

# ,T É M A: VEDENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU V POLOVODIČÍCH

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

## ANOTACE:

V této laboratorní práci si žáci zopakují vlastnosti čistých polovodičů a jejich využití v technické praxi. Naučí se zapojit termistor k měřidlu na měření elektrického odporu a budou měřit elektrický odpor dvou termistorů v závislosti na teplotě. Z naměřených hodnot vytvoří grafy závislosti elektrického odporu na teplotě a pomocí termistorů budou měřit teplotu různých těles.

## TEORIE:

*Podle měrného elektrického odporu lze látky rozdělit na:*

1. kovy  $\rho$  :  $\rho (10^{-8}; 10^{-6}) \Omega \cdot m$ , nejlepším vodičem je stříbro:  $\rho_{Ag} = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$
2. polovodiče - :  $\rho (10^{-6}; 10^8) \Omega \cdot m$
3. izolanty - :  $\rho (10^{-8}; \infty) \Omega \cdot m$

Nejlepším izolantem je diamant:  $\rho_{diamant} = 3 \cdot 10^{16} \Omega \cdot m$

Při srovnání měrného odporu nejlepšího vodiče (stříbra) a nejlepšího izolantu (diamant) zjistíme, že se liší o 24 řádů!!!

Neexistuje ve fyzice jiná charakteristika látek, která by měla tak široký interval.

A přitom dělení podle měrného odporu je nejlepší, jak rozdělit látky na vodiče, polovodiče a izolanty.

*Druhým kritériem, pomocí něhož lze definovat polovodič a je teplotní závislost na elektrickém odporu:*

1. kovy - s rostoucí teplotou roste měrný odpor (a tedy i odpor)
2. polovodiče - s rostoucí teplotou většinou měrný odpor (a tedy i odpor) klesá

Mezi polovodiče patří řada pevných látek - křemík, germanium, selen, telur, uhlík (grafit), sulfid olovnatý, sulfid kademnatý, arsenid galia, ...

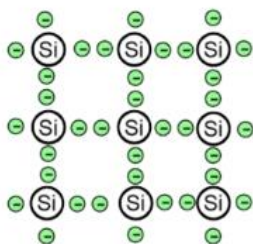
## Polovodiče

Čisté polovodiče- jsou čisté prvky, které obsahují minimální množství nečistost (tzn.atomy jiného prvku) a za pokojové teploty se chovají skoro jako elektrické izolanty v jejich stavbě je velmi málo volných elektronů.

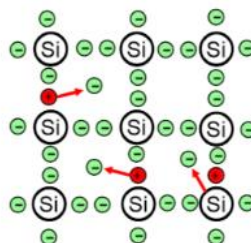
Vlastní vodivost je způsobena pouze samotným prvkem, který tvoří polovodič.

Při zahřívání nebo osvětlení dojde k uvolnění některých elektronů z vazeb mezi atomy a vzniknou volné nosiče s elektrickým nábojem volný elektron a díra. Připojíme – li čistý polovodič ke zdroji napětí tak jím začne protékat velmi malý elektrický proud. Vlastní vodivosti se využívá u polovodičových součástek – termistorů k měření teploty.

Obrázek 1 Struktura čistého polovodiče – křemík při nízké teplotě



Obrázek 2 Struktura čistého polovodiče – křemík při vyšší teplotě



Elektrické vlastnosti polovodičů vysvětlíme na základě vlastností jejich krystalové mřížky. Například křemík je čtyřmocný (má 4 valenční elektrony) a jeho atomy jsou uspořádány v krystalové mřížce. Při nízkých teplotách jsou valenční elektrony silně poutány v mřížce, křemík proud nevede.(obr.1) Při zahřátí se ionty v krystalové mřížce rozkmitají a dochází k uvolňování valenčních elektronů. Opustí-li elektron své místo v mřížce (na obr. šipky), objeví se místo, kde chybí záporný náboj. Toto prázdné místo se nazývá "díra" a chybějící záporný náboj se navenek projeví jako náboj kladný (na obr.2 vyznačen červeně). Do "díry" může přeskočit jiný elektron z krystalové mřížky a doplnit chybějící záporný

náboj. Dojde k rekombinaci. Kladná "díra" se však objeví na místě, odkud elektron přeskočil, vypadá to tedy, jako by se "díry" stěhovaly v krystalové mřížce z místa na místo.

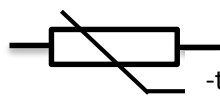
**TERMISTOR** je elektrotechnická součástka, jejíž elektrický odpor je závislý na teplotě.

