

Osvětový diafilm

# Akademik Jaroslav Heyrovský a jeho polarografická metoda

45 obrazů

**Autor: RNDr. Jiří Mašek, CSc.**

Redaktor: V. H. Krňanský

Krátký film Praha  
Studio diafilmů

*Na digitalizaci osvětového diafilmu a zhotovení presentace se v rámci řešení projektu č. 2E08038 MŠMT NPVII - Lidské zdroje v roce 2008 podíleli: Ing. Květa Stejskalová, CSc. a Matěj Šťástka, student SPŠ ST v Panské ulici, Praha 1.*



## Seznam obrazů:

1. J. Heyrovský ve své pracovně r. 1922
2. Prof. Kučera
3. Kučerova rtuťová kapková elektroda
4. Elektrokapilární parabola
5. Portrét J. Heyrovského v mládí
6. Původní graf elektrokapilární paraboly
7. Polarografický okruh
8. První polarografické křivky
9. První polarografická publikace
10. Dr. Heyrovský a Dr. Shikata
11. První polarograf
12. Schéma polarografického uspořádání
13. Automaticky získaná závislost proudu na napětí
14. Polarografická vlna
15. Polarografické spektrum
16. J. Heyrovský profesorem
17. Škola prof. Heyrovského v r. 1926
18. Titulní list časopisu Collection
19. Prof. Heyrovský a prof. Noyes v USA
20. Prof. Ilkovič a jeho rovnice
21. Prof. J. Heyrovský a prof. R. Brdička
22. Polarograf V 301 B
23. Polarograf LP 55 a první polarograf
24. Detail křivky s perem samopišícího polarografu
25. Samopišící polarograf LP 60
26. Mikropolarograf
27. Prof. Heyrovský za pracovním stolem (kolem r. 1938)
28. Prof. Heyrovský u oscilopolarografu
29. Oscilografické diagramy
30. Polaroskop
31. Polarografický ústav ČSAV
32. Rozhovory v knihovně Polarografického ústavu ČSAV
33. Prof. Heyrovský a čínský student v laboratoři
34. Polarografické učebnice různých zemí
35. Analytický polarogram
36. Polarografické mikronádobky
37. Polarogram Brdičkovy reakce
38. Polarografický dlouhodobý analyzátor
39. Separáty teoretických prací
40. Akademik Heyrovský přijímá státní cenu z rukou presidenta A. Zápotockého
41. Akademik Heyrovský přijímá Řád republiky z rukou presidenta ČSAV Z. Nejedlého
42. Akademik Heyrovský přejímá Nobelovu cenu od švédského krále
43. Diplom Nobelovy ceny
44. Nobelova zlatá medaile
45. Akademik Heyrovský v laboratoři u svého oscilografu

# Akademik Jaroslav Heyrovský a jeho polarografická metoda

Na podzim r. 1959 uvítala naše veřejnost zprávu, že poprvé v historii Nobelových cen, které se za chemii udílejí od r. 1901, se dostává této nejvyšší mezinárodní vědecké pocty příslušníku našeho národa. Nositelem Nobelovy ceny se stal akademik Jaroslav Heyrovský a obor, za který cenu získal, je polarografická metoda, jejímž je objevitelem. Význam a podstata této metody jsou odborné veřejnosti známy dnes v celém světě. Připomeňme si jen, že polarografie dnes patří mezi nejužívanější metody analytické chemie, při čemž analytické využití polarografie je jen částí jejího použití ve vědě a technice. Přes toto široké použití je však polarografie oborem specializovaným a tím přirozeně méně známým široké veřejnosti. Úkolem této přednášky je tedy seznámit posluchače aspoň v hrubých rysech s podstatou polarografie a s životním dílem jejího objevitele akademika Jaroslava Heyrovského, který se získáním Nobelovy ceny zařadil mezi nesmrtelné postavy světové vědy, jakými jsou např. objevitel paprsků X Roentgen, radioaktivity Becquerel a manželé Curieovi, objevitel původců tuberkulózy Robert Koch, podmíněných reflexů akademik Pavlov, autor teorie relativity Einstein a další.



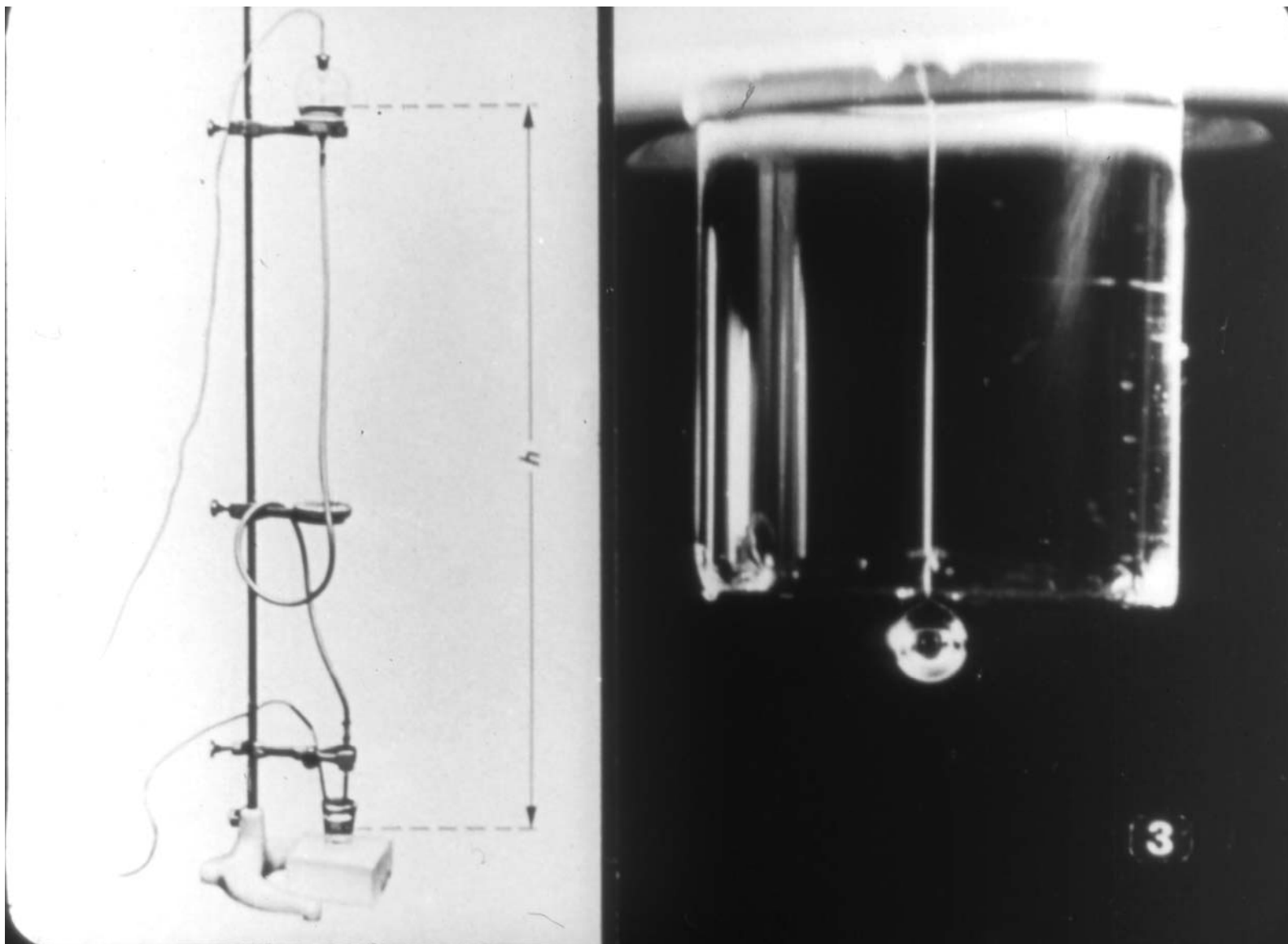
**Obraz 1.**

Objev polarografie spadá do r. 1922. Jaroslav Heyrovskému bylo tehdy 32 let a k vědecké práci byl skvěle připraven. Měl za sebou studia chemie, matematiky a fyziky na Karlově universitě v Praze, ve kterých pokračoval pak ještě před I. světovou válkou u slavných chemiků Sira Williama Ramsaye a prof. Donnana v Londýně. Světovou válkou byla tato studia přervána, a tak Heyrovský skládal svůj doktorát až v r. 1919 opět na Karlově universitě v Praze.



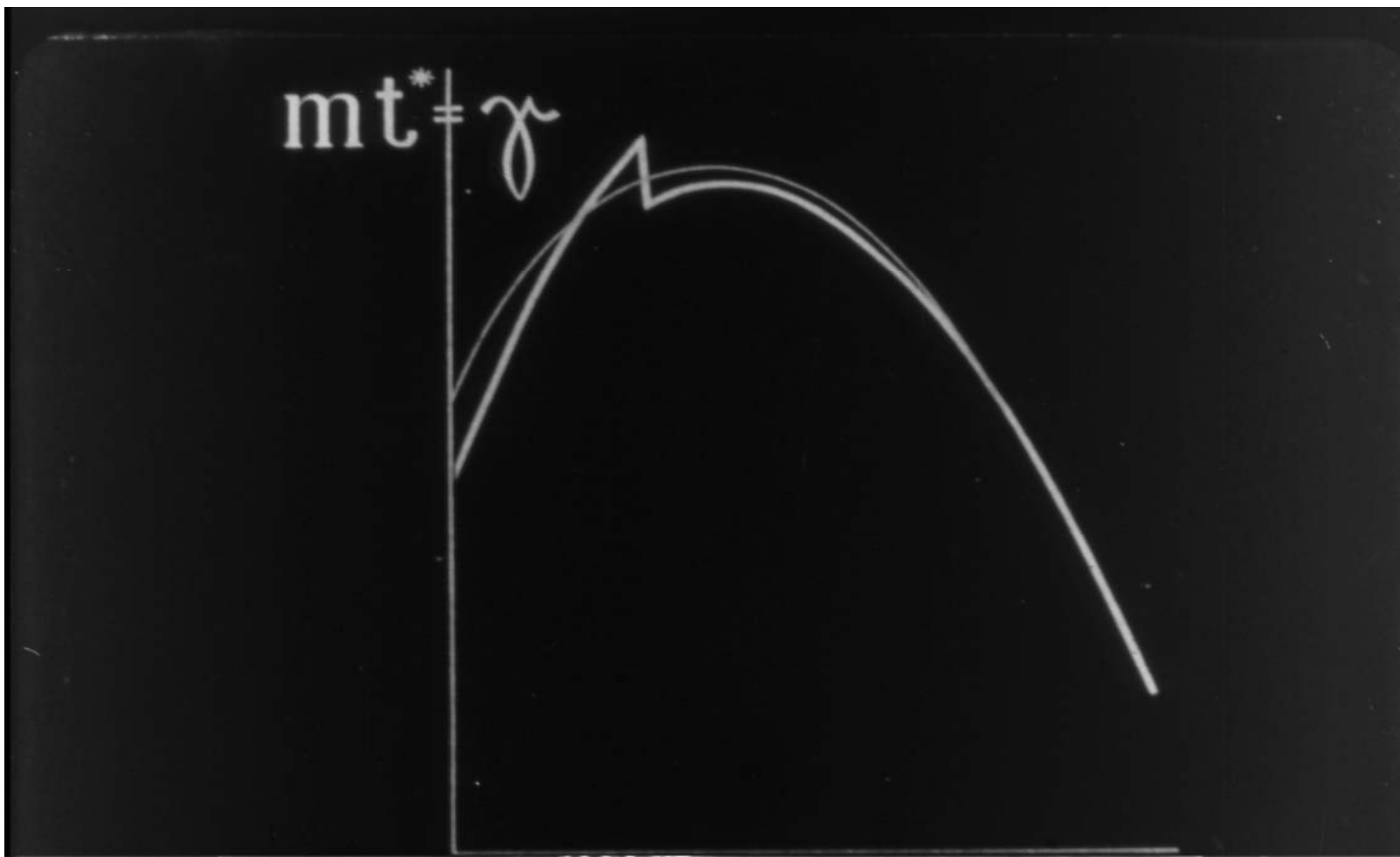
**Obraz 2.**

Zkoušejícím z fyziky byl tehdy znamenitý český fyzik profesor Kučera a při rigorózu došlo k rozpravě, která ovlivnila celou dráhu mladého kandidáta.



**Obraz 3.**

Profesor Kučera studoval změny povrchového napětí rtuti nalézající se pod vlivem elektrického napětí v roztoku. Svá měření prováděl způsobem, který sám objevil a zavedl, vážením kapek rtuti, vycházejících z ústí silnostěnné skleněné trubičky, tzv. Kapiláry, do roztoku.



**Obraz 4**

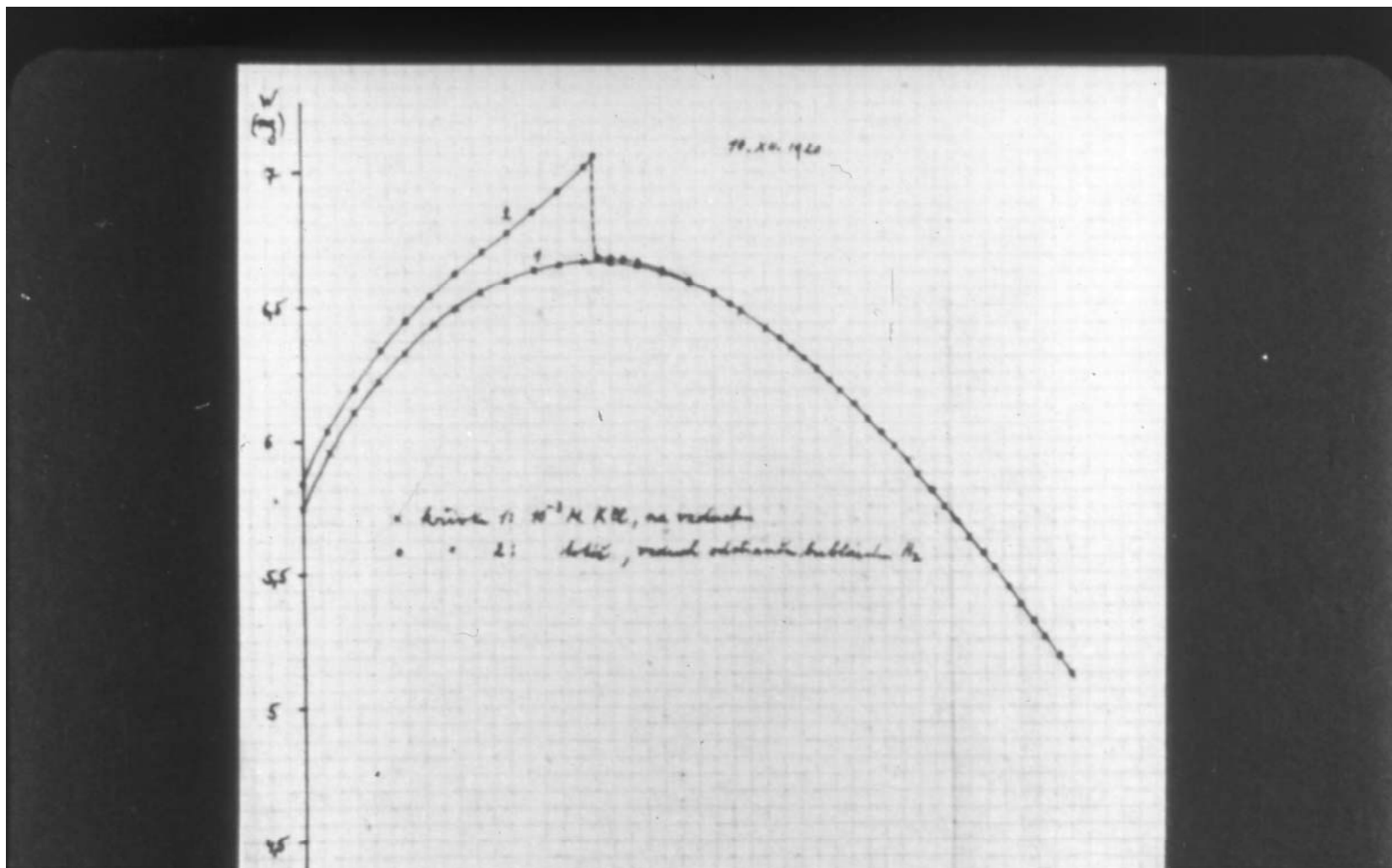
Výsledné křivky závislosti povrchového napětí rtuti na elektrickém napětí, tzv. elektrokapilární paraboly, získané tímto způsobem jevíly určité nepravidelnosti, které se nedaly dobře vysvětlit. A právě tyto zjevy byly předmětem rozhovoru, který měl profesor Kučera s Heyrovským při rigorózu. Kučera tehdy prohlásil, že problém může vyřešit pouze fyzikální chemik a vybídl Heyrovského, aby se o to pokusil.



