

# **XXIII. ZBORNÍK DEJÍN FYZIKY**



**12. Medzinárodný  
seminár  
dejín  
fyziky**

**Trenčianske Teplice 22.– 24. 9. 2005**

BRATISLAVA  
2006

SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ PRE DEJINY VIED A TECHNIKY  
PRI SAV

ODBORNÁ SKUPINA DEJÍN A METODOLÓGIE FYZIKY SFS

## **XXIII. ZBORNÍK DEJÍN FYZIKY**

MESDEF 2005

12. Medzinárodný seminár z dejín fyziky

Trenčianske Teplice 22. – 24. 9. 2005

BRATISLAVA 2006

Na vydanie pripravili:           Miroslav Tibor MOROVICS  
                                          Ingrid HYMPÁNOVÁ

Recenzovali:                       Prof . RNDr. Ján CHRAPAN, DrSc.  
                                          Ing. Eva SKOČEKOVÁ

Na organizovaní seminára a na vydaní zborníka sa podieľali:

Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky pri SAV  
Slovenská fyzikálna spoločnosť pri SAV  
Jednota slovenských matematikov a fyzikov  
Historický ústav SAV, oddelenie dejín vied a techniky

© Autori a Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky pri SAV

**ISBN 80-969508-0-0**  
**EAN 9788096950805**

*Zborník venujeme pamiatke nášho kolegu a priateľa*

*RNDr. Alberta Hlaváča*

*vzácneho človeka,*

*oddaného a nadšeného podporovateľa myšlienky  
MESDEF-u a bádania v oblasti dejín fyziky.*



## OBSAH

Predslov .....	7
FERENCOVÁ, Elena: <i>RNDr. Albert Hlaváč. (* 7. 11. 1919 Chynorany – † 6. 6. 2005 Bratislava)</i> .....	9
ŠTEFL, Vladimír: <i>K určování dráhy Saturna v geocentrické a heliocentrické soustavě</i> .....	13
RANDA, Miroslav <i>Josef František Smetana</i> .....	23
MAČÁK, Karel <i>Christian Doppler a výuka teorie pravdepodobnosti v českých zemích</i> .....	35
KOLOMÝ, Rudolf <i>Počátky studia elektromagnetických jevů. Vznik Ampérovy elektrodynamiky</i> .....	49
MOROVICS, Miroslav Tibor <i>Snahy o aplikáciu elektromagnetických javov v diele Š. A. Jedlika</i> .....	67
HUBEŇÁK, Josef <i>Od uhlíkové žárovky k moderním zdrojům světla</i> .....	95
ŠPERKA, Andrej: <i>Zlato a striebro v historicko–fyzikálnej dizertácii o uhorských baniach z roku 1714</i> ..	103
HYMPÁNOVÁ, Ingrid: <i>Galileo Galilei a legenda šikmej veže</i> .....	115
JEDINÁK, Dušan: <i>Johannes Kepler—presvedčený o harmónii sveta</i> .....	119
FERENCOVÁ, Elena – KUKUROVÁ, Elena: <i>Uhorský Hippokrates Otto Karol Moller</i> .....	123
MEŠTEROVÁ, Jana <i>Ernest Florens Fridrich Chladný – Chladni</i> .....	127
MOROVICS, Miroslav Tibor <i>Chladniho obrazce v Antolikovom podaní</i> .....	133
SUJA - ŽIAK, Július: <i>Prof. RNDr. Ján Fischer – fyzik a pedagóg</i> .....	141
DUŠÁTKO, Drahomír: <i>Nadmořské výšky a výškové systémy ve fyzikálním prostoru Země</i> .....	147
Adresy autorov príspevkov .....	159
MESDEF 2005 – zoznam prednesených príspevkov .....	160
Materiály OS DMF .....	161



Účastníci MESDEF-u 2005  
na terase Domova Speváckeho zboru slovenských učiteľov v Trenčianskych Tepliciach

**PREDSLOV**

Zborník obsahuje príspevky z 12. ročníka Medzinárodného seminára z dejín fyziky, (MESDEF-u) ktorý sa konal v dňoch 22. – 24. septembra 2005 v Trenčianskych Tepliciach v Domove Speváckeho zboru slovenských učiteľov. Jednotlivé ročníky MESDEF-u sú pokračovaním tradície založenej ešte v roku 1984 Letnou školou dejín fyziky v Dedinkách. Sú výsledkom spolupráce i živých kontaktov medzi českými a slovenskými odborníkmi s aktívnym záujmom o dejiny svojho odboru. Väčšina z nich sa venuje problematike dejín z entuziazmu a na úkor vlastného voľného času, nie v rámci hlavnej pracovnej činnosti. Prednášky na seminár a príspevky do nášho zborníka pripravujú bez nároku na autorský honorár alebo na inú formu odmeny. Sú motivovaní len úprimným záujmom o disciplínu, ktorá v našich podmienkach má len minimálnu inštitucionálnu podporu. Radi by sme sa na tomto mieste poďakovali všetkým autorom a prednášateľom podujatia, ktoré dúfame obohatí našu historiografiu zaujímavými príspevkami.

12. ročník MESDEF-u sme začínali netradične – minútu ticha za blízkym priateľom a jedným z najpravidelnejších účastníkov podujatia, RNDr. Albertom Hlaváčom. Patril k tým, ktorí myšlienku seminárov a zborníkov dejín fyziky oddane podporovali od samého začiatku. Bol pravidelným prispievateľom v rámci našej edície a vždy nás nadšene nabádal, aby sme v organizovaní seminárov a vo vydávaní zborníkov pokračovali. Predovšetkým jeho zásluhou vznikli dve vydania biografickej príručky *Matematici, fyzici a astronómovia na Slovensku*, po ktorej pravidelne siahame pri svojej práci a ktorú kladne prijala celá vedecká obec na Slovensku. Záslužnému životu a dielu RNDr. Alberta Hlaváča je v zborníku venovaný osobitný príspevok, ale jeho pamiatke venujeme celý tento zväzok. Nech je ďalšou vetvou symbolického stromu, ktorý Albert Hlaváč s takou láskou opatroval.

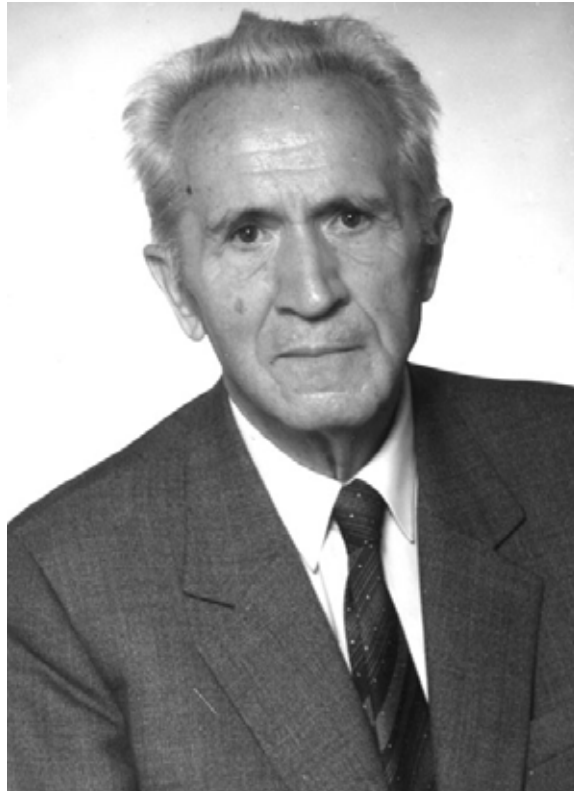
*Editori*





## **RNDR. ALBERT HLAVÁČ**

(\* 7. 11. 1919 Chynorany – † 6. 6. 2005 Bratislava)



Narodil sa 7. novembra 1919 v Chynoranoch. Pochádzal z mnohopočetnej maloroľníckej rodiny (9 detí). Prostredie, v ktorom vyrastal a doba, v ktorej žil, ho vyformovali ako osobnosť a celý svoj aktívny život venoval učiteľskému povolaniu.

Pedagogické štúdium absolvoval na Pedagogickej fakulte Vysokej školy Slovenskej univerzity, špecializáciu matematika - fyzika pre 6. – 8. postupný ročník v Bratislave v roku 1956. Ďalšie štúdium absolvoval na Fakulte prírodných vied UK v Bratislave v roku 1963, odbor fyzika – matematika, učiteľstvo pre školy II. cyklu. Titul RNDr. získal v roku 1970 v odbore „Teória vyučovania fyziky“.

Po skončení štúdia začal učiť na ZDŠ v Doľanoch, Kaplne a Devínskej Novej Vsi, kde pôsobil 9 rokov, odtiaľ odchádza do Vajnor, kde bol 2 roky riaditeľom ZDŠ. Po dvojročnom pôsobení bol preložený na Strednú pedagogickú školu do Bratislavy. Po jej zrušení krátky čas pôsobil na Gymnázium v Petržalke. Bol spoluzakladateľom 11-ročnej SVŠ Ivana Horvátha v Bratislave, kde pôsobil ako zástupca riaditeľa a istý čas ako riaditeľ. Po odchode do dôchodku pôsobil ešte na ZDŠ na Drieňovej ulici v Bratislave a na ZDŠ Dolné Hony v Bratislave. Učiteľ a gymnaziálny profesor fyziky, múdry, rozvážny, zodpovedný, pracovitý, vždy ochotný poradiť, pomôcť nielen študentom, ale i kolegom a priateľom.

V roku 1962 sa stal členom Jednoty slovenských matematikov a fyzikov (JSMF). Od roku 1969 – 1973 bol podpredseda pobočky JSMF Bratislava 1, v rokoch 1973 – 1981 podpredseda pobočky JSMF Bratislava 2, v rokoch 1981 – 1987 predseda pobočky B 2 (Bratislavská fyzikálna pobočka), v r. 1987 – 90 podpredseda pobočky B 2. JSMF mu udelila zjazdové vyznamenania: *Pedagogické vyznamenanie JSMF I. stupňa 1972*, *Čestne uznanie JSMF 1978*, *Zaslúžilý člen JSMF 1984*, *Čestný člen JSMF 1990*. K 60. narodeninám dostal *Striebornú medailu JSMF (1979)*. Od r. 1978 bol trvale členom ÚV JSMF, predsedom Komisie pre históriu fyziky na Slovensku, pracoval v Odbornej skupine pre dejiny JSMF a Odbornej skupiny pre dejiny Fyziky pri FVS . Bol členom Komisie pre zjazdové vyznamenania JSMF a členom skupiny pre rozvíjanie družby so sesterskými maďarskými organizáciami v Šoproni. Od roku 1974 bol členom „Terminologickej komisie Ústavu teórie merania SAV“.

24 rokov vykonával funkciu fakultného učiteľa fyziky pre poslucháčov Prírodovedeckej fakulty UK a MFF UK. Pre Slovenské pedagogické nakladateľstvo (SPN) Bratislava a Výskumný ústav pedagogický (VÚP) vypracoval vyše 20 recenzií učebníc fyziky pre rôzne typy škôl a dva preklady učebníc z češtiny do slovenčiny (Fyzika pre 9. roč. ZŠ a Základy dopravy). Ministerstvo školstva mu v r. 1967 udelilo titul „*Vzorný učiteľ*“.

9.1.1996 mu primátor hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislava Peter Kresánek udelil *Cenu roka 1996* s nasledovným odôvodnením:

- za 30 ročnú pedagogickú činnosť na bratislavských stredných a vysokých školách, kde svojimi znalosťami v odbore fyziky a svojimi osobnostnými hodnotami obohatil stovky svojich žiakov
- za vedecko-náučnú publicistiku v odbore fyziky, ktorou prispel do pokladnice nášho spoločného vedomostného bohatstva.

Albert Hlaváč je autorom nasledujúcich odborných publikácií:

***Dr. Ivan Branislav Zoch a jeho storočná Physika*** (SPN, Bratislava 1972, náklad 1 850 výtlačkov). SPN ju vydalo ako účelový náklad a rozposlalo do školských knižníc základných a stredných škôl na Slovensku.

***Bojíte sa blesku ?*** (ALFA, Bratislava 1986) v náklade 9 000 výtlačkov ako populárno-vedeckú knihu. Jej ruský preklad ***Molnija i čelavjek*** ( vyšla v ruskom preklade v Kazachstane v Alma Ate v roku 1989 v náklade 50 000 výtlačkov).

***Desať vetiev slovenského fyzikálneho prúdu v druhej polovici minulého storočia*** ( Slovak Academic Press (SAP), Bratislava 1994, ISBN 80-85665-27-1).

***Andrej Radlinský*** (Spolok svätého Vojtech, Trnava 1994).

Ako predseda redakčnej rady sa zaslúžil o vydanie monografií ***Matematici, fyzici a astronómia na Slovensku*** (JSMF, Bratislava 1995, ISBN 80-967454-0-9), ***Matematici, fyzici a astronómia na Slovensku II.*** (JSMF, Bratislava 1999, ISBN 80-968253-0-5), ktorá bola značne rozšírená a zahŕňala 255 osobností slovenských matematikov, fyzikov a astronómov. Ďalšie jeho práce sú obsiahnuté v rôznych zborníkoch a časopisoch, predovšetkým v zborníkoch Medzinárodného seminára dejín fyziky (MESDEF), ktorého sa pravidelne zúčastňoval. Bol aktívnym prispievateľom článkov do časopisov Pokroky matematiky, fyziky a astronómie, Rozhledy matematiky a fyziky, Obzory matematiky fyziky a informatiky. Príležitostne publikoval aj v maďarských fyzikálnych časopisoch v Budapešti (napr. pri 140. výročí narodenia I. B. Zocha).

## Zo spomienok RNDr. Alberta Hlaváča

„ Počas pedagogického štúdia v Bratislave som navštevoval medzi inými aj prednášky prof. RNDr. J Chrapána, st. Raz ma zaujala jeho zmienka, že Dr. Ivan Branislav Zoch už v r. 1869 vydal v Skalici prvú slovenskú učebnicu fyziky pre stredné školy. Túto učebnicu napísal z veľmi pragmatických dôvodov ako profesor jedného z troch slovenských gymnázií v Uhorsku, na Gymnázium vo Veľkej Revúcej. Až keď som pôsobil na gymnázium napadlo ma pozrieť sa na túto učebnicu fyziky bližšie a vyhládal som ju v knižnici. Bol som prekvapený jej vysokou úrovňou. Až neskôr som si štúdiom potvrdil, že je to prirodzený výsledok práce I. B. Zocha ako veľmi schopného človeka a pedagóga, ktorý absolvoval univerzitné štúdium v Erlangene a Nemecku. V záujme obnovy duševných síl som sa rozhodol napísať prvú rozsiahlejšiu prácu, a to práve o I. B. Zochovi a jeho Fyzike. Práca utešene narastala, ani som sa nenazdal, bolo textu dobrých 200 strán. A čo s tým ?

Zašiel som za prof. RNDr. J. Vanovičom, či by to nepozrel a neporadil. A on na to: „nechajte to tu, prídte tak o dva týždne...“ Keď som ho teda po dvoch týždňoch opäť navštívil, zazrel som svoj rukopis ležať na stole. Na papierovej predlohe k trojstrannej prílohe, ktorá pojednávala o mierach a váhach za čias I. B. Zocha, bola poznámka: Toto do dizertačnej práce nepatrí! Ani sa mi nesnívalo, že by z mojej prvotiny mohla byť dizertačná práca. Ale prof. išiel na vec rázne:

„Máte viac exemplárov svojej práce?“

„Áno“

„Nechajte ich zviazať a pripravte sa o mesiac na obhajobu dizertačnej práce“.

Dizertačnú prácu som obhajoval pred trojčlennou komisiou, v ktorej boli fyzici Prof. RNDr. S. Usačev, DrSc., prof. RNDr. J. Fischer a doc. J. Chovan. Pravdivo som uviedol dôvody, že na začiatku to bola iba prostá zvedavosť, závan možno prechodného záujmu. Ale nečakaný, prekvapujúci príjemný dojem, akých schopných pedagógov sme mali v minulosti, spôsobil, že tento „rozmar“ prerástol v dôkladné štúdium života a práce I. B. Zocha. Obhajoba bola úspešná.

Doktorátom sa skončila jedna kapitola môjho života i literárneho snaženia. Prekvapeniam, o ktoré sa zaslúžil Prof. RNDr. J. Vanovič, však nebol ešte koniec. Prof. RNDr. J. Vanovič zariadil, že Povereníctvo školstva SNR objednalo v pedagogickom nakladateľstve knižné vydanie mojej práce v náklade 2 000 exemplárov, ktoré bolo na základe poskytnutého adresára expedované do skladu Slovenskej knihy v Krasňanoch po dva kusy do rôznych stredných škôl po celom Slovensku. Táto kniha má názov „**Dr. Branislav Zoch a jeho storočná Physika**“ (SPN, Bratislava 1972, náklad 1 850). Dostal som aj honorár.

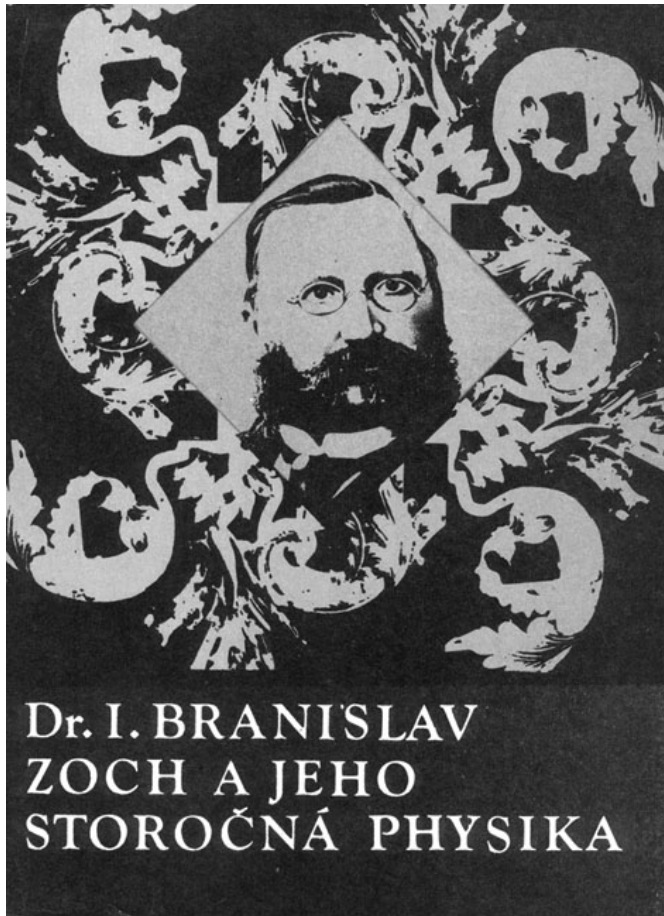
Toto je moje svedectvo o ľudskej veľkosti prof. RNDr. J. Vanoviča, na ktorého budem vždy spomínať a som presvedčený, že podobne ušľachtilo sa v živote zachoval mnoho ráz.

RNDr. Albert Hlaváč zomrel 6.júna 2005 v Bratislave.

Elena Ferencová.

## Literatúra:

CUDZIŠ, F.: RNDr. Albert Hlaváč spomína. Myšlienky a fakty č. 4, 1999.



DESAŤ VETIEV  
SLOVENSKEHO  
FYZIKÁLNEHO STROMU  
v druhej polovici minulého  
storočia

RNDr. ALBERT HLAVÁČ

## K URČOVÁNÍ DRÁHY SATURNA V GEOCENTRICKÉ A HELIOCENTRICKÉ SOUSTAVĚ

VLADIMÍR ŠTEFL

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky Přírodovědecké fakulty MU, Brno, ČR

„I know, that I am mortal by nature, and ephemeral;  
but when I trace at my pleasure the windings to and fro of the heavenly bodies.  
I no longer touch Earth with my feet.  
I stand in the presence of Zeus himself and také my fill of ambrosia; food of the gods.”

„Že jsou mé dny sečteny a že jsem smrtelný, vím.  
Ale když v myšlenkách dychtivě a neustále pozoruji dráhy hvězd,  
tehdy se již nedotýkám Země. Za stolem Dia popíjím ambrosii, nápoj bohů.“

*C. Ptolemaios, Almagest*

### ABSTRACT

#### To determination of Saturn's orbit after geocentric and heliocentric system

*Ptolemy showed in Almagest, how to convent specific observational data into numerical parameters of his geocentric planetary model, and with help of model constructed tables planetary positions for any given time, past or future. According to Copernicu's heliocentric model the planets had to revolve around the Sun. The contribution contains the results of historical reconstruction determination of Saturn's orbit after Ptolemy's Almagest and De Revolutionibus of Copernicus. Both books are full of mathematical considerations and arguments.*

### 1. Geocentrická soustava

Výklad první kapitoly se nezabývá detaily, je spíše zaměřen v souladu se samotným Almagestem na obecné postupy používané **Ptolemaiem** při určování dráhy Saturna.

Již astronomové starověkého Babylónu v pohybu Saturna na obloze pozorovali nerovnoměrnosti - anomálie. Jejich kinematickým studiem se začali systematicky zabývat až antičtí astronomové. Rozeznávali dvě anomálie, první z nich je tzv. **zodiakální anomálie**, zachycující nerovnoměrný pohyb planety podél různých znaků zodiaku.

V důsledku nerovnoměrnosti pohybu planeta Saturn urazila na své dráze, dnes víme že eliptické, za stejné časové intervaly rozdílné úseky. Proto byla sledována a analyzována změny rychlosti středního pohybu planety v závislosti na ekliptikální délce.

Druhou a mnohem nápadnější anomálií pohybu Saturna bylo vykonávání zdánlivých zpětných smyčkovitých pohybů podél ekliptiky proti základnímu přímému pohybu východním směrem. Jak objasnil až **Koperník**, tento jev je důsledkem pozorování planety ze Země, která obíhá kolem Slunce, hovoříme o tzv. **sluneční anomálii**.

Detailně obě anomálie studoval v *Almagestu* **Ptolemaios**, snažil se je vyložit v rámci geocentrické soustavy. Teorie pohybu planet v délce je podávána v deváté až dvanácté knize, pohybem Saturnu se explicitně zabývají kapitoly:

- 11.5. Určování excentricity a polohy apogea Saturna
- 11.6. Určování velikosti epicyklu Saturna
- 11.7. Oprava periodických pohybů Saturna
- 11.8. O době periodických pohybů Saturna
- 12.2. Určování zpětných pohybů Saturna.

Stanovení dráhových parametrů Saturna je věnována převážně druhá polovina jedenácté knihy. **Ptolemaios** v ní využil stejnou metodu jako při výkladu pohybu Marsu v sedmé kapitole desáté knihy a Jupitera v první kapitole jedenácté knihy. Určil velikost excentricity a délky apogea deferentu, po kterém se přemísťuje střed epicyklu. Protože je kružnice určena třemi body, **Ptolemaios** použil tři pozorovací údaje ekliptikálních délek planet a jim odpovídající časové intervaly mezi jednotlivými pozorováními. Z tabulek středních pohybů planet našel odpovídající přírůstky ekliptikálních délek.

Při tvorbě modelu pohybu planet vycházel **Ptolemaios** z představy, že pohyb v délce zachytíme prostřednictvím pohybu středu epicyklu po excentru, pohyb v anomálii jako pohyb planety po epicyklu.

Dalším postupným krokem bylo vyjádření modelu vhodnými numerickými hodnotami parametrů k co nejpřesnějšímu zachycení pozorovacích údajů u planet, v našem případě u Saturna.

K určení úhlových rychlostí pohybu planet po epicyklech a rychlostí pohybu středů epicyklů (středních planet) po deferentech **Ptolemaios** využil dlouhodobých pozorovacích údajů planet jak vlastních, tak svých astronomických předchůdců.

Výsledkem propočtů bylo získání vztahu mezi počtem synodických oběžných dob Saturnu a počtem úplných period přesunu planety na pozadí na hvězd, tj. počtem siderických oběžných dob. Pro Saturn **Ptolemaios** obdržel, že:

$$57 \text{ synodických oběžných dob} = 59 \text{ roků} + 1 \frac{3}{4} \text{ dne} = \text{dvě siderické oběžné doby} + 1^{\circ} 43'.$$

Při zanedbání menších hodnot získal pro synodickou oběžnou dobu  $S = 59/57$  roků, tedy 378,07 dne. Touto hodnotou byla určena střední rychlost pohybu planety po epicyklu -  $0,952^{\circ}$ , tedy  $0^{\circ} 57' 7'' 43'''$  za den.

Z jakých pozorování **Ptolemaios** vycházel? V *Almagestu* je zmiňováno pět pozorování Saturna, první čtyři prováděl sám, páté neznámý babylónský pozorovatel.

Pozorování	Místo	Ekliptikální délka	Datum
P1	Alexandrie	181 ° 13′	26. března 127 n. l.
P2	Alexandrie	249 ° 40′	3. června 133 n. l.
P3	Alexandrie	284 ° 14′	8. července 136 n. l.
P4	Alexandrie	309 ° 4′	22. prosince 138 n. l.
P5	Mezopotámie	159 ° 30′	1. března 228 př. n. l.

První tři údaje zachycují polohu v opozici planety, úvodní z nich je noční pozorování astrolábem, zatímco dvě další odpovídají denní době. Obě ekliptikální délky **Ptolemaios** odvodil interpolací mezi předcházejícím a následujícím nočním pozorováním, která však nejsou explicitně zmiňována. Další - čtvrté pozorování je opět noční prováděné astrolábem.

Jak **Ptolemaios** postupoval při stanovení opozice Saturna? Na základě předběžného propočtu získal představu o tom, kdy opozice nastupuje. V určitém čase do jejího nástupu proměřil ekliptikální délku planety, vypočítal střední délku Slunce v okamžiku pozorování a našel elongaci planety. Pokud byl dostatečně přesný při pozorováních a výpočtech, planeta se ještě v opozici nenacházela. Proto prováděl další pozorování, až se přesvědčil, že planeta opozicí prošla. Z časových údajů pozorování před a po opozici interpolací zjistil přesný čas skutečné opozice.

Poslední páté pozorování sloužilo **Ptolemaiovi** k testu správnosti teorie, ke korekci, proto zvolil časově vzdálený údaj o poloze Saturna. Využil pozorování babylonského pozorovatele, podle kterého se planeta večer 1. března 228 př. n. l. nacházela dvě jednotky jižně od hvězdy  $\gamma$  Virginis, jednotka (palec) byla 1/12 stupně, tedy 5′. Pomocí známých souřadnic této hvězdy **Ptolemaios** určil ekliptikální délku planety Saturna. Proto je sedmá kapitola jedenácté knihy *Almagestu*, využívající popsané páté pozorování, nazývána korekční.

Shrnuto model pohybu Saturna a dráhy planety, prezentované v *Almagestu*, vycházely ze čtyř pozorování, které pokrývaly pouze 35 % z celkové oběžné doby, tedy asi 10,5 roku. Je možné i pravděpodobné, že **Ptolemaios** měl k dispozici více pozorovacích údajů, ale vybral pouze čtyři, které byly nejvhodnější k výpočtu dráhových parametrů.

**Ptolemaiovův** model pohybu Saturna, zachycující jeho dráhu, položil základy kinematiky této planety, umožňoval propočítat pro libovolný časový okamžik střední ekliptikální délku.



Tables of mean motions in longitude and anomaly of the five stars							Anomaly at epoch: $34^{\circ} 2'$							
Saturn: Eighteen-year periods Longitude at epoch: $260^{\circ} 43'$							Apogee at epoch: Scorpio $14^{\circ} 10'$							
18's Degrees of Longitude							Degrees of Anomaly							
18	220	1	10	57	9	4	30	135	36	14	39	11	30	0
36	80	2	21	54	18	9	0	271	12	29	18	23	0	0
54	300	3	32	51	27	13	30	46	48	43	57	34	30	0
72	160	4	43	48	36	18	0	182	24	58	36	46	0	0
90	20	5	54	45	45	22	30	318	1	13	15	57	30	0
108	240	7	5	42	54	27	0	93	37	27	55	9	0	0

Tabulky poloh Saturna v Almagestu z 9. století, dole překlad první části tabulek.

## 2. Heliocentrická soustava

Podle **Koperníka** Saturn s ostatními planetami obíhá kolem Slunce. Výklad pozorovaného pohybu planet **Koperník** rozlišuje u planet vnitřních a vnějších, odlišným způsobem vypočítává jejich dráhové parametry. Je zajímavé, že na rozdíl od Ptolemaia, začíná výklad právě planetou Saturn.

V případech planet uvažoval **Koperník** vliv oběžného pohybu Země na pozorované změny poloh planet, v první knize *Oběhů* uvádí: „*A tak já při tom uspořádání pohybů, které Zemi ve svém díle připisuji, jsem konečně po mnohém a dlouhém pozorování shledal, že jestliže se pohyby ostatních planet přenesou na oběh Země a to se stane základem pro oběh kterékoliv planety, nejen že tak vyjdou jejich zdánlivé pohyby, ale i pořadí a velikosti všech planet a sfér a celé nebe se tak dokonale navzájem propojí, že v žádné jeho části není možno cokoliv přemístit, aniž by se uvedly v nepořádek všechny ostatní části a celý svět.*“

V úvodu páté knihy píše: „*Do jejich pořadí a do velikosti jejich sfér vnáší pohyb Země jistou symetrii a obdivuhodný soulad, jak jsem to vcelku vysvětlili v první knize... Planety mají v délce dva navzájem velmi odlišné pohyby. Jeden vzniká pohybem Země, jak jsem vzpomenuli, druhý je vlastním pohybem každé z nich.*“

Na vybraných ukázkách úvah ukážeme postup **Koperníka** při určování některých dráhových parametrů u Saturna (vzdálenosti středů drah Země a Saturna, bodů perigea a apogea označených na průměru dráhy planety, procházejícím přes střed dráhy Země).

