiar - definicje

Finkelstein L., Podręcznik Metrologii:

Pomiar jest **procesem empirycznym** *(doświadczalnym)* obiektywnego **przyporządkowania liczb** właściwościom obiektów i zdarzeń świata realnego w sposób umożliwiający jego opisanie.

Pomiar - definicje

Chwaleba A., Metrologia elektryczna:

Pomiar jest to **proces poznawczy**, który umożliwia odwzorowanie właściwości fizycznych obiektów w dziedzinie **liczb**.

Z punktu widzenia operacyjnego **pomiar** jest to ciąg czynności, które wykonuje się w celu wyznaczenia **wartości wielkości** fizycznej danego obiektu.

Pomiar - definicje

PKN-ISO/IEC, Międzynarodowy słownik metrologii:

Wcześniej (1996r.):

Pomiar jest to **zbiór operacji** mający na celu wyznaczenie wartości wielkości.

Obecnie (2010r.):

Pomiar jest to proces **doświadczalnego** wyznaczenia jednej lub więcej **wartości wielkości**, które w zasadny sposób mogą być przyporządkowane wielkości.

Pomiar - definicje

Piotrowski J, Podstawy miernictwa:

Pomiarem nazywamy czynności, po których wykonaniu możemy stwierdzić, że w **chwili** pomiaru dokonanego w określonych **warunkach**, przy zastosowaniu określonych **środków** i wykonaniu odpowiednich **czynność** wielkość mierzona *x* miała wartość

$$a \leq x \leq b$$

Stwierdzenie, że wielkość *x* jest nie mniejsza niż *a* i równocześnie nie większa niż *b*, nazywamy wynikiem pomiaru

Wnioski:

-wynik pomiaru jest niedokładny,

-wynik pomiaru jest przedziałem, a nie pojedynczą liczbą ,

-wynik pomiaru zależy od chwili jego wykonania, warunków otoczenia, użytych środków, wykonanych czynności, przy powtarzaniu pomiarów uzyskujemy różne wyniki.

Pomiar - podsumowanie

1. **Nie ma** jednoznacznej definicji pomiaru.
2. Pomiar jest **eksperymentem**, zawsze wymaga wykonania pewnych czynności.
3. Po przeprowadzeniu pomiaru otrzymujemy jakąś **liczbę**, która opisuje **ilościowo** stan jakiejś cechy obiektu.
4. Wynik pomiaru zawiera zawsze **liczbę** i **jednostkę miary**.
5. Wynik pomiaru jest **niedokładny** i **niepowtarzalny**.

Wynik pomiaru

Wynik pomiaru = **Liczba** * **jednostka miary**

Przykład:

U = **230** **V**

Wnioski

- **Wynik pomiaru** odpowiada na pytanie: **ile** czegoś jest ?
- Do wykonania pomiaru niezbędna jest **jednostka miary**

Wynik pomiaru - definicja

PKN-ISO/IEC, Międzynarodowy słownik metrologii

Wcześniej (1996r.):

Wartość przypisana **wielkości mierzonej,** uzyskana drogą pomiaru.

Obecnie (2010r.):

Zbiór wartości wielkości przyporządkowany **menzurandowi** wraz z każdą dostępną informacją mogącą mieć znaczenie.

Wniosek

- Rozszerzono pojęcie wyniku pomiaru na **zbiór** wartości wielkości,
- Rozszerzono pojęcie wielkości mierzonej na **menzurand.**

Wynik pomiaru – rozszerzenie pojęcia

Wynikiem pomiaru może być:

- Pojedyncza liczba (klasyczne podejście),
- Rozkład czasowy lub przestrzenny wielkości mierzonej,
- Matematyczne reprezentacje wielkości i ich rozkładów, np.: wartość średnia, skuteczna, widmo sygnału,
- Zależności pomiędzy kilkoma wielkościami (funkcja w postaci tablicy, wykresu, współczynników wielomianu aproksymującego).

Nowe, dodatkowe pojęcie:

Ze względu na rozszerzenie pojęcia **wynik pomiaru** wprowadza się również rozszerzone pojęcie wielkości mierzonej : **menzurand**

Menzurand - definicja

PKN-ISO/IEC, Międzynarodowy słownik metrologii

Wcześniej (1996r.):

Wielkość określona, stanowiąca przedmiot pomiaru.

Obecnie (2010r.):

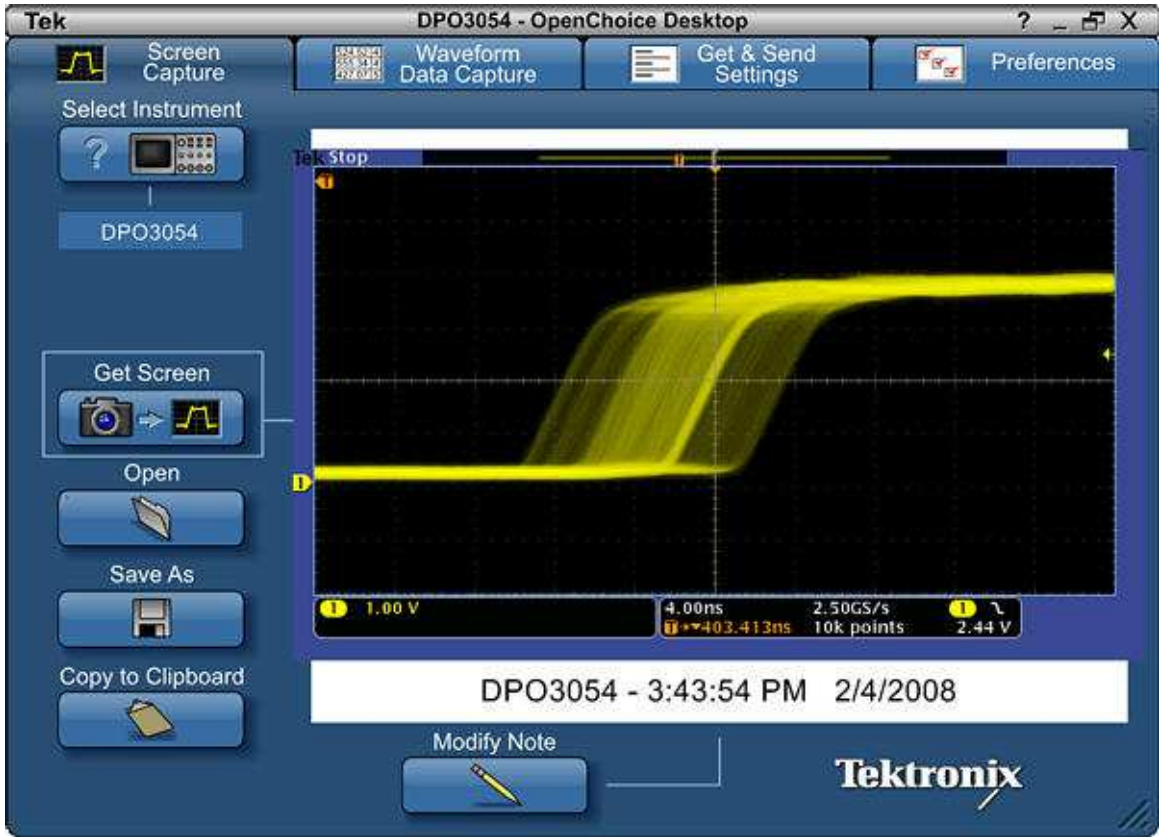
Wielkość, która ma być zmierzona.

Uwaga.