**Obraz 5.**

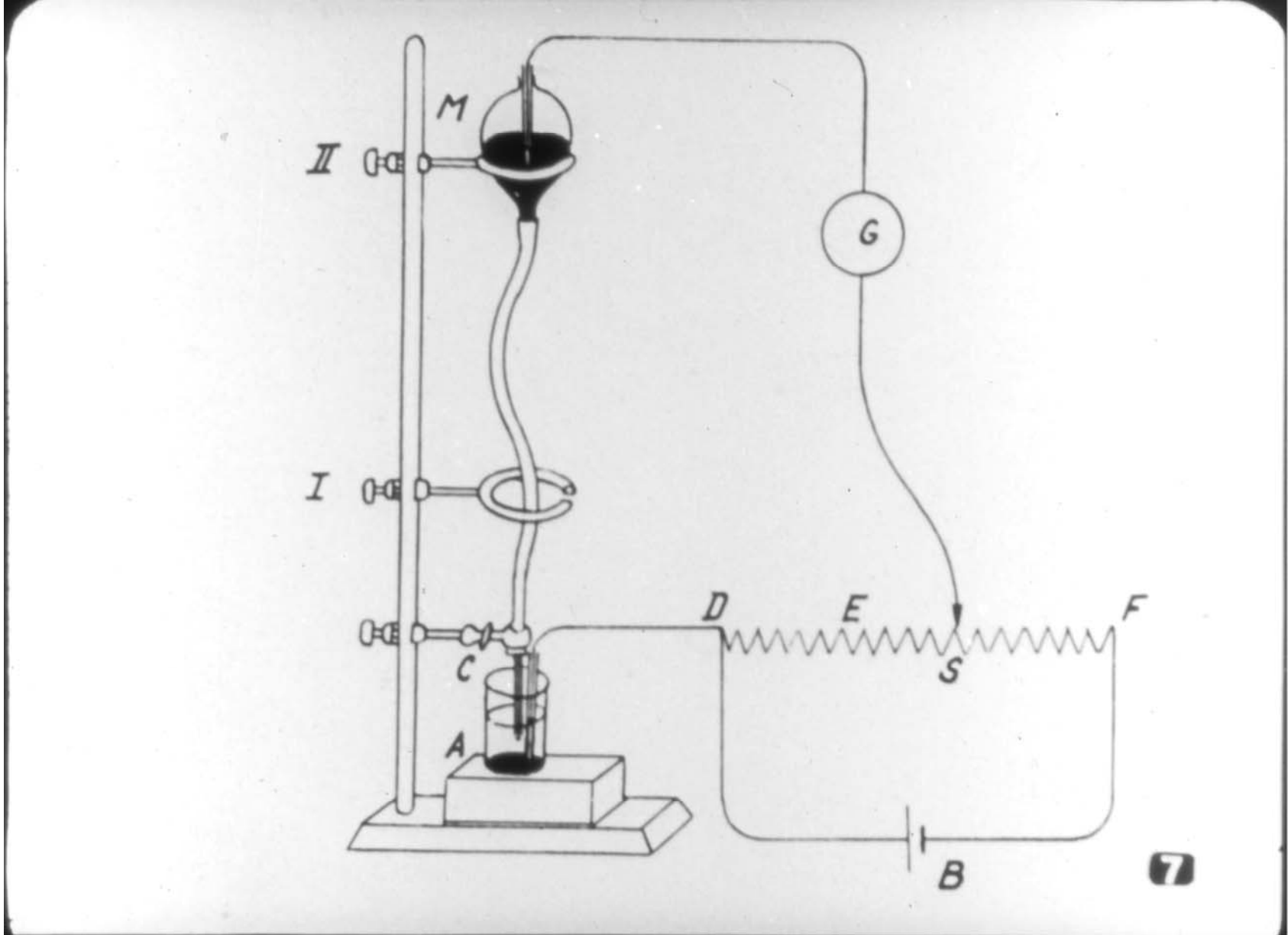
J. Heyrovský, tehdy asistent analyticko-anorganického ústavu Karlovy university se dal hned druhý den do práce. Tím začalo téměř čtyřleté období vyčerpávajících pokusů, prováděných Kučerovou metodou.





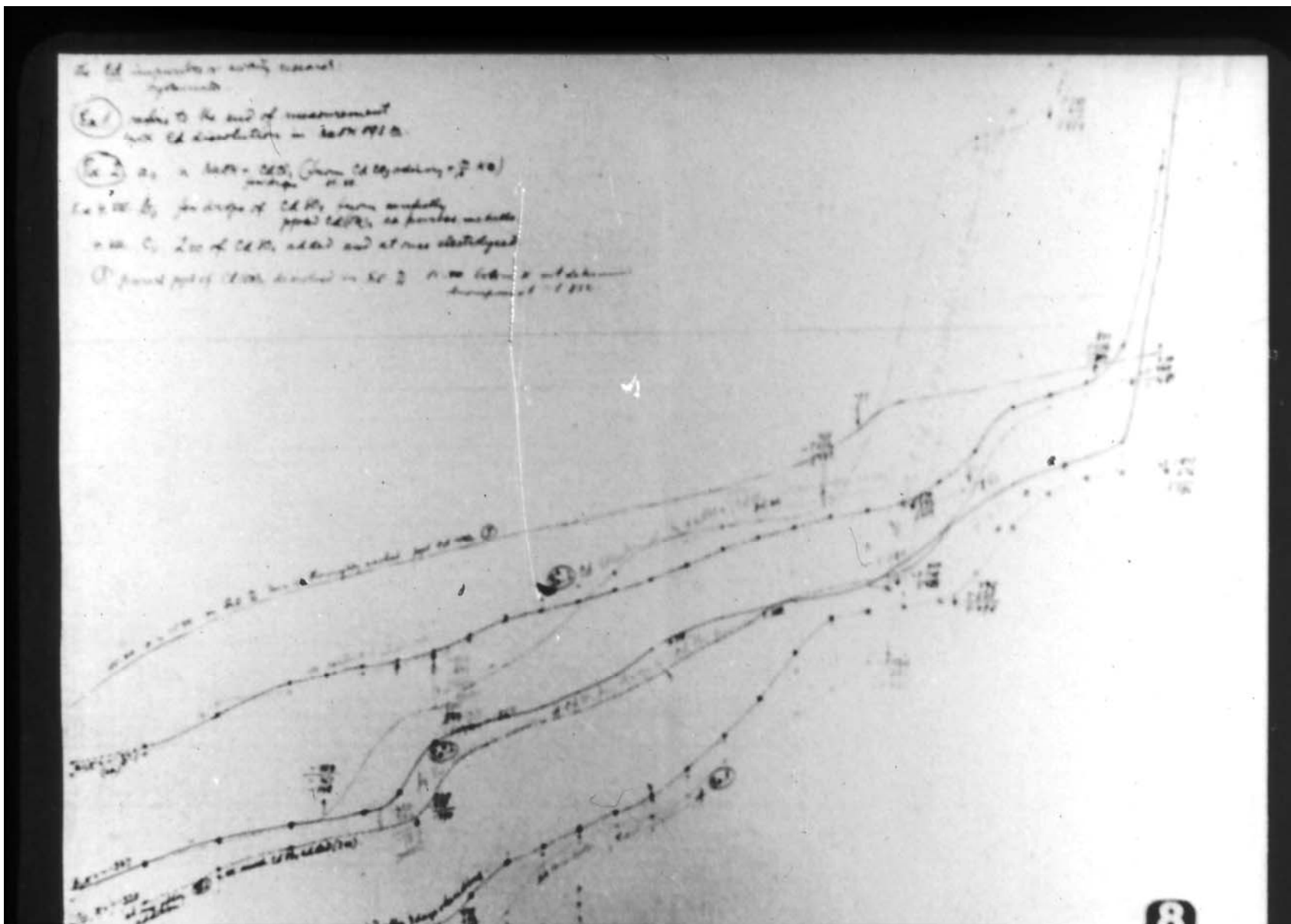
**Obraz 6.**

Experimentální materiál se hromadil, elektrokapilárních křivek přibývalo, ale to vše stále nestačilo k vysvětlení Kučerových nepravidelností, které se na křivkách zákonitě objevovaly a ještě navíc začalo být jasné, že tyto pokusy k vysvětlení nevedou.



**Obraz 7.**

A právě tehdy Heyrovský učinil svůj objev. Napadlo ho totiž , jak by asi vypadaly křivky, kdyby v závislosti na napětí místo váhy kapek změřil proud, který prochází kapkovou elektrodou. Zařadil tedy do okruhu citlivý přístroj na měření proudu, galvanometr, a bod po bodu měřil a vynášel do grafu závislosti proudu na napětí.



**Obraz 8.**

První křivky, které tímto způsobem získal, nebyly příliš přehledné. K Heyrovského vědecké genialitě však patří to, že si okamžitě uvědomil, jaký obrovský význam mohou mít tyto křivky závislosti proudu na napětí, a začal svůj objev propracovávat.

(1922) 256-64

## Elektrolýsa se rtuťovou kapkovou kathodou.

Dr. J. Heyrovský,

Uvod.

Profesor B. Kučera zavedl (Drud. Ann. II. p 598, r. 1903) pro přesné měření povrchového napětí polarisované rtuť metodu vážení kapek. Při této metodě polarisujeme rtuť kapající zvořna z úzké kapiláry do roztoku, přičemž druhou elektrodou je vrstva rtuť na dně nádoby. Výsledky jeho měření jsou shodné s výsledky původní Lippmannovy metody, při níž polarisovaná rtuť zůstává uvnitř kapiláry; oba způsoby dávají stejné „elektrokapilární paraboly“, znázorňující vztah mezi povrchového napětí mezi rtuť a roztokem k polarisující elektromotorické síle. metoda

chloridů nebo hydroxydů během polarisace známý potenciál elektrod kalomelových nebo merkuri-oxidových, na něž můžeme potenciál polarisované kathydy vztahovati.

S takovýmto uspořádáním lze na kapkách rtuť vylučovati z vodných roztoků i kalcium a magnesium dříve, než se počne vyvíjeti vodík, a tvoření jejich amalgam lze tak podrobně sledovati.

Již prostým stanovením váhy kapek nebo doby kapek polarisované rtuť lze vyšetřiti snadnost, s níž se kov na rtuťové kathydě vylučuje. Jakmile totiž nastane elektrolyse roztoku a na kathydě vzniká amalgam, nelze polarisovati rtuť na vyšší potenciály a váha kapek, jakož i doba kapek se dále při zvětšování elektromotorické síly (zkráceně

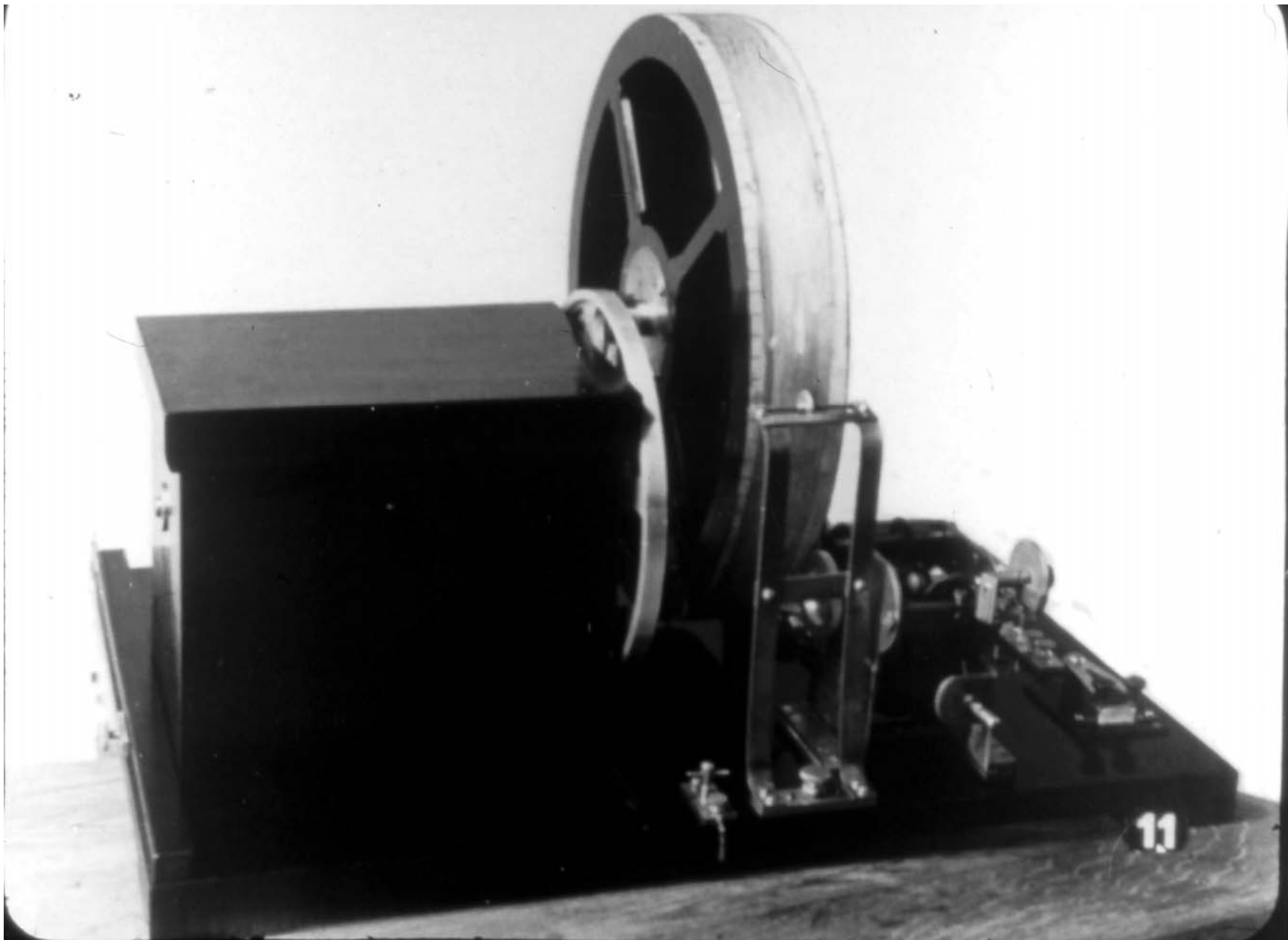
Obraz 9.