**Koperník** nejprve využil pozorovacích údajů opozicí Saturna **Ptolemaia** z doby vládnutí císaře Hadriána (26. března 127, 3. června 133, 8. července 136), analyzuje je v páté kapitole páté knihy *Oběhů*. S výsledky porovnání modelu pohybu a propočítaných poloh Saturna nebyl spokojen, v úvodu šesté kapitoly konstatuje: „*Protože se výpočet pohybu Saturna, jak ho uvádí Ptolemaios, v našich časech značně odchyluje a nemůžeme zjistit, kde je chyby skryta, přivedlo nás to k tomu, abychom provedli nová pozorování, ze kterých jsme opět dostali tři opozice Saturna.*“

Při zpracování těchto pozorování **Koperník** vycházel z toho, že v okamžiku opozice je vliv polohy Země na pozorovanou polohu planety minimalizován, což vyjadřuje takto: „*v okamžiku, kdy bude planeta v opozici se Sluncem, bude na spojnici středního pohybu Slunce, kdy je zbavena veškeré různosti.*“

„*protože planeta v opozici k Slunci jakoby vstupovala do přímky středního pohybu Slunce, přitom vymizí všechny odchylky, které pocházejí od pohybu Země. Tyto polohy planet jsou určovány pomocí astrolábu. Přitom je třeba vypočítat polohu Slunce, dokud není jisté, že planeta přešla do polohy, která je Slunci protilehlá.*“

Nejprve **Koperník** hovoří o opozici vzhledem k Slunci, následně upřesňuje, že jde o přímku, zachycující střední pohyb Slunce, tak jakoby se Slunce nalézalo ve středu dráhy Země a zdánlivě se rovnoměrně přesouvalo po ekliptice.

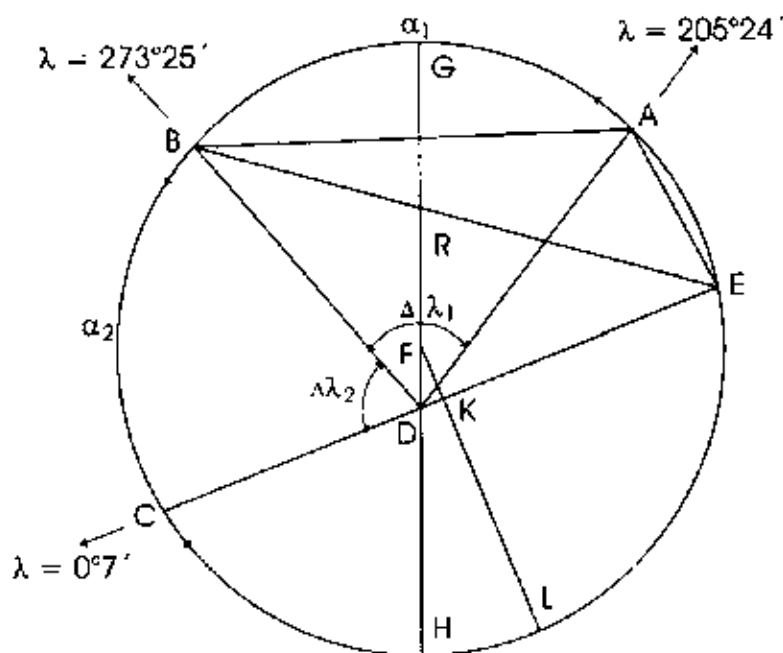
V dalších úvahách **Koperník** již nevyužíval střední Slunce. Místo něho jak v textu tak na obrázcích je použit střed dráhy Země, který je vztažným bodem pro všechny dráhy planet. Dráhu považuje za excentrickou, jestliže její střed není shodný se středem sféry Země. Zemská dráha je rovněž excentrická, protože její střed není shodný se středem sféry Země.

**Koperník** předpokládal, že planety se pohybují v rovině ekliptiky a k určení jejich polohy postačuje ekliptikální délka, úhlová vzdálenost stanovená od zvolené hvězdy  $\gamma$  Ari – Mesarthim, jejíž délku položil **Koperník** rovnou nule. Připomínáme, že u **Ptolemaia** počátek odečtu ekliptikálních délek se nacházel v bodě jarní rovnodennosti.

Čas tří pozorování opozice Saturna **Koperníkem** a jejich časový rozdíl  $\Delta T$  jsou vyjádřeny v egyptských rocích, po 365 dnech, jsou uvedeny v následující tabulce

T	$\Delta T$	$\alpha = u \cdot \Delta T$
1514, 5. května, 23 hodin ...	$205^{\circ} 24'$	
	6,1933 e.r.	$\alpha_1 = 75^{\circ} 39'$
1520, 14. července, 12 hodin...	$273^{\circ} 25'$	
	7,2459 e.r.	$\alpha_2 = 88^{\circ} 29'$
1527, 10. října, 6. hodin 24 minut...	$0^{\circ} 7'$	

Rozdíl časů  $\Delta T$  se snažil vyjádřit prostřednictvím stupňů úhlové dráhy  $\alpha$ . Pro jejich výpočet používal **Koperník** jím vypočítané tabulky pohybu Saturna,  $\Delta T$  můžeme vyjádřit pomocí ročního pohybu Saturnu  $u = 12^{\circ} 12' 46''$ ,  $\alpha = u \cdot \Delta T$ .



Ekliptikální délka Saturna  $\lambda$  vyznačená pro okamžiky opozice je zachycena od směru středu dráhy Země k planetě. Rozdíl těchto směrů  $\Delta \lambda$  je úměrný velikosti úhlu u vrcholu – středu dráhy Země.

	$\lambda$	$\Delta \lambda$
A.	$205^{\circ} 24'$	$\Delta \lambda_1 = 68^{\circ} 01'$
B.	$273^{\circ} 25'$	$\Delta \lambda_2 = 86^{\circ} 42'$
C.	$0^{\circ}$	

Mezi prvním a druhým pozorováním uběhlo 6 egyptských roků 70 dnů 33 šedesátin, v průběhu kterých Saturn urazil úhlově dráhu  $68^{\circ} 01'$ . Mezi druhým a třetím pozorováním uběhlo 7 egyptských roků 89 dnů 46 šedesátin a Saturn urazil dráhu  $86^{\circ} 42'$ .

Dva oblouky  $\alpha$  a dva úhly  $\Delta \lambda$  byly použity k určení elementů dráhy Saturna. Již z porovnání údajů je vidět, že střed dráhy Země není středem dráhy Saturna. Pokud by tomu tak bylo, pak velikost úhlů  $\Delta \lambda$  jakožto středových úhlů by odpovídala velikostem úhlů  $\alpha$ . Dráha Saturna je excentrická, její střed není shodný se středem dráhy Země. Obrázek zachycuje zmiňovanou dráhu Saturna, s polohami A, B, C. Bod D označuje střed dráhy Země, případné polohy Země **Koperník** na obrázku nezachytil. Na obrázku jsou zachyceny polohy opozice Saturna, Země by se nacházela na přímce mířící z bodu D do poloh A, B respektive C.

**Koperník** postupně řešil  $\Delta BDE$  a  $\Delta ADE$ , vycházel z trigonometrických vět. Připomínáme, že funkce sin respektive cos úhlu neznal, využíval tabulek tětiv. Postup byl následující:

Máme trojúhelník  $\Delta BDE$ ,

známe

$$\angle BED = 1/2 \angle CDB,$$

$$\angle BDE = 180^{\circ} - \Delta \lambda_2,$$

$$\angle DBE = 180^{\circ} - \angle BDE - \angle DEB,$$

$$\text{vypočítáme } \frac{BE}{DE}.$$

Dále máme  $\Delta ADE$ ,

známe

$$\angle DEA = 1/2 \angle CDB + 1/2 \angle BDA,$$

$$\angle ADE = 180^{\circ} - (\Delta \lambda_1 + \Delta \lambda_2),$$

$$\angle DAE = 180^{\circ} - \angle DEA - \angle ADE,$$

$$\text{určíme } \frac{DE}{AE}.$$

Ze vztahů tak obdržíme  $\frac{BE}{AE}$ .

Z kosinové věty získáme

$$\left(\frac{AB}{AE}\right)^2 = \left(\frac{BE}{AE}\right)^2 + 1 - 2 \frac{BE}{AE} \cos BEA,$$

$$\text{odtud stanovíme } \frac{AB}{AE}.$$

AB je tětiva opsaná oblouku  $\alpha_1$  dráhy Saturna. Její poloměr přijal **Koperník**  $r = 10\,000$ . Ve stejném měřítku za pomoci tabulek tětiv stanovil délku úseku  $AB = 12\,266$ . Při znalosti  $AB$  mohl následně určit velikosti úseků  $DE = 10\,599$ ,  $BE = 15\,664$  a odtud oblouk  $BAE = 103^\circ 7'$ . Oblouk  $CBAE = \alpha_2 + 103^\circ 7' = 191^\circ 36'$ . Zbývá část  $168^\circ 24'$ . Z této velikosti obdržíme tětivu  $CE = 19\,898$  i její část  $CD = CE - DE = 9\,299$ .

Shrnuto **Koperník** zkoumal, zda úsečka  $CD$  je poloměrem kružnice opsané  $\triangle CAE$  respektive  $\triangle ABE$ . Z řešení  $\triangle BDE$  a  $\triangle ADE$  našel, že  $CD = 9\,299$ , tedy  $D$  nemůže být středem kružnice, pokud by  $CD$  bylo poloměrem, rovnalo by se  $10\,000$ .

Střední pohyb, vztahovaný ke středu dráhy Země, byl v prvním případě  $75^\circ 39'$ , v druhém případě  $88^\circ 29'$ . Při určování horní apsidy a excentru zpočátku **Koperník** postupoval podle **Ptolemaia**, jako by planeta se pohybovala pouze po jednom excentru. Uvědomoval si, že toto přiblížení není dostatečné, ale že tímto způsobem lze dosáhnout snadněji vyjádření skutečnosti.

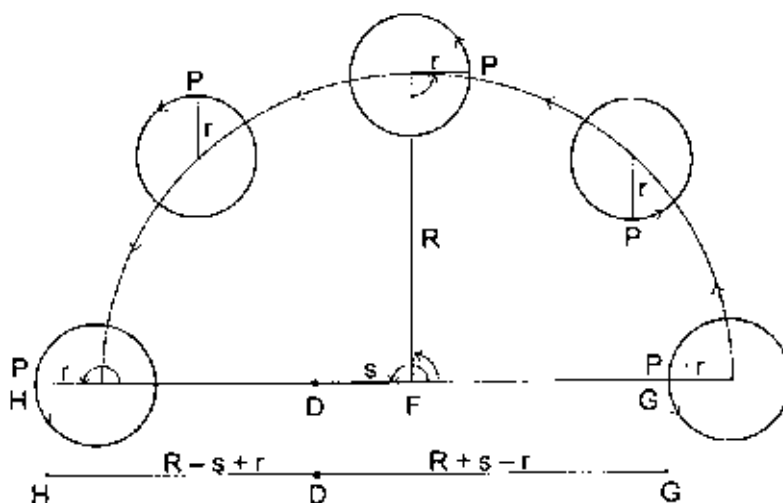
Protože kružnice (kruh) musí zachycovat určitý excentr, proto **Koperník** zvolil střed dráhy Země  $D$  a spojil ho s body  $A, B, C$ . Dále zkoumal, zda přímka  $CDE$  není průměrem. Tedy, zda součet úhlů oblouků  $AB, BC$  a neznámé  $AE$  se nerovná  $180^\circ$  nebo zda délka  $CE$  je rovna  $20\,000$  – průměru kružnice, opsané kolem  $\triangle ABC$  nebo  $\triangle ABE$ ,  $DC$  je poloměr kružnice, tj.  $10\,000$ . **Koperník** zvolil druhou cestu a z řešením  $\triangle BDE$  a  $\triangle ADE$  nalézal, že  $CDE = 19\,898$  a  $CD = 9\,299$ . To dokazuje, že  $D$  nemůže být středem excentru, který musí ležet výše než  $D$ .

Nechť je v  $F$ . Zvolme průměr  $FDH$  a kolmici  $FK$  na přímku  $CE$ . Řešením  $\triangle FDK$  určíme délku oblouku  $LH$ , vzdálenost perigea  $H$  a přesvědčíme se, že součet úhlů vlevo a vpravo od  $HG$  je roven  $180^\circ$ . Poznamenejme, že  $\angle BDE$  přijmeme při pozorovaném pohybu rovném  $86^\circ 42'$  a současně v téže době  $\angle BC$  středního pohybu je  $88^\circ 29'$ .

Podle **Koperníka** se dráha Saturna skládá z excentrického oběhu a malého epicyklu. V zjednodušení Saturn se pohybuje po obvodu epicyklu o poloměru  $r$ , jehož střed opisuje kružnici o poloměru  $R$  kolem středu  $F$ , oba pohyby jsou rovnoměrné.

Doba oběhu planety po epicyklu je 2krát kratší než doba oběhu epicyklu kolem středu  $F$ . Střed dráhy Země je vzdálený od  $F$  o úsečku  $DF = s$ . Propočítanou pro Saturn vzdálenost středu  $DF = 1200$  **Koperník** zmenšil na hodnotu  $s = 900$ , přijal poloměr epicyklu  $r = 300$ .

Poměr  $\frac{s}{r} = \frac{3}{1}$  se stal základním pro všechny vnější (horní) planety. Střed dráhy procházející přes středy  $D$  a  $F$ , určil body perigea  $H$  a apogea  $G$ . Pohyb planety  $P$  po epicyklu je synchronizován s pohybem samého epicyklu.



Jak bylo na vybraných ukázkách demonstrováno, **Ptolemaios** i **Koperník** při určování parametrů dráhy a tvorbě modelu pohybu Saturna vycházeli vesměs z vlastních astronomických údajů a jejich matematického zpracování. Zejména u **Koperníka** jsou původní pozorování výjimečná, neboť sám pozoroval pouze v nezbytných případech. Matematické postupy zpracování pozorovacích údajů se u obou příliš nelišily, prakticky používali obdobnou matematiku.

**Ptolemaios** zavedl pro každou z pěti planet parametr, charakterizující poměr poloměrů epicyklů a deferentů, v jeho geocentrické soustavě šlo o náhodná navzájem nesouvisající čísla zatímco u **Koperníka** tato pětice čísel již určovala skutečnou stavbu heliocentrické soustavy. Převedel tak geometrické rozměry modelů drah planet geocentrické soustavy do jednotného měřítka a po zavedení heliocentrické soustavy obdržel relativní vzdálenosti planet ve sluneční soustavě. Při přechodu k heliocentrické soustavě došlo ke změně, byl uveden do klidu jeden původně pohyblivý bod (Slunce) a naopak převeden do pohybu původně klidový bod (Země).

#### Literatura:

- [ 1 ] DUKE, D.: Ptolemy's Treatment of the Outer Planets. *Archive for History of Exact Sciences*, 59, 2005, p. 169-187.
- [ 2 ] IDELSON, N. I.: *Etjudy po istorii planetnych teorij*. Nauka, Moskva 1975.
- [ 3 ] KOPERNÍK, M.: *Obehy nebeských sfér*. Veda, Bratislava 1974. Překlad do slovenštiny.
- [ 4 ] OPOLSKI, A.: *Orbity planet górnych w heliocentrycznym ukladzie Kopernika*. *Urania – Postepy Astronomii* 1999, no. 4, p. 156 – 160.
- [ 5 ] PEDERSEN, O.: *A Survey of the Almagest*. Odense University Press, Odense 1974.
- [ 6 ] PTOLEMAIOS, C.: *Almagest*. Nauka, Moskva 1998. Překlad do ruštiny.
- [ 7 ] TOOMER, G. J.: *Ptolemy's Almagest*. Princeton University Press, Princeton 1998. Překlad do angličtiny.



## JOSEF FRANTIŠEK SMETANA

*MIROSLAV RANDA*

*Západočeská univerzita v Plzni, ČR*

### ZUSAMMENFASSUNG

*Dieser Artikel beschreibt Schicksal von Josef František Smetana, Dichter, ausgezeichnetem Pädagoge und Autor vieler hervorragenden Physik-, Geschichts- und Naturkundelehrbüchern der Wiedergeburt. Das erste tschechische Lehrbuch der Astronomie, in dem er die tschechische astronomische Terminologie einführt, war sein Spitzenwerk.*

#### **Motto:**

*Neníť ovšem hvězdosloví romantická povídka, jenž se jako sladká lahůdka rozplyne na jazyku čtenářově; jestiť to ořech s tvrdou škořepkou matematickou, jižto však zdravé zuby čtenářstva vlastenského snadno rozlousknou a jádro chuti neočekávaně příjemné naleznou. Ano, jestiť královna všech věd lidských Astronomie, poznáním předmětu nejvznešenějšího se zanášejíc, poznáním totiž viditelné říše nebeské.*

*Smetana J. F.: Základové hvězdosloví, čili astronomie. Plzeň 1837.*

Slyšíme-li jméno Smetana, vybaví se nám hudební skladatel Bedřich Smetana. Někdo vzpomene na jeho nelehké životní osudy, jiný si začne pobrukovat melodii z Prodané nevěsty či z některé symfonické básně z cyklu Má vlast, jiný si jej představí na dřívější tisícikorunové bankovce. Bohužel jen málokdo si pod jménem Smetana představí Josefa Františka Smetanu, autora první české učebnice astronomie a českých učebnic fyziky a dějepisu, nejvýznamnějšího plzeňského obrozence a profesora plzeňského filozofického ústavu, bratrance Bedřicha Smetany. I prohledávač Google najde Bedřicha Smetanu na 150 000 místech internetu, ale Josefa Františka Smetanu jen na 63 místech (a Františka Josefa Smetanu, jak se též psal, pouze na 5 místech).

### **1. Dětství a mládí Josefa Františka Smetany**

Dětství Josefa Františka Smetany je spjaté s východními Čechami. Jeho děd byl bednářem ve Sloupně a otec Josef byl zaměstnán jako zahradník na panství vévody Petra



Birona, vévody Kuronského a Zaháňského, které je velmi dobře známé z Babičky Boženy Němcové díky postavě kněžny Zaháňské (Kateřiny Vilemíny), nejstarší dceři Petra Birona.



PODOBIZNA JOSEFA FRANTIŠKA SMETANY.  
Litografie Širova.

*Obr. 1 Josef František Smetana*

František se narodil 11. března 1801 ve Svinišťanech Valburze Smetanové a Josefu Smetanovi jako druhé z pěti dětí. Jeho jediný bratr Edward Jan se později stal řídícím učitelem v nedaleké Úpici. Smetanův rodný dům se nezachoval; v jeho místě je pomník (obr. 3), na domě uprostřed obce je dnes pamětní deska (obr. 4). Školu František navštěvoval v blízkém Velkém Třebešově. Když mu devět let, zemřel mu otec a matka se s dětmi přestěhovala ke strýci Františkovi do Chvalkovic. Strýc byl sládkem v zámeckém pivovaru a protože měl společně se svou ženou Barborou jen dcery (první syn – budoucí hudební skladatel Bedřich – se mu narodil až jako jedenácté dítě v roce 1824), věnoval Františkovi skutečně otcovskou péči.

V 13 letech jej poslal studovat na gymnázium v Hradci Králové, kde jej svými názory významně ovlivnil profesor Václav Kliment Klicpera. Dalším podnětem pro rozvoj jeho národního cítění bylo osudové setkání s Josefem Jungmannem během studií filozofie v Praze v letech 1819–1821. Jungmann se stal Smetanovým celoživotním přítelem.



Obr. 2 Česká Skalice a okolí – místa spojená s dětstvím J. F. Smetany



Obr. 3 Smetanův pomník ve Sviništaněch (foto Mgr. Pavel Vladyka)



*Obr. 4 Pamětní deska ve Svinišřanech (foto Mgr. Pavel Vladyka)*

Roku 1821 František Smetana vstupuje do arcibiskupského semináře a o dva roky později se stává členem řádu premonstrátů v Teplé u Mariánských Lázní (obr. 5). Zde dochází k dalšímu osudovému setkání; seznamuje se s Josefem Vojtěchem Sedláčkem, který se stává jeho vzorem a se kterým pak Smetana velmi úzce spolupracuje až do Sedláčkovy smrti. V roce 1825 skládá Smetana řeholní slib a získává jméno Josef. V dalším roce je vysvěcen na kněze a po semestrálním studiu fyziky ve Vídni je v letech 1829–1831 kaplanem v obci Úterý poblíž kláštera v Teplé.



*Obr. 5 Klášřter Teplá u Mariánských Lázní*



*Obr. 6 Teplá u Mariánských Lázní a Úterý*

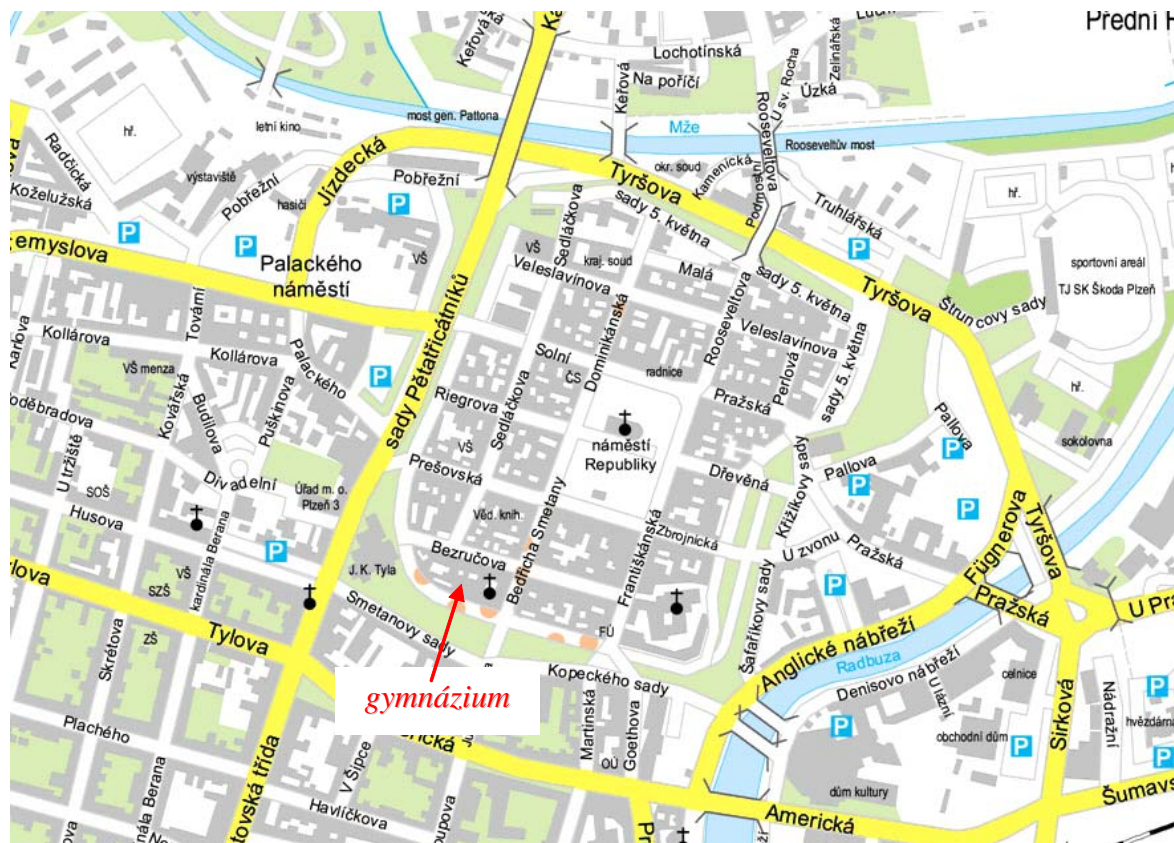
### 3. Josef František Smetana a gymnázium v Plzni

Hlavní životní osudy Smetany jsou spjaty s Plzní. Když v roce 1782 město Plzeň koupilo budovy bývalého ženského dominikánského kláštera, zřídilo v nich šestitřídní gymnázium spravované tepelskými premonstráty (dnes zde sídlí Studijní a vědecká knihovna Plzeňského kraje). V roce 1804 bylo gymnázium rozšířeno o dvouletý filozofický ústav. Již zmíněný Josef Vojtěch Sedláček zde působil již od roku 1810 jako profesor matematiky, v lednu 1817 začal vyučovat také český jazyk.

Smetana přichází do Plzně v roce 1831 a vyučuje fyziku. Pověstné jsou jeho experimenty z elektromagnetismu, kterými nadchl i císařovnu Karolínu Bavorskou, čtvrtou manželku Františka I. při pobytu císařského páru počátkem srpna 1833 v Plzni. Experimenty byly nezbytnou součástí jeho přednášek o přírodních vědách pro učně, tovaryše a mistry, které v gymnáziu pořádal o nedělích odpoledne. Tím vlastně inicioval založení nedělní průmyslové školy, která byla v Plzni zřízena v roce 1840. Smetana tuto školu, o kterou byl mezi studenty i dalšími obyvateli Plzně a okolí velký zájem, i nadále velmi podporoval.



*Obr. 7 Dnešní podoba bývalého filozofického ústavu v Plzni*



Obr. 8 Poloha plzeňského gymnázia a filozofického ústavu

V roce 1834 Smetana úspěšně dokončuje studia filozofie v Praze a je potěšen účastí svého staršího kolegy a přítele J. V. Sedláčka na doktorské promoci v listopadu 1834. Smetana ve stejném roce vydává publikaci *Obraz starého světa (Obraz starého světa, tj. všeobecná politická historie prvotního věku, od počátku společnosti lidské až ku pádu západní říše římské. Díl I. Praha 1834)*, kterou později kladně hodnotil i František Palacký.

### 3. Obrozenecká činnost

Ihned po příchodu do Plzně se Smetana připojil k Sedláčkovi a spolupracoval s ním při rozvoji obrozenecké a vlastenecké činnosti. Když pak Sedláček v roce 1836 umírá, přebírá po něm mnohé aktivity a stává se vůdčí obrozeneckou postavou v Plzni. Začíná na gymnáziu vyučovat český jazyk a pro rozvoj českého povědomí zakládá pro studenty při gymnáziu českou knihovnu. Později, v roce 1844, pak stojí u zrodu české veřejné knihovny a studovny na Lochetíně a neváhá využít vlastní finanční prostředky pro rozšíření jejího fondu.

V roce 1840 do Plzně přichází dokončit studia Smetanův o 23 let mladší bratranec Bedřich. Poté, co neúspěšně studoval v Jindřichově Hradci, v Jihlavě, v Havlíčkově Brodě (zde se Bedřich seznámil s Karlem Havlíčkem, s nímž se pak scházel až do jeho smrti) a v Praze, je to jeho poslední šance. Pro Josefa Františka Smetanu je to vítaná možnost splatit závazky vůči svému strýci, který jej společně s ostatními sourozenci živil a Smetanovi umožnil vystudovat. Bedřich v Plzni v roce 1842 studia úspěšně dokončil, a nejen to. Spolu s profesorem Smetanou, kterého pro velký věkový odstup oslovoval „strýčku“, se účastnil

obrozeneckého života v Plzni. Kromě jiných akcí společně navštívili první český ples v roce 1841, pravidelně se účastnili i dalších vlasteneckých akcí v lochoťínských lázních. Pamětní desku připomínající tyto akce a Josefa Františka Smetanu bohužel vandalové zničili (viz obr. 9).



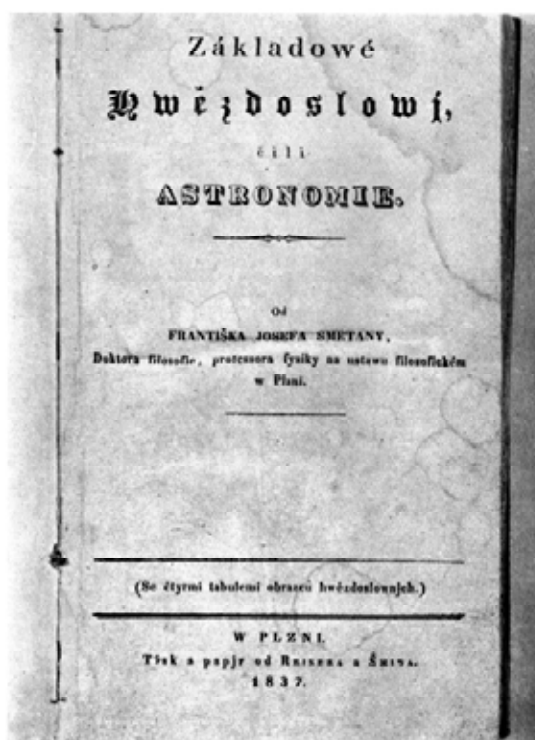
*Obr. 9 Místo v Plzni-Lochoťíně, kde bývala pamětní deska připomínající Josefa Františka Smetanu (foto Ing. Jiří Petrželka)*

Při jedné cestě z Lochoťína utrpěl 12. prosince 1844 Josef František Smetana vážný úraz. Při husté mlze spadl z kolmého srázu přímo na kamenný stůl a těžce si poranil hlavu. Hned po Novém roce se však vrací do práce a věnuje se zejména vědecké činnosti a psaní učebních textů.

