

# POMIARY WIELKOŚCI NIEELEKTRYCZNYCH

**Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI**  
**Politechnika Lubelska**  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

*Prezentacja do wykładu dla EMST*

Semestr letni

Wykład nr 1



# 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 ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Pomiar Wielkości Nielektrycznych prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. 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 Pomiary Wielkości Nielektrycznych 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 kolokwium.

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

Eligiusz Pawłowski

## Regulamin Studiów – fragmenty §18 ÷ §23

**Warunkiem zaliczenia** przez studenta semestru i roku w terminie jest:

- 1) **uzyskanie zaliczeń i egzaminów** do końca sesji semestru, w którym prowadzone są dane zajęcia zgodnie z ich harmonogramem,
- 2) zaliczenia poprawkowe i egzaminy odbywają się w terminach określonych przez dziekana, z uwzględnieniem organizacji roku akademickiego ustalonej zarządzeniem rektora.

**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.**

# Tematyka wykładu

**Informacje organizacyjne, kolokwia, laboratorium**

**Literatura podstawowa i dodatkowa**

**Przypomnienie podstawowych wiadomości o pomiarach**

**System pomiarowy**

**Przetwornik pomiarowy w strukturze toru pomiarowego**

## Informacje organizacyjne

**Przedmiot:** Pomiar Wielkości Nielektrycznych

**Zaliczenie:** bez egzaminu, na podstawie dwóch kolokwiów w następujących terminach: 22-04-2020 , 03-06-2020 na początku wykładów, środa, godz.8:15, sala E-211. Udokumentowana obecność na wykładzie jest premiowana dodatkowymi punktami doliczanymi do wyników kolokwiów: 1 punkt za 1 godzinę obecności na wykładzie.

**Zajęcia powiązane z wykładem :** Laboratorium PWN, 30 godz. (10x3godz) rozpoczną się od dnia 17-03-2020 r. (wtorek), sala E-305, zgodnie z grafikiem odrabiania laboratorium (6 grup laboratoryjnych maks. po 15 osób)

**Prowadzący:** dr inż. Eligiusz Pawłowski

**Konsultacje:** pok. E-318 (2 piętro WEiI), wg grafiku – gablota przy E-319

**Wymiar wykładu:** 15 tyg. x 2 godz. = 30 godz.

**Wymiar laboratorium:** 10 tyg. x 3 godz. = 30 godz.

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

## Ocenianie kolokwiów, zaliczenie przedmiotu

- Każde z dwóch kolokwiów obejmuje po 10 zagadnień.
- Na każdą odpowiedź przeznaczony jest czas 5 minut.
- Czas trwania kolokwium: 50 minut.
- Każde zagadnienie jest oceniane w skali 0 – 5 punktów.
- Łącznie za dwa kolokwia można otrzymać maksymalnie 100 punktów.
- Do sumy wyników z dwóch kolokwiów doliczane są punkty za obecności na wykładach: 1 godzina = 1punkt.
- Łączna liczba punktów przeliczana jest na ocenę końcową zgodnie z § 19 Regulaminu Studiów.

<b>Tabela do przeliczania punktów na ocenę końcową</b>					
<b>Brak zaliczenia</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>
<b>0 - 50</b>	<b>51-60</b>	<b>61-70</b>	<b>71-80</b>	<b>81-90</b>	<b>91-100</b>





## Literatura podstawowa do przedmiotu

1. Miłek M.: Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2006.
2. Piotrowski J. (red.): Pomiar. Czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego, WNT, Warszawa 2009.
3. Michalski L., Eckersdorf K., Kucharski J.: Termometria. Przyrządy i metody, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 1998.
4. Romer E.: Miernictwo przemysłowe, PWN, Warszawa 1978.
5. Łapiński M.: Pomiar elektryczny i elektroniczny wielkości nieelektrycznych, WNT, Warszawa 1974.

## Literatura dodatkowa do przedmiotu

- 1.Gajek A., Juda Z.: Czujniki, WKiŁ, Warszawa 2009.
- 2.Bosch R.: Czujniki w pojazdach samochodowych, WKiŁ, Warszawa 2009.
- 3.Chwaleba A., Czajewski J.: Przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- 4.Szumielewicz B., Słomski B., Styburski W.: Pomiarzy elektroniczne w technice, WNT Warszawa 1982.
- 5.Łapiński M., Włodarski W.: Miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych. Czujniki pomiarowe, WNT, Warszawa 1968.

## Literatura dodatkowa do przedmiotu c.d.

6. Kester W. (red.) Practical design techniques for sensor signal conditioning, Analog Devices Inc. USA 1999.
7. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A.: Metrologia elektryczna, WNT, Warszawa 2009.
8. Tumański S.: Technika Pomiarowa, WNT, Warszawa 2007.
9. P.H.Sydenham (redakcja) - Podręcznik metrologii cz. I i II, WKiŁ, W-wa 1988r., 1990.
10. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe, WKiŁ, Warszawa 2002.
11. Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane, Przewodnik PKN-ISO/IEC Guide 99, PKN, Warszawa 2010.

