

# Pohled učitelů na realizaci výuky elektrochemie na střední škole s podporou simulací

HANA HENYCHOVÁ, VERONIKA MACHKOVÁ



**Abstrakt:** Elektrochemie je standardní součástí výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu na středoškolské úrovni, ale je považována za kritické místo učiva zejména pro svou vysokou abstrakci. Využití vizualizace elektrochemických principů, a zejména počítačových simulací by mohlo být prostředkem, který by obtížné úseky učiva mohl žákům při učení i učitelům při vyučování usnadnit. V textu přinášíme výsledky realizovaných polostrukturovaných rozhovorů s učiteli chemie na gymnáziích, které byly zaměřeny na jejich názory a zkušenosti s výukou elektrochemie a na možnosti, které by mohly poskytnout počítačové simulace elektrochemických jevů a principů. V rámci rozhovorů byl zjišťován rozsah výuky elektrochemie, strategie výuky, kritická místa učiva a využití počítačových simulací na příkladu galvanického článku a elektrolyzy. Z výsledků rozhovorů vyplývá, že učitelé elektrochemii do výuky zařazují v souvislosti s výukou redoxních dějů a výrob některých kovů. Žáci podle respondentů nejčastěji chybují v určení směru toku elektronů a určování počtu vyměněných elektronů v redoxní reakci.

**Klíčová slova:** Elektrochemie, simulace, redoxní reakce, výuka chemie na gymnáziu.

HENYCHOVÁ, H. & MACHKOVÁ, V. 2023. Pohled učitelů na realizaci výuky elektrochemie na střední škole s podporou simulací. *Arnica* 13(1), 28–34. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, ISSN 1804-8366.

Rukopis došel 17. 1. 2023; byl přijat po recenzi 30. 5. 2023.

*Hana Henychová, Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, Praha 1, Česká republika; e-mail: hanahenychova95@gmail.com • Veronika Machková, Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové, Hradecká 1285, 50003, Hradec Králové, Česká republika; e-mail: machkova@uhk.cz*

## Úvod

Elektrochemie bývá často zařazována do výuky témat redoxních dějů, které jsou vnímány jako kritické místo učiva chemie už na úrovni základní školy a přetrvávající na úrovni středních škol (Rychtera *et al.* 2018; Karpudewan & Huri 2023). Ve výuce mohou vznikat u žáků z důvodů vysoké míry abstrakce, komplexnosti a dalekého přesahu učiva různé obtíže. Z metaanalýzy Tsaparlise (2018) vyplývá, že žáci mají problém identifikovat redoxní rovnice, nedokáží vysvětlit rozdíl mezi elektrolyzou a galvanickým článkem, nedokáží popsat průchod elektrického proudu kovy a elektrolyty, nesprávně označují ve schématech děje probíhající na anodě a katodě, chybně interpretují hlavní principy elektrochemie, jako jsou přeměny elektrické energie na chemickou a naopak, vedení proudu v roztocích, průběh chemické reakce vyvolané elektrickým proudem. Z oblasti elektrochemie jsou elektrolyza a galvanický článek vnímány jako velmi problémová témata pro žáky v průřezu všemi vzdělávacími úrovněmi (Tsaparlis 2018).

S rozvojem informačních a komunikačních technologií roste podíl využívání počítačových simulací při výuce přírodních věd jako informativního, motivačního nebo hodnotícího prostředku výuky (Huri & Karpudewan 2019, Fadzli *et al.* 2020). Jako možné řešení podpory názornosti výuky elektrochemie se jeví využití počítačových simulací, které by mohlo redukovat obtíže žáků při osvojování tohoto učiva.

Cílem výzkumu je zkoumání efektivity implementace počítačových simulací do výuky tematického celku redoxních reakcí ve výuce chemie na střední škole. Součástí tématu redoxních reakcí je elektrochemie. Ke zjištění způsobu výuky elektrochemie na střední škole a naplnění očekávaných výstupů žáků jsme provedli polostrukturované rozhovory s deseti učiteli chemie na gymnáziích z pěti různých krajů. Cílem bylo zjistit, kdy konkrétně učitelé do výuky na střední škole zařazují elektrochemii. Která konkrétní témata z elektrochemie ve výuce zmiňují, jakých využívají výukových metod a učebních pomůcek a která témata z oblasti elektrochemie (především ve výuce elektrolyzy a galvanického článku) představují pro žáky problémová místa.