Velmi aktivně se Smetana zapojil do revolučního roku 1848. V květnu vystoupil proti oslavám tzv. Nového svátku, svátku, který se v Plzni každoročně slavil u příležitosti neúspěšného obléhání Plzně husity. Kritizoval je jako urážku českého vlastenectví. V červnu se za Plzeň zúčastnil Slovanského sjezdu v Praze a v červenci spoluzakládal v Plzni Slovanskou Lípu, po odstoupení jejího přípravného výboru byl v říjnu zvolen starostou a tuto funkci zastával až do 12. února 1849, kdy byl nucen na nátlak nadřízených z výboru odstoupit. Přitom prosazoval zvláště rovnoprávnost českého jazyka s německým a své názory dokládá historickými fakty. Vycházel z poznatků, které získal během svého prázdninového putování v roce 1842, kdy prochodil Plzeňsko a Klatovsko. Tuto rovnoprávnost však nepovažuje za cíl, je mu pouze prvním krokem k úplné rovnoprávnosti obou národů v českých zemích.

#### 4. České učebnice

Po nástupu bachovského absolutismu byl Smetana pronásledován (přítížily mu i politické básně, například *Requiem Rakousku*), musel se vzdát vědecké činnosti, a tak se s veškerou energií vrhl na psaní českých učebnic. S nimi již měl své zkušenosti z dřívějších let, kdy kromě již zmíněného *Obrazu starého světa* (1834) vydal skvělou učebnici astronomie *Základové hvězdosloví čili astronomie* (1837), dále učebnici fyziky *Silozpyt čili fyzika* (1842) a dějepisu *Všeobecný dějepis občanský* (1846). Druhý díl učebnice dějepisu však ztroskotat na cenzuře, učebnice přírodopisu dodnes existuje pouze v rukopisu, a tak vydal jen učebnici fyziky *Počátkové silozpytu čili fyziky* (1852). Pravděpodobně v tuto dobu se začíná podepisovat Josef František Smetana místo dříve používaného František Josef Smetana.



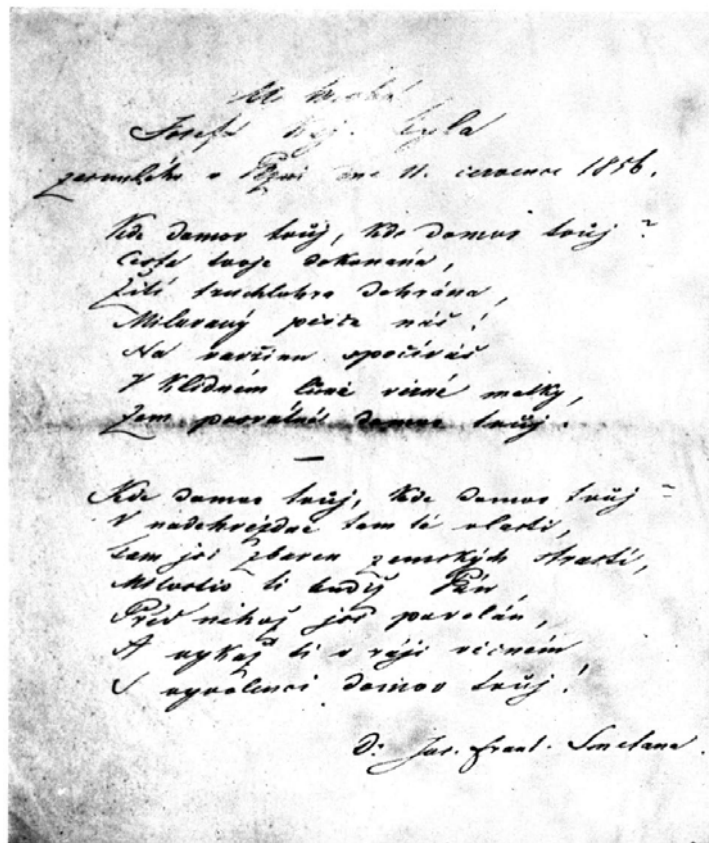
TITULNÍ LIST SMETANOVA »HVĚZDOSLOVÍ« Z ROKU 1837.  
(První vědecký tisk plzeňský).

Obr. 10 Titulní list Smetanovy učebnice astronomie

#### 5. Zdravotní problémy

Poslední roky života Smetanovi komplikovaly také zdravotní problémy. V roce 1853 oslepl a i když příčina oslepnutí není známa, svůj podíl mělo pravděpodobně poranění hlavy na konci roku 1844 i neopatrné pozorování Slunce v rámci experimentů doprovázejících výuku. V roce 1854 Smetanu operoval dr. Arlt; Smetana po operaci viděl, ale následný zánět jej připravil o levé oko. Protože pravým okem jen slabě rozeznával světlo, trávil hodně času v Mariánských Lázních, kde mu byl průvodcem a společníkem synovec Jan Smetana, pozdější notář v Českém Brodě. V tomto smutném období umírá v Plzni 11. července 1856 Josef Kajetán Tyl a Smetana skládá smutná slova „*Kde domov tvůj, kde*

domov tvůj“ doprovázející Tyla na poslední cestě. Slova Smetanovy písně jsou dnes vytesána na náhrobku Tylova hrobu na Mikulášském hřbitově v Plzni. Smetana v roce 1857 absolvuje další operaci očí na pražské klinice u profesora Hasnera, a to operaci úspěšnou. Navíc je v srpnu 1859 odvolán Alexandr Bach, a tak se Smetana vrací do školy i k vědecké práci.



RUKOPIS PÍSNĚ SMETANOVY SLOŽENÉ K POHŘBU  
JOS. KAJ. TYLA ROKU 1856

Obr. 11 Smetanova báseň na památku J. K. Tyla  
(z knihy Felix E.: Dva buditelé. Plzeň 1936)

Nedlouho poté, 18. února 1861, však umírá na zápal plic. Jeho pohřeb se stává masovou demonstrací české Plzně a prakticky okamžitě začíná sbírka, jejímž výsledkem je socha stojící od 12. listopadu 1874 v parku před jeho působištěm, dnešní Studijní a vědeckou knihovnou Plzeňského kraje. Také park nese jeho jméno – Smetanovy sady\*. Smetana byl pohřben na Mikulášském hřbitově, kde byli v té době pohřbíváni nejvýznamnější občané Plzně. Jeho hrob je umístěn poblíž hrobu jeho přítele Josefa Vojtěcha Sedláčka. Také v rodných Svinišťanech byl Smetanovi odhalen pomník (obr. 3), a to v roce 1883.

\* Plzeň je asi jediným městem, kde se Smetanovy sady nejmenují po Bedřichu Smetanovi, ale po jeho bratranci Josefu Františkovi. Socha Bedřicha Smetany sice stojí poblíž, ale již v Kopeckého sadech.

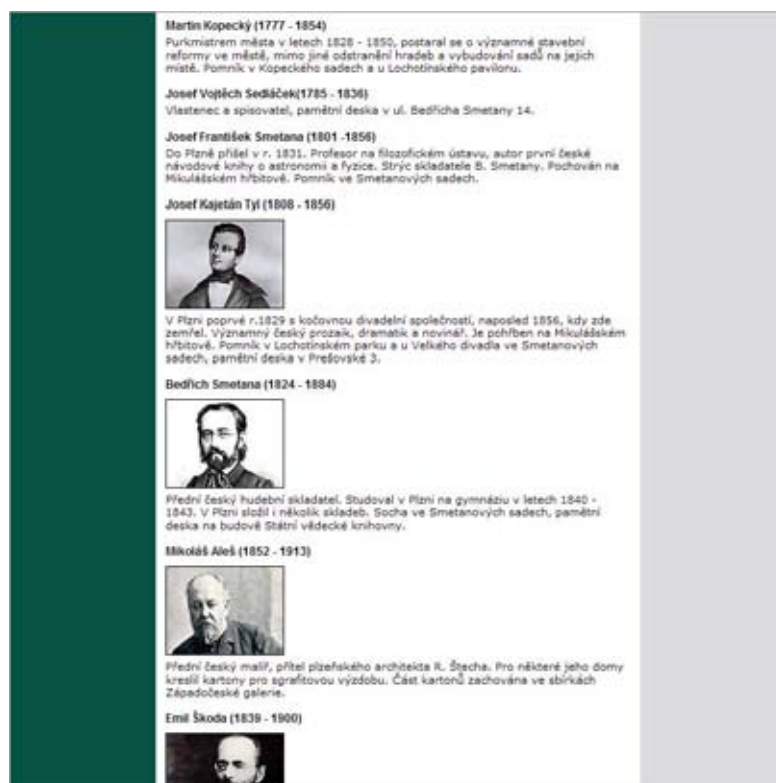


## 6. Josef František Smetana a dnešní Plzeň

Jak si váží dnešní (a včerejší) Plzeňáci svého Smetany? Běžný návštěvník Plzně by mohl získat dojem, že i dnes je Plzeň na Smetanu hrdá. Tomu by nasvědčoval pomník ve Smetanových sadech (obr. 12) i internetové stránky města (obr. 13), kde je Smetana uveden spolu se Sedláčkem mezi dvaceti nejvýznamnějšími občany města.



Obr. 12 Pomník J. F. Smetany ve Smetanových sadech v Plzni (foto Mgr. Pavel Vladyka)



Obr. 13 Internetové stránky <http://info.plzen-city.cz/article.asp?sec=139> (Město Plzeň: Osobnosti města)

Smutnější je však pohled na Smetanův hrob na Mikulášském hřbitově (obr. 15 a 16). Neutěšený stav zřejmě pochází již z padesátých let 20. století. V 60. letech si s hřbitovem plzeňští představitelé nevěděli rady. Svědčí o tom například to, že 12. 4. 1963 byl hřbitov zapsán do státního seznamu nemovitých kulturních památek a hned 11. 10. 1963 rada městského národního výboru rozhodla o jeho zrušení. Jak uvádí profesor Viktor Viktora v článku Pax iisicum – Plzeň, Mikulášský hřbitov I., náměstek předsedy Ladislav Čada přitom prohodil: „S tím hřbitovem žádný sraní. Tyla odvezem do Kutný Hory a ten zbytek buldozerem shrneme do řeky.“ Že si s hřbitovem více starostí nedělají ani současní představitelé, to je patrné ze stávajícího stavu většiny hrobů. Dočká se Josef František Smetana důstojného místa pro odpočinek?



HRÓB JOSEFA FRANTIŠKA SMETANY (vpravo)  
NA HŘBITOVĚ U SV. MIKULÁŠE V PLZNI.  
Foto Fiedler 1936.

Obr. 12 Hrob J. F. Smetany v roce 1936  
(z knihy Felix E.: Dva buditelé. Plzeň 1936)



Obr. 15 a 16 Smetanův hrob v roce 2003  
(nahore – foto Mgr. Pavel Vladyka) a v ro-  
ce 2005 (dole – foto Ing. Jiří Petrželka)

**Použitá literatura**

- [1] Vladyka P.: *Astronomové a Plzeň*. Diplomová práce. Fakulta pedagogická ZČU v Plzni, Plzeň 2004.
- [2] Petrželka J.: *Josef František Smetana*. Závěrečná práce univerzity třetího věku. ZČU v Plzni, Plzeň 2005.
- [3] Felix E.: *Dva buditelé*. Plzeň 1936.
- [4] Viktora V.: *Pax iiscum – Mikulášský hřbitov I*. Ve: Plž **IV**, č. 1 (2005), s. 27.
- [5] Viktora V.: *Pax iiscum – Mikulášský hřbitov II*. Ve: Plž **IV**, č. 2 (2005), s. 27.
- [6] Kumpera J.: *Josef František Smetana* (v cyklu článků *Šlápěje milénia*). Plzeňský deník 14. 2. 2001.
- [7] Klausnerová E.: *J. F. Smetana byl mimořádně osvíceným člověkem*. Mladá fronta Dnes 21. 2. 2001.
- [8] Smetana F. J.: *Základové hvězdosloví, čili astronomie*. Plzeň 1837.
- [9] <<http://www.rtyne.cz/html/petr.htm>> *Historie města Rtyně v Podkrkonoší*.
- [10] <<http://kramerius.nkp.cz/kramerius/>> *Posel ode Mže*, ročníky **1** a **2** (1848–1849).
- [11] <<http://www.svkpl.cz/histor.htm>> *Historie Studijní a vědecké knihovny Plzeňského kraje*.

**CHRISTIAN DOPPLER****A VÝUKA TEORIE PRAVDĚPODOBNOTI V ČESKÝCH ZEMÍCH\*****KAREL MAČÁK***Technická univerzita Liberec, ČR***ABSTRACT:**

*The article deals with a „probabilistic“ chapter of a textbook of arithmetic and algebra written by Christian Doppler (1803 – 1853) and published in Prague in 1844 (2<sup>nd</sup> edition Vienna 1851).*

**1. Základní přehled historie teorie pravděpodobnosti**

I když je tento příspěvek věnován jedné kapitole z jedné učebnice Christiana Dopplera, považujeme za účelné zahájit ho stručným připomenutím základních faktů týkajících se vývoje teorie pravděpodobnosti v Evropě (případně ve světě)<sup>1</sup>. Podle našeho názoru lze celý tento vývoj rozdělit v základních rysech do tří etap:

**I.** První etapa vývoje odpovídá zhruba druhé polovině 17. století. Za počátek teorie (počtu) pravděpodobnosti je všeobecně považována korespondence, kterou spolu vedli francouzští matematici Blaise Pascal (1623 – 1662) a Pierre de Fermat (1601 – 1665) v létě a na podzim r. 1654<sup>2</sup>. Pokud se terminologie týče, domníváme se, že v tomto období by bylo vhodnější mluvit o počtu pravděpodobnosti, protože se nejednalo o budování nějaké matematické teorie, ale o řešení příkladů, které měly motivaci převážně z oblasti hazardních her (tehdy však společensky přípustných). První publikovanou prací v této oblasti byla krátký spisek Christiana Huygense (1629 – 1695) „*De ratiociniis in ludo aleae*“, který vyšel v r. 1657<sup>3</sup>.

---

\* Příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR č. 402/03/1316.

<sup>1</sup> V celém tomto úvodním přehledu vycházíme z monografií [Ha1, Ha2, Maj, Tod, Sch]. Protože se tyto knihy do značné míry překrývají, nebudeme (až na výjimky) jejich citace v textu této části uvádět.

<sup>2</sup> Existuje samozřejmě i jakási „prehistorie“ teorie pravděpodobnosti, ale tou se zde nebudeme zabývat.

<sup>3</sup> Latinský text tohoto pojednání s paralelním českým překladem lze nalézt v [Ma2].

Současně se začalo v této oblasti rozvíjet i bádání související s otázkami demografie a pojistné matematiky; uveďme zde v této souvislosti jednak práce Angličanů Johna Graunta (1620 – 1674) „*Natural and political observations made upon the bills of mortality*“ (1662), Williama Pettyho (1623 – 1687) „*Political Arithmetick*“ (1690) a Edmunda Halleye (1656 – 1742) „*An estimate of the degrees of the mortality of mankind, drawn from curious tables of the births and funerals at the city of Breslaw; with an attempt to ascertain the price of annuities upon lives*“ (1693), jednak práci nizozemského matematika Johanna de Wittta (1625 – 1672) „*Waerdye van lyf-renten naer proportie van los-renten*“ (1671), což lze přeložit jako „*Hodnota doživotních důchodů ve vztahu k obyčejným důchodům*“.

Pokud se pojetí problematiky týče, v dnešní terminologii by bylo možné říci, že Pascal, Fermat i Huygens vycházeli z tzv. klasické definice pravděpodobnosti (tj. pravděpodobnost = poměr počtu případů příznivých ku počtu případů možných), zatímco Graunt, Petty, Halley a de Witt vycházeli z tzv. statistické (četnostní) definice pravděpodobnosti. O nějakou definici pravděpodobnosti se však uvedení autoři vůbec nepokoušeli; spokojovali se s řešením úloh a první pokus o rozbor a definici pojmu „pravděpodobnost“ lze najít až u Jakoba Bernoulliho<sup>4</sup>.

Celé toto období uzavřela kniha Jakoba Bernoulliho „*Ars conjectandi*“, která vyšla v Basileji v r. 1713, byla však napsána v 80. letech 17. století. V této knize je přetištěn celý Huygensův pravděpodobnostní spisek doplněný podrobným Bernoulliiovým komentářem, jsou zde shrnuty základy kombinatoriky (zhruba v rozsahu dnešních středoškolských učebnic) rozšířené o originální Bernoulliiovy výsledky<sup>5</sup>, je řešena celá řada úloh s herní motivací a na závěr je dokázán první obecný (teoretický) výsledek v této oblasti: objevuje se zde nejjednodušší forma tzv. (slabého) zákona velkých čísel, nazývaná dnes v teorii pravděpodobnosti Bernoulliiovou větou<sup>6</sup>. Od této chvíle lze (podle našeho názoru) mluvit o teorii pravděpodobnosti.

**II.** Druhá etapa vývoje teorie pravděpodobnosti odpovídá zhruba 18. století. Za hlavní rysy vývoje teorie pravděpodobnosti v této etapě lze (podle našeho názoru) považovat jednak (řečeno dnešní terminologií) pronikání metod diferenciálního a integrálního počtu (včetně teorie řad) do teorie pravděpodobnosti a s tím související studium spojitých náhodných veličin, jednak uplatňování teorie pravděpodobnosti při zpracování výsledků astronomických a geodetických pozorování. Jako představitele prvního z těchto vývojových směrů uveďme Abrahama de Moivre (1667 - 1754), který v r. 1733 jako první dokázal možnost přibližné náhrady binomického rozdělení normálním (v dnešních učebnicích je tento výsledek označován jako věta Moivreova – Laplaceova)<sup>7</sup>, jako představitele druhého z uvedených vývojových směrů uveďme Karla Friedricha Gausse (1777 – 1855)<sup>8</sup>.

<sup>4</sup> Podrobněji o tom viz [Ha1], str. 245 a násl.

<sup>5</sup> Objevují se zde např. tzv. Bernoulliiova čísla.

<sup>6</sup> Latinský text této části Bernoulliiovy knihy s podrobným českým komentářem lze nalézt v [Ma2].

<sup>7</sup> Moivre je však také autorem významné práce o životním pojištění; tuto práci přeložil do němčiny a v r. 1906 vydal Emanuel Czuber.

<sup>8</sup> Je zajímavé, že ve své práci „*Theoria motus corporum coelestium .....*“ z r. 1809 přitom Gauss rovněž dospěl k normálnímu rozdělení, ale ze zcela jiných východisek než Moivre (což je ostatně vidět už z názvu Gaussovy práce).

Uvedené dva vývojové směry (i když se nám jeví jako hlavní) však zdaleka nepokrývají celou šíři rozvoje teorie pravděpodobnosti v 18. století. Pro dokreslení uveďme alespoň dvě jména: anglického reverenda Thomase Bayese (1701 nebo 1702 – 1761), jehož „Bayesova věta“ patří dnes nejen do každého základního kurzu teorie pravděpodobnosti, je však i základem některých moderních trendů v matematické statistice, a francouzského hraběte Georga Louise Leclerca Buffona (1707 – 1788), jehož „úlohu o jehle“ vedoucí k odhadu čísla  $\pi$  pomocí série náhodných pokusů lze považovat za prvního předchůdce moderních výpočetních metod založených na použití generátorů pseudonáhodných čísel<sup>9</sup>.

Završení této etapy vývoje teorie pravděpodobnosti představuje podle našeho názoru kniha Pierra Simona Laplace (1749 – 1827) „*Théorie analytique des probabilités*“, jejíž první vydání vyšlo v Paříži v r. 1812<sup>10</sup>. Laplace se teorií pravděpodobnosti zabýval řadu let<sup>11</sup> a v uvedené knize shrnul vše, čeho v teorii pravděpodobnosti dosáhl on i jeho předchůdci.

**III.** Pokud jde o třetí etapu vývoje teorie pravděpodobnosti, zdá se, že po vydání Laplaceova spisu „*Théorie analytique de probabilités*“ dochází ve vývoji této teorie k dlouhému období relativního klidu, ve kterém jsou dosažené výsledky zpracovávány, prohlubovány a dále rozvíjeny; jako představitele tohoto období zde uveďme Siméona Denise Poissona (1781 – 1842) a jeho knihu „*Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile, précédées des règles générales du calcul des probabilités*“ (1837), ve které se (kromě jiného) pokusil aplikovat teorii pravděpodobnosti na rozhodování v právní oblasti.

Vcelku se však zdá, že se v průběhu 19. století neobjevují žádné zásadně nové podněty nebo oblasti zkoumání; ty se podle našeho názoru objevují až na konci 19. století. Domníváme se, že v této souvislosti lze uvést následující tři témata, z nichž první má charakter čistě matematický, druhá dvě mají charakter aplikační:

a) teorie markovských řetězců (procesů) – zakladatelem této teorie byl petrohradský matematik Andrej Andrejevič Markov (1834 – 1922); poprvé zde byly podrobeny systematickému výzkumu závislé náhodné veličiny.

b) matematická statistika – jako jednoho z prvních představitelů této disciplíny uveďme Karla Pearsona (1857 – 1936)<sup>12</sup>, který ovšem měl celou řadu předchůdců (uveďme z nich aspoň Francise Galtona (1822 – 1911)). Podle našeho názoru až v matematické statistice byly řešeny některé problémy, které (ne zcela přesně) formuloval už Jakob Bernoulli v svém spisu „*Ars conjectandi*“.

<sup>9</sup> Obvykle se tyto metody označují jako metody Monte Carlo.

<sup>10</sup> Ještě za Laplaceova života vyšlo i druhé (1814) a třetí (1820) vydání této knihy; jednotlivá vydání se od sebe liší různými opravami, doplňky a změnami. Úvodní část 2. vydání této knihy vyšla též v r. 1814 samostatně pod názvem „*Essai philosophique sur les probabilités*“; ve své době vzbudila značnou pozornost a byla přeložena do několika jazyků.

<sup>11</sup> Svoji první práci z této oblasti publikoval v r. 1774 ([Tod], str. 464).

<sup>12</sup> Poznamenejme pro zajímavost, že Karl Pearson byl rovněž významným badatelem v oblasti historie teorie pravděpodobnosti.

c) statistická fyzika – jako jednoho z prvních představitelů této disciplíny uvedme Ludwiga Boltzmann (1844 – 1906), který ovšem navazoval na práce Jamese Clerka Maxwella (1831 – 1879).

Tím došla teorie pravděpodobnosti do jisté míry na hranice svých tehdejších možností v tom smyslu, že se ukázalo jako zcela nezbytné „dát do pořádku“ matematické základy této disciplíny; vyjádřením tohoto názoru byl i Hilbertův 6. problém vyžadující axiomatizaci teorie pravděpodobnosti (kterou ovšem zahrnoval mezi disciplíny fyzikální). Tento úkol úspěšně vyřešil sovětský matematik Andrej Nikolejevič Kolmogorov (1903 – 1987) v r. 1933 a jeho axiomatizaci teorie pravděpodobnosti lze považovat za završení další etapy ve vývoji teorie pravděpodobnosti. Období po r. 1933 je už (podle našeho názoru) obdobím, které lze označit za současné.

## 2. Situace v českých zemích v 19. století

Obecně lze říci, že v 19. století se u nás teorii pravděpodobnosti nikdo nevěnoval vědecky a nevznikly u nás žádné původní práce z této oblasti<sup>13</sup>, teorie pravděpodobnosti se však začala objevovat ve výuce jak na školách vysokých, tak na školách středních, což bylo důležité pro další rozvoj této disciplíny.

Pokud se vysokoškolské výuky týče, zdá se, že první tištěnou prací týkající se teorie pravděpodobnosti a určenou vysokoškolským studentům byla malá stať Stanislava Vydry (1741 – 1804) vydaná v r. 1779, tato stať však nikoho a nic neovlivnila a upadla zcela v zapomenutí<sup>14</sup>. Vydrovým nástupcem se stal jeho žák Ladislav Jandera (1776 – 1857), nepodařilo se však zjistit, zda na Vydru nějak navázal, co se teorie pravděpodobnosti týče, a zda do svých přednášek zařazoval nějaké poznatky týkající se teorie pravděpodobnosti.

Kromě profesury matematiky, kterou zastával nejprve Vydra a po něm Jandera, byly na pražské univerzitě ještě další matematické profesury, a to profesura vyšší matematiky a profesura praktické matematiky. Na místech profesorů se zde objevují známá jména (např. F. A. L. Herget, F. J. Gerstner, J. F. Kulik), není však známo, že by někdo z nich ve svých přednáškách věnoval teorii pravděpodobnosti nějakou pozornost.

Zdá se proto, že prvním pražským univerzitním profesorem, který do svých přednášek zařazoval aspoň základní poznatky z teorie pravděpodobnosti, byl Bernard Bolzano (1781 – 1848), který do své učebnice náboženství „*Lehrbuch der Religionswissenschaft, ein Abdruck der Vorlesungshefte eines ehemaligen Religionslehrers an einer katholischen Universität, von einigen seiner Schüler gesammelt und herausgegeben*“<sup>15</sup> v souvislosti se zkoumáním věrohodnosti zázraků uváděných v bibli zařadil i výklad základních pojmů teorie pravděpodobnosti<sup>16</sup>. Kniha vyšla v Sulzbachu v r. 1834, podle názvu však obsahuje

<sup>13</sup> Jedinou výjimku asi představují dvě knihy Emanuela Czubera, které byly napsány v době jeho působení na vysokých školách v Praze a v Brně, ale vyšly v Lipsku.

<sup>14</sup> Podrobněji o této práci viz [SM], str. 171 a násl., nebo [Ma3].

<sup>15</sup> V knize není autor uveden, je však známo, že se jedná o Bolzanovu práci.

<sup>16</sup> Podrobný výklad těchto Bolzanových pravděpodobnostních úvah lze nalézt v [Ma1].

Bolzanovy přípravy na přednášky a Bolzano byl zbaven profesury koncem roku 1819<sup>17</sup>, takže je zřejmé, že již před rokem 1820 zařazoval Bolzano do svých náboženských přednášek základní poznatky týkající se počítání s pravdě-podobnostmi náhodných jevů. Lze však považovat za jisté, že tím nikoho a nic neovlivnil (stejně jako Stanislav Vydra, pokud jde o teorii pravděpodobnosti).

Ponecháme-li tedy stranou Bolzanovy náboženské přednášky a budeme-li věnovat pozornost přednáškám matematickým, pak je třeba konstatovat, že (podle současného stavu bádání) dříve než na univerzitě začala být teorie pravděpodobnosti zařazována do přednášek (aspoň občas) na pražské technice. Prvenství v tomto směru zřejmě náleží profesoru Christianu Dopplerovi, který na pražské technice působil v letech 1841 – 1847; této otázce se budeme věnovat podrobněji v tomto příspěvku.

### 3. Pravděpodobnost v Dopplerově učebnici aritmetiky a algebry

#### 3.1 Úvod<sup>18</sup>

Christian Doppler se narodil v Salzburku 29. listopadu 1803. Studoval ve Vídni na polytechnice i na filozofické fakultě a v letech 1829 – 1833 působil jako asistent na vídeňské polytechnice. V r. 1835 se stal profesorem pražské stavovské reálky a snažil se získat možnost přednášet i na pražské polytechnice; od prosince 1837 tam suploval přednášky a v r. 1841 byl jmenován řádným profesorem na této polytechnice. V r. 1840 se stal mimořádným a v r. 1843 řádným členem Královské české společnosti nauk. V r. 1847 odešel do Banské Štiavnice, kde se stal profesorem na báňské a lesnické akademii, a odtud odešel v r. 1849 do Vídně, kde byl jmenován nejprve profesorem vídeňské techniky<sup>19</sup>, a potom v r. 1850 profesorem vídeňské univerzity a ředitelem fyzikálního ústavu. Zemřel 17. března 1853 v Benátkách.

Co se Dopplerova učitelského působení na pražské polytechnice týče, v [JL], str. 304 se píše, že pro své přednášky si Doppler vypracoval vlastní texty, které se však nedochovaly. Jeho výklad teorie pravděpodobnosti proto můžeme posuzovat jenom podle jeho tiskem vydané učebnice, jejíž první vydání vyšlo v Praze roku 1844 pod názvem:

*„Arithmetik und Algebra. Mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse des practischen Lebens und der technischen Wissenschaften. Nebst einem Anhang von 450 Aufgaben. ... Der Elementar-Mathematik erster Band.“*

Poslední část titulu ukazuje, že učebnice byla (spíš asi: měla být) částí rozsáhlejšího díla, jehož titul je v knize umístěn na levé (tj. sudé) stránce před citovaným titulem; tento titul zní: *„Lehr- und Handbuch der Elementar-Mathematik mit vorzüglicher Berücksichtigung der Bedürfnisse des practischen Lebens und der verschiedenen technischen Wissenschaften.“*

<sup>17</sup> Rozhodnutí o Bolzanově sesazení bylo učiněno ve Vídni 24. XII. 1819 a Bolzanovi bylo doručeno 19. I. 1820 ([Fol], str. 13).

