

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

Jaroslav Heyrovský

-

významná osobnost světové vědy a techniky

Luboš Dufek

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra filozofie

Studijní program Humanitní studia

Studijní obor Evropská kulturní studia

Diplomová práce

Jaroslav Heyrovský

-

významná osobnost světové vědy a techniky

Luboš Dufek

Vedoucí práce:

Doc. PhDr. Nikolaj Demjančuk, CSc.

Katedra filozofie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2016

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2016

.....

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Mládí a studia Jaroslava Heyrovského.....	3
2. 1 Dětství a dospívání.....	3
2. 2 Studia.....	4
3 Heyrovský jako profesor, vědec a objevitel.....	9
3. 1 Práce na akademické půdě.....	9
3. 2 Objev polarografie.....	11
3. 3 Heyrovského škola.....	17
4 Polarograf a polarografická metoda.....	26
4. 1 Vynález polarografu.....	26
4. 2 Rtuťová kapková elektroda.....	27
4. 3 Použití polarografu.....	31
4. 4 Využití polarografie v praxi.....	33
5 Vývoj poznamenaný válkou.....	35
5. 1 Doba před válkou.....	35
5. 2 Druhá světová válka.....	42
5. 3 Poválečný vývoj.....	46
6 Nobelova cena pro Jaroslava Heyrovského	51
7 Heyrovského odkaz.....	61
7. 1 Ocenění osobnosti Jaroslava Heyrovského.....	61
7. 2 Nadační fond Jaroslava Heyrovského.....	61
7. 3 Výstava Příběh kapky.....	62
8 Závěr.....	64
9 Seznam použité literatury a zdrojů.....	65
10 Resumé.....	68
11 Přílohy.....	69

1 Úvod

Téma mojí diplomové práce má název „Jaroslav Heyrovský – významná osobnost světové vědy a techniky“. Jaroslav Heyrovský jakožto vědecká osobnost 20. století je jedním ze dvou českých nositelů Nobelovy ceny a zároveň jediným Čechem, který toto ocenění získal v oblasti přírodních věd. Osobností Jaroslava Heyrovského jsem se již zabýval při svém předchozím studiu v rámci předmětu Historie a filozofie chemie, a proto jsem chtěl svoje znalosti o jeho osobnosti rozšířit a prohloubit. To byl jeden z hlavních důvodů, proč jsem si vybral toto téma.

Cílem této diplomové práce bude podat ucelený pohled na vědeckou práci Jaroslava Heyrovského a také analyzovat vědecký a politický kontext 20. století, jehož nedílnou součástí byla jeho osobnost. Ve své práci bych se chtěl zaměřit na soukromý i vědecký život Jaroslava Heyrovského včetně veškerých souvislostí. Kromě Heyrovského je také potřeba zmínit jeho profesory, kteří ho přivedli k zájmu o přírodní vědy a později k oboru fyzikální chemie. Dále také nelze opomenout jeho české či zahraniční žáky a spolupracovníky, kteří mu v jeho vědecké práci pomáhali. Neméně důležité je přiblížit polarografii, kterou Jaroslav Heyrovský objevil, rozvinul a dostal ji prakticky do celého světa, čímž si postupně získal velké uznání ve vědeckých kruzích, které vyvrcholilo udělením Nobelovy ceny.

Diplomová práce je rozdělena celkem do šesti kapitol. V první kapitole bych se chtěl věnovat mládí a studiím Jaroslava Heyrovského, zmínit poměry, ze kterých pocházel a poté zdůraznit především jeho studia v Anglii, která Heyrovského zásadním způsobem ovlivnila v jeho osobním i vědeckém životě. Velmi důležitou byla také Heyrovského rigorózní zkouška v červnu 1918 v Praze, která ho vlastně posunula k jeho pozdější vědecké dráze. Ve druhé kapitole bych se chtěl zabývat Heyrovským již jako profesorem a také objevitelem a vědcem. Důraz by měl být kladen hlavně na objev polarografie a vědeckou školu, kterou Heyrovský vybudoval ze svých žáků. Třetí kapitola by měla sloužit k podrobnějšímu popisu polarografie jako vědecké metody, jejíž základem je elektroda se rtuťovou kapkovou elektrodou. Měl by zde být zmíněn také vynález přístroje polarografu a příklady využití polarografie v praxi. Ve čtvrté kapitole se chci zaměřit na vývoj doby před druhou světovou válkou, během války a po ní. V podkapitole o druhé světové válce by měl být zmíněn především Heyrovského německý přítel Johann Böhm, jehož se jako antinacisty Heyrovský zastával a měl kvůli tomu nemalé problémy. Pak už by měla následovat pátá kapitola, která bude věnována Nobelově ceně nejprve obecně a poté přímo Heyrovskému a jeho cestě k tomuto ocenění, která byla velmi složitá zdlouhavá. V poslední kapitole se pak zaměřím na odkaz Jaroslava Heyrovského, bude zde zmíněn Nadační fond Jaroslava Heyrovského a putovní výstava Příběh kapky.

Ze seznamu literatury, která je uvedena v závěru diplomové práce, jsem nejvíce čerpal

z biografie *Jaroslav Heyrovský*, kterou napsal Heyrovského žák Jiří Koryta. Dále jsem výrazně čerpal z publikace Jiřího Jindry *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989* a mnoha dalších článků od tohoto autora, které mi během našich dvou osobních setkání sám poskytl. Také jsem si s panem doktorem Jindrou popovídal o tématu mé diplomové práce a setkal jsem se též s Michaelem Heyrovským, synem Jaroslava Heyrovského, který mi také poskytl několik zdrojů. Ohledně Nadačního fondu Jaroslava Heyrovského jsem se pak dotazoval paní Mgr. Jitky Macháčkové.

2 Mládí a studia Jaroslava Heyrovského

2.1 Dětství a dospívání

Rod Heyrovských pocházel z Rokycan, kam se z obce Hejrov (dnes Přední Výtoň v jižních Čechách¹) ve druhé polovině 17. století přesunul jejich prapředek, který zde vykonával funkci kostelníka. Jeho potomci se v Rokycanech usadili a zabývali se zpracováním kůže, což bylo jejich řemeslo. V 18. století se stal Matyáš Heyrovský rokycanským měšťanem a velmi významným členem rodu byl jeho syn Ferdinand Šimon Heyrovský, který vystudoval práva na pražské univerzitě. Později se stal magistrátním radou ve Volyni a poté purkmistrem v Rokycanech. Kromě vedení města se zabýval nejen vystudovaným právem, ale psal také knihy o lesnictví a hornictví. Spolu se svou ženou Rozálií měl celkem šest dětí včetně nejmladšího syna Adolfa, což byl pradědeček Jaroslava Heyrovského. Adolf Heyrovský se dostal do Prahy z Českých Budějovic, přičemž v obou městech dělal soudního radu.²

Jaroslav Heyrovský se narodil 20. prosince 1890 v Praze na Starém Městě. Jeho otcem byl Leopold Heyrovský, syn již zmiňovaného Adolfa Heyrovského, který jako vzdělaný člověk sehrál v životě Jaroslava významnou roli. Leopold byl právníkem, profesorem a později rektorem Univerzity Karlovy. Mezi jeho přátele patřili mimo jiných první československý prezident Tomáš Garrigue Masaryk nebo někdejší ministr financí profesor Josef Kaizl. Matka Jaroslava Heyrovského se jmenovala Klára a byla dcerou okresního hejtmana v Prachaticích. Heyrovský měl celkem čtyři sourozence, z toho tři starší sestry a jednoho mladšího bratra. Nejstarší sestrou byla Klára, která se zajímala především o výtvarné umění. Další sestra Marie byla svým vzhledem a chováním asi nejvíce podobná Jaroslavovi a poslední sestra Helena po dvou sňatcích s vojenskými důstojníky zemřela během druhé světové války v Alžíru. Jediným bratrem Jaroslava Heyrovského byl o dva roky mladší Leopold. Rád dělal se svým starším bratrem různé přírodovědecké pokusy, ale nakonec se dal na studium práv. Později pracoval na ministerstvu obchodu, jeho hlavním zájmem však byla entomologie, tedy studium hmyzu. Leopold se dokonce stal předsedou a později čestným předsedou Československé společnosti entomologické.³

Jako dítě byl Jaroslav Heyrovský poměrně živý. S rodiči vyrážel na výlety, při kterých dováděl se svým bratrem Leopoldem. Už jako malý se Jaroslav zajímal o přírodovědu, kromě toho měl také rád hudbu a sport. V hudebním kroužku hrál na klavír především vážnou hudbu. Zajímavostí je, že jeho učitelkou byla Berta Škroupová, tedy vnučka skladatele české národní hymny. Co se týče sportu, tak nejraději měl Heyrovský fotbal, který sám aktivně hrál a byl

1 JINDRA, J., *Z dopisů Jaroslava Heyrovského (Výběr z korespondence z let 1919-1967)* [online]. s. 474 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Z_dopisu_Jaroslava_Heyrovského.pdf

2 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 9-10.

3 Tamtéž, s. 10-11.

fanouškem Slavie Praha. Dále provozoval i házenou, lyžování, plavání a horolezectví.⁴ Sportovní aktivity pěstoval ať už se svým bratrem Leopoldem, nebo se Zdeňkem Myslbekem, tedy synem slavného českého sochaře.⁵

Roku 1901 se Heyrovský dostal na Akademické gymnázium, které sídlilo na Smetanově nábřeží v Praze. Bylo to klasické gymnázium, kde se kladl velký důraz na výuku latiny a staré řečtiny. Matematika a přírodní vědy měly jen málo hodin, ale Heyrovský si to uměl vynahradiť ve svém volném čase. V nižších třídách se Heyrovský nejvíce zajímal o botaniku a zoologii, se svým bratrem Leopoldem sbíral zkameněliny.⁶ Už jako chlapec se snažil psát vědecké učebnice, do kterých přidával své vlastní ilustrace. Také si domů bral malá zvířátka a ve škole pomáhal svému učiteli přírodovědy Františku Bayerovi starat se o školní sbírku. Středoškolský učitel Jaroslav Jeništa pak vzbudil u Heyrovského opravdový zájem o fyziku a chemii, který vedl k různým zajímavým pokusům jako například se starou rentgenovou lampou, když si s bratrem Leopoldem vytvořili snímky vlastními rukou nebo akvária s rybičkami, které potom rozesílali jako novoroční přání. Jednou dokonce Jaroslav a Leopold zamořili celou ulici kouřem z chloridu amonného, který získali smícháním kyseliny chlorovodíkové s amoniakem.⁷ S kolegou Otou Tipalem také Heyrovský sestrojil hvězdářský dalekohled a pravidelně pozorovali oblohu. Ze všech těchto zájmů během středoškolských let vzešel Heyrovského velký zájem o fyziku a chemii, což později rozhodlo o jeho profesi. Ještě se sluší dodat zajímavost, že kromě již zmiňovaného Zdeňka Myslbeka byl Heyrovského spolužákem od sedmé třídy gymnázia také Karel Čapek, později slavný spisovatel.⁸ Jedním z jeho profesorů na gymnáziu pak byl spisovatel Zikmund Winter, autor například známého historického románu *Mistr Kampanus*.⁹

2. 2 Studia

Jaroslav Heyrovský odmaturoval roku 1909 a poté se rozhodoval, kam budou směřovat jeho další kroky. Lákalo ho studium fyzikální chemie, tedy oboru mezi fyzikou a chemií. Tuto specializaci si ale nemusel vybírat hned v prvním ročníku. Takže si poněkud paradoxně na filozofické fakultě české univerzity zapsal přednášky z matematiky, fyziky a chemie. Nejraději měl přednášky profesora Braunera z anorganické chemie a profesorů Závisky a Kučery z fyziky. To

4 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 11-12.

5 KHÁS, L., *Jaroslav Heyrovský: Founder of Polarography*, s. 8.

6 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 12-13.

7 HEYROVSKÝ, M., STEJSKALOVÁ, K., *Story of the Drop: The Way to the Nobel Prize over the Falling Mercury Droplets*, in: *The Electrochemical Society Interface*, Vol. 24, No. 4, Winter 2015, s. 36.

8 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 13-14.

9 HEYROVSKÝ, M., STEJSKALOVÁ, K., *Story of the Drop: The Way to the Nobel Prize over the Falling Mercury Droplets*, in: *The Electrochemical Society Interface*, Vol. 24, No. 4, Winter 2015, s. 36.

však samozřejmě nemohlo plně uspokojit Heyrovského velký zájem o tyto vědy. V celém tehdejší Rakousko-Uhersku neexistovala žádná významnější fyzikálně chemická škola, a tak Heyrovský musel hledat v zahraničí. Fyzikální chemie se v té době nejvíce rozvíjela v Německu, Anglii a Francii. Německo však Heyrovského příliš nelákalo a Francie mu nepřipadala dostatečně seriózní, proto si nakonec vybral Anglii. Právě anglická tradice přírodních věd vyvolávala v Heyrovském největší zájem. Například Robert Grosseteste z oxfordské univerzity ve 13. století zdokonalil Aristotelovu analýzu jevů jako základ pro poznání vztahu mezi příčinou a následkem. Grossetesteovým žákem byl Roger Bacon, který je považován za zakladatele experimentální vědy. Dalšími osobnostmi přírodních věd z anglického prostředí byli matematický fyzik William of Heytesbury, zakladatel nauky o magnetismu William Gilbert, tvůrce krevního oběhu Robert Boyle, slavný fyzik a matematik Isaac Newton nebo John Dalton, který se zasloužil o vysvětlení chemického slučování na základě atomové teorie. V novější době se přírodní věda postupně přesunula z tradičních univerzit v Oxfordu a Cambridgi do Londýna, kde pracovali Benjamin Thompson, Humphry Davy či Michael Faraday. Roku 1826 pak byla v Londýně založena University College, kam právě Heyrovský v roce 1911 nastoupil na tříleté studium. To je v Anglii běžné, protože vysokoškolskému studiu předchází tzv. šestá třída, která trvá dva roky a je zaměřena pouze na přípravu před vysokou školou. Heyrovskému tuto přípravu nahradil jeden rok, který strávil na univerzitě v Praze. Přestože to byla pro jeho otce Leopolda poměrně velká finanční zátěž, tak s podporou ohledně zahraničního studia svého syna vůbec neváhal.¹⁰

Z anglických vědců byl Heyrovského vzorem sir William Ramsay, který byl profesorem chemie na University College a objevitelem vzácných plynů neonu, argonu, kryptonu a xenonu, za což v roce 1904 obdržel Nobelovu cenu za chemii. Ramsay se v začátcích své vědecké kariéry zabýval anorganickou chemií, teprve později se začal věnovat fyzikální chemii. Jeho způsob určování hmotnosti molekul kapaliny pomocí povrchového napětí je z roku 1893, na konci svého života se pak Ramsay zabýval podzemní plynofikací kamenného uhlí, přičemž v roce 1912 přišel s vlastním návrhem na řešení této otázky. O dva roky dříve Ramsay sestrojil speciální mikrováhy, díky kterým určil atomovou hmotnost radonu. Nejvýznamnějším počinem Ramsaye byl ovšem bezpochyby již zmiňovaný objev vzácných plynů. V roce 1886 se pomocí spektrální analýzy podílel na objevu helia na Slunci a roku 1895 objevil první ze vzácných plynů, kterým byl argon. Během dalších pěti let pak spolu s chemikem Morrisem Traversem objevil v atmosféře také krypton, xenon a neon.¹¹

Heyrovského základní přednáškou na University College byl kurz obecné a fyzikální

10 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 14-16.

11 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 14.

chemie, který vedl právě jeho oblíbenec Ramsay spolu s Williamem Lewisem. Heyrovský také chodil na výborné přednášky z matematiky a fyziky. Vysoké školy v Anglii se svým přístupem lišily od jiných evropských škol. Mnoho se nepřednášelo a přednášky byly ještě doplňované o tzv. tutorials, které vedli asistenti nebo docenti. Zkoušky byly zásadně písemné, jenom disertace se obhajovala ústně. Způsob výchovy na anglické vysoké škole Heyrovského zásadně ovlivnil. Velkým přínosem byly laboratoře, kam chodili učitelé a často se svými studenty diskutovali. Pobyt na anglické škole se na Heyrovském projevil i tím způsobem, že od té doby si psal laboratorní poznámky v angličtině. V jeho záznamech bylo napsáno např. „five drops added“ (přidáno pět kapek), neboť Heyrovský kapátkem přidával kapky roztoků do nádoby.¹²

Studium v Anglii zvládal Heyrovský bez problémů, takže v roce 1913 získal hodnost Bachelor of Science – tzn. bakalář přírodních věd. Samozřejmě chtěl ve studiu pokračovat dál, jenže v tom samém roce odešel Ramsay do důchodu, takže se Heyrovský nemohl vydat svým vytouženým směrem. Nástupcem Ramsaye se stal Frederik Donnan, který přišel na University College z univerzity v Liverpoolu. Jeho zaměření však bylo jiné, Donnan se jako elektrotechnik zabýval například elektrochemií membrán. Přesto se Heyrovský k Donnanovi přihlásil jako postgraduální student a zároveň se stal demonstrátorem, tedy začínajícím asistentem. Tématem jeho budoucí disertace byl výzkum hliníkové elektrody. Bylo to celkem složité, protože chování hliníku se studuje daleko obtížněji než u jiných kovů. Práce se samotnou hliníkovou elektrodou byla neefektivní, a proto Heyrovský začal pracovat s amalgámovou hliníkovou elektrodou (nasycený roztok hliníku ve rtuti). Amalgámu pak nechal odkapávat rychlostí jedné kapky za jednu minutu. Ani tento postup však nebyl ideální, protože se na povrchu začal vytvářet bílý oxid hlinitý a prudce vzrůstal vodík. Heyrovský si na základě toho začal klást obecné otázky ohledně vzniku napětí galvanického článku, vysvětlení chování solí rozpuštěných ve vodě, mechanismu vylučování vodíku, kyselosti nebo zásaditosti látek nebo slučování prvků s kyslíkem. Heyrovský usilovně pracoval na svých laboratorních pokusech a určitě by v nich pokračoval, kdyby v Anglii o prázdninách nebyly laboratoře zavřené. Heyrovský se tedy roku 1914 vrátil do Čech a zde ho zastihla první světová válka. Do Anglie se však vrátit nemohl, takže až do konce roku pracoval v laboratoři profesora Štěřby-Böhma v Chemickém ústavu české univerzity.¹³

V lednu 1915 ale musel Heyrovský narukovat do tehdejší rakousko-uherské armády. Byl přidělen do zdravotního oddílu a zařazen k 28. pěšímu pluku, který měl posádku v uherském Szegedu, ale plukovní nemocnici v Táboře. Heyrovský pracoval v lékárně a na rentgenovém oddělení. V Táboře pokusy nedělal, ale spíše přemýšlel nad výsledky, které získal

12 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 16-17.

13 Tamtéž, s. 17-19.

experimentováním v Anglii. Roku 1916 se nemocnice přestěhovala z Tábora do rakouského Iglsu. Tam Heyrovský ve volném čase experimentoval s rozpouštěním hliníku v hydroxidech a kyselinách. Před koncem války se ještě musel přesunout do Vídně, ale poté onemocněl zánětem středního ucha a mohl se vrátit do Prahy. Toho zároveň využil k sepsání své disertační práce, kterou vytvořil z pokusů v Anglii, Iglsu i vlastních úvah, o nichž přemýšlel během vojenské služby. Jeho práce nesla název *O elektroafinitě alumina* a předložil ji na filozofické fakultě české univerzity, protože přírodovědecká fakulta byla založena až o pár let později. Před udělením doktorátu ještě 27. června 1918 skládal rigorózní zkoušku. Zkoušejícími byli profesor anorganické chemie Bohuslav Brauner, profesor farmaceutické chemie Jan Stanislav Štěrba-Böhm a profesor experimentální fyziky Bohumil Kučera.¹⁴

Profesor Brauner studoval v Heidelbergu u známého německého chemika Roberta Wilhelma Bunsena, který založil princip spektrální analýzy a objevil několik prvků. Brauner se zabýval především oborem chemie vzácných zemin a pracoval zde na objevu některého z prvků, což se mu ale nakonec nepovedlo uskutečnit. Přítelem Braunera se stal slavný ruský chemik Dmitrij Ivanovič Mendělejev. Právě jeho periodický systém, který je dnes všeobecně uznávaný a vyučovaný na školách, Brauner velmi propagoval.¹⁵

Větší vliv na Heyrovského pozdější objev měl však profesor Bohumil Kučera. Profesor Kučera byl už od svého mládí mimořádně nadaný a jeho zájem o fyziku vzbudil profesor Josef Theurer na gymnáziu v Praze. Kučera tedy po maturitě začal studovat na filozofické fakultě pražské univerzity, kde si zapsal fyziku a matematiku a nejvíce ho zaujaly přednášky všestranného fyzika Františka Kolářka, za jehož žáka je Kučera považován. Na pražské univerzitě také Kučera vedl spolek nazývaný Sedmikolo, který tvořili posluchači přírodních věd a budoucí profesori či autoři učebnic. Po studiích v Praze zamířil do zahraničí, když nejprve studoval elektrotechniku ve švýcarském Curychu a poté v německém Darmstadtu. Kučerovou výhodou byla výborná znalost jazyků, neboť ovládal němčinu, angličtinu a francouzštinu. Po habitilaci v Darmstadtu se Kučera vrátil do Prahy, kde se začal věnovat radioaktivitě a velkého úspěchu dosáhl při výzkumu rozptylu α -částic na kovových fóliích. Práce Kučery a jeho kolegy Maška měla světový význam, protože vedla k dalšímu studiu rozptylu α -částic Hansem Geigerem, Ernestem Marsdenem a Ernestem Rutherfordem, což nakonec pomohlo Rutherfordovi k navržení jeho planetárního modelu atomu. Proto byl Kučera jmenován ředitelem Státního radiologického ústavu a kromě mnohých kontaktů se slavnými zahraničními fyziky vytvořil významnou vědeckou školu, do které patřili například profesori Václav Dolejšek a August Žáček.¹⁶

14 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 19-20.

15 Tamtéž, s. 20.

16 Tamtéž, s. 20-22.

Právě Kučera se zabýval jevem zvaným elektrokapilarita. Jeho habilitační práce z roku 1903 na univerzitě v Darmstadtu měla v češtině název *Povrchové napětí polarizované rtuti*. Jako kapilarita se označují jevy, které jsou spojené s povrchovým napětím kapalin (latinsky kapka je *capilla*). Za normální pokojové teploty je jediným kapalným kovem rtuť. Jako kov je rtuť dobrým vodičem elektřiny, takže její povrch můžeme snadno nabít z vhodného elektrického zdroje. Náboje, které jsou soustředěné v povrchu nabitě (tedy polarizované) rtuti, přitahují z roztoku ióny opačného znaménka a vytváří s nimi zvláštní kondenzátor zvaný elektrická dvojvrstva. Náboj soustředěný na povrchu rtuti se také zásadně mění podle potenciálu rtuťové elektrody, tedy podle napětí, kterým je rtuť nabíjena. Změna náboje znamená i změnu povrchového napětí rtuti, neboť náboje se vzájemně odpuzují a působí proti směru povrchového napětí. Takový jev se nazývá elektrokapilarita. Kučera ve své habilitační práci navrhl novou metodu pro studium elektrokapilarity, konkrétně pomocí rtuťové kapkové elektrody. Při odkapávání kapaliny z tenké trubičky (tzv. kapiláry) je velikost kapek určena hodnotou povrchového napětí, což platí také pro rtuťové kapky. Kučerovým doporučením bylo vážit kapky a probíhalo to tak, že se pokaždé vážily desítky kapek zachycené na speciální skleněné lžičce a osušené filtračním papírem. Tato metoda byla sice zdoluhavá, ale zároveň přesná.¹⁷ Ke Kučerovi a jeho metodě se ještě podrobněji dostaneme v podkapitole Objev polarografie.

Pokud jde o Heyrovského disertační práci, ta byla výborná a zkoušející ho osobně znali, takže zkouška byla pojata jako vědecká diskuse. Heyrovský měl ve své práci také část, která se zabývala jeho pokusy s hliníkovou amalgámou. Tento pokus úspěšný nebyl, ale přesto se Kučera obecně zeptal na elektrokapilaritu. Heyrovský odpověděl správně, Kučera ho však upozornil na odlišné hodnoty povrchového napětí měřené jeho metodou a klasickou metodou francouzského fyzika Lippmanna. Další zkoušející Brauner k tomu ale řekl: „To může rozřešit jen fyzikální chemik!“ To byl impuls pro Heyrovského jakožto jediného specialistu na fyzikální chemii z celé univerzity a naprosto zásadně to ovlivnilo jeho vědeckou dráhu. Co se týče zkoušky, tak tu Heyrovský úspěšně složil, takže 26. září 1918 promoval na doktora filozofie. Heyrovského ovšem hlavně zaujal Kučerův problém, takže přijal jeho pozvání k návštěvě v univerzitním Fyzikálním ústavu, kde ho Kučera podrobně seznámil s touto problematikou včetně svých prací. Heyrovský poté ve volném čase začal pracovat u něj, aby vysvětlil tyto „Kučerovy anomálie“, tedy závislost povrchového napětí na potenciálu kapkové elektrody.¹⁸

17 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 21-22.