A tak již r. 1922 vychází z jeho pera v Chemických listech první polarografická práce na světě. Metoda však byla velmi zdoluhavá, neboť bylo nutno každé napětí nastavit ručně, jim příslušné proudy jednotlivě odečítati a výsledky bod po bodu zanášeti do grafu.



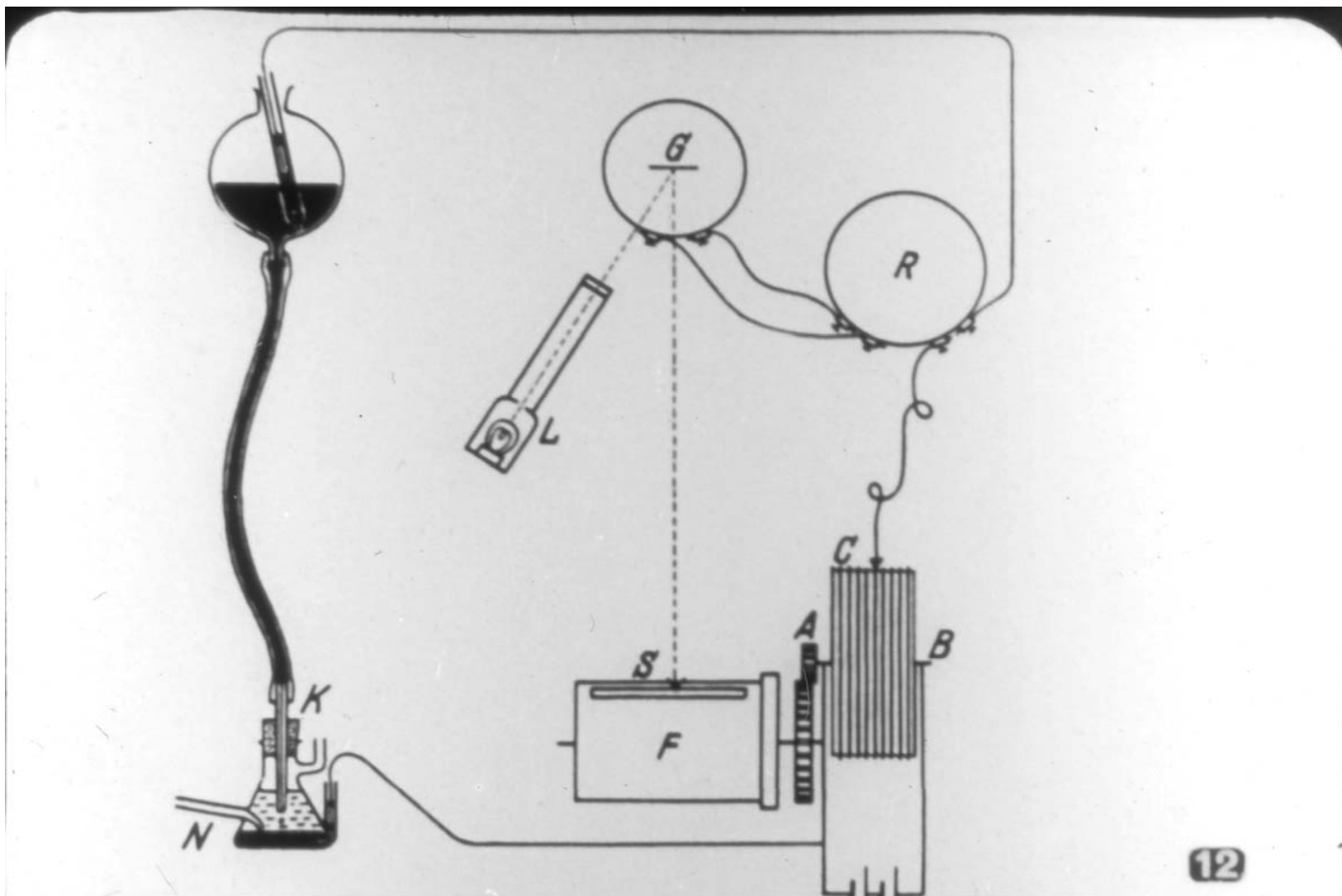
**Obraz 10.**

Heyrovský proto r. 1924 spolu se svým japonským žákem Dr. Shikatou sestrojil zařízení, kterým bylo možno polarografické křivky získávat automaticky, a nazval je polarografem.



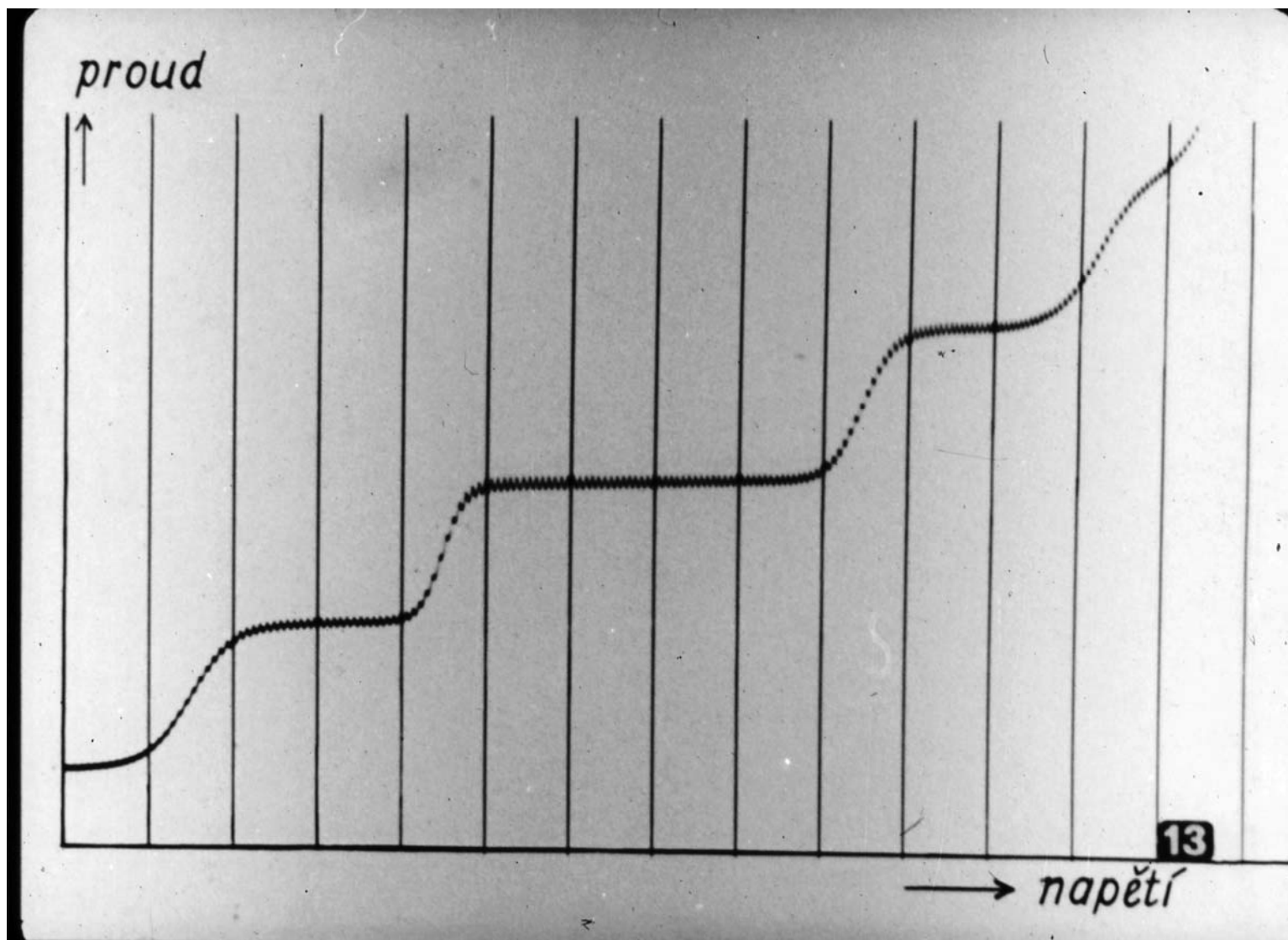
**Obraz 11.**

První polarograf (na obrázku) se zrodil.



**Obraz 12.**

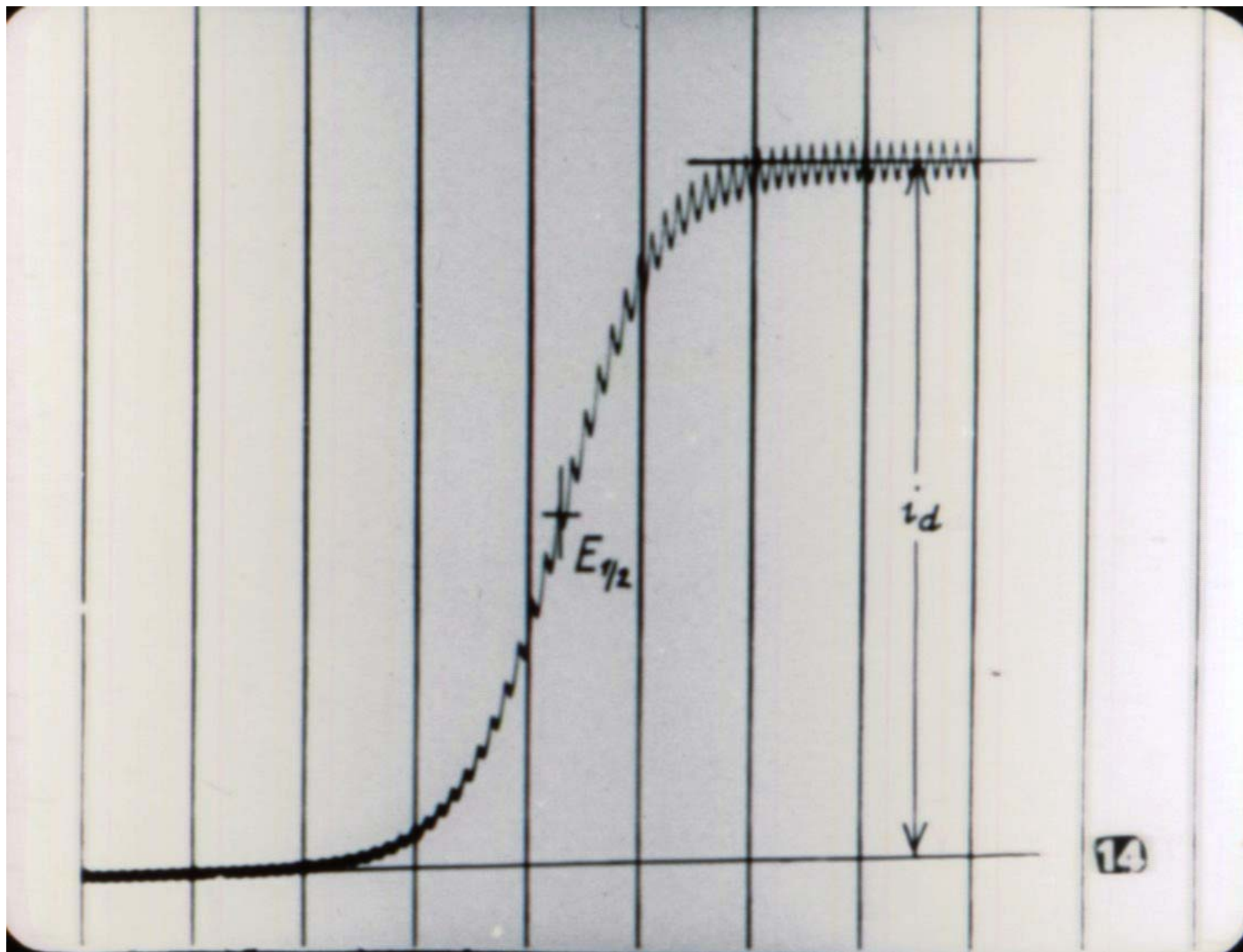
Schéma poalrografického uspořádání je jednoduché. Nalevo vidíme rtuťovou kapkovou elektrodu (rezervoár, hadice, kapilára) zasahující do polarografické nádoby, ve které se nalézá zkoumaný roztok. Rtuť na dně této nádoby tvoří druhou elektrodu. Elektrické napětí, kladené na tyto dvě elektrody se plynule zvyšuje pomocí tzv. Kohlrauschova bubínku, tj. Válce, na kterém je navinut odporový drát, po němž se pohybuje smýkavý kontakt C. Kohlrauschův buben je převodem spojen s válcovou kazetou F s fotografickým papírem. Na štěrbinu S tohoto válce dopadá paprsek z lampy L odražený od zrcátka zrcátkového galvanometru G a kreslí na fotografický papír proudovou výchylku.



