# Adsorpční rozpouštěcí voltametrie

Obor Analytická chemie

Rtuťové elektrody mají v elektrochemické analýze nezastupitelné místo nejen kvůli snadno obnovitelnému povrchu. Velký význam má též extrémně vysoké přepětí vodíku, které rtuťovým elektrodám umožňuje měřit i ve výrazně katodických potenciálech. Čím dál výraznější obavy z toxicity rtuti však limitují používání rtuti jako elektrodového materiálu. Jeden z materiálů, který připadá v úvahu jako náhrada rtuti, je rtuťový amalgám, nejčastěji stříbrný, jehož elektrochemické chování je rtuti dosti podobné, ale toxicita je zřetelně menší. Způsoby konstrukce amalgámových elektrod využívají různé formy amalgámu, počínaje pastovitým amalgámem, přes krystalický a pevný amalgám až po amalgám pokrytý vrstvou rtuti.

Citlivost voltmetrického stanovení některých látek je možno zvýšit pomocí jejich prekoncentrace na povrch elektrody. Je vhodná pouze v případě, že se látka na povrch elektrody samovolně váže, akumulační krok lze ovšem podpořit přítomností některých látek v roztoku, potenciálem vloženým na elektrodu během akumulace a podobně. Amalgámové elektrody jsou vhodné pouze ke stanovení redukujících se látek, to ovšem představuje velmi široké aplikační pole. V našem případě budeme stanovovat 2-nitrofluoren, jeden z nitroderivátů polycyklických aromatických uhlovodíků. Jako mnohé další látky z této skupiny patří mezi látky velmi nebezpečné pro lidské zdraví, s mutagenními a karcinogenními účinky, vznikající během nedokonalého spalování organických látek, včetně pohonných hmot, tabáku či tepelné úpravě potravin. Elektrochemické metody představují vhodný způsob pro jejich screeningové stanovení v životním prostředí.



Strukturní vzorec 2-nitrofluorenu

## Úkoly:

Optimalizujte metodu pro stanovení 2-nitrofluorenu pomocí adsorpční rozpouštěcí diferenční pulsní voltametrie (AdS-DPV) na meniskem modifikované stříbrné amalgámové elektrodě (m-AgSAE) z hlediska doby a potenciálu akumulace. Za optimálních podmínek změřte koncentrační závislost a zhodnoť te citlivost stanovení dosažitelnou touto metodou.

## Pracovní postup:

Seznamte se s ovládáním měřícího přístroje, polarografu Eco-Tribo, a s programem Polar 5.0, kterým se ovládá.

Připravte k měření elektrodový systém a příslušenství polarografu: referenční argentchloridovou elektrodu, pomocnou platinovou elektrodu, míchátko a probublávání dusíkem. Pracovní meniskem modifikovanou amalgámovou elektrodu ponořte na patnáct sekund do rtuti, aby se obnovil meniskus, a potom ji aktivujte vložením potenciálu –2,2 V po dobu 300 s v roztoku 1M KCl. Před každým měřením je zapotřebí elektrodu regenerovat střídavým vkládáním potenciálu –200 mV a –1500 mV v intervalech 0,1 s po dobu 30 s, tento krok proto začleňte do programu měřící metody.

Ředěním zásobního methanolického roztoku připravte roztoky analytu v rozmezí koncentrací  $1 \times 10^{-5}$  až  $1 \times 10^{-7}$  mol l<sup>-1</sup> tak, aby připravené roztoky obsahovaly 10 % methanolu a 90 % hydroxidu lithného ( $1 \times 10^{-4}$  mol l<sup>-1</sup>). Před měřením odstraňte z roztoku kyslík pětiminutovým probuláním dusíkem.

V nejkoncentrovanějším roztoku změřte, jak závisí výška voltametrického píku na době akumulace analytu na elektrodu v bezproudovém stavu a jak závisí tato výška na potenciálu, který je na elektrodu vložen během akumulace při použití optimální doby akumulace. Během akumulačního kroku je nutno roztok míchat.