18 Tamtéž, s. 22-23.

3 Heyrovský jako profesor, vědec a objevitel

3.1 Práce na akademické půdě

Kromě vysvětlení „Kučerových anomálií“ však Heyrovský pracoval především na univerzitě v Chemickém ústavu, kde byl od roku 1918 Braunerovým asistentem. Kromě toho se zabýval studiem iónů a sloučenin hliníku, konkrétně hydroxidu hliníku a dalších útvarů, které vznikaly při rozpouštění chloridu hlinitého ve vodě. O výsledcích těchto výzkumů napsal šest vědeckých publikací, které byly zveřejněny v chemických časopisech *Journal of the Chemical Society*, *Chemické listy* a *Rozpravy České akademie věd a umění*. Profesor Brauner dobře věděl o schopnostech svého asistenta Heyrovského, a proto s ním počítal jako s budoucím profesorem nově zřízeného oboru fyzikální chemie. V dubnu 1920 tedy Brauner navrhl zahájení habilitačního řízení a 6. července Heyrovský absolvoval habilitační přednášku. Na podzim téhož roku byla Heyrovskému udělena „venia docendi“, tedy právo přednášet s titulem docent. Jeho přednášky a cvičení se samozřejmě týkaly fyzikální chemie. Heyrovský si připravoval svoje přednášky v laboratorních sešitech a jeho přednáškový kurz trvající čtyři semestry obsahoval základy fyzikální chemie, termodynamiku, kinetickou teorii hmoty, elektrochemii, fyzikální vlastnosti hmoty a fyzikálně chemické výpočty. Heyrovský si obvykle dělal poznámky v angličtině, ale přednášky měl zaznamenané v češtině. Přednášky byly natolik kvalitní, že by se takto mohlo přednášet i v současné době. Co se týče vedení praktických cvičení v laboratoři, Heyrovský vypracoval zadání dvanácti úloh, přičemž každý z dvanácti studentů se během jednoho semestru zabýval jednou z těchto úloh. Cvičení zahrnovala dva dny v týdnu a nekolidovala s přednáškami. Jak uvádí Koryta, tuto strukturu cvičení zavedenou Heyrovským v roce 1920 převzal ve 40. letech profesor Rudolf Brdička a podobně tato praktika probíhají také v současnosti.¹⁹

Výsledky z let 1913-1920, které Heyrovský předložil jako habilitační práci, posloužily také k jeho disertační práci na univerzitě v Londýně. Hodnost Doctor of Science (která je vyšší než doktorát filozofie Ph.D) mu byla udělena roku 1921. Heyrovský rozděloval své poznámky v laboratorních sešitech na dva oddíly: snadný výzkum (easy research) a pokročilý výzkum (advanced research). Zatímco „snadný výzkum“ se týkal jeho dosavadní práce, jako například vlastnosti amalgámů hliníku, vlastnosti hlinitanů, zinkátů, cínatanů či elektrodové potenciály horčíku nebo vápníku, „pokročilý výzkum“ směřoval k velkému objevu, který Heyrovský později učinil. Heyrovského vědecká práce, organizace cvičení z fyzikální chemie a jeho odborné články v *Chemických listech* byly těmi nejlepšími předpoklady pro to, aby podle Braunerova přání vedl fyzikálně chemický ústav na univerzitě. To však mělo jeden zádrhel, protože ještě před vznikem

19 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 24-25.

přírodovědecké fakulty byl podán návrh na zřízení ústavu fyzikální chemie, který měl vést doktor Jiří Baborovský, což byl profesor fyzikální chemie na České vysoké škole technické v Brně.²⁰

Jiří Baborovský vystudoval v Praze nejdříve farmacii a poté fyziku a chemii. V roce 1898 získal hodnost magistra farmacie a za další čtyři roky promoval na doktora filozofie. Během svých univerzitních studií v letech 1900-1902 byl asistentem profesora organické chemie Bohuslava Raýmana. Pravděpodobně na radu docenta Šulce a také z vlastního zájmu o fyzikální chemii se Baborovský v roce 1899 zúčastnil v Lipsku kurzu fyzikální chemie, který pořádal slavný profesor a později nositel Nobelovy ceny Wilhelm Ostwald.²¹ Tu obdržel roku 1909 za své práce o katalýze a za výzkumy podmínek chemické rovnováhy a reakčních rychlostí. Ostwaldovy nejdůležitější práce se týkaly teorie elektrolytické disociace, při níž dochází ke vzniku iontů v roztocích rozpouštěním elektrolytů v rozpouštědle. Ostwaldovým objevem byla souvislost mezi elektrickou vodivostí roztoků kyselin a stupněm jejich elektrolytické disociace. Z toho vznikl tzv. Ostwaldův zředovací zákon, který vyjadřuje vztah mezi stupněm disociace elektrolytu a jeho koncentrací. Kromě toho se Ostwald věnoval také problémům chemické kinetiky a katalýzy. V roce 1894 pak objevil mechanismus katalýzy a rozpracoval základy výroby kyseliny dusičné katalytickou oxidací amoniaku. Na konci svého života se stal Ostwald celosvětově uznávaným odborníkem ohledně teoretických a praktických problémů barev. Jako jeden ze zakladatelů Mezinárodní společnosti chemiků se také zasloužil o vznik fyzikální chemie jako samostatné vědní disciplíny.²²

Baborovský prakticky hned po své promoci odjel za Ostwaldem do Lipska, kde na tamní univerzitě strávil pět semestrů. Seznámil se zde s rychle se rozvíjejícím oborem fyzikální chemie na světové úrovni a poznal řadu mladých i zkušených vědců, kteří se fyzikální chemií zabývali. Baborovský byl s Ostwaldem prakticky neustále v kontaktu, poslouchal u něj přednášky a skládal z nich zkoušky, ale také vědecky bádá. Výsledkem tohoto bádání byla práce *Zjevy na anodách z kovového magnesia*, která se zároveň stala jeho habilitací roku 1905 po jeho návratu na pražskou univerzitu, kde se stal vůbec prvním docentem fyzikální chemie. Ve stejném roce Baborovský vydal spolu s profesorem Františkem Plzákem učebnici *Elektrochemie*. Baborovský jakožto docent a asistent na univerzitním Chemickém ústavu přednášel fyzikální chemii, přičemž jeho hlavní doménou byla elektrochemie. Zároveň také sepsal mnoho publikací o svých elektrochemických výzkumech. V roce 1910 byl Baborovský doporučen fakultou ke jmenování mimořádným profesorem, k čemuž došlo o rok později a roku 1912 se stal řádným profesorem v Brně, kam se přesunul na Českou vysokou školu technickou. V moravské metropoli se Baborovskému postupem času povedlo vybudovat Ústav teoretické a fyzikální chemie, který byl zaměřený především na

20 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 24-26.

21 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 145.

22 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 19.

hydrataci iontů. Právě tomuto tématu se Baborovský věnoval téměř třicet let a udělal si tím velké jméno. V Brně byl považován za skvělého pedagoga a vedl zde přednášky i cvičení z fyzikální chemie. Roku 1920 vydal učebnici s názvem *Theoretická a fyzikální chemie*, kterou za dalších šest let rozšířil ve druhém vydání a věnoval ji svému učiteli profesorovi Šulcovi. Než přišel profesor Brdička za více než třicet let se svými *Základy fyzikální chemie*, byla Baborovského práce jedinou českou učebnicí této vědní disciplíny. V letech 1928-1929 přišel Baborovský s knihou *Úvod do theoretické a fyzikální chemie I. a II.* Jeho poslední publikací pak byly *Všudypřítomné koloidy* z roku 1944. Celkem jeho bibliografie čítá asi 120 prací.²³

Na začátku roku 1921 navrhl Brauner jmenovat Jaroslava Heyrovského mimořádným profesorem fyzikální chemie. Souviselo to s jeho dřívějším návrhem ohledně vedení budoucího ústavu fyzikální chemie na Karlově univerzitě. Brauner uvedl, že profesor Baborovský už má v Brně zřízený ústav a šanci by měl dostat mladý a talentovaný vědec, kterým je Heyrovský. Jenže 2. března 1921 byl schválen návrh profesorů Plzáka, Závišky a Kučery, kteří stáli o jmenování Baborovského. Profesor Plzák sice Heyrovského práci chválil, ale zároveň mu vytkl, že jeho vědeckým směrem je „metachemie“. S tím Brauner nesouhlasil a nenechal se odradit od svého postoje. Na další schůzi profesorského sboru už byla sestavena komise pro jmenování Heyrovského a dohoda nakonec zněla tak, že fakulta bude žádat ministerstvo školství o dvě profesury fyzikální chemie. Baborovský ale nakonec od své kandidatury ustoupil, takže roku 1922 byl jmenován pouze Heyrovský. Jak se později ukázalo, bylo to správné rozhodnutí. Baborovský byl nepochybně velmi nadaný člověk a velký znalec fyzikální chemie, ale chyběla mu tvůrčí energie, kterou měl právě Heyrovský. První schůze profesorského sboru se Jaroslav Heyrovský zúčastnil 4. června 1922 a na srpnové schůzi už jako nejmladší člen sboru vedl zápis.²⁴

Nakonec se dá konstatovat, že Baborovského škola fyzikální chemie v Brně, jejímiž žáky byli například profesori Otakar Viktorin, Josef Velíšek nebo Alois Wagner, si nijak nekonkurovala s pozdější Heyrovského školou, protože měla trochu jiné zaměření.²⁵

3. 2 Objev polarografie

Než se dostaneme k objevu Jaroslava Heyrovského a tudíž ke vzniku polarografie, který byl uskutečněn přesně v pátek 10. února 1922 v laboratoři chemického ústavu Univerzity Karlovy, musíme se podívat trochu více do historie elektrochemie. Polarizační křivka představuje průběh elektrochemické polarizace, což je záznam vzájemné závislosti mezi elektrickým proudem a

23 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 145.

24 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 26-27.

25 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 146.

elektrickým napětím na elektrodách při elektrolýze. Právě elektrolýza byla studována a používána už v 18. století a na začátku 19. století byly empirické poznatky o elektrolýze v takové míře, že Michael Faraday mohl v letech 1833 a 1834 formulovat první obecné kvantitativní zákonitosti týkající se vztahu mezi množstvím elektrického náboje, který prochází prostředím při elektrolýze a množstvím látky, jež elektrolýzou vznikla. Ve druhé polovině 19. století se v oblasti přírodních věd postupně formoval nový vědní obor, kterým byla fyzikální chemie. Je dobré si všimnout, že hlavní osobnosti tohoto oboru se zabývaly elektrochemií. Byli to jmenovitě Hermann von Helmholtz, Wilhelm Ostwald, Svante Arrhenius, Jacobus van't Hoff a Walther Nernst. Na úvahy přírodovědců měly v té době vliv nově objevené zákony o zachování energie a jejích přeměnách. Konkrétně v elektrochemii šlo zejména o přeměny mezi energií elektrickou a chemickou. Sledování vztahů mezi elektrickým proudem a napětím v průběhu elektrolýzy mělo získat údaje o energetické stránce tohoto procesu. Později se k tomuto výzkumu přidal také zájem o kinetickou stránku reakcí na elektrodách, tudíž polarizační křivky představovaly důležitý předmět výzkumu. Studium polarizačních křivek bylo tehdy v zájmu mnoha vědců, mezi kterými vyčníval Max Le Blanc. Ten v roce 1890 působil jako asistent profesora Wilhelma Ostwalda na univerzitě v Lipsku, o rok později se stal docentem, roku 1906 řádným profesorem a v letech 1925 až 1926 vykonával funkci rektora na této univerzitě. Le Blanc ve své práci zveřejněné roku 1891 zavedl pojem „rozkladné napětí“ roztoků, které měřil tak, že postupně zvyšoval napětí vkládané na dvě elektrody z krátkých platinových drátků. Při určité hodnotě napětí začal obvodem procházet proud, který indukoval začátek elektrolytické přeměny roztoku. Dá se říci, že Le Blanc se výzkumem polarizačních křivek zabýval během celé svojí vědecké kariéry a například k měření rychlé potenciálové odezvy elektrod při polarizaci proudovými pulsy střídavého směru využíval strunový galvanometr s fotografickou registrací křivek.²⁶

Hermann von Helmholtz se v 80. letech 19. století zabýval elektrochemickou tematikou na fyzikálním ústavu univerzity v Berlíně a navrhl, aby se pro porovnávání elektrolytických procesů na jednotlivých elektrodách dělalo polarizační měření. To mělo kombinovat polarizovatelnou elektrodu o malém povrchu, která mění svůj potenciál vůči roztoku ve vztahu ke vkládanému napětí, s nepolarizovatelnou elektrodou o velkém povrchu, jež při elektrolýze svůj potenciál mění jen minimálně. Právě takto lze srovnávat různé polarizační křivky proti stejnému standardu. Tato úprava měření polarizačních křivek přiměla Walthera Nernsta k myšlence vytvoření elektrochemické analogie tehdy intenzivně studovaných spektrálních křivek udávajících souvislost mezi kvantitativními a kvalitativními vlastnostmi daných látek. Cílem bylo interpretovat tyto křivky po stránce fyzikálně-chemické a zároveň je využít pro analytické účely. V roce 1890 se Nernst jako

26 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 65-66.

docent přesunul z Lipska na univerzitu do Göttingen a založil tam významnou školu elektrochemie. Zde byl také roku 1894 jmenován profesorem a neváhal zapojit své žáky spolu se zahraničními kolegy do základního experimentálního výzkumu polarizace pevných elektrod stejnosměrným napětím v uspořádání podle Hermanna von Helmholtze. Získávané polarizační křivky byly charakteristické stupňovitým tvarem s limitním proudem, který Nernst připsal řízení proudu rychlostí difúze elektroaktivních částic k elektrodě. Nernst však nebyl úplně spokojen s výsledky měření, protože nebyly dostatečně reprodukovatelné. Pověřil proto svého žáka E. Bose, který zavedl plynulou polarizaci elektrod pravidelným pomalým odvětčováním měněného napětí ze smýkavého kontaktu Kohlrauschova bubnu otáčeného elektromotrem. Ani tento postup však nevedl k nějakému zásadnímu zvýšení reprodukovatelnosti výsledků. Nernstův další žák, celým jménem Norman Thomas Mortimer Wilsmore, zjistil svým systematickým zkoumáním polarizačních křivek roztoků kovových iontů, že jednotlivé kovy se z roztoků vylučují pokaždé při určitém „vylučovacím napětí“. Hodnota tohoto napětí byla ale do značné míry závislá na experimentálních podmínkách. Dalším krokem k lepší reprodukovatelnosti polarizačních křivek bylo zavedení rotační elektrody. Ta svým pohybem víceméně očišťovala vlastní povrch od produktů elektrolyzy. Nernst a jeho kolega E. S. Merriam takto dostávali polarizační křivky, jež měly lépe vyvinutý difuzní proud, který se postupně zvyšoval s koncentrací elektroaktivní látky a také s rychlostí rotace elektrody. To se povedlo roku 1905 a krátce na to se stal Nernst profesorem fyziky na univerzitě v Berlíně. Po jeho odchodu v podstatě skončil výzkum specializovaný na polarizační křivky na univerzitě v Göttingen a zároveň tak i slavná éra nernstovské elektrochemie. V Berlíně se Nernst vydal novým vědeckým směrem, díky kterému se stal nositelem Nobelovy ceny za chemii v roce 1920.²⁷ Tu obdržel za své vědecké práce v termochemii, přičemž největší význam měly jeho práce v oblasti nízkých teplot. Roku 1906 formuloval Nernst třetí hlavní větu termodynamiky, podle níž se entropie chemicky stejnorodého tělesa v blízkosti absolutní nuly blíží nulové hodnotě.²⁸

Již zmiňovaný profesor Bohumil Kučera se věnoval jinému druhu fyzikálně-chemické tematiky než Nernst. Jako asistent na fyzikálním ústavu technické univerzity v Darmstadtu se zabýval studiem jevu zvaného adheze, konkrétně adhezí v mezifázi mezi vodnými roztoky a rtuť. Kučera věděl, že adheze látek z roztoku k povrchu rtuťi bude ovlivněna elektrickou dvojvrstvou a hlavně elektrickým nábojem na povrchu rtuťi, jak předtím formuloval von Helmholtz. Tento problém náležel k oboru elektrokapilarity rtuťi, což byla tehdy doména francouzského fyzika Gabriela Lippmanna. Ten zjistil, že mezipovrchové napětí mezi rtuťí a roztokem je závislé na elektrickém napětí, které je vloženo mezi rtuť v kontaktu s roztokem a druhou elektrodu zasahující

27 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 66-67.

28 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 28.

do roztoku podle tzv. elektrokapilární paraboly (tj. křivka ve tvaru paraboly). Tuto křivku Lippmann měřil „kapilárním elektrometrem“, což probíhalo tak, že do zkoumaného roztoku zasahoval kónický konec vertikální skleněné trubice, ve které se pohyboval sloupec rtuti podle výšky připojeného zásobníku rtuti. Hladinu mezifází mezi rtutí a roztokem pak tvořil meniskus rtuti v kónickém konci trubice, který se pohyboval podle mezipovrchového napětí měnícího se na základě změny napětí vkládaného mezi rtuť a druhou elektrodu. Podle toho se meniskus pohyboval nahoru a dolů po kónickém vnitřním povrchu trubice. Pro setrvání menisku ve stále stejné poloze bylo třeba výškou zásobníku rtuti zvyšovat nebo snižovat tlak rtuti v trubici, takže výška rtuťového sloupce v trubici byla vlastně měrou mezipovrchového napětí mezi rtutí a roztokem. Kučera měl proti Lippmannově metodě několik zásadních námitek, co se týkalo její přesnosti. Hladina menisku rtuti v kónickém vnitřním prostoru trubice, kde se nacházel roztok, představovala povrch mezi sklem, rtutí a roztokem, tudíž mezipovrchové napětí muselo být podle Kučery ovlivňováno i přítomností skla. Dalším problémem bylo to, že stálý povrch menisku rtuti byl vystaven stopám nečistot v roztoku, které se během dlouhého měření mohly hromadit na povrchu rtuti a tím měnit její povrchové napětí. Také stálý malý objem roztoku v kónickém prostoru konce trubice mohl podléhat určitým změnám oproti roztoku uvnitř nádoby, což se mohlo projevit na zkreslení přesnosti měření. Kučera proto na radu svého darmstadského kolegy docenta Carla Forcha, který se věnoval měření povrchového napětí kapalin kapkovou metodou, navrhl pro měření mezipovrchového napětí mezi rtutí a roztokem přístroj zvaný „kapkový elektrometr“, který takové nedostatky jako Lippmannův „kapilární elektrometr“ neměl. Kučera totiž nechal rtuť volně vykapávat z Lippmannovy trubice do roztoku a mezipovrchové napětí měřil vážením kapek nebo dobou jejich „života“, což bylo lineárně závislé na mezipovrchovém napětí. Rtuťová kapková elektroda byla od roku 1870 často studovaným tématem elektrochemie a byl to právě profesor Kučera, který jako první použil tento jednoduchý přístroj k přesnému fyzikálnímu měření. Tato metoda přinášela elektrokapilární křivky, které by ve spoustě případů shodně s těmi, které získal Lippmann pomocí své metody. Jen u některých roztoků byly Kučerovy křivky zkreslené, protože v oblasti maxima paraboly docházelo k prudkému zvýšení naměřených hodnot spadajícím nespojitě zpět na parabolický průběh.²⁹

Zde už se dostáváme ke Kučerově zmiňované habilitační práci na univerzitě v Darmstadtu a jeho návratu do Prahy na fyzikální ústav Univerzity Karlovy, kde zaměřil svůj zájem především na nově se rozvíjející obor radioaktivity, ale problematiku elektrokapilarity tak úplně neopustil. Jeho žák Augustin Žáček ještě z Kučerova podnětu vypracoval a roku 1910 obhájil disertační práci na téma *O zjevech elektrokapilárních*. Kučera však stále přemýšlel nad nevyjasněným výskytem anomálního maxima na jeho elektrokapilárních křivkách, což vlastně znemožnilo jeho jinak správné

29 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 67-68.

metodě nahradit tu Lippmannovu. Kučera očekával, že se vše vysvětlí po chemické stránce věci a pak už na podzim roku 1918 přišla na řadu zmiňovaná rigorózní zkouška Jaroslava Heyrovského, kterého možnost vysvětlení Kučerova problému (neboli „Kučerových anomálií“) zaujala a zároveň vlastně přivedla k pozdějšímu objevu polarografie. Rozdíl mezi Kučerovým a Heyrovského měřením byl v tom, že Kučera při svém měření většinou zjišťoval při určité hodnotě napětí, které je vloženo mezi kapající rtuť a rtuť na dně nádoby s roztokem, celkovou váhu 60 až 80 kapek, což bylo velmi zdlouhavé. Oproti tomu Heyrovský používal jednodušší a lepší způsob, když měřil dobu potřebnou k odkápnutí deseti až dvaceti rtuťových kapek. Heyrovský po dobu tří let shromažďoval experimentální materiál, který získal proměřováním vodných roztoků různých anorganických látek a přestože nedokázal vysvětlit příčinu „Kučerových anomálií“, tak se zaměřil na jiný jev, který zpozoroval. V roztocích různých solí vždy od určité hodnoty stejnosměrného napětí, které bylo vloženo záporným pólem na kapkovou elektrodu, přestala doba kapky sledovat parabolický tvar elektrokapilární křivky a najednou nebyla závislá na elektrickém napětí. Heyrovský na základě svých znalostí prací Le Blanca a Nernsta dospěl k závěru, že za daných podmínek je překročeno rozkladné napětí příslušného elektrolytu, přesněji řečeno napětí určeného kationtu (kladně nabitého iontu), a na rtuťové kapce dochází k elektrolytickému procesu.³⁰

Na začátku 20. let si Heyrovský ve svém laboratorním deníku pečlivě zaznamenával poznámky a plán své práce pod nadpisem „Pokročilý výzkum“. Jak už bylo zmíněno, od roku 1919 chodil Heyrovský do laboratoře profesora Kučery a studoval povrchové napětí rtuti pomocí kapkové elektrody. Poté srovnával výsledné hodnoty s klasickou metodou kapilárního elektrometru Gabriela Lippmanna. Samotné měření trvalo vždy velmi dlouho, takže si to Heyrovský zjednodušil tím, že místo vážení kapek měřil dobu kapky, tedy časový interval mezi odkápnutím dalších dvou kapek. Doba kapky se totiž v podstatě rovná váze kapky a zároveň povrchovému napětí rtuti. Přesto však bylo měření zdlouhavé a stále se nedařilo najít odpověď na Kučerovu otázku. Proto Heyrovský dostal nápad, že elektrické napětí vloženo na kapkovou elektrodu (tedy potenciál kapkové elektrody) souvisí s napětím potřebným pro vylučování kovu, jehož ionty jsou obsaženy v roztoku a odkapává do něj elektroda. Jednalo se o vylučování kovového sodíku (Na), když v roztoku byla rozpuštěna sůl kamenná (NaCl). Tento roztok se rozdělil na kladné ionty sodíku (Na⁺) a záporné ionty chloru (Cl⁻). Heyrovský v letech 1921-1922 neustále experimentoval, dokonce i na Silvestra a Nový rok. Na celý školní rok kvůli tomu dostal studijní dovolenou a nemusel přednášet. Měl tak dostatek času věnovat se pouze výzkumu.³¹

Na začátku roku 1921 Heyrovský už jako docent fyzikální chemie přednášel o výsledcích

30 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 68-70.

31 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 29.

svého výzkumu na schůzi Jednoty českých matematiků a fyziků. Na této přednášce byl přítomen i profesor Kučera, který však 16. dubna téhož roku zemřel na srdeční infarkt.³² V závěru roku 1921 napadla Heyrovského myšlenka, že by kromě měření doby kapky rtuti v závislosti na vloženém napětí mohl měřit také elektrický proud, který prochází kapkovou elektrodou. Poté se 1. ledna 1922 pokusil zahrnout do svých pokusů i galvanometr. Ten byl zpočátku málo citlivý, takže výsledky měření nebyly příliš úspěšné. Zanedlouho však Heyrovský dostal od profesora Závíšky citlivý zrcátkový galvanometr zkonstruovaný jeho předchůdcem profesorem Kolářkem, který byl 10. února 1922 zapojen do měřicího okruhu.³³ Jak si Heyrovský zapsal do svého laboratorního deníku 18. ledna téhož roku: „All must be made with the galvanometer!“, tedy vše musí být děláno galvanometrem.³⁴ Pokusy probíhaly v tmavé místnosti, elektrická osvětlovací lampa se štěrbinou vrhala světelné paprsky na zrcátko galvanometru, které bylo připevněno na pavoučím vlákne. Zrcátko odráželo paprsky na stupnici a při průchodu proudu galvanometrem se pootočilo, tudíž se na stupnici změnila poloha světelného indexu. Přestože byla místnost tmavá a nebylo v ní příliš světla, bylo tam možné vidět lesklé kapky rtuti, jak rostou a odtrhávají se od skleněné kapiláry. Zatímco odkapávala rtuť, tak i mírně kmitala světelná značka, což si Heyrovský poznamenal v angličtině („fluctuating rhythmically with the drops“). Heyrovský se soustředil na oblast náhlého vzestupu při napětí 1,9 až 2 V, kde byl hledán vylučovací potenciál. Při tomto potenciálu se vybíjely ióny sodíku a vzniklý sodík se rozpouštěl ve rtuti.³⁵

Heyrovský pokračoval v měření během neděle 12. února. Zjistil, že poloha kapiláry v nádobce a doba kapky nemá žádný vliv. Pokusy opakoval v pondělí a zároveň určoval povrchové napětí. V úterý se zabýval odkápnutými kapkami, které zůstaly v malé lžičce (tzv. „chytači“) a měřil jejich potenciál, který odpovídal elektrodovému potenciálu zředěné sodíkové amalgámy. Od 27. února začal měřit i jiné elektrolyty než chlorid sodný. Mezi ně patřily například chlorid draselný (KCl), chlorid cesný (CsCl) nebo chlorid barnatý (BaCl₂). O pár měsíců později potom pracoval s novým typem nádoby, ze které mohl odstranit rozpuštěný vzdušný kyslík proudem vodíku.³⁶

Na konci dubna začal Heyrovský o svém objevu sepisovat práci, která měla název *Elektrolýza s rtuťovou kapkovou elektrodou* a vyšla v časopise *Chemické listy*. Heyrovský zde popsal princip polarografické elektrolýzy, tedy elektrolýzy se rtuťovou kapkovou elektrodou. Jak Heyrovský uvedl, při své práci touto metodou pozoroval, že se na kapkách rtuti dělaných katodou v neutrálním či alkalickém prostředí i při značné polarizaci nevyvíjí vodík a že spíše vznikne amalgáma i těch nejpozitivnějších kovů. Taková kapková elektroda je proto vhodná ke studiu

32 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 70.

33 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 29.

34 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 70.

35 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 29-30.

36 Tamtéž, s. 30.

katodického vylučování kovů, které by jinak reagovaly s vodou (např. kovy alkalických zemin). Kromě nesnadného vývoje vodíku a velkého „přepětí“ čisté kapající rtuti měla kapková elektroda podle Heyrovského ještě tu výhodu, že v okolí elektrody se díky automatickému míchání odpařujících kapek setkává čistý povrch rtuti s roztokem a tím se odstraňuje změna koncentrace v okolí elektrody (tzv. „koncentrační polarizace“, která obvykle narušuje polarizační měření). Kapky dopadající na dno rtuti navíc slouží jako anoda a taktéž míchají roztok. Vrstva rtuti na dně nádoby sloužila k tomu, že během polarizace udržovala v roztoku chloridu nebo hydroxidu potenciál elektrod, na které mohl být vztahován potenciál polarizované katody. Heyrovský použil při těchto pokusech malou katodu, kterou představovala rtuťová kapka a velkou anodu. Veškerá polarizace se soustřeďovala na katodu, kde se měnil potenciál polarizované rtuti, což neplatilo pro velkou anodu. Vzhledem k poznání daného potenciálu na dně nádoby tedy bylo podle Heyrovského snadné zjistit, že při rozkladném napětí závisí potenciál katody na koncentraci kationtů v roztoku.³⁷

Díky této publikaci se vědecká obec poprvé dozvěděla o objevu z 10. února 1922. Práce vyšla také v angličtině a její překlad byl otištěn v časopise *Philosophical Magazine*. Poté ještě na jaře 1922 Heyrovský připravoval přednášku o chemické vazbě a také napsal další práci o vzniku elektrodového potenciálu. Dá se říct, že Heyrovský byl tehdy ve svém pracovním životě na vrcholu.³⁸

3.3 Heyrovského škola

Jaroslav Heyrovský vybudoval vědeckou školu, kterou tvořili jeho bezprostřední žáci. Ti později pokračovali v tradici, kterou od svého profesora profesora převzali.³⁹ Jak uvádí Koryta, za vědeckou školu lze pokládat jedině takovou školu, kde je tvořena posloupnost výrazných osobností, které se vytvářely ve vztahu učitel-žák, přestože se žáci v pozdější době třeba začali zabývat jiným tématem, než tomu bylo u jejich učitele. Když se podíváme do historie, tak skutečné vědecké školy byly u nás v minulosti zvláštností. Moravský Němec Johann Gregor Mendel, významný vědec 19. století a zakladatel moderní genetiky díky objevu kvantitativních zákonů dědičnosti, vědeckou školu nevytvořil a jeho objev byl doceněn až o třicet let později. Bernard Bolzano, Čech po otci italského původu a jeden ze zakladatelů moderní matematiky, ovlivnil českou společnost svými filozofickými názory, ale matematickou školu také nevytvořil. Známy psycholog Sigmund Freud, který pocházel z Moravy, spojil svou vědeckou kariéru především s Vídní. Český fyziolog a biolog Jan Evangelista Purkyně byl zase svými nejvýznamnějšími vědeckými pracemi spojen s Vratislaví.