### ROZLIŠUJEME DVA DRUHY TERMISTORŮ –

#### **NTC (se záporným teplotním součinitelem odporu)**

S rostoucí teplotou jeho odpor klesá, neboť roste vodivost a tedy i proud. Užívá se k měření teploty (při můstkovém zapojení je možno měřit až s přesností  $10^{-4} \text{ K}$ ), k určování velikosti rychlosti proudění tekutin (tekutina proudí, ochlazuje ho a je tedy možné určit velikost rychlosti proudění), převodník teplota - napětí (při měření teploty na počítačích), v obrazovkách (zabraňuje žhavicímu vlákně se přehřát při zapnutí počátečním velkým proudem - je zapojen s vláknem v sérii, čímž část tepla vzniklého průchodem proudem „absorbuje“)

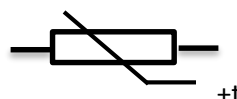
Obrázek 3 Schématická značka termistoru NTC



#### **PTC (pozistor; s kladným teplotním součinitelem odporu)**

S rostoucí teplotou roste odpor, přičemž roste mnohem rychleji než u kovů. Užívá se v elektrických troubách a vařičích ke stabilizaci napětí (v troubách se požaduje konstantní teplota - při náhodném zvýšení napětí vzroste proud, pozistor se zahřeje a zvětší se jeho odpor, následkem čehož se přerozdělí napětí a zmenší se výchylky proudu a napětí na spirále; analogicky funguje při poklesu napětí), zabraňuje spálení motorů, indikuje vzrůst nebo pokles teploty, využívá se v termostatech („hrubé“ rozdíly zpracuje pozistor, zbytek doladí termistor)

Obrázek 4 Schématická značka termistoru PTC

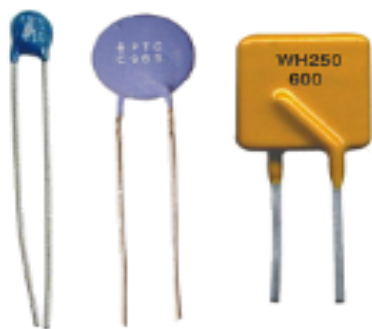


**Termistory se vyrábějí** z oxidu různých kovů (Mn, Co, Ni, Cu, Ti, U, aj.), jenž se rozeleme na prášek (vyrábí se tzv. práškovou metalurgií), přidají se další příměsi a pojidlo a poté se za vysokého tlaku slisuje na žádaný tvar a spéká při vysoké teplotě (přes 1000 °C). Výrobek se nechá zestárnout, aby se jeho vlastnosti stabilizovaly.

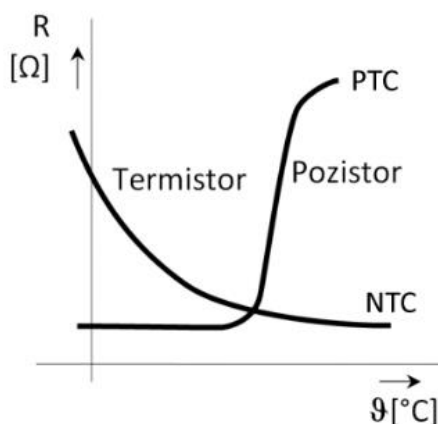
Lisuje se do tvaru tyčinek, perliček, korálků, kotoučků nebo podložek malých rozměrů (řádu 1 až 10 mm). U termistorů lze pracovat pouze s malými proudy (asi 50  $\mu\text{A}$ ), proto se musí použít velmi citlivých měřicích přístrojů.

Termistory mají velký vnitřní odpor, proto je odpor jejich přívodních vodičů zanedbatelný. Jejich velikost umožňuje téměř bodové měření teploty a spolu s vysokou citlivostí splňují tyto součástky základní nároky na miniaturizaci techniky. Jejich většímu rozšíření brání jejich časová nestabilita a za nevýhodu lze považovat značnou nelineární závislost jejich odporu na teplotě. Rozmezí teplotního použití termistorů bývá od  $-200 \text{ °C}$  do  $+300 \text{ °C}$ .

Obrázek 5 Ukázky průmyslově vyráběných termistorů



Obrázek 6 Grafy závislosti elektrického odporu na teplotě pro NTC a PTC termistory



## PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte nebo prostudujte si učivo: Elektrický proud v polovodičích s učebnice pro gymnázia Elektřina a magnetismus
2. Za použití odborné literatury nebo internetových zdrojů vypracujte následující úkoly.
  1. Jak dělíme látky podle jejich elektrických vlastností?
  2. Co je vlastní vodivost?
3. Vysvětli co je to termistor a jak se vyrábí.
4. Napište příklady, kde se termistory využívají.

## ÚKOL Č. 1

Zapojte do elektrického obvodu termistor NTC 12 k $\Omega$  a PTC 2 k $\Omega$  a změřte hodnoty elektrického odporu v závislosti na teplotě.

Naměřené hodnoty zapisujte do tabulky a vytvořte graf závislosti elektrického odporu na teplotě.