W języku polskim w słowniku PKN (2010r.) wprowadzono termin **menzurand** od łacińskiego słowa *mensurandum* (oznaczające „to, co ma nastąpić”), podobnie jak *oprerandum*-operand, *kwantum*-kwant, *postulantum*-postulat. Wcześniej w języku polskim stosowano zapis **mezurand** (np. w słowniku z 1996r.) W języku angielskim stosuje się zapis ***measurand.***

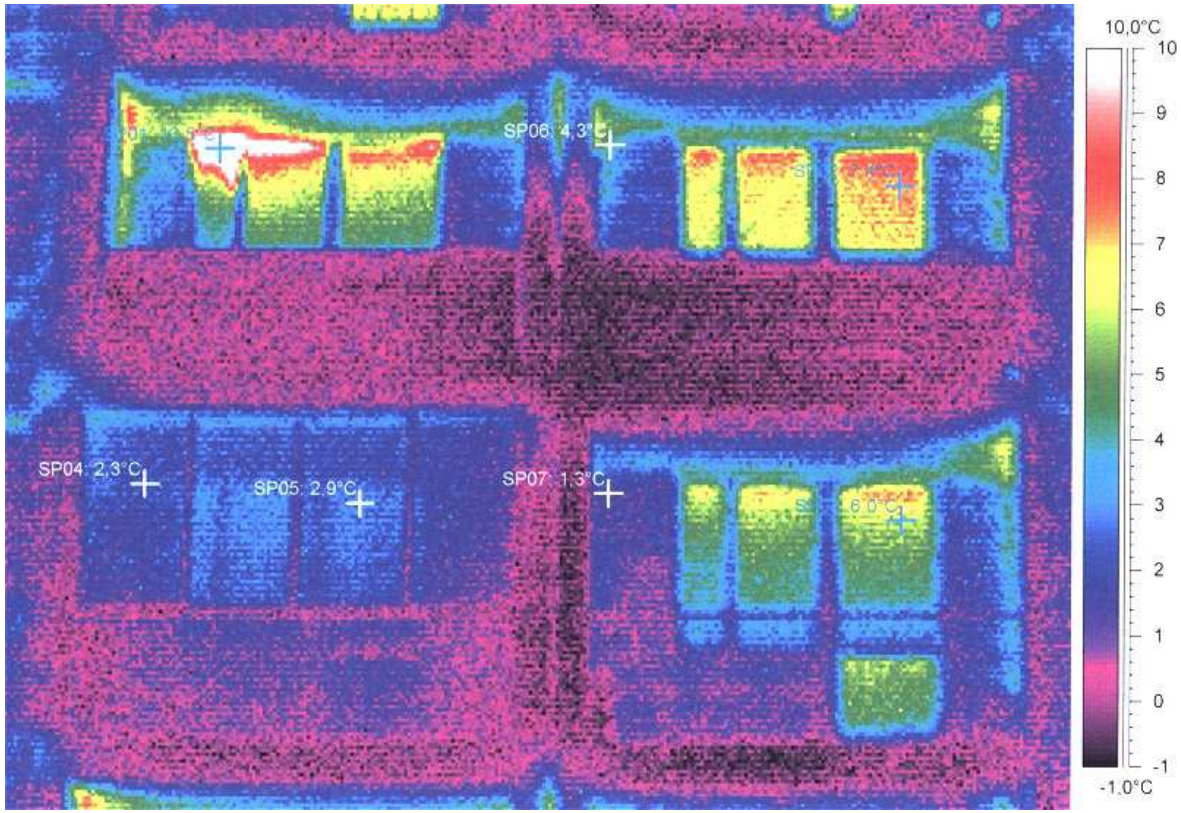
Koniec wykładu 1

Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



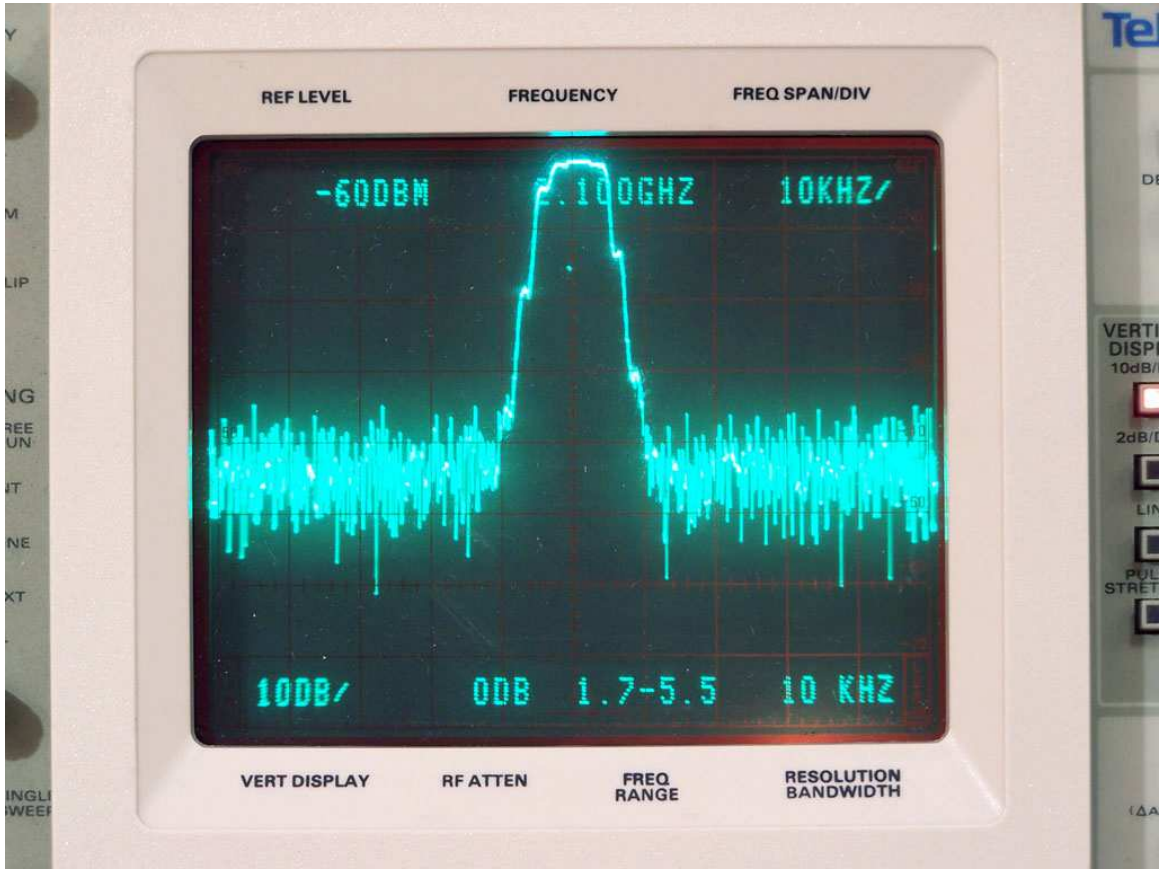
Oscylogram – **rozkład czasowy** napięcia w wybranym punkcie układu elektronicznego

Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



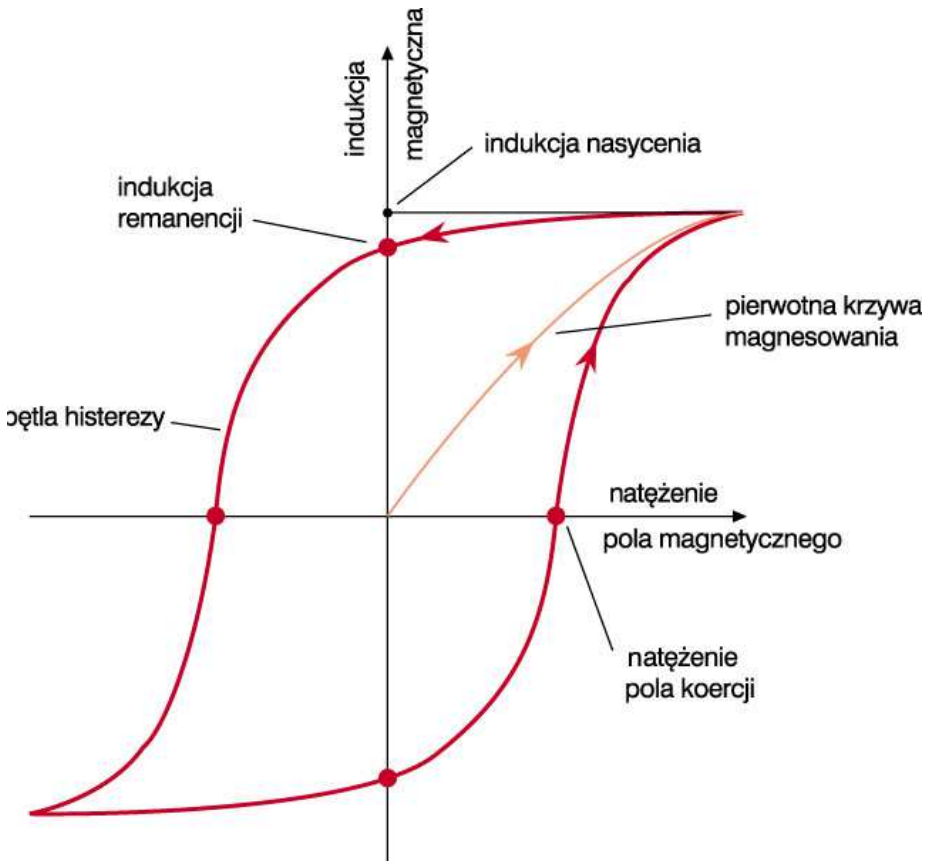
Termogram – **rozkład przestrzenny** temperatury na powierzchni elewacji budynku mieszkalnego

Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



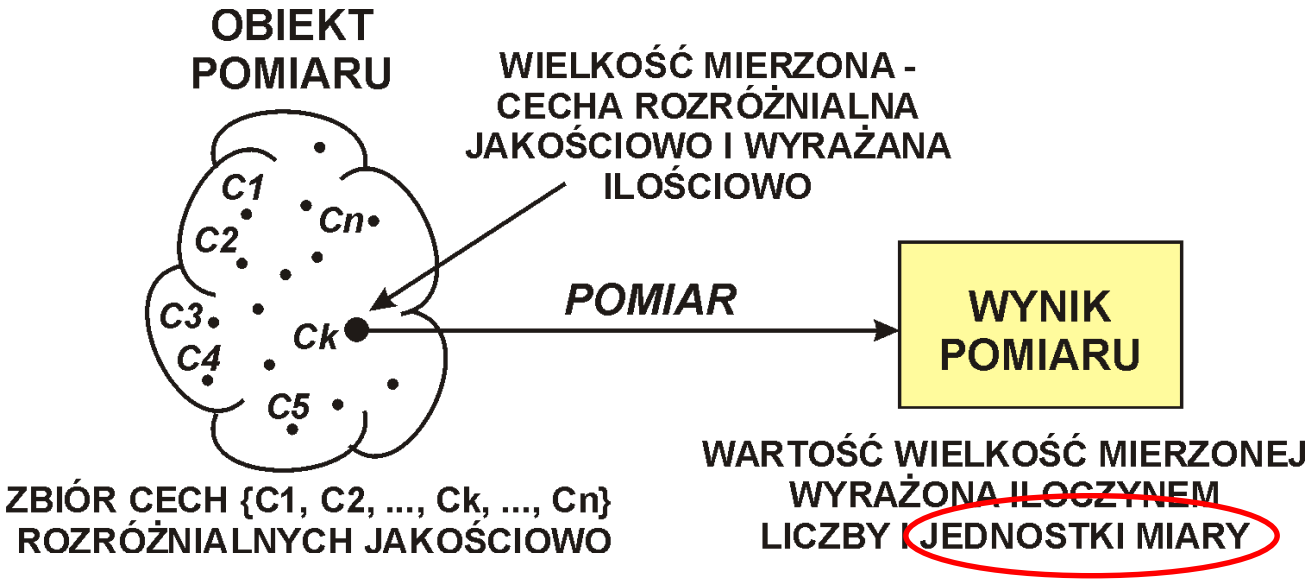
Widmo sygnału – **matematyczna reprezentacja rozkładu** wielkości w dziedzinie częstotliwości

Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



Pętla histerezy – zależność pomiędzy dwoma wielkościami (indukcji magnetycznej od natężenia pola magnetycznego) przedstawiona w postaci wykresu funkcji

Pomiar - podsumowanie



Co to jest **jednostka miary ?**

Jednostka miary

Jednostka miary jest to wielkość określona, zdefiniowana i przyjęta umownie, której przypisuje się umownie wartość liczbową równą **jeden**, z którą porównuje się inne wielkości tego samego rodzaju w celu ich ilościowego wyrażania w stosunku do tej wielkości przyjętej umownie.

Uwagi

- Jednostka miary powinna być jednoznacznie **zdefiniowana**.
- Jednostka miary powinna mieć nadaną **nazwę** (kilogram, metr).
- Jednostka miary powinna mieć **oznaczenie** (umowny znak oznaczający tę jednostkę, np.: kg, m).

Jednostka miary - przykład

Sekunda s (definicja z roku 1967) jest to czas równy 9 192 631 770 okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma poziomami F = 3 i F = 4 struktury nadsubtelnej stanu podstawowego $^{2}S_{1/2}$ atomu cezu ^{133}Cs w spoczynku w temperaturze 0 K (poprzednio sekundę definiowano jako 1/31 556 925,9747 część roku zwrotnikowego 1900 lub 1/86400 część doby).

Uwagi.

- Podano jednoznaczną **definicję** .
- Podano **nazwę** definiowanej jednostki (sekunda).
- Określono **wielkość** dla której definiuje się jednostkę (czas)
- Przyjęto **oznaczenie** w postaci małej litery s.

Układ jednostek miar

Uporządkowany zbiór jednostek miar podstawowych i pochodnych nazywamy **układem jednostek miar**.

Uwagi.

- Wielkości **podstawowe** (i ich jednostki miar) są uznane umownie - w pewnym układzie wielkości - jako funkcjonalnie niezależne .
- Wielkości **pochodne** (i ich jednostki miar) są zdefiniowane - w pewnym układzie wielkości - jako funkcja wielkości podstawowych tego układu.
- Jednostka pochodna **spójna** to taka jednostka, która może być wyrażona w postaci iloczynu potęg jednostek podstawowych ze współczynnikiem proporcjonalności równym **jedności**
- Układ jednostek miar jest **spójny**, jeśli wszystkie jednostki miar pochodne w nim określone są spójne.

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI)

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI) jest układem spójnym, opartym na siedmiu jednostkach podstawowych.

W Polsce **legalnymi** jednostkami miar są jednostki układu **SI**, wprowadzone przez Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2006 r. w sprawie legalnych jednostek miar (Dz.U. 2006 nr 225 poz. 1638) .

Źródło: Sejm RP,
http://isip.sejm.gov.pl/

1638

ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW

z dnia 30 listopada 2006 r.

w sprawie legalnych jednostek miar[1)]

Na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 11 maja 2001 r. — Prawo o miarach (Dz. U. z 2004 r. Nr 243, poz. 2441, z 2005 r. Nr 163, poz. 1362 i Nr 180, poz. 1494 oraz z 2006 r. Nr 170, poz. 1217) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa:

1) nazwy, definicje i oznaczenia legalnych jednostek miar, zwanych dalej „jednostkami miar”;

2) legalne jednostki miar nienależące do Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), które mogą być stosowane na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, zwane dalej „jednostkami dopuszczonymi”;

3) przedrostki i ich oznaczenia przeznaczone do tworzenia dziesiętnych podwielokrotności i wielokrotności legalnych jednostek miar;

4) zasady pisowni oznaczeń legalnych jednostek miar.

§ 2. Jednostki miar będące jednostkami podstawowymi Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), zwane dalej „jednostkami podstawowymi SI”, mają następujące nazwy i oznaczenia:

1) metr określający jednostkę długości o oznaczeniu „m”;

2) kilogram określający jednostkę masy o oznaczeniu „kg”;

3) sekunda określająca jednostkę czasu o oznaczeniu „s”;

4) amper określający jednostkę prądu elektrycznego o oznaczeniu „A”;

5) kelwin określający jednostkę temperatury termodynamicznej o oznaczeniu „K”;

6) mol określający jednostkę liczności materii o oznaczeniu „mol”;

7) kandela określająca jednostkę światłości o oznaczeniu „cd”.

§ 3. Jednostki podstawowe SI oznaczają:

1) metr — długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie 1/299 792 458 sekundy;

2) kilogram — jednostkę masy, która jest równa masie międzynarodowego prototypu kilograma przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres;

3) sekunda — czas równy 9 192 631 770 okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133;

4) amper — prąd elektryczny niezmieniający się, który, płynąc w dwóch równoległych prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach o przekroju kołowym znikomo małym, umieszczonych w próżni w odległości 1 metra od siebie, wywołałby między tymi przewodami siłę $2 \cdot 10^{-7}$ niutona na każdy metr długości;

5) kelwin — 1/273,16 część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody;

6) mol — liczność materii układu zawierającego liczbę cząstek równą liczbie atomów w masie 0,012 kilograma węgla 12; przy stosowaniu mola należy określić rodzaj cząstek, którymi mogą być: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone zespoły takich cząstek;

7) kandela — światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}$ herców i o natężeniu promieniowania w tym kierunku równym 1/683 wata na steradian.

§ 4. 1. Nazwy, definicje i oznaczenia jednostek miar, będących jednostkami pochodnymi o nazwach i oznaczeniach specjalnych należącymi do Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), określa załącznik nr 1 do rozporządzenia.

