

Komputerowe systemy pomiarowe

Dr Zbigniew Koziol - wykład
Mgr Mariusz Woźny – laboratorium

Wykład II

**Wielkości mierzalne.
Przetworniki i czujniki pomiarowe**

Wielkości mierzalne.

Systemy miar.

Przykłady wielkości mierzalnych

Nazwa wielkości	Symbol literowy wielkości
długość	l
masa	m
czas	t
Natężenie prądu elektrycznego	i
rezystancja	R
pojemność elektryczna	C
natężenie pola elektrycznego	E
natężenie pola magnetycznego	H
indukcja magnetyczna	B
indukcyjność własna	L
współczynnik mocy	$\cos\phi$
sprawność	η
jednostka informacji	bit

System metryczny (MKS)

The International System of Units (abbreviated SI
from French: Le Système international d'unités)

CGS (centymetr, gram, sekunda)

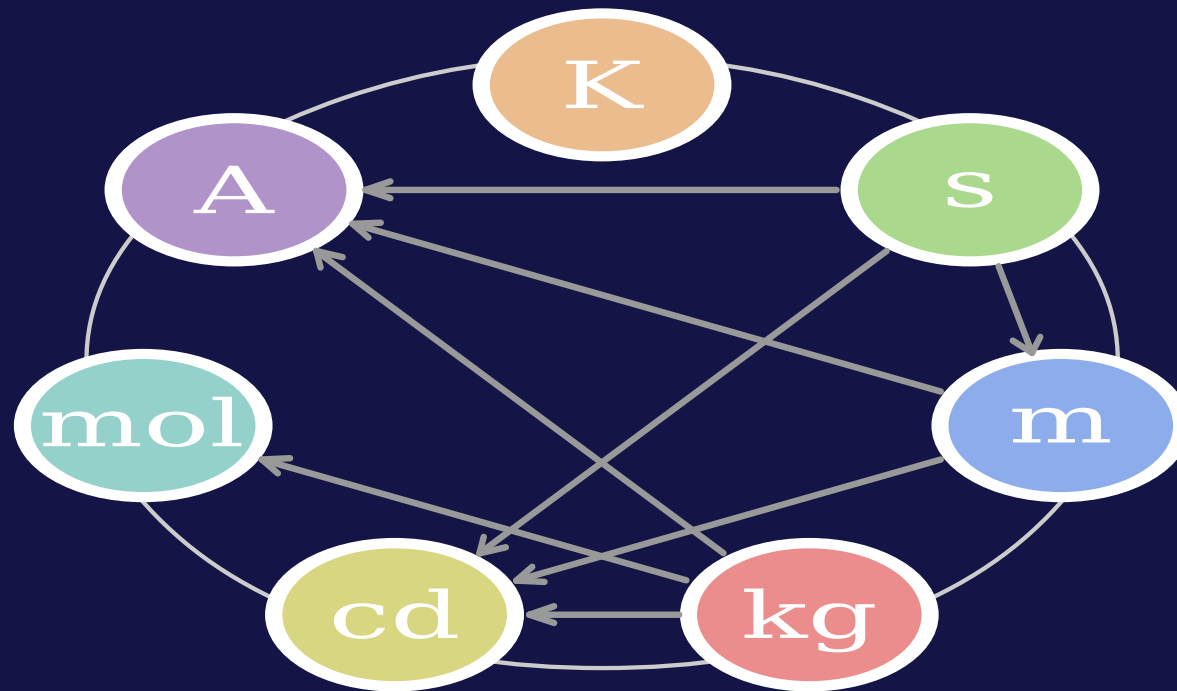
Standardyzacja.

System anglosaski.

Fizycy zwykle wolą używać (nielegalnie) systemu CGS

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar w skrócie „Układ SI” został przyjęty na XI Generalnej Konferencji Miar w 1960 roku. Jest to układ jednostek miar oparty na siedmiu jednostkach Podstawowych.

W Polsce obowiązuje od 23 czerwca 1966 roku na mocy „Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie legalnych jednostek miar”, ogłoszonego w Dzienniku Ustaw PRL Nr 25/66.



Siedem podstawowych jednostek systemu SI oraz zależności między nimi. Kelvin (temperatura), sekunda (czas), metr (długość), kilogram (masa), kandela (intensywność światła, mol ilość substancji), Amper (prąd elektryczny).

Sekunda, Kelvin oraz kilogram są definiowane niezależnie od innych jednostek.

metre	m	length	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1793): $\frac{1}{10\,000\,000}$ of the meridian through Paris between the North Pole and the Equator.^{FG} • Interim (1960): 1 650 763.73 wavelengths in a vacuum of the radiation corresponding to the transition between the $2p^{10}$ and $5d^5$ quantum levels of the krypton-86 atom. • Current (1983): The distance travelled by light in vacuum in $\frac{1}{299\,792\,458}$ second.
kilogram ^[n 2]	kg	mass	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1793): The grave was defined as being the weight [mass] of one cubic decimetre of pure water at its freezing point.^{FG} • Current (1889): The mass of the International Prototype Kilogram.
second	s	time	<ul style="list-style-type: none"> • Original (Medieval): $\frac{1}{86\,400}$ of a day. • Interim (1956): $\frac{1}{31\,556\,925.9747}$ of the tropical year for 1900 January 0 at 12 hours ephemeris time. • Current (1967): The duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom.
ampere	A	electric current	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1881): A tenth of the electromagnetic CGS unit of current. The [CGS] emu unit of current is that current, flowing in an arc 1 cm long of a circle 1 cm in radius creates a field of one oersted at the centre.^{[40] IEC} • Current (1946): The constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 m apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newtons per metre of length.

kelvin	K	thermodynamic temperature	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1743): The centigrade scale is obtained by assigning 0 °C to the freezing point of water and 100 °C to the boiling point of water. • Interim (1954): The triple point of water (0.01 °C) defined to be exactly 273.16 K.^[n 3] • Current (1967): $\frac{1}{273.16}$ of the thermodynamic temperature of the triple point of water
mole	mol	amount of substance	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1900): The molecular weight of a substance in mass grams.^{ICAW} • Current (1967): The amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12.^[n 4]
candela	cd	luminous intensity	<ul style="list-style-type: none"> • Original (1946): The value of the new candle is such that the brightness of the full radiator at the temperature of solidification of platinum is 60 new candles per square centimetre. • Current (1979): The luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz and that has a radiant intensity in that direction of $\frac{1}{683}$ watt per steradian.

A gdzie Volt?