## Standardy kształcenia dla kierunku Elektrotechnika

Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 12 lipca 2007 r. **w sprawie standardów kształcenia** dla poszczególnych kierunków oraz poziomów kształcenia, a także trybu tworzenia i warunków, jakie musi spełniać uczelnia, by prowadzić studia międzykierunkowe oraz makrokierunki, Dz.U. 2007 nr 164 poz. 1166

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

## Kwalifikacje absolwenta II stopnia kierunku Elektrotechnika

Absolwent posiada zaawansowaną i ugruntowaną **wiedzę** z zakresu projektowania, konstruowania, funkcjonowania i testowania urządzeń elektrycznych oraz komputerowych systemów pomiarowych i systemów sterowania cyfrowego. Posiada **umiejętności** stosowania właściwych narzędzi informatycznych i elektronicznych. Jest zdolny **do pracy** twórczej oraz do podejmowania **decyzji** i kierowania zespołami pracowniczymi. Jest przygotowany do podjęcia studiów trzeciego stopnia (doktoranckich).

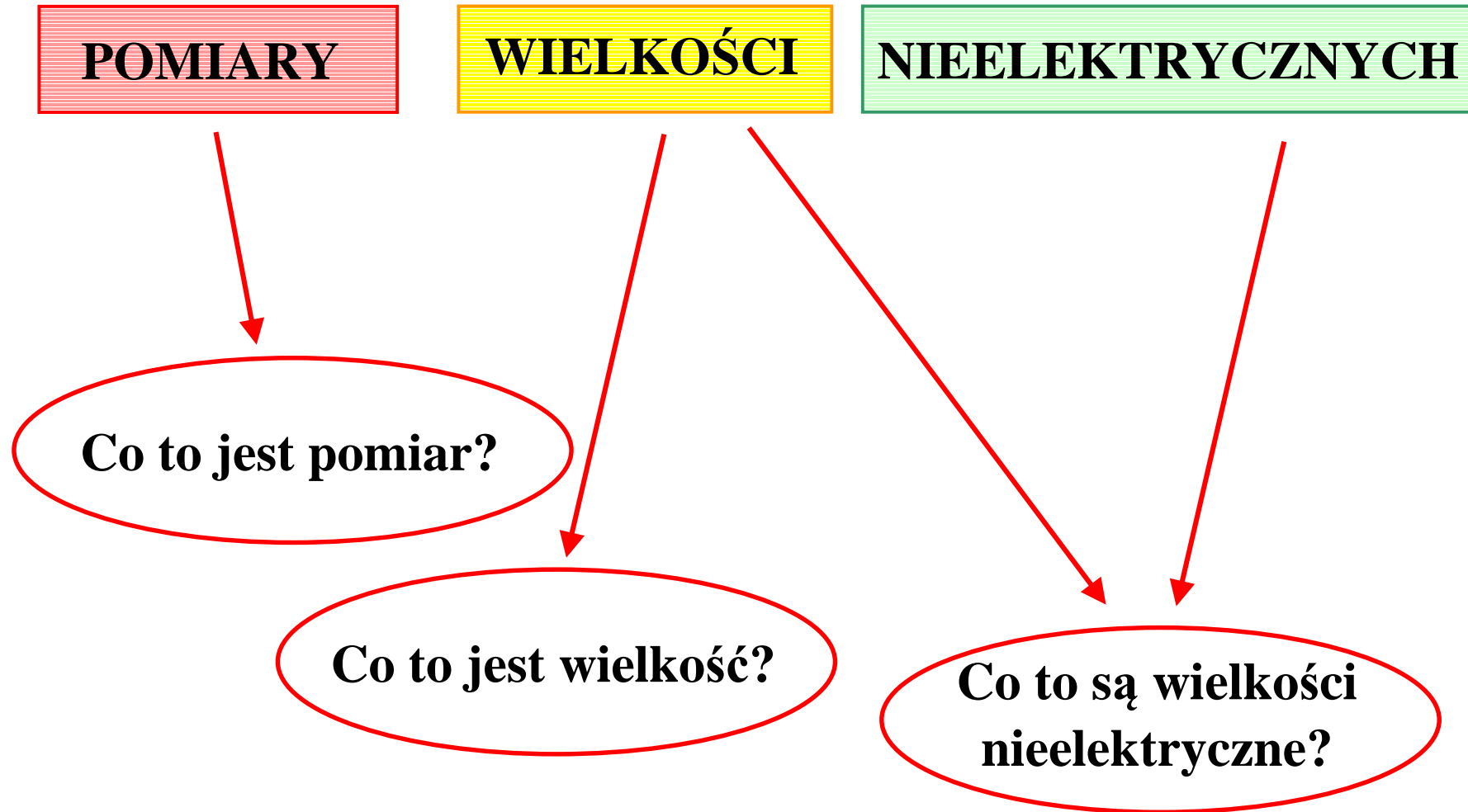
## Treści i efekty kształcenia

### **3. Kształcenie w zakresie pomiarów elektrycznych wielkości nieelektrycznych**

*Treści kształcenia:* Struktura toru pomiarowego. Definicje czujników i przetworników. Podstawy tensometrii oporowej. Pomiary: masy, siły, momentów siły, mocy mechanicznej, drgań, przyspieszeń, ciśnienia, przepływu, temperatury, mocy i energii cieplnej. Pomiary akustyczne. Pomiary wilgotności.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* całościowego rozwiązywania problemów z zakresu pomiaru wielkości nieelektrycznych.