**Obraz 13.**

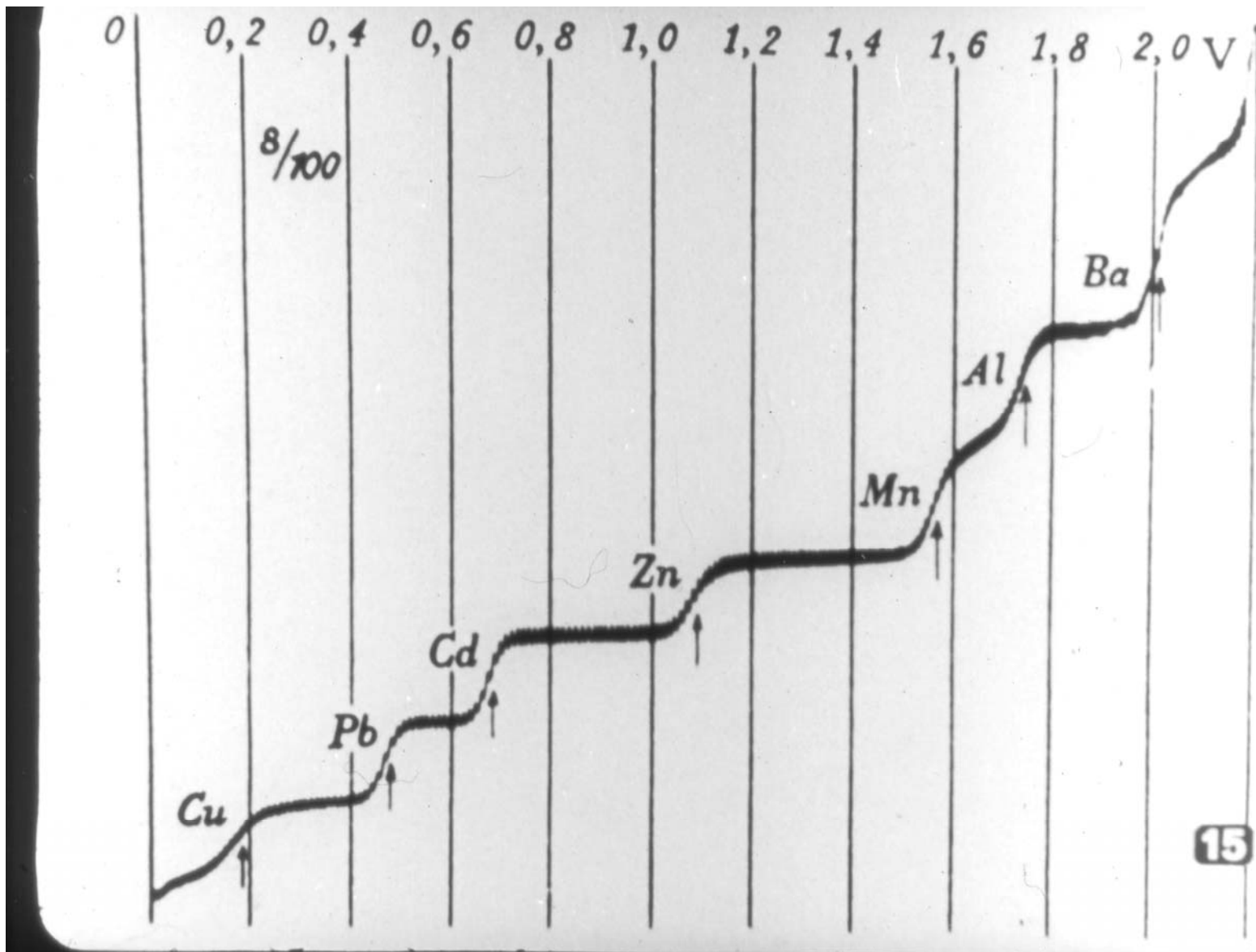
Protože otáčení fotografického válce je spojeno s odětvováním elektrického napětí z Kohlrauschova bubnu, dostaneme tak automaticky na fotografickém papíře záznam závislosti proudu na napětí, tzv. polarogram.





**Obraz 14.**

Je-li ve zkoumaném roztoku přítomna látka, která se může na kapkové elektrodě redukovat či oxydovat, vznikne na křivce stupňovité zvýšení proudu, kterému říkáme polarografická vlna. Poloha této vlny na ose napětí je charakteristická pro druh látky v roztoku a její výška udává množství, v jakém je látka v roztoku přítomna. Chemicky tedy říkáme, že nám polarografie umožňuje současně kvalitativní i kvantitativní analýzu látky v roztoku.



Obraz 15

Nalézají-li se v roztoku několik látek současně, ukazuje polarografická křivka příslušný počet vln, z nichž každá nám současně určuje i kvantitu jednotlivých složek roztoku. Zrodila se tak nová, elegantní a jednoduchá metoda chemického rozboru, převyšující v mnoha ohledech všechny metody tehdejší.



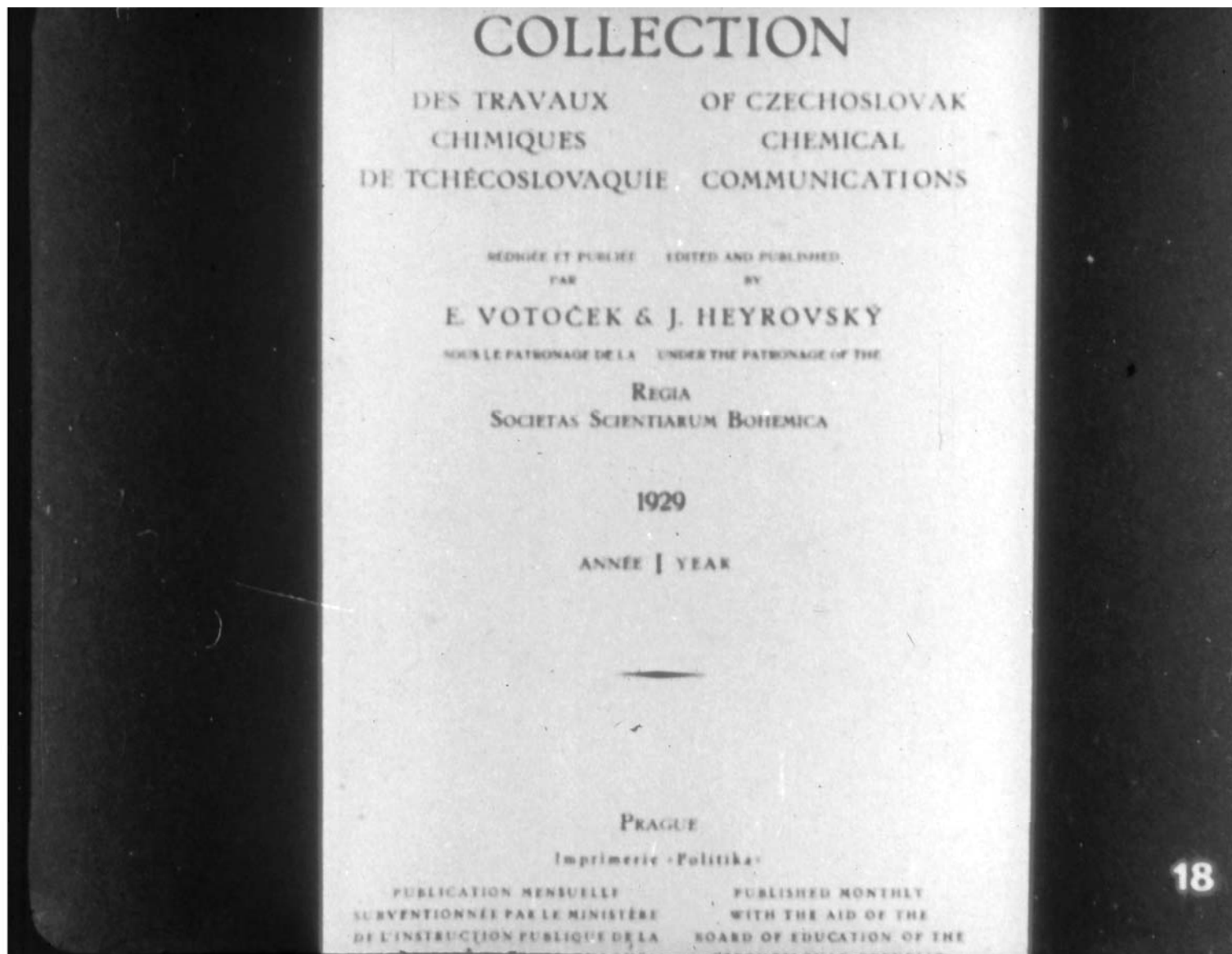
**Obraz 16.**

V r. 1926 se stal Heyrovský řádným profesorem fyzikální chemie na Karlově universitě a začal zakládati svoji vědeckou školu. Vždyť polarografická metoda byla teprv na začátku, neměla teoretické základy a v cizině jí sotva kdo věnoval pozornost.



**Obraz 17.**

Patřilo vždy k nejkrásnějším osobním vlastnostem tvůrce polarografie, že svou vlídností, bohatým smyslem pro humor a osobním příkladem dovedl získat okruh nadšených spolupracovníků, jimž se práce stala koníčkem. Na obrázku jsou první žáci profesora Heyrovského před chemickým ústavem v r. 1926.



**Obraz 18.**

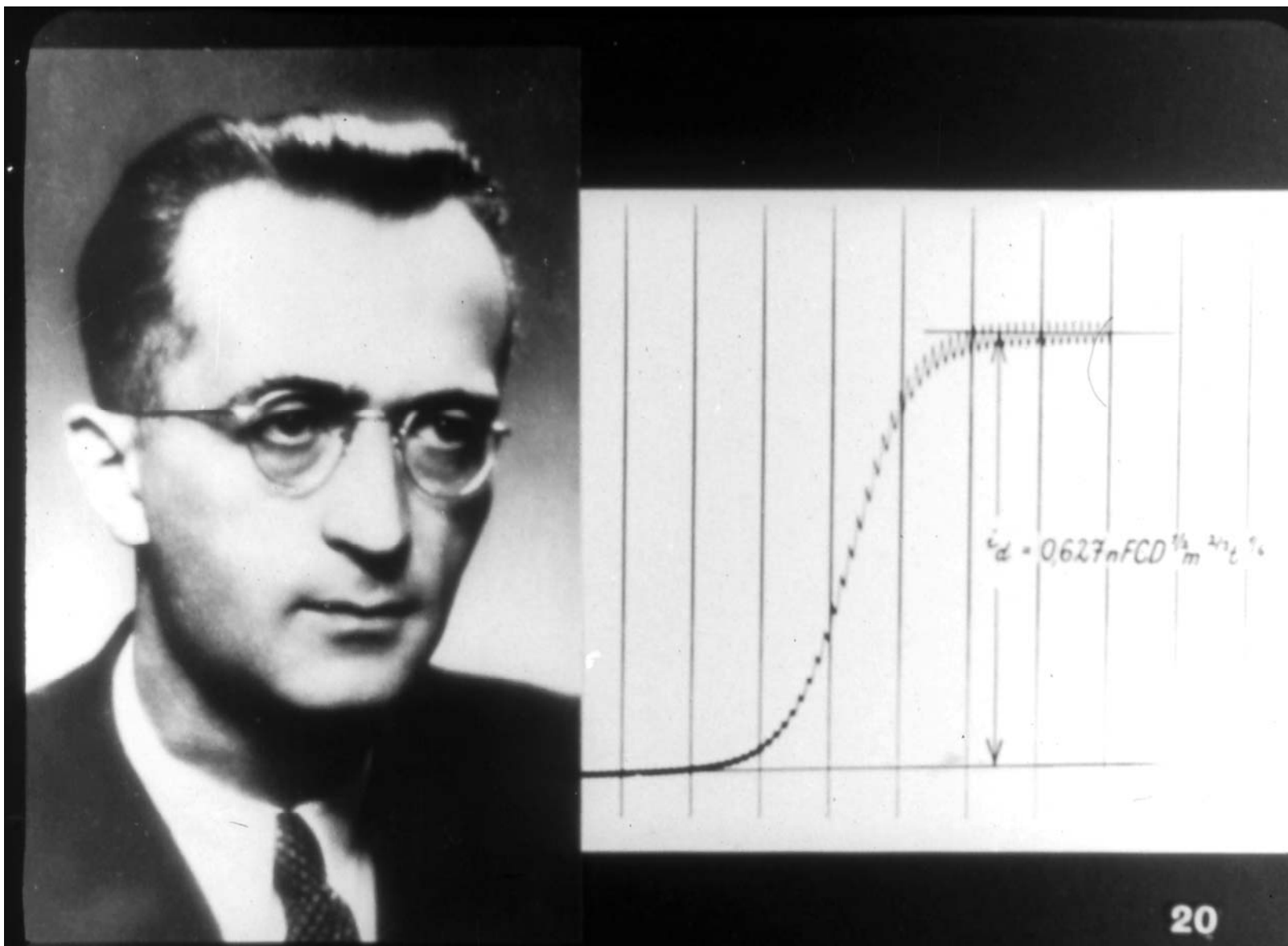
Aby české práce pronikaly snáze do světa, založil prof. Heyrovský r. 1929 spolu s profesorem Votočkem časopis Collection, otiskující české chemické práce anglicky a francouzsky. Práce s tím spojená byla nesmírná, ale záhy začala přinášet ovoce: o polarografii se začalo vědět v cizině. Do Prahy přijížděli zahraniční žáci a lze říci, že téměř všechna dnešní střediska polarografie ve světě byla založena právě těmito zahraničními vědci, kteří v třicátých letech poznávali polarografii v laboratoři Heyrovského na Albertově.



