

---

# ELEKTŘINA

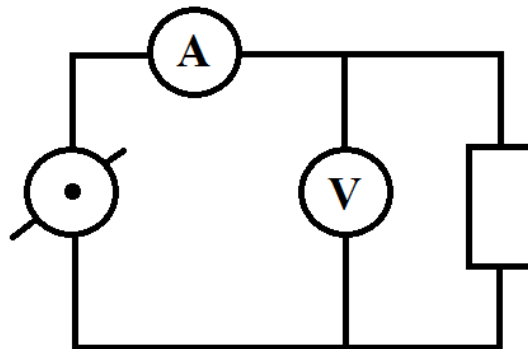
---

## STEJNOSMĚRNÝ PROUD – VOLTAMPÉROVÁ CHARAKTERISTIKA VÝSTUPNÍHO ZDROJE NAPĚTÍ

**Potřeby:** propojovací vodiče, zdroj napětí, spotřebiče (odporový prvek), ohmmetr, ampérmetr, voltmetr

**Postup měření:**

- Sestavte obvod dle uvedeného schématu



- Nastavte nejnižší hodnotu napětí na zdroji a do tabulky zaznamenejte měřenou hodnotu napětí a proudu v obvodu.
- Postupně zvyšujte hodnotu napětí na zdroji a opakujte měření napětí a proudu měřenou voltmetrem a ampérmetrem v obvodu.
- Opakujte měření pro pět různých zvyšujících se hodnot výstupního napětí zdroje
- Vytvořte graf závislosti proudu na napětí, vypočítejte hodnotu ohmického odporu.

Klíčové pojmy: elektrický proud, elektromotorické napětí, elektrický odpor, Ohmův zákon, voltampérová charakteristika

---

# STEJNOSMĚRNÝ PROUD – ZÁVISLOST VOLTAMPÉROVÉ CHARAKTERISTIKY TERMISTORU NA TEPLITĚ

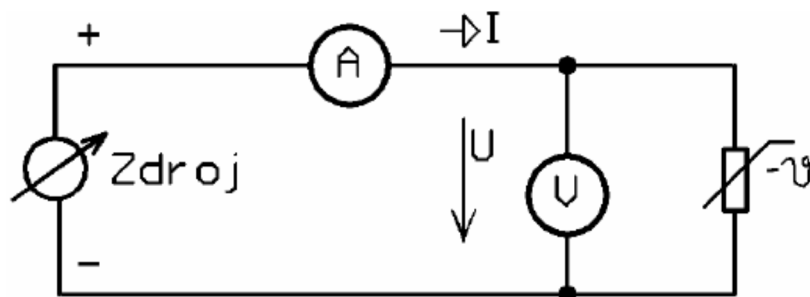
Termistor je polovodičová součástka, jejíž odpor s teplotou klesá. S rostoucí teplotou se v polovodiči uvolňuje stále více volných nosičů, proud roste a odpor termistoru se snižuje o několik řádů. Závislost hodnoty ohmického odporu  $R$  na teplotě  $T$  popisuje teplotní součinitel odporu  $\alpha$  ( $\Omega \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$$\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta T}$$

**Potřeby:** propojovací vodiče, zdroj napětí, spotřebiče (termistor), ohmmetr, ampérmetr

**Postup měření:**

- Sestavte obvod dle uvedeného schématu



- Nastavte nejnižší hodnotu napětí na zdroji a do tabulky zaznamenejte měřenou hodnotu napětí a proudu v obvodu.
- Postupně zvyšujte hodnotu napětí na zdroji a opakujte měření napětí a proudu měřenou voltmetrem a ampérmetrem v obvodu.
- Opakujte měření pro pět různých zvyšujících se hodnot výstupního napětí zdroje
- Vytvořte graf závislosti proudu na napětí, vypočítejte hodnotu ohmického odporu pro každé jednotlivé měření.
- Změřte pomocí ohmmetru odpor termistoru při pokojové teplotě.
- Pomocí teplého vzduchu ohřejte termistor a opět změřte jeho ohmický odpor.
- Vypočítejte teplotní součinitel odporu termistoru (počítejte s lineární závislostí odporu na teplotě v daném měřeném teplotním rozsahu)