<sup>18</sup> Podrobné informace o Dopplerově životě lze najít např. ve sborníku [Št].

<sup>19</sup> Přesně vzato, profesorem vídeňské techniky byl Doppler jmenován už v říjnu 1848, ale kvůli neklidné politické situaci odešel do Vídně až v lednu 1849. Viz Pöss, O.: *Christian Doppler in Banská Štiavnica* ([Št], str. 58 a násl.).





### Christian Doppler (1803 – 1853)

Obrázek byl získán na internetové adrese  
<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Doppler.html>

Je zajímavé, že v knize není uveden nakladatel; na obou titulních stránkách (levé i pravé) je pod čarou uvedeno místo a rok vydání (Prag, 1844) a následuje informace: „*Zu haben beim Verfasser, Altstadt, Nro. 799*<sup>20</sup>. – *Für das Ausland in Commision bei Borrosch & Andréé.*“ Zdá se tedy, že knihu vydal Doppler vlastním nákladem.

Druhé vydání této učebnice vyšlo v r. 1851 ve Vídni. Titul knihy je stejný jako u vydání prvního, ale chybí poslední věta „*Der Elementar-Mathematik erster Band.*“ a jako nakladatel je uveden Wilhelm Braumüller. Na titulní stránce je sice uvedeno „*Zweite verbesserte Auflage*“, ale v části věnované teorii pravděpodobnosti jsme nenašli žádné odchylky proti prvnímu vydání (kromě odlišného stránkování, které zřejmě souvisí s odlišným formátem obou vydání).

V prvním vydání, ze kterého zde vycházíme, je teorie pravděpodobnosti zařazena do třetí kapitoly s názvem „*Die Lehre von den Permutationen, Combinationen und Variationen nebst den ersten Elementen der Wahrscheinlichkeitsrechnung*“. Celá tato kapitola se nalází na stránkách 88 – 103 a v souladu s uspořádáním celé knihy je dále členěna na čtyři části

---

<sup>20</sup> Je zřejmě míněn dům č. 799 v ulici U obecního dvora, ve kterém Doppler nějakou dobu bydlel.

označené A, B, C, D a na paragrafy, které jsou v knize číslovány průběžně; v této kapitole to jsou §§ 98 – 112. Na tuto kapitolu pak navazují v dodatku úlohy č. 157 – 167 nacházející se na str. 251 – 253.

Teorii pravděpodobnosti je věnována část D „*Von der Anwendung der Combinationslehre auf die ersten Elemente der Wahrscheinlichkeits-Rechnung*“. Tato část se nalézá na str. 95 – 103 a obsahuje paragrafy 107 – 112; v dodatku na tuto část navazují úlohy č. 162 – 166 na str. 252.

Stejně jako v dnešních středoškolských učebnicích je zde teorie pravděpodobnosti vykládána v návaznosti na kombinatoriku. Výklad vychází z tzv. klasické definice pravděpodobnosti<sup>21</sup> a je elementární, což je vidět na řešených úlohách zařazených do textu, protože se však jedná o první vysokoškolskou učebnici v českých zemích, která obsahovala nějaký výklad teorie pravděpodobnosti, podáme zde přehled těchto úloh<sup>22</sup>.

### 3.2 Pravděpodobnostní úlohy z Dopplerovy učebnice

#### §109/ úloha 1:

Jaká je pravděpodobnost, že při jednom hodu dvěma hracími kostkami padne jistý součet ?

Doppler úlohu obecně rozebírá, stanoví pravděpodobnost, že součet bude roven devíti, a připojuje poznámku, že analogická úloha pro tři kostky by se řešila podobně.

#### §109/ úloha 2:

V urně je 37 stejných kuliček a předpokládá se, že jistá osoba z nich může jednou rukou vytáhnout najednou nejvýše sedm. Jaká je pravděpodobnost, že tato osoba vytáhne lichý počet kuliček ?

Doppler řeší úlohu takto:

$$\text{Všech možných případů je} \quad \binom{7}{1} + \binom{7}{2} + \dots + \binom{7}{7} = 127,$$

$$\text{všech příznivých případů je} \quad \binom{7}{1} + \binom{7}{3} + \binom{7}{5} + \binom{7}{7} = 64,$$

<sup>21</sup> V § 112 však Doppler mluví o experimentálním stanovení pravděpodobnosti na základě dlouhé série pokusů.

<sup>22</sup> K hlubšímu seznámení s teorií pravděpodobnosti doporučuje Doppler studentům na str. 103 své učebnice Laplaceovy knihy „*Théorie analytique des probabilités*“ a „*Essai philosophique sur les probabilités*“ ; druhá uvedená práce je sice obsažena jako úvodní část ve druhém vydání (a pak ve všech dalších vydáních) první uvedené práce, byla však často vydávána i samostatně.

a z toho plyne hledaná pravděpodobnost  $64/127$ ; nakonec Doppler výslovně říká, že na celkovém počtu kuliček v urně nezáleží<sup>23</sup>.

Přiznáváme se, že nám Dopplerovo řešení není jasné; podle tohoto řešení by např. pravděpodobnost, že ona osoba vytáhne jednu kuličku, byla sedmkrát větší než pravděpodobnost, že vytáhne sedm kuliček, a to bez ohledu na to, kolik je v urně kuliček<sup>24</sup>. Podle našeho názoru je úloha míněna tak, že každá kulička má stejnou pravděpodobnost vytažení jako každá dvojice kuliček, každá dvojice kuliček má stejnou pravděpodobnost vytažení jako každá trojice kuliček, ... , každá šestice kuliček má stejnou pravděpodobnost vytažení jako každá sedmice kuliček. Podle tohoto našeho názoru je proto v daném příkladu počet všech možných případů roven

$$\binom{37}{1} + \binom{37}{2} + \dots + \binom{37}{7} = 13130671$$

a počet všech příznivých případů je roven

$$\binom{37}{1} + \binom{37}{3} + \binom{37}{5} + \binom{37}{7} = 10739176,$$

takže hledaná pravděpodobnost je rovna  $\frac{10739176}{13130671} \doteq 0,818$ .

### § 109/ úloha 3:

Úloha se týká tehdejší rakouské číselné loterie a vyžadovala by poměrně obsáhlý komentář, proto se jí zde nebudeme podrobněji věnovat.

### § 110/ úloha 1:

Jaká je pravděpodobnost, že při házení jednou nebo dvěma hracími kostkami padne vícekrát za sebou jisté číslo (jistý počet ok) ?

<sup>23</sup> „Man ersieht, daß hierbei auf die Anzahl der Kugeln, d. i. auf 37 gar keine Rücksicht genommen wurde, und in der That muß das Resultat für jede Zahl, die größer als 7 ist, ganz dasselbe sein.“

<sup>24</sup> Autor příspěvku referoval (kromě jiného) o této Dopplerově úloze na 26. mezinárodní konferenci „Historie matematiky“ v Jevíčku v srpnu 2005 a dostal potom od posluchačů celou řadu připomínek a poznámek k této úloze. Základní problém spočívá asi v tom, že Dopplerova formulace úlohy je poněkud mlhavá a různí lidé ji mohou chápat různě, proto tuto úlohu okomentujeme poněkud podrobněji. Řešení podané Dopplerem by odpovídalo např. situaci, kdy osoba tahající kuličky vždy nejprve vezme sedm kuliček a pak některé z nich může pustit, ale nikdy nepustí všechny.

Číselně jsou řešeny dva případy <sup>25</sup>:

a) pravděpodobnost, že při házení jednou kostkou třikrát za sebou padne pětka, je rovna  $1/6^3 = 1/216$ ;

b) pravděpodobnost, že házení dvěma kostkami jednou padne součet rovný třem, jednou součet rovný šesti a jednou součet rovný dvanácti, je rovna  $(1/18).(5/36).(1/36) = 5/23328$ . <sup>26</sup>

### § 110/ úloha 2 <sup>27</sup>:

Z úplné karetní hry je utvořen balíček obsahující všech třináct karet stejné barvy. Jaká je pravděpodobnost, že vrchní karta je král a následující karta je eso ?

Výsledek je roven  $1/(12.13) = 1/156$ .

### § 110/ úloha 3:

Dvaatřicet karet tzv. malé hry je rozděleno do čtyř balíčků podle barev. Jaká je pravděpodobnost, že na první pokus bude vytažena zadaná karta, např. pikový král ?

Výsledek je roven  $(1/4).(1/8) = 1/36$ .

### § 111/ úloha 1:

Jaká je pravděpodobnost, že při jednom hodu dvěma kostkami padne spíše součet 7 než součet 5 ?

Formulace této úlohy (i většiny dalších úloh z § 111 a některých úloh z dodatku) je z dnešního hlediska trochu neobvyklá. Z dnešního hlediska se v podstatě jedná o stanovení poměru pravděpodobností uvedených dvou jevů a ten je 3 : 2, na základě čehož Doppler formuluje odpověď, že s pravděpodobností 3/5 padne součet 7 spíše než součet 5, a s pravděpodobností 2/5 padne spíše součet 5 než 7.

### § 111/ úloha 2:

V urně je šest bílých, osm červených, čtrnáct modrých a dvanáct černých koulí. Jaká je pravděpodobnost, že v prvním tahu bude vytažena spíše modrá než černá koule ? <sup>28</sup>

---

<sup>25</sup> Třetí případ se objevuje jako úloha č. 164 v dodatku; má se stanovit pravděpodobnost, že při hodu jednou hrací kostkou padne šestka  $m$ -krát za sebou.

<sup>26</sup> U Dopplera je chyba tisku; jako výsledek je uvedeno 22328.

<sup>27</sup> Tato úloha se znovu objevuje v dodatku jako úloha č. 162.

<sup>28</sup> Varianta této úlohy (spíše bílá než černá) se znovu objevuje v dodatku jako úloha č. 163.

Poměr pravděpodobností uvedených jevů je 7 : 6; podle Dopplera tedy s pravděpodobností 7/13 bude vytažena spíše modrá než černá koule a s pravděpodobností 6/13 bude naopak vytažena spíše koule černá než modrá.

### § 111/ úloha 3:

V jedné urně jsou tři bílé a jedna černá koule, ve druhé urně jsou čtyři bílé a dvě černé koule. Jaká je pravděpodobnost, že při náhodném vytažení koule bude vytažena bílá koule ?<sup>29</sup>

Z dnešního hlediska se jedná o typickou úlohu vedoucí k použití věty o úplné pravděpodobnosti<sup>30</sup>; výsledek je  $(1/2) \cdot (3/4) + (1/2) \cdot (4/6) = 17/24$ .

### § 111/ úloha 4:

Z úplné karetní hry obsahující 52 karet jsou náhodně vytaženy čtyři karty. Jaká je pravděpodobnost, že tyto karty budou spíše čtyři králové než čtyři libovolné karty stejné barvy ?

Základní myšlenka Dopplerova řešení zapsaná v dnešní symbolice spočívá v tom, že hledaný poměr pravděpodobností je roven  $1 : \left[ 4 \cdot \binom{13}{4} \right]$ , což je 1 : 2860. Tato myšlenka je správná, v průběhu řešení se však u Dopplera objevily dvě numerické chyby<sup>31</sup>, takže konečný výsledek by podle Dopplera byl 1 : 5720, což není správné.

### Dodatek/ úloha č. 166:

Jaká je pravděpodobnost, že bude uhodnuto slovo tvořené čtyřmi písmeny ?

Předpokládá se, že abeceda obsahuje 25 písmen a slova představují čtyřprvkové variace bez opakování; výsledek je 1/303600.

### Dodatek/ úloha č. 167:

Tato úloha sice není pravděpodobnostní, ale Doppler touto úlohou končí kombinatoricko-pravděpodobnostní část dodatku a její zařazení se nám jeví jako zajímavé, proto se o ní zmíníme.

<sup>29</sup> Tato úloha se znovu objevuje v dodatku jako úloha č. 165.

<sup>30</sup> Tato věta se ovšem v Dopplerově textu vůbec nevyskytuje.

<sup>31</sup> Doppler nejprve uvádí, že  $\binom{52}{4} = 812175$  (správně 270725), a pak uvádí, že  $\binom{13}{4} = 1430$  (správně 715).

Doppler zde klade otázku, čemu se rovná počet permutací 1000 prvků, tj. (v dnešní terminologii) čemu se rovná 1000!, a odpovídá: „*Die Zahl, die diese ausdrückt, ist mit nicht weniger als 2568 Ziffern geschrieben, von denen die ersten sieben 4023872 sind.*“<sup>32</sup> *Der geübteste Rechner vermag nicht sich von der ungeheuren Menge der durch diese Zahl repräsentirten Einheiten eine auch nur einigermaßen richtige Vorstellung zu machen“.*

Tato úloha se objevuje už ve výkladové části učebnice jako poznámka na konci § 101. Povšimněme si první, tj. numerické části odpovědi. Doppler bohužel neříká nic o tom, jak k tomuto výsledku dospěl; výpočet hodnoty 1000! daleko přesahuje výklad provedený v učebnici a z tohoto hlediska není jasné, proč vlastně byla tato úloha do učebnice zařazena. Pro výpočet faktoriálů lze použít vzorce, který je dnes obvykle nazýván Stirlingův<sup>33</sup>; Doppler ho sice ve své učebnici neuvádí, lze se však domnívat, že ho znal, a proto jsme s tímto vzorcem provedli několik výpočtů (samozřejmě na kalkulačce, nikoli ručně, jak musel počítat Doppler). Nejjednodušší podoba Stirlingova vzorce se dnes většinou píše ve tvaru

$$n! \approx \left(\frac{n}{e}\right)^n \sqrt{2\pi n},$$

tento tvar (po zlogaritmování) však podle našich průzkumů nestačí k dosažení požadované přesnosti (tj. přesnosti, které dosáhl Doppler). Teprve přesnější tvar

$$n! \approx \left(\frac{n}{e}\right)^n \sqrt{2\pi n} \left(1 + \frac{1}{12n}\right)$$

dal (po zlogaritmování) výsledek, kterého dosáhl Doppler.

Doppler neuvádí, že by uvedený výsledek odněkud přebíral, je tedy nutné předpokládat, že ho vypočítal sám, a je škoda, že neuvedl aspoň základní postup, kterého použil.

#### 4. Další vývoj

V krátkém přehledu v knize [Šiš] se na str. 199 uvádí, že po Dopplerovi zařazoval základy teorie pravděpodobnosti do svých výkladů i Karel Kořistka (byl jmenován profesorem na pražské polytechnice 1. září 1851 ([JL], str. 410) a snad poprvé jako samostatný předmět vyučoval teorii pravděpodobnosti dvě hodiny týdně Heinrich Durège ještě na utrakvistické polytechnice v zimním semestru šk. r. 1866/67 (viz též [JL], str. 520). U žádného z těchto dvou profesorů se nám však nepodařilo najít žádnou publikaci z oblasti teorie pravděpodobnosti a tak se zdá, že této disciplíně věnovali (možná jen občas) jistou pozornost ve svých přednáškách, systematicky se jí však nezabývali.

<sup>32</sup> Výpočtem v programovém produktu MAPLE jsme ověřili, že Dopplerův výsledek je správný.

<sup>33</sup> Vzorec nazývaný dnes Stirlingovým jménem publikovali prakticky současně v r. 1730 James Stirling (1692 – 1770) a Abraham de Moivre (1667 – 1754); podrobnosti viz např. [Ha1], str. 469 a násl. Jejich výsledky měly poněkud rozdílnou formu a podle Halda ([Ha1], str. 483, je dnes jako Stirlingův vzorec označován výsledek, kterého fakticky dosáhl Moivre.

Pokud jde o pražskou univerzitu, v [DE] na str. 136 se píše: „*Po r. 1848 ... byla hlavně zásluhou Matzkovou* <sup>34</sup> *věnována větší pozornost geometrii a výjimečně i počtu pravděpodobnosti*“; dále na str. 140 se říká: „*Bez povšimnutí zůstala i teorie pravděpodobnosti, která se teprve v padesátých letech stala předmětem univerzitních přednášek*“.

Wilhelm Matzka se narodil 4. XI. 1798 v Litobratřicích (okres Mikulov); zemřel 9. VI. 1891 v Praze. Studoval na univerzitách v Praze a ve Vídni a pak působil od r. 1832 jako profesor matematiky na dělostřelecké škole ve Vídni, od r. 1837 na filozofickém učilišti v Tarnově, od r. 1849 na pražské technice a od r. 1850 na pražské univerzitě.

Nepodařilo se nám zjistit ani jednu publikaci prof. Matzky z oblasti teorie pravděpodobnosti; dvě jeho publikace (napsané ovšem před jeho příchodem do Prahy) by snad bylo možné zahrnout do tzv. vyrovnávacího počtu. Zdá se tedy, že prof. Matzka byl v oblasti teorie pravděpodobnosti činný pouze učitelsky, nikoli badatelsky.

Zdá se proto, že prvním českým matematikem, který teorii pravděpodobnosti nejen vyučoval, ale ve větší míře rovněž publikoval články z této oblasti, byl Augustin Pánek, který působil na pražské české technice. Považujeme však za nutné poznamenat, že u Pánka nelze ještě mluvit o systematické vědecké činnosti v této oblasti; v tomto směru náleží prvenství Emanuelu Czuberovi, který působil zhruba ve stejné době na pražské německé technice.

---

<sup>34</sup> Základní Matzkovy životopisné údaje lze najít např. v [DE] na str. 403.

## Literatura

- [DE] *Dějiny exaktních věd v českých zemích do konce XIX. století.*  
(Vedoucí autorského kolektivu L. Nový). NČSAV, Praha 1961.
- [Fol] FOLTA, J.: *Život a vědecké snahy Bernarda Bolzana.*  
In: Jarník, V.: *Bolzano a základy matematické analýzy.* JČSMF, Praha 1981,  
str. 11-29.
- [Ha1] HALD, A.: *A History of Probability & Statistics And Their Applications before 1750.* J. Wiley & Sons, New York 1990.
- [Ha2] HALD, A.: *A History of Mathematical Statistics From 1750 to 1930.*  
J. Wiley & Sons, New York 1998.
- [JL] JÍLEK, F. – LOMIČ, V.: *Dějiny Českého vysokého učení technického. 1. díl, sv. 1.*  
ČVUT, Praha 1973.
- [Ma1] MAČÁK, K.: *Bernard Bolzano a počet pravděpodobnosti.*  
In: *Matematika v 19. století (Dějiny matematiky sv. 3.* Ed. J. Bečvář, E. Fuchs).  
Prometheus, Praha 1996, str. 39-55.
- [Ma2] MAČÁK, K.: *Počátky počtu pravděpodobnosti.*  
(*Dějiny matematiky, sv.9*). Prometheus, Praha 1997.
- [Ma3] MAČÁK, K.: *Die Anfänge der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Böhmen.*  
In: *Sborník příspěvků mezinárodní konference „Prezentace matematiky“*,  
TU Liberec, 9. – 12. IX. 2003. 1. díl, TU Liberec, 2003, str. 55-60.
- [Maj] MAJSTROV, L. E.: *Teorija verojatnostej. Istoričeskij očerk.*  
Nauka, Moskva 1967.
- [Sch] SCHNEIDER, I.: *Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie von den Anfängen bis 1933. Einführungen und Texte.*  
Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1988.
- [SM] SCHUPPENER, G. – MAČÁK, K.: *Stanislav Vydra (1741 – 1804). Zwischen Elementarmathematik und nationaler Wiedergeburt.*  
Leipziger Universitätsverlag, Leipzig 2004.
- [Šiš] ŠIŠMA, P.: *Matematika na německé technice v Brně.*  
(*Dějiny matematiky sv. 21*). Prometheus, Praha 2002.
- [Št] ŠTOLL, I. (Ed.): *The phenomenon of Doppler.*  
JČMF a FJFI ČVUT, Praha 1992.
- [Tod] TODHUNTER, I.: *A History of the Mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to that of Laplace.*  
1. vyd. Cambridge 1865, reprint Chelsea Publ. Co., New York 1965.





## POČÁTKY STUDIA ELEKTROMAGNETICKÝCH JEVŮ VZNIK AMPÈROVY ELEKTRODYNAMIKY

**RUDOLF KOLOMÝ**

*Moravská Třebová, ČR*

### ABSTRACT

#### **The beginnings of studies of electromagnetic phenomena – The creation of Ampère's electrodynamic**

*The first chapter of this article is dealing with a brief description of studies of electric and magnetic phenomena until Oersted's discovery of magnetic influence of electric currents (1820).*

*The second chapter is devoted to Oersted's basic discovery. At first the reader can learn more about the life and work of a significant Danish physicist Hans Christian Oersted (1777 – 1851). Then we learn more about his famous experiment and about mathematic definition of dependence of physic elements expressed in Biot – Savart – Laplace law.*

*The third chapter is dealing with the life and work of André Maria Ampère (1775 – 1836) who is considered as a founder of electrodynamic and who was called as „Newton of electricity“ (by J. C. Maxwell).*

*The last chapter (the 4th) is devoted to basic experiments and following relations of Ampère's electrodynamic. This work is placed (by the time and by the facts) between the work of Coulomb and Maxwell and it is considered as one of the best events in theory dealing with electricity and magnetism.*

#### **Motto:**

*„Obecné zákony přírody spolu souvisí a navzájem souvisí i přírodní jevy“.*

*Hans Christian Oersted*

*„Experimentální výzkumy, jimiž Ampère stanovil zákony mechanického působení mezi dvěma elektrickými proudy, patří mezi nejskvělejší úspěchy vědy. Zdá se, že toto spojení teorie s experimentem jako by ve své síle a mohutnosti vytrysklo z mozku „Newtona elektriny“. Forma je dokonalá, přesnost nenapadnutelná a vše je shrnuto ve vzorci, který navždy zůstane fundamentálním vzorcem elektrodynamiky“.*

*James Clerk Maxwell*

*„Věda nás uchvátí tehdy, když projevíme zájem o život velkých badatelů, a my se začneme zajímat o historii jejich objevů“.*

*James Clerk Maxwell*

## 1. Studium elektrických a magnetických jevů do Oerstedova objevu magnetických účinků elektrického proudu (1820)

Až do konce 18. století byly v oblasti nauky o elektřině a magnetismu známy pouze statické jevy a atmosférická elektřina. Postupně byly zkonstruovány různé typy třecích elektrík, které umožnily provést základní elektrostatické pokusy a z nich vyvodit řadu vlastností elektrostatických sil. První, avšak ještě velmi primitivní třecí elektriku, rotující kouli ze síry třenou suchou dlaní ruky, sestrojil v r. 1650 německý fyzik a magdeburský starosta Otto Guericke (1602 – 1686), známý svými pokusy s atmosférickým tlakem a získáváním vakua. Ve svém spise „Experimenta nova“ (1672) popsal přitažlivé a odpudivé síly, vznik elektrické jiskry, světélkování plynů v silném elektrickém poli a další jevy. Guerickeho pokusy zopakoval a dosažené výsledky potvrdil Robert Boyle (1627 – 1691) a přitom dokázal, že přitažlivost dvou zelektrizovaných těles je vzájemná a že elektrické síly působí i ve vakuu (1675).

Další krok ve výzkumu elektřiny učinil Angličan Stephen Gray (1666 – 1736), původně řemeslník - barvíř, který v letech 1729 – 1731 provedl řadu různých až dosti kuriózních pokusů, jimiž byl přiveden k pochopení pojmů: „vodič elektřiny“ a „nevodič elektřiny“, které potom jasně formuloval v r. 1739 Francouz Jean Desaguliers (1683 – 1744) působící v Anglii. Gray prokázal, že elektrický náboj sídlí na povrchu vodiče a že k jeho uchování musí být vodič izolován. Objevil a četnými pokusy potvrdil existenci elektrostatické indukce.

Na Grayovy experimenty úspěšně navázal francouzský fyzik, chemik, později ředitel botanické zahrady v Paříži, badatel s encyklopedickou šíří vědeckých zájmů, Charles Francois Du Fay (někdy se také píše Dufay) de Cisternay (1698 – 1739), který se pokusil o první výklad elektrických jevů. V r. 1733, po četných pokusech dospěl k existenci dvou druhů elektřiny: elektřiny vznikající třením skla („skelná“) a elektřiny vznikající třením jantaru („jantarová“). Pomocí citlivého přístroje – v podstatě první konstrukce elektroskopu – se dvěma korkovými kuličkami na koncích přehnutého hedvábného nebo vlněného vlákna určoval stupeň zelektrování těles a přitom dospěl k závěru, že tělesa souhlasně elektricky nabitá se odpuzují a nesouhlasně elektricky nabitá se přitahují, a zkoumal též možnost zelektrizování lidského těla. V této souvislosti připomeňme, že významný anglický lékař William Gilbert (1544 – 1603) v prvním systematickém vědeckém díle o elektřině a magnetismu „De magnete“ (1600) uvažoval jen o přitažlivých silách a teprve Nicolo Cabeo (1585 – 1650) se v r. 1629 poprvé zmiňuje i o odpudivých silách. V r. 1735 Du Faye jako jeden z prvních vyslovil myšlenku o elektrické podstatě blesku. Před ním s touto domněnkou již přišli např.: Isaac Newton, Francis Hauksbee, James Wall a další. Při studiu magnetických jevů Du Fay zavedl dvě magnetická fluida: severní a jižní.

Čtyřicátá léta 18. století přinesla také nový elektrický přístroj. V r. 1745 německý kanovník Ewald Jürgen (Georg) von Kleist (1700 – 1748) z Kaminnu (Gdaňsk) v Pomořanech a o rok později nezávisle také holandský profesor experimentální fyziky na univerzitě v Leidenu Pieter van Musschenbroek (1692 – 1761) navrhli první kondenzátor – známou leidskou láhev, když shromáždili elektrický náboj ve vodě nebo ve rtuti obsažené v láhvi. Autoři vycházeli z fluidové teorie: je-li elektřina fluidum, čili jakási nehmotná substance, „nevažitelné médium“, pak ji bude jistě možné shromáždit ve větším množství ve vhodné nádobě. Kleist se dokonce původně pokoušel, jak se zdá, vyrobit „elektrovanou“ vodu, o níž byl přesvědčen, že bude mít léčebné účinky na zdraví člověka. Oba autoři pomocí svých zařízení pozorovali elektrický výboj, přičemž zejména Musschenbroek podrobně popsal nepříjemné pocity při vybíjení láhve lidským tělem. Pokusy z elektřiny, „s

elektrickým ohněm“, jak se říkalo, se staly v polovině 18. století - zejména po zdokonalení konstrukcí třecích elektrík - velmi populární a efektní, přispěly k poznání vodivosti látek, a předváděly se jako oblíbená zábava na šlechtických zámcích, panovnických dvorech a při různých společenských událostech.

V r. 1747 Benjamin Franklin (1706 – 1790) poznal sací účinky kovových hrotů a v r. 1749 vyslovil předpoklad, že blesk a elektrická jiskra mají stejnou podstatu. Své tvrzení potvrdil v červnu 1752 legendárním pokusem s drakem vypuštěným do bouřkového mraku, když na druhý konec částečně vodivé konopné šňůry přivázal kovový klíč. Na základě svých úvah nejprve předpokládal (1749), že zařízení bleskosvodu by mělo mít čistě preventivní úlohu – tiše odvést elektrický náboj z mraků do země dříve než by došlo k úderu. V r. 1753 dochází k jinému pojetí, když předpokládá, že bleskosvod bude jednak předcházet úderu blesku, jednak bude svádět blesk do země. Až teprve v r. 1760 vztyčil uzemněný tyčový bleskosvod na domě kupce Westa ve Filadelfii (tento typ bleskosvodu se postupně rozšířil po celém světě). Avšak o šest let dříve sestrojil a postavil uzemněný bleskosvod originální koncepce Prokop Diviš (1698 – 1765) na farské zahradě v Příměticích u Znojma (15. června 1754). Předpokládal, že pomocí velkého počtu kovových hrotů bude možno vysát podstatnou část elektrického náboje z mraků a tím předejít vzniku blesků a bouří vůbec a tak zabránit případným hospodářským škodám a obětem na lidských životech.

Neméně významné byly i Franklinovy teoretické výsledky. Proti dualistickým názorům na podstatu elektrických jevů, zastávaných např. Du Fayem, vypracoval Franklin v r. 1750 unitární teorii elektrických jevů, podle níž existuje jen jeden druh elektřiny – jediné specifické fluidum, o němž předpokládal, že má částicovou strukturu. Jakmile z nějakého důvodu vznikne přebytek elektrického fluida – těleso se nabije kladně, při jeho nedostatku zase záporně. Tím bylo objasněno, jak se dva opačné náboje mohou neutralizovat. Franklin jako první začal používat pro fluidum označení, dnes běžně používané pro náboje: „kladný“ a „záporný“ a použil znaménka plus a minus a svými představami přispěl k formulaci zákona zachování elektrického náboje.