## Podstawowe definicje (przypomnienie)



Pomiar – szczególny rodzaj eksperymentu

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

**Informacja** ta może mieć charakter:

Co to jest **Obiekt pomiaru**?

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

Np.: duże, małe, okrągłe, kwadratowe, zielone, czerwone, brzydkie, ładne, słodkie, kwaśne, ciekawe, nudne (to o wykładzie) ...

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

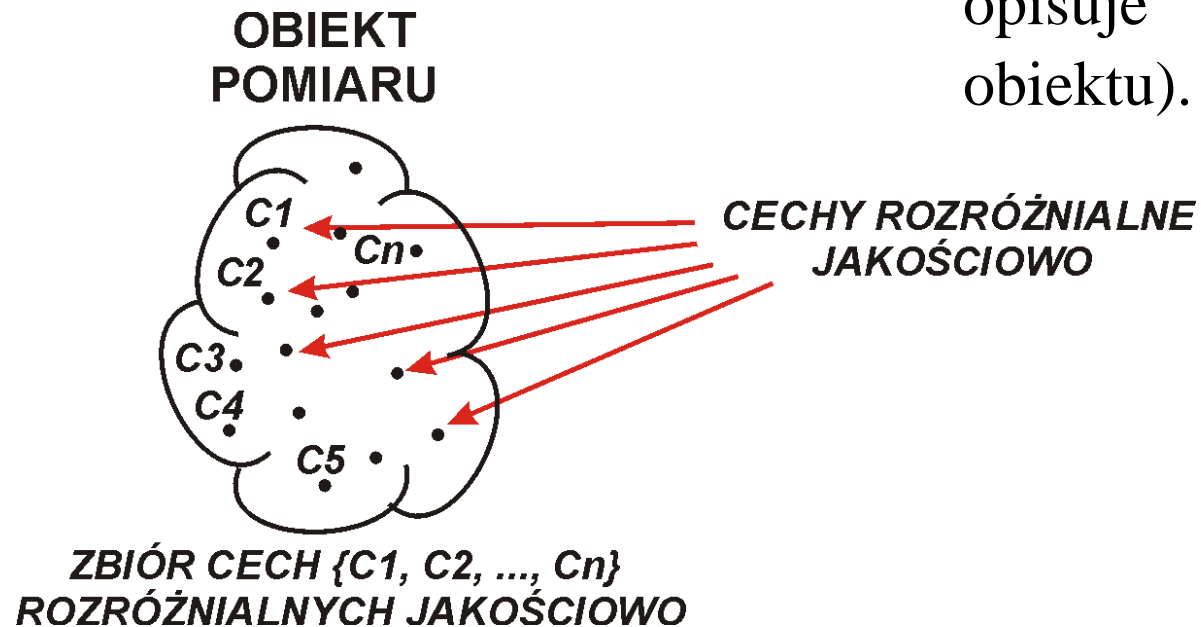
Np.: 2 kilogramy, 3 metry, 10 omów,  $40\mu\text{T}$ , 1 mol ( $6,02214179 \cdot 10^{23}$ ) cząsteczek tlenu, 5 zł, 90 minut (wykład) ...



## Obiekt pomiaru – co to jest?

**Obiekt pomiaru** – zbiór cech rozróżnialnych jakościowo.

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



# Wielkość (fizyczna) i jej wartość

To już znamy !

**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.

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

**Wartość wielkości**

$\neq$

~~**Wielkość wartości**~~

Bez sensu !!!

## Wielkości fizyczne podlegające pomiarom

**1. Wielkości elektryczne** - mierzone bezpośrednio przez system pomiarowy (zbudowany również z komponentów wykorzystujących zjawiska elektryczne) **bez potrzeby** stosowania dodatkowych czujników.

**2. Wielkości nieelektryczne** - mierzone z użyciem **czujników** (*sensorów*) z wyjściem elektrycznym.

# Wielkości elektryczne

1. Napięcie elektryczne
2. Natężenie prądu elektrycznego
3. Ładunek elektryczny
4. Moc i energia elektryczna
5. Rezystancja, pojemność, indukcyjność



## Pomiar – definicje (dwie z wielu możliwych)

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.**

**Uwaga: w każdym podręczniku metrologii znajdziemy różne definicje pomiaru!**

## Pomiar - właściwości

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 jest to wartość wielkości mierzonej wyrażona iloczynem liczby i jednostki miary**

$$\text{Wynik pomiaru} = \text{Liczba} * \text{jednostka miary}$$

Przykład:

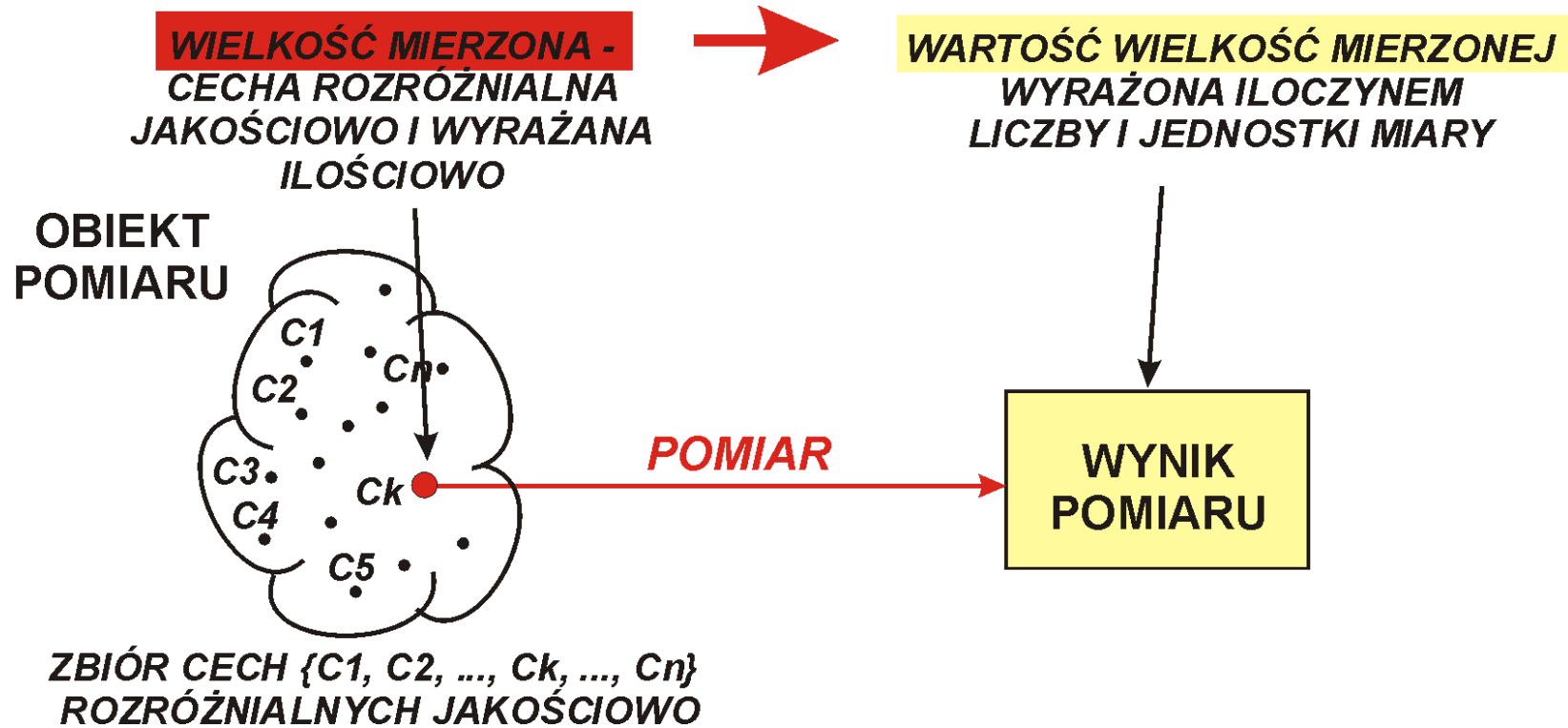
$$R = 120 \Omega$$

### Wnioski

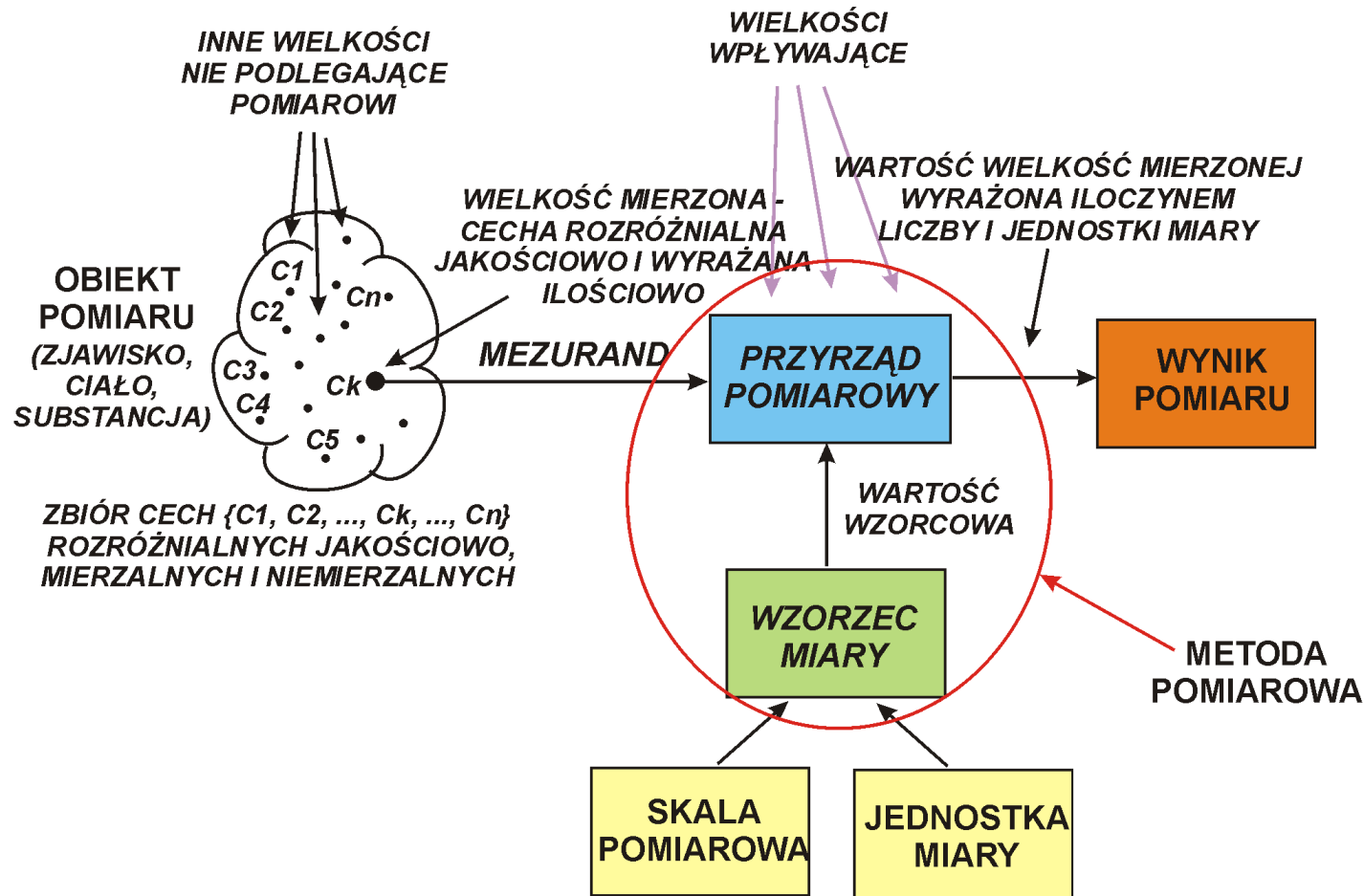
- **Wynik pomiaru** odpowiada na pytanie: **ile** czegoś jest ?
- Do wykonania pomiaru niezbędna jest **jednostka miary**



# Pomiar i wynik pomiaru - schematycznie



# 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 (odtworzą wzorcową wartość danej wielkości),
- przyrządy pomiarowe (przetwarzają wielkość mierzoną na wskazanie),