Klíčové pojmy: vodič, polovodič, ampérmetr, voltmetr, napětí, proud, odpor, voltampérová charakteristika, teplotní součinitel odporu

---

# STŘÍDAVÉ NAPĚTÍ - MĚŘENÍ NAPĚTÍ A FREKVENCE ELEKTRICKÝCH SIGNÁLŮ OSCILOSKOPEM

**Potřeby:** osciloskop, konektory a propojovací vodiče, zdroj střídavého napětí

## **Postup měření:**

- Propojte osciloskop a zdroj střídavého napětí dle příslušného schématu
- Nastavte na zdroji náhodně hodnotu amplitudy napětí a hodnotu frekvence
- Na osciloskopu proveďte vhodnou volbu nastavení vertikálního a horizontálního zesílení signálu (pro optimální, resp. maximální vertikální velikost signálu na monitoru a 5-10 period hodnot period zobrazeného signálu) dle přiložené dokumentace
- Prvkem pro svislý posun stopy upravte polohu stopy zobrazeného signálu
- Zjistěte hodnotu vertikálního zesílení (vychylovacího činitele S) V/cm či V/dílek a tuto zaznamenejte
- Určete a zaznamenejte výšku stopy signálu v dílech souřadnicového rastru Y
- Určete hodnotu amplitudy napětí  $U_{\max}$  – násobením příslušné výšky stopy a hodnoty vertikálního zesílení  $U_{\max} = Y \cdot S$
- Určete hodnotu efektivního napětí  $U_{\text{ef}}$
- Prvkem pro vodorovný posun stopy upravte polohu stopy zobrazeného signálu
- Zjistěte hodnotu horizontálního zesílení (časové základny T) s/cm či s/dílek a tuto zaznamenejte
- Určete a zaznamenejte počet celých period signálu N a odpovídající počet dílů souřadnicového rastru X
- Určete hodnotu frekvence –  $f = \frac{N}{X \cdot T}$
- Opakujte měření pro další na generátoru náhodně zvolené výstupní hodnoty napětí a frekvence

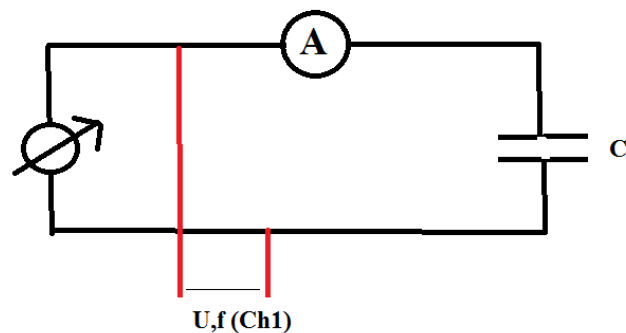
**Klíčová slova:** osciloskop, katodová trubice, střídavé elektrické napětí, střídavý elektrický proud, vychylovací činitel, časová základna, elektrický biosignál

## MĚŘENÍ KAPACITY KONDENZÁTORU

**Potřeby:** regulovatelný zdroj napětí, vodiče a konektory, kondenzátory, ampérmetr, osciloskop

### Postup měření:

- Sestavte elektrický obvod dle schématu, připojte kondenzátor  $C_1$



- Na zdroji nastavte požadovanou první hodnotu výstupního napětí
- Pomocí ampérmetru určete procházející proud
- Pomocí osciloskopu určete hodnotu měřeného napětí v obvodu a jeho frekvenci
- Vypočtete hodnotu kapacitance  $X_c$  a hodnotu kapacity kondenzátoru  $C_1$
- Měření opakujte pro druhou stanovenou hodnotu výstupního napětí
- Z obou naměřených a vypočítaných hodnot kapacit určete hodnotu průměrnou a tuto porovnejte s tabelovanými hodnotami kapacity použitého kondenzátoru
- Stejným postupem měření určete hodnotu kapacity druhého kondenzátoru
- V dalším kroku zapojte oba kondenzátory do obvodu sériově a určete jejich celkovou kapacitu stejným způsobem, jako v předcházejícím měření a tuto porovnejte s teoretickým výpočtem
- V posledním kroku zapojte oba kondenzátory do obvodu paralelně a určete jejich celkovou kapacitu stejným způsobem, jako v předcházejícím měření a tuto porovnejte s teoretickým výpočtem