Za optimálních podmínek změřte koncentrační závislost v rozsahu koncentrací  $1 \times 10^{-5}$  až  $1 \times 10^{-7}$  mol l<sup>-1</sup>. Vyhodnoť te linearitu závislosti a mez stanovitelnosti metody.

## Literatura:

J. Barek, F. Opekar, K. Štulík: Elektroanalytická chemie, Karolinum, Praha 2004.

V. Vyskočil, T. Navrátil, P. Polášková, J. Barek.: Electroanalysis, 22 (2010) 2034–2042.

## Příloha 1: Návod k ovládání programu Polar Pro 5.0

## Popis programu

Polar je program pro měření a vyhodnocení koncentrace látek ve vzorcích analyzovaných na Eko-Tribo Polarografu.

## Hlavní okno

Hlavní okno slouží k zadáni základních údajů o analyzovaném vzorku, k výběru metody měření a je zde přístup k hlavnímu menu programu. Nejčastěji používané položky menu jsou pro urychlení práce zobrazeny také v nástrojové liště. V hlavním okně se vyplní níže uvedené položky a zvolí metoda měření.

#### vzorek

#### název vzorku (max. 8 písmen) - je zároveň jménem souboru

pořadové číslo (max. 3 číslice) - umožňuje použít pro sérii vzorků shodný název. Při volbě Nový nebo Další vzorek zůstanou vlastnosti vzorku beze změny, křivky se vymažou. Při volbě Nový vzorek je název změněn na BezNazvu.1. Při zvolení Další vzorek je zachováno jméno souboru s tím, že pořadové číslo vzorku se zvýší o 1 a navíc zůstane zachována i struktura hodnocení. Pokud zachováte pořadí měření křivek, můžete tím zjednodušít a zrychlit vyhodnocení měření.

#### pracovník

jména pracovníků, kteří prováděli měření

komentář komentář k měřenému vzorku (nepovinné)

#### metoda

výběr názvu metody měření ze seznamu metod, které jsou k dispozici v podadresáři Methods Po stisknuti tlačítka Návrh lze vybranou metodu upravit nebo vytvořit metodu novou (blíže Návrh metody)

#### Položky menu

### Vzorek

Nový [F4]	nový vzorek
Další [Ctrl F4]	nový vzorek se zachováním pořadí a nastavení křivek a hodnocení
Otevři [F3]	načte uložený vzorek z disku
Ulož [F2]	uloží vzorek pod zadaným názvem s příponou číslo vzorku
Import	import vzorku a křivek z formátu ETP
Šablona	převzetí nastavení všech parametrů z dříve naměřeného vzorku
Tisk protokolu	tisk protokolu o měření - umožňuje výběr položek, které se mají vytisknout
Ulož protokol	uložení protokolu do textového souboru (možnost výběru položek)
Konec	ukončení programu
Série (pro automatizovaná měření s autosamplerem)	
Nová série	připravení nové série (vytvoření podadresáře se jménem série)
Otevřít sérii	otevření uložené série v podadresáři se jménem série
Upravit sérii	otevře okno Série
Přidat vzorek	přidání právě editovaného vzorku do série
Měření série	automatické měření série
Vyhodnocení série	vyhodnocení série
Měření [F6]	zobrazí okno Měření
Křivky	
Popis	vyvolá okno Popis křivek
Zobrazení [F7]	vyvolá okno Zobrazení křivek
Export	uloží křivky v textovém formátu (ASCII tabulka), který je možno načíst do jiného programu (např. Excel, Origin)
Hodnocení [F8]	zobrazí okno Hodnocení
Nastavení	
Parametry [F5]	zobrazí okno Nastavení parametrů
Program	zobrazí okno Nastavení programu

#### Nápověda

 Obsah
 obsah nápovědy k programu

 Metodiky
 doporučené metodiky stanovení jednotlivých látek

 O programu
 základní informace o programu

#### Měření

Okno Měření slouží k nastavení polarografu a k vlastnímu měření vzorku. Obvyklý postup při měření je popsán vedle příslušných tlačítek.