Podle Franklinovy unitární teorie zastávané a rozvíjené např. Franzem Mariem Ulrichem Theodorem Aepinusem (1724 – 1802), německým fyzikem, který v letech 1757 -1798 pracoval v petrohradské Akademii věd, a autorem pozoruhodné latinsky napsané knihy „Tentamen Theoriae Electricitatis et Magnetismi“ („Pokus o teorii elektřiny a magnetismu“, 1759) by ovšem elektřina měla sršet pouze z kladně nabitých hrotů, kde je přebytek fluida. Pokusy však ukázaly, že kladně i záporně nabitá tělesa srší elektřinu z hrotů stejně intenzivně. Tato skutečnost přivedla anglického přírodovědce Roberta Symmera (asi 1707 – 1763) k vyslovení dualistické teorie elektrických jevů, podle níž v normálním stavu tělesa existují dva druhy elektřiny (fluida) zastoupené ve stejném množství, které se navzájem neutralizují. Zelektrování nastává tehdy, když v tělese chybí jeden druh elektřiny, anebo jsou přítomny oba druhy, avšak v různých množstvích. Symmer tak na vyšší úrovni obnovil Du Fayovy představy, avšak elektřinu spíše chápal jako jednotu kladné a záporné hybné síly: jsou-li v rovnováze, těleso je neutrální; převaha jedné z nich má pak za následek zelektrování tělesa. Symmerovo pojetí předznamenalo pozdější představu elektrického pole, zatímco Franklinův přístup byl zárodkem představy o atomismu elektřiny.

Velmi brzo se objevila otázka, na čem závisí síly, které působí mezi dvěma elektrickými náboji (částicemi elektrického fluida) a mezi dvěma póly tyčového magnetu (částicemi magnetického fluida). K poznání příslušného kvantitativního vztahu se velmi přiblížil velký Newtonův obdivovatel F. M. U. T. Aepinus, který studoval elektrostatickou indukci, jako první formuloval zákon zachování elektrického náboje, zabýval se souvislostí mezi

elektřinou a magnetismem a zkoumal pyroelektrický jev u turmalínu (ten po zahřátí přitahoval drobná tělíška, proto se často nazýval „ceylonským magnetem“). Ačkoliv Aepinus postřehl analogii mezi elektrickými a magnetickými jevy a konstatoval mnohé jejich společné vlastnosti, přesto považoval oba jevy, podobně jako dříve Gilbert, za zcela samostatné a nezávislé.

Aepinusova myšlenka najít zákon vzájemného silového působení mezi elektrickými náboji a mezi magnetickými množstvími, analogický k Newtonovu gravitačnímu zákonu, podnítila mnohé badatele ke zkoumáním. Daniel Bernoulli (1700 -1782), snad nejslavnější z rodu Bernoulliů, který řadu let působil v petrohradské Akademii věd, v r. 1760 oznámil, že objevil pomocí speciálně zkonstruovaného elektrometru zákon kvadratické závislosti interakce mezi zelektrovanými tělesy; výsledky bohužel nezveřejnil. První hypotézu, že elektrická síla podobně jako gravitační síla závisí nepřímo úměrně na čtverci vzdálenosti mezi náboji vyslovil významný anglický fyzik, chemik, filozof, objevitel fotosyntézy (1771) a kyslíku (1774), velký přítel Franklina, Joseph Priestley (1733 – 1804) ve své knize o dějinách statické elektřiny „The history and present state of electricity, with original experiments“ („Historie a současný stav nauky o elektřině s originálními pokusy“, Londýn 1767). První poměrně přesná měření včetně odhadu možných chyb, která nakonec vedla k odvození zákona vzájemného silového působení elektricky nabitých těles provedl v r. 1772 významný anglický fyzik a chemik Henry Cavendish (1731 – 1810). Bohužel své práce nepublikoval a upozornil na ně teprve James Clerk Maxwell (1831 – 1879) v r. 1879, když se v závěru své vědecké dráhy věnoval studiu a uspořádání Cavendishovy vědecké pozůstalosti (vyšla tiskem v r. 1879 pod názvem „H. Cavendish: The Electrical Researches“). V r. 1785 Charles August Coulomb (1736 – 1806) provedl pomocí torzních vah velmi přesná měření elektrostatických sil a v r. 1788 magnetostatických sil a formuloval proslulé zákony nazvané jeho jménem. Předpokládalo se, že vzájemné silové působení dvou elektricky nabitých těles a také vzájemné silové působení magnetů je okamžité, bezčasové působení do dálky („actio in distans“), podobně jako v případě gravitačních sil. Coulomb začlenil elektrostatické a magnetostatické jevy do Newtonových fyzikálních představ a tak ještě více posílil význam mechaniky. Coulombova síla se stala po Newtonově gravitační síle druhou elementární silou, se kterou se lidstvo seznámilo. Jejím objevem se uzavřelo období statiky v nauce o elektřině a magnetismu.

Po celé 18. století byly jediným zdrojem elektřiny různé třecí elektriky, jejich konstrukce se postupně zdokonalovaly a podle autorů se také často nazývaly (F. Hauksbee 1706, G. M. Bose 1734, Hausen 1743, J. H. Winkler 1745, B. Wilson 1746, M. Planta 1755, W. Watson, J. Ramsden 1766, Le Roy 1772, J. Ingenhousz 1784, J. Cuthbertson 1786, M. van Marum 1786 aj.). Poskytovaly krátkodobé výboje, mluvílo se o „elektrickém konfliktu“, čímž se označoval krátkodobý proud neustáleného charakteru, který může vyvolávat fyziologické, chemické a magnetické účinky, elektrickou jiskru a atmosférické jevy. Sám pojem elektrického proudu však ještě zaveden nebyl.

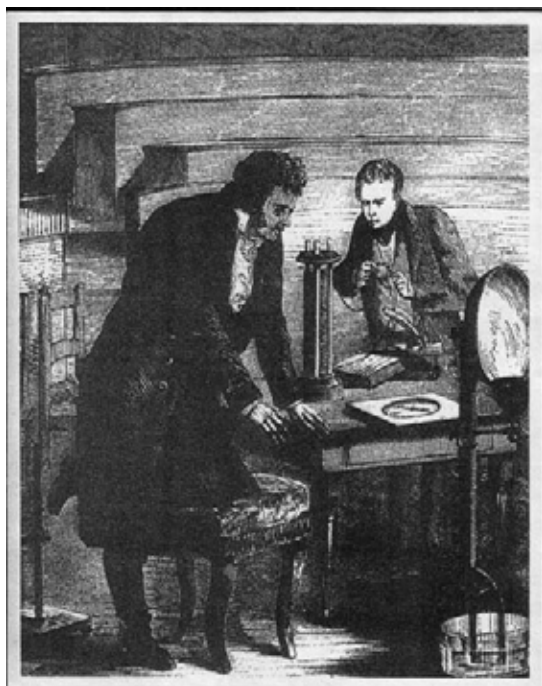
Přechod k dynamickému chápání elektrických jevů nastává s objevem zdroje stálého elektrického proudu. Alessandro Guiseppe Volta (1745 – 1827), podnícen slavnými bioelektrickými pokusy na žabách (1773 – 1791) profesora anatomie a medicíny v Bologni Luigi Galvaniho (1737 – 1798), sestrojil v r. 1793 první galvanický článek Sestával z destiček zinkové a měděné (popř. stříbrné) ponořených do nádoby se slanou vodou, popř. se slabým roztokem kyseliny sírové. Koncem roku 1799 zkonstruoval první galvanickou baterii, tzv. „Voltův sloup“, sestávající z několika párů (20, 40, 60) měděných a zinkových kotoučů oddělených plstí navlhčenou slanou nebo okyselenou vodou. Badatelé po první dvě desítky let se v odborných časopisech dohadovali, jakým způsobem elektrický proud

v galvanickém článku vzniká, zda kontaktem nebo chemickými procesy (A. Volta, H. Davy, M. Faraday aj.). V r. 1803 německý fyzik, chemik a fyziolog Johann Wilhelm Ritter (1776 – 1810) pozoroval polarizaci elektrod ve Voltově článku a tím dal významný podnět k jejich zdokonalování a k pozdější konstrukci nových galvanických článků a také akumulátorů. První galvanický článek, v němž byla odstraněna polarizace elektrod zkonstruoval v r. 1836 John Frederic Daniell (1790 – 1845). Na zdokonalování galvanických článků později zejména pracovali: William Robert Grove (1811- 1896, 1839), Robert Bunsen (1811 – 1899, 1841), Johann Heinrich Meidinger (1831 – 1905, 1859), Georges Leclanché (1839 – 1882, 1866), Josiah Latimer Clark (1822 – 1898, 1878), Edward Weston (1850 – 1936, 1893, normální galvanický článek, etalon EMN, definice mezinárodního voltu) a další.

Voltův objev galvanického článku jako prvního poměrně stálého zdroje elektromotorického napětí poskytl mnoha experimentátorům nové podněty a možnosti zkoumat systematictěji a důkladněji než dříve tepelné, světelné, chemické a magnetické vlastnosti elektrického proudu, nazývaného zpočátku galvanickým proudem nebo také „kontaktní elektřinou“. V dalších kapitolách si povšimneme právě souvislostí mezi elektrickým proudem a magnetickými jevy, jejichž objevení mělo nesmírný teoretický a praktický význam, dalo základ moderní elektrotechnice, zahájilo „století elektřiny“ a ve svých důsledcích mělo i významný vliv na pozdější rozvoj celé lidské civilizace.

## 2. Oerstedův objev magnetických účinků elektrického proudu

Od dob Gilbertových (1600) se považovalo za samozřejmé, že elektrické a magnetické jevy mají odlišnou fyzikální podstatu a že spolu nijak nesouvisejí. Postupně se však začaly objevovat určité náznaky, které tuto představu narušovaly. Tak např. již v 17. století bylo námořníkům známo, že blesky nepříznivě ovlivňují chování lodních kompasů. V r. 1752 B.



Franklin zjistil, že železný klíč při jeho slavném pokusu s drakem se zmagnetoval, když jím prošel bleskový výboj. V následujícím roce se pak pokoušel tento záhadný jev prozkoumat v laboratoři, když nechal výboj z leidské láhve procházet železnou tyčinkou. Podobné pokusy prováděl v r. 1758 italský fyzik Giovanni Battista Beccaria (1716 – 1781), profesor turínské univerzity. Na základě svých pokusů vyslovil hypotézu o existenci těsného spojení mezi elektrickými a magnetickými jevy. Také byly známy pokusy, které počátkem 19. století prováděl v Anglii Humphry Davy (1778 – 1829) s působením magnetu na elektrický oblouk. Avšak přesvědčivý důkaz o souvislosti elektrických a magnetických jevů podal až Hans Christian Oersted roku 1820.

*Hans Christian Oersted v laboratoři*

H. Ch. Oersted se narodil 14. srpna 1777 v malém městě Rudkjöbingu, ležícím na dánském ostrově Langenland. Už jako chlapec pomáhal otci v lékárně a při tom si oblíbil přírodní vědy, zejména chemii. V r. 1794 vstoupil na kodaňskou univerzitu, studoval astronomii, matematiku, fyziku, chemii, medicínu, farmacii a filozofii a o tři roky později získal diplom farmaceuta. V r. 1799 mu byl udělen doktorát filozofie na základě disertace o Kantově pojetí přírodní filozofie, a pak krátkou dobu působil v lékárně. Kromě farmacie projevoval Oersted velký zájem o chemii, fyziku a filozofii. Po r. 1801 podnikl řadu úspěšných studijních cest po slavných evropských univerzitách (Německo, Francie, Holandsko, Anglie), poznal řadu vynikajících přírodovědců a filozofů (např. C. F. Gauss), což bylo pro jeho další vzdělání a pozdější zaměření vědecké činnosti velmi významné. V té době byl vědecký svět vzrušen nedávno zveřejněným Voltovým objevem galvanického článku. Oersted se při svých návštěvách vědeckých pracovišť v Berlíně, v Göttingenu a ve Výmaru velmi zajímal o problematiku galvanismu a jeho vztahu k chemii. Na univerzitě v Göttingenu se seznámil s J. W. Ritterem, který se v té době věnoval chemickým účinkům elektrického proudu, a velmi ovlivnil pozdější Oerstedovu činnost. V r. 1804 se Oersted vrátil ze zahraničních cest zpět do Dánska, stal se nakrátko asistentem na katedře farmacie kodaňské lékařské fakulty, a v následném období vykonal řadu úspěšných přednášek z fyziky a chemie pro veřejnost. V r. 1806 byl jmenován mimořádným profesorem těchto disciplín na kodaňské univerzitě, od roku 1817 řádným profesorem fyziky a členem správy univerzity. Velký zájem o technické aplikace přírodovědeckých poznatků jej přiměl iniciovat založení kodaňské polytechnické školy, v r. 1829 se stal jejím ředitelem. Od r. 1815 až do konce svého života zastával místo vědeckého tajemníka dánské Královské společnosti nauk.



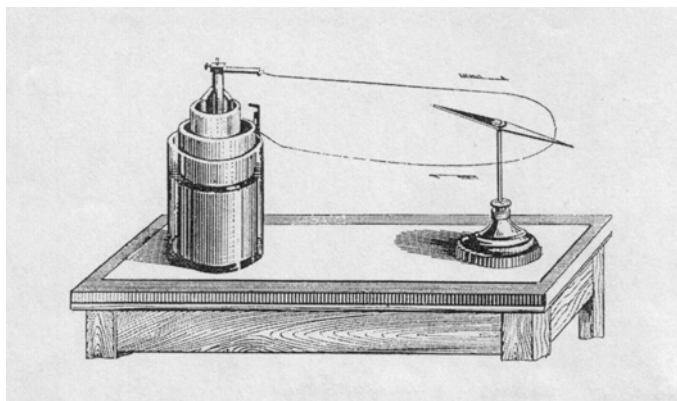
*Hans Christian Oersted (1777–1851)*

Oersted byl výborným pedagogem a skvělým popularizátorem fyzikálních objevů. Zasloužil se o reorganizaci vyučování fyziky na dánských základních a středních školách a podle jeho učebnice „Věda o všeobecných zákonech přírody“ se v Dánsku vyučovala fyzika padesát let. V Kodani založil Společnost pro šíření přírodních věd (1824) a přitom kladl velký důraz na význam historie vědy. S oblibou se zabýval nejen různými fyzikálně-filozofickými otázkami, ale i literaturou a estetikou. Jako experimentátor nebyl příliš zručný, a proto demonstrace jím navržených pokusů velmi rád přenechával svým asistentům, případně posluchačům. Ve své době byl považován za nejvýznamnější a nejvlivnější vědeckou osobnost ve své zemi. Dánská vláda mu vyjádřila své uznání tím, že mu dala k užívání vlastní zámek. Avšak než se mohl do něho nastěhovat, 9. března 1851 v Kodani ve věku 74 let zemřel.

Oerstedovy vědecké zájmy byly značně široké. Věnoval se farmacii, jako znamenitý chemik objevil piperidin (1820), výchozí látku řady účinných léčiv, vyrobil čistý kovový hliník (1825), zjistil, že kyselost a zásaditost roztoků (pH) je podmíněna opačnými

elektrickými náboji částic v roztoku (1804). Velkou pozornost věnoval také stlačitelnosti kapalin a plynů (1817 – 1845). Pomocí piezometru vlastní konstrukce (1822), který dnes nese jeho jméno, zkoumal stlačitelnost kapalin, které se do té doby považovaly za nestlačitelné. U plynu SO<sub>2</sub> dokázal, že jeho stlačitelnost je větší než u vzduchu. Z toho vyvodil závěr, že Boyleův-Mariottův a Gay-Lussacův zákon neplatí přesně pro skutečné plyny (1806).

Jako stoupenec německé klasické filozofie, zejména Emmanuela Kanta (1724 – 1804), Friedricha Wilhelma Schellinga (1775 – 1854) a méně známého maďarského učence J. Winterla, s nímž se osobně znal, byl přesvědčený o všeobecné souvislosti přírodních jevů, které mají původ v jediné přírodní síle. Pod vlivem těchto filozofických názorů uvažoval o souvislostech mezi teplem, světlem, elektrinou, magnetismem a chemickými účinky látek. Výsledkem těchto úvah bylo pojednání „Studie o shodnosti elektrických a chemických sil“, které vyšlo v r. 1813 v Paříži, a v němž dokazuje, že „teplo a světlo je výsledkem elektrického konfliktu“. Dokonce nesprávně považoval teplo za prvek, popřípadě za kombinaci světla s magnetickým fluidem. Proto také nepřekvapuje, že zmíněná filozofická představa jej v r. 1821 přivedla, jako jednoho z prvních, k správné myšlence, ačkoliv pro ni neměl dostatek důkazů, že světlo je elektromagnetický jev. Věnoval se také pokusům vyvolat elektrické děje působením zvuku, tedy dosáhnout přeměny zvuku na elektrinu. Podrobně studoval i tepelné účinky elektrického proudu. Nezávisle na Johannu Seebeckovi (1770 – 1831) a Jeanu Fourierovi (1768 – 1830) zkoumal v letech 1822 - 1823 termoelektrický jev a sestrojil termočlánek.



*Oerstedův pokus*

Nejvýznamnějším Oerstedovým přínosem k vědeckému bádání byl objev působení elektrického proudu na magnetku, která se nacházela blízko vodiče. I přes své přesvědčení o vzájemné souvislosti všech přírodních jevů ještě v r. 1807 ve svých přednáškách dokazoval, že jevy elektrické a magnetické navzájem nesouvisejí, což demonstroval tím, že elektrický proud neovlivňuje magnetku postavenou kolmo k vodiči. Avšak již v r. 1812 vyslovil určitý předpoklad o „vlivu

elektrických sil na magnet“. Bylo mu totiž známo, že elektrický výboj, např. blesk, zmagnetuje železné předměty a že nepříznivě působí na lodní kompas. Od r. 1813 provedl řadu vesměs neúspěšných pokusů o souvislosti elektrických a magnetických jevů. Až při památné přednášce 15. února 1820 byl jedním studentem upozorněn na nepatrnou výchylku magnetky, která byla umístěna v těsné blízkosti tenkého platinového vodiče protékaného elektrickým proudem. Proto se také zmíněný objev často interpretuje jako náhodný. To je však v rozporu s historickou skutečností, neboť Oersted se této problematice intenzívně věnoval plných sedm let a náhoda, jak známo, přeje připraveným. Další měsíce Oersted zasvětil podrobnému prozkoumání nového jevu, např. volil vodiče z různého materiálu (platina, zlato, mosaz, železo, olovo, cín aj.), a zjišťoval, jak působí protékající proudy na magnetku v různých polohách vodičů a v různých vzdálenostech od magnetky a přitom volil proudy z různě silných baterií. Také konstatoval, že jev nezaniká, když mezi vodič a magnetku vložil destičku ze skla, kovu, dřeva, nádobku s vodou nebo kámen. Dokonce



prováděl zdánlivě nesmyslné pokusy s „magnetkou“ zhotovenou ze skla, pryže, mosazi, čímž se přiblížil k Faradayovu objevu paramagnetických a diamagnetických látek ze čtyřicátých let 19. století. Největší výchytku pozoroval, když byl vodič rovnoběžný s magnetkou, při přepólování konstatoval výchytku na opačnou stranu.

Jak Oersted vykládal fyzikální podstatu svého objevu? Třeba říci, že o ní neměl zpočátku jasnou představu. Nejprve předpokládal, že výchytku magnetky způsobilo vyvinuté teplo při rozžhavení drátu silným proudem. Při dalších pokusech však zjistil, že i slabé proudy v silnějších vodičích způsobují výchytku magnetky i tehdy, když se vodič pozorovatelně nezahřál. Po řadě pokusů původní názor zamítl a přistoupil na novou představu. Pod vlivem německé klasické filozofie pokládal elektrický proud ve vodiči za konflikt („conflictus electricus“) dvou proti sobě pohybujících se fluid, který se neomezuje jen na vnitřek vodiče, ale působí ještě v jeho širším okolí a vyvolává v něm vír, jenž strhne magnetku a vychýlí ji z jejího severojižního směru. Jistě v této představě sehrála určitou roli i karteziánská teorie vírů a ve fyzice se tak začíná postupně prosazovat koncepce „působení sil na blízko“. V této souvislosti uveďme, že přesnější pojem elektrického proudu zavedl až Ampère, když za jeho směr považoval pohyb kladného elektrického náboje.

Někteří badatelé, jako např. Francois Dominique Arago (1786 – 1853), Jean Baptiste Biot (1774 – 1862), H. Davy, Jöns Jacob Berzelius (1779 – 1848) aj., se snažili vysvětlit Oerstedův pokus co nejpřirozenějším způsobem. Předpokládali, že z vodiče, kterým prochází elektrický proud se stává magnet a ten potom působí na blízkou magnetku. Tento názor u některých fyziků, jako např. u J. B. Biota, přetrvával dosti dlouho. Jak uvidíme později, A. M. Ampère tvrdil, že ne vodič, kterým teče elektrický proud se stává magnetem, ale naopak samotný magnet představuje souhrn elementárních kruhových proudů, tekoucích v jednom směru, které se nacházející v rovinách kolmých k jeho ose (Ampèrova hypotéza molekulárních proudů).

Svůj epochální objev včetně příslušných experimentů a představ Oersted zveřejnil ve čtyřstránkové stati „Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticum“ („Pokusy týkající se působení elektrického konfliktu na magnetku“) [1], [20, s.149-154], která vyšla 21. července 1820 v Kodani, a rozeslal ji různým vědeckým společnostem i některým badatelům, takže objev byl známý v poměrně krátké době. Hned na první stránce své stati Oersted uvádí: „Výsledkem všech provedených pokusů je skutečnost, že magnetická střelka se vychyluje ze své rovnovážné polohy vlivem působení Voltova sloupu a že tento jev nastává jen tehdy, je-li elektrický obvod uzavřen a naopak nenastává, je-li rozpojen“ [20, s. 149]. O směru výchytku magnetky napsal (po převedení do dnešní terminologie): „Prochází-li vodičem proud z jihu na sever nad magnetkou ve směru magnetického meridiánu, vychýlí se severní pól magnetky na západ, prochází-li ve stejném směru pod magnetkou vychýlí se magnetka na východ“ [20, s.152]. Z toho usoudil, že síla, která působí na severní pól magnetky má směr tečny ke kružnici, jejíž střed leží na vodiči, a její rovina je kolmá k vodiči. Třeba poznamenat, že výše uvedené pravidlo pro směr výchytky severního pólu magnetky souhlasí s „pravidlem plavce“, které o několik měsíců později uvedl A. M. Ampère (dnes „Ampèrovo pravidlo pravé ruky“). Ampère také upozornil na Oerstedův omyl, když tvrdil, že „...směr výchytky magnetky v blízkosti proudovodiče závisí též na velikosti proudu, tedy nejen na jeho směru“ [20, s. 150]. Při svých pokusech Oersted dále zjistil, že volně zavěšený kruhový závit protékaný elektrickým proudem se chová v okolí proudovodiče stejně jako magnetka.

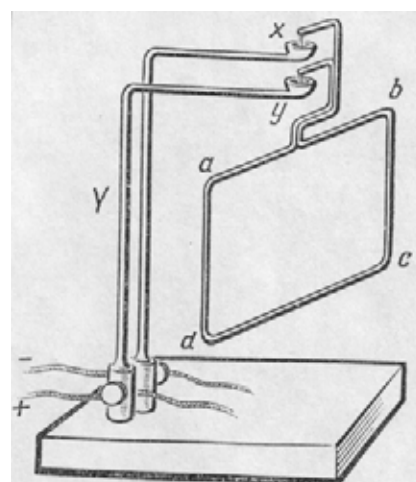
Velký význam Oerstedova objevu nespočívá jen v tom, že byla zjištěna úzká souvislost mezi elektrickými a magnetickými jevy, ale byl objeven nový typ vzájemného silového

působení. Do té doby fyzika poznala jen centrální síly, gravitační a Coulombovu, které působí ve směru spojnice hmotných bodů, resp. elektricky nabitých těles nebo mezi magnety. Byla objevena nová, necentrální síla. Elektrický proud nepřitahuje ani neodpuzuje póly magnetky, ale natáčí ji do polohy kolmé ke směru proudu.

Na první pohled jednoduchý Oerstedův pokus vyvolal ve světě mimořádný ohlas a zájem, podobně jako dříve Voltův objev galvanického článku. Otevřel novou oblast fyziky – studium elektromagnetických jevů a v mnoha zemích podnítil další intenzivní bádání. Hned v následujících několika letech došlo k řadě nových významných objevů, především zásluhou André Maria Ampèra, Michaela Faradaye (1791 -1867), Georga Simona Ohma (1789 – 1854) aj., které našly brzy velké uplatnění v technické praxi.

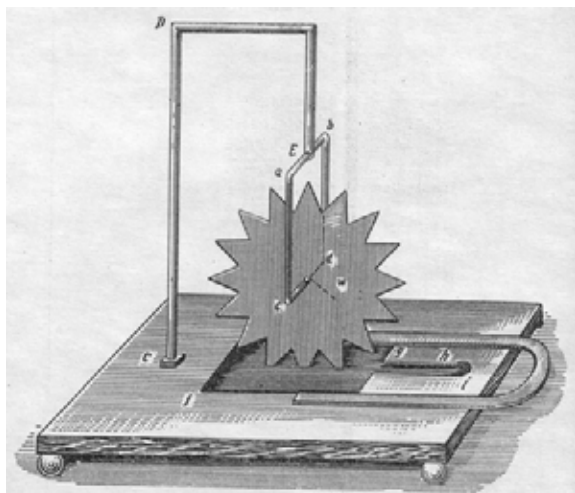
### Ampérův přístroj

Oerstedovu stat' včetně v ní popisovaného pokusu, několik týdnů po jejím vydání, představil švýcarský fyzik Arthur Auguste de la Rive (1801 – 1873) v srpnu 1820 na sjezdu švýcarských lékařů a přírodovědců v Ženevě. Ohlas na ni byl značný a hned na prvním poprázdňinovém zasedání pařížské Akademie věd 4. září 1820 podal přímý účastník sjezdu F. D. Arago ústní informaci o Oerstedově objevu. Téhož roku v září, nezávisle na Seebeckovi a Josephu Louis Gay-Lussacovi (1778 – 1850), Arago prokázal, že proudovodič podobně jako magnet přitahuje železné piliny. Přitom zjistil, že magnetické působení elektrického proudu se značně zvětší, jestliže se vodič svine do tvaru spirály. Tato skutečnost přispěla k tomu, že v září téhož roku německý fyzik, vydavatel známého časopisu *Journal für Chemie und Physik*, Johann Schweigger (1779 – 1857) na základě Oerstedova objevu sestrojil první citlivý přístroj k měření velikosti elektrického proudu, tzv. multiplikátor. Schweiggerův multiplikátor se skládal z dřevěného rámečku ovinutého četnými závity izolovaného měděného vodiče a uprostřed byla podepřena nebo zavěšena deklinační magnetka spojená s ukazovatelem. Od r.1821 prováděl Johann Christian Poggendorff (1796 – 1877) určitá konstrukční zlepšení tohoto měřicího přístroje, která nakonec vedla ke konstrukci multiplikátoru se zrcadlovým odčítáním za pomoci dalekohledu spojeného se stupnicí (1826). Postupně byla prováděna další konstrukční zlepšení těchto měřicích přístrojů (v r. 1825 Ital Leopoldo Nobili (1784 – 1835) sestrojil citlivý astatický galvanometr, v r. 1837 Francouz Claude Serve Pouillet (1790 – 1868) tzv. tangentovou buzolu s kruhovým vinutím aj.).

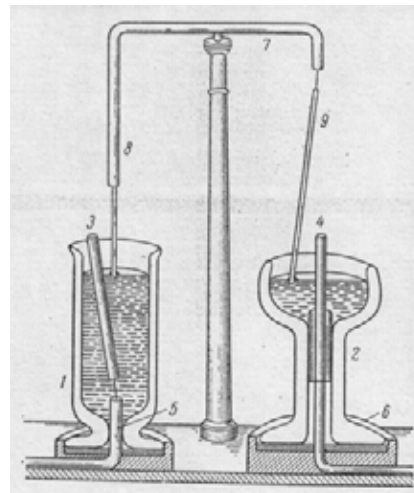


*Z Ampèreových experimentů*

Oerstedův pokus také inspiroval některé badatele ke konstrukcím prvních elektrických motorů, ještě příliš primitivních pro praktické užití. Např. v r. 1820 sestrojil Angličan Peter Barlow (1776 – 1862) první model elektromotoru, tzv. „Barlowovo kolečko“. Barlow umístil mezi póly podkovovitého magnetu na hřideli volně otočný měděný kotouč hvězdicové tvaru, který svými hroty sahal do nádobky se rtutí. Po zapojení elektrického proudu stále stejného směru z vnějšího zdroje EMN se kolečko začalo otáčet. V následujícím roce Michael Faraday zkonstruoval svůj „elektromagnetický točivý stroj“, spočívající v nepřetržitém otáčení volného magnetu kolem stálého proudovodiče, nebo naopak v otáčení volného proudovodiče kolem stálého magnetu.