**Klíčové pojmy:** Kondenzátor, kapacita, kapacitance, elektrický náboj, voltampérová charakteristika, elektrická indukce

---

# KONDUKTOMETRICKÉ STANOVENÍ VODIVOSTI MEMBRÁNY

**Potřeby:** NaCl, permeabilní membrána (mikrotenový sáček), konduktometr, destilovaná voda, kádinky, tyčinka k míchání roztoku

## **Postup měření:**

- V kádince připravte 300 ml nasyceného roztoku NaCl
- Do připravené kádinky nalijte destilovanou vodu (300 ml) a do ní ponořte model propustné membrány
- Naplňte model membrány připraveným roztokem NaCl
- Změřte měrnou vodivost ( $\gamma$ ) a teplotu ( $t$ ) roztoku konduktometrem
- Destilovanou vodou (ze stříčky) důkladně opláchněte měřící celou přístroje
- Měřte měrnou vodivost ( $\gamma$ ) a teplotu ( $t$ ) v prostředí destilované vody v čase 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 min. Před odečtením hodnoty důkladně promíchejte roztoky pohybem kádinky a vyčkejte do ustálení hodnoty na přístroji.
- Sestrojte graf závislosti měrné vodivosti na čase
- V diskuzi okomentujte děje probíhající v elektrolytu a na modelu membrány včetně použití rovnice, která by nejlépe popisovala stav v rovnováze. Diskutujte další vývoj křivky popisující hodnotu vodivosti v závislosti na čase

**Klíčové pojmy:** disociace, elektrolyt, vodivost, iont, elektroda, membránové napětí, Nernstova rovnice, Donnanova rovnice

---

# KONDUKTOMETRICKÉ STANOVENÍ KONCENTRACE ELEKTROLYTU

**Potřeby:** NaCl, konduktometr, destilovaná voda, roztok NaCl o neznámé koncentraci, váženka, váha, odměrný válec, kádinky

## **Postup měření:**

- Navážením vhodného množství NaCl připravte vodné roztoky o výsledné koncentraci 50, 100 a 150 gL<sup>-1</sup>
- Pomocí konduktometru určete postupně jejich vodivost
- Změřte vodivost roztoku NaCl o neznámé koncentraci
- Vytvořte graf závislosti vodivosti NaCl na koncentraci
- Pomocí tohoto grafu a metody interpolace a extrapolace určete koncentraci neznámého měřeného roztoku

**Klíčové pojmy:** konduktometrie, nasycený roztok, vodivost, metoda extrapolace a interpolace, hmotnostní a molární koncentrace

---

# IMPEDANCE TKÁNĚ

**Potřeby:** ohmmetr (multimetr), vodiče, držák s dvojicí elektrod (zajišťující jejich konstantní vzdálenost během měření), alkohol, EKG gel, destilovaná voda, buničitá vata

## Postup měření

Proměřte pomocí čidla a digitálního přístroje přepnutého na měření odporu kožní odpor na třech různých částech těla. Zjistěte vliv zvlhčení pokožky na kožní odpor. Naměřené hodnoty zpracujte do tabulky.

- V případě potřeby sestavte měřící obvod pomocí ohmmetru, elektrod a vodičů.
- Na předloktí vyšetřované osoby upevněte držák s dvojicí elektrod vodivě spojenými pomocí vodičů s ohmmetrem.
- Zapněte ohmmetr a nastavte vhodný měřící rozsah.
- Zaznamenejte příslušnou hodnotu odporu z displeje přístroje.
- Sejměte elektrody a pokožku odmastěte pomocí alkoholu, poté přiložte elektrody na stejná místa a měření opakujte.
- Obdobně opakujte s aplikací destilované vody mezi elektrody a pokožku.
- Obdobně aplikujte EKG gel a měřte stejným způsobem.
- Celé měření opakujte (bez kontaktního media, po odmaštění alkoholem, s destilovanou vodou a EKG gelem) na jiné části těla. Tuto zvolte dle uvážení či konzultaci s vyučujícím, např. na dlani, tváři, lýtku či oblasti břicha.