37 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 30-31.

38 Tamtéž, s. 31.

39 ŠTRBÁNOVÁ, S., *Jaroslav Heyrovský očima svého syna Michaela: Hledat pravdu v přírodě i v sobě*, in: *Homines scientiarum III: Třicet příběhů české vědy a filosofie*, s. 147.

Pokud se dá mluvit o vědecké škole, tu vytvořil již zmiňovaný profesor Bohumil Kučera v oboru experimentální fyziky. Skutečně významnou vědeckou školu pak vybudoval až Emil Votoček na Českém vysokém učení technickém. Byla to škola organické chemie a patřil sem například i Vladimír Prelog, nositel Nobelovy ceny za chemii z roku 1975.⁴⁰ Prelog byl švýcarský chemik, který svou vědeckou kariéru začal v Praze, když po absolvování gymnázia nastoupil v roce 1924 na chemickou fakultu zmiňovaného ČVUT. Tam ho právě díky profesorům Votočkovi a Lukešovi zaujala organická chemie. V roce 1935 odešel na univerzitu do Záhřebu a během druhé světové války pobýval v Curychu, kde se roku 1950 stal řádným profesorem.⁴¹ Prelog se zabýval především umělou přípravou velmi složitých chemických sloučenin, přičemž rozšířil platnost tzv. Bredtova pravidla a navázal na práci amerického biochemika Roberta Burnse Woodwarda, který se stal nositelem Nobelovy ceny za výsledky v oblasti syntézy přírodních látek (například léčivého chyninu, jedovatého strychninu a především chlorofylu) v roce 1965, tedy o deset let dříve než Prelog.⁴² Co se týče Preloga, ten se také zajímal o prostorovou skladbu molekul, což byla zásluha profesora Lukeše. Nejvýznamnějším Prelogovým počinem je ovšem práce při studiu chirálních (opticky aktivních) sloučenin, konkrétně jeho studium různých typů chirální izometrie a symetrické indukce. Prelog zavedl mimořádně přesnou topologickou klasifikaci chiralit a hledal experimentální potvrzení možnosti existence různých typů chirálních sloučenin. Zmiňovanou Nobelovu cenu v roce 1975 získal za výzkum v oblasti stereochemie organických molekul a reakcí.⁴³

Menší vědeckou školu vytvořil na Karlově univerzitě také zmiňovaný profesor organické chemie Bohuslav Brauner, ale jeho hlavní zásluhou byla podpora Jaroslava Heyrovského. Brauner dobře vytyčil Heyrovského vědecké schopnosti a podporoval ho při zřizování fyzikálně chemického ústavu, přestože Heyrovský nebyl jeho žákem. Heyrovský byl výjimečnou osobností v oblasti vědy, neboť své vědecké kariéře zasvětil celý svůj život. Z toho vzešel i jeho objev a vybudování vědecké školy. Heyrovský byl výrazně inspirován slavnými přírodovědci, což dokládaly citáty na zdech jeho ústavu. Jedním z nich byl výrok Isaaka Newtona, který v překladu zněl: „Člověk se musí rozhodnout buď nepřinést nic nového, nebo se stát otrokem, aby hájil to, co vykonal.“⁴⁴

Ještě před svým objevem měl Heyrovský dvě spolupracovnice – Hannah Kadlcovou a Karlu Stoklasovou. Obě Heyrovskému pomáhaly při práci na jeho habilitačním spisu *Kyselina hlinitá. Příspěvek k teorii amfoterních elektrolytů* a společně s Heyrovským pak v roce 1921 publikovaly

40 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 32-33.

41 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 98.

42 Tamtéž, s. 81.

43 Tamtéž, s. 98.

44 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 33.

práci *Roztoky hlinitanů alkalických zemin*.⁴⁵ Zejména Hannah Kadlcová byla velmi talentovaná a její osud byl mimořádně zajímavý. Po absolvování pražské střední školy Minerva si v roce 1917 zapsala chemii na Filozofické fakultě České univerzity. Jak uvádí Jindra, ještě před zápisem přednášek se radila se svým profesorem na gymnáziu Jindřichem Křepelkou, kterou kombinaci si má zvolit. Nabízela se „velká chemie“ či „velká fyzika“ anebo „velká“ chemie a „malá“ matematika a fyzika. Profesor Křepelka jí na to posměšně odpověděl, že volbou „velké“ fyziky by se z ní stala fyzikální chemička. Křepelka se při výuce na gymnáziu ani nezmínil o existenci fyzikální chemie, takže si Kadlcová zvolila „velkou“ chemii a „malou“ matematiku a fyziku. Vzhledem k tomu, že v prvním roce studia neměla na fakultě žádné chemické praktikum ani laboratorní cvičení, navštěvovala fyzikálně-chemické praktikum u profesora Walda na ČVUT. Po návratu Heyrovského z Anglie pak mohla fyzikálně-chemické praktikum navštěvovat u něj.⁴⁶

Kadlcové se fyzikální chemie zalíbila a jak už bylo řečeno, pod vedením Heyrovského pracovala na elektrochemických pracích o hliníku. Již zmiňovaná práce *Roztoky hlinitanů alkalických zemin* vyšla roku 1921 v *Rozpravách České akademie věd a umění*, takže měla Kadlcová dobře našlápnuto ke své vědecké kariéře. Podařilo se jí úspěšně dokončit vysokoškolská studia, ale až k doktorátu přírodních věd se už nedostala. Kadlcová chtěla zůstat u Heyrovského, jenže ten pro ni neměl místo honorovaného asistenta. Proto ji doporučil svému příteli, profesorovi brněnské univerzity Antonínu Šimkovi. Kadlcová tak přesídlila do Brna a stala se jeho asistentkou. Kadlcová v Brně neměla nouzi o práci, protože Šimek zde právě zařizoval Ústav teoretické a fyzikální chemie. Zároveň se Kadlcová připravovala na zkoušky z matematiky, chemie a fyziky, které úspěšně složila na nově zřízené Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Nutno ale říct, že Kadlcové v Brně chyběla experimentální práce, a proto ráda uvítala stáž v Praze, kterou jí nabídl Heyrovský. To už bylo v té době, kdy byla na světě rtuťová kapková elektroda. Profesor Šimek tuto nabídku akceptoval a Kadlcová mohla k Heyrovskému na tříměsíční stáž. V budově Chemického ústavu začala pracovat ve tmavé místnosti spolu s Heyrovského doktorandem Václavem Bayerlem. Kadlcová pracovala prakticky celý den a neustále prováděla pokusy. Jejím úkolem bylo polarizovat rtuťovou kapkovou elektrodu oxidy olova, cínu a zinku. Po návratu do Brna věděla, že Heyrovského úkol splnila. V Brně pak měla zpracovat a poslat Heyrovskému své výsledky, které se Heyrovský chystal předložit v Anglii na zasedání Faraday Society jako nejnovější výsledky měření polarizačních křivek se rtuťovou kapkovou elektrodou. Kadlcovou potkala nepříjemnost, protože v Brně onemocněla, ale stačila poslat Heyrovskému experimentální materiál. Heyrovský pak její výsledky zpracoval a uveřejnil v práci *The processes at the Mercury dropping cathode. Part I. The*

45 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 328.

46 JINDRA, J., *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 330.

deposition of metals, která vyšla v *Transactions of the Faraday Society*. Kadlcovou zde přímo označil za autorku měření.⁴⁷

Po nemoci se Kadlcová pustila do práce s profesorem Šimkem na jiné téma, z čehož vznikla jejich jediná společná publikace s názvem „*A new electrokinetic phenomenon. A contribution to the study of electrocapillarity of fused tellurium dioxides*“. Tato práce vyšla v časopise *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas* v čísle věnovaném profesoru Braunerovi. Kadlcová a Šimek zde studovali samovolnou krystalizaci přechlazeného oxidu telluričitého a zároveň objevili nový elektrokinetický zjev, na který Šimek narazil už dva roky předtím. Jednalo se o to, že kapka roztaveného oxidu telluričitého (TeO_2) na platinovém proužku zahříváném stejnosměrným proudem se pohybuje se směrem proudu a jakoby lezla po platině. Na malých krystalech oxidu telluričitého tvořených při ochlazení pozorovali Kadlcová se Šimkem krouživý pohyb v kapce. Rychlost kapky byla úměrná intenzitě proudu a naopak síla pohánějící kapku na intenzitě proudu. Tento jev pozorovali na platině s roztaveným oxidem telluričitým, případně se směsí TeO_2 s různými elektrolyty, kdy se kapka pohybovala daleko rychleji.⁴⁸

V roce 1925 se Hannah Kadlcová provdala za profesora Šimka, o rok později se jim pak narodil syn Jan a poté ještě dcera Hannah a druhý syn Blahoslav. Šimková-Kadlcová se tedy začala více věnovat dětem a rodině, takže k získání doktorátu v jejím případě nikdy nedošlo, což jí Heyrovský často vyčítal. Jak mi řekl pan doktor Jindra při našem vzájemném setkání, Heyrovský si byl dobře vědom, že pro Hannah Šimkovou-Kadlcovou by to vzhledem k jejímu talentu byla maličkost.⁴⁹ S ohledem na rodinné povinnosti se však věda u této nadané dámy musela přesunout na druhou kolej, přestože práce pod vedením Heyrovského byla jedním z nejšťastnějších období jejího života. Později se ještě věnovala překládání knih do češtiny, kde prokázala svou znalost angličtiny. S manželem profesorem Šimkem přeložila například monografii *O povaze věcí* od britského fyzika Williama Lawrence Bragga.⁵⁰ K osudu manželů Šimkových se ještě vrátíme v podkapitole Druhá světová válka.

Ke zmiňovaným Heyrovského spolupracovnícím Hannah Šimkové-Kadlcové a Karle Stoklasové přibyla postupně další jména. V listopadu 1922 připravoval Heyrovský posudek na práci Viktora Kořána, která měla název *O povrchovém napětí vody v parách některých látek*. Kořán původně nebyl Heyrovského doktorand a téma mu zadal profesor Kučera s tím, že výklad měření povrchového napětí vodní kapky v parách a plynech musí být fyzikálně chemický. Jenže profesor Kučera krátce na to v roce 1921 zemřel, tak na Kořánovu práci dohlížel profesor August Žáček a po

47 JINDRA, J., *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 330.

48 Tamtéž, s. 330.

49 JINDRA, J., Osobní rozhovor s autorem mnoha publikací o Jaroslavu Heyrovském. Praha 10. 3. 2016.

50 JINDRA, J., *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 330.

stránce fyzikálně chemické sledoval tento výzkum Heyrovský, který v Kořánově disertaci vyzdvihl výsledky modifikace kapkové elektrody k určování povrchového napětí vody kapající do nasycených par látek při různých teplotách. Dále Heyrovský také pochválil stanovení změny povrchového napětí vody v parách benzenu, toluenu, tetrachloridu, chloroformu a benzínu či kinetický obraz o dějích na povrchu vodní kapky obklopené parami uvedených látek. Heyrovský byl s Kořánovou prací spokojen po všech stránkách a navrhl ji na výbornou disertaci. K jeho posudku se pak podpisem připojil profesor František Plzák. Heyrovský z pozice nově jmenovaného mimořádného profesora Univerzity Karlovy mohl zadávat témata disertačních prací. Pochopitelně měl největší zájem o elektrolýzu se rtuťovou kapkovou elektrodou (později nazývanou jako polarografii), kterou objevil v únoru roku 1922, přičemž už předtím se zabýval problémem elektrokapilarity rtuti, k čemuž ho přivedl profesor Kučera. Jeden z dílčích problémů řešil Heyrovského žák Karel Šandera, který na jaře roku 1924 předložil k obhajobě svou disertaci *Působení koloidů na elektrokapilaritu rtuti*. Oponentem této práce byl Heyrovský a také profesor Jan Stanislav Štěrba-Böhm. Oba ohodnotili tuto práci jako výbornou, obsah disertace se však na rozdíl od Heyrovského posudku bohužel nezachoval. Šandera zaměřil své pozorování na vliv koloidů na elektrokapilární parabolu (závislost povrchového napětí na potenciálu rtuťové elektrody) a zjistil, že zatímco pozitivní koloidy posunují křivku vlevo, negativní pro změnu vpravo. Kromě toho vyzoroval, že je klidně možné sledovat změnu náboje koloidu způsobenou změnou koncentrace elektrolytu. Zabýval se také vlivem koloidů na mezipovrchové napětí podle stupně dispersity koloidů, účinky různě hydrolyzovaného škrobu a vlivem přítomnosti koloidu na určité sekundární maximum objevené Kučerou na elektrokapilárních křivkách, což studoval i Heyrovský se svým asistentem Rudolfem Šimůnkem. O rok později Šandera publikoval svou publikaci v nizozemském časopise *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, stejně jako práce manželů Šimkových v čísle věnovaném profesoru Braunerovi k jeho sedmdesátinám. Šandera zároveň studoval na Vysoké škole chemicko-technologické a Univerzitě Karlově, inženýrem se stal krátce před svou promocí na doktora přírodních věd a mohl se pyšnit tím, že byl historicky nejmladším RnDr. v Československu. Ve svém životě se věnoval aplikaci fyzikální chemie a analytice v oblasti cukrovarnictví.⁵¹

Ve stejné době jako Šandera obhajoval svou práci další Heyrovského žák Miroslav Tamele, jehož disertace se nazývala *Elektrolytický potenciál kalcia*. Heyrovský tuto práci ohodnotil jako výbornou a v posudku zdůraznil experimentální potíže spojené s určováním elektrolytického potenciálu alkalických kovů, které rozkládají vodu. Tamele prováděl pokusy po dobu dvou let a jejich výsledkem byl číselný údaj potenciálu vápničku, přičemž hodnotu tohoto potenciálu Tamele

51 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 328-329.

početně potvrdil z termických dat na základě tzv. Nernstova teorému, tedy třetího zákona termodynamiky. Heyrovský v posudku také neopomněl, že Tamele úspěšně publikoval výsledky své disertace ještě před její obhajobou v mezinárodním časopise *The Journal of Physical Chemistry*. Po dostudování se Tamele přesunul do USA a v roce 1933 pomohl zajišťovat Heyrovského pobyt v Americe.⁵² Jak uvádí Koryta, Tamele ve Spojených státech pracoval v naftovém průmyslu.⁵³

Dalším žákem, jehož práci Heyrovský posuzoval, byl Vilém Podroužek. Ten prováděl pokusy a na jaře 1924 je sepsal ve své disertační práci s názvem *Srážení solí železitých bílým sirníkem amonným*, což je anorganicko-analytické téma. Podroužek sledoval rovnovážný stav mezi ionty železnatými, železitémi a ionty síry a vodíku, který je typický pro sraženiny tzv. ferro-ferri sirníků. Heyrovský byl také s touto prací velmi spokojen a jako oponent jí navrhl na známku výbornou. Hned po Podroužkově práci posuzoval Heyrovský spolu se Štěrbou-Böhmem disertaci Jindřicha Březiny, jehož práce se nazývala *Vylučování se manganu na rtuťové katodě*. Tato práce byla pravděpodobně první polarografickou prací, kterou vypracoval některý z Heyrovského žáků. Heyrovský v posudku ocenil zejména Březinovy experimenty s elektrolyzou amoniakálních roztoků manganatých solí, které vedly ke zjištění vylučovacího potenciálu manganu. Březina svými kryoskopickými měřeními dokázal, že mangan v uvedených podmínkách tvoří komplexy. Heyrovský měl na paměti také dřívější Březinovy práce s tematikou hliníku otištěné roku 1921 v *Chemických listech*. Březina se po obdržení doktorátu stal středoškolským učitelem a udržoval s Heyrovským písemný styk až do roku 1960.⁵⁴

Heyrovský však neměl pouze české žáky. Například rodák z Moskvy Petr Těrechov spolupracoval s Heyrovským a společně publikovali některé výsledky výzkumu ještě předtím, než je Těrechov začlenil do své disertace. Jeho práce měla název *O manitu fungujícím jako kyselina* a podal ji na podzim roku 1924. Těrechov zjistil, že uhlohydrát manit je kyselinou, která neodštěpuje vodíkový ion, ale naopak spíše poutá hydroxilové ionty za tvorby jednosytného komplexu. Kyselost manitu pak Těrechov určil pomocí řady fyzikálně-chemických metod jako například kryoskopie, konduktometrie, kalorimetrie a potenciometrie. Heyrovský opět neváhal pro tuto práci doporučit známku výborně a stejného názoru byl i profesor Plzák, který se jako druhý oponent připojil k Heyrovského posudku svým podpisem.⁵⁵

Na konci roku 1924 předložil k obhajobě svou disertaci nazvanou *O elektrolytickém vylučování se arsenu, antimonu a vizmutu na kapkové elektrodě* Heyrovského asistent PhMr. Václav Bayerle. Jak už vyplývá z titulu před jménem, Bayerle byl magistrem farmacie a Koryta uvádí, že

52 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 329.

53 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 34.

54 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 329.

55 Tamtéž, s. 329.

studoval především elektrolýzu sloučenin arsenu.⁵⁶ Oponenty jeho práce byli Heyrovský a Štěrba-Böhm. Zatímco druhý jmenovaný byl s touto prací spokojen a hodnotil ji jako výbornou, Heyrovský zcela spokojen nebyl a navrhl pouze známku velmi dobře. Heyrovský však zároveň zmínil, že Bayerle se touto tematikou zabýval bezmála dva roky a uznal, že elektroredukce arsenu je nejkomplikovanější téma. Podstatné ale podle Heyrovského bylo, že Bayerle získal několik důležitých fyzikálních konstant a dal základ k polarografickému stanovení studovaných prvků.⁵⁷

Neměli bychom zapomínat ani na Jarmilu Petrovou, která stejně jako Bayerle studovala elektrolýzu sloučenin arsenu. Petrová byla dcerou vynikajícího českého matematika a nejdříve vykonávala pomocnou vědeckou sílu, od roku 1924 pak byla Heyrovského asistentkou. Za dva roky odjela na studijní dovolenou do zahraničí, kde dělala výzkumy v radioaktivitě a po návratu pracovala v Radiologickém ústavu, později v doziometrickém oddělení Ústavu jaderného výzkumu.⁵⁸ V té době také podala svou disertační práci, které byla uznána.⁵⁹

Nově se rozvíjející systematický výzkum elektrolýzy se rtuťovou kapkovou elektrodou a Heyrovského anglická práce otištěná ve *Philosophical Magazine* přilákala do Prahy zájemce ze zahraničí. Důležitým spolupracovníkem Jaroslava Heyrovského se stal mladý fyzikální chemik se zkušenostmi v elektrochemii, Masuzo Shikata z Japonska. Ten zaměřil svůj stipendijní pobyt v Evropě na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy. Shikata se společně s Heyrovským aktivně zúčastnil schůze Faraday Society v Londýně, kde jejich společné diskuse o měření se rtuťovou kapkovou elektrodou pravděpodobně dospěly k závěru, že toto měření je třeba zautomatizovat. Právě z této myšlenky pak vznikl polarograf.⁶⁰ Do Prahy přijel Shikata z Berlína, kam přicestoval z Kyota na technickou univerzitu za profesorem Isidorem Traubem, aby se blíže seznámil se stavem fyzikálně-chemického výzkumu v Evropě. Elektrolýza se rtuťovou kapkovou elektrodou pro něj byla natolik zajímavým tématem, že opustil Berlín a zavítal do Prahy.⁶¹ V českém hlavním městě začal zkoumat vylučování alkalických kovů z roztoků jejich soli v alkoholu. Pro Heyrovského byla Shikatova návštěva velkou poctou, neboť to byl jeho první zahraniční host. Heyrovský bral tuto příležitost velmi vážně a jak uvádí Koryta, dokonce se učil i japonské zdvořilostní fráze.⁶²

Jak už bylo zmíněno, Heyrovský se na podzim roku 1923 zúčastnil generální diskuse Faraday Society v Londýně s názvem „Elektroodové reakce a rovnováhy“, kde 26. listopadu shrnul

56 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 33.

57 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 329.

58 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 33-34.

59 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 329.

60 HEYROVSKÝ, M., *Jaroslav Heyrovský na Přírodovědecké fakultě UK*, in: *Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta: 90. výročí založení*, s. 20.

61 HEYROVSKÝ, M., *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 35(2), s. 72.

62 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 33-34.

ve dvou sděleních výsledky práce svých žáků. Už 11. října 1923 byla tato sdělení otištěna v tisku. První zpráva měla název Vylučování kovů, opakovala dřívější výsledky a uváděla nové polarizační křivky. Byly zde rozebrány důvody elektrodové reakce na rtuťové elektrodě vyvolávající vzestup proudu, což Heyrovský okomentoval tak, že tento vzestup mohou způsobit dohromady tři procesy, pokud v roztoku nejsou přítomna oxidační činidla a ióny v roztoku jsou na nejnižším oxidačním stupni. Mezi tyto procesy patřilo slučování se rtuťí a difúze dovnitř kapek (popsané už dříve, ale nově doplněné o vylučovací potenciálu zinku, kadmia a olova), tvorba nové fáze na povrchu rtuťové kapky (například redukce dvojmocného železa a trojmocného arsenu) a difúze vyloučených těkavých produktů do okolního roztoku (například vylučování vodíku). Dále byl v první zprávě zmíněn nový objev, tzv. „vlna“ na křivce závislosti proudu na napětí, která se stala základem použití Heyrovského metody v kvalitativní i kvantitativní analýze roztoků. Tuto vlnu objevil Heyrovský spolu s Kadlcovou při výzkumu redukce iónů olova, konkrétně volných a vázaných v komplexu s hydroxidovými ióny. Heyrovský si tehdy uvědomil význam elektrolýzy s kapkovou elektrodou pouze pro kvalitativní analýzu, zatímco pro kvantitativní až o něco později. Druhá zpráva o práci Heyrovského žáků se týkala vylučování vodíku na rtuťové kapkové elektrodě, čímž se Heyrovský zabýval prakticky ještě dalších třicet let. Seznámení Faradayovy společnosti s výzkumem Heyrovského a jeho spolupracovníků bylo prvním krokem na cestě k celosvětovému uznání.⁶³

Heyrovského škola se nadále úspěšně rozrůstala o další a další jména. Jak už bylo uvedeno, v roce 1925 vyšlo zvláštní číslo nizozemského časopisu *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas* k sedmdesátinám profesora Braunera a podle dohody s československou Chemickou společností tento časopis zveřejňoval na svých stránkách práce našich chemiků ve francouzštině nebo angličtině. Článků ve zmíněném vydání tohoto časopisu bylo dohromady třiatřicet, z toho třináct pocházelo ze školy Jaroslava Heyrovského.⁶⁴ Práce měly v angličtině název *Výzkumy se rtuťovou kapkovou elektrodou*. Část I.-X. a daly se považovat za jakýsi formální vstup pražské polarografické školy na mezinárodní odborné fórum. Z deseti autorů prvních polarografických prací bylo pět Čechů a pět cizinců, což tedy znamenalo i průnik polarografie do světa.⁶⁵ Nejzajímavějším počinem byl určitě článek Heyrovského a Shikaty o konstrukci nového přístroje – polarografu. Další dvě velmi dobré práce se týkaly vylučování vodíku při elektrolýze rtuťovou elektrodou. Jednu z nich napsal sám Heyrovský, druhou pak jeho ukrajinský žák Pavel Herasymenko. Ten patřil stejně jako Těrechov mezi žáky z východní Evropy a zároveň byl jedním z těch nejnadanějších. Po obdržení doktorátu pracoval ve výzkumném oddělení Škodových závodů v Plzni a po druhé světové válce odešel ze strachu před KGB do USA, kde jako profesor vyučoval nauku o materiálu na

63 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 34-36.

64 Tamtéž, s. 36.

65 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 25.

prestižní škole Massachusetts Institute of Technology. Kromě polarografických prací byl Herasymenko v oblasti elektrochemie známý také svou teorií roztavených elektrolytů.⁶⁶

Rok 1925 byl tedy pro Heyrovského vědeckou školu mimořádně úspěšný a zároveň to znamenalo příslib pro její skvělou budoucnost. Úspěch školy spočíval především v tom, že díky Heyrovského metodám se poměrně rychle získávaly výsledky výzkumu. U Heyrovského byla ta výhoda, že jeho žáci začínali měřit velmi brzy, už po několika týdnech polarografického praktika. O dosažených výsledcích se poté diskutovalo, protože právě diskuse byla jedním z hlavních pilířů Heyrovského školy. Žáci diskutovali nejen mezi sebou, ale často také s profesorem. Na podrobnější diskuse si Heyrovský bral své kolegy do laboratoře, mnohdy dokonce o víkendech. Tento přístup měl úspěch a Heyrovského spolupracovníci začínající s polarografií poměrně brzy vypracovali ucelenou vědeckou studii a naučili se nejen vědecky pracovat, ale také analyzovat výsledky. O to snadnější pak bylo zapracovat se i do jiné vědecké tematiky, což byl případ většiny Heyrovského žáků. Co se týče polarografie, tak Heyrovský nechtěl svůj objev omezit pouze na výzkum, ale usiloval také o jeho využití v praxi. Organizoval tedy polarografická praktika a každému zájemci podrobně vysvětloval pracovní postup. Největší pozornost pak věnoval zahraničním hostům, neboť se snažil, aby jeho objev pronikl do světa.⁶⁷

Kromě již zmíněných Heyrovského žáků podali v letech 1925-1928 na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy své disertace jmenovitě tito žáci: N. V. Jemeljanova, E. B. Sanigar, B. A. Gosman, V. Nejedlý, J. Smrž, Z. Koutníková, B. Souček, J. Lošan, B. Schragar, M. Omelčenkova, J. Rasch, M. Dillinger, S. Berezickij, I. Pines, J. Kačírková a D. Prociw. Heyrovský měl v této době pětadvacet žáků, přičemž většinu z nich představovali samozřejmě Češi a Slováci. Jak už ale bylo zmíněno, Heyrovský měl i žáky ze zahraničí, konkrétně šest Rusů (popř. Ukrajinců), dva Poláky a jednoho Angličana.⁶⁸ Heyrovský dokázal probudit mimořádný zájem o polarografii a vytvořil skutečně zajímavou vědeckou školu. Jak říká Michael Heyrovský: „Heyrovského škola samozřejmě měla své důležité prvky etické a badatelské. Tenkrát se orientovala na problematiku soustředěnou kolem rtuťové kapky a od ní už se dneska vzdaluje, protože věda jde trochu zase jiným směrem. Takže Heyrovského škola vlastně už z těch předchozích generací přejímá spíš onu etiku, ale ne už obor v jeho celém rozsahu. Tady v ústavu máme ještě generaci lidí, která žije z původní Heyrovského školy; Heyrovského už sice nepamatují, ale od svých učitelů a kolegů přejímají zmíněný etický rozměr, který v ústavu vládl dřív.“⁶⁹

66 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 36.