Po nastavení parametrů měření lze spustit měření buď s přípravou analýzy nebo bez přípravy.

Běžící scan je možno zastavit vymáčknutím tlačítka, kterým byl spuštěn Po skončení scanu se naměřené křivky uloží tlačítkem Uložit.

Zaškrtávací políčko všechny k. umožňuje při měření zobrazit pro srovnání všechny již uložené křivky. Rozsah proudové osy grafu odpovídá proudovému rozsahu zesilovače. Aby byl co nejlépe využit rozsah zesilovače, je vhodné nastavit citlivost tak, aby křivky zabíraly alespoň polovinu proudového rozsahu.

Další skupina tlačítek slouží k ručnímu ovládání polarografu:

připojení a odpojení elektrod; nedoporučuje se manuální připojování elektrod, pokud nejsou ponořeny do roztoku nebo jsou zkratovány - nebezpečí zničení proudového zesilovače!

přepínání přívodu inertního plynu do roztoku nebo nad roztok, resp. přepínání ventilu pro přívod vzorku nebo elektrolytu v průtokovém systému

zapnutí a vypnutí míchání vzorku, resp. ovládání peristaltického čerpadla v průtokovém systému

odklepnutí Hg kapky

otevření a uzavření ventilu rtuťové elektrody

obnovení visící rtuťové kapkové elektrody

## Nastavení parametrů

V dialogovém okně Nastavení parametrů se nastavují parametry zvolené metody měření. Volí se zde počáteční a konečný potenciál a rychlost scanu u voltametrických měření, resp. doba měření u časových měření i-t. Názvy parametů zobrazené v tabulce **Parametry** metody jsou závislé na vybrané metodě a určují se zdaňímí jejích názvů při <u>návrhu</u> metody.

Tlačítkem Uložít se uloží nastavené parametry metody, počáteční potenciál, konečný potenciál a rychlost scanu do zvolené metody. Změnou názvu metody při ukládání se snadno vytvoří metoda nová, která se od původní liší pouze jinými parametry.

## Zobrazení křivek

Okno Zobrazení křivek slouží k zobrazení zaznamenaných křivek. V nástrojové liště jsou k dispozici následující tlačítka.

zoom - po stisknutí tlačítka se kurzorem najede na počátek vybrané oblasti, stiskne se levé tlačítko myši a táhnutím vybere požadovaná oblast zobrazení

návrat k původním osám

popis křivek - v tabulce je možno editovat název jednotlivých křivek, vybrat jejich zobrazení, barvu a styl křivky; funkce Rozlišení - Barva a Rozlišení - Styl umožňují automatickou změnu barvy a stylu jednotlivých křivek

legenda (popis křivek) v grafu - opakovaným poklepáním lze legendu zobrazit v pravém nebo levém horním rohu nebo skrýt

základní linie 1 (viditelná pouze při odečítání hodnoty proudu v okně Hodnocení)

#### základní linie 2 (viditelná pouze při odečítání hodnoty proudu v okně Hodnocení)

Křivky pro zobrazení a tisk lze vyhladit pomocí tlačítka nad tabulkou. Pro vyhlazení je použit filtr s klouzavým průměrem ze 3, resp. 5 bodů pro slabé, resp. silné vyhlazení.

Při přiblížení kurzoru ke křivce se zobrazí její název v nadpisu okna.

Velikosti proudů jednotlivých křivek jsou zobrazeny v tabulce v pravém horním rohu. Proudové hodnoty pro daný potenciál se odečtou tak, že se kurzor umístí do pozice daného potenciálu a stiskne se levé tlačítko myši. Zobrazený kurzor lze posouvat také pomocí kurzorových šipek ← →. V případě, že je vyznačena základní linie 1, hodnota proudu se odečítá od základní linie. Jsou-li zvoleny základní linie 1 i 2, proud se odečítá mezi nimi.