Klíčové pojmy: odpor, impedance, ohmmetr, Ohmův zákon, kapacita, kondenzátor

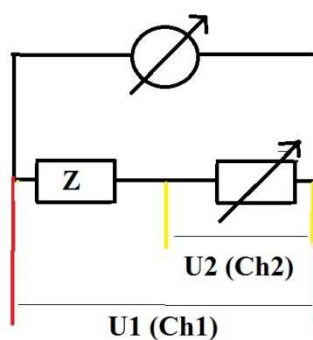
---

# STŘÍDAVÉ NAPĚTÍ – IMPEDANCE MODELU TKÁNĚ 1

**Potřeby:** Různé směsi kapalin (model č.1 - fyziologický roztok, model č.2 - 25% roztok glycerínu ve fyziologickém roztoku, model č.3 - 75% roztok glycerínu ve fyziologickém roztoku, model č.4 - destilovaná voda), osciloskop, generátor střídavého napětí, konektory a vodiče

## Postup měření:

- Sestavte měřící obvod dle přiloženého schématu.



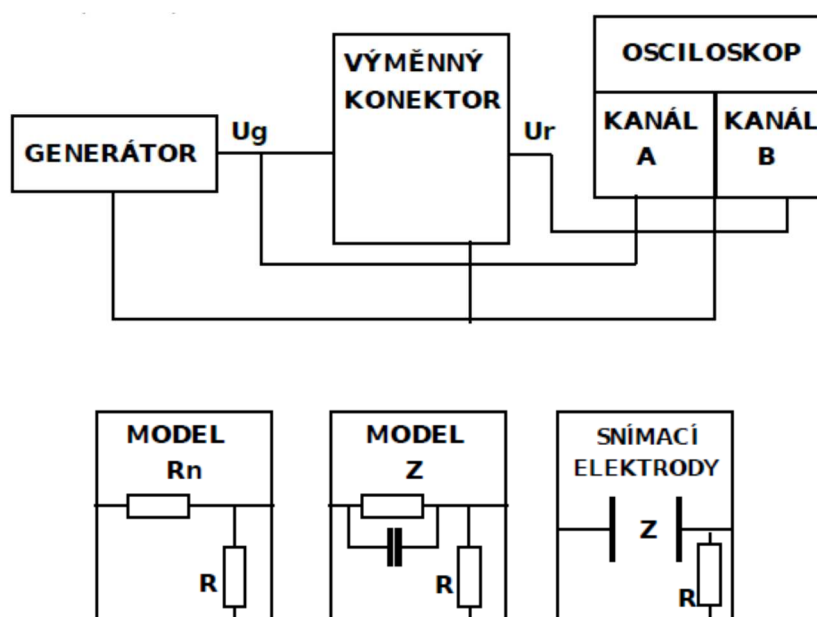
- Kanál 2 (Ch2) měří napětí  $U_r$  na reálném odporu  $R$ . Použitím naměřeného napětí  $U_r$  a známosti hodnoty odporu  $R$  lze vypočítat proud  $I$  protékající obvodem  $I = \frac{U_r}{R}$ . Pro kanál 1 (Ch1) měřící napětí  $U_z$  na známém odporu  $R$  i na impedančním prvku  $Z$  bude platit:  $U_z = (Z+R) \cdot I$ , po úpravě a substituci proudu  $I$  je  $U_z = (Z + R) \cdot \frac{U_r}{R}$  a výsledná hodnota bioimpedance odpovídá  $Z = \left(\frac{U_z}{U_r} - 1\right) \cdot R$ .
- Postupně změřte hodnotu elektrického napětí pomocí kanálu 1 a 2 na zapojeném osciloskopu pro všechny připravené modely tkáně (roztoky o různém složení) a to pro frekvence 50 Hz, 5 kHz, 50 kHz. Pro model č.1 a model č.2 nastavte hodnotu proměnlivého odporu na 1 k $\Omega$ , pro model č.3 a č.4 na 10 k $\Omega$ .
- Určete impedanci vzorků pro jednotlivé frekvence
- Vytvořte graf závislosti impedance na hodnotě frekvence pro všechny měřené modely