2. Złożone nazwy i oznaczenia jednostek pochodnych SI, niebędące jednostkami pochodnymi o nazwach i oznaczeniach specjalnych, o których mowa w ust. 1, podaje się w postaci wyrażeń utworzonych z odpowiednich oznaczeń lub nazw jednostek podstawowych SI lub jednostek pochodnych SI.

[1)] Niniejsze rozporządzenie wdraża przepisy dyrektywy Rady 80/181/EWG z dnia 20 grudnia 1979 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do jednostek miar, opublikowanej w Dz. Urz. WE L 039 z 15.02.1980 (zmienionej dyrektywami 89/617/EWG i 99/103/EWG).
Niniejsze rozporządzenie zostało notyfikowane Komisji Europejskiej w dniu 31 lipca 2006 r. pod numerem 2006/0407/PL, zgodnie z § 4 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie sposobu funkcjonowania krajowego systemu notyfikacji norm i aktów prawnych (Dz. U. Nr 239, poz. 2039 oraz z 2004 r. Nr 65, poz. 597), które wdraża dyrektywę 98/34/WE z dnia 22 czerwca 1998 r. ustanawiającą procedurę udzielania informacji w zakresie norm i przepisów technicznych (Dz. Urz. WE L 204 z 21.07.1998, z późn. zm.).

definicje jednostek

określenie wielkości

określenie nazw

określenie oznaczeń

określenie nazw

określenie wielkości

określenie oznaczeń

definicje jednostek

Współczynniki równe **jeden**, jednostki pochodne są spójne !!!

Załączniki do rozporządzenia Rady Ministrów
z dnia 30 listopada 2006 r. (poz. 1638)

Załącznik nr 1

NAZWY, DEFINICJE I OZNACZENIA LEGALNYCH JEDNOSTEK MIAR,
BĘDĄCYCH JEDNOSTKAMI POCHODNYMI O NAZWACH I OZNACZENIACH SPECJALNYCH
NALEŻĄCYMI DO MIĘDZYNARODOWEGO UKŁADU JEDNOSTEK MIAR (SI)

Lp.	Wielkość	Jednostka miary		Definicja	Wyrażenie za pomocą jednostek podstawowych SI
		nazwa	oznaczenie		
1	2	3	4	5	6
1	Kąt płaski	radian	rad	1 rad = 1 m /1 m = 1	$m \cdot m^{-1} = 1$
2	Kąt bryłowy	steradian	sr	1 sr = 1 m^2 /1 m^2 = 1	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
3	Częstotliwość	herc	Hz	1 Hz = 1/1·s	s^{-1}
4	Siła	niuton	N	1 N = 1 kg·1 (m/s^2)	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
5	Ciśnienie, naprężenie mechaniczne, ciśnienie akustyczne	paskal	Pa	1 Pa = 1 N/1 m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
6	Energia, praca, ilość ciepła	dżul	J	1 J = 1 N·1 m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
7	Moc, strumień promieniowania	wat	W	1 W = 1 J/1 s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
8	Ładunek elektryczny	kulomb	C	1 C = 1 A·1 s	A·s
9	Potencjał elektryczny, napięcie elektryczne, siła elektromotoryczna	wolt	V	1 V = 1 W/1 A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
10	Pojemność elektryczna	farad	F	1 F = 1 C/1 V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
11	Rezystancja, (opór elektryczny)	om	Ω	1 Ω = 1 V/1 A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
12	Konduktancja (przewodność elektryczna)	simens	S	1 S = 1 Ω^{-1}	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
13	Strumień magnetyczny	weber	Wb	1 Wb = 1 V·1 s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
14	Indukcja magnetyczna	tesla	T	1 T = 1 Wb/1 m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
15	Indukcyjność	henr	H	1 H = 1 V·1 s/1 A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
16	Temperatura Celsjusza	stopień Celsjusza	°C	1 °C = 1 K	K
17	Strumień świetlny	lumen	lm	1 lm = 1 cd·1 sr	cd
18	Natężenie oświetlenia	luks	lx	1 lx = 1 lm/1 m^2	$cd \cdot m^{-2}$
19	Aktywność promieniotwórcza	bekerel	Bq	1 Bq = 1/1 s	s^{-1}

Jak wykonać pomiar ?

Do zrealizowania pomiaru konieczne są:

1. Skala pomiarowa,
2. Metoda pomiarowa,
3. Narzędzia pomiarowe.

Istotą technicznej realizacji pomiaru jest

porównanie

wielkości mierzonej z wielkością wzorcową (z uporządkowanym zbiorem wartości - **skalą pomiarową**), według przyjętej **metody pomiaru** i z użyciem odpowiednich **narzędzi pomiarowych.**

Skale pomiarowe

Skala pomiarowa jest to **funkcja** (funkcja pomiarowa) przyporządkowująca jednoznacznie każdemu elementowi ze **zbioru wartości** danej wielkości dokładnie jeden element ze zbioru **abstrakcyjnych symboli**. W praktyce najczęściej wykorzystywanym zbiorem abstrakcyjnych symboli jest zbiór **liczb**.

Każda skala odwzorowuje **cechy** (właściwości) mierzonych obiektów na **liczby** w ten sposób, aby **relacje** zachodzące pomiędzy tymi cechami (w świecie **rzeczywistym**) i **relacje** zachodzące pomiędzy odpowiadającymi im liczbami (czyli w świecie **abstrakcji**) były **takie same**.

Skale pomiarowe

Zachodzenie relacji pomiędzy cechami obiektów w świecie rzeczywistym oznacza, że istnieje pewne **doświadczenie** stwierdzające ten fakt, tzn. że można przeprowadzić **eksperyment** stwierdzający zachodzenie tej relacji, np. ważenie na wadze szalkowej pozwala doświadczalnie stwierdzić zachodzenie relacji równoważności mas

Zależnie od tego, które relacje zachodzące pomiędzy obiektami świata **realnego** zostają przeniesione do świata **abstrakcji** (liczb), rozróżniamy **różne rodzaje skal**.

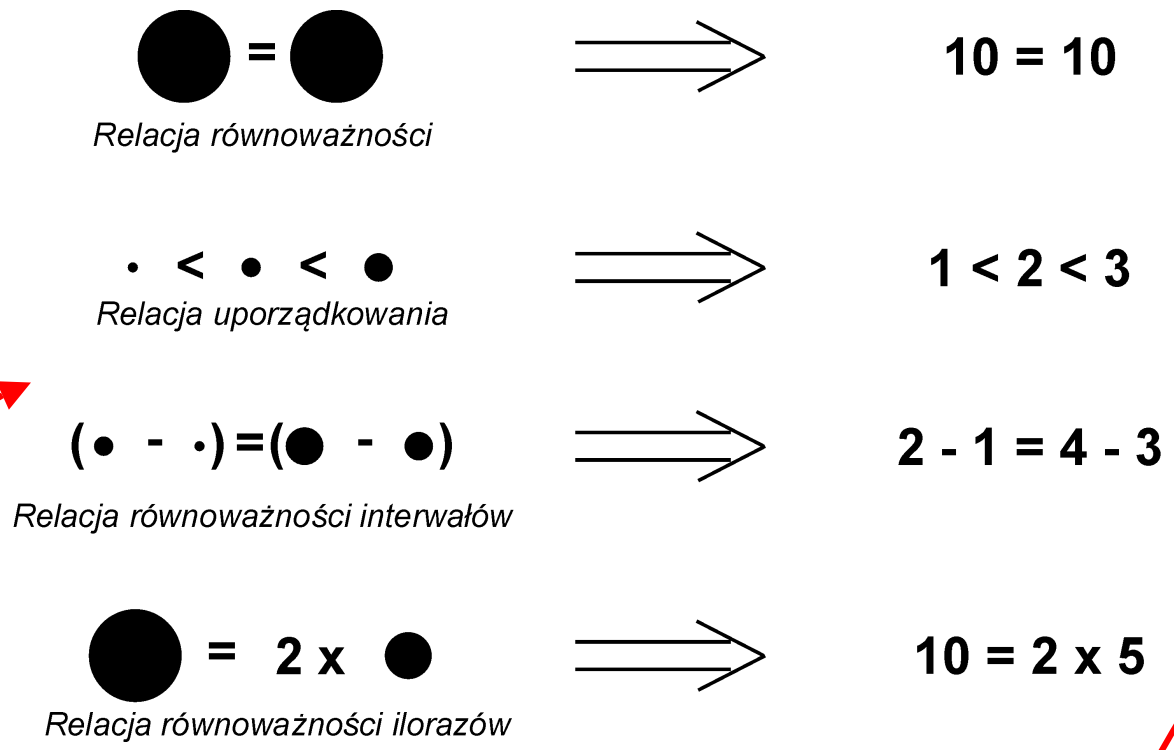
Relacje

Relacją nazywa się określoną zależność zachodzącą między parami elementów zbioru obiektów.