## Design části orientačního šetření

Pro zjištění názorů a zkušeností učitelů chemie na gymnáziích v tematickém celku Elektrochemie jsme zvolili polostrukturované rozhovory, které byly vedeny online v prostředí MS Teams. Sběr dat, tedy realizace rozhovorů, probíhal od ledna do května 2022 a zúčastnilo se ho celkem deset učitelů chemie z gymnázií z pěti krajů České republiky. Pro realizaci polostrukturovaných rozhovorů bylo osloveno e-mailem 80 učitelů s aprobací chemie a dalšího jiného předmětu z 12 krajů. Učitelé ze škol byli oslovovali cíleně z větších měst. Na počátku byli vybírání

učitelé z regionální blízkosti školy, kde probíhá realizace výzkumu. S deseti učiteli byly rozhovory uskutečněny tak, že probíhaly do stavu teoretické nasycenosti, tedy do chvíle, kdy z rozhovorů vyvstávaly zcela nové informace v rámci výše stanovených cílů rozhovorů. Přehled respondentů uvádí tab. 1.

Kraje	Počet oslovených respondentů	Počet realizovaných rozhovorů
Jihočeský	7	1
Jihomoravský	8	1
Královéhradecký	6	0
Moravskoslezský	12	2
Pardubický	5	1
Plzeňský	4	0
Olomoucký	38	5

Tab. 1. Přehled výběru respondentů pro polostrukturované rozhovory.

Otázky byly rozděleny podle zjišťovaných cílů na tyto oblasti:

- 1) Obsah výuky elektrochemie
- 2) Metody výuky elektrochemie
- 3) Problémová místa učiva elektrochemie

První část rozhovorů byla zaměřena na rozsah výuky elektrochemie na daném gymnáziu a na obsahové zařazení tématu. Druhá část se týkala používaných výukových metod a organizačních forem výuky a také didaktických prostředků (učebních pomůcek a didaktické techniky). V této části byly respondentům představeny vybrané simulace elektrolýzy a galvanického článku, viz obr. 1 a obr. 2 (Henychová & Machková 2021). Respondenti se vyjadřovali k otázce, zda by prezentované simulace využili k podpoře výuky, s jakým cílem a ve které fázi výuky by je zařadili. Poslední oblast otázek byla zaměřena na místa v elektrochemii, která dělají žákům největší problém. Soubor otázek byl pilotován v listopadu 2021. Na základě pilotáže byly některé otázky upraveny.

Po doslovném přepisu rozhovorů následovala analýza s využitím zakotvené teorie, která probíhala ve třech na sebe navazujících etapách (Strauss & Corbinová 1999, Švaříček & Šedová 2007):

- 1) Otevřené kódování
- 2) Axiální kódování
- 3) Selektivní kódování

Chemistry Simulations : Electrolysis

Overview Learning Outcomes Experiment Experiment Step 5

In the Microscopic View, you will notice five points where you can see what is happening at the atomic level.