One volt is defined as the difference in electric potential between two points of a conducting wire when an electric current of one ampere dissipates one watt of power between those points.[2] It is also equal to the potential difference between two parallel, infinite planes spaced 1 meter apart that create an electric field of 1 newton per coulomb. Additionally, it is the potential difference between two points that will impart one joule of energy per coulomb of charge that passes through it.

A gdzie szybkość światła?

The speed of light in vacuum, c , is a universal physical constant.

Its value is exactly 299,792,458 metres per second.



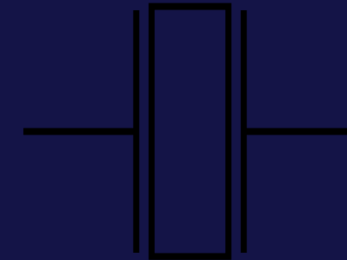
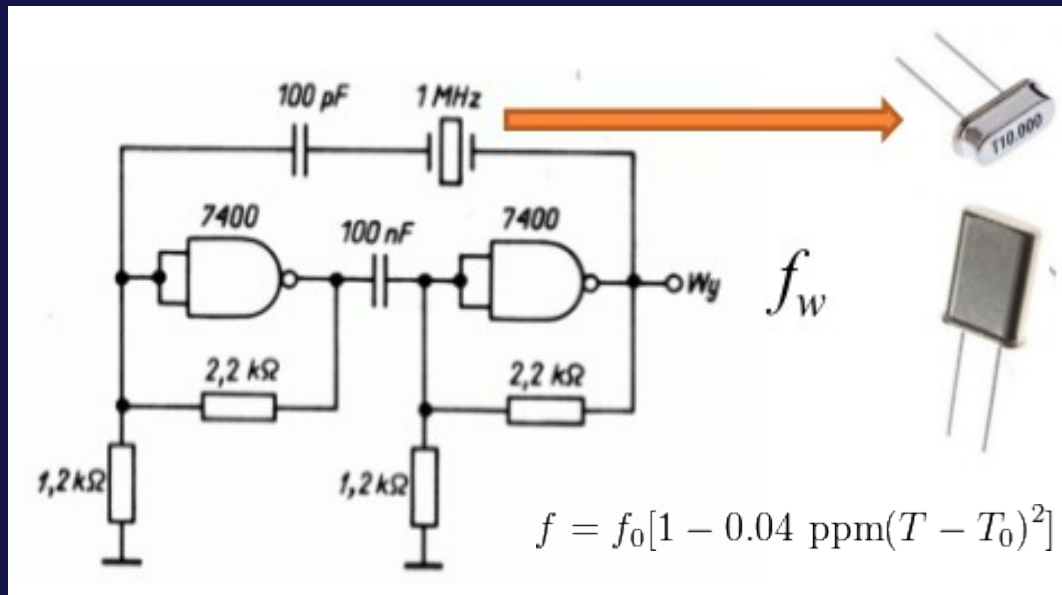
KILOGRAM

jest masą międzynarodowego wzorca tej jednostki przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sevres pod Paryżem.

kg to nie to samo co kG !!!
zaś MB to nie to samo co Mb !!!

**Wszystkie jednostki są współmierne z naszymi
rozmiarami I naszym odczuwaniem
rzeczywistości.**

Praktycznie: Generator kwarcowy jako wzorzec częstotliwości i czasu



Można używać również do pomiaru temperatury!

Generator przebiegów prostokątnych stabilizowany kwarem może być oparty na bramkach NAND. Napięcie wyjściowe jest prostokątne i ma poziom odpowiadający układom TTL. temperatura pracy np. $-10^{\circ}\text{C}/+70^{\circ}\text{C}$, tolerancja np. $\pm 30\text{ppm}$, częstotliwość np. 1 MHz lub 10 MHz

Jak mierzyć czas lub częstotliwość mając do dyspozycji generator kwarcowy, bramki NAND i komparator?

Standard prefixes for the SI units of measure

Multiples	Name		deca-	hecto-	kilo-	mega-	giga-	tera-	peta-	exa-	zetta-	yotta-
	Prefix		da	h	k	M	G	T	P	E	Z	Y
	Factor	10^0	10^1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	10^{24}
Fractions	Name		deci-	centi-	milli-	micro-	nano-	pico-	femto-	atto-	zepto-	yocto-
	Prefix		d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y
	Factor	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}

Przetworniki i czujniki pomiarowe

Czujniki służą do przetwarzania interesującej nas wielkości fizycznej na wielkość elektryczną łatwą do pomiaru

Najczęściej spotykane są czujniki wielkości mechanicznych (ciśnienia, naprężenia, odkształcenia, prędkości, przepływu, położenia, przyspieszenia)

- czujniki temperatury
- czujniki pola magnetycznego, elektrycznego
- czujniki optyczne (i innych fal elektromagnetycznych)
- czujniki akustyczne i ultradźwiękowe
- czujniki elektrochemiczne

Wielkości mechaniczne

Pomiary wielkości takich jak położenia, odkształcenie, ciśnienia, siły, naprężenia, a nawet przyspieszenie są ściśle ze sobą związane.

Pomiar jednej z tych wielkości umożliwia wyznaczenie innej poprzez analizę właściwości odpowiedniego układu mechanicznego.