**Klíčové pojmy:** impedance, odpor, frekvence, napětí, proud



# STŘÍDAVÉ NAPĚTÍ – SROVNÁNÍ IMPEDANCE MODELU TKÁNĚ A REÁLNÉ TKÁNĚ

**Potřeby:** Nízkofrekvenční generátor střídavého napětí (dále jen "generátor"), dvoukanálový osciloskop, propojovací modul, propojovací vodiče, 2 výměnné konektory obsahující kromě známého rezistoru model tkáně (paralelní zapojení rezistoru a kondenzátoru) nebo separovaný rezistor, výměnný konektor se známým rezistorem R a s vodiči ke snímacím elektrodám, snímací kožní elektrody, buničitá vata, EKG gel, éter.



Celkové schéma zapojení a zapojení jednotlivých prvků obvodu

## Postup měření:

- K propojovacímu modulu připojte (dle naznačených symbolů na modulu) vodiče z generátoru a z obou kanálů A i B vertikálního zesilovače osciloskopu (do zemnicích zdírekmodulu ( $\perp$ ) připojte zelené zemnicí banánky vodičů z generátoru či osciloskopu). Doodpovídající zásuvky modulu zasuněte konektor se separovanou rezistancí pro měření rezistance modelu tkáně ( $R_n$ ). Správnost zapojení porovnejte s blokovým schématem úlohy. Uved'te do provozu osciloskop a generátor. Na kanálu A vertikálního zesilovače osciloskopu nastavte vychylovací činitel 0,5V/dílek (tj. půl voltu na jeden díl měřicího rastru).

- Na generátoru zvolte frekvenci 100Hz a regulací jeho výstupního napětí nastavte výšku zobrazené stopy na kanálu A osciloskopu na 2 díly měřicího rastru ( $U_g = 1V$ ).
- Dle velikosti zobrazeného signálu na kanálu B osciloskopu nastavte vhodnou hodnotu vychylovacího činitele vyhovující přesnému odečtení výšky stopy. Do připravené tabulky si zaznamenejte frekvenci měřeného napětí, výšku stopy na kanálu B v dílech měřicího rastru a nastavenou hodnotu vychylovacího činitele (pro stanovení napětí  $U_r$ ).
- Na generátoru nastavujte postupně další frekvence: 1 kHz, 10 kHz a 100 kHz. Po každém nastavení frekvence zkontrolujte, případně upravte výstupní napětí generátoru na kanálu A osciloskopu (1V) a opakujte postup popsany v bodu 3.
- Frekvenci časové základny osciloskopu přizpůsobujte frekvenci napětí z generátoru za účelem přesného odečítání výšky stop na obrazovce.
- Do zásuvky propojovacího modulu zasuněte konektor pro měření impedance označený Z, který obsahuje paralelní zapojení rezistoru a kondenzátoru (zapojení porovnejte s blokovým schématem úlohy). K proměření impedance tohoto modelu tkáně opakujte postup uvedený v bodech 2, 3 a 4.
- Do zásuvky propojovacího modulu zasuněte konektor s vodiči ke snímacím elektrodám umožňující měření impedance tkáně (zapojení porovnejte s blokovým schématem úlohy). Na horní končetinu, nejlépe na předloktí, připevněte pomocí upevňovacího gumového pásku obě elektrody (na dorzální a volární stranu) na místa, která byla předtím odmaštěna éterem a potřena EKG gelem. Prostřednictvím banánků připojte k elektrodám vodiče z konektoru na propojovacím modulu. K proměření impedance tkáně opakujte postup uvedený v bodech 2, 3 a 4.
- Velikost neznámé rezistence  $R_n$ , impedance modelu Z a impedance tkáně  $Z_{tk}$  pro jednotlivé frekvence vypočítejte z napětí  $U_m$ ,  $U_z$  a  $U_{tk}$  (což je rozdíl výstupního napětí generátoru a napětí na známém rezistoru R) a z proudu  $I_m$ ,  $I_z$  a  $I_{tk}$ , který celým obvodem protéká (ten vypočítáme z napětí na známém rezistoru R a z jeho hodnoty ohmického odporu R, který odečtete v tabulce přiložené u úkolu, a to dle číselného označení na konektorech). Pro výpočty použijte vztahy:

$$R_n = \frac{U_{rn}}{I_{rn}} = \frac{U_g - U_r}{\frac{U_r}{R}} \qquad Z(Z_{tk}) = \frac{U_z}{I_z} = \frac{U_g - U_r}{\frac{U_r}{R}} \quad |\Omega|$$