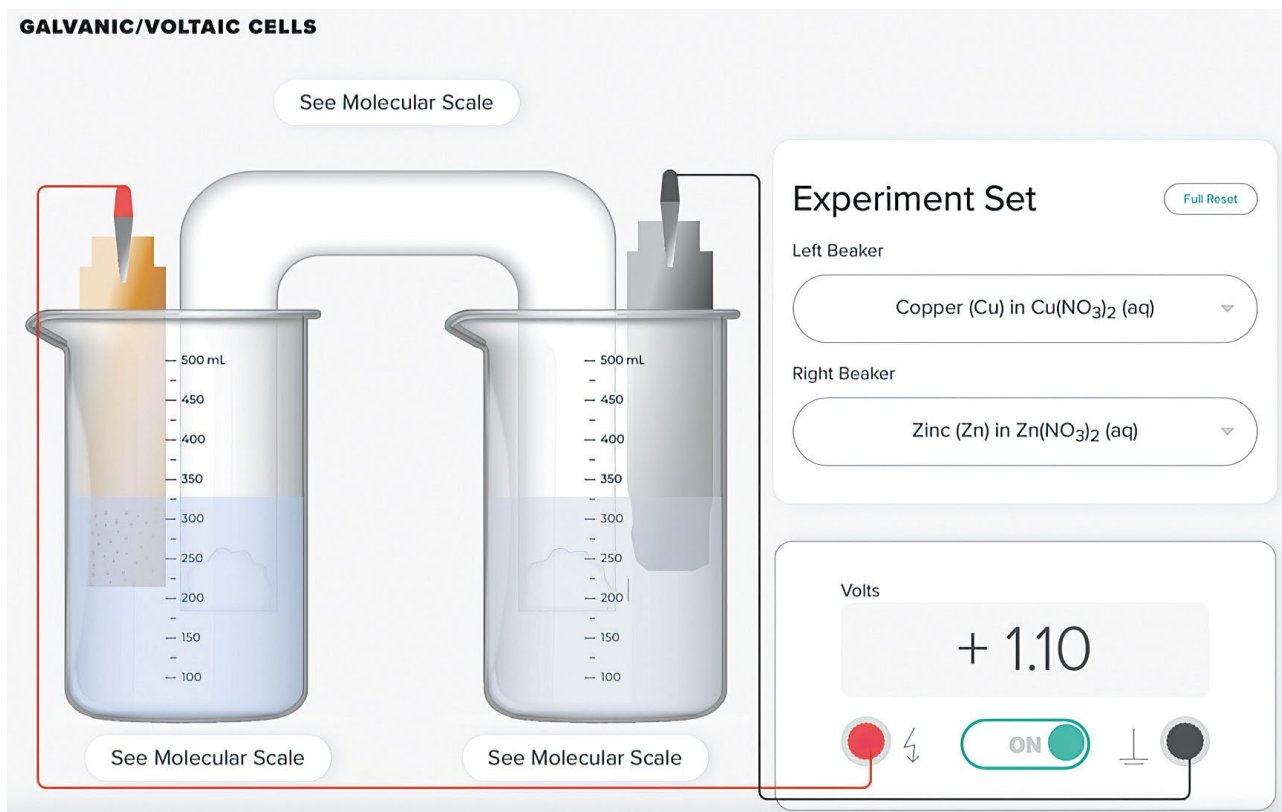
Explore the Microscopic Views by clicking on each point to watch an animation.

Switching between Macroscopic and Microscopic views is only possible when the timer is running and the reaction is going on.

Go back to the Macroscopic View to continue running the experiment.

Macroscopic View Ni(NO3)2 (aq) Standard Reduction Potentials ( $E^\circ$ )

Obr. 1. Vybraná simulace elektrolýzy pro výuku elektrochemie na gymnáziu [https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/html5/Electro/Electro.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/html5/Electro/Electro.php).



**Obr. 2.** Vybraná simulace galvanického článku pro výuku elektrochemie na gymnáziu <https://teachchemistry.org/classroom-resources/voltaic-cells>.

Otevřené kódování probíhalo již v průběhu sběru dat z rozhovorů a jejich přepisování pro ověření teoretické nasycenosti metodou papír a tužka. Kódy byly vytvářeny *in vivo*, tedy vycházely přímo z toho, co respondent řekl. Průměrně vycházelo na jeden rozhovor 20 různých kódů, které byly postupně tříděny do tematicky společných skupin a dále upravovány. Podobné kódy byly zjednodušovány a zahrnuty pod jeden společný kód. V této fázi bylo vyselektováno několik ústředních témat:

- Zařazení elektrochemie do výuky a její rozsah
- Využívané metody při výuce elektrochemie
- Očekávané výstupy žáků
- Akceptace využití simulace v elektrochemii
- Problémové části učiva