Dla zbiorów obiektów realnych (przedmioty fizyczne, zjawiska fizyczne) określamy **relacje realne**, np.: równoważność masy, równoważność długości, uporządkowanie względem twardości, stosunek masy, różnicę długości itp.

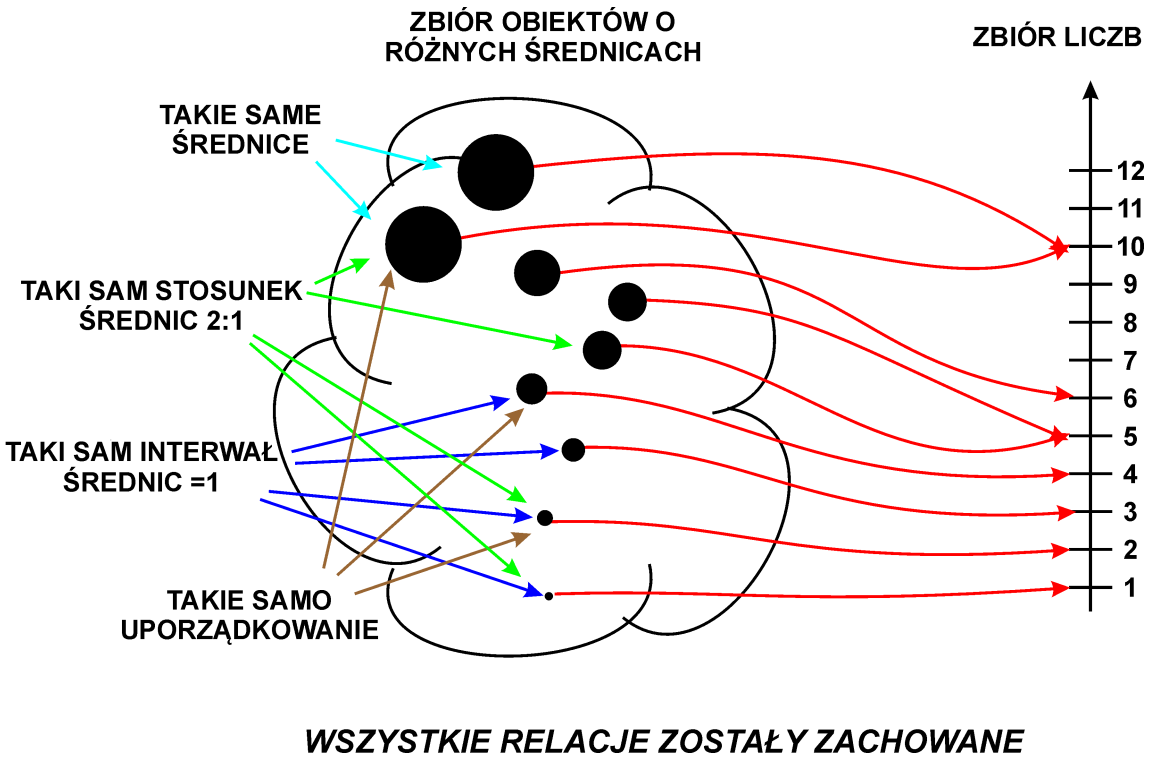
Dla zbiorów abstrakcji (**liczby**, wektory, funkcje) określamy **relacje abstrakcyjne**, np.: **równość** liczb, **uporządkowanie** (relacja mniejszości) liczb, równość **różnicy** (interwału) liczb, równość **stosunku** (ilorazu) liczb.

Zachowanie relacji w zbiorze abstrakcji



Zachowanie **relacji** zachodzące pomiędzy obiektami świata **realnego** (średnice) w świecie **abstrakcji** (liczby).

Zachowanie relacji w skali ilorazowej



Skala ilorazowa zachowuje wszystkie relacje zachodzące pomiędzy obiektami świata **realnego** (średnice) w świecie **abstrakcji** (liczb).

Skale pomiarowe

1.Skala nominalna, oparta jest tylko na **relacji równoważności**, takie same cechy obiektu odwzorowane są takimi samymi liczbami, nie jest w niej określona relacja uporządkowania (skala kolorów RAL, RGB, CMYK).

2.Skala porządkowa, określone są w niej **relacje równoważności** i **ścisłego uporządkowania**, cechom obiektów o większej intensywności przypisywane są większe liczby, nie jest określona dla takiej skali operacja dodawania i mnożenia – nie mają one w tej skali sensu (skala twardości minerałów Mohsa, skala siły wiatru Beauforta).

3.Skala interwałowa, odwzorowuje relacje **ścisłego uporządkowania** i **równoważności interwałów**, parom cech o jednakowych interwałach przypisuje się pary liczb o jednakowych różnicach, skala nie ma naturalnego punktu zerowego, punkt zerowy jest umowny i może być przyjęty dowolnie (skala czasu, skala temperatury Celsjusza, Fahrenheita). Nie zachowuje relacji równoważności ilorazów!!!

4.Skala ilorazowa (stosunkowa, metryczna), odwzorowuje relacje **ścisłego uporządkowania**, **równoważności interwałów** i **równoważności ilorazów**, parom cech o jednakowych ilorazach przyporządkowuje się pary liczb o jednakowych stosunkach, skala posiada naturalny punkt zerowy. W tej skali mierzy się większość wielkości fizycznych (temperatura w skali Kelvina, prąd, napięcie, siła i inne).

Skala nominalna – przykład: skala kolorów RAL

RAL 3020 (Traffic red)

RGB 199-23-18 (dec)

RGB BF111B (hex)

CMYK 6 100 100 1

Różne funkcje

Różne skale pomiarowe

Żadne inne relacje poza równością liczb nie mają odzwierciedlania w relacjach pomiędzy kolorami różnych obiektów !!!

Skala porządkowa – przykład: skala twardości Mosha

Stopień Mosha	Minerał wzorcowy	Rozpoznawanie	Wzór chemiczny	Twardość bezwzględna kN/m^2x10^7	Twardość
1	Talk	Można zarysować paznokciem	$Mg_3[(OH)_2Si_4O_{10}]$	2,4	1,5-2
2	Gips		$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	36,0	2,5
3	Kalcyt	Można zarysować ostrzem stalowym	$CaCO_3$	109,0	2,5
4	Fluoryt		CaF_2	189,0	3
5	Apatyt		$CaF(PO_4)_3$	536,0	4-5
6	Ortoklaz		$K[AlSiO_8]$	796,0	5-6
7	Kwarc	Uderzone krzeszą iskrę i rysują szkło, a 9 i 10 tnie szkło	SiO_2	1120,0	6-6,5
8	Topaz		$Al_2F_2SiO_4$	1427,0	7-8
9	Korund		Al_2O_3	2060,0	9
10	Diament		C	10000,0	10

Metody pomiarowe

Metoda pomiarowa jest to ogólny opis logicznego uporządkowania działań wykonywanych przy pomiarze.

Ponieważ **istotą pomiaru jest porównanie** wielkości mierzonej z jednostką miary, to metoda pomiarowa przede wszystkim opisuje zastosowany w pomiarze sposób porównania.

Najczęściej wyróżnia się **dwie główne grupy metod** pomiarowych:

1. Metody zerowe, w których sprowadza się do zera różnicę między wartością wielkości mierzonej, a wartością znaną tej samej wielkości (np.: pomiar masy wagą dwuszalkową, pomiar napięcia za pomocą kompensatora),

2. Metody odchyłowe, w których wartość wielkości mierzonej określana jest na podstawie wychylenia organu ruchomego urządzenia wskazującego (np.: pomiar masy wagą sprężynową, pomiar miernikami elektromechanicznymi).

Inne metody pomiarowe

1. Metody bezpośrednie - wynik pomiaru przedstawia od razu wartość wielkości mierzonej (np.: pomiar napięcia woltomierzem),

2. Metody pośrednie - wynik pomiaru otrzymywany jest jako funkcja innych wielkości mierzonych bezpośrednio (np.: pomiar rezystancji na podstawie prawa Ohma poprzez pomiar prądu i napięcia).