**Obraz 19.**

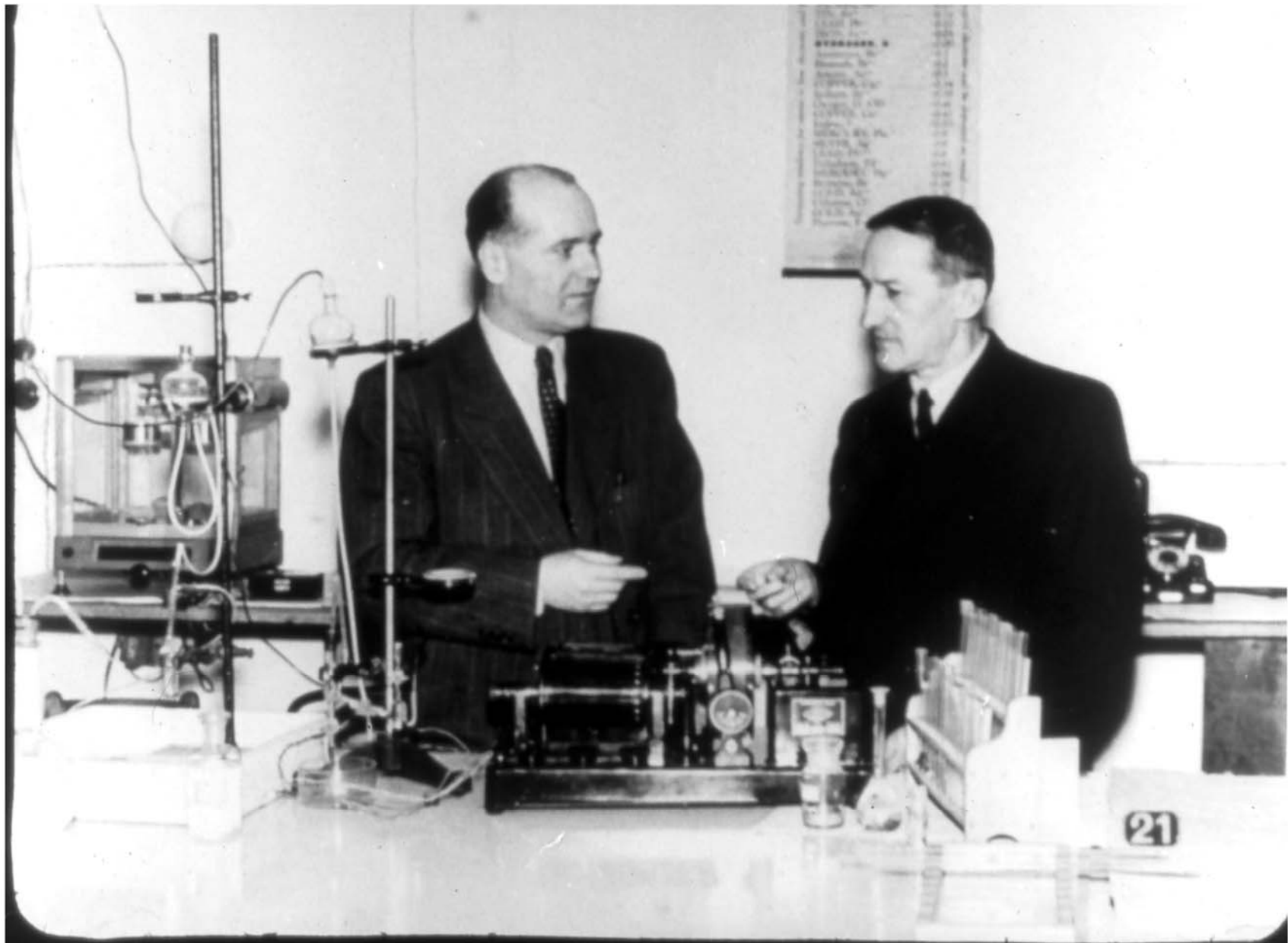
V roce 1933 byl profesor Heyrovský pozván k půlročnímu přednáškovému turné po Spojených státech. Na obrázku vysvětluje princip své metody jednomu z nejlepších amerických fyzikálních chemiků prof. Noyesovi v jeho laboratoři v Pasadeně. O rok později přednášel jako jeden z prvních českých vědců v Sovětském svazu, čímž přispěl k nesmírně širokému využití polarografie v SSSR.





**Obraz 20.**

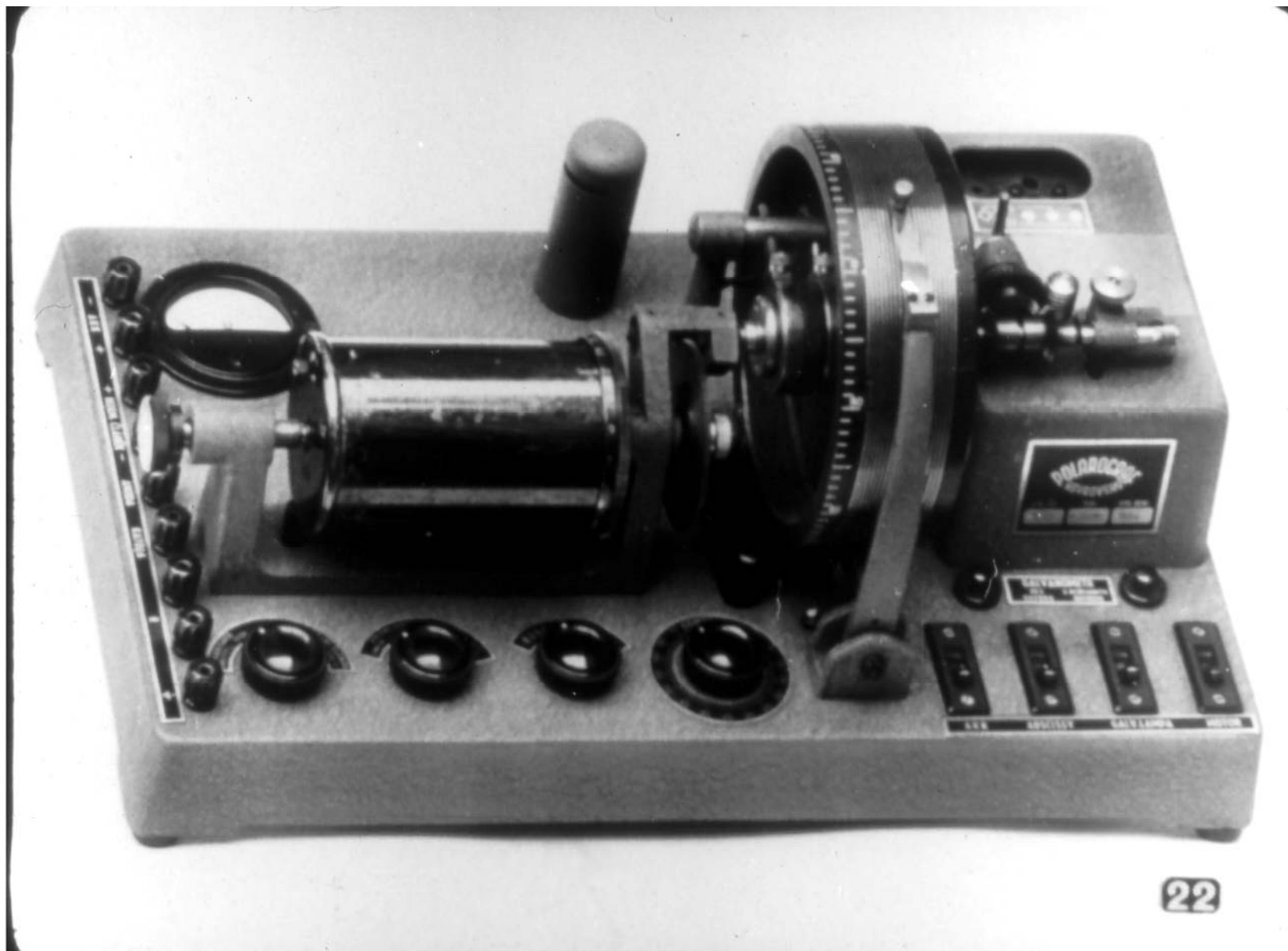
Přestože počet zahraničních polarografistů a prací rok od roku rychle rostl, zachovala si pražská škola prof. Heyrovského stále své vedoucí místo ve světě. Tak např. jedním z nejzákladnějších objevů teoretické polarografie je rovnice, nazvaná podle svého autora D. Ilkoviče, později profesora fyziky v Bratislavě, který ji odvodil v r. 1936, kdy pracoval v Praze u prof. Heyrovského.



**Obraz 21.**

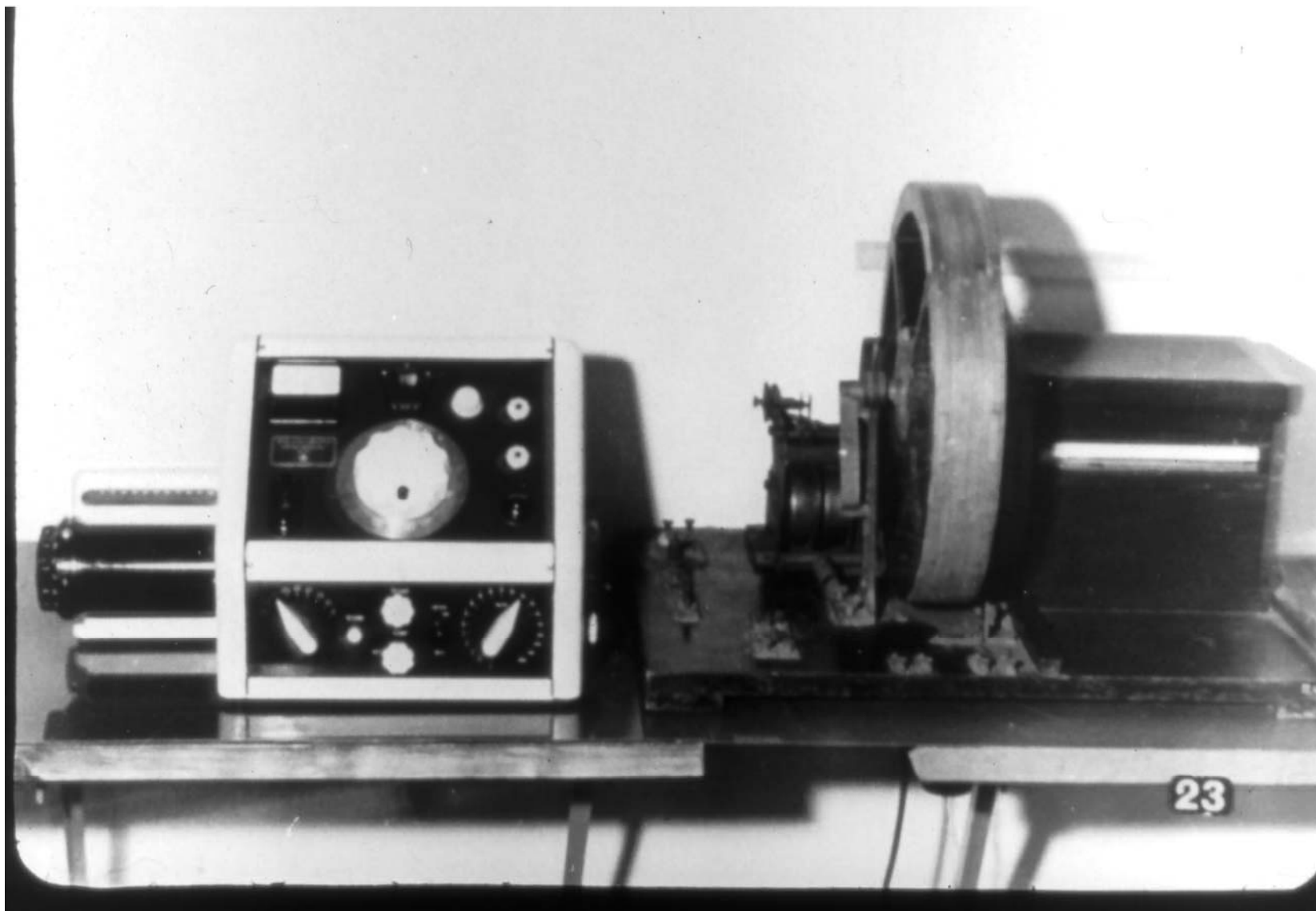
Jiným slavným žákem z české školy profesora Heyrovského je pozdější akademik profesor Brdička, který svou reakcí, uplatňující se při diagnóze rakoviny a některých jiných chorob a pracemi v oboru polarografických kinetických proudů otevřel hned dvě nesmírně důležité cesty uplatnění polarografie v medicíně a ve fyzikální chemii.





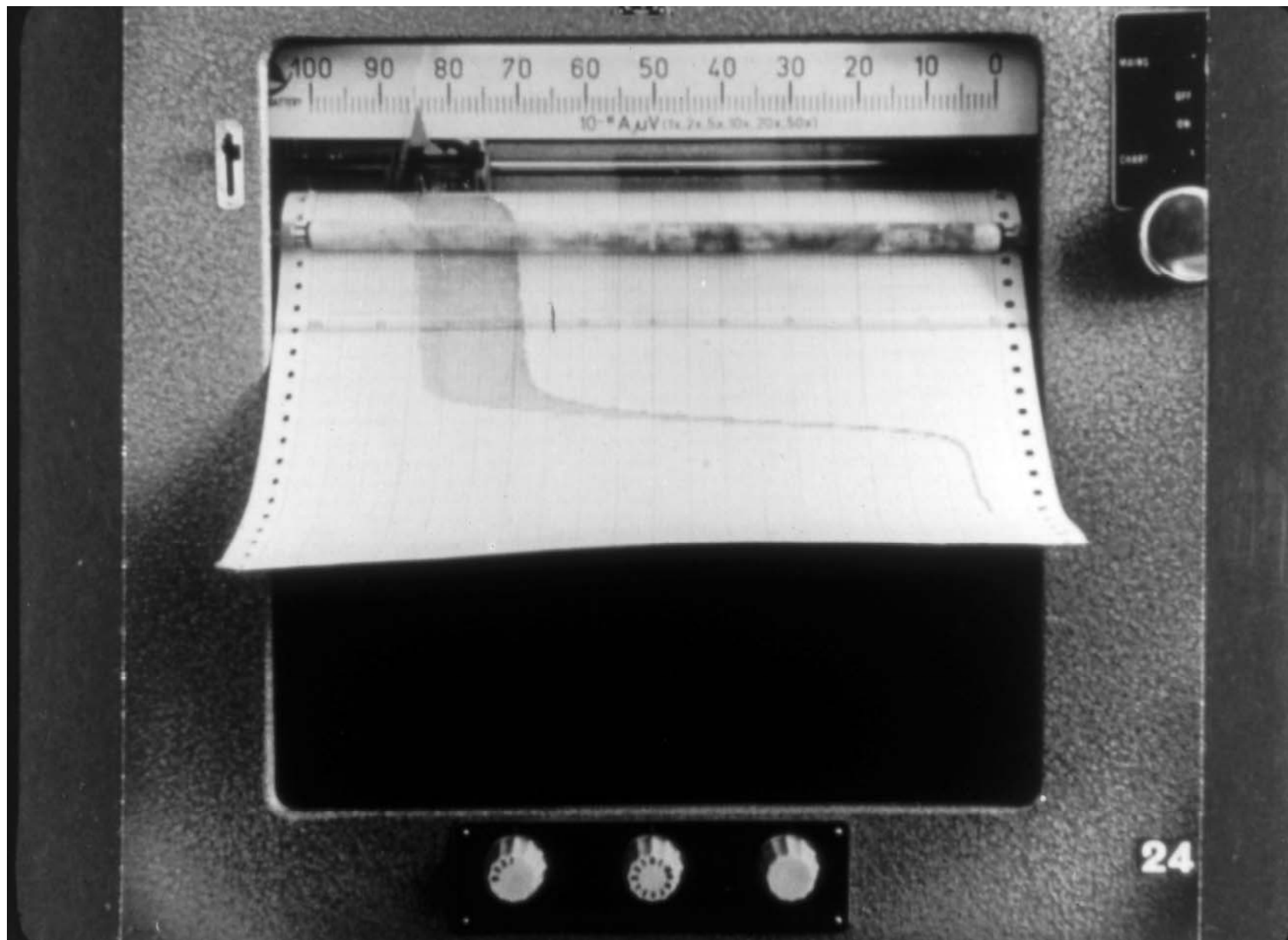
**Obraz 22.**

S vývojem teorie a praktického uplatnění polarografie pokračoval i vývoj polarografu. Na obrázku je jeden z nejspolehlivějších a nejjednodušších polarografů na světě, vyráběný sériově n. p. Zbrojovka.