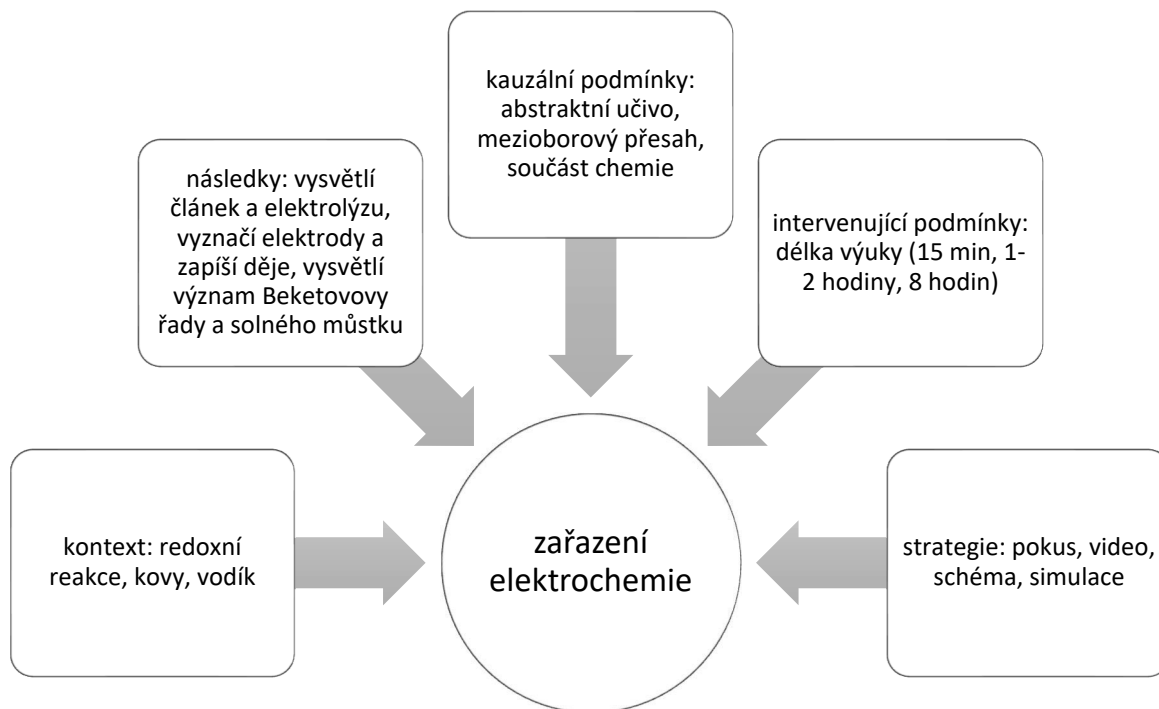
Následovalo axiální kódování, kde byla ústřední témata zkoumána dle Švaříčka & Šedové (2007). Témata byla analyzována z hlediska kontextu výuky, strategií, které jsou ve výuce aplikovány a následků, které témata na žáky mají. Sledovány byly také intervenující podmínky, tedy to, co ovlivňuje volbu strategie, např. časová dotace na dané téma, a kauzální podmínky, tedy příčiny, které vedou k danému jevu, např. abstrakce učiva. Tímto způsobem byla vytvořena příslušná pojmová schémata (viz část Výsledky). Ve schématech jsou použity kódy,

které se v rámci otevřeného kódování objevovaly u různých respondentů nejpouzeji.

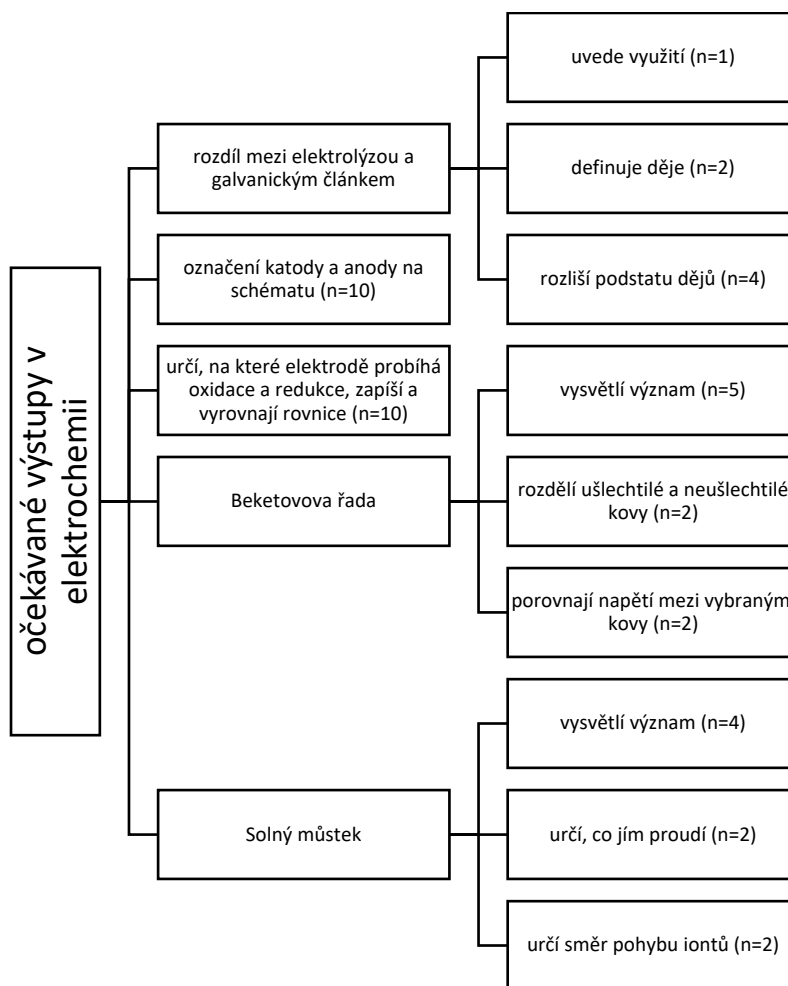
Poslední fáze selektivního kódování sledovala souvislosti mezi všemi vyvstalými hlavními tématy.