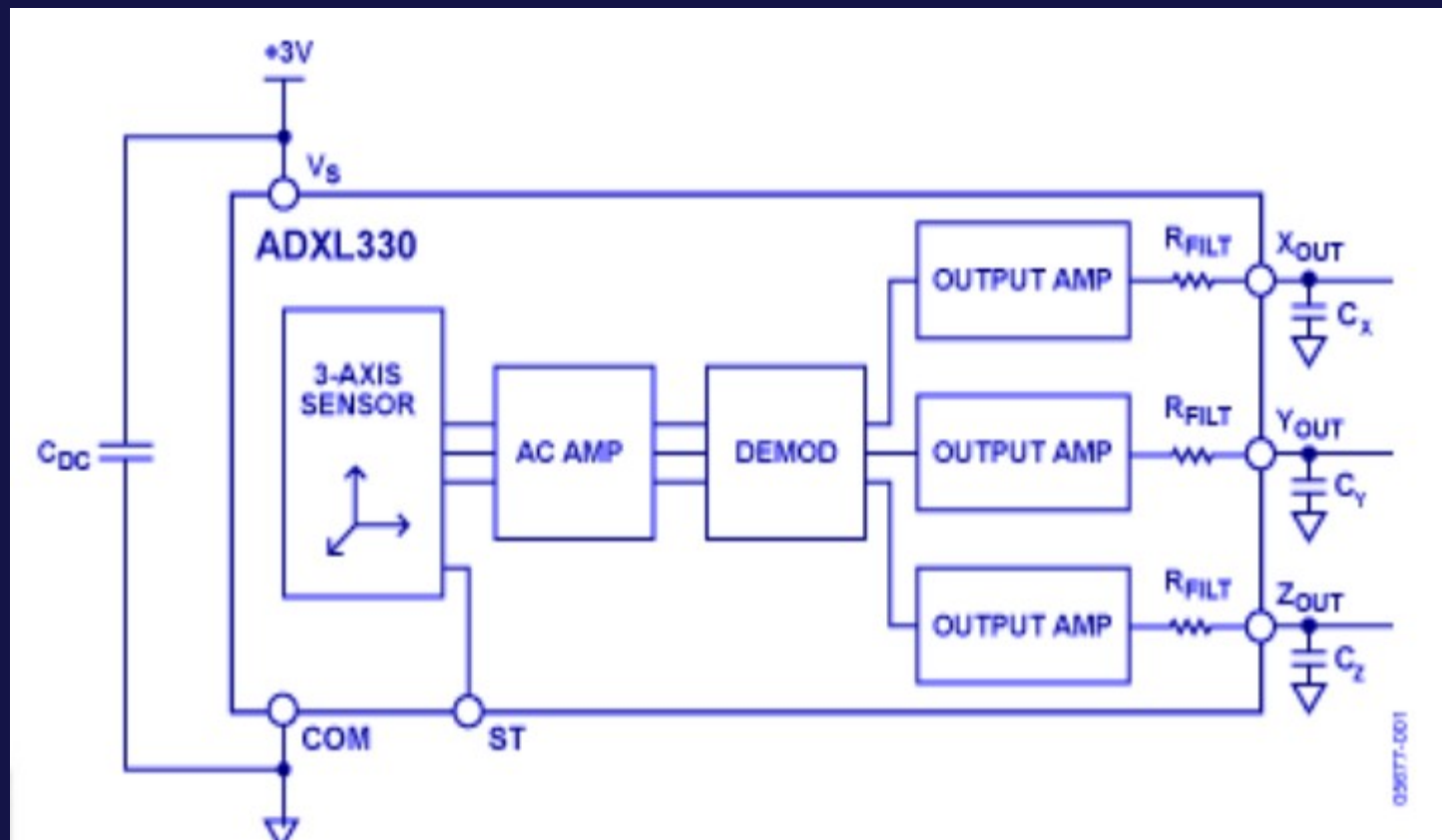
Czujniki podstawowych wielkości mechanicznych

Stosowane techniki pomiarowe:

- tensometrię opartą na zmianie oporu elektrycznego materiałów po odkształceniu
- potencjometry oporowe sprzężone z czujnikiem położenia
- czujniki indukcyjne i pojemnościowe o bardzo zróżnicowanej konstrukcji
- fotoelektryczne (w tym laserowe) czujniki położenia
- czujniki naprężenia działające w oparciu o efekt piezoelektryczny
- czujniki Halla czułe na pole magnetyczne

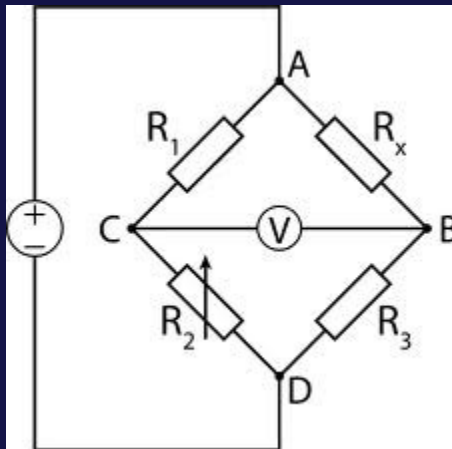
Akcelerometry i żyroskopy zintegrowane

To bardzo nowoczesne elementy wykorzystujące zmiany parametrów struktur półprzewodnikowych pod wpływem naprężeń.



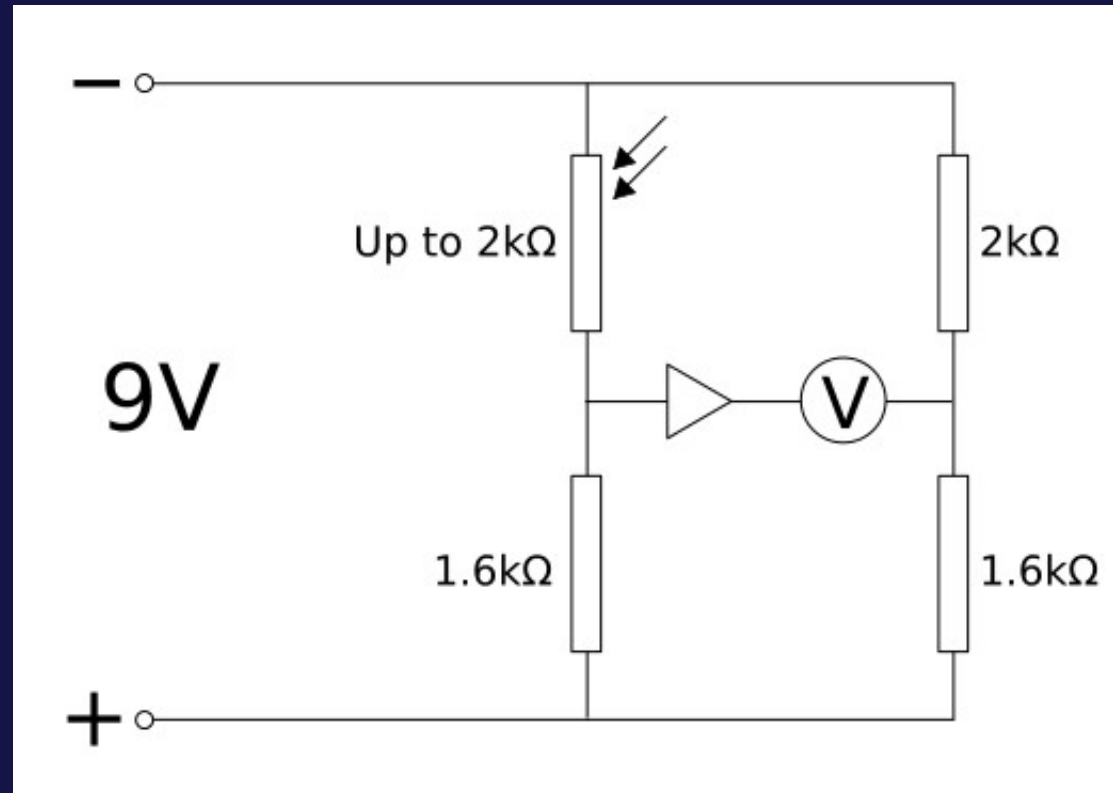
Mostek Wheatstone'a

Tensometry pracują zwykle w dosyć złożonych (często mostkowych) układach pomiarowych tłumiących niepożądane zakłócenia i kompensujących wpływ warunków pracy i zasilania na sygnał wyjściowy.