Barlowovo kolečko



Faradayův točivý strojek

H. Ch. Oersted se omezil jen na kvalitativní popis svých pokusů. Zákon působení elektrického proudu na magnetický pól určili na základě četných experimentů pařížští fyzikové J. B. Biot a Felix Savart (1791 – 1841). Předpokládali, že „tenký“ proudovodič leží spolu s magnetkou v rovině. Výsledky svých měření sdělili 30. října 1820 na zasedání pařížské Akademie věd. Zjistili, že sílu  $dF$ , kterou působí proudový element  $ids$  na magnetický pól ve vzdálenosti  $r$  od proudovodiče lze vyjádřit ve tvaru:

$$dF \sim ids f_1(\alpha) f_2(r),$$

přičemž  $\alpha$  značí úhel, který  $ids$  svírá s  $r$  a  $f_1(\alpha) = \sin\alpha$ . O funkci  $f_2(r)$  nemohli autoři sdělit nic určitého. Teprve Pierre Simon Marquis de Laplace (1749 – 1827) určil, že funkce  $f_2(r)$  musí mít tvar:  $f_2(r) = 1/r^2$ . Takže příslušný vztah pro sílu, jíž působí proudový element  $ids$  na pól magnetu ve vzdálenosti  $r$  od proudovodiče má tvar:

$$dF = K \frac{ids}{r^2} \sin\alpha,$$

kde  $K$  je konstanta, jejíž velikost závisí na použité soustavě jednotek [20, s. 78]. P. S. M. Laplace zobecnil získané výsledky na proudovodič tvaru libovolné uzavřené prostorové křivky a pro sílu pak dostal vztah:

$$dF = K \frac{i}{r^3} (ds \times r)$$

který se nazývá zákon Biotův-Savartův, někdy též zákon Biotův-Savartův-Laplaceův. Dnes se uvedený zákon uvádí ve tvaru:

$$dH = \frac{i}{4\pi r^3} \cdot (ds \times r)$$

Výsledná magnetická intenzita  $H$  v určitém bodě je pak dána superpozicí příspěvků příslušejících všem elementům „tenkého“ vodiče ve tvaru uzavřené křivky v izotropním prostředí [22, s. 283].

Zde je třeba poznamenat, že proudový element  $ids$  nelze izolovat a není tedy ani možno přímo změřit magnetickou intenzitu  $dH$  tohoto proudového elementu. Lze měřit jen celkovou magnetickou intenzitu  $H$  vzbuzenou v daném bodě prostoru všemi elementy

proudovodiče. Laplaceovi se však podařilo najít zobecněním experimentálních výsledků takový elementární zákon, který použit na elementy proudového okruhu libovolného tvaru dává ve všech případech správnou hodnotu výsledné magnetické intenzity. Tudíž platnost Biotova-Savartova-Laplaceova vzorce a principu superposice může být ověřována jen nepřímo, měřením výsledného magnetického pole uzavřených proudových smyček různého tvaru.

Na závěr této kapitoly dodejme, že na počest zakladatele elektromagnetismu byla v soustavě jednotek CGS nazvána jednotka intenzity magnetického pole oersted (Oe).

Avšak největší vklad do studia elektromagnetismu vnesl francouzský fyzik André Maria Ampère, jím zkoumanou oblast studia elektrických a magnetických jevů nazval elektrodynamikou, a pod tímto názvem se také příslušná část fyziky udržela dodnes.

### 3. Život a osobnost André Maria Ampèra



*André Marie Ampère (1775–1836)*

André Marie Ampère se narodil 22. ledna 1775 v obci Polémieux, vzdálené asi 15 km od Lyonu, v rodině zámožného, vzdělaného obchodníka. Poněvadž ve vesnici nebyla škola, vzdělával syna jeho otec. Již v dětském věku projevil mimořádné matematické a jazykové nadání. Studoval přírodní vědy, matematiku, latinu, řečtinu, italštinu. Jako dvanáctiletý si osvojil základy diferenciálního počtu, ve třinácti letech předložil lyonské Akademii věd svou práci o kvadratuře kruhu. V osmnácti letech, kdy ovládal vyšší matematiku a zmíněné jazyky, měl již podrobně prostudovány práce Eulerovy, Bernoulliovy, Lagrangeovy, zejména jeho stěžejní dílo „Mécanique analytique“ („Analytická mechanika“, 1788), a všech dvacet svazků znamenité francouzské encyklopedie, redigované d’Alembertem, Diderotem a dalšími osvícenskými filozofy. Z ní pak dovedl i po

mnoha letech, díky fenomenální paměti, citovat nazpaměť dlouhé pasáže.

V bouřlivém r. 1793, v období Velké francouzské revoluce, v čase jakobínské diktatury, právě když bylo Ampèrovi 18 let, byl jeho otec, považovaný za „aristokrata“, 9. října revoluční gardou zatčen a 24. listopadu 1793 gilotinou popraven za účast na povstání Lyonu proti Konventu. Město se totiž postavilo na stranu krále a Konvent proti němu vyslal trestnou výpravu s cílem celé je zničit. Tato tragická událost vyvolala u mladého Ampèra hlubokou, téměř rok trvající duševní depresi a nepříznivě ovlivnila celý jeho další život. Z této deprese se vzpamatoval až čtením děl římských básníků, spisů francouzského myslitele z období osvícenství Jean-Jacques Rousseaua (1712 – 1778), studiem matematiky, fyziky, chemie, botaniky, filozofie a pokusy o básnickou tvorbu. Ani další jeho život nebyl šťastný. Po deseti letech upadl do další krize, když mu po čtyřletém spokojeném manželství zemřela žena a zanechala mu tříročního syna. Druhé manželství se mu nevydařilo, bylo zdrojem stálých sporů a svárů a skončilo rozchodem. Tyto neblahé životní události spolu s velkou krátkozrakostí značně ovlivnily jeho chování a vystupování. Uvádí se, že Ampère byl po celý život uzavřený, velmi citlivý, pověstně roztržitý se sklony k podivínství, takže se

o něm vyprávěly různé historiky. Velmi malý zájem projevoval o praktický život, téměř všechny své finanční prostředky utratil za vědecké přístroje.

V 18 letech si začal vydělávat na své živobytí, nejprve jako domácí učitel v soukromých domech. V r. 1801 se stal učitelem matematiky, fyziky a chemie na École Centrale v městě Bourgu (na sever od Lyonu) v kraji Ain. V té době ho nejvíce zaujala matematika a v r. 1802 zveřejnil svou první matematickou práci z teorie pravděpodobnosti „*Considérations sur la théorie mathématique du jeu*“ („Úvod do matematické teorie her“), kterou vysoce ocenili d’Alembert a P. S. M. Laplace. To mu umožnilo získat v r. 1803 místo profesora matematiky, fyziky a astronomie na lyceu v Lyonu. V r. 1805 odchází na École Polytechnique do Paříže, kde se stává nejprve repetitorem (přednášejícím) matematické analýzy, od r. 1807 profesorem matematiky a od r. 1809 vedoucím katedry vyšší matematiky a mechaniky na této škole a generálním inspektorem vysokoškolských studií. V té době se věnoval především matematice, publikoval několik studií věnovaných aplikacím vyšší matematiky na problémy z mechaniky. Za výzkumy v oblasti diferenciálních rovnic a v teorii pravděpodobnosti byl v r. 1814 zvolen členem pařížské Akademie věd jako nástupce Lagrangeův. Již za svého života byl Ampère velmi uznávaný. Do jeho skromné laboratoře přijížděli vědci z mnoha zemí, aby se mohli seznámit s jeho zajímavými pokusy. Postupně získával členství v řadě učených společností v Evropě, a dokonce přes válečný stav mezi Francií a Anglií se stal členem londýnské Královské společnosti nauk. Od r. 1824 až do konce života působil jako profesor matematiky a fyziky na Collège de France. Zemřel 10. června 1836 při své inspekční cestě na univerzitě v Marseille a je pochován na pařížském Montmartu. Ačkoliv se dočkal četných vědeckých poct a uznání z mnoha stran, nebyl v životě spokojený, o čemž svědčí i to, že vyjádřil přání, aby na jeho náhrobku byl nápis „*Tandem felix*“ („Konečně šťastný“).

Ampèreův vědecký záběr byl značně široký, zajímal se o nejrůznější vědní obory. Byl nejen vynikajícím matematikem a fyzikem, ale i významným chemikem, biologem a filozofem. Ve fyzice se nejprve zabýval teorií světla, v r. 1815 publikoval práci o lomu světla, v r. 1816 obhajoval Fresnelovu vlnovou teorii světla proti Biotovi a Laplaceovi, kteří hájili Newtonovu korpuskulární teorii. V chemii nezávisle na Amadeo Avogadrovi (1776 – 1856) vyslovil zákon, dnes známý jako Avogadrův zákon (1811), že plyny o stejném objemu, teplotě a tlaku mají stejný počet molekul, a podal v historii vědy první klasifikaci chemických prvků podle jejich podobnosti (1816). V botanice vypracoval systematiku druhů rostlin a v zoologii byl zastáncem evoluční myšlenky. Zajímal se také o historii, jazykovědu, psychologii, logiku, antickou literaturu a básnickou tvorbu. Jako lingvista se snažil o vytvoření univerzálního jazyka podle představ Leibnize a Descarta. Ampère je i autorem obsáhlých filozofických pojednání, v nichž se např. zabýval metafyzikou, církevními dogmaty nebo vztahem mezi vědou a vírou. Zanechal obsáhlé rozpracované dílo „*Essai sur la Philosophie des sciences*“ („Pokus o filozofii věd, aneb analytický výklad přirozené klasifikace všech lidských poznatků“). V něm se proslavil svým dichotomickým tříděním věd, které připomíná umělý systém švédského přírodovědce Carl Linnea (1707 – 1778) v botanice. Obdobnými problémy se v dávné minulosti zabývali Aristoteles, Platon a v 17. a v 18. století Francis Bacon (1561 – 1626), Wilhelm Leibniz (1646 – 1716), Jean d’Alembert (1717 – 1783) aj., když téměř každý nový velký vědecký objev otvíral novou oblast lidského poznání. Ampèrova klasifikace obsáhla 64 vědeckých oborů, z nichž některé sám navrhl, jako např. technickou mechaniku, která se později stala základem vědecké stavby strojů, nebo kybernetiku, která se teprve po sto letech začala utvářet v samostatnou vědeckou disciplínu o zákonitostech řízení a regulace různých systémů a soustav (z řeckého slova „kybernetiké“, což znamená řídit loď). Ve svých úvahách se Ampère také zajímal o

otázky lidského štěstí, zdůrazňoval potřebu nové vědy, vědy o lidském štěstí, a zajímal se o možnost uskutečnění spravedlivého společenského řádu. První část díla vyšla v r. 1834, druhou nedokončenou část vydal až po Ampèrově smrti v r. 1843 jeho syn Jean-Jacques Ampère, významný francouzský archeolog, lingvista a literární historik.

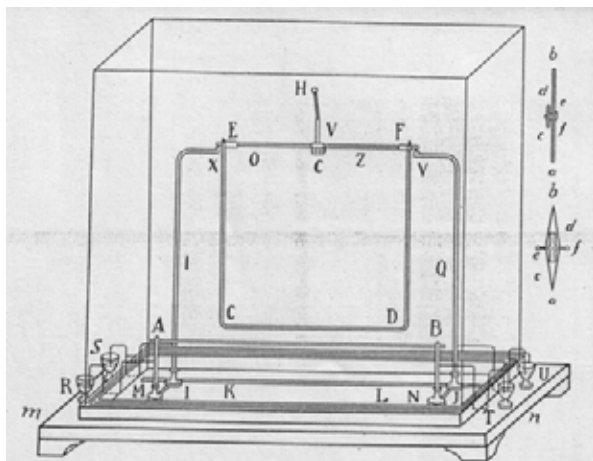
Pro fyziku mají základní význam Ampèrovy práce z let 1820 – 1827, kdy se pod vlivem Oerstedova objevu pustil s velkým nadšením a energií do studia elektromagnetických jevů a vypracoval jednotnou soustavu elektromagnetických zákonů, kterou nazval elektrodynamika (1822). Tím se trvale zapsal do dějin fyziky. Po r. 1827 se již tímto oborem nezabýval a vrátil se opět k bádání v matematice, uveřejnil několik prací z vyšší matematiky. Nejvýznamnější z nich je „Výklad principů variačního počtu“.

#### 4. Ampèrova elektrodynamika

Již první Aragovo sdělení o Oerstedově pokusu 4. září 1820 na zasedání pařížské Akademie věd a zejména Aragova demonstrace Oerstedova pokusu o týden později, 11. září 1820, na Ampèra silně zapůsobily. Okamžitě pochopil význam nového objevu. Dočasně se přestal zabývat matematikou a během dalšího týdne provedl řadu pokusů a na zasedání Akademie věd 18. září 1820 přednesl své první výsledky. I přesto, že mnoho členů Akademie věd pod vlivem Gilbertova a Coulombova tvrzení o nezávislosti elektrických a magnetických jevů proti novému objevu a jeho interpretaci vystupovalo, Ampère potvrdil platnost Oerstedova pokusu a s jistotou prokázal souvislost elektrických a magnetických jevů.

Ampère jako první rozlišil dva základní pojmy: elektrické napětí a elektrický proud, do té doby se mezi těmito fyzikálními veličinami nečinil rozdíl. Elektrický proud (1820) považoval, na rozdíl od Oersteda, který hovořil o elektrickém konfliktu, za „stav elektřiny ve vodivém obvodu vyvolaný působením elektromotorických sil“ [10, s. 130]. Tedy elektrické napětí se jeví jako příčina a elektrický proud jako její následek. Směr elektrického proudu definoval směrem pohybu kladné elektřiny (dnes kladného elektrického náboje). Od r. 1825 se pak fyzikové řídili touto konvencí. Ampère také určil pravidlo pro směr elektrického proudu uvnitř Voltova sloupu. Za jeho směr považoval: „směr od konce, kde se při rozkladu vody uvolňuje vodík ke konci, na kterém se uvolňuje kyslík. Směr elektrického proudu ve vodiči, který spojuje oba konce Voltova sloupu, je pak dán směrem od konce, kde se uvolňuje kyslík ke konci, kde se uvolňuje vodík“ [10, s. 130]. Významné tedy je, že Ampère poprvé upřesňuje a definuje nejen základní elektrické pojmy jako elektrický proud a elektrické napětí, ale i další důležité pojmy jako: elektrický obvod, určuje směr elektrického proudu uvnitř galvanického článku i ve vnějším uzavřeném obvodu. Někteří vědci, jako např. Philipp Lenard, poukazují na to, že Ampère si byl dobře vědom vlivu „odporu“ vodiče na velikost elektrického proudu při daném napětí a že nechybělo mnoho, aby sám objevil Ohmův zákon (1826). Také navrhl přístroj na „zjišťování přítomnosti elektrického proudu ve Voltově sloupu“, jakož i na měření jeho velikosti a směru v elektrickém obvodu. Nový přístroj nazval galvanometrem (1820). Spočíval na výchylce magnetky elektrickým proudem, což je vhodná úprava Oerstedova pokusu - v podstatě první prototyp tangentové buzoly. Pro úplnost poznamenejme, že obdobný přístroj sestrojil v r. 1820 také německý fyzik Johann Schweigger a nazval jej multiplikátorem (Schweiggerův multiplikátor). Pro směr výchylky magnetky umístěné pod přímým proudovodičem Ampère vyslovil tzv. „pravidlo plavce“ (později je Maxwell nahradil „pravidlem pravé ruky“, dnes známé jako „Ampèrovo pravidlo pravé ruky“): „Představme si, že ležíme ve směru proudu tak, aby tekl od našich nohou k hlavě a tváří se obrátíme

k magnetce. Potom účinkem proudu se bude vychylovat vlevo ze svého ustáleného směru ten konec magnetky, který směřuje na sever“ [4, s. 59]. Zároveň Ampère dospěl v r. 1820 k závěru, že pomocí vodičů a magnetek by bylo možno sestavit „určitý typ telegrafu s pomocí Voltova sloupu umístěného ve větší vzdálenosti od magnetek“ [10, s. 130]. Bohužel jím navržený „telegraf“ se neujal.



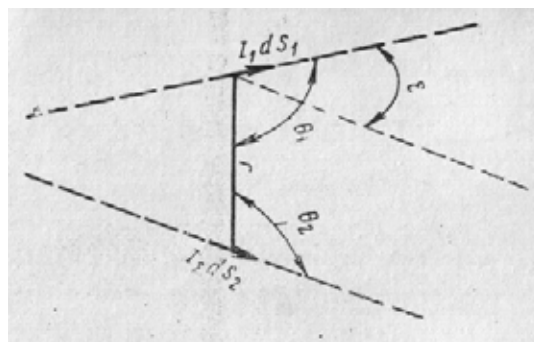
*Ampèrova aparatura na měření vzájemného silového působení proudovodičů*

Na zasedáních pařížské Akademie věd 18. a 25. září 1820 Ampère jako první vystoupil s poznatkem o vzájemném silovém působení dvou proudovodičů, které nejprve nazval „voltaickým přitahováním a odpuzováním“, potom „přitahováním a odpuzováním elektrických proudů“ až v r. 1822 volil termín „elektrodynamické silové působení“ [6, s. 253]. Zjistil, že vodiče se souhlasnými proudy se přitahují a vodiče s nesouhlasnými proudy se odpuzují, tedy zcela opačně než je tomu u elektricky nabitých těles v elektrostatice, přičemž nezáleželo na tom, zda protékající proudy náleží témuž proudovému okruhu nebo různým proudovým okruhům. Tím se hned objevená elektrodynamická síla odlišovala od síly elektrostatické. Aby dosáhl co největší pohyblivosti proudovodičů zavěsil je do mističek se rtutí, nebo volil obdobnou jednoduchou úpravu. Pokusy konal nejen s vodiči přímého tvaru, ale i kruhového tvaru a s cívkami o mnohonásobném kruhovém vinutí, které nazval solenoidy, jež ostatně již použil u svého galvanometru. Po počátečních kvalitativních výzkumech se Ampère pokusil 4. prosince 1820 o matematické vyjádření vztahu pro sílu, jíž na sebe působí dva délkové elementy vodičů  $ds_1$ ,  $ds_2$  protékané proudy  $i_1$ ,  $i_2$ , aniž blíže naznačil metodu, jakou k němu dospěl (tzv. Ampèrův zákon):

$$dF = \frac{Ki_1i_2ds_1ds_2}{r^2} (\cos \varepsilon - \frac{3}{2} \cos \delta_1 \cos \delta_2),$$

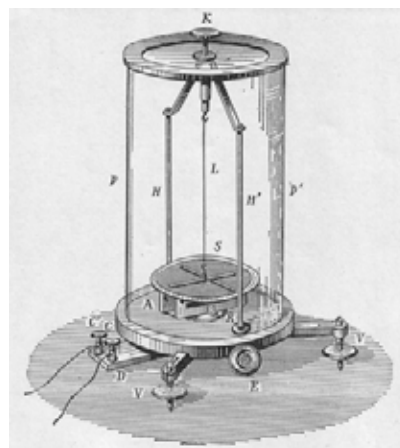
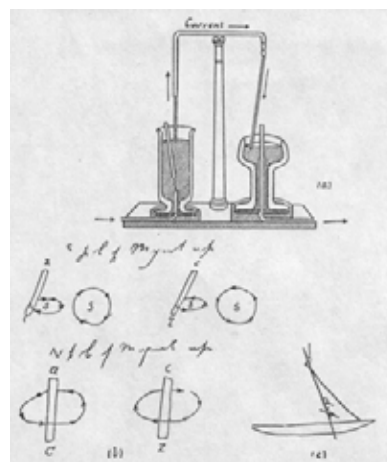
přičemž  $\varepsilon$  je úhel mezi proudovými elementy  $i_1ds_1$  a  $i_2ds_2$  a  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  jsou úhly, které svírají tyto proudové elementy s jejich spojnicí  $r$ . Konstantu  $K$  zvolil Ampère rovnu jedné, čímž položil základ k absolutní elektrodynamické soustavě jednotek. [15, s. 72], [20, s. 78].

Téměř současně s formulací silového



působení mezi proudovodiči vytvořil Ampère novou, mimořádně smělou, ve své době téměř nepochopenou, podle současníků nedostatečně podloženou hypotézu, avšak jak se později ukázalo, velmi významnou koncepci teorie magnetismu, která byla ve 20. století dále rozvíjena elektronovou fyzikou. Vystoupil s představou o elektrickém původu magnetismu. Na rozdíl od většiny fyziků považoval za primární jev nikoli interakci magnetu a elektrického proudu, ale interakci proudovodičů, přičemž magnetismus považoval jen za druhořadý efekt provázející pohyb elektřiny. V r. 1820 vyslovil myšlenku o ekvivalentnosti proudové smyčky s magnetem (Ampèrův teorém). Permanentní magnet považoval za „souhrn elementárních kruhových elektrických proudů ležících v rovinách kolmých ke spojnicí obou pólů magnetu“ [10, s. 131]. Podle Ampèrovy molekulární teorie magnetismu kolem každé molekuly železa trvale prochází elektrický proud, a ten vytváří z každé molekuly elementární magnet – molekulární magnet (termín zavedl německý fyzik Wilhelm Eduard Weber (1804 – 1891), když vypracoval svou teorii molekulárních magnetů). V nezmagnetovaném stavu jsou tyto elementární magnety nepravidelně uspořádány a jejich účinek se navzájem ruší. Magnetováním se elementární magnety seřadí svými osami do téhož směru, proudy se pak všude uvnitř ruší a zbývají jen proudy při povrchu, které vytvářejí cívku – solenoid. Proto podle této Ampèrovy představy postupným dělením magnetu získáme zase magnet a nelze takto osamostatnit severní a jižní magnetismus.

Ampère odmítl ideu o existenci magnetického fluida, jak ji prosazoval Franz Ulrich Aepinus a mnozí další fyzikové. Popíral všechny představy, které pohlížely na magnetismus jako na zvláštní magnetickou substanci. Magnetické jevy považoval výhradně za projev působení elektrických proudů, což bylo v jeho době velmi významné, přímo průkopnické tvrzení, které se ovšem setkalo s četnými pochybnostmi, námitkami a často velmi odsuzující kritikou ze strany tehdejších vědců. Např. J. B. Biot, tvrdil, že Ampèrovy molekulární proudy připomínají překonanou představu karteziánských vírů. Biot vysvětloval vzájemné působení proudovodičů a působení proudovodiče na magnetku z fluidové teorie. Předpokládal, že když vodičem protéká elektrický proud, potom se pod jeho vlivem v něm existující magnetická fluida rozdělí na kladná a záporná a vzniknou magnetické dipóly. A právě vzájemným působením těchto dipólů, které se ve vodiči vhodným způsobem uspořádají, vznikají síly, které působí mezi proudovodiči a mezi proudovodičem a magnetkou. Samozřejmě Ampèrova hypotéza měla mnoho zranitelných míst, na které bylo v té době obtížné odpovědět, jako např. proč v magnetizovaných tělesech vznikají molekulární proudy, jaká je jejich podstata, když bez zdroje EMN není možná existence trvalého elektrického proudu, jaký je původ tohoto EMN, jakými silami se v magnetech udržují molekulární proudy v určitých směrech, proč nevzniká teplo, jsou-li tyto proudy trvalé apod. Avšak brzo Ampère našel určité potvrzení své molekulární hypotézy ve Faradayově objevu tzv. „elektromagnetického otáčení“. (Viz obr.) V r. 1821 Michael Faraday zjistil, že kolem stálého magnetu se otáčí volný proudovodič a naopak kolem stálého proudovodiče se zase otáčí volný magnet.





Tento jev Ampère považoval za dostatečný důkaz k vyvrácení Biotových názorů a dalších zastánců fluidové teorie, neboť předpokládané vhodné uspořádání magnetických dipólů v proudovodiči by mohlo vyvolat jen přitažlivé nebo odpuzivé síly a nikoliv dvojici otáčivých sil. Pro úplnost poznamenejme, že uspokojivá odpověď na zmíněné otázky přišla až po více než 70 letech, na sklonku 19. století, kdy elektronovou teorií byla vytvořena atomistická struktura elektřiny.

Ampère také dokazoval, že známé magnetické vlastnosti Země jsou způsobeny elektrickými proudy, které protékají v rovině kolmé k magnetické ose. Jejich příčinu viděl v náhodném seskupení hornin, v nichž pak vznikly galvanické články. V r. 1821 tuto představu upřesnil a Zemi považoval za gigantický solenoid. Předtím prokázal, že každý solenoid protékáný elektrickým proudem se chová jako magnet a je-li volně zavěšen, pak vlivem magnetického pole Země zaujme jeho osa polohu rovnoběžnou s magnetickým poledníkem. Rovněž ověřil, že souhlasné póly dvou solenoidů se odpuzují a nesouhlasné póly se přitahují. V r. 1822 italský fyzik Leopoldo Nobili podpořil Ampèrovu představu tím, že sestrojil „přístroj“, sestávající z „koule, kterou obmotal ve směru rovnoběžek kovovým vodičem, jehož konce spojil se zinkovou a měděnou elektrodou Voltova sloupu“ (v některých kurzech fyziky se tento přístroj nazývá „Barlowova koule“, ačkoliv jej Barlow popsal o dva roky později než Nobili) [6, s. 257].

V r. 1822 se k některým Ampèrovým představám a závěrům vyslovil negativně M. Faraday ve svých „Experimentálních výzkumech elektřiny“ [5]. Na tyto námítky reagoval ještě v témže roce A. M. Ampère společně s některými dalšími badateli ve „Sborníku měření z elektromagnetismu“ [4], [14].

V r. 1820 A. M. Ampère sestrojil se svým spolupracovníkem F. Aragem první elektromagnet. Jestliže vložili do cívky protékané elektrickým proudem ocelovou tyčinku, získali permanentní magnet. Tím upozornili na možnost výroby mnohem silnějších permanentních magnetů, než bylo možno docílit do té doby všeobecně používanou metodou – potíráním ocelové tyčinky magnetovcem nebo jiným magnetem. Naopak po vložení tyčinky z měkkého železa zjistili její magnetické vlastnosti jen tehdy, když cívkou procházel elektrický proud - vznikl elektromagnet. Rovněž konstatovali, že se změnou směru elektrického proudu v cívice se mění polarita vzniklého elektromagnetu. To byl významný technický objev, který našel později řadu užití u různých elektrických přístrojů, strojů a zařízení. V r. 1825 se vlastnostmi elektromagnetů zabývali: anglický vynálezce William Sturgeon (1783 – 1850) a německý fyzik a chemik Adolf Kupffer (1799 – 1865). Ten také zjistil, že magnetické vlastnosti měkkého železa se zmenšují s rostoucí teplotou. V r. 1832 Američan Joseph Henry (1797 – 1878) zkonstruoval silný elektromagnet, který dovolil zvednout břemeno o hmotnosti dvou tun.



*André Maria Ampère a François Arago*

Všechny své poznatky Ampère uložil do stěžejního spisu „Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience“ („O matematické teorii elektrodynamických jevů odvozených výlučně z experimentů“), který vyšel v r. 1826 v Paříži, s podtitulem „Dílo, ve kterém jsou sebrány práce p. Ampèra, přednesené na zasedáních královské Akademie věd ve dnech 4. a 26. prosince 1820, 10. června 1822, 22. prosince 1823, 12. září a 28. listopadu 1825“ [1], [10, s. 131], [20]. Ampère budoval elektrodynamiku podle vzoru Newtonových „Principií“. Hned v úvodu napsal: „Pozorovat jevy, ...měřit, odvodit všeobecné zákony vycházející výlučně z pokusů a z těchto zákonů, bez jakýchkoliv předpokladů o povaze sil tyto jevy vyvolávající, odvodit matematické vyjádření uvedených sil, čili odvodit vzorec, který je reprezentuje – to byla cesta, po které krácel Newton. Touto cestou obvykle šli vědci ve Francii, kterým je fyzika zavázána za velké úspěchy v poslední době. Tímto směrem jsem se ubíral i já při zkoumání elektrodynamických jevů“ [4, s. 57], [21, s. 225]. Ampèrovu vzorci pro sílu, která působí mezi dvěma proudovodiči byl ve své době přisuzován velký význam. James Clerk Maxwell jej nazval „fundamentálním vzorcem elektrodynamiky“. Získaný vztah byl zcela analogický s Newtonovým gravitačním zákonem i s Coulombovými zákony pro elektrostatiku a magnetostatiku, a poněvadž ve vzorci nebyl obsažen ani čas, ani rychlost, potvrzoval představu o tzv. „okamžitém působení sil do dálky“, tzv. „actio in distans“. Ampère ze svého vzorce odvodil empiricky získaný Biotův-Savartův-Laplaceův zákon. K samotnému odvození Ampèrova vztahu se v r. 1873 vyjádřil Maxwell takto: „Ampèrova metoda, třebaže má zdánlivě induktivní formu, nám neumožňuje sledovat proces, v němž se utvářely a rozvíjely myšlenky, jež k ní vedly. Zdá se skoro neuvěřitelné, že Ampère vskutku odhalil svůj zákon vzájemného působení pomocí pokusů, které popisuje. Vnucuje se podezření, že – jak to ostatně on sám říká – odhalil svůj zákon metodou, kterou nám neukazuje a že když dodatečně zkonstruoval dokonalý důkaz, odstranil všechny stopy po lešení, jehož použil k jeho vybudování“ [4, s. 61], [14, s. 246].

Ampèrův vynikající spis byl v průběhu 19. století podroben mnohým kritickým rozborům, např. v dílech Hermanna Günthera Grassmanna (1809 – 1877), Wilhelma Eduarda Webera, Hermanna Helmholtze (1821 – 1894), J. C. Maxwella a Olivera Heavisideho (1850 – 1925). Německý matematik, jeden z tvůrce vektorové analýzy (1844) H. G. Grassmann vyjádřil Ampèrův zákon v přehlednějším a dnes běžně používaném vektorovém tvaru:

$$\mathbf{F} = K i_1 i_2 \oint_{c_1} \oint_{c_2} \frac{d\mathbf{s}_2 \times (d\mathbf{s}_1 \times \mathbf{r})}{r^3},$$

kde  $c_1$ ,  $c_2$  jsou křivky, jež vyjadřují tvary vodičů protékané proudy  $i_1, i_2$ . Zobecněním Ampèrova zákona byl později získán zákon celkového proudu (tj. první Maxwellova rovnice, zatím ještě bez posuvného proudu):  $\oint_c \mathbf{H} d\mathbf{l} = I$  [15, s. 73, 75], [16, s. 246].