### ■ Výsledky polostrukturovaných rozhovorů

Z polostrukturovaných rozhovorů s učiteli chemie vyplynula následující schémata dle konkretizovaných témat z fáze otevřeného kódování. V rámci prvního tématu zařazení elektrochemie do výuky bylo axiálním kódováním vytvořeno schéma na obr. 3. Ze schématu vyplývá, že elektrochemie zařazována do výuky nejčastěji v souvislosti s redoxními reakcemi, kovy nebo u tématu vodík. Pro výuku jsou nejčastěji využívány prostředky videa, pokusy, vytvořená schémata a ojedinele i simulace. Volba těchto strategií se nejčastěji odvíjí od časové dotace k danému tématu. Důvody, proč vyučující zařazují dané téma do výuky, jsou abstraktnost učiva, tedy jde o učivo, kterým žáci potřebují projít společně s vyučujícím. Dalšími důvody zařazení učiva do výuky jsou mezioborový přesah a fakt, že jde o důležitou součást učiva chemie. Výstupy žáků jsou podrobněji zanalyzovány na schématu na obr. 4. Tématu využívaných metod při výuce chemie není věnováno samostatné schéma, protože je obsaženo v analýze všech ostatních hlavních témat. Jde ale také o jedno z hledisek, která byla sledována.



Obr. 3. Axiální kódování tématu zařazení elektrochemie do výuky na gymnáziu.

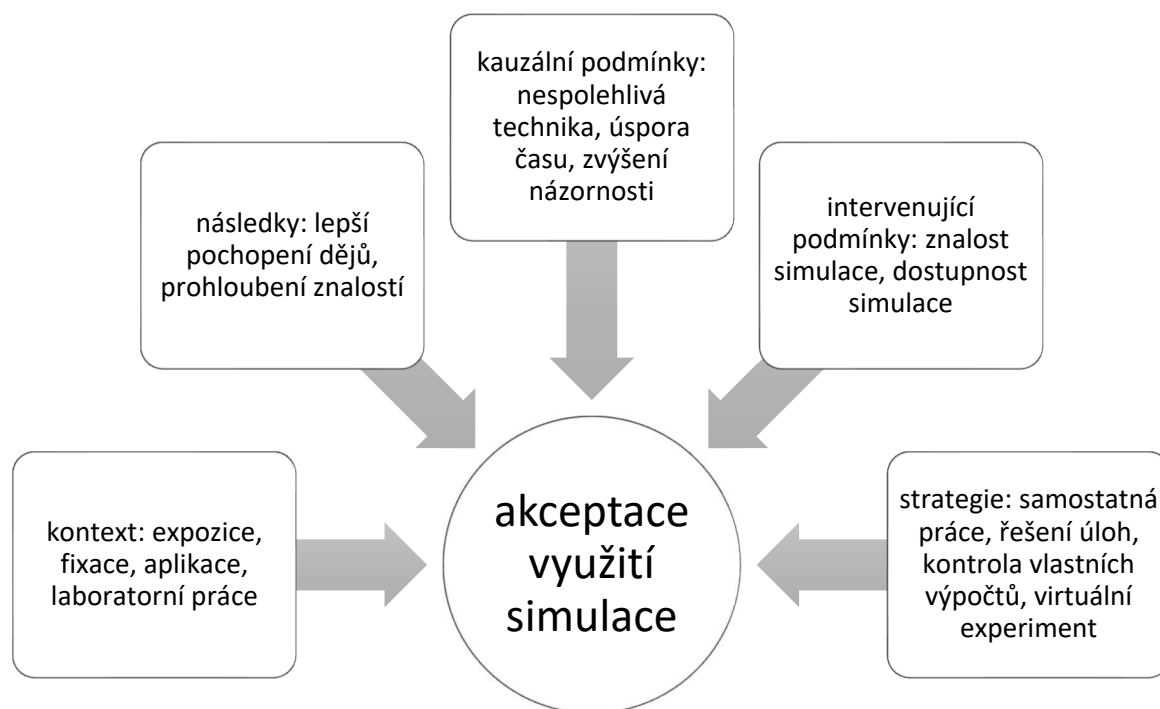


Obr. 4. Axiální kódování tématu požadovaných výstupů žáků při výuce elektrochemie na gymnáziu.