## Popis křivek

Dialogové okno Popis křivek umožňuje měnit název, zobrazení, barvu a styl naměřených křivek a případně křivku vymazat.

V prvním sloupci tabulky název je možno změnit název vybrané křivky. Ve sloupci zobraz lze klepnutím zvolit, zda se bude křivka zobrazovat, resp. tisknout. Sloupec barva, resp. styl, umožňuje výběr barvy, resp. stylu křivky.

Tlačítkem Vymazat se vymaže křivka, která je aktivní (název křivky v modrém poli).

Pomocí výběrového pole Rozlišení lze křivky automaticky odlišit barvou nebo stylem.

## Hodnocení

V okně Hodnocení se provádí vyhodnocení měření metodou standardního přídavku nebo metodou kalibrační křivky.

### Metoda standardního přídavku

V rámečku standardní přídavek se zadává množství přídavku (příp. koncentrace), jednotky a jeho objem.

V prvním sloupci tabulky je seznam naměřených křivek. Ve druhém sloupci **typ** se levým, resp. pravým tlačítkem myši zvolí typ křivky (*blank*, *vzorek*, *1. přídavek*, atd.). Každá možnost (např. 1. přídavek) může být u více křivek. Hodnota proudu v třetím sloupci **I** se odečte buď individuálně - klepnutím myši do příslušného polička, nebo najednou - tlačítkem **AutoPeak**. V tomto případě jsou vyhodnocena maxima, resp. minima, křivek ve zvoleném rozmezi potenciálu. Není-li zadána poloha píku v okně <u>Látka</u>, nabídne vám program po stisknutí AutoPeak možnost zvolení polohy píku v grafu pomocí myši.

Při použití metody standardního přídavku se při výpočtu provádí korekce na změnu objemu. Vychází se z úměry

h : hs = x/v : (x + m)/(v + a),

kde h značí výšku píku vzorku, hs výšku píku po přidání standardního roztoku, v je objem vzorku, a je objem přidaného standardního roztoku, m je množství standardu (v mg nebo μg) v objemu a. Množství analyzované složky vyjádřené v užitých hmotnostních jednotkách (mg nebo μg) je podle uvedené úměry určeno vztahem

h.v.m

x = -----

hs.(v+a) - h.v

## Program tento výpočet provádí automaticky včetně korekce na přidané množství.

V grafickém znázornění je na ose X vyneseno množství přidaného standardu a na ose Y velikost signálu tak, že signál odpovídající vzorku (bez přídavku standardního roztoku) se vynáší pro hodnotu X = 0. Spojnice vynesených bodů tvoří přímku, která protíná osu X v bodě, jehož absolutní hodnota určuje množství analytu v měřeném roztoku.

## Metoda kalibrační křivky

V rámečku kalibrační křivka se určí jednotky koncentrace.

V prvním sloupci tabulky je seznam naměřených křivek. Ve druhém sloupci typ se levým, resp. pravým tlačitkem myši zvolí typ křivky (*blank*, vzorek, 1. přídavek, atd.). Každá možnost může být u více křivek. Hodnota proudu v třetím sloupci I se odečte buď individuálně - klepnutím myši do příslušného políčka, nebo najednou - tlačítkem AutoPeak. Ve čtvrtém sloupci se zadává koncentrace.

Metoda kalibrační křivky je méně užívaná, protože získání přesných výsledků předpokládá, že se měří vzorky prakticky stejné matrice (např. jeden typ slitiny, jeden druh odpadní vody apod.). V tom případě budou podmínky měření vzorku prakticky stejné jako podmínky, při nichž byla měřena kalibrační křivka. Způsob hodnocení spočívá v porovnání velikosti limitního proudu odpovídajícího elektrodové reakci hledané složky vzorku s hodnotou limitního proudu na kalibrační křivce.