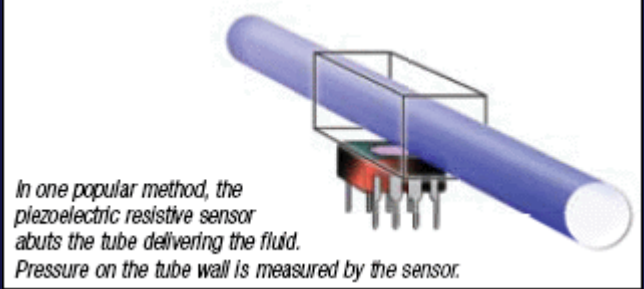


Zamiast oporników, można stosować np. indukcyjności albo kondensatory, albo też ich kombinacje.

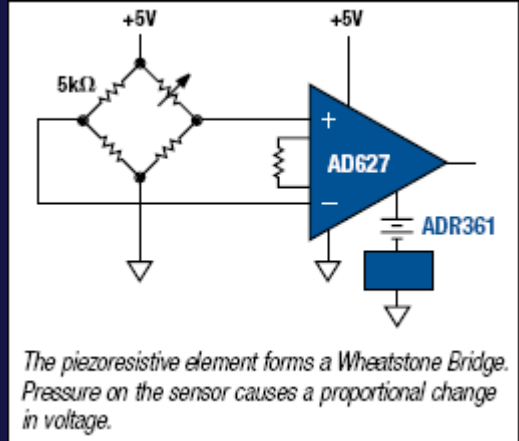
Zmiana parametrów elektrycznych np. pod wpływem temperatury jest automatycznie kompensowana.



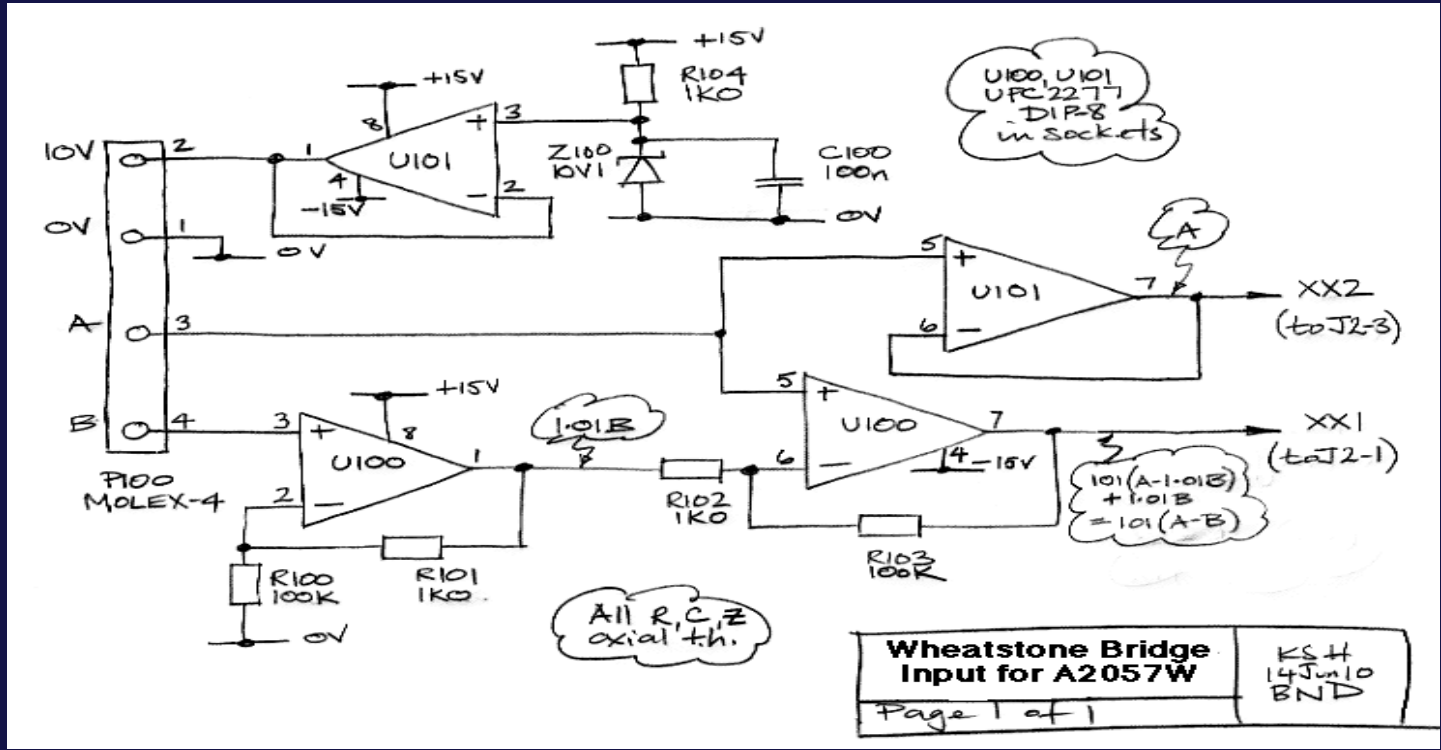
Fotorezystor w mostku Wheatsnone'a jako czujnik natężenia światła



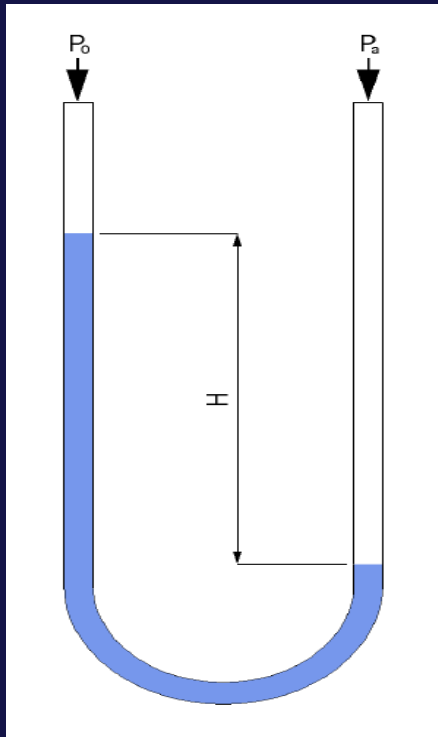
In one popular method, the piezoelectric resistive sensor abuts the tube delivering the fluid. Pressure on the tube wall is measured by the sensor.