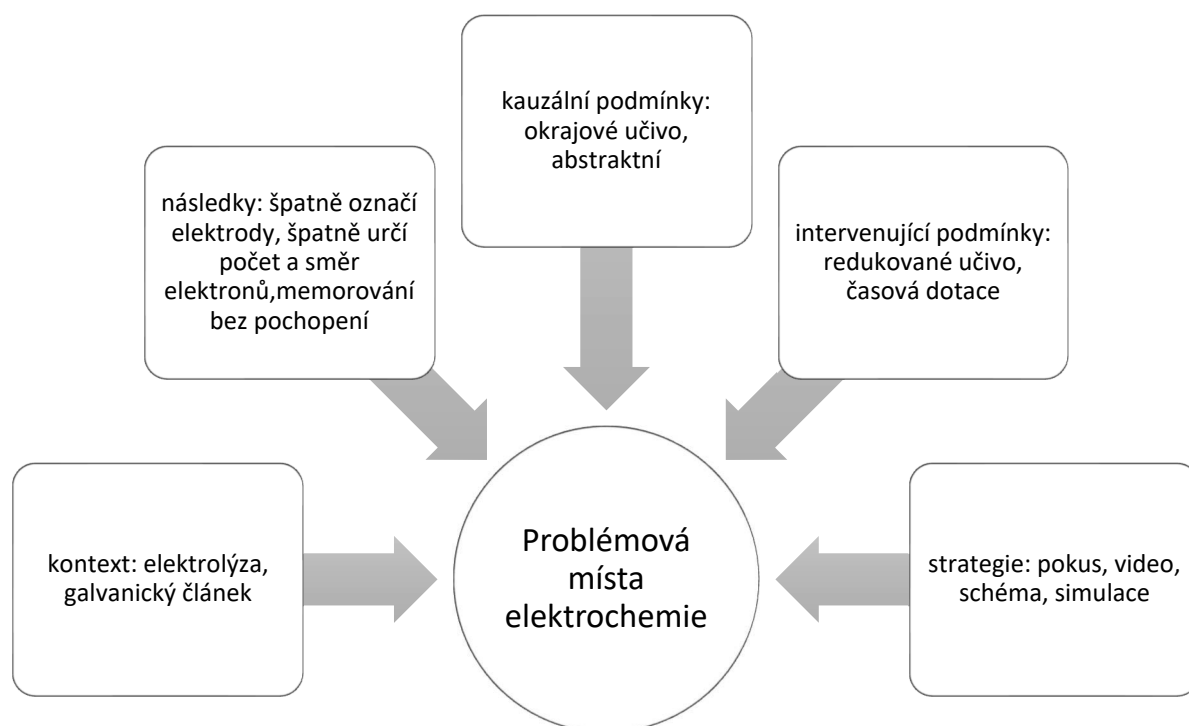
Na obr. 4, který popisuje očekávané výstupy žáků při výuce elektrochemie, je vidět, že všichni dotazovaní učitelé považují označení elektrod a určení dějů na elektrodách za klíčovou znalost žáků. Dále sedm z deseti učitelů požaduje na žácích vysvětlení rozdílu mezi elektrolyzou a galvanickým článkem, ať už definicí nebo vysvětlením podstaty daných dějů. Při výuce galvanického článku je od žáků očekáváno vysvětlení významu Beketovy řady napětí kovů, podle které žáci určí,

kteřé kovy jsou pro sestavení galvanického článku vhodné, tedy kde by očekávali mezi elektrodami největší napětí a solného můstku, který propojuje obě prostředí elektrod.

Na obr. 5 je výsledek analýzy akceptace využití simulace ve výuce chemie. Dotazovaní učitelé by simulace, které jim byly před rozhovorem dopředu zaslány, využili ve kterékoli fázi hodiny, nejčastěji k prohloubení znalostí a hlubšímu pochopení děje.



Obr. 5. Axiální kódování tématu akceptace využití simulace ve výuce na gymnáziu.



Obr. 6. Axiální kódování tématu problémová místa elektrochemie na gymnáziu.