### POMŮCKY:

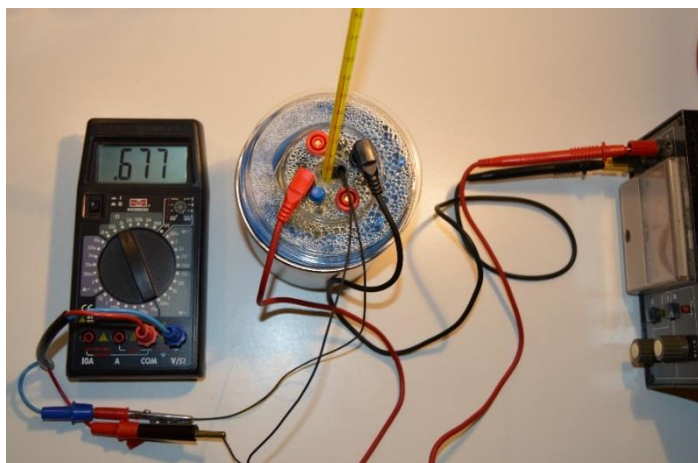
Termistory, vodiče, digitální multimetr, teploměr, stojan, elektrický kalorimetr, skleněná tyčinka na míchání

### POSTUP:

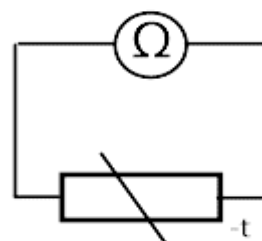
1. Do elektrického kalorimetru nalijeme vodu do, které ponoříme teploměr a termistory vložený do plastové bužírky která brání styku termistoru s vodou. Termistor je připojíme k multimetru, kterým měříme jeho elektrický odpor.( viz. schéma zapojení)
2. Kalorimetr připojíme ke zdroji napětí a zahříváme vodu v kalorimetru, kterou neustále mícháme a měříme její teplotu a elektrický odpor termistorů.
3. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky po změně teploty o 2°C v intervalu teplot od 20°C do 60°C a vytvoříme graf závislosti elektrického odporu termistoru na teplotě na přiložený milimetrový papír nebo na počítači.

Poznámka: Měření musí probíhat pomalu asi 50 minut, aby termistor mohl na změnu teploty reagovat.

Jestliže, nemáme k dispozici elektrický kalorimetr můžeme jako zdroj teplé vody použít varnou konvici a do kádinky nalijeme vodu o teplotě 60°C a vodu necháme pozvolna ochlazovat vzduchem v místnosti.



Obrázek 7 Fotodokumentace zapojení



Obrázek 8 Schéma zapojení měřidla

## VYPRACOVÁNÍ:

Termistor NTC - tabulka		Termistor NTC graf závislosti elektrického odporu na teplotě
teplota [°C]	el.odpor[Ω]	
20		
22		
24		
26		
28		
30		
32		
34		
36		
38		
40		
42		
44		
46		
48		
50		
52		
54		
56		
58		
60		

Termistor PTC - tabulka		Termistor PTC graf závislosti elektrického odporu na teplotě
teplota [°C]	el.odpor[Ω]	
20		
22		
24		
26		
28		
30		
32		
34		
36		
38		
40		
42		
44		
46		
48		
50		
52		
54		
56		
58		
60		

## ZÁVĚR:

### ÚKOL Č. 2

Změřte teplotu lidského těla pomocí cejchovaných termistorů a porovnejte je s naměřenou hodnotou naměřenou lékařským digitálním teploměrem.

#### POMŮCKY:

Termistory, vodiče, digitální multimetr, lékařský digitální nebo rtuťový teploměr, vytvořené grafy z úkolu č. 1

### ÚKOL Č.2 - POSTUP:

1. Ocejchovaný termistor uchopte do dlaně a stiskněte a držte ho po dobu asi 3min dokud se teplota ruky a termistoru nevyrovná.
2. Změřte elektrický odpor termistoru.
3. Naměřenou hodnotu elektrického odporu porovnejte s hodnotou el. odporu na grafu z úkolu č. 1 a nalezněte tomu odpovídající teplotu.
4. Znovu si teplotu změřte pomocí digitálního teploměru a porovnejte výsledky.

## VYPRACOVÁNÍ:

Elektrický odpor termistoru NTC při měření teploty dlaně jsme naměřili  $R = 1260 \Omega$

Elektrický odpor termistoru PTC při měření teploty dlaně jsme naměřili  $R = 2190 \Omega$

Teplota naměřená digitálním teploměrem  $36,5^{\circ}\text{C}$

## ZÁVĚR:

Naměřené hodnoty elektrického odporu při měření teploty lidského těla odpovídají podle grafů závislostí elektrického odporu na teplotě naměřené digitálním lékařským teploměrem. Měření teploty je přesné.

## SHRNUTÍ:

V úvodním textu najděte, jaký elektrický proud může protékat termistorem, jaký mají vnitřní odpor a v jakém teplotním rozsahu se dá s nimi měřit teplota.

## SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] Fyzika pro gymnázia Elektřina a magnetismus Oldřich Lepil, Přemysl Šedivý Prometheus ISBN 80-7196-202-3 Praha 2000 342s
- [02] Praktikum z fyziky Miroslav Voráček, Jaroslav Bejsta, Josef Lampa SPN Praha 1971 330s

## METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola Zlín
Autor	Mgr. Albert Vacek
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Elektrický proud v polovodičích
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – učitel
Cílová skupina	Žák, 18 – 19 let
Anotace	Pracovní list určen do výuky žákům podklad pro seminární cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury a internetu. Náplň: Elektrický proud v polovodičích