3. Metoda podstawowa - metoda pośrednia oparta na pomiarach wielkości podstawowych wchodzących do definicji wielkości mierzonej (np.: pomiar prądu wagą prądową na podstawie definicji ampera).

4. Metody kompensacyjne, w których na układ porównujący jednocześnie oddziaływują wielkość mierzona i wielkość wzorcowa, znosząc się wzajemnie (np.: pomiar masy wagą dwuszalkową),

5. Metody podstawieniowe, w których na układ porównujący kolejno oddziaływują wielkość mierzona i wielkość wzorcowa, dając w obu przypadkach takie same wskazanie (np.: dwukrotny pomiar masy wagą sprężynową).

Narzędzia pomiarowe

Narzędzia pomiarowe są to środki techniczne przeznaczone do wykonywania pomiarów:

1. Wzorce miar, są to narzędzia pomiarowe odtwarzające jedną lub kilka znanych (wzorcowych) wartości danej wielkości (np.: ogniwo wzorcowe Westona, rezystor wzorcowy, cezowy generator częstotliwości wzorcowej i czasu),

2. Przyrządy pomiarowe, są to narzędzia pomiarowe służące do przetwarzania wielkości mierzonej na wskazanie lub równoważną informację (np.: woltomierz analogowy, woltomierz cyfrowy, komputerowa karta pomiarowa),

3. Przetworniki pomiarowe, są to narzędzia pomiarowe przetwarzające, zgodnie z określonym prawem, wielkość wejściową na wyjściową (np.: przekładnik prądowy, przetwornik A/C), szczególnym rodzajem przetwornika jest **czujnik**, na który oddziaływuje bezpośrednio wielkość mierzona (np.: termorezystancyjny czujnik temperatury Pt100, bocznik rezystancyjny do pomiaru prądu)

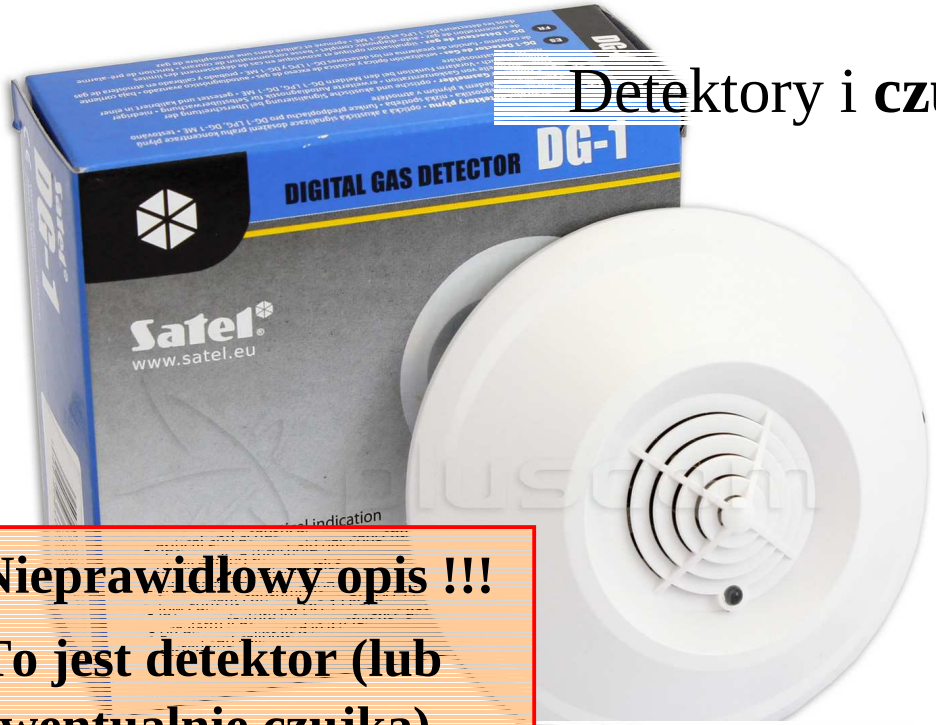
Detektory i wskaźniki

Detektory i wskaźniki są to urządzenia wskazujące istnienie pewnego zjawiska, bez konieczności podawania wartości wielkości związanej z tym zjawiskiem. **Nie zaliczają się one do narzędzi pomiarowych**, w szczególności **nie podają one wyniku pomiaru**.

Detektory zazwyczaj tylko wykrywają i sygnalizują przekroczenie progu detekcji przez nadzorowaną wielkość (np.: detektor ulatniającego się gazu, potocznie również bywa używane słowo **czujka**),

Wskaźniki zazwyczaj sygnalizują w przybliżeniu poziom nadzorowanej wielkości na uproszczonej skali z zaznaczonymi wartościami progowymi (np.: samochodowy wskaźnik temperatury silnika, wskaźnik poziomu paliwa, papierek lakmusowy).

Detektory i **czujki** - przykłady



Nieprawidłowy opis !!!

To jest detektor (lub ewentualnie czujka).

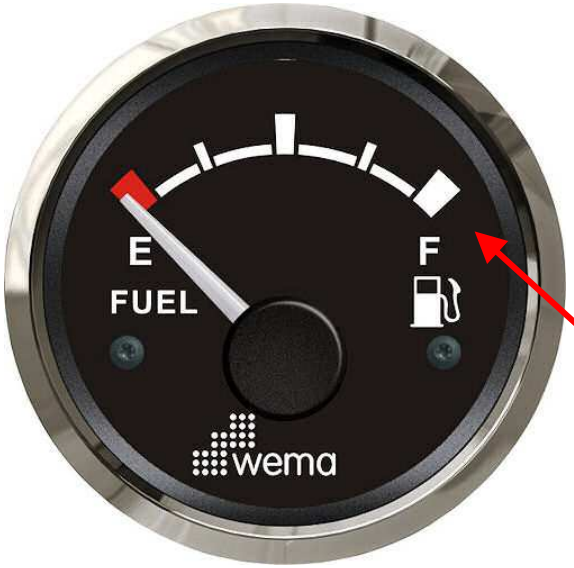
Czujniki - przykłady

Czujniki gazu stosowane w **czujkach** gazu

Więcej o czujnikach na drugim stopniu studiów na przedmiocie

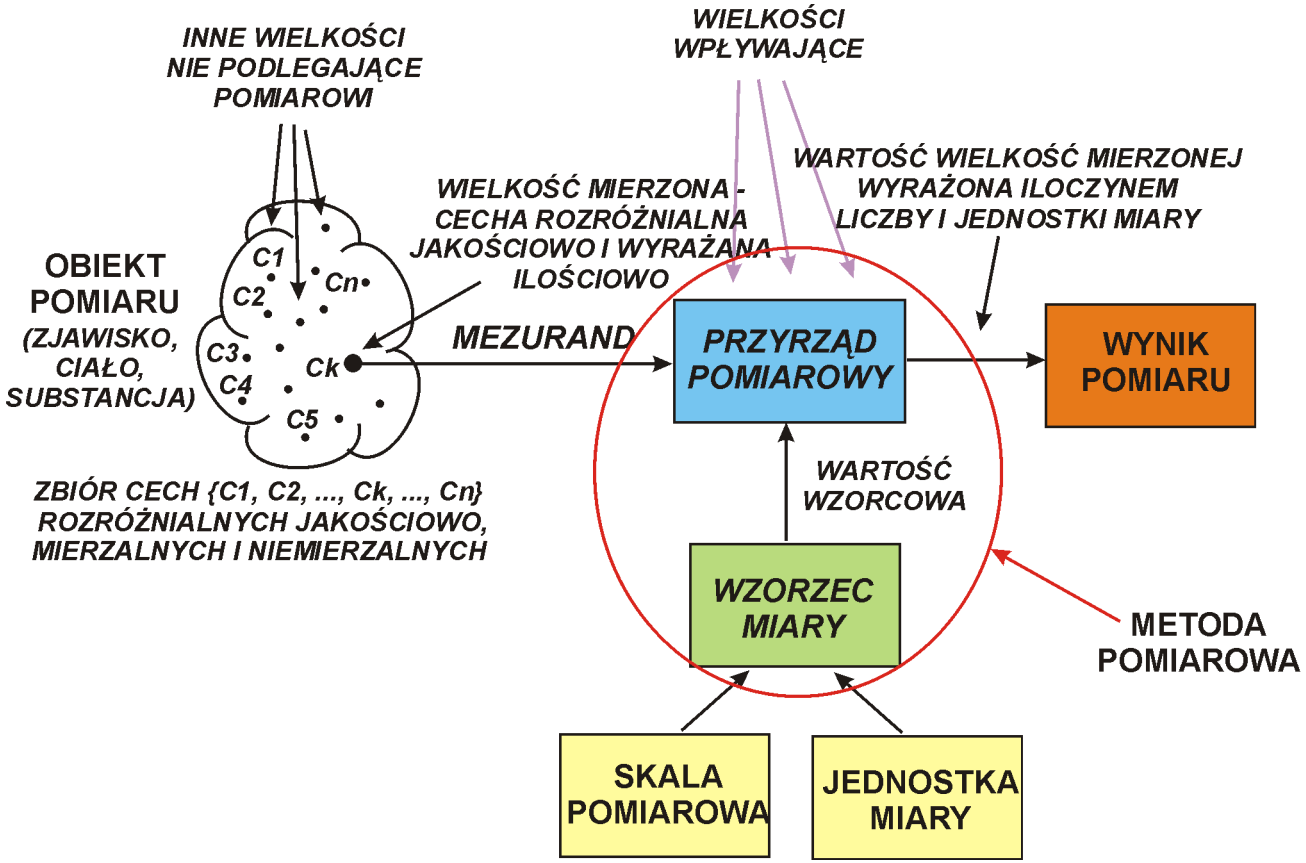
„Pomiary wielkości Nieelektrycznych”

