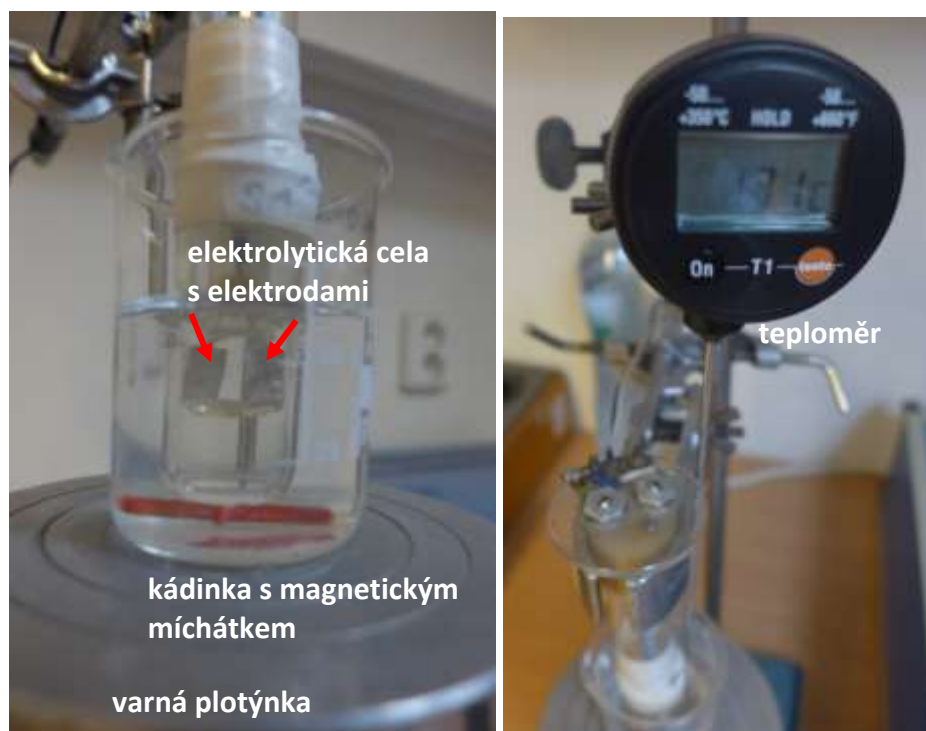


## Úloha 4: Pohyblivost částic

Měření probíhá na samostatně sestaveném zapojení střídavého mostu v případě měření odporu mezi elektrodami v elektrolytické cele ponořené do roztoku sádrovce a na automatickém zařízení se střídavým mostem s vlastním displejem, když měříme následně roztok KCl.



Obr. 1 Celkové zařízení střídavých mostů pro měření odporu pomocí střídavého napětí. Vlevo: sestavený střídavý most podle schématu v návodu; vpravo: automatický střídavý most.



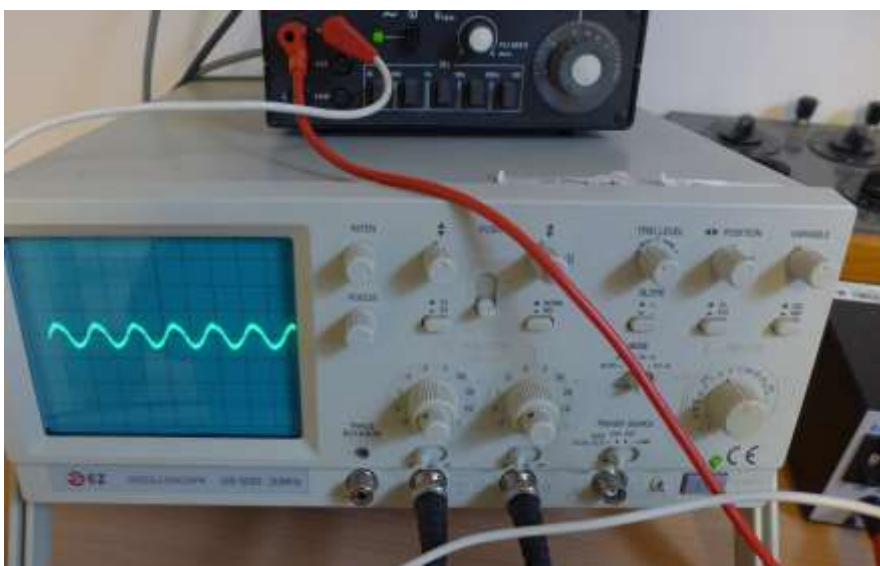
Obr. 2 Vlevo: Detail elektrolytické cely s roztokem sádrovce na varné plotýnce; Vpravo: detail teploměru pro měření teploty roztoku v cele.



Obr. 3 Detail odporové (vlevo) a kapacitní (vpravo) dekády pro vyrovnávání odporu a kapacity roztoku mezi elektrodami v cele.



Obr. 4 Detail odporových dekád  $R_a$  (vlevo) a  $R_b$  (vpravo) které jsou obě ponechány na stejné hodnotě 500 Ohm.



Obr. 5 Detail zdroje harmonických kmitů napětí s nastavitelnou frekvencí  $f$  (nahore) a detail osciloskopu použitého pro detekci střídavého signálu okolo rovnovážné polohy mostu (dole).

**První část povinné úlohy 4** spočívá v měření závislosti odporu mezi elektrodami v cele v nasyceném roztoku sádrovce (obr.2), kdy používáme manuálně zapojený střídavý most, viz obr. 1,3-5. Z naměřeného odporu cely se sádrovcem pro teploty 15-21°C určíme ze známé vodivosti nasyceného roztoku sádrovce, viz tabulka 1 v návodech, kapacitu A elektrolytické cely.