67 Tamtéž, s. 37-38.

68 JINDRA, J., *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 329.

69 ŠTRBÁŇOVÁ, S., *Jaroslav Heyrovský očima svého syna Michaela: Hledat pravdu v přírodě i v sobě*, in: *Homines scientiarum III: Třicet příběhů české vědy a filosofie*, s. 147.

4 Polarograf a polarografická metoda

4.1 Vynález polarografu

Jak vlastně vznikl polarograf? V roce 1924 přišli Heyrovský a Shikata (který byl už na své druhé návštěvě v Praze) s nápadem, že zjednoduší a zautomatizují zdlouhavá měření. Proto sestrojili originální přístroj, který nazvali polarograf. Tento vynález nevypadá v kontextu dnešní doby nijak složitě. Potenciometrický drát je natočený na nevodivém kotouči (to je tzv. Kohlrauschův bubínek), k němuž se připojí motorek, který jím bude otáčet stále stejnou rychlostí. Tím se mění napětí vkládané na elektrody. Kotouč se spojí ozubeným soukolím s válcem, na ten se navine citlivý fotografický papír. Válec je umístěn v krabici s podélnou štěrbínou, na kterou dopadá světelná značka. Když se současně otáčí Kohlrauschův bubínek a válec s fotografickým papírem, tak světelná značka kreslí na papír křivku závislosti proudu na napětí. První polarograf sestavili mechanici Inneman a Peták z Fyzikálního ústavu Univerzity Karlovy. Použili při tom materiál, který byl zrovna k dispozici (např. jako válec použili hrnec).⁷⁰ Po zhotovení prvního polarografu pak sestrojili ještě jeden, který si Shikata odvezl do Japonska a také několik dalších kusů pro brněnský veletrh.⁷¹

Heyrovský a Shikata zvolili název polarograf z toho důvodu, že při vkládání elektrického napětí se kapková elektroda elektrochemicky polarizuje. Název oboru polarografie pak začali používat pro elektrolýzu se rtuťovou kapkovou elektrodou. Heyrovský a Shikata nejprve svůj přístroj nepatentovali a pozdější pokusy o patentování komplikoval patentní úřad, takže nakonec zůstal chráněn jen samotný název „polarograf“. Co se týče výroby, tak v Čechách se do ní nikomu příliš nechtělo. Například továrník Frič, který úspěšně vyráběl cukrovarnické polarimetry založené na polarizaci světla, odmítl vyrábět polarograf s tím, že na vědeckých přístrojích nelze vydělat. Nakonec se výroby polarografu ujal doktor Nejedlý a jeho firma v Praze-Vokovicích. To však bylo celkem pozdě, protože už předtím polarograf dodalo na trh několik zahraničních firem. Jak uvádí Koryta, Heyrovský na polarografu skutečně nezbohatl.⁷² Nejedlý nadále pokračoval s výrobou klasického typu polarografu „systém Heyrovský-Shikata“ a kromě toho zavedl také mikropolarograf, který vedle vlastního fotoregistračního přístroje obsahoval v jedné skřínce i zrcátkový galvanometr s osvětlovací lampou a reduktorem citlivosti. Oba typy polarografů vyráběl Nejedlý i během druhé světové války a teprve na konci 40. let převzala tuto výrobu bez výraznějších změn Zbrojovka Brno v závodě TOS Hostivař. Zde se polarograf vyráběl pod značkou V 301, mikropolarograf jako M 102 a později M 103. V 50. letech se výroby polarografů zhostil

70 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 38-39.

71 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 31.

72 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 38-39.

národní podnik nazvaný Laboratorní přístroje, který vznikl v Praze. Jeho prvním produktem byl manuální polarograf LP 54 určený k ručnímu záznamu křivek, který posléze následoval originální konstrukcí fotoregistrující polarograf LP 55 se zrcátkovým galvanometrem, který bylo možné zavěsit na stěnu. V 60. letech pak fotografické záznamy křivek byly nahrazeny elektronickým záznamem a polarografy byly vybavovány elektronickými x-y zapisovači. Firma LP zároveň vyvíjela polarografy PA (tj. polarografický analyzátor), které byly postupně zdokonalovány na PA 2, PA 3 a nakonec nejmodernější a nejúspěšnější PA 4, který se vyráběl až do zániku podniku na konci 80. let. Polarografy doplňovaly zapisovače XY 4105, XY 4106 a komplexní elektrody SMDE 1, které vytvářely „visící“ či „statickou“ rtuťovou kapku.⁷³

Polarograf byl v podstatě přelomovým vynálezem ve vývoji laboratorní techniky. Po něm přišla řada dalších automatických přístrojů, které pomáhali při měření. Vynález polarografu zjednodušoval práci, urychloval měření a navíc většinou ani nepotřeboval obsluhu, což byl jeden z hlavních důvodů zájmu o tento přístroj v USA, kde firmy chtěly ušetřit na vysokých platech technického personálu. U některých jiných přístrojů bylo totiž samotné vyhodnocování dat natolik složité a zdlouhavé, že bylo nutně zapotřebí automatické měření. Přesto i automatizace měla určité nevýhody, protože automatizované přístroje si ani zkušený vědec nemohl sám opravit a musel čekat na člověka z výrobního servisu.⁷⁴

4. 2 Rtuťová kapková elektroda

Jak už bylo zmíněno, polarografie je elektrochemická metoda, při které lze sledovat změny intenzity proudu procházejícího zkoumaným roztokem pomocí rtuťové kapkové elektrody, na níž je vkládáno napětí, které se plynule stále zvyšuje. Křivka závislosti intenzity proudu na napětí pak stanovuje kvalitu a kvantitu látek, které jsou obsaženy v roztoku. Pro dosažení dokonale reprodukovatelných výsledků se používá pozvolna kapající rtuťová elektroda. Zkoumaný roztok je v elektrolytické nádobce, která je opatřena referentní elektrodou, což je obvykle vrstva rtuti na dně nádobky. Citlivým galvanometrem je měřen proud a postupně se zvyšuje napětí, které je vkládáno na kapkovou a referentní elektrodu. Látky podléhající elektroanalýze se nazývají depolarizátory. V přítomnosti těchto látek roste proud při určitém napětí, které charakterizuje kvalitu depolarizátoru. Zvětšení proudu udává kvantitu, neboli koncentraci depolarizátoru ve zkoumaném roztoku.⁷⁵

Rtuťová kapková elektroda je skleněná kapilára spojená s rezervoárem rtuti. Tento rezervoár

73 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 31.

74 Tamtéž, s. 39-40.

75 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 13.

umožňuje působit určitým tlakem rtuti, což způsobuje, že od ústí kapiláry odkapávají pravidelně drobné kapky rtuti. Kapilárou, která se používá jako kapková elektroda, bývá tlustostěnná skleněná trubička známá například u teploměrů.⁷⁶ Jednou z výhod rtuťové kapkové elektrody je to, že rtuť se neustále obnovuje a elektroda zachovává hladký povrch, který není poznamenán předchozí elektrolýzou. Kapka po odkápnutí přivede k povrchu nové kapky vždy čerstvý roztok, což znamená, že děj probíhající při určitém potenciálu na jedné kapce probíhá stejně i na dalších kapkách. Elektrický proud je proto závislý pouze na vloženém napětí a složení roztoku.⁷⁷ Díky čerstvému povrchu elektrody na každé kapce rtuti a nezávislosti elektrolýzy na předchozí kapce jsou tedy podmínky na povrchu jasně definovány a časové vlivy prakticky vyloučeny.⁷⁸ Další výhodou rtuťové kapkové elektrody je skutečnost, že při této metodě prochází roztokem během elektrolýzy jen nepatrný proud, takže se rozkládá jen minimální část depolarizátoru a roztok se elektrolýzou v podstatě vůbec nemění.⁷⁹ Je tedy bez problémů možné se stále stejným roztokem mnohokrát opakovat záznam křivek závislosti proudu na napětí a výsledek je téměř neměnný. Až po několikahodinové elektrolýze lze vypožorovat nepatrné změny.⁸⁰ Třetí výhodou rtuťové kapkové elektrody, kterou uvádí odborná literatura, je velké přepětí vodíku na čerstvém povrchu rtuti. Je tedy možné dosáhnout značně negativních potenciálů, přičemž nedochází k vývoji vodíku, který by narušoval stanovení. Tímto způsobem se z neutrálních roztoků vylučují například alkalické kovy bez současného rozkladu vody.⁸¹ Důležitou výhodou je také to, že stálost odkapávání rtuti zajišťuje reprodukovatelné výsledky a díky tomu je možné přesně matematicky zpracovat získané polarografické křivky. Malé rozměry kapkové elektrody navíc umožňují provádět elektrolýzu ve skutečně minimálních objemech, kde stačí i 0,01 ml roztoku (obvykle se používá 1 až 10 ml). Vzhledem ke všem těmto výhodám lze říci, že se rtuťové kapkové elektrody v polarografii osvědčily i díky široké škále jejich použití.⁸²

Jak uvádí Heyrovský spolu se Zumanem, polarografické metody mají velkou přednost ve své rychlosti a citlivosti, a proto jsou často používány jako kontrolní metody v provozu nebo klinické metody. Pro polarografickou analýzu stačí malý objem zkoumaného vzorku a výhodou je také jednoduchost základních měřicích přístrojů, které nejsou složité na sestavení. Polarograf je automaticky fungující přístroj, ale není příliš nákladný a hlavně poskytuje rychlé a přesné výsledky. Jednoduché polarografické zapojení se skládá z potenciometru (to může být měrný můstek nebo

76 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 41.

77 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 13.

78 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 42.

79 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 13.

80 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 42.

81 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 13-14.

82 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 42.

Kohlrauschův buben), který má na svých koncích vloženo napětí z akumulátoru o velikosti 2V nebo 4V. Z potenciometru se odvětčuje napětí na elektrody, které jsou v elektrolytické nádobce, což bývá kádinka o objemu 10 až 20 ml se zkoumaným roztokem elektrolytu. Do této nádoby je na dno (zhruba do výše 5 mm) nalita rtuť a spojena platinovým kontaktem s okruhem. Druhou elektrodou je kapilára se silnou stěnou. Právě z ní pod tlakem sloupce rtuti pozvolna odkapává rtuť do roztoku.⁸³

Základem polarografické metody je tedy kapková elektroda, která je spojená se skleněným rezervoárem na rtuť. Jak už bylo zmíněno, zpravidla se používá skleněná kapilára se silnou stěnou, jakou můžeme vidět například u teploměřů. Její průměr by měl být asi 0,5 cm a vnitřní světlost 0,05 až 0,08 mm. Vhodná délka této kapiláry je 8 až 12 cm, poté se zasouvá asi 2 cm hluboko do kaučukové hadice o délce 40 až 80 cm a musí být dobře zajištěna. Vymytá kaučuková hadice se pak připojuje na rezervoár se rtutí, který je ve tvaru hrušky. Ten se pak vkládá do kruhu a kapilára je pečlivě upevněna v držáku na stojanu. Rezervoár se rtutí je třeba zvednout do výše a třesením či stlačováním hadice odstranit vzduchové bubliny, aby celá hadice i kapilára byly vyplněny rtutí, která má pozvolna odkapávat z kapiláry. Kaučuková hadice nesmí být v záhybech porušena, aby nebyl průchod rtuti a elektrického proudu nijak narušen.⁸⁴

Ústí kapiláry se ponořuje do kádinky s jedno molárním roztokem chloridu draselného (KCl) asi 1 cm pod její povrch. Vrstva rtuti na dně kádinky je spojena s okruhem pomocí platinového kontaktu. Kapilára se nikdy nesmí dotýkat druhé elektrody a je umístěna zpravidla symetricky ve středu nádoby a řádně upevněna tak, aby se nemohla pohybovat. Při výměně roztoku se kapilára nemusí uvolňovat díky tomu, že se elektrolytická nádobka postaví na dřevěný špalíček o výšce 3 až 5 cm. Jeho vyjmutím se pak dá snadno uvolnit nádobka, která je pod kapilárou. Kapilára musí být čistá. Není-li tomu tak, je třeba připojit silnostěnnou hadici a volné ústí kapiláry ponořit do nádoby s destilovanou vodou. Čistota kapiláry se pak pozná jejím pozorováním proti tmavému pozadí. Při užití zředěné nebo čtyřicetiprocentní kyseliny dusičné k propláchnutí je třeba kapiláru ještě propláchnout destilovanou vodou a osušit. Propláchnutí lze provést také s kapilárou, která je připevněná k rezervoáru se rtutí. Při tomto způsobu se ústí kapiláry ponoří do kádinky s kyselinou dusičnou a rezervoár rtuti je pozvolna snižován. Když sloupec začíná rychle stoupat blíže k upevnění hadice, je nutné zvýšit rezervoár a odstranit tak kyselinu dusičnou z kapiláry, přičemž tento postup se ještě několikrát opakuje a nakonec je kapilára opět pečlivě propláchnuta destilovanou vodou. Pokud je kapilára řádně vyčištěná, připojí se k rezervoáru se rtutí v určené výšce a stanoví se doba trvání kapky v roztoku chloridu draselného. Poté se změří doba trvání tří až

83 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 15.

84 Tamtéž, s. 15-16.

deseti kapek, ze kterých se vypočítá průměr a to samé se ještě několikrát opakuje, až vědec určí výslednou hodnotu. Poté je upravena výška rezervoáru a doba kapky je ustálena na 3 až 6 vteřin. Právě doba tří vteřin je nejvhodnější pro analytické účely. Doba kapky přitom závisí nejen na výšce rezervoáru, ale také na potenciálu elektrody. Proto je třeba při stanovení této doby spojit kapkovou elektrodu s referenční elektrodou, abychom kapkové elektrodě udělili potenciál referenční elektrody. Tento postup pomáhá k co nejpřesnějšímu měření, ačkoliv dobu kapky lze měřit i při jiném zvoleném potenciálu. Pro získání srovnatelných výsledků se během analýzy musí zachovávat stále stejná výška rezervoáru. Proto je nutné si na stojanu označit vhodnou polohu rezervoáru a zachovat ji během celého průběhu měření. Jako pomůcka se dají použít dva rozříznuté kruhy, přičemž jeden je umístěn v nejvhodnější výšce pro analýzu a druhý v tom místě, kde právě přestává odkapávat rtuť. Do druhého kruhu tedy lze přesunout rezervoár po dokončené práci.⁸⁵

Elektrické kontakty v rezervoáru a ke rtuti nádoby jsou tvořeny platinovými drátky zatavenými do skleněných trubiček, které jsou jen částečně naplněny rtutí. Kontakty jsou ponořeny do rtuti v rezervoáru nebo nádobce a proud je do nich přiváděn tak, že zasuneme drátek do rtuti v trubičkách. Trubička kontaktu v rezervoáru prochází zátkou, která je umístěna tak, aby se v rezervoáru neudělal podtlak. Ideální jsou v tomto případě trubičky, které mají dole záhyb, protože zde odpadá problém s lámáním platinového kontaktu nebo s ucpáním vývodu v rezervoáru. Doba kapky je závislá na světlosti používané kapiláry a výšce rezervoáru. Kromě toho je elektrický proud při polarografické analýze ovlivňovaný průtokovou rychlostí rtuti kapilárou. K porovnávání výsledků analýz prováděných různými kapilárami je třeba průtokovou rychlost stanovit, přičemž nejlepším způsobem je nechat vytékat z kapiláry rtuť po dobu jedné až tří minut. Tato rtuť by měla vytékat do malé kádinky, která má na dně vrstvu suché rtuti, do níž se ponoří ústí kapiláry. Průtoková rychlost se stanoví výpočtem váhy rtuti prošlé za vteřinu po změření doby vytékání a zvážení nádoby. Poté musí být kapilára řádně očištěna destilovanou vodou a vysušena filtračním papírem. Pokud je kapilára v roztoku elektrolytu, tak rezervoár nesmí být snížen tak, aby rtuť přestala kapat. To by totiž mohlo vést k ucpání kapiláry vykrystalizovanou solí nebo želatinou. V takovém případě z kapiláry přestane vytékat rtuť úplně, nebo začne vytékat nepravidelně. Tehdy je třeba kapiláru vyjmout a odstranit z ní sloupec rtuti, což se dá usnadnit zahříváním kapiláry ve svítivém plamenu. Kapilára je pak proplachována zředěnou kyselinou dusičnou a poté destilovanou vodou. Důležité je však vyčištění od veškeré rtuti, jinak by totiž kyselina dusičná mohla tvořit soli, které by se z kapiláry těžko odstraňovaly.⁸⁶

Kvalitní kapilára je základem polarografické práce, proto je nutné o ni dostatečně pečovat.

85 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 16-18.

86 Tamtéž, s. 18-19.

Pak je kapiláru možné používat prakticky donekonečna, protože její tlusté sklo se málokdy rozbije. Neméně důležitá je také rtuť, která se v polarografii používá. Ta musí být oprostěna od jakýchkoliv cizích kovů. Proto musí být propláchnuta proudem vody a vyprána zředěnou kyselinou dusičnou, která se v ní může nechat stát i přes noc. Poté je třeba ještě promýt rtuť destilovanou vodou a vysušit při teplotě 120°C. Vyprání rtuti probíhá třepáním v dělicích nálevkách a prokapáváním pomocí sloupce zředěné kyseliny dusičné. Rtuť je vypouštěna z dělicí nálevky do většího válce s obsahem kyseliny dusičné proudem tak silným, aby byla rozptýlena na co nejmenší kapičky. Čistota rtuti je poté kontrolována protřepáním s destilovanou vodou. Pokud se na povrchu rtuti během protřepávání vytvoří pěna, která rychle mizí, pak je rtuť stále znečištěna. Jestliže naopak pěna vydrží po protřepání několik vteřin, pak už je rtuť čistá. Při polarografické práci s roztoky, které mají vyšší koncentraci zinečnatých nebo kadmennatých solí, je třeba rtuť před vakuovou destilací ještě předtím destilovat v proudu vzduchu, aby stopy zinku či kadmia nebyly ve rtuti.⁸⁷

4.3 Použití polarografu

Analytická chemie vždy vyžadovala rychlost, reprodukovatelnost a objektivitu analýz. Všechny tyto podmínky splňoval polarograf jakožto přístroj, který objektivně a plynule provádí záznam křivek závislosti proudu na elektrickém napětí. Polarograf je automatický přístroj, který fotograficky zaznamenává křivky.⁸⁸ Kromě toho existují také přístroje, které fungují na bázi ručního či zápisového principu polarografických křivek. Právě způsob záznamu těchto křivek je tím hlavním rozdílem mezi různými typy přístrojů.⁸⁹

Zařízení polarografu se skládá z kola nevodivého materiálu, na kterém je většinou v devatenácti závitech navinut potenciometrický drát s odporem 16 ohmů. Kolo se pomalu otáčí díky motorku, aby se smýkavý kontakt mohl pozvolna pohybovat po drátě. Potenciometrické kolo je zároveň spojeno převodem s válcem fotografické kazety, která by se měla otáčet jednou dokola, když se smýkavý kontakt posune na potenciometrickém drátě od začátku až do konce. Elektrické napětí je vloženo na koncích potenciometrického drátu díky spojení s póly dvouvoltového nebo většinou čtyřvoltového olověného akumulátoru. Další částí polarografu je elektrolytická nádoba, na kterou je odváděno napětí z potenciometrického drátu takovým způsobem, že začátek měrného drátu je spojen s referentní elektrodou na dně nádoby a smýkavý kontakt s kapkovou elektrodou. Proud v okruhu zachycuje citlivý zrcátkový galvanometr zapojený přes reduktor citlivosti. Otáčením potenciometrického kola se pozvolna mění napětí vkládané na elektrody mezi 0 a 2V či

87 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 19-20.

88 Tamtéž, s. 26.

89 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 48.

4V. Elektrolytickou nádobkou prochází proud a galvanometr jeho průchod zachycuje tak, že lampa vrhá paprsek světla na zrcátko galvanometru, tento paprsek se odráží a dopadá na fotografický papír horizontální štěrbinou v nepohyblivém plášti fotografické kazety. Tímto způsobem vzniká světelný bod, který zapisuje polarografickou křivku. Pokud je elektrolyza provedena za pozvolna rostoucího napětí, na fotografickém papíru se následně objeví polarografická křivka, která se nazývá jako polarogram.⁹⁰ Na jednom kusu fotografického papíru je většinou zaznamenáváno více polarogramů. Tyto křivky proudu a napětí tedy umožňuje zaznamenávat vzrůst proudu a vzrůst vkládaného napětí zobrazený na osách, které jsou k sobě kolmé. Polarograf je díky své fotografické registraci vhodný pro výzkumné účely, neboť umožňuje rozlišovat i nepatrné detaily na polarografické křivce a tvar polarografické vlny je zde věrně zachován. Zároveň je ale potřeba mít k dispozici zařízení pro fotografické vyvolávání, což vyžaduje určitý čas. Také je vhodné, aby si pracovník obsluhující polarograf uměl představit polarografické křivky přímo z pohybu světelné skvrny na štěrbině před fotografickým papírem, protože mu to usnadňuje provedení záznamu a umístění většího počtu křivek na polarogramu.⁹¹

Polarograf má tedy celkem čtyři hlavní součásti, kterými jsou vlastní polarograf, zrcátkový galvanometr, projekční lampa a reduktor citlivosti galvanometru. Dalšími zařízeními, která se k polarografu používají, jsou dvouvoltový nebo čtyřvoltový akumulátor, velmi důležitá je již podrobněji zmiňovaná rtuťová kapková elektroda s rezervoárem rtuti, dále elektrolytické nádoby (popř. se srovnávací elektrodou), zdroje indiferentního plynu (např. dusíková nebo vodíková bomba či jiný zdroj plynu) a pro přesná měření depolarizačních potenciálů tzv. Westonův článek. Polarograf by při svém použití měl být postaven na pevnou podložku, zejména galvanometr a kapková elektroda musí být chráněny před otřesy. Ideální vzdálenost galvanometru od fotografické komory polarografu je mezi 70 cm a jedním metrem. Mezi polarograf a galvanometr je umístěn reduktor citlivosti a projekční lampa je postavena co nejbližší zrcátku galvanometru.⁹²

Při provádění polarografické analýzy je třeba zapnout akumulátor, zvednout rezervoár rtuti, několik minut nechat rtuť odkapávat do nádoby s vodou, vložit osušenou kapiláru do nádoby se zkoumaným roztokem a nechat bublat plyn (např. dusík, vodík) po dobu dvou až pěti minut. Při průběhu tohoto bublání se tužkou označí na rubu fotografického papíru údaje o polarogramu, poté se upevní papír na válec fotografické komory a po vyzkoušení uzávěru se umístí fotografická komora do polarografu, přičemž vše musí probíhat v temné místnosti. Poté se zapne projekční lampa, světelná značka se zaostří na libovolný díl stupnice na štěrbině fotografické komory a zapojí se kontakty katody a anody. Po probublání roztoku je třeba uzavřít průchod plynu roztokem, nasadit

90 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 26-27.

91 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 48.

92 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 43.

jezdce na určité místo potenciometrického drátu a reduktorem upravit citlivost galvanometru takovým způsobem, aby při otáčení potenciometrického kola bylo vidět světelnou značku, jestli kreslí vlny správně. Dále se nařídí fotografická komora na libovolnou úsečku pomocí stupnice na fotografické komoře a po důkladné kontrole všech součástí se spustí motor. Potenciometrické kolo se uvede v pohyb a nakonec se otevře štěrbinu. Ta se po dokončení elektrolýzy znovu uzavře, vypne se motor, osvětlení, odstraní se nádobka s roztokem, vyčistí se kapilára, sníží rezervoár se rtuť a uzavře zdroj plynu. Takto probíhá práce prakticky s každým druhem polarografu.⁹³

4. 4 Využití polarografie v praxi

Využití polarografie v praxi je skutečně různorodé od technologií až po medicínu. Polarografická metoda se například uplatňuje v analýze kapalin a pevných látek rozpuštěných v roztoku, protože její citlivost je vysoká a výsledky jsou prakticky ihned k dispozici. Výrobce díky tomu může mít bezprostřední kontrolu kvality svého výrobku. Různé výrobky z kovů a jejich slitin byly nespočetněkrát polarograficky testovány, například v hutnictví to byla legovaná ocel, čisté kovy nebo slitiny z neželezných kovů. Polarografická metoda je nezbytná pro kontrolu surovin, polotovarů a konečných výrobků v chemickém průmyslu. V potravinářství se polarografie používá například ke stanovení obsahu vitamínu C v ovoci a zelenině. Také v lékařství či průmyslové hygieně našla polarografie své uplatnění, protože je možné s přesností zjistit například obsah olova v krvi nebo množství benzenu ve vydechovaném vzduchu u chemických pracovníků. V textilním průmyslu se zase mohou využít informace získané z polarografických analýz obsahu zinku při výrobě umělého hedvábí nebo množství chloru při bělení oděvů. Analýza léčiv a polotovarů z farmaceutického průmyslu se taktéž provádí polarografickou metodou.⁹⁴

Mnoho publikovaných prací popisuje aplikaci polarografie na problémy farmaceutické analýzy. Zuman uvádí několik důvodů, proč tomu tak je. Četné fyziologicky účinné látky jsou polarograficky aktivní, případně reagují při chemických reakcích, kterými se tyto látky přeměňují na elektroaktivní. Farmaceutické přípravky bývají zpravidla jednoduché, čisté a snadno definovatelné směsi, které mají poměrně známé složení. Příprava vzorku je ve většině případů velmi jednoduchá, protože stačí zředit kapalným vzorkem vhodným základním elektrolytem nebo v něm rozpustit tablety. Nerozpustné části tablet nijak neruší a obvykle se analyzovaný vzorek ani nemusí filtrovat a stačí pouze odstranit pipetou čistou kapalinu po usazení. Aktivní sloučeniny jsou nejčastěji ve formách léků obsaženy jen v malém množství, takže mohou být naplno využity výhody polarografické elektrolýzy. Pro farmaceutickou analýzu je často důležité stanovit stopy

93 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 58-59.