The piezoresistive element forms a Wheatstone Bridge. Pressure on the sensor causes a proportional change in voltage.



Ciśnienie



Tensometry

Czujniki tensometryczne są niezwykle popularne w technice. Działają na zasadzie pomiaru zmian oporu cienkiego drucika (zwykle platynowego), cienkiej warstwy metalicznej, warstwy epitaksjalnej półprzewodnika, itp, pod wpływem przyłożonego naprężenia.

Ciśnienie – metody elektryczne

- piezopór
- efekt piezoelektryczny (np. kwarc)
- zmienna pojemność kondensatora
- mechaniczne odkształcenie włókna światłowodu
- rezonans elektromagnetyczny w komorze (zmiana rozmiarów lub gęstości gazu)
- mikrofony ...

Cyfrowy czujnik ciśnienia

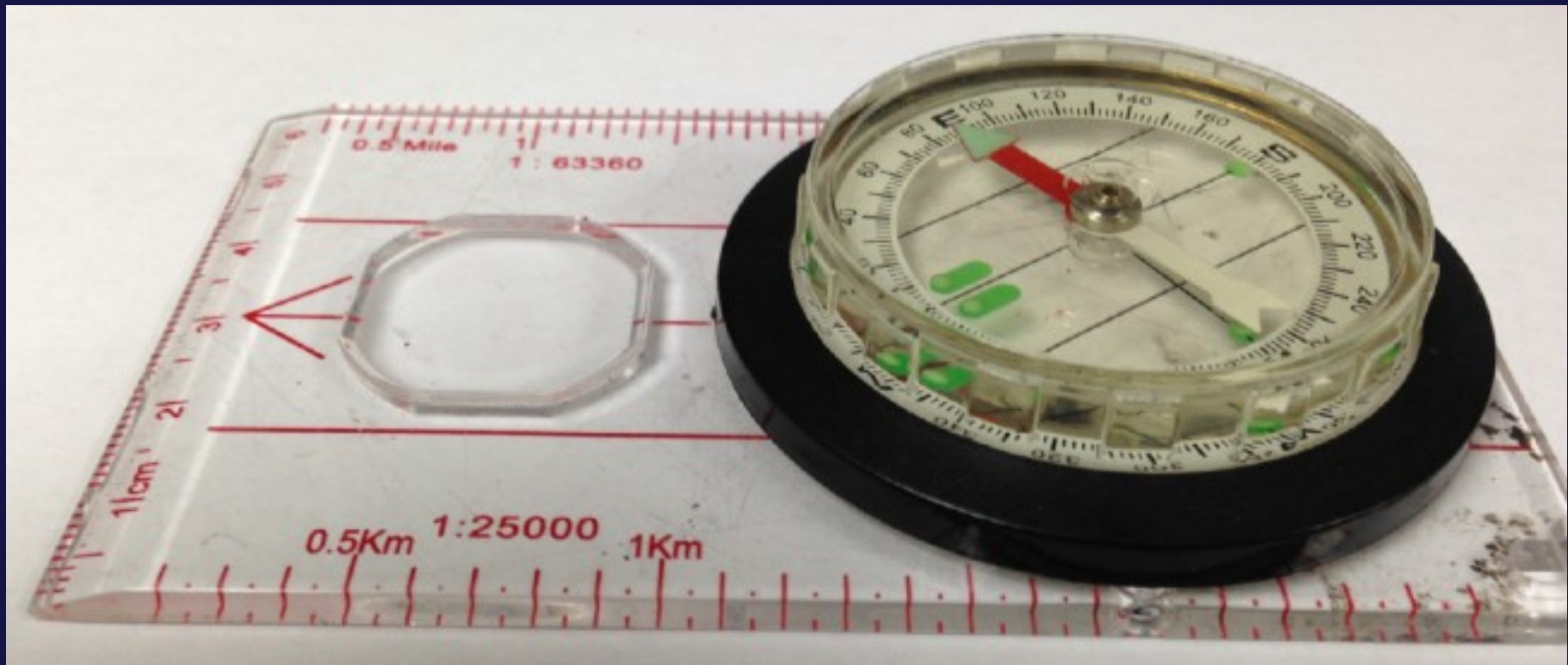


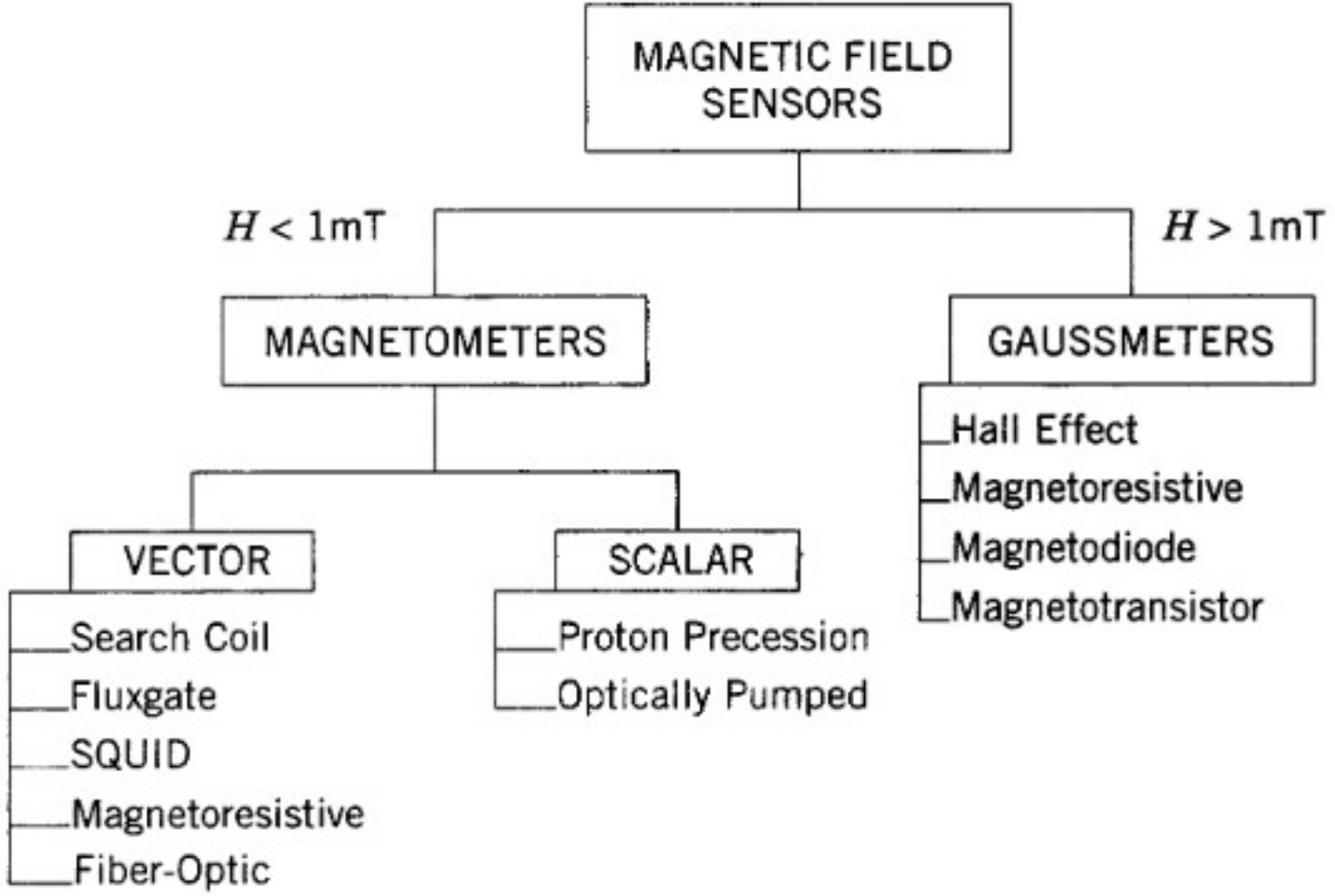
Pole magnetyczne:

Jednostka indukcji magnetycznej: Tesla (SI), Gauss (CGS)

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gs}$$

Pole Ziemi: około 0.3 Gs. Maksymalne pola sztucznie otrzymywane: około 100 T; 14 T w laboratorium w sali 16 (B3)