Obecně může mít kalibrační křivka nejrůznější tvary, nejčastěji je však používána aproximace přímkou. Naměřený vzorek musí ležet mezi nejnižším a nejvyšším bodem kalibrační křivky (nelze extrapolovat!).

Základní linie píku pro odečítání hodnoty proudu je určena buď křivkou *blank* nebo jí lze pro každý pík manuálně upravit - při odečítání proudu v grafu se stiskne nejdříve tlačítko se zelenou linií a myší se nakreslí základní linie. V tomto případě se výška píku bude brát k takto stanovené základní linii a pokud je navíc určena i křivka *blank*, tak se od této hodnoty odečte. Je možné také zadat polohu druhé základní linie, kdy se proud

bude odečítat jako poloha základní linie 2 - základní linie 1. Chování základní linie - pohybuje-li se po naměřené křivce nebo ne - je možno nastavit v Nastavení programu. Základní linie se používají, pokud jsou křivky vzájemně proudově posunuty, a nelze proto použít automatické vyhodnocení AutoPeak.

V rámci 1 souboru je možné vyhodnocovat signály až 8 látek. Další, nová látka se zvolí tlačítkem **Nová látka**. Mezi látkami se přepíná klepnutím na záložky s jejich názvy. Název látky a polohu píku lze změnit tlačítkem **Změnit**. Látku lze vymazat tlačítkem **Vymazat**. U metody kalibrační křivka jsou navic tlačítka **Ulož KK** (kalibrační křivku) a **Načti KK** (kalibrační křivku), které slouží k uložení naměřené kalibrační křivky do adresáře kalibračních křivek pro pozdější použití kalibrační křivky pro vyhodnocování, resp. pro načtení uložené kalibrační křivky. Klávesou **Delete** lze v tabulce vymazat taktúlní řádek.

Každá koncentrační úroveň (vzorku, kalibrace, standardního přídavku) může být měřena vícekrát. Zejména u vzorku má opakování měření značný vliv na interval spolehlivosti, který se zobrazuje jako součást výsledku.

Množství látky ve vzorku a její koncentrace se přepočítají, jakmile se vyskočí z tabulky nebo se klepne na graf.

## Látka

V dialogovém okně Látka se zadává název vyhodnocované látky, očekávaná poloha píku s možným rozmezím a volí se metoda hodnocení.

Polohu píku můžeme zadat buď podle metodik (nahlédneme tlačítkem Metodiky), nebo ji odečteme myší z grafu (tlačítko Zobrazení).

## Nastavení programu

Dialogové okno Nastavení programu slouží k nastavení některých parametrů programu.

#### rozlišení potenciál

určuje frekvenci vzorkování a ukládání dat. Z její velikosti a z hodnot počátečního a konečného potenciálu se určí počet měřených bodů při daném scanu.

Upozornění: všechny křivky v rámci jednoho souboru musí být měřeny se stejným rozlišením; program nepovolí změnu rozlišení v rámci souboru.

#### rozlišení čas

perioda měření přiměření časových závislostí i-t (v případě potenciálových scanů není aktivní)

#### klepnut

doba sepnutí elektromagnetu klepátka (impuls musí být dostatečně dlouhý k uvedení klepátka do pohybu - standardní hodnota 100 ms)

#### prodleva

časová prodleva mezi klepnutím a otevřením ventilu; vzhledem k vibraci kapiláry po odklepnutí je třeba určitou dobu vyčkat, než bude vytvořena nová kapka (standardní hodnota 500 ms)

#### ventil

doba otevření jehlového ventilu při vytváření stacionární kapky; určuje velikost vytvořené kapky (standardní hodnota 200 ms)

#### upozornění na neuložené křivky

v případě zaškrtnutí program upozorní uživatele, hrozí-li přepsání neuložených křivek

#### opačná orientace potenciálové osy, opačná orientace proudové osy

volba orientace os při zobrazování křivek; normální nastavení odpovídá konvenci IUPAC, opačná orientace obou os pak klasické polarografické konvenci

#### základní linie na křivce

Při vytváření základní linie při vyhodnocování vzorku se její koncové body pohybují po naměřené křivce; této funkce lze s výhodou využít při tvorbě základní linie píků

## adresář

pracovní adresář. Do tohoto adresáře budou ukládány nově naměřené vzorky. Doporučuje se nadefinování nového adresáře před zahájením měření vzájemně souvisících vzorků.