94 KHÁS, L., *Jaroslav Heyrovský: Founder of Polarography*, s. 20-22.

nečistot s potenciálními toxickými vlastnostmi. Polarografická metoda je velmi citlivá, takže pokud je vyžadována práce s některým ze vzácných přípravků, stačí odebrat jen jeho malý vzorek. Rychlost analýzy umožňuje průběžnou kontrolu výroby léků a hlavní složky pak mohou být stanoveny polarograficky, pokud pro ně ještě nebyly vypracovány jiné metody. Příkladem použití polarografie ve farmaceutickém průmyslu může být stanovení různých látek, z těch nejznámějších například kodeinu, efedrinu nebo karotenu.⁹⁵

95 ZUMAN, P., *Organická polarografie: metodika a použití*, s. 166-167.

5 Vývoj poznamenaný válkou

5.1 Doba před válkou

V květnu 1926 byl Heyrovský jmenován řádným profesorem ústavu fyzikální chemie Univerzity Karlovy. Tento ústav v té době stále neměl vlastní budovu, takže byl prozatím umístěn v přístavbě k dosavadní budově Chemického ústavu.⁹⁶ Heyrovskému se kromě úspěchů v profesním životě dařilo také v životě osobním. V únoru 1926 si vzal Marii Kořánovou, se kterou byl už dva roky zasnoubený. Jejich otcové byli bratřenci a Heyrovský se znal s rodinou Kořánových už ze své vojenské služby v tábořské nemocnici. Poté navíc Marie přišla studovat do Prahy na filozofickou fakultu, takže k sobě měli blízko. Společně se svou manželkou cestoval Heyrovský krátce po svatbě do Paříže, kde na tamní univerzitě pracoval v laboratoři profesora Urbaina. Heyrovský s sebou vzal polarograf, umístil ho do sklepa univerzity Sorbonny a jeho žena tam zaznamenávala polarografické křivky. Během svého pobytu v Paříži se manželé Heyrovští seznámili s hlavními představiteli francouzské fyziky a chemie, přičemž jeden večer dokonce strávili ve společnosti Marie Curie-Sklodovské.⁹⁷ Tato slavná francouzská chemička polského původu nemohla studovat v Polsku, a proto zamířila do Paříže, kde se seznámila se svým manželem Pierrem Curiem. Právě na pařížské Sorbonně se stala první ženou-profesorkou a také jako první žena obdržela Nobelovu cenu, a to dokonce hned dvakrát. V roce 1903 za fyziku díky výzkumu radiačních jevů a roku 1911 za chemii díky objevu radia, polonia a výzkumu jejich sloučenin. Objev polonia uskutečnila se svým manželem Pierrem roku 1898, za dalších pět let prokázala existenci radia včetně jeho atomové hmotnosti a roku 1910 izolovala radium v kovovém stavu. Prakticky celý život zasvětila vědě a výzkumu radioaktivních látek, což byl také jeden z důvodů její smrti v roce 1934.⁹⁸ Abychom se vrátili k manželům Heyrovským, tak v roce 1929 se jim narodil první potomek, což byla dcera Jitka. O rok později k ní přibyl syn Michael, který dostal jméno po Michaelu Faradayovi.⁹⁹

V roce 1929 začal vycházet časopis *Collection of Czechoslovak chemical communications – Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, který založil Heyrovský spolu s Emilem Votočkem. Tento časopis zveřejňoval práce českých chemiků ve světových jazycích a byl tedy hlavním médiem pro nové informace z oblasti polarografie. První desítky prací měly empirickou povahu a popisovaly polarografické chování anorganických i organických látek, jejich redukci či oxidaci a jimi vyvolanou katalýzu vylučování vodíku na rtuti. Často pojednávaly o jevu polarografických maxim, o jejich potlačování vlivem vysokomolekulárních látek a věnovaly se

96 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 43.

97 Tamtéž, s. 46-47.

98 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 21.

99 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 47.

použití polarografie v kvantitativní analýze a praktické chemii.¹⁰⁰

Heyrovského škola mezitím zaznamenávala stále větší úspěch. Do jeho ústavu přicházeli další talentovaní žáci, ze kterých postupem času vyrostli uznávaní vědci. Byl to například Rudolf Brdička, který na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy studoval jako hlavní obor chemii a už v té době ho zaujaly Heyrovského práce.¹⁰¹ Brdička jako Heyrovského žák objasňoval pomocí polarografie a spektrofotometrie (světelná absorpce) příčiny barevných změn v roztocích chloridu kobaltnatého, které se na základě podmínek měnily z růžové na modrou barvu. Svou disertační práci s výsledky tohoto výzkumu publikoval již v roce 1930, ale polarografickým výzkumem solí kobaltu se zabýval i nadále.¹⁰² Jak uvádí Jindra, roku 1929 získal Brdička doktorát přírodních věd a poté u Heyrovského zůstal jako asistent Fyzikálně chemického ústavu. V roce 1934 se Brdička habilitoval polarografickou prací, ve které popsal jev nazývaný jako „katalytická vlna bílkovin“.¹⁰³ Došlo k tomu tak, že doktor Gosman v sousední laboratoři polarograficky zkoumal luetická séra a mozkomíšní mok, které mu poskytl profesor K. Gawalowski z kliniky kožních a pohlavních nemocí. Tento výzkum nevedl k žádnému objevu, ale Brdička si takové sérum jednou půjčil a přidal je k roztoku soli kobaltu. Na polarogramu poté zpozoroval novou vlnu, která při přidávání dalšího séra neustále rostla. Tato vlna vznikala právě díky působení bílkovin ze séra, což přivedlo Brdičku k tomu, aby vypracoval velmi přesnou analytickou metodu na určení těchto látek. Později pak Brdička zjistil, že při polarografické analýze sér nemocných rakovinou se bílkovinná vlna zásadním způsobem zvyšuje. Proto si myslel, že objevil polarografickou reakci na rakovinu a později na toto téma publikoval několik prací. Nakonec se však ukázalo, že tato reakce stejně jako spousta dalších není specifická a stejné zvýšení vlny bílkovin se objevuje také v sérech s různými jinými chorobami. Přesto měly Brdičkovy práce o polarografii bílkovin velký význam, neboť byly východiskem pro praktické použití polarografie v biochemii. Heyrovský byl o významu tzv. „Brdičkovy reakce“ přesvědčen dokonce ještě více než sám její autor. V roce 1934 se stal Brdička docentem a školní rok 1934/1935 strávil jako stipendista Rockefellerovy nadace na stáži v USA, konkrétně na Kalifornské univerzitě v Berkeley u biochemika Smitha a navštěvoval také přednášky profesorů fyziky Julia Roberta Oppenheimera a Ernesta Orlanda Lawrence. Koryta uvádí, že z Ameriky se pak Brdička vydal nákladní lodí do Japonska a poté do Šanghaje.¹⁰⁴ Dále také absolvoval stáž ve Würzburgu a jako univerzitní docent přednášel na pražské Přírodovědecké fakultě elektrochemii koloidů a spolu s Heyrovským vedl elektrochemická praktika.¹⁰⁵

100 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 25.

101 Tamtéž, s. 146.

102 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 48.

103 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 146.

104 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 48-49.

105 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 146.

Dalším ze žáků byl Slovák Dionýz Ilkovič, který do Prahy přišel jako absolvent prešovského gymnázia a zapsal se jako student fakulty chemicko-technologického inženýrství na ČVUT. Chtěl studovat současně chemii, fyziku a matematiku. Po přestupu na přírodovědeckou fakultu studoval všechny tři obory současně, což byl nejlepší předpoklad pro to, aby se věnoval fyzikální chemii. Roku 1930 tedy začal pracovat u Heyrovského v laboratoři pro doktorandy. Věnoval se hlavně teorii polarografické metody, což bylo poměrně neprobádané téma. Jeho nejznámější prací bylo získání matematického vztahu pro difúzi ke kapkové elektrodě v roce 1934. Tzv. Ilkovičova rovnice difuzního proudu je v literatuře dokonce nejvíce citovaným vztahem pojmenovaným po československém vědci.¹⁰⁶ Většina látek, které poskytují stálé polarografické proudy v klidném roztoku, přichází k pracovní elektrodě tokem difuze. Výraz pro tzv. výšku polarografické vlny, tedy limitní difuzní proud ke kapkové elektrodě, odvodil Ilkovič díky difuzním zákonům německého fyzika Adolfa Eugena Ficka s tím zjednodušením, že se u kapkové elektrody nejedná o difuzi sférickou, ale lineární. Ilkovič dokázal odvodit vztah pro závislost okamžitého proudu na čase od počátku růstu kapky. Výška polarografické vlny je určena průměrným limitním proudem, který se měří během odkapávání rtuti z kapiláry. Jak už bylo zmíněno, vzorec pro polarografický difuzní proud se nazývá Ilkovičovou rovnicí. Ta udává, že průměrný difuzní limitní proud je přímo úměrný koncentraci elektrolyzované látky a druhé odmocnině z tlaku rtuti, což je v praxi výška sloupce rtuti nad ústím kapiláry. Tento postup je osvědčenou charakterizací polarografických průměrných proudů, které jsou řízeny difúzí. Přesnost Ilkovičovy rovnice byla potvrzena s tolerancí 5 %. Později vyšlo najevo, že při používání vertikální kapiláry dochází k přenosu částečného vyčerpání koncentrace elektroaktivní látky z okolí ústí kapiláry, přičemž by tato skutečnost mohla snižovat naměřený proud a naopak oprava na sférickou difuzi by proud oproti Ilkovičově rovnici zvyšovala. Přibližný souhlas jednoduché rovnice s experimentem je tedy způsoben kompenzací dvou na sobě protichůdných chyb. Heyrovský a Ilkovič získali díky kombinaci Ilkovičovy a Nernstovy rovnice výraz pro potenciál polarografické difuzní vlny reverzibilní elektrodové reakce a tím také výraz pro průměrný proud. V obou těchto výrazech se nachází potenciál „půlvlny“, tedy takový potenciál, který odpovídá polovině výšky symetrické reverzibilní vlny. Rozdíl mezi standardním redox potenciálem a půlvlnovým reverzibilním potenciálem je vyjádřen druhou odmocninou z poměru difuzních koeficientů oxidované a redukované formy elektroaktivní látky. Při reverzibilní redukci komplexního kationtu se půlvlnový potenciál posouvá negativně vůči redukci volného iontu o potenciální rozdíl, jenž je dán volnou energií tvorby komplexu. Díky tomu se začal rozvíjet obor polarografického studia komplexů, jehož hlavní osobností byl na českém území profesor Antonín A. Vlček. Ilkovič ještě před svým odchodem z Prahy stihl své tehdejší polarografické poznatky shrnout

106 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 50.

a vydat v knižní formě.¹⁰⁷

Kromě českých a slovenských žáků však přicházeli k Heyrovskému také zahraniční zájemci. Roku 1929 to byl Polák Wiktor Kemula.¹⁰⁸ Ten předtím působil na univerzitě ve Lvově, kde získal doktorát za svou práci týkající se působení ultrafialového záření na metanovou rodinu uhlovodíků. Poté se stal asistentem u profesora Tolloczkiho na katedře anorganické chemie ve Lvově. Roku 1920 získal Kemula stipendium od polského Národního výzkumného fondu, které mu umožnilo stáže v zahraničí, konkrétně v letech 1929-1930 u Heyrovského a 1930-1931 u profesorů Weigerta a Debyeho na univerzitě v Lipsku. Během svého pobytu v Praze, který měl Kemulovi pomoci v rozhodování o jeho dalším vědeckém směřování, vypracoval Kemula dvě polarografické studie pod záštitou Ústavu fyzikální chemie Univerzity Karlovy. Ty byly zveřejněny v časopise *Collection of Czechoslovak chemical communications – Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*. Tyto studie pomohly Kemulovi k jeho habilitaci roku 1932 na univerzitě ve Lvově. Kemulův kariérní vzestup na této univerzitě byl poměrně rychlý, protože už v roce 1936 se stal mimořádným profesorem a za další tři roky řádným profesorem. Pro zajímavost, Heyrovského prvním polským žákem byl M. Dobryszyci, který sice získal doktorát v roce 1930 za svou práci týkající se ukládání zinku a kobaltu ze čpavkového roztoku na rtuťovou kapkovou elektrodu, ale později nakonec u polarografie nezůstal. Kemula se naopak stále zabýval polarografickým výzkumem na univerzitě ve Lvově i se svými studenty a spolupracovníky, což byl zejména M. Michalski. Kemula navíc ještě před druhou světovou válkou vystoupil na kongresech Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii, které se pořádaly roku 1934 v Madridu a za další čtyři roky v Římě. Kemula také v předválečném období psal Heyrovskému o své tehdejší práci na univerzitě ve Lvově a vyjadřoval své obavy, jestli má zveřejnit kritický článek o jedné české studii v časopise *Collection of Czechoslovak chemical communications – Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, aby nepoškodil pověst tohoto média založeného respektovanými profesory Heyrovským a Votočkem.¹⁰⁹ Během svého pobytu v Praze si Kemula získal Heyrovského svým talentem pro fyzikální a analytickou chemii a po jeho návratu do Polska se tam jeho zásluhou stala polarografie jedním z hlavních vědeckých směrů.¹¹⁰

Dva roky po Kemulovi, tedy v roce 1931, přijel za Heyrovským doktor G. Semerano z univerzity v italské Padově. V Praze pobyl tři měsíce a díky tomu získal mnoho znalostí. Hned v následujícím roce proto v Padově vydal první knižní monografii o polarografii, která se v originále nazývala *Il polarografo, sua teoria e applicazioni* a stejně jako Kemula přispěl k rozvoji

107 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 26-27.

108 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 52.

109 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský and Wiktor Kemula: Czech and Polish Polarography*, in: *The Global and the Local: The History of Science and the Cultural Integration of Europe*, s. 202-203.

110 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 52.

polarografie ve své domovině, takže součástí padovské univerzity je dnes i malý polarografický ústav. Do Heyrovského ústavu přicházeli žáci také z tehdejšího SSSR. Zakladatel geochemie Vladimir Ivanovič Vernadskij se v Praze seznámil s Heyrovským a došel k názoru, že polarografie je vhodnou metodou pro analýzu nerostných surovin. Proto vyslal na studijní pobyt do Prahy svého kolegu A. P. Vinogradova. Poté zamířila k Heyrovskému také Jevgenija Varasovová z univerzity v Petrohradu (tehdy Leningradu). V Praze absolvovala delší stáž, kterou v roce 1931 zakončila disertační prací. Roku 1933 vydal Heyrovský první monografii s názvem *Použití polarografické metody v praktické chemii*. Tato publikace byla věnovaná hlavně analytickým aplikacím polarografie. Rozšířený rukopis této knihy přeložila do ruštiny v roce 1937 právě Varasovová, která se poté ještě pár let zabývala polarografickým výzkumem, než se stala obětí Stalinových perzekucí.¹¹¹

Heyrovský se ovšem na proniknutí polarografie do světa podílel zejména svými cestami do zahraničí. Byla to především cesta do USA v roce 1933 a do SSSR o rok později.¹¹² Před cestou do Ameriky se Heyrovský dozvěděl, že v USA existuje Carnegieho nadace (Carnegie Foundation Endowment for International Peace), která umožňuje zahraničním vědcům pobyty na amerických univerzitách a naopak těm americkým pobyty například v Evropě. Heyrovský o této nadaci věděl už před pražským příjezdem prvního Carnegie visiting profesora plukovníka Marstona Bogerta, což byl organický chemik z Columbia University. O příjezdu Bogerta do Prahy se Heyrovský dozvěděl na schůzi profesorského sboru Univerzity Karlovy v červnu 1927. Profesorský sbor složený kromě Heyrovského také mj. z chemiků Štěrby-Böhma, Křepelky a Plzáka pozval Bogerta k přednáškám a zároveň pověřil Heyrovského, aby se o něj během jeho pobytu staral. Díky tomu získal Heyrovský důležitý kontakt a také měl možnost od Bogerta zjistit, jak se dá získat stipendium od Carnegieho nadace, protože to byl způsob, jak se dostat do USA a přednášet tam. Proto si s Bogertem po jeho odjezdu často psal. V lednu 1929 zavítal do Prahy na krátkou návštěvu doktor Haskell, se kterým Heyrovský jednal o možnosti pobytu v USA. Nejdůležitější však bylo Heyrovského jednání s prezidentem Carnegieho nadace N. M. Butlerem, který si roku 1931 přijel do Prahy pro čestný doktorát, který mu byl udělen Filozofickou fakultou Univerzity Karlovy už deset let předtím, ale diplom se cestou do USA poškodil. Tehdy už krátce existoval Americký ústav, jehož členem byl i Heyrovský a měl zde funkci předsedy vědecké sekce. V lednu 1932 přijel do Prahy M. Randall, profesor fyzikální chemie na University of California. Navštívil přitom Americký ústav a také přednášel o termodynamice na Chemickém ústavu Univerzity Karlovy. Také s Randallem Heyrovský probíral svůj záměr přednášet na americkém území a zřejmě ho Randall ovlivnil, aby

111 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 52.

112 Tamtéž, s. 53.

místo New Yorku a Bostonu zvolil Kalifornii. V roce 1932 zavítal na pražský Americký ústav ještě profesor fyziky českého původu A. F. Kovařík z Yale University v New Havenu a také profesor T. I. Davis z univerzity v Bostonu. S oběma z nich Heyrovský zřejmě rozebíral své přednášky, které plánoval pro cestu do USA.¹¹³

V červnu 1926 dostal Heyrovský od Haskella zprávu, že mu byla schválena hostující profesura pro letní semestr akademického roku 1932/1933 na kalifornských vysokých školách. Heyrovský tedy požádal o studijní dovolenou, což bylo po půlročním pobytu na pařížské Sorbonně roku 1926 teprve podruhé. Haskell byl před odjezdem do USA jakousi Heyrovského spojkou a podával mu informace. Šéf Carnegieho nadace Butler o Heyrovského také projevil velký zájem a napsal mu, že po přednáškách v Kalifornii může přednášet i na dalších západních univerzitách v Americe. To samozřejmě Heyrovského velmi potěšilo. Heyrovský si také psal s Bogertem, Davisem, Kovaříkem a také se svým již dříve zmíněným žákem Miroslavem Tamelem. Klíčovými kolegy pak pro Heyrovského byli Randall a Noyes, což byli profesori na kalifornských vysokých školách, kde měl přednášet. Heyrovský si s sebou do USA vzal polarografické zařízení, aby mohl svoji metodu přímo na místě ukázat. Poslal je do Ameriky lodí, až nakonec doputovalo do města Berkeley.¹¹⁴

Když Heyrovský dorazil na University of California v Berkeley, byl přivítán profesorem Randalem a svým bývalým asistentem a žákem, doktorem Tamelem. Heyrovský měl na univerzitě původně vést dva semináře týdně, ale zájem o polarografii byl tak velký, že Heyrovský pořádal pro biochemiky a začátečníky další přednášky, na kterých demonstroval polarografickou metodu. Heyrovský také zavítal na soukromou univerzitu ve Stanfordu, kde se mj. setkal se známým specialistou na koloidní chemii profesorem McBainem. Heyrovský také navštívil San Francisco, kde zavítal na dvě schůze American Chemical Society a přednášel ve městě Davis či na katolické univerzitě v Santa Claře. Při svém pobytu na California Institute of Technology v Pasadeně, kam Heyrovský dorazil v dubnu 1933, absolvoval Heyrovský spolu s profesorem Noyesem šest demonstračních přednášek na téma elektrochemických výzkumů se rtuťovou kapkovou elektrodou a praktické aplikace polarografické metody. Ve volném čase se pak Heyrovský věnoval badatelské činnosti. V červnu 1933 se Heyrovský přesunul z Pasadeny na východ USA do státu Minnesota, konkrétně na univerzitu do Minneapolis, kam byl pozván k přednášce profesorem Izaakem Kolthoffem. Heyrovský dále přednášel na univerzitě v Madisonu a navštívil univerzitu v Chicagu a přednášel na University of Ohio v Columbusu, kde ho přivítal profesor Foulk. Na tuto Heyrovského přednášku přijel i uznávaný analytik profesor Willard z University of Michigan, který kvůli tomu

113 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Spojené státy americké (Výběr z korespondence z let 1928-1967)*, [online]. s. 5-6 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Heyrovsky_USA.pdf

114 Tamtéž, s. 7.

neváhal jet 500 km autem. Heyrovský se také podíval do Washingtonu, Philadelphie a poté přednášel na Princeton University jako host profesora Furmana. Poslední přednášku na americkém území absolvoval Heyrovský na Cornell University v Ithace, kde se mu věnoval profesor analytické chemie Nichols. Poté ještě Heyrovský odjel do Bostonu a v nedaleké Cambridge navštívil dvě vysoké školy, Harvard University a Massachusetts Institute of Technology. Ke konci svého amerického pobytu Heyrovský strávil tři dny ve státě Maine ve venkovském sídle profesora Bogerta a nakonec přijel do New Yorku, kde se šel rozloučit do sídla Carnegieho nadace s doktorem Haskelllem, neboť prezident nadace Butler byl právě v Londýně. Na závěr svého pobytu ještě Heyrovský poobědval s manželi Haskellovými a profesorem Hamiltonem z Cornell University a večer před odjezdem se setkal ještě mimo jiných se svou bývalou žákyní, doktorkou Jemeljanovou. O půlnoci z 30. června na 1. července 1933 odplul Heyrovský lodí z USA zpátky do Evropy. Během svého pobytu navštívil od února do června šestnáct míst v USA, kde absolvoval celkem 44 přednášek. Heyrovský si po ukončení svého pobytu uvědomil, že američtí vědci mají v první řadě skvělé technické možnosti a také vysokou kulturu, která předčí evropské metody hlavně v otázce organizace dělby práce a pravidelnými vědeckými diskusemi, protože se vždy alespoň jednou týdně setkávají a společně referují o svých výsledcích. Po návratu do Československa Heyrovský přednášel o zkušenostech z amerického pobytu pro Jednotu československých matematiků a fyziků, Masarykovu akademii práce, Československou společnost chemickou a Americký ústav.¹¹⁵

Co se týče cesty do SSSR, která následovala rok po americkém pobytu, ta byla spojena s účastí na jubilejním sjezdu u příležitosti 100. výročí narození Dmitrije Ivanoviče Mendělejeva. Při schůzích seděl vedle slavného ruského fyzika Pjotra Leonidoviče Kapici, který byl jedním z blízkých spolupracovníků Ernesta Rutherforda. To byla pro Heyrovského velká pocta. Ještě po tomto sjezdu odjel Heyrovský do Moskvy, kde navštívil laboratoř ruského elektrochemika Alexandra Naumoviče Frumkina v Karpovově fyzikálně-chemickém ústavu. Oba výjimeční vědci si však nepadli příliš do oka, protože téměř na všechny teoretické otázky polarografie a elektrochemie měli odlišné názory.¹¹⁶

Heyrovského vliv ve světových vědeckých kruzích zkrátka rostl. Nejlépe to dokazuje fakt, že v roce 1935 byla ze sedmačtyřiceti odborných článků o polarografii většina nikoliv od českých vědců, ale již od zahraničních autorů.¹¹⁷ Heyrovský a jeho škola, to však nebyla jenom vědecká práce, ale také společenský život. Ústav pořádal společné výlety, fotbalové zápasy a večírky. To byl další důvod úspěchu Heyrovského a lidí kolem něj, kteří měli obrovskou chuť pracovat.¹¹⁸

115 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Spojené státy americké (Výběr z korespondence z let 1928-1967)*, [online]. s. 7-10 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Heyrovsky_USA.pdf

116 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 53.

117 Tamtéž, s. 53-54.

118 Tamtéž, s. 59.

5. 2 Druhá světová válka

Ve 30. letech začalo být stále agresivnější nacistické Německo, což vnímal i Heyrovský, který se jinak o politiku nezajímal. Před válkou byl však ve Francii, kde mu jeho kolegové zdůrazňovali německé nebezpečí pro Československo a stejně tak Heyrovskému psali i známí z Anglie. Demokratické Československo bylo nacistickému Německu trnem v oku také proto, že poskytovalo azyl německým emigrantům, kteří odcházeli do zahraničí kvůli obavám z politické nebo rasové perzekuce. Roku 1933 emigroval z Německa do Dánska a poté do Švédska radiochemik George de Hevesy, který předtím dělal profesora na univerzitě ve Freiburgu.¹¹⁹ Hevesy byl původem maďarský chemik, který studoval postupně v Budapešti, Berlíně a již zmiňovaném Freiburgu, kde získal doktorát. Poté působil jako asistent na technické univerzitě v Curychu, pracoval u německého chemika Fritze Habera na syntéze čpavku, poté v Manchesteru u Ernesta Rutherforda a také ve vídeňském ústavu pro radium. Jako profesor byl na univerzitách v Budapešti a Freiburgu, v roce 1930 na Cornell University v Ithace, poté v Kodani na ústavu teoretické fyziky a po emigraci do Švédska dělal ve výzkumném ústavu organické chemie na univerzitě ve Stockholmu. Už během první světové války Hevesy pracoval u slavného anglického fyzika Henryho Moseleye na přesném zařazení vzácných zemin do periodické soustavy prvků a pokračoval v tom i po roce 1915, kdy Moseley zemřel. Během působení v Kodani spolu s nizozemským fyzikem Dirkem Costerem objevil chemický prvek hafnium. Hevesyho zaměřením bylo studium chemických reakcí roztavených solí a problematika elektrochemie radioaktivních prvků. Ve Vídni použil pro radium poprvé radioaktivních izotopů jako indikátorů atomů olova v organických či anorganických sloučeninách, za což roku 1943 obdržel chemickou Nobelovu cenu. Z těchto výzkumů pak Hevesy rozpracoval metodu označených atomů, díky níž pak dosáhl mnoha zajímavých výsledků v oblasti důležitých životních procesů.¹²⁰

V roce 1934 Hevesy napsal Heyrovskému, že ve Freiburgu pracuje jeho kolega Johann Böhm, který nemůže v Německu získat řádnou profesuru, protože odmítl vstoupit do nacionálně-socialistické strany (NSDAP).¹²¹ Hevesy ve svém dopise ze 13. října 1934 psaném v němčině apeluje na Heyrovského v záležitosti svého dlouholetého asistenta profesora Böhma, vyzdvihuje jeho přírodovědecké kvality včetně fyzikálně-chemických znalostí a vřele jej Heyrovskému doporučuje. Hevesy v dopise uvádí, že s Böhmem spolupracoval osm let a také tehdy již zesnulý profesor Fritz Haber, jehož asistentem byl Böhm po dobu pěti let, si ho velmi vážil stejně jako Böhmovi studenti. Hevesy uvedl, že Böhm měl možnost i získat místo v Německu, ale nakonec odmítl všechny nabídky, neboť srdce jej jako českého patriota táhlo zpět do Prahy. Za situace, kdy

119 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 60.