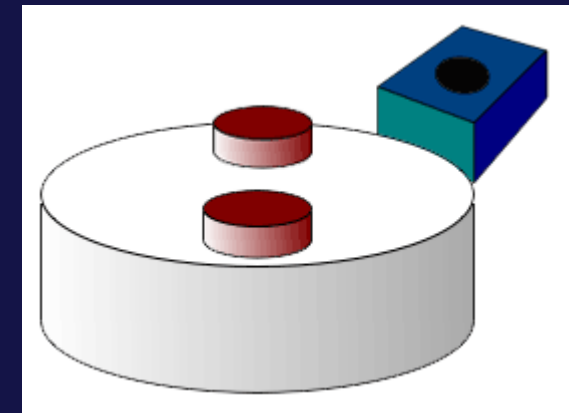
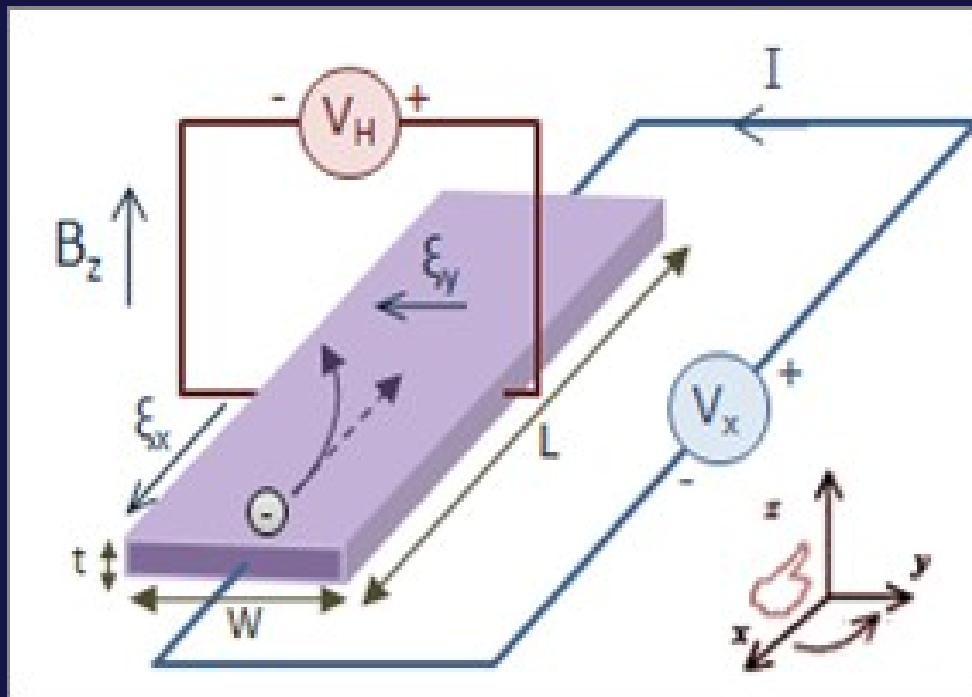


Magnetic field sensors are divided into two categories based on their field strengths and measurement range: magnetometers measure low fields and gaussmeters measure high fields.



Pole magnetyczne

Czujniki Halla



Pod wpływem pola magnetycznego pojawia się napięcie w kierunku prostopadłym do kierunku pola i kierunku prądu.

Najczęściej wykorzystuje się silnie domieszkowane półprzewodniki

Czujniki Halla są wszechstronnie wykorzystywane do pomiarów:

- indukcji pola magnetycznego
- dużych prądów
- położenia, na przykład w różnego rodzaju przełącznikach czy zapłonach samochodowych
- położenia względem ziemskiego pola magnetycznego

Pole magnetyczne

SQUID (Superconductive Quantum Interference Device)

Mierzy strumień magnetyczny (pole magnetyczne X powierzchnia)

Mierzy kwantowo ($2 \times 10^{-7} \text{ Gs} \cdot \text{cm}^2$)