Wskaźniki - przykłady



Wskaźniki
stosowane w
pojazdach
samochodowych

Schemat funkcjonalny procesu pomiarowego



W procesie pomiarowym wykorzystywanych jest wiele elementów składowych, stanowiących łącznie **system pomiarowy**

System pomiarowy – definicja klasyczna

System pomiarowy jest to zbiór **narzędzi pomiarowych** tak zorganizowany, że może być użyty do wykonania pomiaru.

Do **narzędzi pomiarowych** zaliczamy:

- wzorce miar (odtwarzają wzorcową wartość danej wielkości),
- przyrządy pomiarowe (przetwarzają wielkość mierzoną na wskazanie),
- przetworniki pomiarowe (przetwarzają wielkość mierzoną na równoważną informację).

System pomiarowy – definicja współczesna

Nie tylko narzędzi pomiarowych !

System pomiarowy jest to zbiór **środków technicznych** podporządkowanych **wspólnemu celowi** i **ogólnemu algorytmowi działania**, przeznaczony do automatycznego pozyskiwania informacji **bezpośrednio z obiektu**, w celu

Więcej zadań !

przekształcenia,

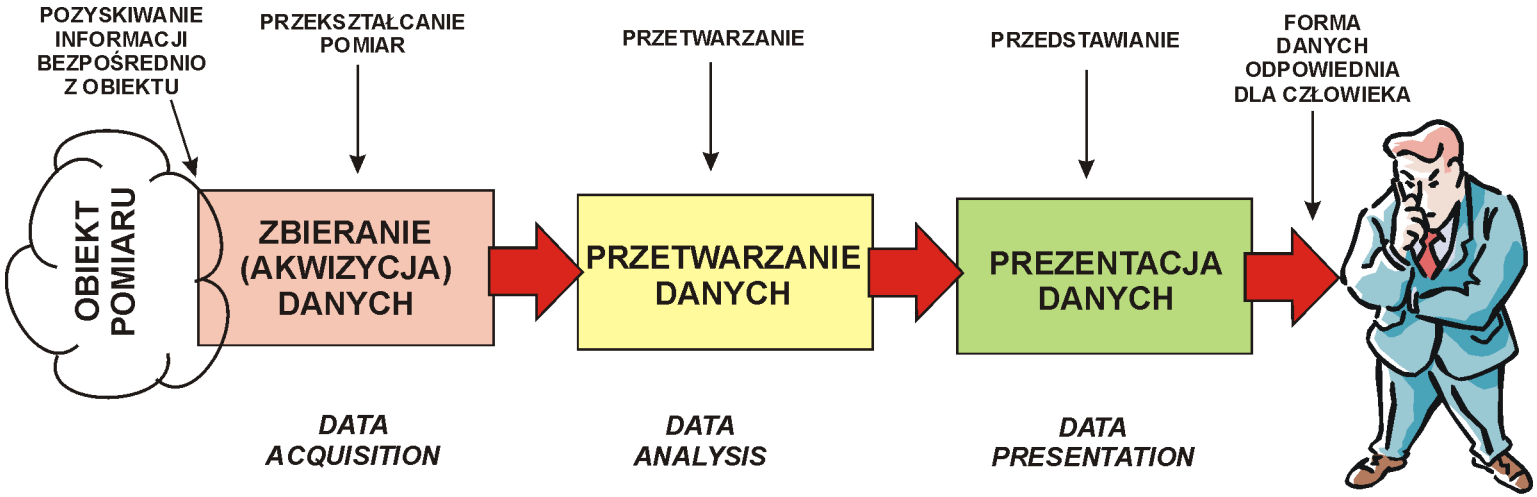
pomiaru,

przetworzenia i

przedstawienia

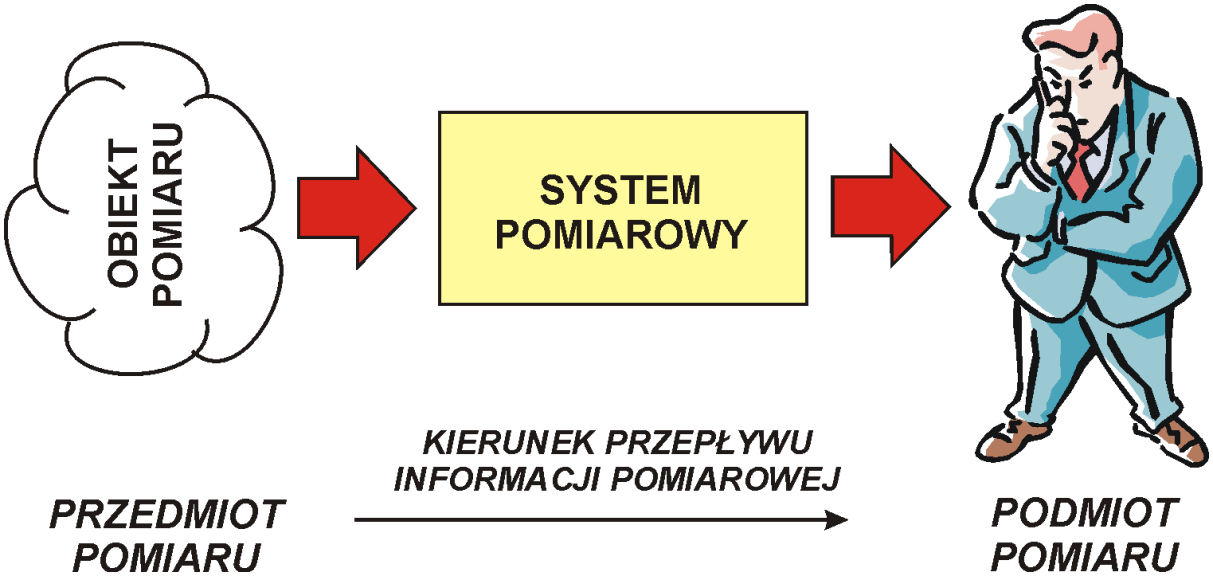
w formie dostosowanej do wykorzystania przez **człowieka** oraz dla wprowadzenia do zautomatyzowanego **urządzenia** sterującego