- **przetworniki pomiarowe** (przetwarzają wielkość mierzoną na równoważną informację).

**Są niezbędne do pomiarów wielkości nieelektrycznych !!!**

Szczególnym rodzajem przetworników pomiarowych są **czujniki**.

## Przyrząd pomiarowy

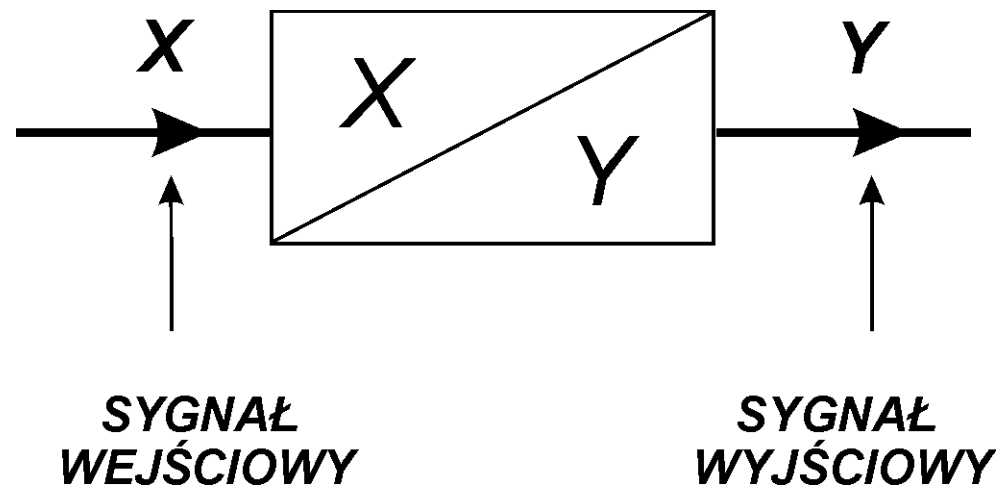
**Przyrząd pomiarowy** – urządzenie przeznaczone do wykonywania pomiarów, samodzielnie lub w połączeniu z jednym lub wieloma urządzeniami dodatkowymi.