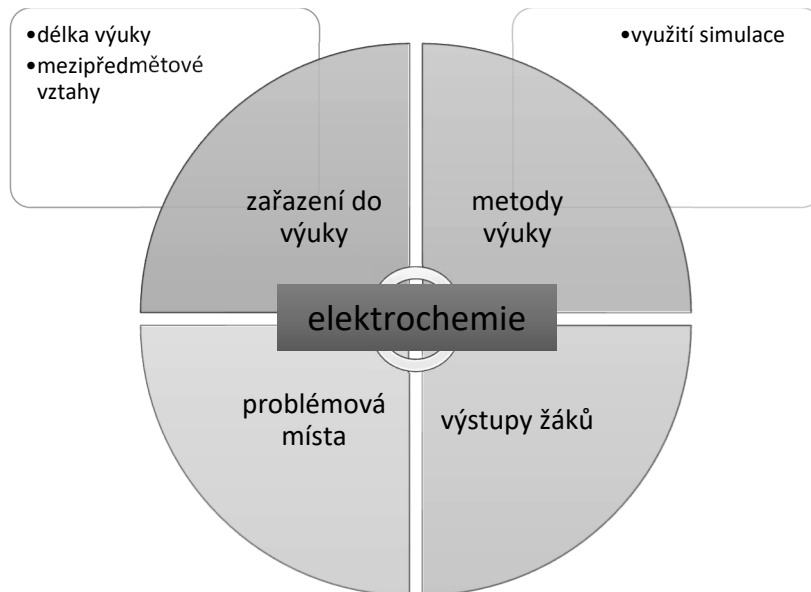
Zvolili by pro to formu samostatné práce, kontrolu vlastních výpočtů a/nebo reálný nebo virtuální experiment (počítačovou simulaci) v laboratorní práci. Důvody, které ovlivňují četnost zařazování počítačových simulací do výuky, jsou dostupnost simulací a schopnost jejich ovládnutí. Výsledky získané na základě odpovědí učitelů se shodují i s výsledky výzkumu Shim *et al.* (2005), kde jsou uvedeny další příčiny problémů se zařazováním počítačových simulací, a to limity současných technologií a nedostatek nástrojů pro vlastní tvorbu počítačových simulací. Další problém způsobuje také nespolehlivá technika, např. nestabilní wifi připojení, počítač je neaktualizovaný a příliš pomalý nebo nejsou všechny tablety plně nabité. Naopak pozitivně jsou hodnoceny úspora času a zvýšení názornosti.

Posledním ústředním tématem, které z rozhovorů vystalo, byla problémová místa učiva elektrochemie zobrazená na obr. 6. Je patrné, že v rámci elektrochemie je pro žáky nejproblémovější téma elektrolýzy a galvanického článku. Žáci zde nesprávně označují elektrody, nesprávně určují směr elektronů a učivo si celkově jen krátkodobě zapamatují. Jak respondenti uvádějí, je to pravděpodobně způsobeno okrajovostí učiva a abstrakcí tématu, i když je výuka dle respondentů vedena s pomocí pokusů, schémat, videí a ojedinele i pomocí počítačových simulací dle možnosti časové dotace.

Po axiálním kódování následovalo selektivní kódování uvedené na obr. 7, ze kterého je patrné, že respondenti se nejvíce věnovali tématům zařazení do výuky, používaných výukových metod, materiálních didaktických prostředků, výstupů žáků a kritických míst učiva.

### ■ Limity provedené části orientačního šetření

V přípravné fázi realizace výzkumu byli pro spolupráci úspěšně oslovení nejvíce učitelé z geograficky blízkých škol působení první autorky výzkumu, šlo především o gymnázia z Olomouckého kraje, z něhož je tak mezi respondenty nejvíce zástupců (tab. 1). Učitelé ze škol v dalších krajích nebyli osloveni náhodně, ale cíleně z větších měst. Šlo tedy o účelový výběr vzorku. Tyto limity by bylo třeba v dalším podobném výzkumu omezit např. náhodným výběrem respondentů z celé republiky. Přestože se při realizaci polostrukturovaných rozhovorů podařilo dospět do stavu teoretické nasycenosti, vytvoření obecně platných závěrů ze získaných výsledků je problematické a je možné ho použít jako vybraný případ.



Obr. 7. Selektivní kódování polostrukturovaných rozhovorů.