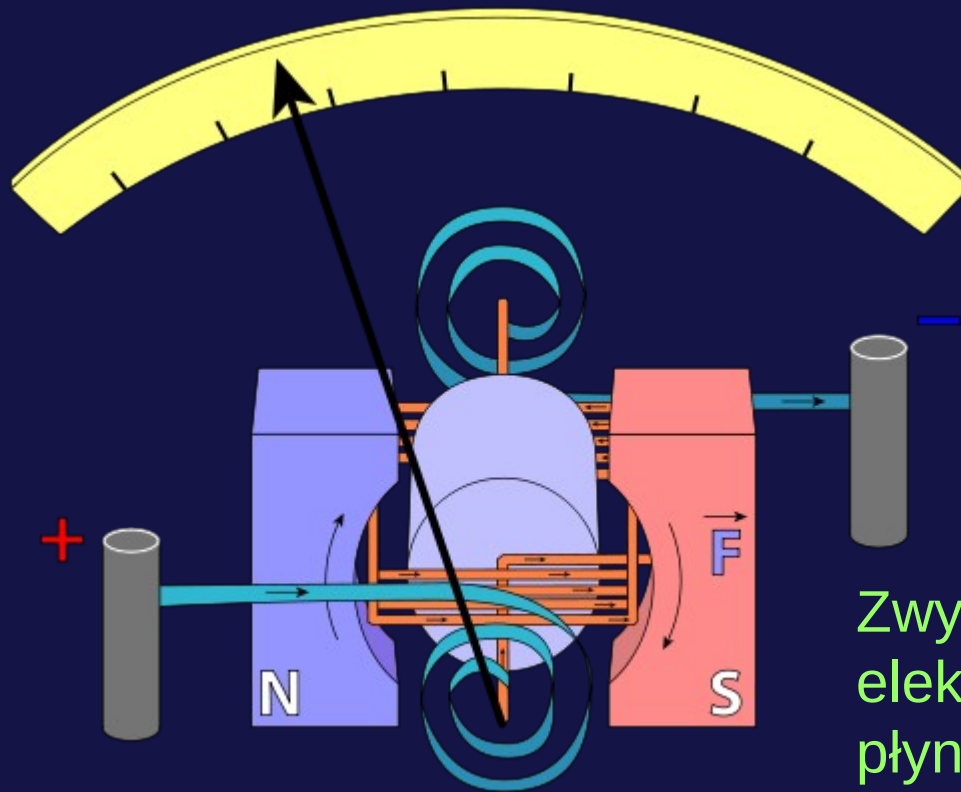
Może wykryć nawet pole magnetyczne od prądów neuronowych w mózgu

Praktycznie, choć niezwykle czuły, niewygodny w użyciu.

Pole magnetyczne

Magnetorezystory – oparte o materiały, gdzie opór elektryczny silnie zmienia się w funkcji pola magnetycznego. W oparciu o nie działają czujniki w komputerowych dyskach twardych. Nagroda Nobla 2007, Albert Fert and Peter Grünberg

Natężenie prądu (Amper).



Zwykle mierzymy jednak napięcie elektryczne na oporniku, przez który płynie prąd (prawo Ohma)

Temperatura

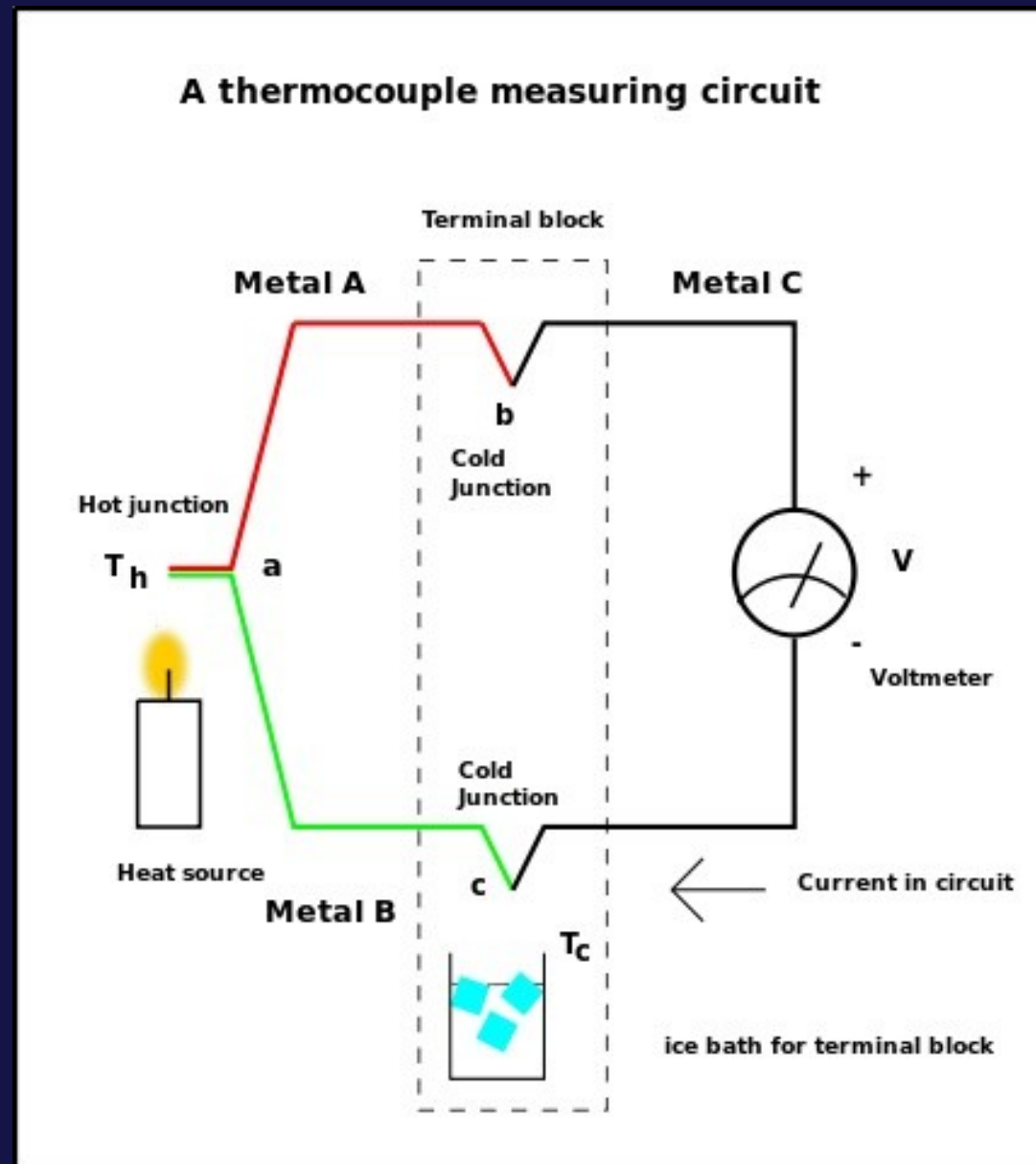
jest jedną z częściej mierzonych i analizowanych wielkości.