## Návrh metody

Návrh metody je program sloužící k úpravě metody měření či k vytvoření metody nové. Zápis metody je schematicky znázorněn pomocí ikon na panelu. Pomocí myši lze ikony (= příkazy) přidávat, ubírat či modifikovat. Zároveň se zde nastavuje velikost počátečního potenciálu **Ein**, konečného potenciálu **Efin** a rychlost scanu v u voltametrických měření, resp. doby scanu u časových měření i-t.

Metoda měření, vytvořená schematicky pomocí sekvence jednotlivých ikon, je programem interpretována v pořadí, v němž jsou ikony poskládány za sebou. V případě, že jsou pro opakování určitých částí programu použity závorky, je dodržována matematická konvence.

Vložení ikony vybereme myší z horní lišty ikonu a klepneme na místo na panelu, kam jí chceme umístit.

Vyjmutí ikony vybereme ikonu z panelu a klepneme vedle panelu

Konec přípravy určuje předěl mezi přípravou analýzy a měřením (viz měření).

Scan průběh lineárního scanu od počátečního potenciálu Ein ke konečnému Efin danou rychlostí v (viz nastavení parametrů)

Scan rev. reversní průběh -lineární scan od konečného potenciálu k počátečnímu

Scan I(t) časové měření i-t po zvolenou dobu

Tlačítkem Vymazat se metoda vymaže (i z disku).

Následující příkazy lze poklepáním modifikovat. V případě, že je u těchto příkazů zadán název parametru, objeví se možnost jejich nastavení v okně nastavení parametrů.

## Pauza

Je možno nastavit délku a název časové prodlevy.

## Potenciál

Lze zadat buď jeho pevnou hodnotu nebo nastavit, že jeho velikost je rovna hodnotě počátečního či konečného potenciálu zvoleného v okně nastavení parametrů. V tomto případě nelze editovat jeho hodnotu a název.

#### Levá závorka

Závorky umožňují opakovat některou část metody. Zadáním jejich názvu se objeví v okně nastavení parametrů, kde lze nastavit počet opakování. Maximální počet vnořených závorek je 8.

## Scan, Scan rev.

Možnost nastavení speciální hodnoty počátečního a konečného potenciálu a rychlosti lineárního scanu. To umožňuje zkombinovat více scanů s odlišnými hodnotami parametrů v rámci jedné metody a vytvořit tak libovolný potenciálový program.

Inaktivací pole zaznamenávat scan proběhne, ale jeho průběh nebude měřen a ukládán. Vzhledem k tomu, že program umožňuje uložení maximálně 24 křivek v rámci jednoho souboru, lze této funkce s výhodou využít zejména v cyklické voltametrii a při kondicionování pevných elektrod.

#### ScanPro

Funkce pro tvorbu pulsních potenciálových programů. Poklepáním se otevře okno <u>Návrh scanu</u>, kde lze scan upravovat či navrhnout nový. Návrh pulsního potenciálového programu se provádí obdobně jako návrh metody měření, tj. výběrem jednotlivých ikon z nástrojové lišty a umístěním do panelu.

K dispozici jsou následující příkazy:

Potenciál - skoková změna potenciálu o zvolenou hodnotu (pozor na polaritu ! )

Pauza - časová prodleva

Měřeníů, Měření - doba vzorkování proudu. Pokud je zvoleno Měřeníů, je hodnota proudu změřená během tohoto intervalu odečtena od hodnoty změřené v intervalu Měření a rozdíl je odeslán na výstup, tj. jedná se o diferenční měření. Klanátka - umožňuja práci s DME - řízanou dobou kanky.