Wyróżnia się przyrządy pomiarowe: wskazujące, rejestrujące, sumujące, całkujące, analogowe, cyfrowe.

**Przyrząd pomiarowy wskazujący** – przyrząd pomiarowy, za pomocą którego otrzymuje wskazanie (wynik pomiaru).

## Przetwornik pomiarowy

**Przetwornik pomiarowy** – urządzenie pomiarowe przetwarzające, zgodnie z określonym prawem, wielkość wejściową na wielkość wyjściową. Wielkość wejściowa i wyjściowa nazywane są ogólnie **sygnałami pomiarowymi**.



## Sygnal pomiarowy

**Sygnal pomiarowy** – wielkość reprezentująca wielkość mierzoną i związana z nią funkcjonalnie. Sygnal pomiarowy jest określony poprzez rodzaj **nośnika sygnału** i **parametr sygnału**.

**Nośnik sygnału pomiarowego** jest to wielkość opisująca proces energetyczny przenoszący informację (np.: prąd, napięcie).

**Parametr sygnału pomiarowego** jest funkcją realizowaną na nośniku sygnału pomiarowego (np.: amplituda, wartość skuteczna, częstotliwość, okres, wypełnienie)

## Układ pomiarowy i system pomiarowy – definicja **obecna**

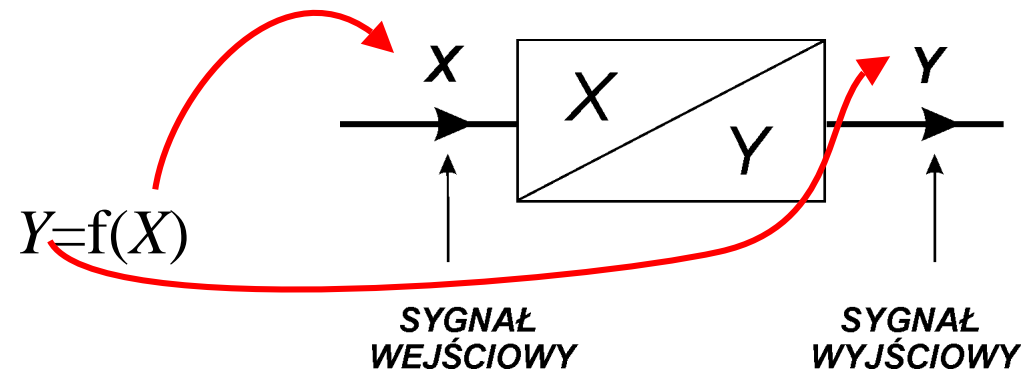
**Układ pomiarowy** – kompletny zbiór przyrządów pomiarowych i innych zestawionych urządzeń, przeznaczony do wykonywania określonych pomiarów. Układ pomiarowy może stanowić również pojedynczy przyrząd pomiarowy.

**System pomiarowy** jest podporządkowany **wspólnemu celowi i ogólnemu algorytmowi działania**, przeznaczony do automatycznego pozyskiwania informacji **bezpośrednio z obiektu**, w celu **przekształcenia, pomiaru, przetworzenia i przedstawienia** w formie dostosowanej do wykorzystania przez **człowieka** oraz dla wprowadzenia do zautomatyzowanego **urządzenia** sterującego

# Czujnik

**Czujnik** (sensor) – element przyrządu pomiarowego lub łańcucha pomiarowego, na który oddziałuje bezpośrednio wielkość mierzona, początkowy przetwornik pomiarowy w łańcuchu pomiarowym.

Zadaniem czujnika jest zamiana wielkości wejściowej nieelektrycznej na wielkość wyjściową elektryczną, według jednoznacznej, powtarzalnej i znanej zależności funkcyjnej, najlepiej liniowej:



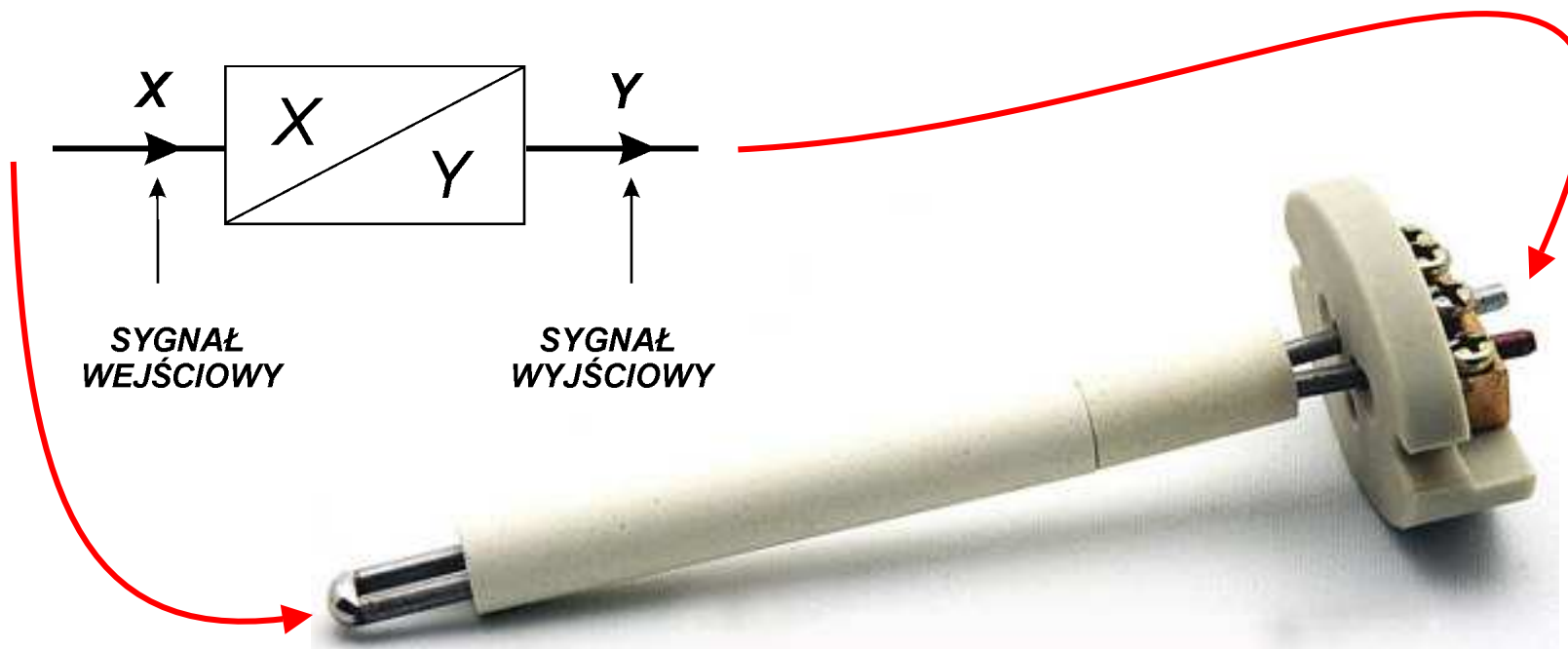
Pojęcia **czujnik** nie należy mylić z **detektorem** i **wskaznikiem**



## Czujnik - przykład

**Czujnik temperatury (termopara)** – zamienia wielkość wejściową (temperaturę) na wielkość wyjściową elektryczną (napięcie), według jednoznacznej, powtarzalnej i znanej zależności funkcyjnej:

$$U_{wyj} = f(T_{wej})$$



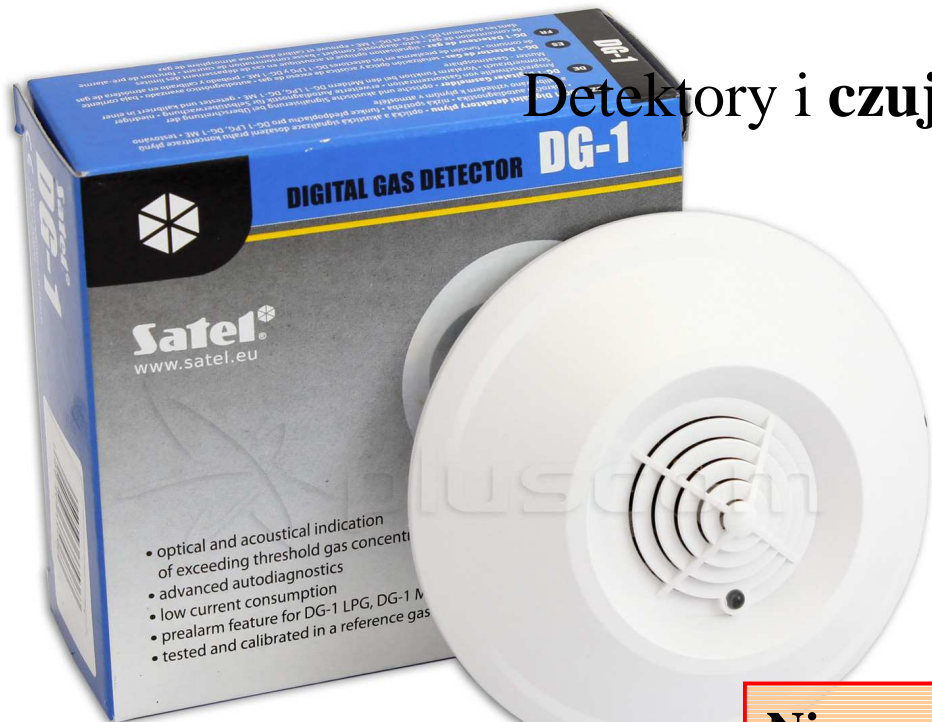
## Detektory i wskaźniki

**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, używane jest również zamiennie 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**