- ma ona bezpośredni wpływ na wiele procesów,
- wiele wielkości bada się pośrednio poprzez temperaturę
- na przykład
 - ... egzo i endotermiczne reakcje chemiczne (czujniki gazów palnych)
 - ... moc promieniowania elektromagnetycznego

Temperatura – termopara

Inne sposoby pomiaru:

- termometry gazowe
- termometr rtęciowy
- termistory,
- rozkład widma promieniowania
- dioda lub tranzystor (złącze p-n)
- rezonator kwarcowy



Temperatura – rezystor RuO2

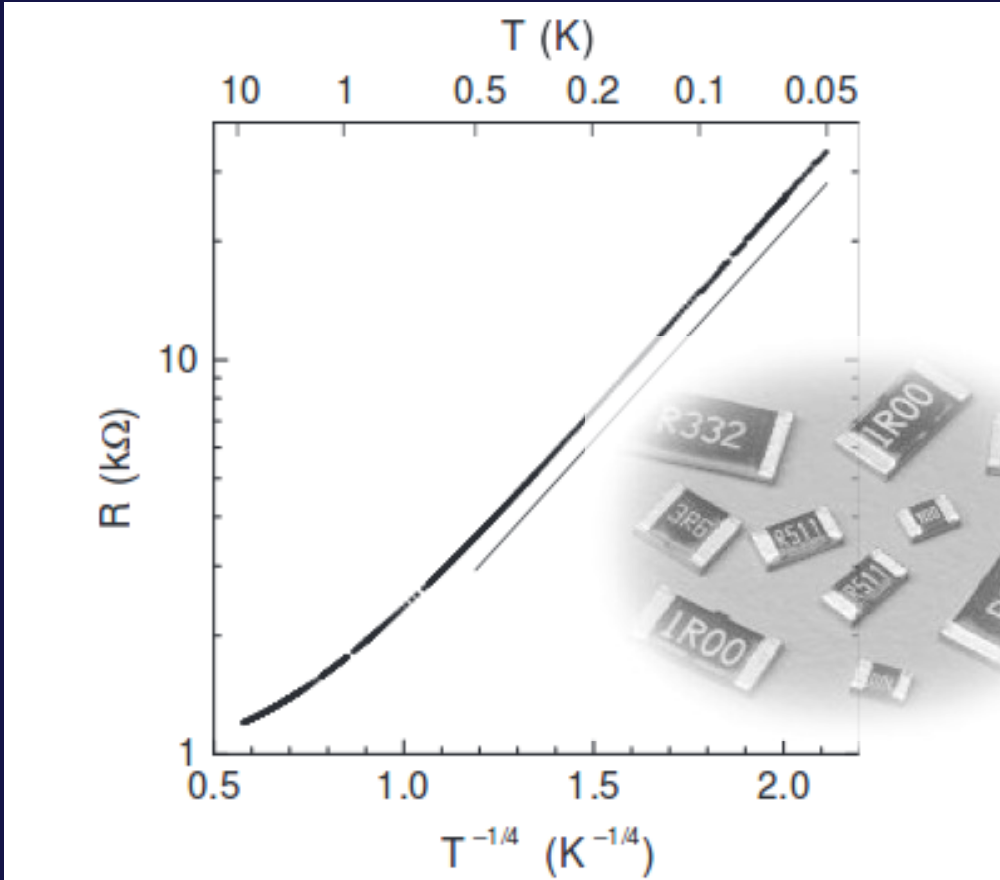


FIG. 5. Resistance in zero magnetic field as a function of $T^{-1/4}$ for Resistor B. The line represents the best fit using the data between 0.05 K and 0.5 K. The fit is shifted downward for easier comparison.

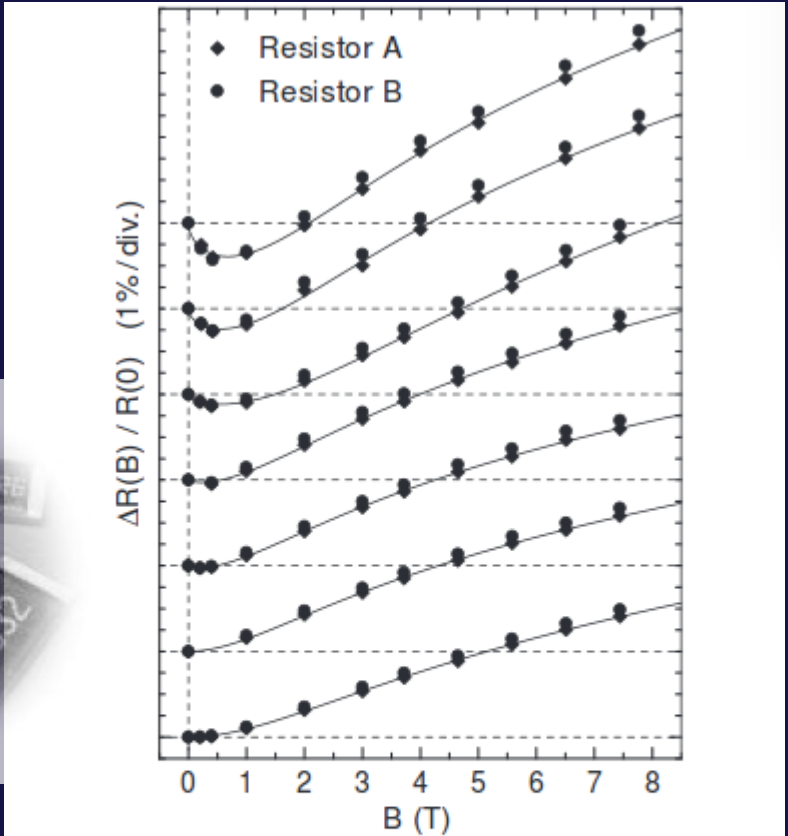


FIG. 1. Relative change of resistance as a function of magnetic field for the two RuO₂-based resistors at constant temperatures. The temperatures from top to bottom in units of K are 0.05, 0.06, 0.09, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, respectively. The origin of each data set is offset for clarity. The solid curves represent the fits of $\Delta R(B)/R(0) = A_1 B^{1/2} [1 + (B/B_1^*)^{-3/2}]^{-1} - A_2 B^{1/2}$ for Resistor A.



Temperatura - Rozkład promieniowania ciała doskonale czarnego dla różnych temperatur

Więcej w jednym z następnych wykładów