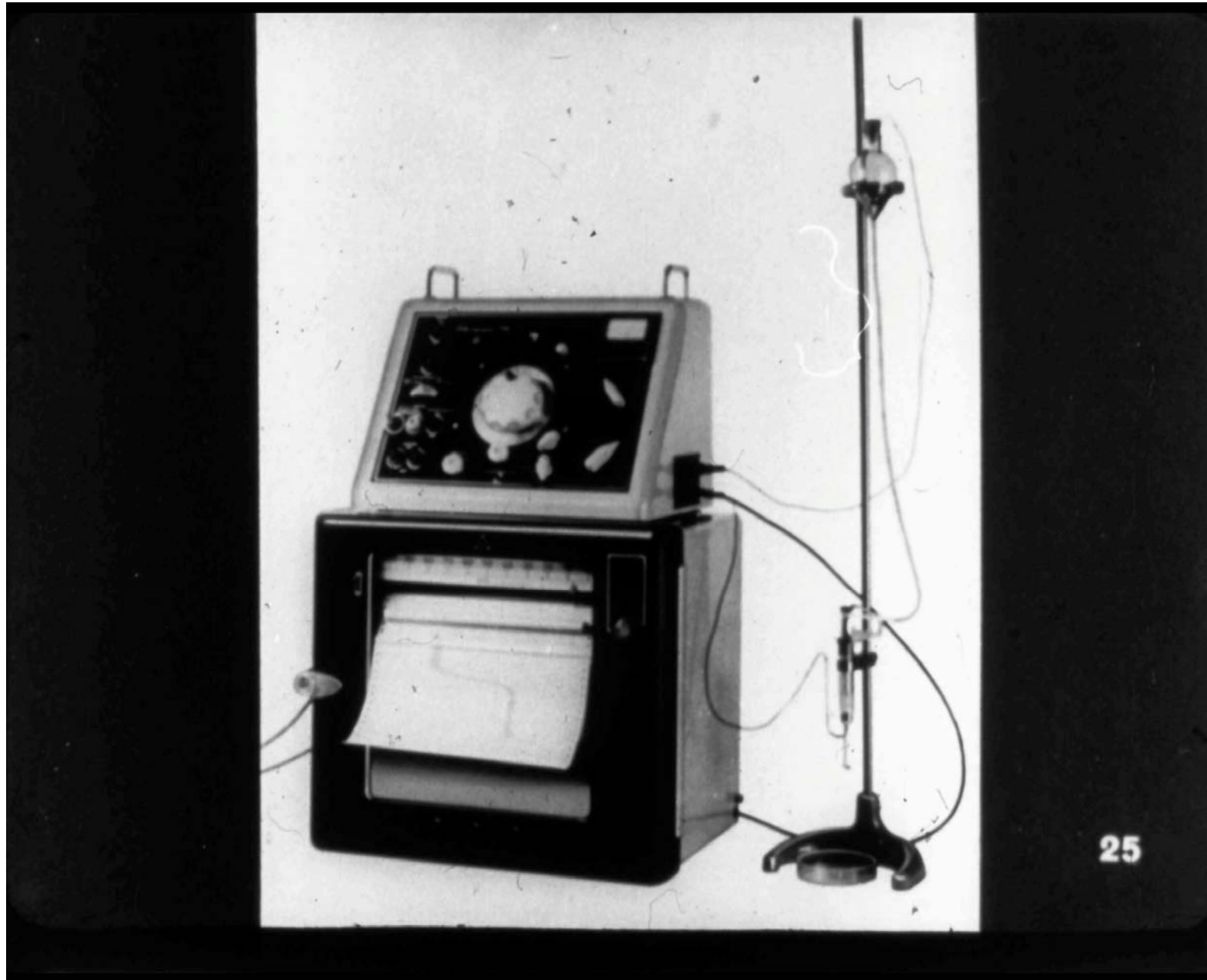
**Obraz 23.**

A srovnáme-li jeden z posledních typů polarografů u nás vyráběných s prvním polarografem, jaký pokrok technika udělala; původní Heyrovského princip je však stále týž.



**Obraz 24.**

Aby pracovník, provádějící polarografickou analýzu, viděl okamžitě výslednou křivku, aniž by musel vyvolávat fotografický papír, zavádí se ve světě v posledních letech výroba tzv. samopíšících polarografů, u nichž zvláštní pero zapisuje křivku přímo na obyčejný papír s předtištěným rastrem.



**Obraz 25.**

Čsl. Samopíšící polarograf LP 60 svými vlastnostmi dosáhl světové úrovně a v některých ohledech předběhl nejlepší zahraniční výrobky.



**Obraz 26.**

Pro rychlé sériové analýzy vyvinul profesor Heyrovský zvláště jednoduchý typ přístroje, tzv. mikropolarograf, u kterého jsou všechny části polarografického zařízení kromě kapkové elektrody umístěny v jedné skříni.



**Obraz 27.**

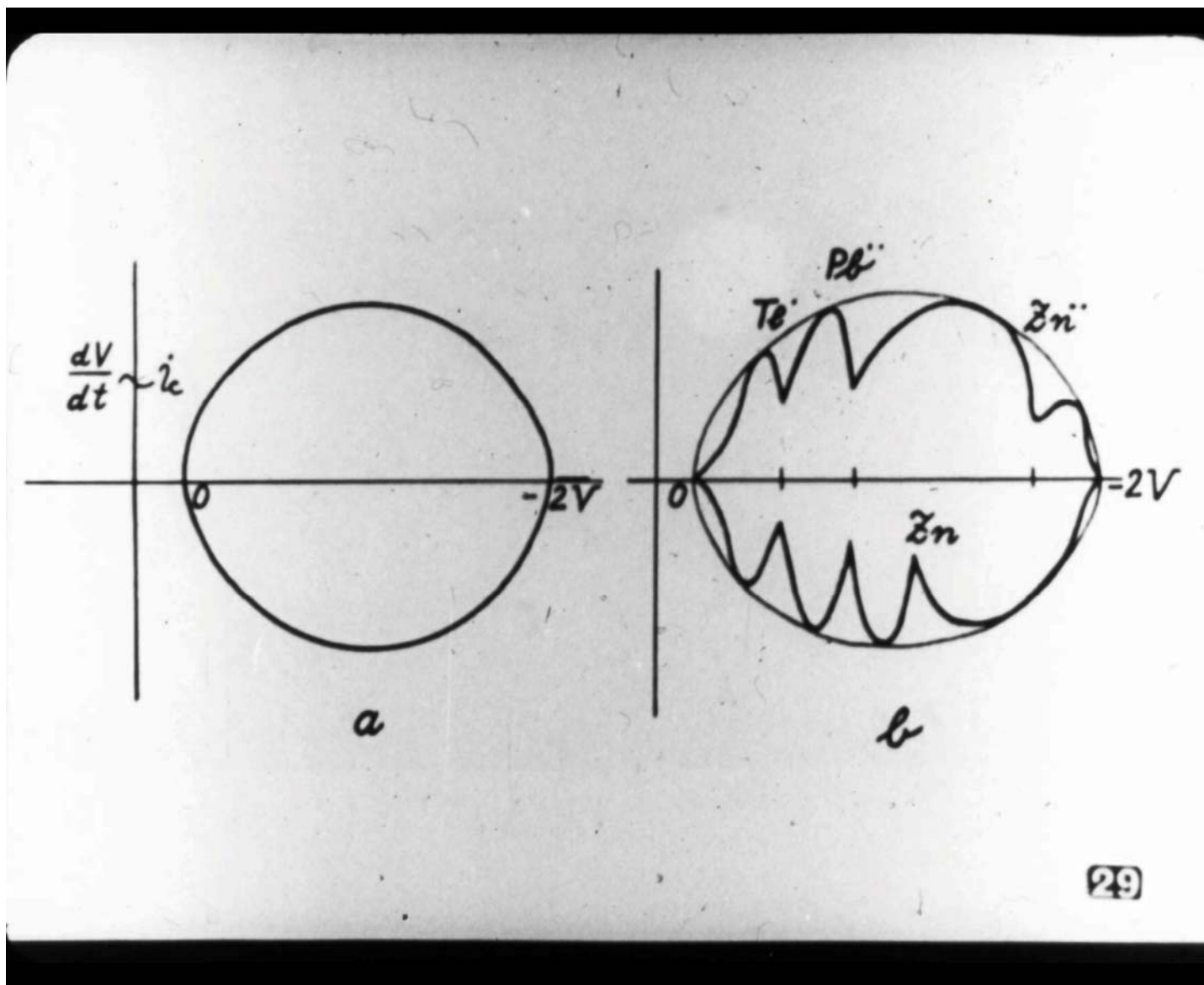
Profesor Heyrovský ve svém pracovním úsilí nikdy neustával. Již těsně před II. světovou válkou přemýšlel o nové metodě, která by polarografickou analýzu ještě zrychlila a použitím nových principů umožnila výzkum zjevů, které klasickou polarografií nelze sledovat.



**Obraz 28.**

Tak vznikla nová elektrochemická metoda, tzv. oscilografická polarografie, při níž se příslušná křivka přímo pozoruje na stínítku obrazovky, podobné obrazovce televizoru.

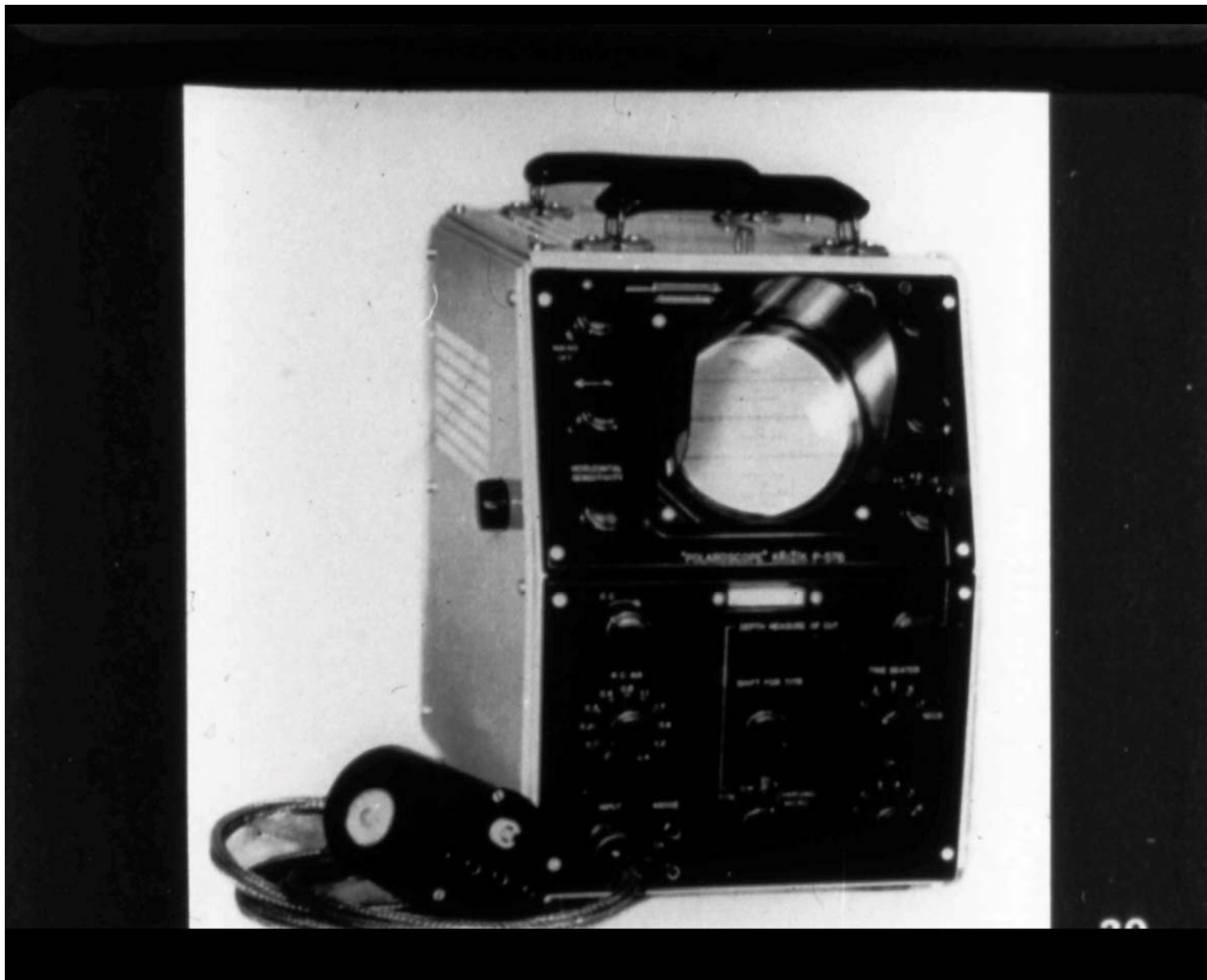




**Obraz 29.**

Oscilografická křivka se liší od klasických polarografických nejen tvarem, ale i fyzikálním významem. Křivka vlevo ukazuje obraz, který při oscilografické polarografii získáme s tzv. základním elektrolytem, tj. s roztokem, který ještě neobsahuje zkoumanou látku. Obrázek vpravo odpovídá témuž roztoku, do kterého byla v nepatrném množství přidána sůl thalia, olova a zinku. Přítomnost těchto látek se projevuje na křivce zářezy, jejichž poloha na ose napětí (která je zde vodorovná) udává opět jako v klasické polarografii povahu látky a z hloubky zářezů lze vypočítat její množství.





**Obraz 30.**

I tato nová metoda dosahuje stále většího uplatnění ve vědě a v průmyslu a oscilografické polarografy nazývané polaroskopy se u nás vyrábějí sériově.



**Obraz 31.**

Mezníkem v pracovních podmínkách profesora Heyrovského byl rok 1950. Tehdy byl v Praze založen Polarografický ústav, který se po ustavení Československé akademie věd stal složkou této naší největší vědecké instituce.



**Obraz 32.**

Akademik Heyrovský se stal jeho prvním ředitelem a jeho pražská polarografická škola dostala pevnou základnu, která jí umožnila udržet si své prvenství ve světě.