## Wskaźniki - przykłady



**Wskaźniki**  
stosowane w  
pojazdach  
samochodowych



## Tor pomiarowy

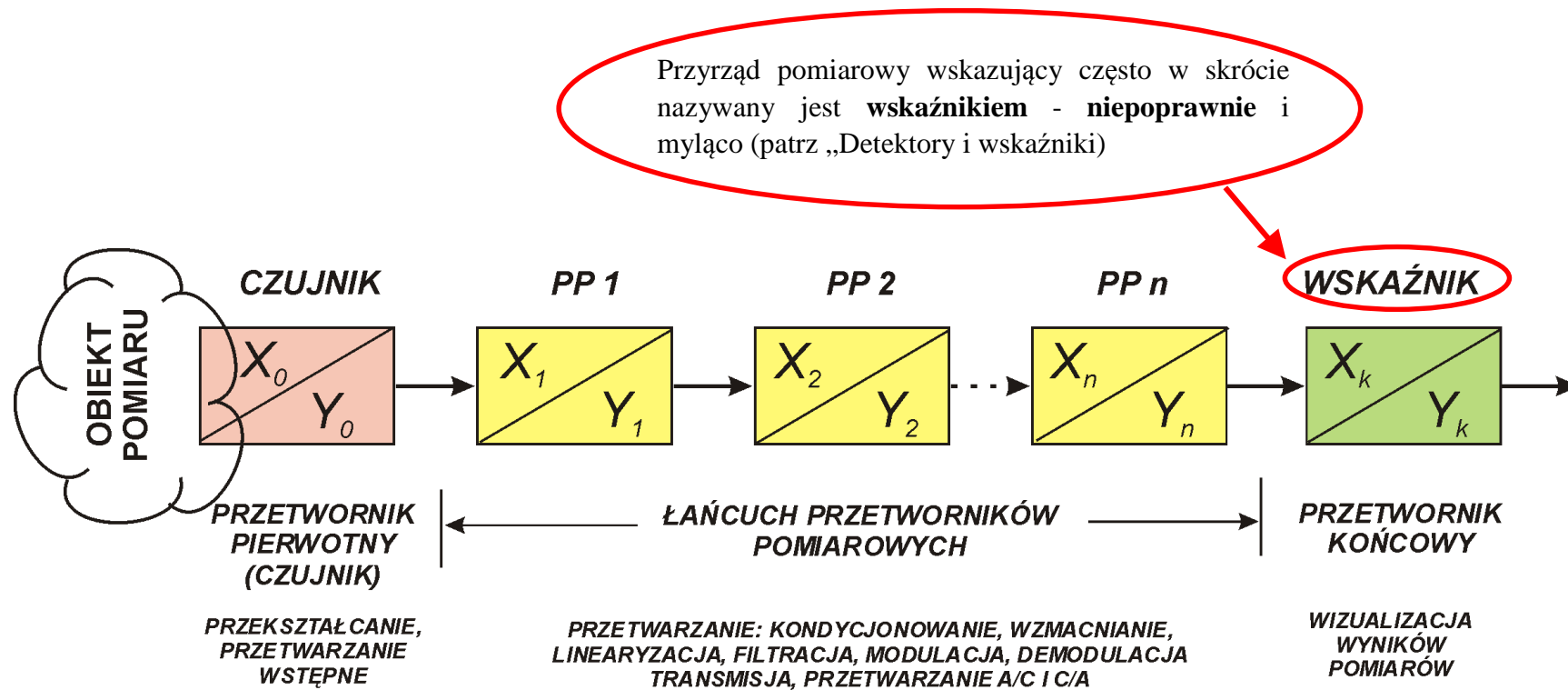
**Tor pomiarowy** (łańcuch pomiarowy) – ciąg elementów przyrządu pomiarowego lub układu pomiarowego, tworzący drogę sygnału pomiarowego od wejścia do wyjścia.

Początkowym elementem toru pomiarowego jest **czujnik** (sensor), a ostatnim elementem jest

**przyrząd pomiarowy wskazujący.**

Tor pomiarowy jest tą **częścią systemu pomiarowego**, przez którą przechodzi sygnał pomiarowy, od jego wejścia do wyjścia.

# Struktura łańcuchowa toru pomiarowego



Wszystkie elementy łańcucha pomiarowego spełniają funkcje metrologiczne, występują w nim tylko narzędzia pomiarowe.

System pomiarowy może również zawierać dodatkowe elementy, nie wchodzące w skład łańcucha pomiarowego (np. komputer).

## Podsumowanie

1. Człowiek poznaje otaczającą go rzeczywistość pozyskując informacje **jakościowe i ilościowe**.
2. **Obiekt pomiaru** jest zbiorem cech rozróżnialnych jakościowo.
3. **Pomiar** dostarcza informacji ilościowej o obiekcie.
4. **Wynikiem pomiaru** jest liczba i jednostka miary.
5. Do wykonania pomiaru niezbędne jest użycie **systemu pomiarowego**.
6. Częścią systemu jest **tor pomiarowy**.
7. Tor pomiarowy ma strukturę **łańcucha przetworników pomiarowych**.
8. Początkowym elementem toru pomiarowego jest **czujnik** (sensor).
9. Ostatnim elementem toru pomiarowego jest przyrząd pomiarowy **wskazujący**.