Právem se Ampère považuje za zakladatele elektrodynamiky a J. C. Maxwell ho dokonce příznačně nazval „Newtonem elektřiny“. Jeho dílo se časově i věcně řadí mezi dílo Coulombovo a Maxwellovo a představuje jeden z vrcholů vývoje elektrodynamiky. Ampèrova elektrodynamika ovlivnila fyziku na téměř dalších padesát let a postupně ji rozvíjeli takoví významní badatelé, jako byli např. v Německu W. E. Weber a Franz Ernst Neumann (1798 – 1895). Ovšem základním nedostatkem jejich představ stále zůstávala koncepce „okamžitého působení sil do dálky“ a neuznávání existence pole. Náprava byla

učiněna až elektromagnetickou teorií pole, k níž po experimentální stránce významnou měrou přispěl M. Faraday [5] a po teoretické stránce J. C. Maxwell [13].

V r. 1881 na Mezinárodním kongresu fyziků v Paříži byla na počest A. M. Ampère nazvána jednotka elektrického proudu.

## Literatura

- [1] AMPÈRE, A. M.: Elektrodinamika. Izdatělstvo Akademii nauk SSSR, Moskva 1954.
- [2] BALÁŽ, P.: Význační fyzici. SPN, Bratislava 1966.
- [3] BELKIND, L. D.: André-Marie Ampère. Nauka, Moskva 1968.
- [4] DUKOV, V. M.: Elektrodinamika (Istorija i metodologija makroskopičeskoj elektrodinamiki). Vysšaja škola, Moskva 1975.
- [5] FARADAY, M.: Experimental Researches in Electricity, 3 díly. Taylor & Francis, London 1839 – 1855. Vydání ve dvou svazcích Dover, New York 1965.
- [6] GLIOZZI, M.: Storia della fisica. Torino 1965 (ruský překlad 1970).
- [7] GOLIN, G. M.: Klasiki fizičeskoj nauki. Vysšaja škola, Minsk 1981.
- [8] CHRAMOV, Ju. A.: Fiziki, biografičeskij spravočnik. Nauka, Moskva 1983.
- [9] CHRAMOV, Ju. A.: Biografija fiziki, chronologičeskij spravočnik. Těchnika, Kijev 1983.
- [10] KUDRJAVCEV, P. S.: Kurs istorii fiziki. Prosveščeniye, Moskva 1974.
- [11] KUZNĚCOV, B. G.: Evoljucija elektrodinamiki. Izdatělstvo Akademii nauk SSSR, Moskva 1963.
- [12] MALÍŠEK, V.: Co víte o dějinách fyziky. Horizont, Praha 1986.
- [13] MAXWELL, J. C.: A Treatise on Electricity and Magnetism. Vol. I., II. At the Clarendon Press, Oxford 1873.
- [14] MAYER, D.: Newton elektřiny. K 200. výročí narození A. M. Ampère. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 20 (1975), č. 5, s. 241 – 247.
- [15] MAYER, D.: Pohledy do minulosti elektrotechniky. Kopp, České Budějovice 1999.
- [16] SEDLÁK, B. - ŠTOLL I.: Elektřina a magnetismus. Academia, Praha 2002.
- [17] SCHREIER, W.: Biographien bedeutender Physiker. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1984.
- [18] SCHREIER, W., u. a.: Geschichte der Physik. Ein Abriss. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1988.
- [19] SPASSKIJ, B. I.: Istorija fiziki I. Izdatělstvo Moskovskovo universitěta 1963.
- [20] TRICKER, R. A. R.: Frühe Elektrodynamik. Wissenschaftliche Taschenbücher, Band 96, Akademie – Verlag, Berlin 1974 (překlad: Early Electrodynamics. Pergamon Press, Oxford 1965).
- [21] ZAJAC, R. – ŠEBESTA, J.: Historické pramene súčasnej fyziky 1. Od Aristotela po Boltzmana. Alfa, Bratislava 1990.
- [22] Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz. Prometheus, Praha, 2001.

## SNAHY O APLIKÁCIU ELEKTROMAGNETICKÝCH JAVOV V DIELE ŠTEFANA ANIÁNA JEDLIKA

**MIROSLAV TIBOR MOROVICS**

*Historický ústav SAV, Bratislava, SR*

### ABSTRACT

#### *Efforts of application electromagnetic phenomenon's in the work of S.A. Jedlik*

*Benedictinus S.A. Jedlik, worked for many years as a professor of physics at Budapest University and is known as one of the most significant physicist in Hungary during 19 th Century. He attended to various parts of Physics, but he was focused to theory and experiments in the field of electricity, magnetism and electrotechnics, where he gained the most important successes. Jedlik enthusiastically spectated the world's most famous pioneers' researches in the mentioned fields and finally became one of them as well. Between the years 1827 and 1829 he constructed first model of electromotor, which was the first and one of kind, in which rotor and stator were acting roles of electromagnets. His other invention „unipolar inductor“ was unique too. By using this machine he invented and applied dynamo electrical principle 5 years before Werner Siemens and others.*

Relatívne jednoduchý Oerstedov pokus z roku 1820, dokazujúci magnetické účinky elektrického prúdu je skutočným historickým medzníkom v dejinách náuky o elektrine a magnetizmu, ale aj samotnej elektrotechniky. Odštartoval celkom nový smer v poznávaní elektrických a magnetických javov v ich vzájomnom prepojení a v súvislostiach v podobe elektromagnetizmu. Bol to mimoriadne rozmanitý a produktívny smer bádania, ktorý sa nikdy neuzavrel do mantinelov rýdzo teoretických výskumov, ale od samotných začiatkov prinášal aj svoje praktické plody v podobe rozličných technických aplikácií alebo aspoň ich princípov. Teória a experimentálna prax sa v dejinách vedy len málokedy vyvíjali v takej tesnej spojitosti ako práve v prípade poznávania elektromagnetických javov a technických zariadení uplatňujúcich elektromagnetické princípy. Markantným príkladom je životné dielo geniálneho Michaela Faradaya, ktorý v svojich experimentálnych výskumoch rovnako úspešne odhaľoval vedeckú podstatu ako aj v nej skrývajúce technické princípy a stal sa tak priekopníkom nielen náuky o elektromagnetizme ale aj samotnej elektrotechniky.

V počiatkových fázach vývoja bolo experimentálne zázemie štúdia elektromagnetických javov jednoduché a pomerne nenáročné, čo otváralo priestor aj experimentátorom pracujúcim ďaleko od renomovaných vedeckých centier. Vďaka tejto okolnosti sa mohol stať aktívnym účastníkom týchto výskumov aj známy maďarský fyzik, benediktín Štefan

Anián Jedlik (1800 – 1895), dlhoročný profesor peštianskej univerzity, ktorý viacerými pozoruhodnými výsledkami prekvapil už počas svojho stredoškolského účinkovania.<sup>1</sup>



*Obr. č. 1: Štefan Anián Jedlik (1800 – 1895)*

Jedlik bol trpezlivým a dôkladným experimentálnym fyzikom s vynikajúcim citom pre technické detaily, vďaka čomu sa mu podarilo skonštruovať celý rad zariadení, ktoré mu zabezpečujú svetový primát vo viacerých oblastiach fyziky a jej technických aplikácií. Najvzácnejšie boli jeho snahy o aplikáciu elektromagnetických javov, cenné i tým, že sa rodili v počiatočnej, objaviteľskej fáze poznávania tejto sféry fyziky a zároveň elektrotechniky. Je pozoruhodné, koľko príbuzných črt môžeme objaviť v štýle bádateľského úsilia M. Faradaya a Š.A. Jedlika, čím samozrejme nie je mojím zámerom porovnávať ich vedecký prínos v dejinách. Jedlik v začiatkoch svojej vedeckej dráhy ako keby sa nechával inšpirovať Faradayovou činnosťou, čo nie je vylúčené, lebo nielenže poznal jeho pokusy, ale systematicky ich opakoval a v mnohých smeroch na ne nadväzoval.

<sup>1</sup> Literatúra o živote a diele Š.A. Jedlika (najmä v maďarčine) je pomerne bohatá. Výber z najdôležitejších titulov:

FERENCZY, V.: Jedlik Ányos István élete és alkotásai 1800–1895, 1.–4. rész. Győr 1936–1939. (Reprint: Győr, Czuczor Gergely Bencés Gimnázium 2000.)

VEREBÉLY, L.: Jedlik Ányos két úttörő találmányáról. Budapest, Magyar Elektrotechnikai Egyesület 1930. (Reprint: Budapest, Jedlik Ányos Társaság 1994. Ďalej len VEREBÉLY, L.: Jedlik ...)

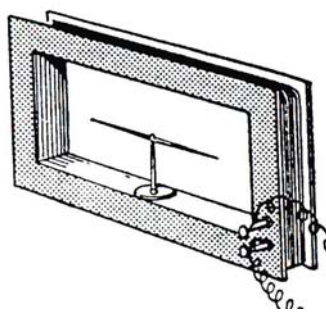
JEDLIK Ányos emlékezete születésének 200. évfordulóján. Budapest, Jedlik Ányos Társaság 2000. (V zborníku sú okrem nových publikované aj dôležitejšie staršie štúdie o Š.A. Jedlikovi.)

Svojským spôsobom sa tak zapojil do experimentálnych výskumov priekopníkov elektromagnetizmu a jeho vo svete málo známe výsledky sú obdivuhodné vzhľadom na mieru vedeckej izolovanosti tvorcu a celkové podmienky ich zrodu. Kým Faradayove vedecké snahy boli v hospodárskych podmienkach priemyselnej revolúcie a z nich vyplývajúcej spoločenskej klíme vtedajšieho Anglicka priaznivo motivované, Jedlik ani zd'aleka sa nemohol oprieť o takéto plodné zázemie. V Uhorsku, kde sa priemyselná revolúcia presadila až v druhej polovici 19. storočia, bolo skutočne prekvapujúce, že niekto sa zaoberal s elektromagnetickými javmi prakticky súčasne alebo len s malým omeškaním za objavom týchto fenoménov, ba čo viac, dosahoval so svetovým vývojom porovnateľné priekopnícke výsledky.

Zámerom tohto príspevku je priblížiť Jedlikove snahy o aplikáciu elektromagnetických javov, ktoré v jeho diele sa rozvíjali paralelne s úsilím o ich poznávanie a interpretáciu v rámci výučby. Najvýznamnejšie výsledky v tomto smere dosiahol pri skúmaní zariadení, ktoré elektromagnetizmus využívajú na vytváranie súvislého, najmä rotačného pohybu, teda elektromotorov, resp. využívajú jav elektromagnetickej indukcie na výrobu elektrického prúdu, čiže generátorov. Jedlikove snahy veľmi organicky zapadajú do širších vývojových prúdov vedúcich k objavu a rozšíreniu týchto zariadení, preto bude logické, ak jeho úsilie priblížime na pozadí vývoja tejto oblasti fyziky a elektrotechniky.

### Začiatky vývoja elektromotorov na jednosmerný prúd

Fyzikálny princíp elektromotora bol v zárodku prítomný už v úvode spomínanom Oerstedovom pokuse (1820), ktorý realizoval výchylku magnetky v magnetickom poli vodiča. H.Ch. Oersted ďalej objavil, že voľne zavesený kruhový závit prúdovodiča sa správa podobne ako magnetka. Na Oerstedove pokusy veľmi skoro, medzi prvými reagoval André Maria Ampère, ktorý systematicky skúmal silové pôsobenie medzi vodičmi s prúdom, odvodil zákon neskôr po ňom nazvaný, čím položil základy elektrodynamiky.<sup>2</sup> Cesta k elektromotorom použiteľným v praxi bola samozrejme ešte pomerne dlhá. Bolo potrebné nájsť predovšetkým spôsob, ako zosilniť silové účinky vznikajúce z elektromagnetizmu a najmä vyriešiť otázku, ako pretransformovať silové



Obr. č. 2: *Schweiggerov multiplikátor*

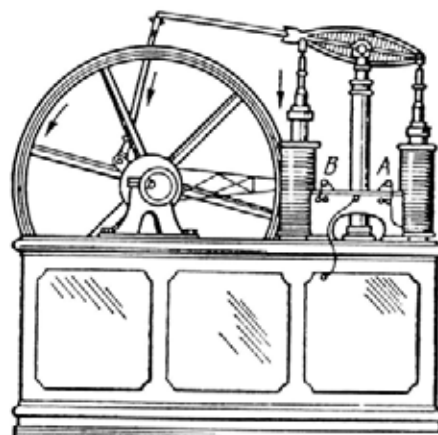
pôsobenie na súvislý mechanický pohyb. Zosilnenie vychýľovacieho efektu z Oerstedovho pokusu bolo možné dosiahnuť jednoduchým zariadením pozostávajúcim z viacerých špirálovito navinutých závitov vodiča, tzv. Schweiggerovým multiplikátorom (1820-21). (Obr. č. 2)<sup>3</sup> Roztiahnutím závitov multiplikátora do tvaru pružiny vznikla prvá cievka (solenoid) dnešného obvyklého tvaru, ako výsledok nápadu francúzskeho fyzika Dominique Araga, ktorý mal ináč osobitne veľkú zásluhu na tom, že Oerstedov objav sa dostal do povedomia vedeckých kruhov a stal sa inšpirátorom ďalších výskumov. Prvý elektromagnet – cievku s jadrom z mäkkého železa – zostrojil v roku 1825

<sup>2</sup> MAYER, D.: Pohledy do minulosti elektrotechniky. České Budejovice, Kopp 2004, s. 76. (Ďalej len MAYER, D.: Pohledy ...)  
Pozri aj štúdiu R. Kolomého v tomto zborníku.

<sup>3</sup> MAYER, D.: Pohledy ... , s. 202.

Angličan William Sturgeon. On bol zároveň prvým, kto použil pri vinutí izolovaný vodič, čím pri rovnakých rozmeroch mohol aplikovať väčší počet závitov, čo viedlo k väčšej sile jeho magnetov. Skutočným majstrom v konštruovaní výkonných elektromagnetov bol však Američan Joseph Henry, ktorý v roku 1831 vyrobil elektromagnet so zdvihom približne 1,5 tony. On aplikoval prvý raz aj vinutia s viacerými vrstvami.

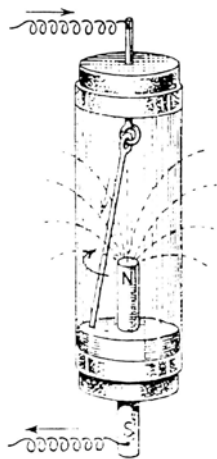
Elektromagnet na začiatku 30. rokov 19. storočia sa stal zrelým aj pre praktické, hoci priemyselné využitie, najmä ak odhliadneme od absencie vhodného výkonného zdroja elektrického prúdu. Bola to éra parného stroja, ktorého štandardné konštrukčné prvky boli inšpiráciou pri zhotovovaní tzv. piestových alebo výkyvných elektromotorov. Jeden z prvých takýchto elektromotorov skonštruoval práve J. Henry. Táto cesta vývoja sa napokon ukázala ako slepá ulička, lebo výhodnejším riešením sa stali elektromotory s rotačným pohybom vyvinuté tiež v týchto rokoch. (Obr. č. 3)<sup>4</sup>



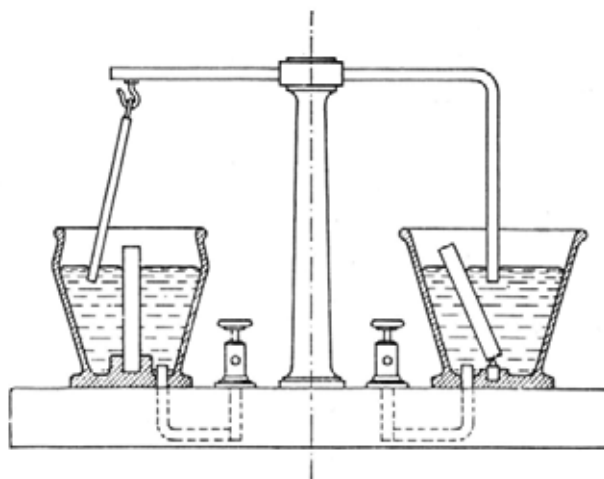
Obr. č. 3: *Elektromotor, ktorého konštrukčným vzorom bol parný stroj*

Prvé zariadenie, ktoré realizovalo špeciálnu formu otáčavého pohybu v dôsledku elektromagnetických síl, bol dômyselný laboratórny model M. Faradaya z roku 1821.

(Obr. č. 4)<sup>5</sup> V tomto modeli vhodne zavesený priamy vodič krúži okolo permanentného tyčového magnetu opisujúc pritom plášť kužeľa. Elektrický obvod sa uzatvára cez misku s ortuťou, do ktorej je voľný koniec vodiča ponorený. M. Faraday zostrojil ešte viaceré



Obr. č. 4: *Faradayov model elektromotora (1821)*



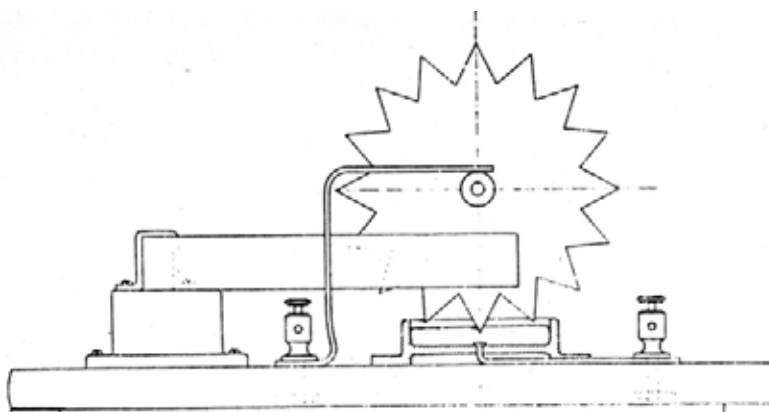
Obr. č. 5: *Faradayovo zariadenie na demonštráciu elektromagnetických rotácií*

<sup>4</sup> MAYER, D.: Pohledy ... , s. 296.

<sup>5</sup> MAYER, D.: Pohledy ... , s. 291.

podobné zariadenia, ktoré sa líšia technickými detailmi. V jednom z týchto modelov napr. hrotom podpätý tyčový magnet sa otáča v ortuťovom kúpeli okolo rovného vodiča – opäť akoby po povrchu pomysleného kužela. Vytvoril aj zaujímavú kombináciu týchto dvoch zariadení. (Obr. č. 5)<sup>6</sup> V inom jeho zariadení zasa tyčový magnet plával v ortuti po kruhovej dráhe okolo prúdovodiča. Faradayov model z roku 1821 sa často spomína ako prvý elektromotor, ale jeho zariadenia sú napospol vhodné skôr pre demonštráciu fyzikálneho princípu ako pre skutočný silový pohon. Treba konštatovať, že v tomto smere ešte neskrývajú v sebe ani možnosť technického zdokonalenia.

O krok bližšie k technicky realizovateľnému elektromotoru bolo ďalšie zariadenie, nazývané podľa objaviteľa ako Barlowovo koliesko. (Obr. č. 6.)<sup>7</sup> Riešené býva ako vodivý kotúč, prípadne kotúč s hviezdovitými zárezmi, ktorý sa dostáva do rotačného pohybu v poli permanentného magnetu podkovovitového tvaru. Prívod prúdu je riešený cez os kolieska a obvod sa uzatvára cez jeho okraj, resp. ramená hviezd, ktoré sa ponárajú do žliabku s ortuťou. Motorček Petera Barlowa je z roku 1822 (podľa iných prameňov z 1821).



Obr. č. 6: Barlowovo koliesko

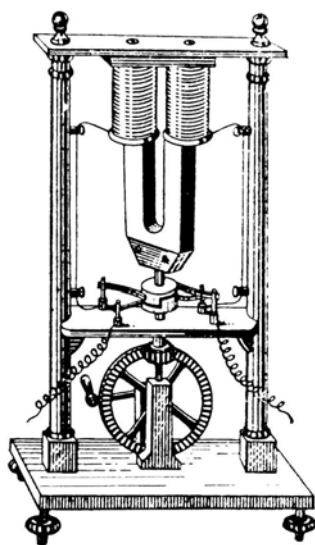
Dejiny techniky ako ďalší významnejší medzník vo vývoji elektromotorov zaznamenávajú zvyčajne až generátory jednosmerného prúdu zo začiatku tretieho decénia 19. storočia, ktoré v inverznom zapojení môžu zvyčajne pracovať aj ako elektromotory. Takým bol napr. generátor parížskeho mechanika Hyppolita Pixii z roku 1832, pôvodne zdroj striedavého prúdu, ale čoskoro doplnený aj mechanickým prepínačom, z ktorého sa vyvinul komutátor. (Na obr. č. 7.)<sup>8</sup> Rotujúcou časťou v tomto generátore bol permanentný magnet v tvare podkovy, cievky s mäkkým jadrom tvorili stator. O rok neskôr vyšiel Škót William Ritchie s opačným konštrukčným riešením, ktoré sa ukázalo ako výhodnejšie. Permanentný magnet v jeho generátore plní funkciu statora, otáčajú sa cievky s jadrom a komutátorom. Stroj bol schopný pracovať aj v režime elektromotora na jednosmerný prúd.

<sup>6</sup> VEREBÉLŤ, L.: Jedlik ... , s. 13.

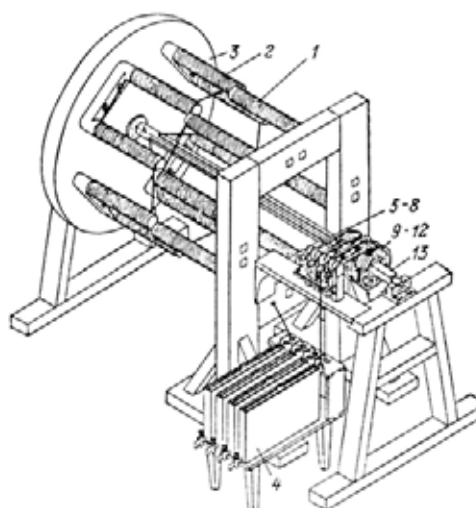
<sup>7</sup> VEREBÉLŤ, L.: Jedlik ... , s. 14.

<sup>8</sup> MAYER, D.: Pohledy ... , s. 293.





Obr. č. 7: *Generátor H. Pixi (1832)*



Obr. č. 8: *Elektromotor M.H. Jacobiho (1834)*

V literatúre veľmi často práve W. Ritchie je považovaný za vynálezcu elektromotora súčasného typu.<sup>9</sup>

Konštruktérom prvého skutočne výkonného rotačného elektromotora však bol Nemeč pôsobiaci v Petrohrade, Moritz Hermann Jacobi. Jeho prototyp z roku 1834 bol už čisto elektromagnetický, stator aj rotor tvorili elektromagnety s jadrom podkovovitého tvaru. (Obr. č. 8)<sup>10</sup> Po rozličných konštrukčných zdokonaleniach bol Jacobiho stroj v roku 1838 údajne schopný poháňať čln s viacerými osobami proti prúdu na Neve. Údaje o okolnostiach tohto pokusu a o výkone motora sa síce rozchádzajú, ale zhodujú sa v tom, že išlo o prvý výkonnejší stroj tohto druhu.

V 30. rokoch 19. storočia sa problematikou elektromotora a zvlášť magnetoelektrických strojov zaoberali viacerí ďalší bádatelia, napr. T. Davenport, S. del Negro, C.G. Page, S. Hjorth, E.M. Clarke a ďalší. Postupne sa črtali aj možnosti praktického využitia stroja. Američan C.G. Page napr. už v roku 1842 zostrojil elektrický rušeň, ktorý bol schopný ťahať 5 tonový vozeň rýchlosťou asi 6 km/h. Všeobecnému šíreniu elektromotorov však bránila okolnosť, že v tom období ešte neboli k dispozícii dostatočne výkonné zdroje prúdu. Batérie galvanických článkov v Pageovej elektrickej súprave sa vyčerpali napr. po 1 – 2 km.

<sup>9</sup> PATURI, F.R.: *Kronika techniky*. Bratislava, Fortuna Print 1993, s. 207.

<sup>10</sup> MAYER, D.: *Pohledy ...*, s. 297.

## Jedlikov model elektromotora

Málo známym, ale o to zaujímavejším intermezzom v počiatočnom vývoji elektromotora boli s témou súvisiace snahy Š.A. Jedlika. Po ukončení štúdií bol Jedlik v rokoch 1825–1831 profesorom benediktínskeho lýcea v Rábe (Győr). Z inventárov a ďalších prameňov je zjavné, že s úspechom sa usiloval o budovanie fyzikálneho kabinetu školy, v neposlednom rade aj vo vzťahu k rodiacej sa disciplíne elektromagnetizmu. Jedlik nielen poznal, ale systematicky opakoval, modifikoval a analyzoval pokusy prvých priekopníkov tejto oblasti, H.Ch. Oersteda, A.M. Ampèrea, M. Faradaya a ďalších. Do konštrukčných snáh vývoja elektromotora sa zapojil v čase, kedy okrem Oerstedovho pokusu ako fyzikálneho základu boli známe Schweiggerov multiplikátor, Faradayove pokusy s elektromagnetickými rotáciami, Barlowovo koliesko a elektromagnet v podobe cievky so železným jadrom. Túto vývojovú fázu môžeme považovať za východisko pokusov mladého stredoškolského profesora fyziky. Vychýľovací pokus zopakoval Jedlik nielen v kombinácii multiplikátor–magnetka, ale aj v usporiadaní otočný elektromagnet v poli multiplikátora. Magnetka aj elektromagnet sa v určitej polohe ustália, lebo prekročenie tejto polohy by už viedlo k opačne orientovanej vychýľovacej sile. Jedlik tento jav mnohokrát pozoroval, zároveň ho začala zamestnávať myšlienka, ako prekonať tento mŕtvy bod, resp. ako premeniť ohraničenú výchylku elektromagnetu na súvislý rotačný pohyb. Z tohto podnetu vznikli niekedy v druhej polovici 20. rokov 19. storočia jeho unikátne „elektromagnetické rotory“ – zariadenia, ktoré elektromagnetické sily skutočne premieňali nielen na výchylky, ale na súvislé rotácie.<sup>11</sup> Jedlik vyhotovil celý rad takýchto zariadení, ktoré prešli aj veľkým konštrukčným vývojom. Popri iných otázkach ho táto problematika intenzívne zamestnávala aj v 30. a 40. rokoch.

Prvé, konštrukčne najjednoduchšie Jedlikove modely pozostávali z multiplikátora, teda cievky obdĺžnikovitého tvaru, uprostred ktorého na kovovom hrote sa otáčal dvojramenný elektromagnet. (Pozri obr. č. 9.) V jednom zo zachovaných modelov má multiplikátor rozmery asi 140-150 x 50-60 mm. Jeho vinutie má 12 závitov a vyhotovené je z izolovaného medeného drôtu priemeru asi 1 mm. Izolácia je z hodvábu. Multiplikátory ďalších modelov boli v podstate rovnaké, líšili sa len rozmermi, počtom závitov, spôsobom pripájania zdroja, prípadne inými nepodstatnými detailmi. Rotačné časti motorčekov boli vymeniteľné, zjavne sa vyvinuli zo skorších Jedlikových pokusov, v ktorých plnili funkciu „umelej magnetky“. Boli to tyčové elektromagnety so železným jadrom alebo niekedy aj bez jadra, ktoré po nasadení na kovový hrot sa mohli voľne otáčať. Kvôli zvýšeniu stability znížil Jedlik ťažisko rotačnej časti tým, že celý magnet rozdelil na dve ramená spojené so sedlom v tvare obráteného písmena V. Ramená s vinutím boli v jednej línii a museli byť dobre vyvážené. Sedlo sa opieralo o hrot v lome písmena V. Šírka rotačnej časti v spomenutom zachovanom modeli je asi 126,5 mm. Jadro bolo vyhotovené z tyče z mäkkého železa priemeru 7,8 mm. Na oboch ramenách je po 80 závitov z rovnakého medeného drôtu z akého je multiplikátor. Vinutia jednotlivých strán sú navíjané v dvoch vrstvách a zapojené sú sériovo. Keďže išlo o pohyblivé súčiastky, chýlostivým detailom bol spôsob napájania cievok, ktorý musel rešpektovať požiadavku flexibility a malého mechanického odporu. V tomto smere sa nechal Jedlik inšpirovať bežným riešením tých

<sup>11</sup> Keďže v tej dobe ešte neexistoval ustálený výraz pre elektromotor, v dobových latinských textoch používal Jedlik zväčša opisné pomenovanie typu „zariadenie, v ktorom umelý magnet sa otáča ...“. V neskorších maďarských textoch používal prevažne (dnes už tiež zastaralý) výraz „villamdelejes forgony“, čo sa dá preložiť ako „elektromagnetický rotor“.