•

- Vytvořte tabulku s hodnotami výšky stopy zobrazeného signálu, vychylovacího činitele a vypočtenými hodnotami všech napětí  $U_r$  pro jednotlivé frekvence, další tabulku s hodnotami vypočtených rezistancí, impedancí modelu a impedancí tkáně pro jednotlivé měřené frekvence
- Graficky znázorněte v jednom grafu závislost měřených a vypočtených hodnot odporových charakteristik obvodů na frekvenci včetně průběhu impedance reálné tkáně
- Diskutujte podobnost  $R$ ,  $X_c$  a  $Z$  charakteristik měřených obvodů vůči impedanční charakteristice reálné tkáně

**Klíčové pojmy:** impedance, kapacitance, rezistence, induktance, elektrický odpor, elektrické napětí, elektrický proud

---

# ELEKTROFORÉZA = SIMULACE IONTOFORÉZY

Elektroforéza je jedna z možných separačních a analytických metod, založená na rozdílné mobilitě iontů analytu v silovém poli mezi kladnou a zápornou elektrodou. Navržená úloha přináší možnost rozeznat druh látky a určení vlastností (které látky budou putovat rychleji, které pomaleji, které neputují vůbec). Na základě této úlohy bude vysvětlen pojem aktivního doručení léčiv – iontoforéza.

**Potřeby:** elektroforéza, agarový gel, barevná látka iontové povahy

**Postup měření:**

- Připravte dle přiloženého návodu elektroforetický gel
- Aplikujte dle přiloženého návodu látku na počátek k elektrodě (pozor na polaritu elektrody)
- Sledujte, jak látka putuje k druhé elektrodě s opačným nábojem

**Klíčové pojmy:** elektroforéza, Coulombův zákon, katoda, anoda, náboj, iontoforéza

---

# SIMULACE ELEKTRICKÉHO OHŘEVU TKÁNĚ

Dle Joulova zákona platí, že teplo  $Q$ , které vzniká při průchodu stejnosměrného ustáleného proudu vodičem, je přímo úměrné součinu proudu  $I$ , napětí  $U$  a doby  $t$ , po kterou proud prochází. Při průchodu proudu prostředím se bude tedy toto zahřívat, a to v závislosti na měrném elektrickém odporu tohoto prostředí. Cílem úlohy je simulace ohřevu tkání pomocí elektrického proudu v závislosti na rozdílné vodivosti.

**Potřeby:** BTL multifunkční fyzioterapeutický přístroj, termočlánek, konduktometr, želatina, sůl, multimetr, osciloskop

## Postup měření:

- Dle přiloženého návodu uveďte do provozu multifunkční terapeutický přístroj
- Pomocí multimetru a osciloskopu změřte charakteristiku aplikovaných proudů (frekvenci, napětí)
- Vytvořte roztoky želatiny o různé koncentraci soli (poloviční a pětinový obsah soli odpovídající koncentraci fyziologického roztoku, hodnota soli odpovídající fyziologického roztoku, dvojnásobek a pětinásobek soli rovnající se koncentraci fyziologického roztoku)
- Změřte pomocí konduktometru vodivost takto vyrobených roztoků
- Nechejte procházet elektrický proud přes tyto vyrobené želatinové modely tkání (příložením či ponořením dvojice elektrod z terapeutického přístroje). Tento z předchozích zjištěných hodnot napětí a vodivosti vypočítejte.
- Změřte hodnotu teploty želatiny v okolí aplikovaných elektrod pomocí termočlánku
- Vytvořte tabulku a graf porovnávající elektrický proud a naměřené příslušné teploty

**Klíčové pojmy:** Joulovo teplo, elektrický proud, vodivost, elektrický odpor, terapeutické proudy