**Obraz 33.**

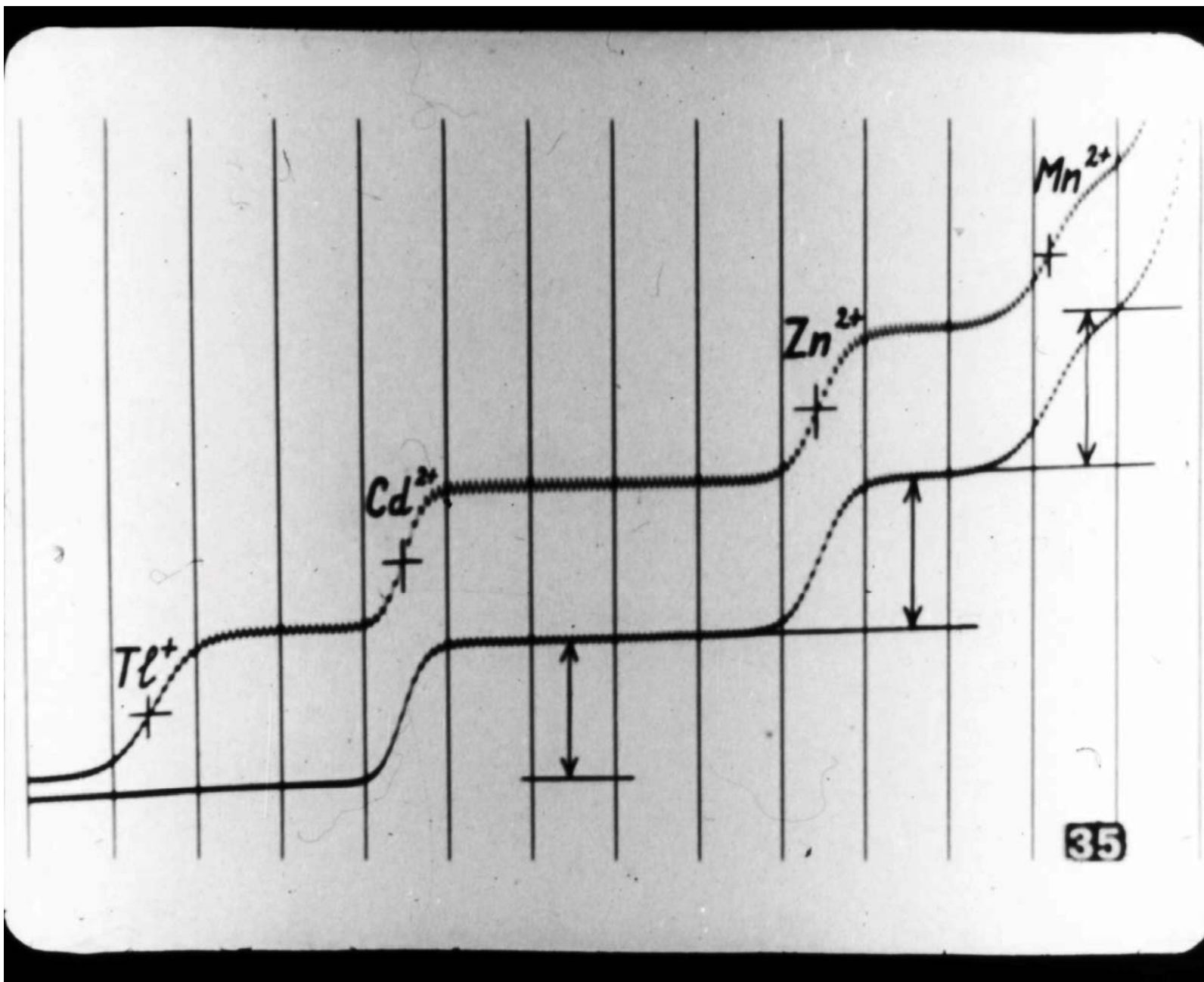
A opět se sjíždějí do tohoto ústavu polarografisté u celého světa, aby tu prohloubili své znalosti tohoto ryze českého vědního oboru a akademik Heyrovský sse jim věnuje se stejnou milou vlídností, s jakou se věnoval svým zahraničním žákům před více než 30 lety na Karlově universitě.





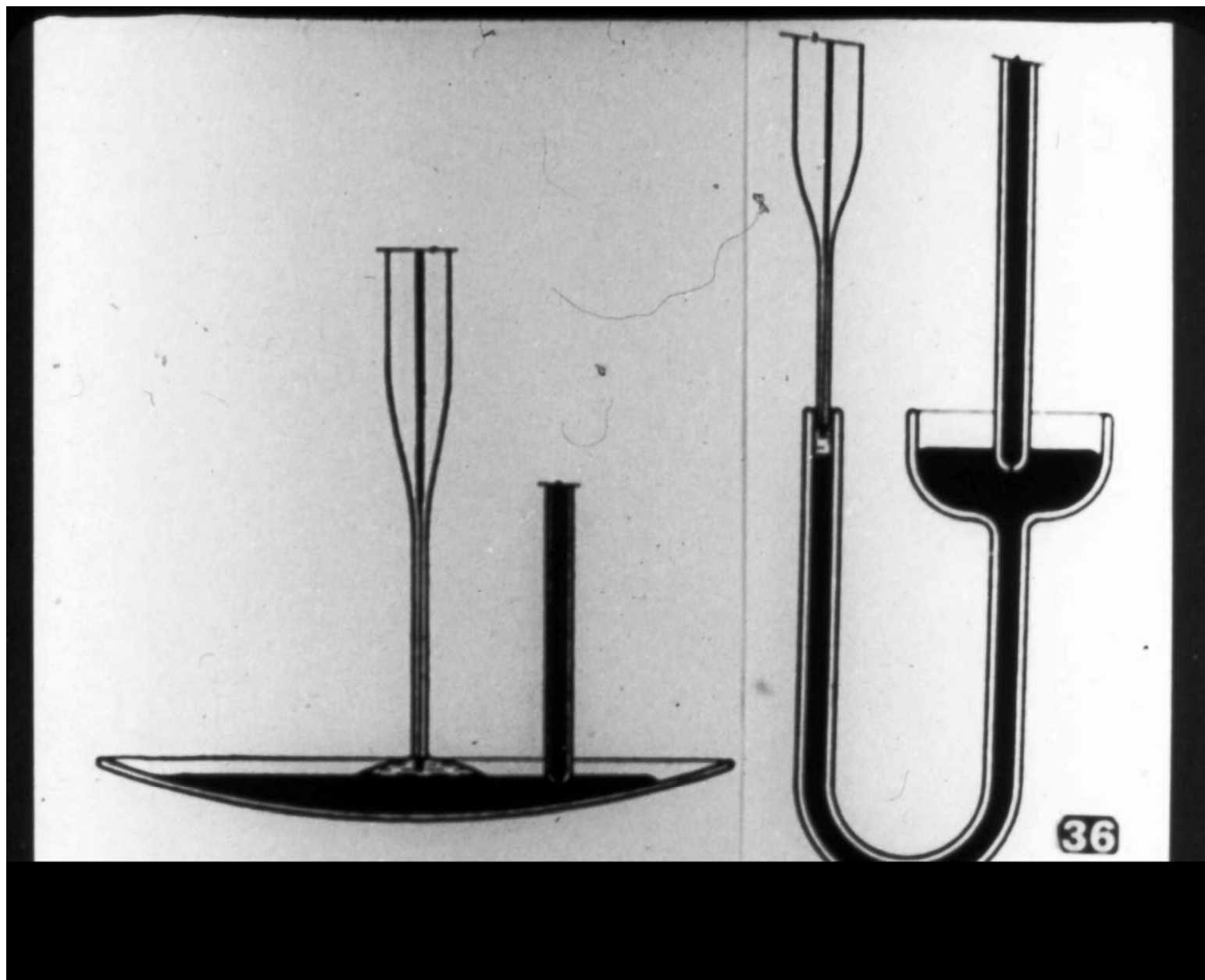
**Obraz 34.**

Z polarografie se však z aty dobu stal samostatný vědní obor, o jehož rozšíření a důležitosti svědčí nejlépe tato čísla: do konce r. 1959 vyšlo 63 polarografických učebnic a monografií ve 14 jazycích a počet vědeckých prací, věnovaných polarografii, přesáhl číslo 10.000.



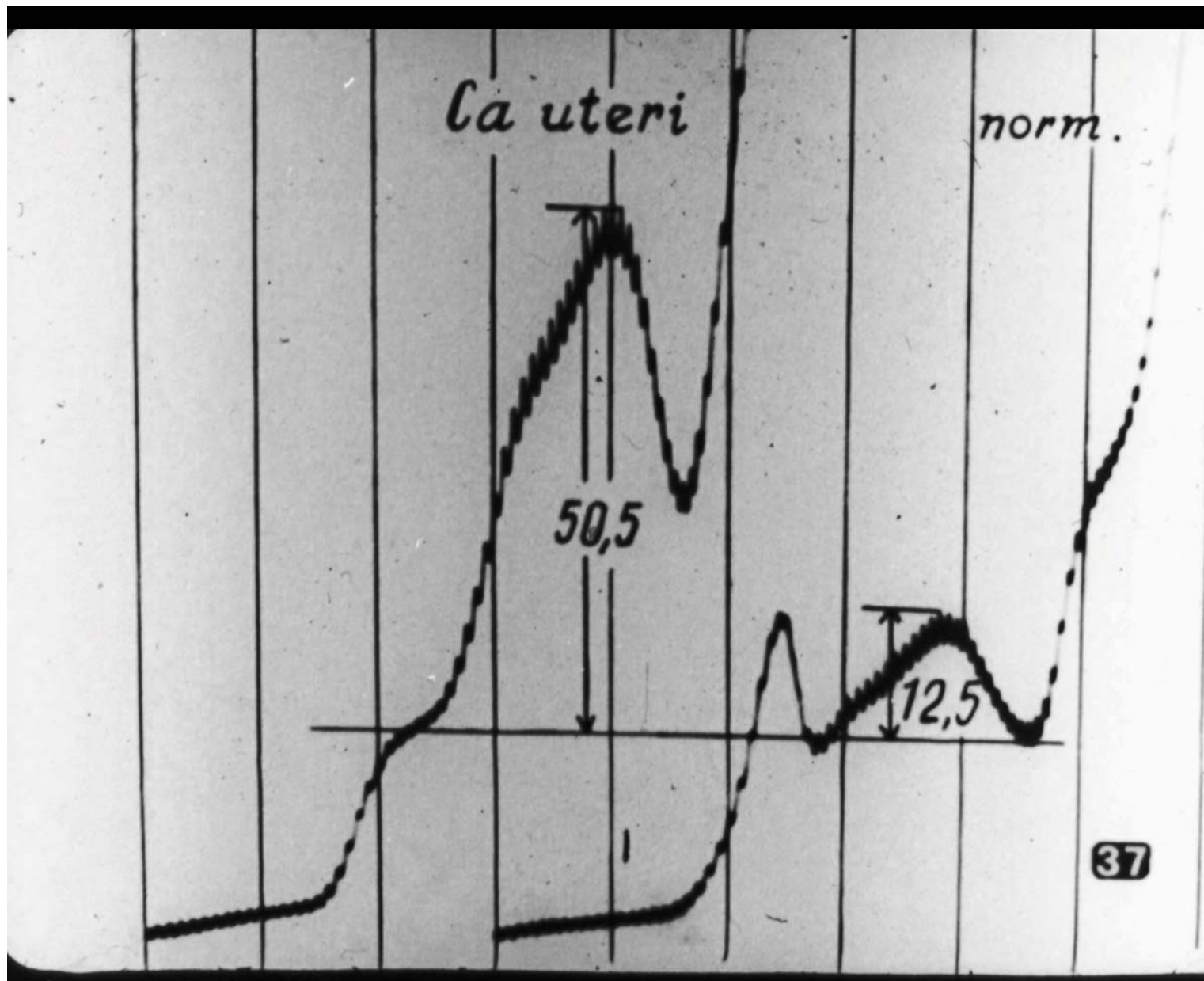
**Obraz 35.**

Použití polarografií lze rozdělit do dvou skupin. Je to především její využití při chemických rozborech, kdy tato metoda co do citlivosti a přesnosti předstihuje ve většině případech metody ostatní.



**Obraz 36.**

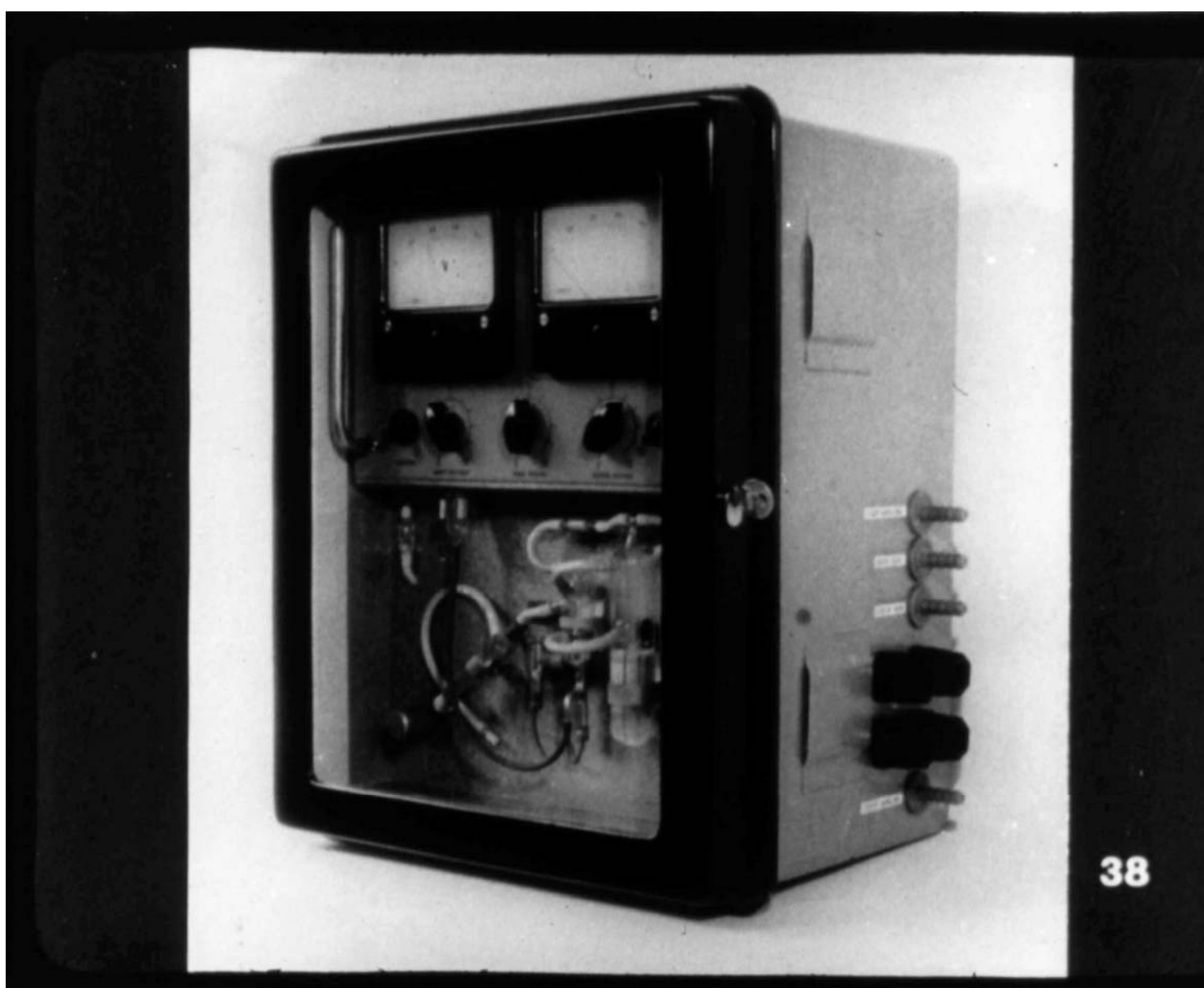
Za použití speciálních mikronádobek lze např. provádět polarografickou analýzu v objemu odpovídajícím jedné desetíně obyčejné kapky roztoku a v ní lze stanovit množství zkoumané látky, pohybující se kolem jedné stamilióntiny gramu. Analytické použití polarografie zasahuje do všech oborů průmyslu, kde je třeba chemické analýzy, do biologie, farmacie a lékařství.