Klepátko - umožňuje práci s DME s řízenou dobou kapky.

Program Polar je dodáván s metodami pro nejběžnější polarografická a voltametrická měření. Doporučujeme používání těchto metod jak pro měření, tak pro vytváření uživatelských metod (změnou hodnot v okně <u>Nastavení parametrů</u> a uložením pod uživatelským jménem).

## Návrh scanu

Návrh scanu je program sloužící k návrhu a úpravě průběhu pulsního potenciálového programu (PPP). Zápis PPP je schematicky znázorněn pomocí ikon na panelu, průběh pulsu je zobrazen v okně. Pomocí myši lze ikony (= příkazy) přidávat, ubírat či modifikovat. Vložení ikony - vybereme myší z horní lištv ikonu a klepneme na místo na panelu, kam jí chceme umístit.

viozeni ikony - vybereme mysi z norni listy ikonu a klepneme na misto na panelu, kam ji chceme umist

Vyjmutí ikony - vybereme ikonu z panelu a klepneme vedle panelu.

Poklepání na ikonu - modifikace příkazu. V případě, že je zadán název parametru, objeví se možnost jeho nastavení v okně nastavení parametrů.

#### Pauza

délka a název pauzy (doba, po kterou je potenciál konstantní)

## Potenciál

nastavení potenciálu vůči lineárně rostoucí základně

Pokud název parametru začíná znaménkem minus, jeho hodnota se násobí -1

#### Měření Měření 0

měření po danou dobu (průměruje se)

Pokud příkazu Měření předchází v zápisu scanu příkaz Měření 0, odečte se jeho naměřená hodnota (Měření 0) od aktuálně změřené hodnoty (Měření) diferenční měření.

## Elektrodový stojan

#### Tlačítka a kontrolky:

STIR. INTENSITY: vlevo LO, vpravo HI a z každé strany zelená kontrolka. Rozsvícení znamená nastavení intenzity na nízké, resp. vysoké obrátky míchadla.

ELECTRODES: vedle dvě zelené kontrolky 3, 2 a nad nimi červená kontrolka s nápisem ON. Přepínání dvojelektrodového a tříelektrodového systému. Přepnutí elektrod signalizuje příslušná kontrolka. Vložení napětí z počítače signalizuje červená kontrolka.

DAMPING a jedna zelená kontrolka. Zapínání a vypínání tlumení (tlumení je konstantní a jeho velikost není závislá na měřeném signálu). Zapnutí je signalizováno kontrolkou.

Vzhledem ke značně vysoké časové konstantě tohoto filtru jej nelze používat při měření pulsními technikami.

#### Elektrodová hlava:

Rtuťová minielektroda nebo jiná pracovní elektroda se vkládá do středového otvoru. Rozmístění ostatních elektrod, přívodu inertního plynu a míchadla je libovolné.

#### Elektrické propojení:

Propojení elektrodového stojanu s počítačem mnohažilovým kabelem.

Zdířky v horní části elektrodového stojanu se propojí takto:

WORK - boční kontakt od rtuťové elektrody nebo kontakt pevné (pracovní) elektrody

REF - referentní elektroda

AUX W - 3. elektroda (pomocná)

AUX R - zem

GAS INLET - vodiče od plynového ventilu. Teflonovou hadičkou napojit dusík na stranu ventilu, kde je pouze jeden otvor, dalšími dvěma hadičkami propojit ventil z druhé strany s probublávacím F-kusem. V případě použití elektromagnetického ventilu Cole-Parmer je přívod dusíku připojen na střední otvor, výstupy pak na oba krajní otvory.

SENSOR - vodiče z vrchu rtuťové elektrody

STIRRER - vodiče z míchadla; při použití průtokového systému připojeno externí ovládání čerpadla

DISLODGE - vodiče od klepátka. Do plexisklového válce zasadit rtuťovou elektrodu a tento válec pak umístit ve stojánku uprostřed.