**Ve druhé části povinné úlohy 4** provádíme měření odporu mezi elektrodami cely s 0,02 molárním roztokem KCl ( $0.02 \text{ mol/l} = 20 \text{ mol/m}^3$ ), kdy využíváme již jen automatický střídavý most s vnitřní frekvencí  $f=1 \text{ kHz}$ , viz detail na obr. 6. Kapacitu cely A použijeme z první části.



kapacita nebo  
indukčnost  
vodivost nebo  
odpor

Obr. 6 Detail přístroje obsahující automatický střídavý most pro měření odporu, kapacit a indukčnosti.

**Volitelná úloha 4B** využívá experimentu z povinné části 4, kdy zahříváme kádinku s roztokem KCl až do teplot okolo 70°C. Tento zahřátý roztok pak můžeme využít k ohřátí cívky s měděným drátem o celkové délce  $L=29 \text{ m}$  a průřezu  $S$  s průměrem  $d=0.112 \text{ mm}$ . Cívku s drátem ponoříme do ohřátého roztoku KCl a sledujeme chladnutí roztoku s cívkou. Teplota roztoku pak přibližně odpovídá teplotě měděného drátu jeož odpor průběžně měříme. Chladnutí cívky pak můžeme urychlit přiléváním čisté vody do kádinky s roztokem s KCl. Před experimentem také nezapomeneme změřit odpor cívky při pokojové teplotě. Odpor cívky měříme opět automatickým střídavým mostem.



Obr. 7 Cívka s měděným drátem a příslušenství kádinek pro měření uloh 4 a 4B

**Volitelnou úlohu 4A** měříme standartně pomocí mikroskopu s kamerou připojenou na monitor. Na monitoru pak pozorujeme náhodně se pohybující částice běloby pod objektivem mikroskopu, konající tzv. Brownův pohyb. Polohy částic zaznamenáváme v časových intervalech  $\Delta T=5$  s na průhlednou fólii, přilepenou lepicí páskou na monitor. Pro zpracování pak využíváme intervaly  $\Delta T=5, 10, 15$  s, jako násobky 5. Interval  $\Delta T=5$  s, kdy pokaždé uděláme tečku fixou na fólii v místě aktuální polohy částice, registrujeme pomocí metronomu. Metronom si můžeme nainstalovat jako aplikaci třeba do chytrého telefonu a použít  $12 \text{ bpm} = 5 \text{ s}$ . Např. Metronomeros (zdarma bez reklam) <https://play.google.com/store/apps/details?id=mh.knoedelbart.metronomeros> a jiné další. Také je třeba na fólii zaznamenat měřítko úsečky o velikosti  $50 \mu\text{m}$  pomocí Bürkerovy komůrky. To vše pak překreslíme na průsviný papír a přiložíme ke zpracovávanému protokolu.



Obr. 8 Celkové vybavení pro pozorování Brownova pohybu částic pod mikroskopem.



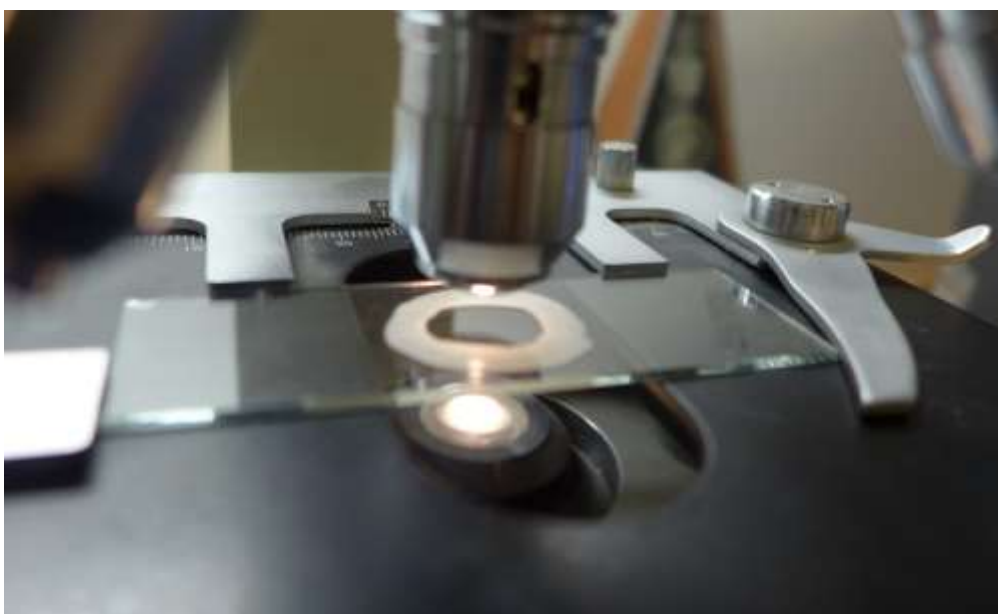
Obr. 9 Vlevo: Vzadu mechanický metronom, vpředu podložní a krycí sklíčka s tubou běloby a kapalinou jako prostředím pro částice. Vpravo: aplikace Metronomeros v chytrém telefonu, která může sloužit pro generování pravidelných zvukových pulsů za účelem zaznamenání polohy částic v daných aktuálních polohách.



Obr. 10 Mikroskop s monitorem a Bürkerovou komůrkou pod objektivem ukazující měřítko 50  $\mu\text{m}$ .



Obr. 11 Detail Bürkerovy komůrky pod objektivem.



Obr. 12 Detail vzorku pro Brownův pohyb pod objektivem.