120 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 51.

121 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 60.

Böhm nechtěl vstoupit mezi nacisty, však ani neměl jinou možnost, protože v Německu nemohl dostat katedru.¹²² Böhm už se dříve ucházel o profesuru v Praze a díky doporučení Heyrovského se nakonec podařilo prosadit Böhmovo jmenování na německé univerzitě v Praze. Profesor Böhm se tedy roku 1935 s rodinou přestěhoval do Prahy.¹²³ Johann Böhm byl rodákem z Českých Budějovic a pocházel ze smíšené německo-české rodiny. Jak už bylo zmíněno, Böhm měl četné vědecké zkušenosti. Roku 1922 získal doktorát na Německé univerzitě v Praze a již předtím pracoval v Berlíně v Ústavu císaře Viléma pro fyzikální chemii a elektrochemii, odkud se přesunul do Kodaně ke slavnému dánskému fyzikovi Nielsi Bohrovi, kde v té době pracoval i Hevesy. S ním pak Böhm spolupracoval na univerzitě ve Freiburgu, kde Böhm napomohl vytvoření nového Ústavu fyzikální chemie, na kterém habilitoval a byl tam také jmenován mimořádným profesorem. Po Hevesyho emigraci měl však Böhm pro svůj odpor k nacismu v Německu velké potíže, a proto byl velmi vděčný za Heyrovského pomoc.¹²⁴ Profesor Böhm se zabýval se různými obory fyzikální chemie, zejména výzkumem struktury krystalů rentgenovými paprsky. Jako český rodák měl dobrou znalost češtiny, která mu zjednodušila přechod na nové působiště.¹²⁵

Když německá vojska 15. března 1939 obsadila Čechy a Moravu, přišel Böhm za profesory Heyrovským a Dolejšem a vyjádřil svůj nesouhlas s tímto zločinem proti mezinárodnímu právu. Osud mnoha jeho kolegů na německé univerzitě byl po roce 1938 velmi těžký. Emigrovala řada významných vědců jako například fyzik Philipp Frank, rostlinný fyziolog Ernst Georg Pringsheim, logik Rudolf Carnap či imunolog Felix Michael Haurowitz. V koncentračním táboře pak skončil organický chemik Hans Mayer nebo botanik Erich Daumann. Univerzita Karlova v roce 1939 na první pohled pokračovala v běžné činnosti, pak ale přišlo nařízení, že profesori a docenti židovského původu jsou vyloučeni z přednášek. Zimní semestr v akademickém roce 1939/1940 sice začal na Karlově univerzitě jako obvykle, ale trvalo to jen velmi krátce. Po demonstracích a pohřbu Jana Opletala byly 17. listopadu na Hitlerův příkaz zavřeny české vysoké školy. Studenti ubytovaní na kolejích většinou skončili v koncentračních táborech, zatímco profesori byli nuceni odejít do důchodu a docenti či asistenti přešli na jiná místa ve státní službě, nebo našli uplatnění v průmyslovém výzkumu. Budovy a ústavy českých univerzit začaly spadat pod správu německých vysokých škol, například právě Univerzita Karlova byla pod pražskou německou univerzitou. Profesor Böhm jednoznačně odsuzoval zavření českých škol. Rozhodl se Heyrovskému poskytnout pomoc a dal mu k dispozici laboratoř v dosavadním Heyrovského ústavu. Heyrovský tuto nabídku přijal, protože vědecká práce pro něj byla smyslem života. V té době Heyrovský dokončoval

122 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 127-128.

123 Tamtéž, s. 60-61.

124 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Johann (Jan) Boehm*, in: *Chemické listy*. 2009, 103(11), s. 894.

125 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 60-61.

rukopis své monografie o polarografii, na kterou už předtím uzavřel smlouvu s vídeňským nakladatelstvím Springer. Poté se zabýval jejími korekturami spolu se studentem Ivo Kösslerem, což byl syn známého českého matematika a Heyrovského přítele.¹²⁶

Někteří kolegové Heyrovského rozhodnutí kritizovali. Tvrdili, že by se neměl stýkat s Němci a chodit na univerzitu, odkud vyhnali Čechy. Heyrovský však nesouhlasil, protože možnost pracovat mu nedávali nacisté. Profesor Böhm byl sice Němec, ale charakterní antinacista. Heyrovský jednal podle svého nejlepšího vědomí a svědomí. S profesorem Böhmem byl v osobním kontaktu po dobu celé války, přestože sám později pracoval v laboratoři Zbrojovky Brno, která začala vyrábět polarografy. U profesora Böhma mohl Heyrovský experimentovat. Zabýval se hlavně novou metodou, kterou pojmenoval oscilografická polarografie a začal na ní pracovat už krátce před válkou. Tato metoda je charakteristická rychlými změnami potenciálu kapkové elektrody, které provázejí průchod střídavého proudu elektrodou. Výsledky byly zaznamenávány na obrazovce osciloskopu, který se tehdy zaváděl do elektrotechniky. Proto Heyrovský tehdy potřeboval jako spolupracovníka slaboproudého elektrotechnika, kterým se nakonec stal student fyziky Jindřich Forejt. Ten s Heyrovským spolupracoval ještě několik let po válce.¹²⁷ Při metodě oscilografické polarografie se kapková elektroda polarizovala vnuceným střídavým proudem nejdříve o frekvenci 50 Hz a později už o libovolných frekvencích. Na stínítku osciloskopu se ukazoval odpovídající časový průběh potenciálu kapkové elektrody, v pozdější době přibyla také jeho derivace podle času a poté ještě časová derivace potenciálu jako funkce potenciálu elektrody. Nakonec se tato metoda podle mezinárodně uznávaného názvosloví zařadila do oblasti chronopotenciometrie. Metoda oscilografické polarografie umožňovala sledovat reverzibilitu elektrodových dějů na rtuťových elektrodách, studovat tzv. „kapacitní jevy“ způsobované adsorpcí látek na elektrodě a provádět rychlá analytická stanovení. Heyrovský s Forejtem zavedli do oscilografické polarografie rtuťovou tryskavou elektrodu, kterou tvořil pramínek rtuti tryskající ven z roztoku pod úhlem asi 45° z vytažené skleněné trubičky, jejíž ústí bylo ponořeno několik milimetrů pod hladinou. Důvodem bylo zbavit se pohybu křivek na stínítku oscilografu s odkapáváním kapek. Povrch vlastní elektrody byl tak díky tomu stálý a při tom neustále obnovovaný, protože proud rtuti se rozpadal do jednotlivých kapiček teprve nad hladinou roztoku. Oscilografické křivky s tryskavou elektrodou jsou stálé a v polarografii tato elektroda přináší křivky bez oscilací. Použitím tryskavých elektrod v polarografii včetně výpočtu proudů se jako první z českých vědců zabýval Jiří Koryta, mj. autor biografie o Jaroslavu Heyrovském.¹²⁸

V květnu 1945 přišel Heyrovský do budovy Chemického ústavu, kde ho asistent Beran

126 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 61-62.

127 Tamtéž, s. 62-63.

128 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 28.

společně se svým bratrem požádali jménem revolučního výboru, aby jim dal klíče od ústavu, neboť se vyšetřuje jeho chování během války. Heyrovský z toho byl nešťastný, ale ještě více než o sebe se staral o to, co se děje s profesorem Böhmem. Ten byl spolu s ostatními Němci v biografu Belvedere. Tam mohli být pouze muži, takže jeho žena a dcera byly jinde. Sousedé se ale Böhmovým snažili pomoci, protože je znali a díky jejich dobré češtině ani nebyli považováni za Němce. Heyrovský se okamžitě vydal za profesorem Böhmem a zaručil se za jeho rodinu jako za antifašisty. Díky tomu se Böhmovi mohli vrátit domů a nemuseli nosit pásky označující Němce. Vzhledem k tehdejší náladě ve společnosti Heyrovský hodně riskoval, ale každopádně dělal správnou věc. Děkan fakulty Trkal ho poté dokonce obvinil z kolaborace, ale za Heyrovského se postavil Svaz vysokoškolského studentstva i Spolek posluchačů přírodních věd. Všichni chtěli profesora Heyrovského zpátky. Zanedlouho profesorský sbor zvolil nového děkana a neoblíbeného Trkala vystřídal botanik Novák. Ten chtěl Heyrovského rehabilitovat, ale vzhledem ke zdravotním problémům se nakonec vrátil Heyrovský do ústavu až v roce 1947. Jeho ústav mezitím spravoval Rudolf Brdička a Heyrovský v té době napsal do *Chemických listů* článek o principu atomové bomby a také nekrolog svého již zmiňovaného brněnského kolegy Antonína Šimka, který byl roku 1942 popraven nacisty.¹²⁹

Profesor Šimek byl velký vlastenec, záložní důstojník československé armády a zapojil se do odbojové činnosti brněnských profesorů v ilegální organizaci Obrana národa, která byla napojena na československou londýnskou vládu. Tuto organizaci brněnské gestapo od září 1941 postupně rozbilo a Šimek byl v prosinci téhož roku zatčen. Spolu s dalšími zatčenými byl Šimek vyslýchán a zavřen v Kounicových kolejích a poté byl brněnským soudem odsouzen k trestu smrti a převezen do koncentračního tábora v Mathausenu, kde strávil ještě několik měsíců v nedůstojných podmínkách. Nakonec byl na přímý pokyn z Berlína dne 7. května 1942 spolu s dalšími brněnskými odbojáři popraven a jeho manželka Hannah Šimková-Kadlcová dostala oficiální zprávu o manželově úmrtí až 20. června 1942 přímo z Mathausenu.¹³⁰ Heyrovský v nekrologu uvedl, že Šimek padl jako hrdina v odboji proti nacismu. Vzpomenul na něj jako na mimořádně laskavého člověka, který se však zároveň velmi vášnivě dokázal postavit proti bezpráví. Heyrovský dále ocenil Šimkovu práci a pomoc svým kolegům, žákům i celé vědecké společnosti. Ocenil jeho svědomitost a výbornou znalost angličtiny a holandštiny, kterou Šimek prokázal při překladech textů. Na závěr nekrologu Heyrovský zmiňuje Šimkovy objevy a vzdává hold jeho památce.¹³¹ Co se týče Hannah Šimkové-Kadlcové, tak ta se ještě zajímala o obvinění Heyrovského z kolaborace. V červenci 1945 napsala v dopise, že by nejraději jela do Prahy za prezidentem Edvardem Benešem, aby se zastala Heyrovského. Také v srpnu 1945 se na toto téma dotazovala a čekala, kdy

129 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 63-64.

130 JINDRA, J., *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 331.

131 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 128-129.

bude Heyrovský plně rehabilitován.¹³²

V létě 1947 už na tom byl Heyrovský po zdravotní stránce lépe, takže mohl odjet do Anglie na symposium Faraday Society o elektrodových dějích. Zde měl Heyrovský velmi zajímavou přednášku na téma vylučování kovů na rtuťové elektrodě pomocí oscilografické polarografie. To byla asi poslední práce Jaroslava Heyrovského, která byla opravdu zásadní.¹³³

5.3 Poválečný vývoj

Fenomén polarografie byl během války i po ní stále aktuální. V roce 1939 se začal zabývat polarografií dokonce i nejvýznamnější americký analytický chemik a již zmiňovaný profesor na univerzitě v Minneapolis Izaak Kolthoff, který se svým kolegou Linganem vydal roku 1941 monografii *Polarography*. Tato publikace se stala základním zdrojem informací o Heyrovského metodě v západním světě. Heyrovského objev se tedy stal známým po celém světě a pronikl do praxe i základního výzkumu. Ve vědecké práci samozřejmě pokračovali i Heyrovského žáci. Kromě již zmíněného Rudolfa Brdičky to byl také Karel Wiesner, který spolu s ním vytvořil polarografickou metodu na měření rychlosti chemických reakcí.¹³⁴ Karel Wiesner maturoval roku 1938 na gymnáziu v Chrudimi a poté začal studovat chemii hned na dvou vysokých školách současně, na ČVUT a Univerzitě Karlově. Během války po zavření vysokých škol nacisty pracoval v laboratoři profesora Brdičky v Radiologickém ústavu na Bulovce. Zde se také seznámil s polarografií. Wiesner při polarografickém studiu organických látek zpozoroval případ, kdy je proud na kapkové elektrodě řízen rychlostí chemické reakce. Spolu s Brdičkou vypracoval přibližnou teorii pro určitý druh polarografického proudu, který se začal nazývat jako kinetický proud. Wiesner zjistil, že šířka vrstvy roztoku u povrchu elektrody, v níž probíhá chemická reakce, je v jednoduchém vztahu k rychlostní konstantě této reakce. Po druhé světové válce získal Wiesner doktorát na Fyzikálně chemickém ústavu Univerzity Karlovy, přičemž ve své disertaci se zabýval polarografickým výzkumem reakcí některých aminokyselin s chinonem. Na ústavu také pracoval jako asistent a poté pobýval dva roky na univerzitě v Curychu u profesora Vladimira Preloga. Roku 1948 dostal pozvání na univerzitu v kanadském Frederictonu. Toto pozvání přijal, stal se na tamní univerzitě profesorem organické chemie a nakonec zde strávil celý zbytek života. Wiesner se nadále věnoval i elektrochemické problematice, konkrétně svou přesnou teorií polarografické aktivity cukrů, řízené rychlostí transformace z neaktivní cykloacetálové formy na redukovatelný tautometr a měřením rychlostí rekombinace některých redukovatelných kyselin. V Kanadě si Wiesner udělal

132 JINDRA, J., *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4), s. 331.

133 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 63-65.

134 Tamtéž, s. 65-66.

velké jméno a stal se světově uznávaným v oboru chemie přírodních látek. Roku 1969 byl pak zvolen členem britské královské společnosti nauk (FRS).¹³⁵

Objev polarografie pronikal do celého světa jak v praxi, tak i ve výzkumu. V rámci nově založeného Ústředí vědeckého výzkumu při Státním úřadě plánovacím byl proto dne 1. dubna 1950 založen Polarografický ústav a Heyrovský se stal jeho ředitelem. Pro Heyrovského to znamenalo splnění snu, protože konečně vznikl výzkumný ústav, který se věnoval rozvíjení jeho objevu. Ústavu bylo přiděleno třetí patro budovy v Opletalově ulici č. 25, kde předtím sídlil Ústav pro zvelebování živností, který byl zrušen. Polarografický ústav měl na svém začátku čtyři zaměstnance, kterými byli Miroslav Březina, Jiří Mašek, Josef Peizker a Antonín A. Vlček (který se stal od roku 1965 ředitelem ústavu). Dále v ústavu pracovali také tři aspiranti (tzv. pracovníci ve „vědecké výchově“), konkrétně Jiří Říha, Jiří Vogel a Petr Zuman. Heyrovský byl nejprve jenom externím ředitelem, ale brzy se stal stálým zaměstnancem ústavu. Vedení univerzitní katedry fyzikální chemie po něm převzal profesor Brdička, zatímco Heyrovský už zde měl pouze dvouhodinovou přednášku o polarografii. Ústav polarografie se zabýval hlavně základním výzkumem, ale také aplikovanými úkoly. V roce 1951 se Heyrovský a další pracovníci ústavu zúčastnili rozboru slovenských rud v Banské Štiavnici. Roku 1952 se potom v Bratislavě konal sjezd praktické polarografie, kde byla přednesena řada referátů o polarografických metodách analýzy látek významných v metalurgii, chemickém průmyslu, potravinářství, lékařství a farmacii. Ve stejném roce také vytvořil Československý státní film celkem povedený krátký snímek o profesoru Heyrovském a polarografii. Polarografický ústav měl později téměř sto stálých zaměstnanců. Aspirantů bylo relativně málo, ale postupně se také stávali stálými pracovníky ústavu. Vědecká práce zde fungovala tak, že se každý věnoval svému individuálnímu tématu, na kterém pracoval pouze on sám. Konaly se také diskuse a týdenní rozhovory o polarografické tematice. Profesor Heyrovský se soustředil na výzkum oscilografické polarografie a organizační záležitosti měl na starosti jeho náměstek a dřívější žák J. V. A. Novák. Doktor Novák se specializoval především na analytické aplikace polarografie a jeho činností v Polarografickém ústavu byl výzkum dlouhodobých polarografických analyzátorů, což byla zařízení pro nepřetržitá měření koncentrace látek v průmyslovém provozu.¹³⁶

Zřízení ústředních ústavů (mezi které patřil i Polarografický ústav) bylo jen přechodným stadiem před založením Československé akademie věd jako ústřední výzkumné instituce. Vládním usnesením z 15. ledna 1952 byla ustavena vládní komise pro zřízení Československé akademie věd. Předsedou byl profesor Vysoké školy politické a sociální Ladislav Štoll, mezi členy potom patřil i

135 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 163.

136 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 66-68.

Heyrovský, který zastupoval obor fyzikální chemie. Národní shromáždění přijalo 29. října 1952 zákon o Československé akademii věd a slavnostní zahájení její činnosti proběhlo 17. listopadu 1952 ve Smetanově divadle. Profesor Heyrovský byl jmenován řádným členem – akademikem. Už od studentských let se osobně znal s novým prezidentem Akademie, kterým byl Zdeněk Nejedlý. Hodnost akademika získal i profesor Brdička, který se zároveň stal předsedou chemické sekce Akademie a členem jejího prezidia. Heyrovského představa, že Brdička bude jeho nástupcem ve vedení univerzitní katedry, se tedy nemohla naplnit. Dalším možným kandidátem byl Karel Wiesner, který ale v roce 1949 kvůli režimu zůstal na studijním pobytu ve Švýcarsku. Nástupcem se tedy nakonec stal docent Mirko Kalousek, což byl odborník na experimentální techniku.¹³⁷

Kalousek byl rodákem z ázerbajdžánského Nachičevanu. Po maturitě nejdříve studoval na Vysoké škole chemicko-technologického inženýrství v Praze, ale v roce 1935 přešel na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy, kde ve Fyzikálně chemickém ústavu pracoval pod vedením profesora Heyrovského a vypracoval disertační práci na téma *Polarografický výzkum redox potenciálů*. To byla také jedna z posledních polarografických disertací, která vzešla z Heyrovského ústavu před druhou světovou válkou. Společně s Heyrovským ji Kalousek publikoval už roku 1939 pod názvem *Použití zředěného amalgamu v kapkové elektrodě*. Po uzavření českých vysokých škol nacisty na podzim 1939 pracoval Kalousek mimo jiné u firmy Nejedlý, která vyráběla polarografy. Podstatnou část svého života během druhé světové války však strávil v Rybitví, kde působil v jakémsi „azylu“ pro české chemiky a elektrochemiky. Tím byla elektrochemická laboratoř Spolku pro chemickou a hutní výrobu. Po válce se Kalousek stále zabýval polarografií, byl asistentem Fyzikálně chemického ústavu Univerzity Karlovy a zkonstruoval po něm pojmenovaný přepínač, díky němuž bylo možné registrovat proudy náležící elektrodoým dějům produktů, případně meziproductů elektrodoých reakcí. Kalousek také strávil rok na stáži v Anglii, kde se však nevěnoval polarografii, ale studoval metody užívané při výzkumu chemie povrchů. Touto problematikou se zabýval i po návratu do Prahy, habilitoval se na univerzitě z fyzikální chemie roku 1951 a jak už bylo řečeno, nakonec po profesoru Brdičkovi převzal katedru fyzikální chemie Univerzity Karlovy. V polovině padesátých let pak po Brdičkovi převzal kurz fyzikální chemie. Roku 1960 byl jmenován řádným profesorem fyzikální chemie a v podstatě celá 60. léta strávil v cizině. Nejdříve jako expert organizace UNESCO na univerzitě v Damašku, poté na univerzitě v Bagdádu a nakonec znovu jako expert UNESCO pobýval téměř čtyři roky v hlavním městě Zambie na univerzitě v Lusace. Kalousek byl autorem dvou učebnic, *Elektrochémiá* z roku 1952 a *Úvod do fyzikální chemie*, který napsal společně s Brdičkou a Schützem roku 1963. Jako autor či spoluautor se podílel na desítkách prací z oblasti fyzikální chemie a za zásluhy o rozvoj

137 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 69-71.

chemických věd a zejména polarografie mu byla roku 1972 udělena Zlatá medaile Jaroslava Heyrovského od Československé akademie věd (ČSAV).¹³⁸

Založení Akademie neznamenovalo žádnou výraznou změnu, co se týče Heyrovského práce. Neustále pracoval ve svém ústavu, kde se zabýval především oscilografickou polarografií a nadále trávil v ústavu i víkendová odpoledne. Jedna změna se však přece jen udála, protože v roce 1954 dostal Polarografický ústav ČSAV druhou budovu, kterou byl barokní dům na Malé Straně ve Vlašské ulici č. 9. Jak uvádí Koryta, tento dům ze 17. století měl velmi zvláštní historii. Nejdříve jej vlastnil bohatý pražský obchodník, poté šlechtická rodina Černínů. Během druhé světové války bydlel v podkrovní místnosti úředník nacistického ministra pro Čechy a Moravu Karl Hermann Frank, po osvobození se v budově vystřídala Protifašistická knihovna, peruánské velvyslanectví a Historický ústav ČSAV. Nakonec byl tento dům nabídnut profesoru Heyrovskému, který se tam přestěhoval a prohlásil, že zde chce i zemřít. Proto ani neusiloval o výstavbu nové budovy pro svůj ústav. Poloha domu ve Vlašské ulici byla skutečně ideální, na klidném místě a včetně vyhlídky na petřínský park, odkud do zahrady chodily veverka, které Heyrovský rád krmil. V této budově nakonec opravdu strávil poslední období svého života.¹³⁹ Dnes v tomto domě sídlí Ústav pro soudobé dějiny AV ČR. Jak je patrné z pamětní desky u vchodu do budovy ve Vlašské ulici, Heyrovský zde pracoval v letech 1954-1967. Jen pro zajímavost, dodnes se zachovalo Heyrovského krmítko pro veverka, které je v areálu budovy k vidění. Sám jsem tento dům navštívil při mých dvou setkáních s panem doktorem Jindrou a mnou pořízené fotografie jsou zařazeny v přílohách.

Abychom se vrátili zpět do života Heyrovského, jeho zdravotní stav se začal postupně zhoršovat. V roce 1951 měl slabý záchvat mozkové mrtvice a dalších pár dní měl kvůli tomu malou poruchu řeči. Přesto stále energicky přednášel především o oscilografické polarografii a tyto přednášky doplňoval demonstračními třeba i na třech osciloskopech najednou. Heyrovský přednášel nejen v Čechách, ale také v zahraničí. Zamířil do Anglie, Švédska, Dánska, Bulharska, Maďarska, NDR a také na polarografickou konferenci do Varšavy. Právě mezinárodních polarografických sjezdů se Heyrovský v dalších letech účastnil nejraději. Asi nejzajímavější poválečnou cestu absolvoval Heyrovský do Číny, kam zamířil se synem Michaelem. Společně navštívili Peking, Šanghaj, Wuchan a další města. Překladatele mu tam dělal jeho čínský aspirant Wang Erkang a Heyrovského těšil značný zájem čínských chemiků o polarografii.¹⁴⁰ Co se týče Michaela Heyrovského, tak ten po studiu chemie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy zamířil na univerzitu do Cambridge, kde získal anglický doktorát filozofie u profesora Ronalda George Wreyforda Norrishe, což byl fyzikální chemik a držitel Nobelovy ceny za chemii z roku

138 JINDRA, J., *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, s. 153-154.

139 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 71-72.

140 Tamtéž, s. 72-74.

1967, kterou získal společně s Manfredem Eigenem a Georgem Porterem za výzkum mimořádně rychlých chemických reakcí.¹⁴¹ Michael Heyrovský se v Anglii zabýval problematikou vlivu osvětlení na elektrické proudy na rtuťové kapkové elektrodě a výrazně tím pomohl k rozvoji nového vědního oboru, kterým byla fotoelektrochemie.¹⁴² S panem doktorem Michaelem Heyrovským jsem měl tu možnost se setkat v Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR, kde ve svých 83 letech stále pracuje.

141 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 84.

142 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 74.

6 Nobelova cena pro Jaroslava Heyrovského

Než se dostaneme přímo k udělení Nobelovy ceny Jaroslavu Heyrovskému, podíváme se trochu více do historie tohoto ocenění, konkrétně na jeho zakladatele. Alfred Bernard Nobel se narodil 21. října 1833 ve Stockholmu. Díky postavení svého otce Immanuela, který se prosadil v ruském Petrohradu jako výrobce strojních zařízení a třaskavin pro výrobu min, mohl Alfred Nobel získat výborné vzdělání od soukromých učitelů jak v oblasti přírodních věd, tak i v literatuře a jazycích. Kromě mateřské švédštiny ovládal slovem i písmem ruštinu, francouzštinu, angličtinu a němčinu. V sedmnácti letech se Nobel vydal do světa, kde během dvouleté studijní cesty navštívil Francii, kde v Paříži studoval chemii, dále Německo, Itálii a USA. Nobel díky tomu získal dobrý přehled o aktuálním vývoji techniky a nejnovějších výzkumech v oblasti třaskavin. Poté se vrátil do Petrohradu a pracoval v podniku svého otce jako chemik v laboratoři na střelný prach, kde se zabýval využitím nitroglycerinu jako trhaviny, která několikanásobně převyšovala účinek dosavadních směsí třaskavin. V roce 1863 se Nobelova rodina přesunula zpět do Švédska, kde Nobelův otec vybudoval v Helenborgu podnik na výrobu nitroglycerinu. O rok později tam v laboratoři došlo k nešťastnému výbuchu, při kterém zemřel Nobelův nejmladší bratr Emil Oskar a zároveň jeho otec dostal záchvat mrtvice, po němž ochrnul. Alfred Nobel se tedy ujal řízení podniku svého otce a v jeho laboratořích dokončil výzkumy započaté v Petrohradu. Ještě v témže roce přišel s prvním patentem, který se týkal tzv. Nobelovy rozbušky, což byl objev velice důležitý pro použití výbušnin v praxi. Nedlouho poté roku 1866 byl patentován dynamit, jehož vynález přinesl revoluční přínos v hornictví či stavbě silnic a tunelů. Poté byl ještě dynamit vylepšen, z čehož vznikla v roce 1875 výbušná želatina a dva roky poté tzv. ballistit, tedy bezdýmný nitroglycerinový prach. Alfred Nobel za svůj život získal 355 patentů, jimiž přispěl také k vývoji syntetického kaučuku a umělé kůže nebo zdokonalení systémů techniky dálkové signalizace či poplašných zařízení. Nobel vybudoval své laboratoře kromě Švédska také v Německu, Francii, Skotsku a Itálii. Celkově byly Nobelovy objevy uskutečňovány v devadesáti továrnách a firmách ve dvaceti zemích světa. Nobel při jejich zakládání a řízení prokázal výborné organizační schopnosti a jeho výrobní podniky představovaly světové průmyslové impérium, což Nobelovi samozřejmě přinášelo značné příjmy. Dnešní velké koncerny chemického průmyslu mají v mnoha případech své kořeny v podnicích, které založil Alfred Nobel.¹⁴³

Kromě své výjimečnosti měl však Nobel časté zdravotní problémy jako například srdeční slabost nebo dna, přesto se neustále nutil do práce. Nobel nakonec zemřel 10. prosince 1896 na krvácení do mozku, když jeho tělo bylo nalezeno na podlaze laboratoře jeho vily v italském San

143 BENEŠOVÁ, O., *Nobelova cena: Historie Nobelovy nadace, Laureáti Nobelovy ceny 1901-1996, Čeští laureáti Nobelovy ceny*, s. 9-10.