### ■ Závěr

V průběhu ledna až května 2022 bylo s učiteli chemie na gymnáziích realizováno deset polostrukturovaných rozhovorů zaměřených na realizaci výuky elektrochemie a očekávané výstupy žáků. Učitelé ve svých výpovědích uváděli, že elektrochemii zařazují vždy do výuky chemie jako její platnou součást, a to nejčastěji v rámci tématu redoxních reakcí a výroby vybraných prvků v anorganické chemii. Z elektrochemie vyučují hlavně elektrolýzu a galvanický článek. Za kritická místa elektrochemie učitelé považují přesun elektronů v rámci dějů elektrolýzy a galvanického článku. K výuce používají nejčastěji demonstrační metody, ale i žákovský pokus. Z multimediálních prostředků využívají především online dostupná videa. Počítačové simulace zatím nevyužívají běžně, ale vidí potenciál jejich využití k prohloubení a fixaci učiva i k redukci obtíží s identifikovanými kritickými místy učiva.

### ■ Literatura

FADZLI, S., YAHAYA, J., DERAMAN, A., HAMDAN, A. R., HALIM, L., YAHAYA, N. Z., ZAHARI, M. S. M. & RAIS, I. A. 2020. Environment based virtual interaction to enhance motivation of STEM education: The qualitative interview design and analysis. *Education and Information Technologies* 25: 775–790. DOI: 10.1007/s10639-019-09996-y.

HENYCHOVÁ, H. & MACHKOVÁ, V. 2021. Didaktická analýza online dostupných počítačových modelů elektrolýzy a galvanického článku. 93–100. In *Sborník příspěvků 16. Mezinárodní seminář doktorandů didaktiky chemie a příbuzných doktorandských studijních*. Univerzita Hradec Králové, Hradec Králové.

- HURI, N. H. & KARPUDEWAN, M. 2019. Evaluating the effectiveness of Integrated STEM-lab activities in improving secondary school students' understanding of electrolysis. *Chemistry Education Research and Practice* 20: 495–508.
- KARPUDEWAN, M. & HURI, N. H. 2023. Interdisciplinary electrochemistry STEM-lab activities replacing the single disciplinary electrochemistry curriculum for secondary schools. *Journal of Chemical Education* 100(2): 998–1010. DOI:10.1021/acs.jchemed.2c00469
- RYCHTERA, J., BÍLEK, M., BÁRTOVÁ, I., CHROUSTOVÁ, K., SLOUP, R., SMÍDL, M., MACHKOVÁ, V., ŠTROFOVÁ, J., KOLÁŘ, K. & KESNEROVÁ ŘÁDKOVÁ, O. 2018. Která jsou klíčová, kritická a dynamická místa počáteční výuky chemie v České republice? *Arnica* 8(1): 35–44.
- SHIM, B., BROCK, D. & JENKINS, L. 2005. Developing practical criteria for evaluating online patient simulations: a preliminary study. *Medical Teacher* 27(2): 175–177., DOI: 10.108%1421590400019450.
- STRAUSS, A. & CORBINOVÁ, J. 1999. *J. Základy kvalitativního výzkumu: postupy a techniky metody zakotvené teorie*. Sdružení Podané ruce, Boskovice. 196 s.
- ŠVAŘÍČEK, R. & ŠEĐOVÁ, K. 2007. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Portál, Praha. 377 pp.
- TSAPARLIS, G. 2018. Teaching and Learning Electrochemistry. *Israel Journal of Chemistry* 59. DOI:10.1002/ijch.201800071.

## E English summary

### The view of teachers on the implementation of teaching electrochemistry in secondary school

Electrochemistry is part of the teaching of chemistry and is considered a critical place in the curriculum for its abstraction and interdisciplinary overlap. Simulations could be a means to ease these difficulties for students, but now they are not a regular part of teaching. The aim of the research is implementation simulations in the teaching of electrochemistry at grammar school. This article describe the results of semi-structured interviews with ten chemistry teachers at grammar schools. The interviews were focused on the implementation of electrochemistry teaching at secondary school, teaching strategies, critical areas of the curriculum and the use of simulations in teaching. The interviews showed that electrochemistry is most often discussed as one of the examples of redox reactions. Teachers most often use videos and diagrams to teach electrochemistry. Simulations would most often be used by teachers to repeat and consolidate the subject matter. They see electrolysis and the galvanic cell as the most problematic areas of electrochemistry. According to the respondents, students most often make mistakes in moving electrons during reactions.

**Key words:** Electrochemistry, simulation, redox reactions, teaching chemistry at the grammar school.