**Obraz 37.**

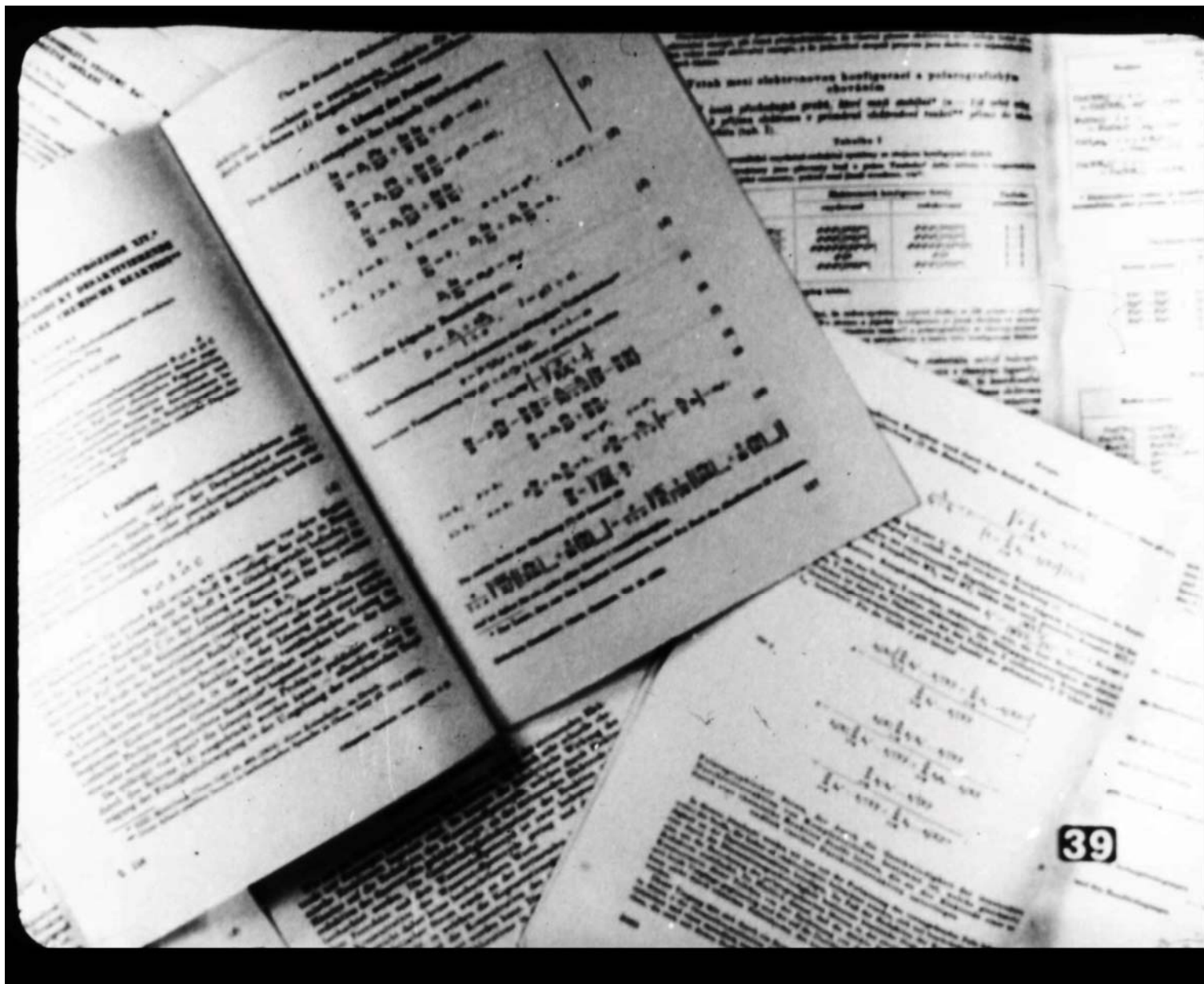
V lékařství se mimo jiné polarografie uplatňuje tzv. Brdličkovou reakcí, při níž se zkoumá složení bílkovin v krevním séru a jiných tělních tekutinách. Výsledků těchto rozborů se pak používá převážně k účelům diagnostickým, např. při diagnóze rakoviny. Na obrázku vlevo je polarografická křivka získaná při Brdličkově reakci u pacienta postiženého rakovinou, vpravo u zdravého člověka.





**Obraz 38.**

Do skupiny analytických využití polarografie patří ještě velmi důležitý obor polarografických dlouhodobých analyzátorů. Jsou to přístroje, které automaticky sledují množství určité látky v plynulém výrobním procesu a popřípadě ve spojení s vhodným zařízením automaticky kontrolují chod výrobní linky. Tyto analyzátory nalézají stále větší uplatnění při automatizaci v průmyslu. Na obrázku je automatický analyzátor, jakého se používá ke stanovení kyslíku ve spalných plynech.



**Obraz 39.**

Do druhé skupiny patří uplatnění polarografie při řešení čistě vědeckých problémů, jako je studium mechanismu elektrovedných dějů, sledování velmi rychlých chemických reakcí, určování struktury chemických sloučenin a další. Polarografie se tak stala novou účinnou pomůckou člověka k odhalování zákonitostí přírody a jejich využívání ve prospěch lidstva.



**Obraz 40.**

Československá vláda vynikající dílo objevitele polarografie po zásluze odměnila: v r. 1952 přijal akademik Heyrovský z rukou presidenta Antonína Zápotockého státní cenu Klementa Gottwalda I. stupně za vypracování oscilopolarografické metody.



**Obraz 41.**

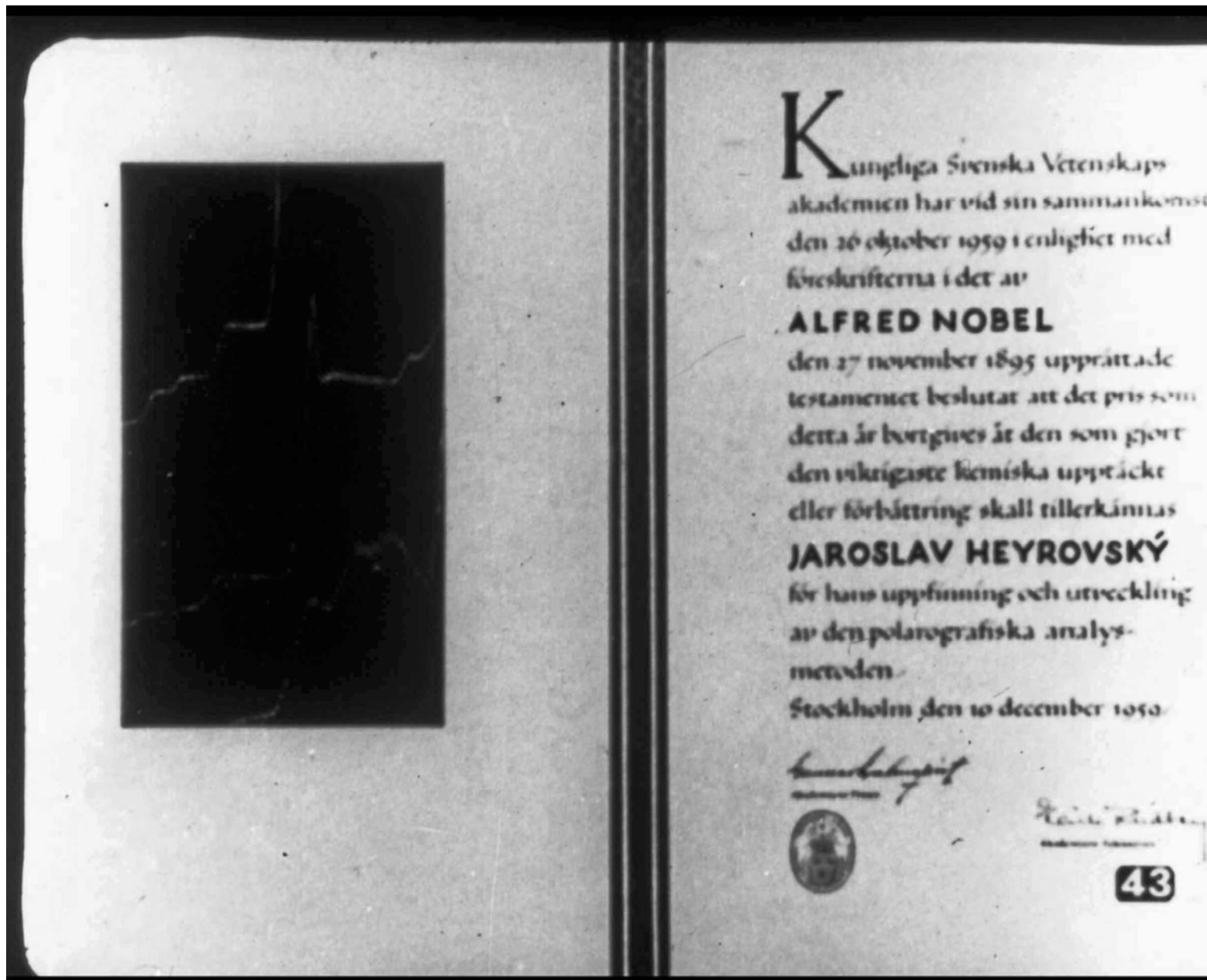
Jeho celoživotní dílo bylo pak v r. 1955 odměněno Řádem republiky, který mu byl udělen za mimořádné zásluhy o rozvoj čsl. vědy.



**Obraz 42.**

K těmto vysokým vyznamenáním československým se pak v roce 1959 připojila nejvyšší pocta mezinárodní, jakou může vědec dosáhnout. Akademiku Heyrovskému byla jako prvnímu čechoslováku udělena Nobelova cena za objev a rozvinutí polarografické analytické metody. Na obrázku je slavnostní akt udělování nobelových cen, ve kterém akademik Heyrovský přijímá diplom a zlatou medaili u rukou švédského krále Gustava Adolfa VI.

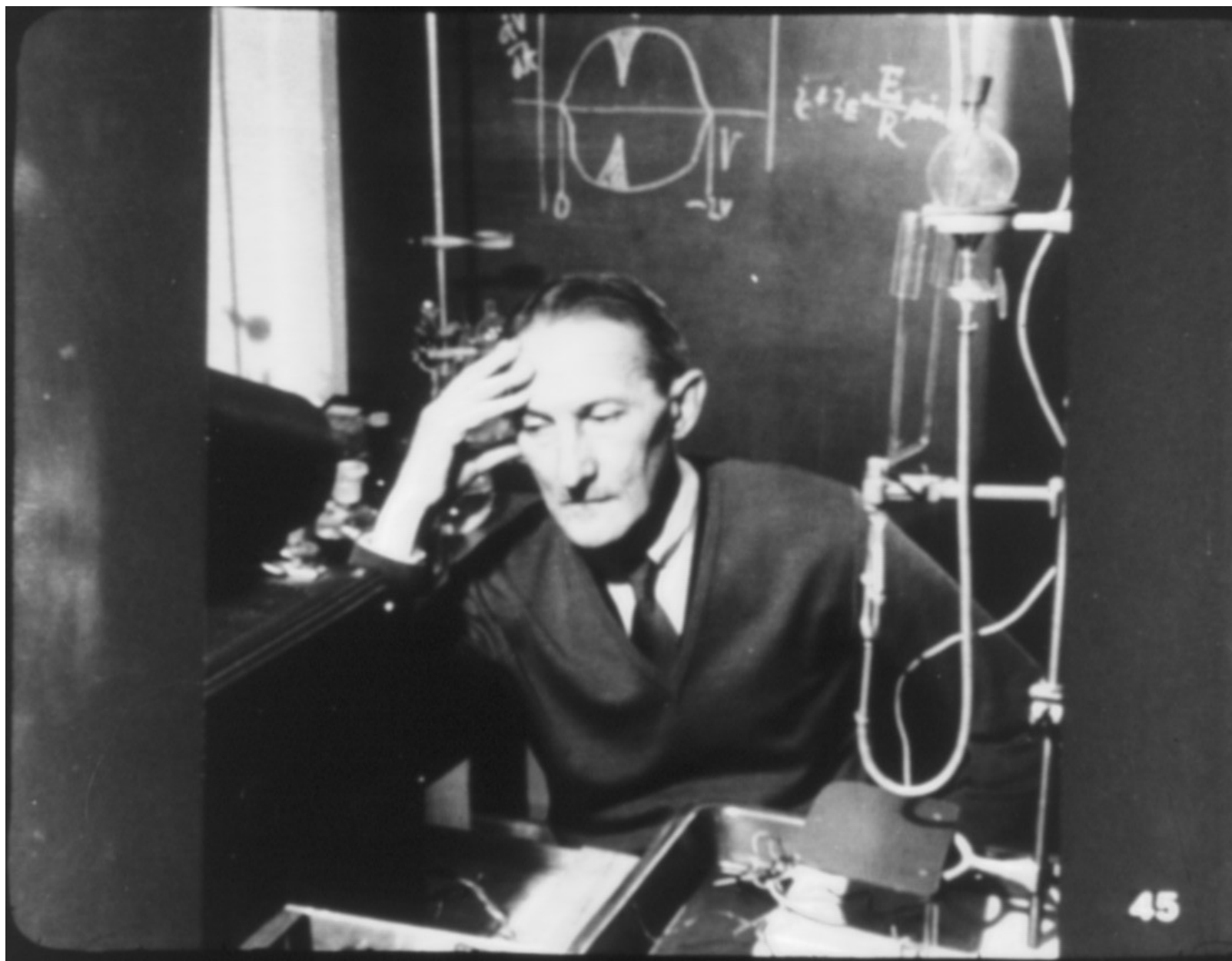




Obraz 43, 44.

Další dva obrázky ukazují diplom a zlatou medaili – odznaky nositele Nobelovy ceny.





**Obraz 45.**

Jaroslav Heyrovský vždy vynikal skromností, neúnavnou pracovitostí a vědeckým zanícením. Za tyto vlastnosti, kterými dal našim mladým pracovníkům příklad, jakož i za jeho dílo, které tak významným podílem přispělo k rozvinutí naší vědy a proslavilo ji po celém světě, patří mu díky všeho našeho lidu.



Konec