Remu. Zhruba rok před smrtí (27. listopadu 1895) napsal Alfred Nobel v Paříži před svědky svou závěť, ve které uvedl, že s určitou částí jeho majetku má být naloženo tak, aby byl vytvořen fond, z jehož úroků budou každoročně odměňováni ti, kdo se v uplynulém roce nejvíce zasloužili o lidstvo. Úroky se měly rozdělit na pět stejných dílů, které připadnou pěti osobám. První z nich měl být ten, kdo udělá nejdůležitější objev nebo vynález v oblasti fyziky. Jako druhý ten, kdo dospěje k nejzávažnějšímu chemickému objevu nebo pokroku. Třetím by měl být ten, kdo učiní nejvýznamnější objev v oboru fyziologie a medicíny. Jako čtvrtý ten, kdo vytvoří nejlepší literární dílo s idealistickým zaměřením a jako pátý ten, kdo nejvíce přispěje ke sbratření mezi národy, ke zrušení armád či snížení jejich stavů a uspořádání nebo podpoře mírových kongresů. Nobel dále uvedl, že ceny za fyziku a chemii mají být udíleny Švédskou Akademií věd, ceny za fyziologii a medicínu Karolinským institutem ve Stockholmu, ceny za literaturu Akademií ve Stockholmu a ceny za mír pětičlenným výborem, který bude zvolen norským parlamentem. Na závěr své závěti Nobel vyslovil přání, aby při udělování cen nebyl brán žádný ohled na národnost kandidátů a odměnu dostal skutečně ten, kdo si ji nejvíce zaslouží.¹⁴⁴

Ve výběru vědeckých oborů, které Nobel určil k odměňování, se odrazila jeho osobnost a životní zájmy. Nobel nenavrhl oceňovat například architektky, výtvarné nebo hudební umělce, ale především objevitele v oblasti přírodních věd. Nobel sám pracoval v oboru chemie a fyziky, navíc svými vynálezy výrazně přispěl k pokroku těchto věd. Zároveň ho problémy se zdravím často přiváděly do kontaktu s lékaři, tudíž poznal omezenost tehdejších léčebných možností, a proto doufal ve větší podporu fyziologie a medicíny, která lidem přinese úlevu při nemocích. Nobel byl kromě zájmu o vědu také vášnivým čtenářem prózy a poezie, takže i cena za vynikající literární dílo v jeho případě dávala smysl. V neposlední řadě pak byl Nobel přesvědčený pacifista, který zavrhoval války i jakékoliv jiné spory. Sám se snažil, aby jeho objevy byly využívány výhradně k mírovému prospěchu lidstva, což se bohužel tak úplně nepovedlo. Důvodem, proč Nobel pověřil rozhodováním o ceně za mír norský parlament byl nejspíš ten, že Norsko a Švédsko tehdy tvořilo personální unii. Možná proto tedy Nobel chtěl rozdělit odpovědnost za přidělování cen na oba státy. Po určitých průtazích a neshodách byla nakonec Nobelova závěť vyplněna, za což se nejvíce zasloužil Nobelův syn Emanuel a mladý Nobelův asistent Ragnar Sohlman, který byl nakonec ředitelem Nobelovy nadace v letech 1929-1946. Založení Nobelovy nadace a její stanovy schválil ve Státní radě 29. června 1900 švédský a norský král Oskar II.¹⁴⁵

Nobelova nadace se stala nezávislou nestátní organizací se sídlem ve Stockholmu. Správní radu nadace tvoří šest řádných členů a tři náhradní, všichni z nich jsou občané Švédska nebo

144 BENEŠOVÁ, O., *Nobelova cena: Historie Nobelovy nadace, Laureáti Nobelovy ceny 1901-1996, Čeští laureáti Nobelovy ceny*, s. 10-12.

145 Tamtéž, s. 13-14.

Norska. Předseda rady je jmenován švédskou vládou, ostatní členové jsou voleni hlasy zmocněnců institucí, které udělují ceny. Kromě hospodářské činnosti a koordinace práce Nobelových výborů v institucích, které jsou oprávněny udělovat Nobelovy ceny, pořádá nadace například nobelovská sympozia, zajištění ceremoniálů předávání cen, vydávání přednášek laureátů apod. Podle Nobelovy závěti jsou tedy udělovány ceny za fyziku, chemii, fyziologii a medicínu, literaturu a mír. Od roku 1969 přibyla k těmto pěti kategoriím cena za ekonomii, kterou zřídila Švédská banka v souvislosti s 300. výročím svého založení. V každé kategorii mohou být vyznamenány jednou cenou dvě práce. Oceněný objev může být i společným dílem dvou nebo tří osob, v takovém případě je jim Nobelova cena udělena společně. Nelze však cenu dělit mezi více než tři osoby. Pokud kandidát na Nobelovu cenu v době od podání návrhu do hlasování v oprávněných institucích zemřel, pak je vyřazen ze soutěže. Pokud ale již předtím zvolený laureát zemře před předáním ceny, může být Nobelova cena předána jeho dědicům. Při výběru a posuzování kandidátů na Nobelovy ceny vycházejí oprávněné instituce z návrhů, které Nobelovy výbory shromažďují z celého světa. Každý rok na podzim je všem významným univerzitám, vědeckým institucím a akademiím, žijícím nositelům Nobelových cen z předchozích let a mnoha dalším posílána výzva k nominacím na příští rok. Návrhy musí být samozřejmě zdůvodněny a předány příslušnému výboru do konce ledna, od února pak začíná dlouhé výběrové řízení, které nejdříve určí širší výběr nejvýznamnějších kandidátů a nakonec je vydáno konečné rozhodnutí o laureátech v jednotlivých kategoriích. Předávání Nobelových cen se koná na slavnostní ceremonii, která je pořádána každý rok dne 10. prosince na výročí úmrtí Alfreda Nobela. Pro laureáty cen za chemii, fyziku, fyziologii a medicínu, literaturu a ekonomii probíhá tato slavnost ve Stockholmu, zatímco pro laureáty Nobelovy ceny za mír se koná slavnost ve stejný den v Oslu. Na těchto slavnostech jsou přítomni příslušníci královské rodiny, členové výborů Nobelovy nadace, dřívější laureáti a další významné osobnosti. Každý laureát může pozvat na účet Nobelovy nadace až šest osobních hostů. Po slavnosti je pořádána velkolepá recepce, na níž laureáti pronášejí krátký přípitek. Laureáti Nobelových cen si také připravují přednášku shrnující hlavní principy svého objevu, kterou prezentují většinou den před slavnostní ceremonií. Tyto přednášky jsou pak vydávány knižně ve sborníku Nobelovy nadace *Les Prix Nobel*, který obsahuje fotografii laureáta, jeho autobiografii a zhodnocení osobnosti a objevu. Laureáti Nobelovy ceny dostávají při slavnosti diplom a zlatou Nobelovu medaili, jejímž autorem je Erik Lindberg.¹⁴⁶

Nyní už ale přejděme k Jaroslavu Heyrovskému, jehož cesta k Nobelově ceně nebyla vůbec snadná. Heyrovský byl na Nobelovu cenu nominován mnohokrát a příliš se neví, že to bylo nejen za chemii. Jak uvádí Jindra, v letech 1934-1954 byl Heyrovský nominován na Nobelovu cenu za

146 BENEŠOVÁ, O., *Nobelova cena: Historie Nobelovy nadace, Laureáti Nobelovy ceny 1901-1996, Čeští laureáti Nobelovy ceny*, s. 15-16.

chemii celkem devětkrát, konkrétně pro rok 1934, 1938, 1940, 1944, 1947, 1950, 1952, 1953 a 1954. Na Nobelovu cenu za fyziku byl pak nominován jednou v roce 1940 a na cenu za fyziologii a medicínu dokonce třikrát v letech 1948, 1949 a 1953. V oboru chemie získal Heyrovský 23 nominací, z toho sedm od zahraničních a dvanáct od domácích chemiků. Někteří jej nominovali i vícekrát.¹⁴⁷ Jedním z nich byl Leopold Ruzicka, švýcarský chemik jugoslávského původu a laureát chemické Nobelovy ceny pro rok 1939 za práce o polymetylénech a vyšších terpenech.¹⁴⁸ Dalšími, kteří Heyrovského na Nobelovu cenu za chemii nominovali vícekrát, byli čeští chemici Oldřich Tomíček a Emil Votoček. Na Nobelovu cenu za fyziku dostal Heyrovský pět nominací od pěti českých fyziků, za fyziologii a medicínu všech jedenáct nominací od domácích lékařů. Heyrovského Nobelovu cenu za chemii určitě oddálil negativní posudek profesora Kurta Wilhelma Palmaera z roku 1940.¹⁴⁹ Palmaer byl v letech 1907-1933 profesorem fyzikální chemie na Královské vysoké škole technické ve Stockholmu a pak až do své smrti vedoucím laboratoře koroze Nobelova ústavu fyzikální chemie. V Nobelově nadaci působil mnoho let jako funkcionář, v letech 1900-1926 byl sekretářem a od roku 1926 do roku 1942 členem komitétu pro chemii. Palmaer ve svém posudku k návrhu profesorů Plzáka a Tomíčka mj. napsal, že Heyrovského práce týkající se normálního potenciálu hliníku není důvodem k udělení ceny a pak už se podle jeho slov návrh odvolává jen na tzv. polarografické práce. Už to, že Palmaer nazval polarografii tak zvanou, je podle Jindry dosti znevažující. Dále také Palmaer zmínil Heyrovského nominace z let 1934 a 1938 i závěr komitétu z roku 1934, který zněl, že Heyrovského práce jako zkonstruování polarografu a polarografické výzkumy by neměly být odměněny Nobelovou cenou, což se v podstatě opakovalo také v roce 1938. Závěr Palmaerova posudku z roku 1940 pak vyznívá záporně, když v něm Palmaer uvádí, že ohledně polarografické metody zbývá ještě ledacos k objasnění. Palmaer také napsal, že potenciální význam této metody vzhledem k ocenění Nobelovou cenou se mu zdá při nejmenším pochybný a přínos této práce zaostává za přínosem prací jiných badatelů, kteří byli v roce 1940 navrženi na Nobelovu cenu za chemii.¹⁵⁰

Nutno podotknout, že ani Palmaerovo úmrtí v roce 1942 toho v postoji komitétu příliš nezměnilo. Nobelovy komitétu, mají svého tajemníka a jsou jim adresovány návrhy na kandidáty. Co se týče přírodních věd, komitétu jsou složeny podle oborů z nejvýznamnějších švédských fyziků, chemiků, fyziologů a lékařů. Komitétu mají za úkol roztrždit návrhy došlé do 1. února a už

147 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 209.

148 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 50.

149 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 209.

150 JINDRA, J., *České země a Nobelovy ceny za fyziku a chemii 1901-1954*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 39(1), s. 7-9.

toto první kolo je důležité, protože některé návrhy jsou rovnou vyřazeny a dále se o nich nejedná. Ostatní návrhy si členové komitétu rozeberou a jsou na ně vypracovány odborné posudky, mnohokrát i více posudků k jednomu návrhu. Na konci srpna nebo začátkem září podávají komitétu Královské švédské akademii věd zprávu, ve které doporučují určitého kandidáta k udělení Nobelovy ceny. Co se týče Nobelova Chemického komitétu v době kandidatury Heyrovského, vystřídal se v něm mezi lety 1934-1959 celkem devět vědců, mezi nimi i zmiňovaný Palmaer. Do tohoto komitétu patřili také tři laureáti Nobelovy ceny.¹⁵¹ Jedním z nich byl Theodor Svedberg, což byl významný fyzikální chemik, který získal Nobelovu cenu v roce 1926 za práce v oblasti disperzních soustav, což jsou soustavy tvořené částicemi rozptýlenými v disperzním prostředí (plynné, kapalně a pevné skupenství) a jeho práce měly zásadní význam pro oblast bílkovin a polymerů.¹⁵² Dalším nobelistou v tehdejší komitétu byl biochemik Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin, který obdržel Nobelovu cenu společně se svým anglickým spolupracovníkem sirem Arthurem Hardenem za výzkum v oblasti kvašení cukru a působení enzymu při tomto procesu.¹⁵³ Třetím a nejmladším držitelem Nobelovy ceny v komitétu byl Arne Wilhelm Kaurin Tiselius, ten byl oceněn za výzkumy dvou metod, které byly pojmenovány jako elektroforéza a adsorpční analýza a měly velký význam pro oddělování látek v koloidním stavu. Kromě toho byl Tiselius odměněn také za objevy komplexní povahy sériových bílkovin.¹⁵⁴ Jak uvádí Jindra, mezi Heyrovského konkurenty v letech 1934-1954 bylo samozřejmě i mnoho vědců, kteří buď před ním nebo po něm získali Nobelovu cenu.¹⁵⁵

Dne 5. ledna 1955 odeslal profesor Elemér Schulek z Ústavu anorganické a analytické chemie Eötvösovy univerzity v Budapešti svůj návrh na udělení Nobelovy ceny za chemii pro Jaroslava Heyrovského. Tento dopis došel Nobelovu komitétu do Stockholmu 21. ledna a mohl tedy být zařazen do soutěže. Schulek ve svém dopisu v první řadě charakterizoval Heyrovského jako zakladatele nové větve fyzikální chemie, kterou Heyrovský sám pojmenoval jako polarografii. Podle Schuleka bylo celkem vzácné, aby vědecká disciplína byla tak těsně svázána se svým objevitelem jako právě polarografie s Heyrovským. Schulek zdůvodňoval svůj návrh zmínkou o první publikaci Heyrovského se rtuťovou kapkovou elektrodou a dále o použití polarografie v analytické a farmaceutické chemii či biochemii. Podle Schuleka se polarografie velmi rozšířila, což dokazuje asi šest tisíc publikací spojených s touto tematikou. Schulek také neopomněl

151 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 210.

152 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 33.

153 Tamtéž, s. 37.

154 Tamtéž, s. 58.

155 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 210.

oscilografickou polarografií, kterou Heyrovský zavedl a především po druhé světové válce se tímto oborem výrazně zabýval. V přílohách návrhu byl i rozbor vědecké činnosti Jaroslava Heyrovského napsaný Jiřím Korytou a Rudolfem Brdičkou a také úplná Heyrovského bibliografie. Chemický komitét Akademie vydal 15. září 1955 zprávu, že Heyrovský spolu s dalšími třinácti kandidáty patří do skupiny vědců, kteří byli již dříve navrženi, ale nedošlo u nich k nějakým podstatným změnám, takže platí minulé závěry komitétu.¹⁵⁶ Nobelovu cenu za chemii pro rok 1955 nakonec získal americký biochemik Vincent du Vigneaud za práci o biologicky významných sírových sloučeninách, především za syntézu polypeptidového hormonu.¹⁵⁷

Na podzim 1955 přišla od Chemického komitétu do Prahy výzva, aby byl z Univerzity Karlovy a Vysoké školy chemicko-technologické (VŠCHT) poslán návrh na kandidáty pro Nobelovy ceny za rok 1956. Obě české vysoké školy se rády zhostily nominace, kterou v lednu 1956 společně odeslaly pro Jaroslava Heyrovského. Návrhový dopis podepsali profesori UK Mirko Kalousek, Rudolf Brdička (oba Heyrovského žáci), Stanislav Škramovský a Josef Koštíř, za VŠCHT to pak byli profesori Ernest, Milbauer, Švagr, Bárta, Quadrat, Čůta a Bulíř. Heyrovský byl samozřejmě navržen opět za polarografií. Tento návrh byl podrobně zdůvodněn a doplněn řadou příloh, přičemž jen bibliografie činila 190 položek a navíc bylo odděleně zasláno šest balíků knih a separátů Jaroslava Heyrovského. Navrhovatelé na deseti stranách uvedli své důvody, podle kterých by Heyrovský měl dostat Nobelovu cenu. Podrobně zde popsali objev elektrolýzy se rtuťovou kapkovou elektrodou z roku 1922 a také zmínili vynález polarografu, který Heyrovský sestrojil spolu s Masuzo Shikatou v pražském univerzitním Ústavu fyzikální chemie. S tímto typem polarografu pak Heyrovský se svými žáky prováděl elektrochemický výzkum a později se díky zájmu průmyslu o polarografií začal přístroj vyrábět v mnoha dalších zemích, konkrétně ve Švédsku, Dánsku, Anglii, USA, Francii, Japonsku, Německu a SSSR. Heyrovský bral polarografií jako studium všech druhů reprodukovatelných jevů na kapkové nebo tryskové rtuťové elektrodě. Navrhovatelé Heyrovského na ocenění také podrobně vysvětlili vývoj polarografické metody po experimentální i teoretické stránce, k čemuž přispěl Heyrovský i jeho žáci jako například Dionýz Ilkovič, Rudolf Brdička, Miloslav Dillinger, Pavel Herasymenko, Jaroslav Kůta a další. Důležitým krokem ve vývoji polarografie byla Heyrovského technika k měření tzv. derivačních křivek a technika oscilografické polarografie se střídavým proudem. V další části navrhovatelé podrobně popsali použití polarografie v analytické chemii a také uvedli, že v závěru roku 1955 bylo zveřejněno přes sedm tisíc publikací ve 22 jazycích, přičemž zmínili seznam hlavních učebnic polarografie a tři časopisy vycházející v Dánsku, Německu a Japonsku, které publikovaly jen

156 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 211.

157 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 68.

polarografické práce. Také neopomněli prezidentství Heyrovského v mezinárodní Polarografické společnosti a všechny kongresy, sympózia a konference o polarografické tematice, které se od roku 1950 postupně konaly v Sydney, Praze, Bratislavě, Stockholmu, Smolenicích, Bressanone, Kyotu, Varšavě, Bonnu, Veszprému a Salfordu. Závěrem navrhovatelé uvedli, že málokdy dojde k tak úspěšnému vývoji a širokému použití metody založené na práci jednoho člověka. Nobelův komitét pro chemii měl také k dispozici osmistránkový detailní životopis Jaroslava Heyrovského, který měl všem jeho členům podat obraz o jeho vědeckých kvalitách. Po uzávěrcce dostal Nobelův komitét ještě jeden návrh z Československa na ocenění Heyrovského, jejímž autorem byl profesor Otakar Quadrat. Nobelův komitét tedy tento návrh zařadil do soutěže o Nobelovu cenu pro rok 1957. Není jasné, proč Quadrat sepsal svůj návrh zvlášť.¹⁵⁸

Společný návrh profesorů z UK a VŠCHT posuzoval tajemník komitétu Arne Ölander, který napsal posudek na čtrnáct stran. Ölander především vycházel z faktů uvedených samotnými navrhovateli a zaměřil se také na to, že v roce 1937 publikoval profesor Brdička řadu prací o polarografické reakci na rakovinu. Přestože podle Ölandera nešlo o úplně specifickou reakci na rakovinu, upoutala tato problematika velkou pozornost, což dokazuje asi 300 prací. Ölander však také uvedl, že přehled příkladů uvedených navrhovateli jako použití polarografie v praxi je neúplný. Za lepší přehled oblastí použití polarografie považoval práci Kolthoffa a Linganea v knize *Polarography*. Ölander se ve svém posudku pozastavil nad četností výroby polarografů a také nad počtem sympózií konaných k polarografické tematice. Ölanderův posudek byl celkově pro Heyrovského velmi příznivý. Uvedl v něm, že Heyrovského vynález je přínosem a představuje zásadní zlepšení předešlých metod. Polarografie má zásadní význam jak pro analytickou práci, tak pro výzkum v nejrůznějších oblastech chemie, a proto by měl být Heyrovský jedním z kandidátů na Nobelovu cenu za chemii. Přesto ani tento posudek nezajistil Heyrovskému Nobelovu cenu za rok 1956.¹⁵⁹

V roce 1957 byl mezi 39 navrženými kandidáty na Nobelovu cenu také Jaroslav Heyrovský, kterého navrhli čtyři vědci ze čtyř různých států. Byli to Izaak Kolthoff z USA, Richard Laurence Millington Synge z Velké Británie (laureát Nobelovy ceny za chemii z roku 1952), Heyrovského žák Wiktor Kemula z Polska a již zmíněný profesor Otakar Quadrat z Československa. Všichni se opět shodli, že by Heyrovský měl dostat chemickou Nobelovu cenu za polarografii. Kolthoff uvedl Heyrovského jako původce rtuťové kapkové elektrody pro studium elektrolýzy a polarografu k registraci polarografických křivek. Heyrovský a jeho škola podle Kolthoffa vyvinuli teoretickou i aplikovanou polarografii. Kolthoff se také nezapomněl zmínit o tryskové rtuťové elektrodě, derivaci

158 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 211-213.

159 Tamtéž, s. 213-214.

polarografických křivek a dalších počinech, kterými Heyrovský svou polarografií zdokonaloval. Kolthoff také napsal, že teoretické studie polarografických křivek proud – napětí na kapkové elektrodě napomohly k pochopení polarizačních a depolarizačních jevů, elektrické dvojvrstvy na rozhraní mezi rtuť a rozpouštědlem a adsorpčních jevů na narůstajícím rtuťovém povrchu, což byly tzv. „adsorpční proudy“. Jméno Heyrovského je spojeno se širokým subjektem polarografie a Kolthoff připomněl řadu příspěvků publikovaných především v *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*. Profesor Synge z Robert Research Institute v Buckburnu odeslal svůj návrh ještě v prosinci roku 1956. Synge jako důvod pro udělení Nobelovy ceny Heyrovskému uvedl vývoj voltametrie se rtuťovou kapkovou elektrodou (tzn. polarografie) jakožto metody analytické chemie. Synge poznamenal, že Heyrovský sice objevil polarografií již před delší dobou, ale její technika a oblasti použití se v poslední době neustále rozšiřují. Polarografie podle něj pomocí moderních elektronických zařízení poskytuje možnost prakticky okamžité analýzy vzorku a lze ji tedy jako jednu z mála metod využít k automatické kontrole chemických výrobních procesů. Podle Syngeho je polarografie vhodná analytická metoda pro stanovování nejrůznějších látek. Třetí ze zmiňovaných návrhů poslal Nobelovu komitétu profesor anorganické chemie na univerzitě ve Varšavě a hlavní osobnost polské polarografie Wiktor Kemula. Svůj návrh odůvodnil Heyrovského vynálezem a také vývojem polarografie, což doplnil o rozbor Heyrovského vědecké činnosti a jeho krátký životopis. Neopomněl také zmínit rozvoj polarografie ve světě a závěrem dodal, že málokdy se povede, aby jeden člověk dokázal takto úspěšně rozvinout a rozšířit svou vědeckou metodu. Čtvrtým návrhem byl tedy dopis profesora Otakara Quadrata, který se už nevešel do roku 1956, takže ho Nobelův komitét zařadil k návrhům na příští rok. Quadrata uvedl, že nominace Heyrovského na Nobelovu cenu byla již dříve dostatečně zdůvodněna a pro něj jako metalurgického chemika je užití polarografie velmi důležité při analýzách kovových slitin.¹⁶⁰

Nobelův komitét pro chemii napsal 4. září 1957 zprávu pro Akademii, ve které uvedl, že návrhy na udělení Nobelovy ceny Heyrovskému a dalším 23 kandidátům byly jen opakované předchozí žádosti, u nichž nedošlo k výraznějšímu posunu, takže se výbor odvolal na svá dřívější stanoviska. Heyrovský tedy v roce 1957 Nobelovu cenu opět nezískal, ale díky Ölanderovu pozitivnímu posudku měl rozhodně dobrou šanci pro další roky.¹⁶¹ Laureátem Nobelovy ceny za chemii pro rok 1957 se stal sir Alexander Robertus Todd z Anglie, který obdržel ocenění za své práce o nukleotidech a nukleotidových koenzymech.¹⁶²

Rozhodujícím se nakonec stal rok 1959. Na podzim 1958 přišla bratislavským vysokým

160 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 214-215.

161 Tamtéž, s. 215-216.

162 WEINLICH, R., *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, s. 71.

školám výzva k nominaci kandidátů na Nobelovu cenu za chemii pro rok 1959 a dvanáct významných slovenských chemiků se shodlo na Jaroslavu Heyrovském. Překvapivě mezi nimi nebyl Heyrovského žák Dionýz Ilkovič, na rozdíl od dalšího žáka Miloslava Dillingera. Bratislavský návrh byl velmi důkladně vypracován a navrhovatelé v něm uvedli prakticky to samé jako pražští profesori roku 1956. Tento návrh byl však ještě rozšířen o novinky v Heyrovského bibliografii a také jeho aktivní účast na pěti mezinárodních polarografických kongresech ve Varšavě, Lisabonu, Drážďanech, Praze a Bonnu. Počet polarografických prací pak slovenští profesori zaokrouhlili na devět tisíc kusů a zdůraznili obor oscilografické polarografie, kterou se Heyrovský zabýval v posledních letech. Další návrh poslal profesor Carpéni z Marseille, který především apeloval na to, že by komitét měl přihlížet k využití samotného vynálezu a nikoliv národnosti kandidáta. Pro Carpéniho byl Heyrovský vynálezce, humanista i technik a označil ho jako otce polarografické metody.¹⁶³

Již koncem září roku 1959 se začaly ozývat zprávy, že Nobelova cena za chemii bude udělena Jaroslavu Heyrovskému. Nobelův komitét pro chemii podal zprávu Akademii, ve které navrhl Jaroslava Heyrovského na Nobelovu cenu a Královská akademie věd o udělení Nobelovy ceny rozhodla na svém zasedání 26. října 1959.¹⁶⁴ Oficiální zpráva se měla večer vysílat v rozhlasu, takže se v bytě Heyrovských shromáždila malá společnost. Kromě rodinných příslušníků se tam sešli také viceprezident ČSAV Vilém Laufberger, předseda chemické sekce ČSAV Rudolf Brdička, redaktor Miroslav Smetana z tiskového odboru ČSAV a Jiří Koryta z Polarografického ústavu ČSAV, kteří bezprostředně poté Heyrovskému pogratulovali.¹⁶⁵ Jako důvod udělení Nobelovy ceny byl uveden objev a rozvoj polarografické analytické metody, k čemuž měl Heyrovský poznámku, že polarografie je fyzikálně-chemická metoda, ale její užití v analytické chemii je pouze jedna z jejích možných aplikací. Heyrovský byl také otázan ústředním výborem KSČ, jestli je ochoten cenu přijmout. Když odpověděl, že ano, bylo mu sděleno, že jeho děti nesmí spolu s rodiči odcestovat na slavnost do Stockholmu, aby pro rodinu Heyrovských nebyla tato cesta příliš silným pokušením k emigraci na západ.¹⁶⁶ Dne 27. října 1959 přišel Heyrovskému telegram ze Stockholmu od tajemníka Královské akademie věd Erika Rudberga, ve kterém oznámil rozhodnutí Akademie o udělení Nobelovy ceny a další podrobnosti pro cestu do Stockholmu, kam tedy Heyrovský odletěl pouze se svou manželkou Marií. Heyrovský ve Stockholmu dne 10. prosince 1959 jako první Čech

163 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 216-217.