Zadania realizowane w systemie pomiarowym



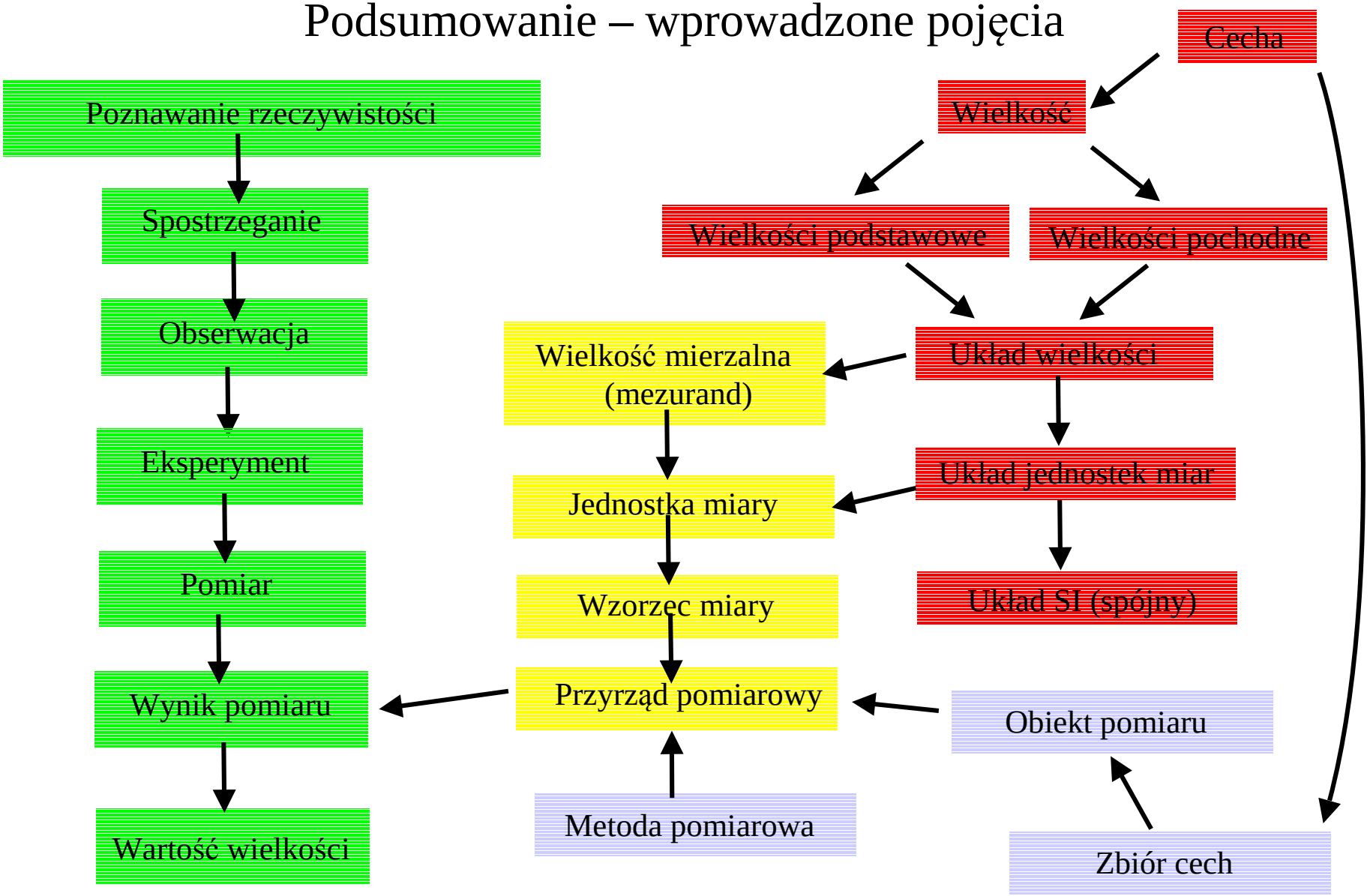
Struktura łańcuchowa systemu pomiarowego, szeregowe połączenie: czujnika, przetworników pomiarowych, urządzenia wskazującego.

Elementy biorące udział w procesie pomiarowym



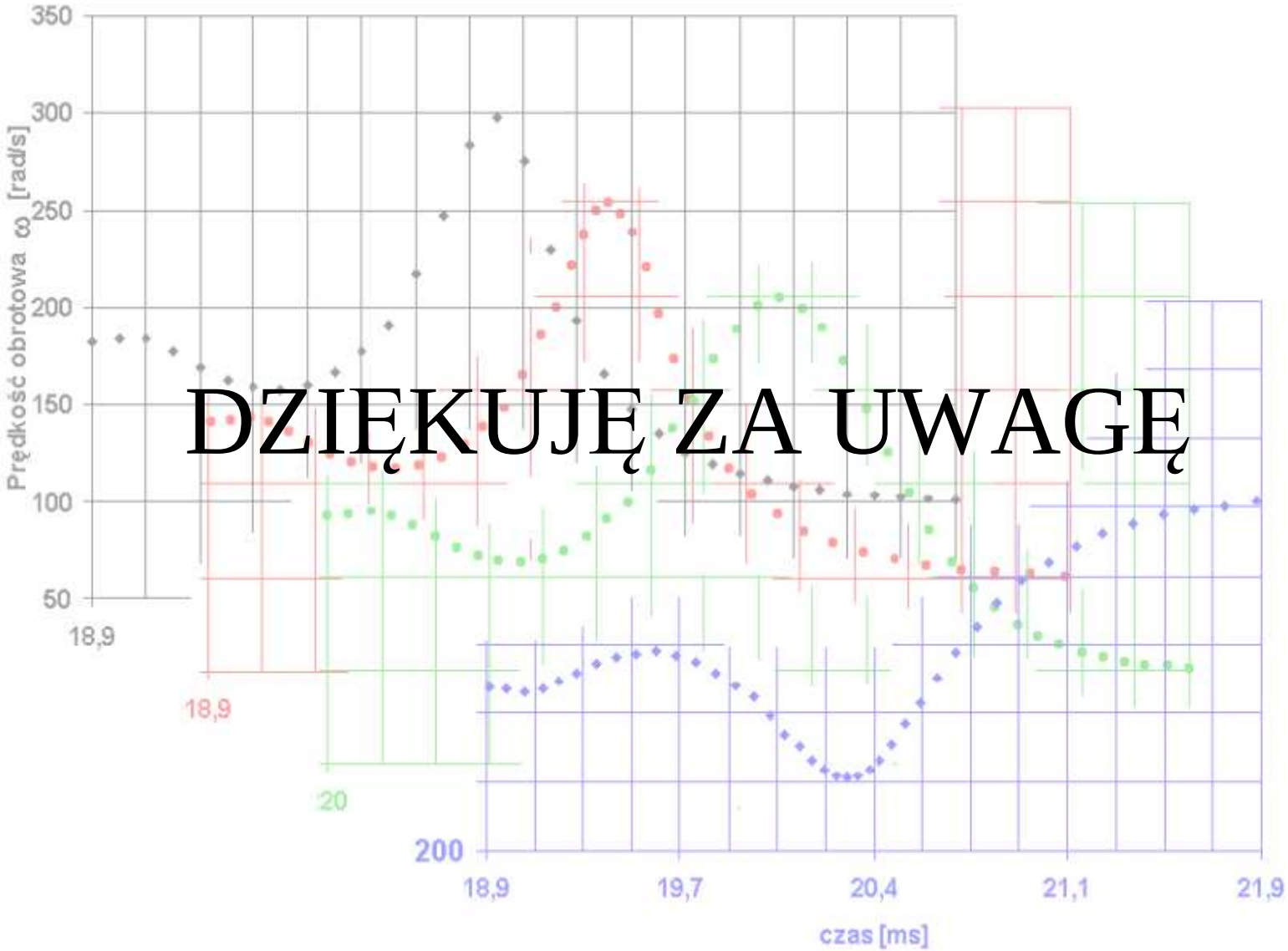
Najważniejszymi elementami procesu pomiarowego są: **przedmiot pomiaru** (obiekt) i **podmiot pomiaru** (człowiek). Niektóre proste pomiary mogą być zrealizowane bez udziału systemu pomiarowego, np.: pomiar długości „na oko” !

Podsumowanie – wprowadzone pojęcia



Podsumowanie

1. Człowiek poznaje otaczającą go rzeczywistość poprzez wzajemne, jedno i dwukierunkowe oddziaływanie z nią.
2. Kolejnymi etapami zdobywania wiedzy są: spostrzeganie, obserwacja, eksperyment, pomiar.
3. Obiekt pomiaru jest zbiorem cech rozróżnialnych jakościowo. Cechy które można wyrazić ilościowo nazywamy wielkościami i one podlegają pomiarowi.
4. Pomiar wyznacza wartość wielkości w postaci liczby i jednostki miary.
5. Wykonanie pomiaru wymaga określenia skali pomiarowej, użycia odpowiednich narzędzi pomiarowych i zastosowania właściwej metody pomiarowej.
6. W procesie pomiarowym można wyróżnić: przedmiot pomiaru (obiekt pomiaru), podmiot pomiaru (człowiek) i system pomiarowy,
7. Pojęcia pomiar, wynik pomiaru, wielkość mierzona (mezurand), system pomiarowy ulegają ciągłej ewolucji i rozszerzaniu.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