164 Tamtéž, s. 217.

165 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 77.

166 HEYROVSKÝ, M., *Československá polarografie v poválečných letech*, in: *Věda a technika v Československu v letech 1945-1960*, s. 44-45.

převzal Nobelovu cenu z rukou švédského krále Gustava Adolfa VI.¹⁶⁷ Důvod udělení přednesl v češtině profesor Arne Ölander: „Pane profesore Heyrovský, Vy jste původcem jedné z nejdůležitějších metod současné chemické analýzy. Váš přístroj je mimořádně jednoduchý, jen něco padajících rtuťových kapiček, ale Vy a Vaší spolupracovníci jste ukázali, že ho lze užít k nejrozmanitějším účelům. Trvalo řadu let, než si polarografické metody povšiml zahraniční svět. Ale od té chvíle její význam stále víc a více roste, ne skoky, aby na sebe upozorňovala nezasvěcené, nýbrž postupně získávala tato metoda důvěru analytických chemiků. Jménem královské švédské akademie věd, dovoluji si Vám vyslovit naše nejvřelejší blahopřání. Prosím Vás, abyste předstoupil a přijal letošní Nobelovu cenu chemickou z rukou našeho krále.“¹⁶⁸

Po příletu ze Švédska obklopili Heyrovského novináři a pak už následovala slavnostní večeře, kterou Heyrovský uspořádal pro členy své školy, zaměstnance Polarografického ústavu a další zájemce o polarografii. Nadšeně vyprávěl o svých zážitcích a díky této události alespoň nakrátko nabral životní síly.¹⁶⁹

167 JINDRA, J., *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4), s. 217-219.

168 BENEŠOVÁ, O., *Nobelova cena: Historie Nobelovy nadace, Laureáti Nobelovy ceny 1901-1996, Čeští laureáti Nobelovy ceny*, s. 38.

169 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 77.

7 Heyrovského odkaz

7.1 Ocenění osobnosti Jaroslava Heyrovského

Jaroslav Heyrovský žil po obdržení Nobelovy ceny ještě necelých osm let. Zemřel na celkové vyčerpání organismu 27. března 1967 ve státním sanatoriu v Praze na Smíchově.¹⁷⁰ Zanechal však po sobě odkaz výjimečného vědce, a proto není divu, že kromě Nobelovy ceny získal spoustu dalších ocenění a jsou po něm pojmenovány různé instituce. Jak mi sdělil pan doktor Jindra, již brzy po udělení Nobelovy ceny začal nést polarografický ústav jeho jméno – Polarografický ústav Jaroslava Heyrovského. To byla tehdy velká výjimka a trvalo to až do 31. května 1971, kdy došlo k přejmenování na Ústav fyzikální chemie a elektrochemie, protože po dosud žijících osobách nesměly být pojmenovány žádné instituce. Zmiňovaný název vydržel až do roku 1992, dnes je to Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR, který sídlí v Praze 8 – Libni.¹⁷¹

Dalšími institucemi, které nesou Heyrovského jméno, jsou školy. Gymnázium Jaroslava Heyrovského v Praze 5 – Nových Butovicích, Střední průmyslová škola chemická akademika Heyrovského a Gymnázium v Ostravě a také Základní škola Heyrovského v Olomouci, která je pojmenována podle ulice Heyrovského. Kromě této ulice je ještě Náměstí Jaroslava Heyrovského v Praze 6 – Petřinách. Celkem na šesti místech v České republice je pamětní deska s Jaroslavem Heyrovským. Pět se jich nachází v Praze (např. ve zmiňované Vlašské ulici na Malé Straně) a jedna v obci Kařez v okrese Rokycany (na domě č. 19), kde Heyrovský trávil prázdniny.¹⁷²

7.2 Nadační fond Jaroslava Heyrovského

Odkaz Jaroslava Heyrovského propaguje také Nadační fond Jaroslava Heyrovského. Ten má za cíl vyhledávat nadané středoškolské studenty, podporovat a rozvíjet jejich talent, jak je uvedeno na jeho webových stránkách.¹⁷³ Na podrobnosti o Nadačním fondu Jaroslava Heyrovského jsem se zeptal pana doktora Michaela Heyrovského, který mě pro bližší informace odkázal na Mgr. Jitku Macháčkovou, se kterou jsem komunikoval přes e-mail.

Nadace Jaroslava Heyrovského byla zaregistrována dne 10. září 1993 odborem vnitřní správy OÚ v Praze 2. V přípravném výboru, který začal pracovat v září 1991, byli sourozenci Heyrovští (Mgr. Jitka Černá, rozená Heyrovská a Dr. Michael Heyrovský), ředitel Institutu dětí a

170 KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, s. 78.

171 JINDRA, J., Osobní rozhovor s autorem mnoha publikací o Jaroslavu Heyrovském. Praha 30. 3. 2016.

172 JINDRA, J., *Z dopisů Jaroslava Heyrovského (Výběr z korespondence z let 1919-1967)* [online]. s. 494-495 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Z_dopisu_Jaroslava_Heyrovského.pdf

173 Nadační fond Jaroslava Heyrovského. Njh.cz [online]. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.njh.cz/>

mládeže MŠMT ČR Mgr. Petr Pajkrť, Mgr. Jitka Macháčková, předsedkyně Ústřední komise Středoškolské odborné činnosti (SOČ), dále prof. Ing. Rudolf Zahradník, DrSc. (ředitel Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR) a prof. RNDr. Josef Košťiř (Přirodovědecká fakulta UK). Impuls k založení nadace přišel z ministerstva školství. Původní vize tohoto ministerstva byla, že nadace bude zastřešovat a následně financovat (ze státních příspěvků) všechny předmětové olympiády a SOČ. Nadace byla tedy ustavena, v její správní radě zasedli předsedové nebo zástupci matematické olympiády, fyzikální olympiády, chemické olympiády, biologické olympiády a SOČ. Na začátku 90. let ovšem probíhaly změny ve všem, v resortu školství dvojnásob, takže nadace byla ustavena, ale o financování soutěží bylo rozhodnuto jinak. Zakladateli Nadace Jaroslava Heyrovského byli Jitka Černá, Michael Heyrovský, Petr Pajkrť a Jitka Macháčková. Nadační fond Jaroslava Heyrovského nikdy neměl a nemá profesionální pracovníky. Nadační fond Jaroslava Heyrovského tedy prostřednictvím předmětových olympiád a dalších soutěží vyhledává ve spolupráci s řídicími výbory těchto soutěží nejúspěšnější studenty z národních a mezinárodních kol, které spolu s jejich učiteli či lektory oceňuje, ale také je Nadační fond Jaroslava Heyrovského vysílal na zahraniční soutěže, pro učitele organizoval semináře nebo letní školy pro studenty atd. Podle návrhů správní rada Nadačního fondu Jaroslava Heyrovského schvává každoročně laureáty cen, které při příležitosti výročí narození profesora Heyrovského (20. prosince) slavnostně ocení v Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR v Praze 8. Výše cen je rozdílná podle finančních možností fondu. Studenti i učitelé si ocenění Nadačního fondu Jaroslava Heyrovského velice považují.¹⁷⁴

7.3 Výstava Příběh kapky

Propagací odkazu Jaroslava Heyrovského je také putovní výstava Příběh kapky. Jak je uvedeno na webu, tato výstava navštívila od začátku své existence již dvacet měst v ČR a pokračuje i nadále.¹⁷⁵

Od roku 2009 (50. výročí udělení Nobelovy ceny Jaroslavu Heyrovskému) se široká veřejnost těší z putovní výstavy, která prezentuje život a vědeckou práci Jaroslava Heyrovského nejen pro pamětníky polarografie, ale také pro studenty a žáky se zájmem o přírodní vědy. Cílem výstavy je zprostředkovat návštěvníkům osobnost Jaroslava Heyrovský nejen jako vědce, ale i jako člověka. Výstava se skládá z dokumentů, které se řadu let nacházely v archivech. Mnoho informací bylo čerpáno z knih o Jaroslavu Heyrovském napsaných jeho studenty nebo z vyprávění jeho dětí,

174 MACHÁČKOVÁ, J., *Otázky k nadačnímu fondu* [elektronická pošta]. Message to: lubosdufek.kns@seznam.cz. 29. března 2016. 15:56 [cit. 2016-04-10]. Osobní komunikace.

175 Putovní výstava Příběh kapky. *Jh-inst.cas.cz* [online]. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.jh-inst.cas.cz/heyrovsky/>

žáků a spolupracovníků. Výstava nabízí k prohlédnutí mnoho různých polarografů od roku 1924 do roku 1990, stejně jako fotografie a písemné dokumenty, knihy, publikace a filmové materiály. Výstavu vytvořili tři vědci z Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR, Květa Stejskalová, Michael Heyrovský a Robert Kalvoda, kteří ji připravili k prohlédnutí širší veřejnosti na celém území ČR. Výstava je tvořena souborem dvanácti plakátů, které pomocí fotografií a dokumentů podají návštěvníkovi informace o životě a vědecké práci Jaroslava Heyrovského. Druhá část výstavy se skládá z přístrojů souvisejících s polarografií (např. vývojová řada 8-10 polarografů). Filmy natočené v letech 1950-1960, které dokumentují Heyrovského výzkum, jsou také součástí výstavy. Výstava je doplněna o doprovodný program řady popularizačních přednášek nejen o Jaroslavu Heyrovském, ale také o současné vědě a výzkumu v oboru fyzikální chemie, kterou se dnes zabývají vědci v Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR.¹⁷⁶

¹⁷⁶ HEYROVSKÝ, M., STEJSKALOVÁ, K., *Story of the Drop: The Way to the Nobel Prize over the Falling Mercury Droplets*, in: *The Electrochemical Society Interface*, Vol. 24, No. 4, Winter 2015, s. 38-39.

8 Závěr

Jaroslav Heyrovský byl výjimečnou osobností nejen české, ale i světové vědy 20. století. Již od mládí se zajímal o přírodní vědy, postupně začal nejvíce tíhnout k chemii a fyzice. Při studiích na univerzitě v Londýně si osvojil vlastnosti, které ho ovlivnily jako vědce i člověka. V červnu 1918 vykonával Heyrovský v Praze rigorózní zkoušku. Jedna z otázek profesora Bohumila Kučery prakticky zapříčinila, že se Heyrovský začal zabývat fyzikální chemií. Netrvalo dlouho a Heyrovský už jako profesor vedl přednášky, ale především zaznamenal objev nové vědecké metody, kterou později nazval jako polarografie. Poté spolu se svým japonským spolupracovníkem Masuzo Shikatou vytvořili přístroj, který pojmenovali jako polarograf. Ze svých žáků vybudoval Heyrovský vědeckou školu, která se neustále rozrůstala nejen v českém, ale i zahraničním prostředí. Vzešli odtud významní vědci jako Rudolf Brdička, Mirko Kalousek nebo Dionýz Ilkovič. Jaroslav Heyrovský velice dbal na pečlivou vědeckou práci, ale také si se svými žáky uměl najít čas na zábavu, kterou byly například fotbalové zápasy, výlety nebo večírky.

Ještě před druhou světovou válkou Heyrovský absolvoval pobyty v USA a SSSR, především ten americký ho pak inspiroval k jeho další práci. Během druhé světové války byl Heyrovský těžce zkoušen, neboť mu byl zavřen jeho ústav na vysoké škole. Využil tedy pomoci svého německého přítele Johanna Böhma, který mu poskytl laboratoř, kde mohl Heyrovský experimentovat. To se však některým nelíbilo a přestože byl Böhm antinacista, obviňovali Heyrovského z kolaborace. Za profesora Heyrovského se však postavili zejména jeho studenti a Heyrovský byl po několika letech očištěn. Po druhé světové válce se pak věnoval především novému oboru, oscilografické polarografii.

Po dlouhém čekání a mnoha neúspěšných kandidaturách se Jaroslav Heyrovský nakonec dočkal i Nobelovy ceny. Tu obdržel v roce 1959 za chemii, důvodem udělení byl objev a rozvoj polarografické analytické metody. Svou cenu převzal Heyrovský dne 10. prosince 1959 ve Stockholmu. Je zatím jedním ze dvou českých nositelů Nobelovy ceny (spolu se spisovatelem Jaroslavem Seifertem) a doposud jediným Čechem, který získal Nobelovu cenu v oblasti přírodních věd. Poté žil Heyrovský už jen necelých osm let, zanechal však po sobě odkaz výjimečného vědce i člověka. Přestože zažil dvě světové války a několik různých státních zřízení či politických režimů, vždy si šel za svým cílem a smyslem svého života, kterým byla věda.

Cílem této práce o osobnosti Jaroslava Heyrovského bylo podat ucelený pohled na jeho vědeckou práci a položit důraz na analýzu vědeckého a politického kontextu 20. století, ve kterém Heyrovský žil. Věřím, že cíle byly v této práci naplněny.

9 Seznam použité literatury a zdrojů

Literatura

BENEŠOVÁ, Olga, *Nobelova cena: Historie Nobelovy nadace, Laureáti Nobelovy ceny 1901-1996, Čeští laureáti Nobelovy ceny*, Praha: Psychiatrické centrum, 1996. ISBN 80-85121-88-3.

HEYROVSKÝ, Jaroslav, ZUMAN, Petr, *Úvod do praktické polarografie*, Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1953.

HEYROVSKÝ, Michael, *Československá polarografie v poválečných letech*, in: *Věda a technika v Československu v letech 1945-1960*, Praha: Národní technické muzeum, 2010.

HEYROVSKÝ, Michael, *Jaroslav Heyrovský na Přírodovědecké fakultě UK*, in: *Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta: 90. výročí založení*, Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta: 2010. ISBN 978-80-7444-000-7.

HEYROVSKÝ, Michael, *Vznik polarografie. K 80. výročí*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2002, 35(2). ISSN 0300-4414.

HEYROVSKÝ, Michael, STEJSKALOVÁ, Květa, *Story of the Drop: The Way to the Nobel Prize over the Falling Mercury Droplets*, in: *The Electrochemical Society Interface*, Vol. 24, No. 4, Winter 2015.

JINDRA, Jiří, *České země a Nobelovy ceny za fyziku a chemii 1901-1954*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2006, 39(1). ISSN 0300-4414.

JINDRA, Jiří, *Dějiny elektrochemie v českých zemích 1882-1989*, Praha: Libri, 2009. ISBN 978-80-7277-400-5.

JINDRA, Jiří, *Hannah Šimková-Kadlcová 1897-1972*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4). ISSN 0009-2770.

JINDRA, Jiří, *Jaroslav Heyrovský a Johann (Jan) Boehm*, in: *Chemické listy*. 2009, 103(11). ISSN 0009-2770.

JINDRA, Jiří, *Jaroslav Heyrovský a Nobelova cena za chemii: šťastný konec*, in: *Dějiny věd a techniky*. 2009, 42(4). ISSN 0300-4414.

JINDRA Jiří, *Jaroslav Heyrovský and Wiktor Kemula: Czech and Polish Polarography*, in: *The Global and the Local: The History of Science and the Cultural Integration of Europe*. Krakow: Wydawnictwo Polskiej Akademii Umiejetności, 2007. ISBN 978-83-60183-42-7.

JINDRA, Jiří, *První Heyrovského žáci (1921-1924)*, in: *Chemické listy*. 2012, 106(4). ISSN 0009-2770.

KHÁŠ, Ladislav, *Jaroslav Heyrovský: Founder of Polarography*, přel. J. R. Kavanová, Praha: Orbis, 1968.

KORYTA, Jiří, *Jaroslav Heyrovský*, Praha: Melantrich, 1990. ISBN 80-7023-058-4.

ŠTRBÁŇOVÁ, Soňa, *Jaroslav Heyrovský očima svého syna Michaela: Hledat pravdu v přírodě i v sobě*, in: *Homines Scientarium III: Třicet příběhů české vědy a filosofie*, Pardubice: Vydavatelství Univerzity Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7285-182-9.

WEINLICH, Robert, *Laureáti Nobelovy ceny za chemii*, Olomouc: Alda, 1998. ISBN 80-85600-54-4.

ZUMAN, Petr, *Oscilografická polarografie: metodika a použití*, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.

Elektronické a další zdroje

JINDRA, Jiří, Osobní rozhovor s autorem mnoha publikací o Jaroslavu Heyrovském. Praha 10. 3. 2016.

JINDRA, Jiří, Osobní rozhovor s autorem mnoha publikací o Jaroslavu Heyrovském. Praha 30. 3. 2016.

JINDRA, Jiří, *Jaroslav Heyrovský a Spojené státy americké (Výběr z korespondence z let 1928-1967)*. [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z:
http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Heyrovsky_USA.pdf

JINDRA, Jiří, *Z dopisů Jaroslava Heyrovského (Výběr z korespondence z let 1919-1967)*. [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z:
http://www.usd.cas.cz/UserFiles/File/Publikace/Z_dopisu_Jaroslava_Heyrovskeho.pdf

MACHÁČKOVÁ, Jitka, *Otázky k nadačnímu fondu* [elektronická pošta]. Message to: lubosdufek.kns@seznam.cz. 29. března 2016. 15:56 [cit. 2016-04-10]. Osobní komunikace.

Nadační fond Jaroslava Heyrovského. *Njh.cz* [online]. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z:
<http://www.njh.cz/>

Putovní výstava Příběh kapky. *Jh-inst.cas.cz* [online]. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z:
<http://www.jh-inst.cas.cz/heyrovsky/>

10 Resumé

This work discusses about Jaroslav Heyrovský, the great personality of Czech science of the 20th century. Ever since his childhood, Heyrovský showed interest in the natural sciences, especially chemistry and physics. Therefore, he began study at University College in London. Here he met his favorite scientist and Nobel laureate Sir William Ramsay. In England, Heyrovský learned a lot as a scientist and as a person. When Heyrovský in June 1918 made a rigorous exam, one of the questions from Prof. Bohumil Kučera substantially influenced his later career in science. Thanks to this, Heyrovský began to deal with physical chemistry. Soon he became a professor and mainly discoverer of the new scientific method – polarography. Then Heyrovský with his Japanese colleague Masuzo Shikata developed a machine called as a polarograph. Heyrovský of its Czech and foreign students created a scientific polarographic school. He laid emphasis on precise scientific work, but Heyrovský with his students also found the time to have fun.

Before World War II Heyrovský stayed in the USA and the USSR, especially in the USA he gained inspiration for his further scientific work. During the World War II, Heyrovský befriended with German scientist Johann Boehm. This caused him problems and even accusation of collaboration, although Johann Boehm was anti-fascist. After a few years, Heyrovský was vindicated and began to deal with the new branch – oscillographic polarography.

After a long waiting, in 1959 Heyrovský was awarded the Nobel Prize in chemistry. The reason for this award was a discovery and development of polarographic analytical method. Heyrovský is still one of the two Czech Nobel laureates (along with writer Jaroslav Seifert), and so far the only one Czech Nobel laureate in the natural sciences. After winning the Nobel Prize, Heyrovský lived just less than eight years, but he left a legacy of exceptional scientist and human. Although Heyrovský experienced many political systems, he always followed his aim and purpose of his life, which was the science.

11 Přílohy



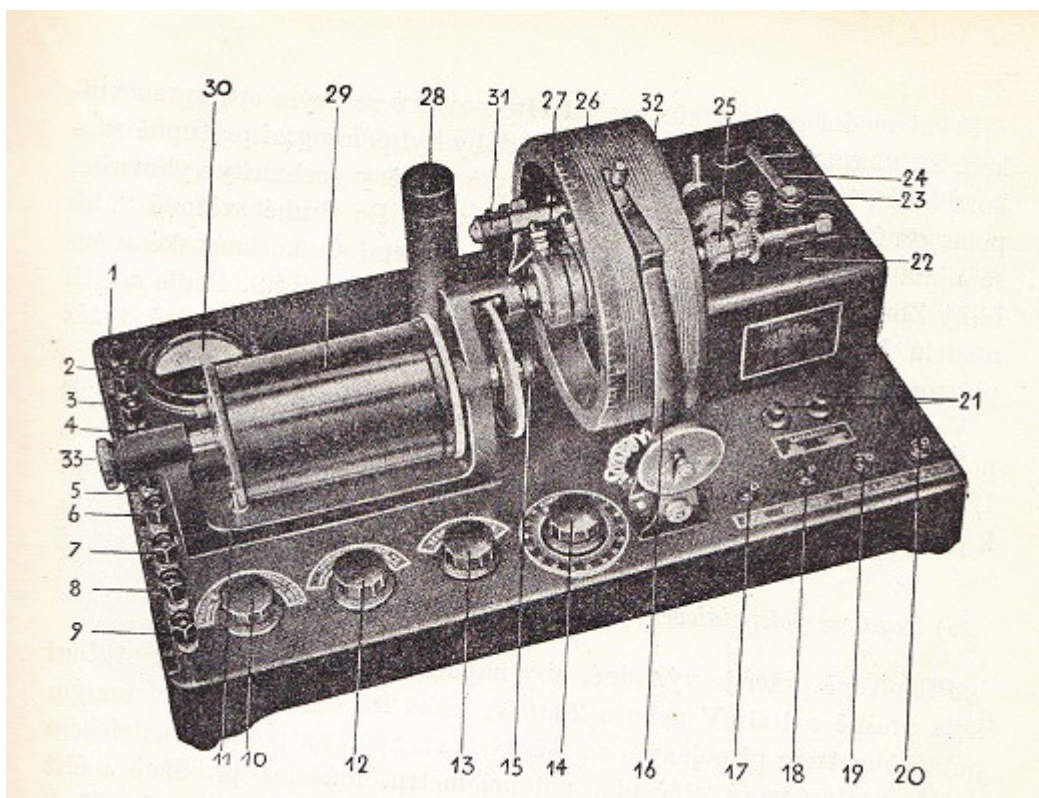
Obr. č. 1: Jaroslav Heyrovský na fotografii kolem roku 1940.¹⁷⁷



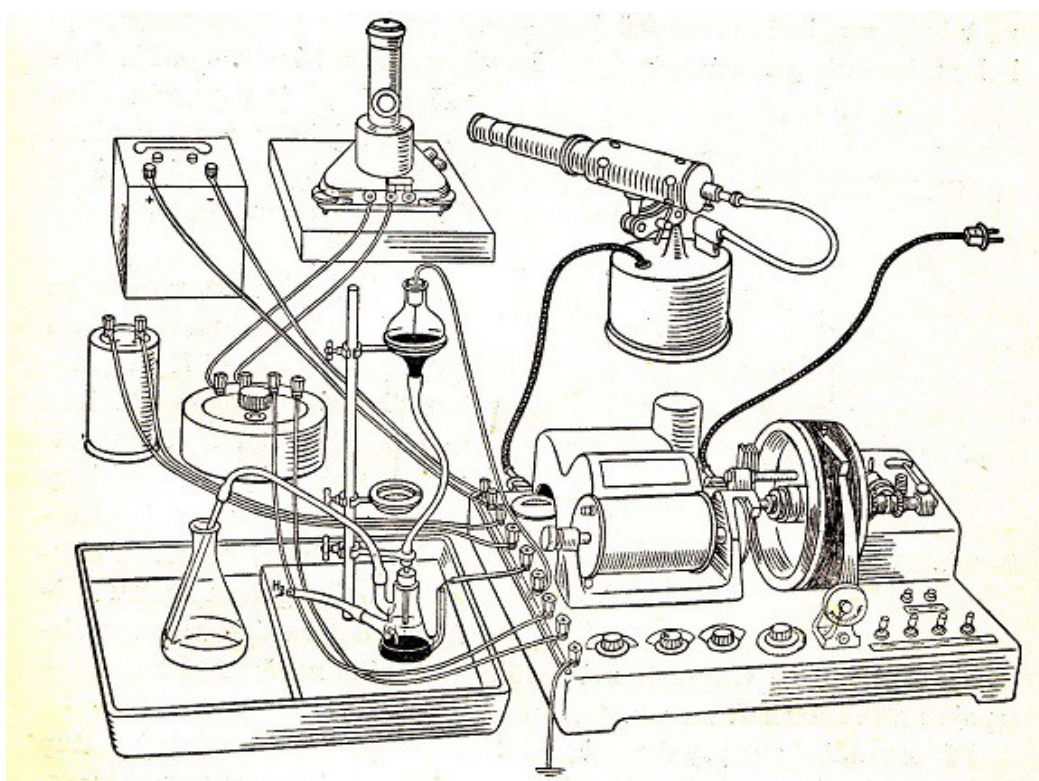
Obr. č. 2: Jaroslav Heyrovský a Masuzo Shikata v roce 1923.¹⁷⁸

¹⁷⁷ KORYTA, J., *Jaroslav Heyrovský*, obrazová příloha č. 2.

¹⁷⁸ Tamtéž, obrazová příloha č. 15.



Obr. č. 3: Obráz polarografu.¹⁷⁹



Obr. č. 4: Celkový pohled na polarografické zapojení.¹⁸⁰

179 HEYROVSKÝ, J., ZUMAN, P., *Úvod do praktické polarografie*, s. 27.

180 Tamtéž, s. 53.



Obr. č. 5: Budova ve Vlašské ulici č. 9, kde pracoval J. Heyrovský. Praha 30. 3. 2016.



Obr. č. 6: Pamětní deska u vchodu do budovy ve Vlašské ulici č. 9. Praha 30. 3. 2016.



Obr. č. 7: Část budovy ve Vlašské ulici č. 9, kde pracoval J. Heyrovský. Praha 30. 3. 2016.



Obr. č. 8: Dosud zachované Heyrovského krmítko pro veverky. Praha 30. 3. 2016.