čias, s ktorým sa stretávame u Faradaya, Barlowa, ale i ďalších: elektrický kontakt pohyblivej časti zabezpečil prostredníctvom ortuti. Voľné konce vinutia rotujúcich cievok boli v jeho motorčeku pripojené k zdroju cez žliabky s ortuťou v tvare dvoch koncentrických prstencov.<sup>12</sup>



Obr. č. 9 : *Elektromagnetický rotor Š.A. Jedlika (1829)*<sup>13</sup>  
(jeden z najstarších zachovaných modelov)

Originálne a novátorské na Jedlikovom riešení bolo, že prstencové žliabky predelil na dve polovičky, zároveň vhodným zapojením zabezpečil, aby smer prúdu vo vinutí cievok sa cyklicky menil po každom polobrate (180°). Rotujúci elektromagnet sa tak po každej polotáčke prepóloval a práve to viedlo k zachovaniu rovnakej orientácie krútiaceho momentu a k súvislým otáčkam rotora v motorčeku. V tomto riešení objavujeme ideu aj prvú praktickú realizáciu deleného ortuťového komutátora, čo je jednou z Jedlikových priorít.<sup>14</sup>

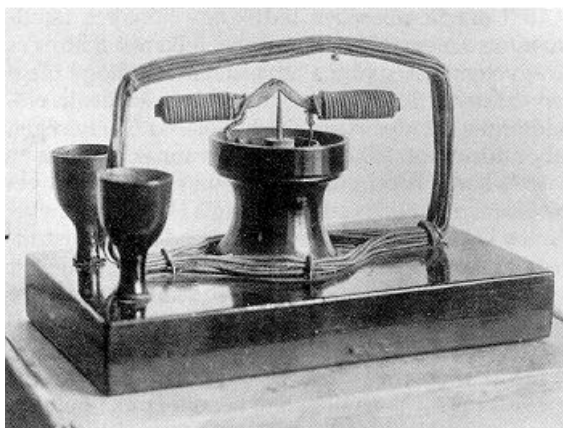
Predelenie žliabok bolo riešené malými drevenými klinmi, čo mohlo prekážať pri pohybe voľných koncov cievok zabezpečujúcich elektrický kontakt cez ortuť. Tento problém vyriešil Jedlik tiež zaujímavým spôsobom. Využil vlastnosť ortuti, že nezmáča stenu nádoby, vďaka čomu bolo možné naplniť kontaktné prstence „vrchovato“. Samotný povrch ortuti preto máličko prečnieval nad okraje žliabku i samotnej deliacej prepážky. Spomenuté

<sup>12</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3., s. 99–101.

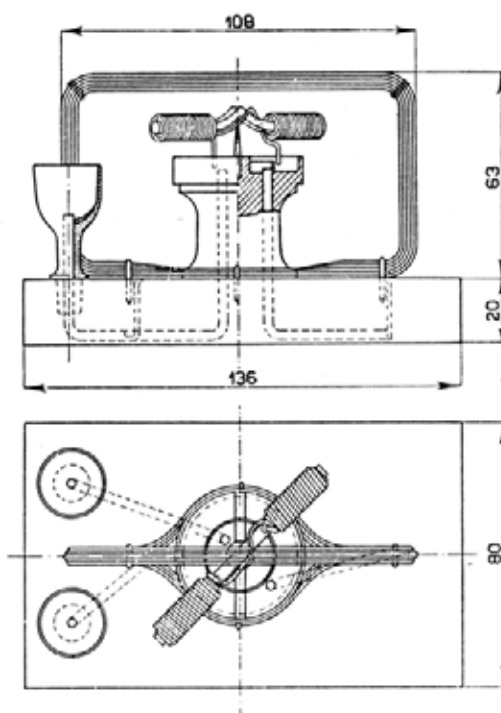
<sup>13</sup> Obrázok dostupný na  
[http://www.tanszertar.hu/eken/2005\\_03/jedlik\\_elemei\\_2/forgony.jpg](http://www.tanszertar.hu/eken/2005_03/jedlik_elemei_2/forgony.jpg)

<sup>14</sup> VEREBÉLY, L.: Jedlik ... , s. 14.

voľné konce vinutia boli nastavené tak, že sa ponárali do ortuti len veľmi plytko a nad deliacou prepážkou voľne prechádzali. Samozrejme celý systém musel byť veľmi dobre vyvážený. Na dopĺňovanie ortuti a reguláciu jej hladiny začal neskôr používať drevené kalichy spojené cez kanáliky s prstencami komutátora. Cez tieto kalichy bolo jednoduché pripájať aj zdroje, najčastejšie galvanické články. (Obr. č. 10–11)



Obr. č. 10 : *Elektromagnetický rotor s kalichmi na regulovanie hladiny ortuti*<sup>15</sup>  
(okolo r. 1830)



Obr. č. 11 : *Nákres elektromagnetického rotora s kalichmi*<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Foto: archív autora.

<sup>16</sup> VEREBÉLŤ, L.: Jedlik ... , s. 23.

## Kedy vznikol Jedlikov model elektromotora?

Celý Jedlikov motorček pôsobí tak trochu krehkým dojmom, za čo môže predovšetkým spôsob závesu pohyblivej časti. Ešte ani zďaleka nemožno hovoriť o výkonnej pohonnej jednotke schopnej poháňať ďalšie stroje. Je to zatiaľ naozaj len laboratórny model, demonštračná pomôcka, to však neznižuje význam objavu a samotného zariadenia. Jedlikov model bol prvým elektromotorom v dejinách, v ktorom pevnú aj pohyblivú časť – stator aj rotor – tvorili elektromagnetické prvky, čiže nie kombinácia permanentného magnetu a vinutia.<sup>17</sup>

Hoci Jedlikova priorita v tomto smere (podobne ako v otázke deleného ortuťového komutátora) je bezpochybná, dnes už nemáme k dispozícii žiadne dokumenty, ktoré by priamo a jasne zdokumentovali, kedy sa v rábskom kabinete prvý raz roztočil jeho krehký elektromagnetický motorček. Oporným bodom pri datovaní je vynálezcov list z roku 1886 adresovaný Ágostonovi Hellerovi, známemu maďarskému historikovi fyziky, v ktorom Jedlik kladie svoj objav do rokov 1827 – 1828. List bol odpoveďou na Hellerov dopyt ohľadne dátumu a okolností objavu.<sup>18</sup> Na inom mieste Jedlik spomína, že to bolo v roku úmrtia Alessandra Voltu (1827).<sup>19</sup> Možno namietat, že išlo o nepresné spomienky vtedy už staručkého profesora, ale aspoň približné datovanie upresňujú, resp. zhora ohraničujú aj ďalšie dokumenty a pramene.

V Jedlikovej pozostalosti uloženej v rukopisných zbierkach knižnice benediktínskeho opátstva v Pannonhalme sa dodnes zachoval do zošitku viazaný 58 stránkový latinský rukopis *Ordo Experimentorum in usum Praelectionum suarum concinnatus ab Aniano Jedlik O.S.B. in Collegio Jaurinensi Professore Anno 1829.*<sup>20</sup> (Súpis experimentov, ktoré na použitie vo vlastných prednáškach zostavil Anián Jedlik O.S.B. profesor rábskeho kolégia v roku 1829). Ide o zoznam a stručný popis 292 experimentov, ktoré výstižne charakterizujú prednášky začínajúceho profesora. Svedčia nielen o širokom obsahovom zábere a o vysokej úrovni týchto prednášok, ale zároveň o skutočnosti, že Š.A. Jedlik v rámci nich sprítomňoval na pôde školy aj súdobú vedu.

Z hľadiska nami položenej otázky je zaujímavý 290. experiment, ktorý demonštruje nasledovný jav: „Elektromagnetický drôt môže spôsobiť súvislý rotačný pohyb okolo podobného elektromagnetického drôtu.“<sup>21</sup> Výrazom „elektromagnetický drôt“ – ako to vyplýva z predchádzajúcich pokusov – označoval Jedlik pojem elektrickým prúdom zmagnetizovaného vodiča. Podľa kontextu to mohol byť jednoduchý prúdovodič, cievka pod prúdom a fakticky aj elektromagnet. Až na toto neobvyklé označenie objavujeme

<sup>17</sup> VEREBÉLY, L.: Jedlik ..., s. 11.

<sup>18</sup> Jedlikov list Ágostonovi Hellerovi z 18. februára 1886. (Koncept)  
Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátság Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / V. C. / 25  
Sčasti cituje FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3., s. 162–166.

<sup>19</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3., s. 167.

<sup>20</sup> Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátság Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / V. C. / 2

<sup>21</sup> JEDLIK, A.: *Ordo Experimentorum ...* (Pokus č. 290.)  
Uložené: Pozri predchádzajúcu poznámku.)  
Cituje aj FERENCZY, V.: Jedlik ..., 1. s. 19.

v experimente č. 290 demonštráciu princípu elektromotora (s elektromagnetickým rotorom aj statorom). Práve Ordo Experimentorum je najjasnejším dôkazom toho, že Jedlik vyučoval fyziku skutočne prostredníctvom experimentov a preto nemáme dôvod pochybovať o tom, že najneskôr v roku 1829 už demonštroval príslušný princíp jedným zo svojich prvých elektromagnetických rotorov.

290 Una drata electo-magnetica usca aliā  
perites electo-magnetica motum rota,  
sivum continum conijere jobest.

Obr. č. 12 : Experiment č. 290 z Ordo Experimentorum  
(princíp rotačného elektromotora)

Existenciu takejto demonštračnej pomôcky potvrdzujú aj ďalšie rukopisy z Jedlikovej pozostalosti. Je to napr. inventár fyzikálneho kabinetu rábskeho lýcea Status Musei Physici in Collegio Jaurinensi ... anno 1831.<sup>22</sup> (Stav [zbierok] fyzikálneho múzea rábskeho kolégia ...anno 1831). Súpis vyhotovil Jedlik pri príležitosti svojho prechodu na nové pôsobisko, na kráľovskú akadémiu v Prešporke, čiže niekedy vo februári-marci 1831. Z hľadiska datovania elektromotora je zaujímavá najmä inventárna položka č. 5 zo súpisu elektromagnetických prístrojov. Hovorí o „železe“, ktoré zmagnetizované výhradne len elektrickým prúdom demonštruje súvislú rotáciu uprostred elektromagnetického multiplikátora. Prístroj je zaevidovaný k roku 1830 a stál 3 zlaté 48 grajciarov. Z inventára samozrejme nevyplýva, že ide o prvý model elektromotora, je dokonca pravdepodobnejšie, že evidovaná bola už neskoršia, technicky viac zdokonalená verzia. S touto položkou, ale aj s ďalšími z tohto inventára korešpondujú viaceré údaje nedatovaného Jedlikovho rukopisu Pretia rerum in usum Musaei Jaurinensis curatorum (Cena predmetov získaných pre rábske múzeum).<sup>23</sup> Je to krátky cenový súpis rozsahu jedného hárku, vyhotovený pravdepodobne ako vyúčtovanie nákladov alebo ako predloha k inventáru. Tu sa spomína ešte jasnejšie „umelý magnet otáčajúci sa uprostred multiplikátora“ v rovnakej cene, pričom pod pojmom umelý magnet treba chápať elektromagnet, ako to vyplýva z vysvetlenia na inom mieste rukopisu.

Rok 1830 teda môžeme považovať za hornú časovú hranicu vytvorenia Jedlikovho motora, za rok, kedy model už zdokumentovane existoval. Oba súpisy však zhodne uvádzajú niekoľko ďalších elektromagnetických prístrojov, rotačných nevynímajúc, čo jasne dokumentuje, že otázky elektromagnetizmu a elektromagnetických rotácií neboli v roku 1830 pre Jedlika už žiadnou novinkou. Napr. prístroj, v ktorom spoznáваме Faradayovu aparátúru na znázornenie elektromagnetických rotácií, eviduje Status Musei ... k roku 1828, multiplikátor a „umelú magnetickú strelku“ k roku 1829 atď. Keďže

<sup>22</sup> Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátság Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma.  
Sign. BK 184 / V. C. / 2.a (Múzeum v zmysle fyzikálneho kabinetu.)

<sup>23</sup> Tamže.  
(Úryvky z rukopisu Pretia Rerum aj z citovaného inventára publikuje aj FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 95–97.)

z Jedlikovho ďalšieho života vieme, že na každom svojom pôsobisku sa nepretržite staral o zveľaďovanie fyzikálnych zbierok, oprávnené môžeme predpokladať, že princíp elektromotora vyslovený v Ordo Experimentorum bol už v roku 1829 – a možno aj o niečo skôr – krytý experimentmi s funkčným „elektromagnetickým rotorom“. Osobne považujem tento rok za najneskorší dátum Jedlikovho bezpochyby originálneho a samostatného objavu elektromotora.

Z pôvodných modelov niekoľko sa aj zachovalo, pravdepodobne najstarší kompletný motorček v zbierkach benediktínskeho gymnázia v Rábe. Viktor Ferenczy, katedrový nástupca Š.A. Jedlika na rábskej škole, zasvätený autor jeho monumentálneho životopisu predpokladá, že tento model je z roku 1830. (Na obr. č. 9 je obdobný model.) Motorček spolu s ďalšími prístrojmi je v súčasnosti vzácnym exponátom stálej výstavy o živote a diele Š.A. Jedlika na Benediktínskom gymnáziu Gergelya Czuczora v Győri.

### Otázka priority objavu z pohľadu Š.A. Jedlika

Treba dodať, že nepresnosti a nejednoznačnosť v datovaní zrodu modelu elektromotora vyplývajú aj zo skutočnosti, že Jedlik svoj objav nepublikoval, nepatentoval ani iným spôsobom nezdokumentoval z hľadiska priority. Pritom sám si uvedomoval alebo prinajmenšom vytušil význam svojho objavu. (Žiaľ, nie je to jediný podobný prípad jeho vedeckej dráhy, ako sa o tom môžeme presvedčiť aj v iných súvislostiach.) Súviselo to vari s neskúsenosťou a nedostatkom sebadôvery začínajúceho profesora, ale aj s nevídanou skromnosťou, ktorá ho celý život sprevádzala. Príznačný je jeho (už spomenutý) list Á. Hellerovi, v ktorom napísal: „Keď som v rokoch 1827 a 1828 s prijateľným výsledkom zhotovil aparát slúžiaci na elektromagnetické rotácie, ešte sa nenachádzali v časopisoch ... a prírodovedeckých prácach, ktoré som mal k dispozícii, opisy podobných elektromagnetických zariadení alebo pokusov s nimi. Z tejto okolnosti som usúdil, že objaviteľom [vyššie] popísaného elektromagnetického aparátu a spôsobu jeho užívania som ja, ale vlastne len z pohľadu svojej osoby. Ako začínajúci učiteľ fyziky som sa neraz presvedčil, že niektoré fyzikálne úkazy, ku ktorým som dospel na základe vlastných úvah a bádání, boli iným už dávno známe, ba dokonca boli publikované vo fyzikálnych príručkách, s ktorými som ešte nemal príležitosť a čas sa zoznámiť.“<sup>24</sup>

Dodatočne sa domáhať priority objavu po rokoch už nemalo pre Jedlika význam. V citovanom liste zhrnul svoje výsledky vo veci elektromagnetických rotácií (elektromotora) a svoj postoj k otázke priority takto: „Keďže som vtedy o elektromagnetických rotáciách nič nepublikoval, musím sa uspokojiť s tým, že som sa o ne – vychádzajúc z objavov Oersteda, Ampèrea, Schweiggera a ďalších – sám zaslúžil a že som v 30. rokoch na prešporskej akadémii a v 40. rokoch na budapeštianskej univerzite

<sup>24</sup> Jedlikov list Ágostonovi Hellerovi z 18. februára 1886. (Pozri pozn. č. 10.)

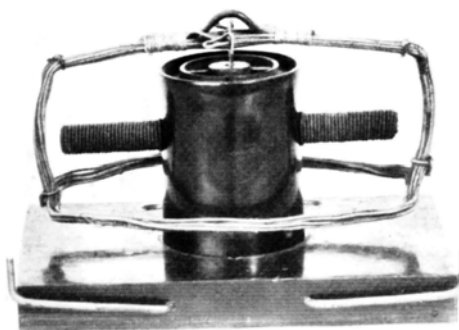
V citovanom liste – na bodkami vyznačenom mieste – vymenoval Jedlik súdobé odborné časopisy, ktoré sledoval. Zoznam je prekvapujúco bohatý a svedčí o mimoriadne dobrej vedeckej informovanosti Š.A. Jedlika. Boli to časopisy *Journal für Physik und Chemie* (Schweigger), *Annalen der Physik und Chemie* (Poggendorff – Gilbert), *Zeitschrift für Physik und Mathematik* (Baumgartner – Eittingshausen), *Polytechnisches Journal* (Dingler). (V zátvorkách sú mená hlavných redaktorov alebo vydavateľov, pod ktorých menami sa zvyčajne spomínali časopisy.) K dispozícii mal aj známy *Gehlerov Physikalisches Wörterbuch*.

vyhotovil ... elektromagnetické rotory vhodné pre potreby fyzikálnych kabinetov. ... V súčasnosti by už bolo ťažké s kýmkoľvek sa sporiť o prioritu objavu ...<sup>25</sup>

Prinajmenšom v tejto jednej veci nebol Š.A. Jedlik nasledovateľom svojho veľkého vzoru M. Faradaya – v poslednom bode si už neosvojil duch jeho známeho kréda „Work, finish, publish!“. Bola to samozrejme veľká škoda, lebo k medzníkom vo vývoji elektromotorov vyznačených konštrukciami M. Faradaya (1821), P. Barlowa (1822/1821), H. Pixii (1832), W. Ritchieho (1833), M.H. Jacobiho (1834) a ďalších treba jednoznačne priradiť elektromagnetické rotory Š.A. Jedlika, ktoré už (najneskôr) v roku 1829 obsahovali v sebe zárodok neskoršieho vývoja: komutátor a kombináciu elektromagnetického rotora i statora. V tomto zmysle za analogické môžeme považovať až (technicky isteže dokonalejšie) Jacobiho motory. To už je inou otázkou, že spomenuté konštrukcie vďaka svojej publicite ovplyvnili aj technický vývoj elektromotorov, na rozdiel od Jedlikových modelov, ktoré zostali neznáme ako demonštračné pomôcky vo fyzikálnych kabinetoch a laboratóriách škôl, v ktorých pôsobil ich priskromný vynálezca a konštruktér.

### Neskoršie elektromotory Š.A. Jedlika

Š.A. Jedlik sa nezastavil pri základnom modeli svojho elektromagnetického rotora, ale najmä v 30. a 40., dokonca aj v 50. rokoch 19. storočia skonštruoval celý rad ďalších elektromotorov, ktoré sa líšili najmä v technických detailoch. V jednom variante (pravdepodobne z roku 1830) sa multiplikátor otáčal okolo pevného elektromagnetu. (Na obr. č. 13)<sup>26</sup> Na znázornenie efektu akcie-reakcie skonštruoval dokonca elektromagnetický rotačný prístroj, v ktorom sa otáčali elektromagnet aj multiplikátor – samozrejme opačným smerom. V niektorých modeloch namiesto pôvodných dvojíc multiplikátora (bez jadra) a elektromagnetu kombinoval vhodne upravené elektromagnety s jadrom. Takéto modely sa síce zachovali až z neskorších rokov, ale možnosť tejto kombinácie už spomína aj Status Musei ... k roku 1830. V neskorších konštrukciách boli nepraktické ortuťové komutátory nahradené prstencovými a treba uznať, že tieto modely – vyhotovené zručnými remeselníkmi – už spĺňajú kritériá skutočných strojov či prístrojov, nielen krehkých demonštračných pomôcok. V 40. rokoch 19. storočia zamestnávala Jedlika aj možnosť využitia elektromotora na pohon koľajnicového vozidla, fakticky elektrického rušňa, čoho výsledkom je jeho vozík so špeciálnym elektromotorom, ktorého stator mal tvar polkružnicovej podkovy. (Obr. č. 14) Vyhotovený bol len ako demonštračná pomôcka, ale Jedlikove záznamy svedčia o tom, že ako métu mal pred sebou aj silové využitie takejto



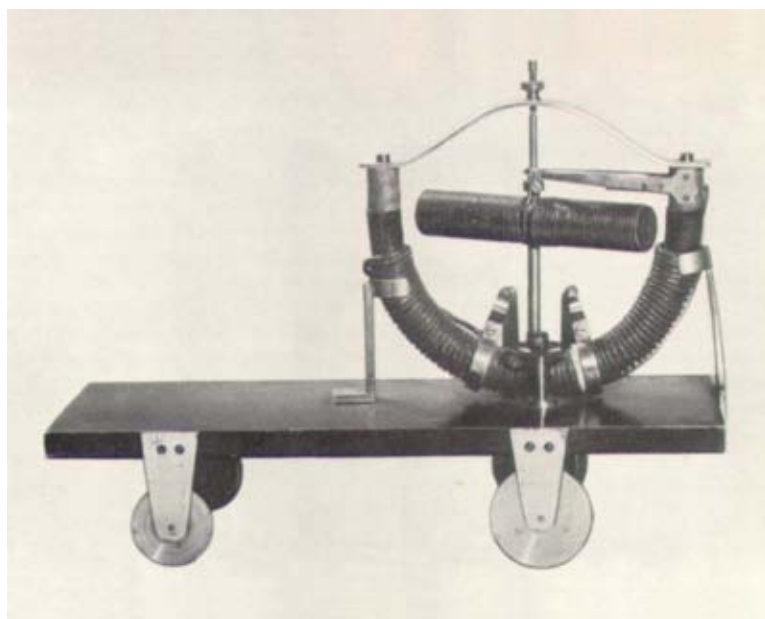
Obr. č. 13 : Model elektromotora s rotujúcim multiplikátorom (okolo r. 1830)

<sup>25</sup> Jedlikov list Ágostonovi Hellerovi z 18. februára 1886. (Pozri pozn. č. 10.)

<sup>26</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. Obrazová príloha, tabuľa 6.



lokomotívy. Zdokumentované bolo napr. aj to, že v roku 1854 sa mu podarilo vyriešiť aj pohon svojho stroja na rezanie optických mriežok elektromotorom vlastnej konštrukcie.<sup>27</sup>



Obr. č. 14 : *Jedlikov kol'ajnicový vozík na elektrický pohon*<sup>28</sup>

Jedlik napriek všetkým svojim konštrukčným a aplikačným snahám si však viac vážil svoj objav, ktorým experimentálne poukázal na možnosť realizácie súvislých elektromagnetických rotácií, ako samotné modely elektromotorov. Je to napokon aj prirodzené, lebo v čase objavu ešte neexistoval dostatočne výkonný a stály zdroj elektrického prúdu, ktorý by umožnil, aby elektromotory dokázali konkurovať iným pohonným jednotkám, najmä parnému stroju. Veril však tomu, že nastane doba, kedy takáto konkurencia sa stane reálnym faktorom. Napr. správu o svojej prednáške so zameraním na elektromagnetické javy uviedol roku 1841 slovami: „V našom plynúcom storočí, v jeho prítomnosti bohatom na vynálezy sa nádejáme, že obrovskú, ale zároveň nebezpečia plnú silu pary budeme môcť nahradiť elektromagnetickou silou ...“<sup>29</sup>

Spomenutá prednáška odznela 7. septembra 1841 v Pešti v rámci hnutia Putovných zhromaždení uhorských lekárov a prírodospytco, do ktorého sa Jedlik aktívne zapojil. Bol to jeden z dvoch známych prípadov, kedy okrem univerzitných prednášok predstúpil pred verejnosť s informáciami aj o svojich pokusoch s elektromagnetickými rotáciami. Šlo o vedecko-popularizačnú prednášku, v rámci ktorej „practice predviedol elektromagnetické úkazy príjemne zaujatému obecstvu“. Podľa citovanej správy jeho cieľom bolo: „Aby každý ľahko pochopil, ako možno elektromagnetickou silou vyvolávať súvislý pohyb, predviedol veľmi jednoduchý elektromagnetický rotor, v ktorom pohyblivý elektromagnet sa v dôsledku vzájomných príťažlivých a odpudivých síl iného pevného elektromagnetu

<sup>27</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ... , časť 1, s. 94; časť 3, s. 122–123.

<sup>28</sup> Obrázok dostupný na: <http://www.tar.hu/fizfoto/fotok/fizf0183.jpg>

<sup>29</sup> A Magyar Orvosok és Természettudósok II. Nagygyűléseinek Munkálatai. Pest 1842, s. 48.

uviedol do veľmi rýchleho pohybu.<sup>30</sup> Podobná, ale vedecky náročnejšia bola prednáška, ktorú Jedlik predniesol na pôde 36. Valného zhromaždenia nemeckých prírodovedcov a lekárov vo Viedni 16. septembra 1956. Príspevok mal názov Über die Anwendung des Electromagnetes bei elektrodynamischen Rotationen (O aplikácii elektromagnetov pri elektrodynamických rotáciách) a výťah z neho vyšiel v správach zhromaždenia.<sup>31</sup> Nachádzame v ňom opis štyroch rotačných zariadení z Jedlikovej dielne, napospol sú to zložitejšie konštrukcie z tohto neskoršieho obdobia. Vari dôležitejšie ako prezentovanie týchto konštrukcií bola pre Jedlika príležitosť osobných stretnutí a nadviazanie kontaktov s viacerými v danej oblasti aktívnymi odborníkmi. Podľa názoru L. Eötvösa napr. týmto stretnutiam vďačí Jedlik za to, že jeho meno sa predsa len objavilo vo viacerých publikáciách v súvislosti s objavom elektromotora. V Eötvösovom výbere nachádzame napr. týchto autorov fyzikálnych príručiek a ďalších odborných spisov: Pfandler, Guillemin, Daguin, Ferrini, Reitlinger.<sup>32</sup> Je zaujímavé, že správa o Jedlikovom motore sa dostala aj do niektorých starších českých učebníc – pravdepodobne prostredníctvom rakúskych. Známa Piskova fyzika napr. uvádza: „Professor Jedlik sestrojil elektromagnetický hybostroj již v r. 1829.“<sup>33</sup>

### Elektromagnetická indukcia – objav a prvé aplikácie

„Hybostroj“ však nie je jediným unikátnym výsledkom Jedlikových snáh o aplikáciu elektromagnetických javov. Druhou, nie menej významnou oblasťou jeho vedeckých aktivít bolo skúmanie a aplikácia elektromagnetickej indukcie – zdá sa, opäť pod silnou inšpiráciou Faradayovho diela. Ich cesta bola tiež príbuzná, vyjadrená veľmi výstižne v názve Faradayovho hlavného diela, „Experimentálne výskumy elektriny“. Opäť sa však opakovala obdobná situácia ako u elektromotora – u Jedlika vypadla tá posledná, dôležitá fáza: publikovanie ...

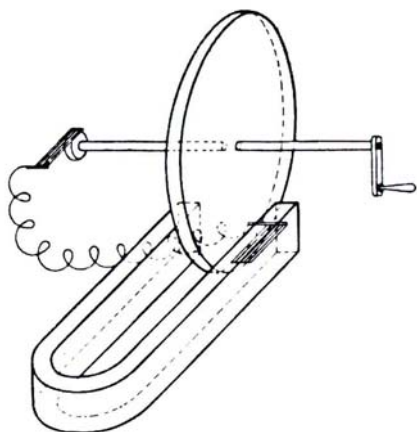
Jav elektromagnetickej objavil v roku 1831 M. Faraday, čím otvoril cestu ku generátorom a transformátorom elektrického napätia, v istom zmysle k základu všetkých aplikácií elektrického prúdu až do súčasnosti. Kým jeho prvý pokus odkryl princíp transformátora, čoskoro nasledovali ďalšie, dôležité z hľadiska budúcich generátorov. On skonštruoval aj laboratórnu podobu prvého generátora elektrického prúdu založeného na indukcii, Faradayov kotúč. Je to veľmi jednoduché zariadenie, ktoré je vlastne inverznou podobou Barlowovho kolieska. Ak v poli (dostatočne silného) magnetu otáčame vodivý kotúč, medzi stredom a okrajom kotúča vzniká elektrické napätie, resp. indukuje sa prúd, ktorého obvod sa v pôvodnom usporiadaní uzatváral cez ortuťový žliabok na okraji a kovový kontakt na osi kotúča.

<sup>30</sup> A Magyar Orvosok és Természettudósok II. Nagygyűléseinek Munkálatai. Pest 1842, s. 48.

<sup>31</sup> Amtlicher Bericht über die 32. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte, zu Wien im September 1856. Wien 1858, s. 170–175.

<sup>32</sup> Eötvös, L.: Jedlik Ányos emlékezete. (Magyar Tudományos) Akadémiai Értesítő 8, 1897, zošit 90, s. 280–281.

<sup>33</sup> Cituje MAYER, D.: Pohledy ..., s. 300.



Obr. č. 15 : Faradayov kotúč

Faradayov kotúč (na obr. č. 15)<sup>34</sup> je prototypom tzv. homopolárneho, iným označením unipolárneho stroja. Prúd sa tu indukuje vždy v tej časti kotúča, ktorá v danom okamihu spája stred a okraj kotúča. Názov tejto kategórie strojov je odvodený z toho, že smer otáčania a vzájomná pozícia prúdovtornej časti a magnetického poľa, resp. jeho polarizácie sa tu nemenia. (Ak otáčame medzi pólmi podkovovitového magnetu obdĺžnikový rámček vodiča – klasický model generátora – vybratá časť vodiča mení svoju polohu voči pólom, čo je v protiklade voči vzájomnej pozícii vodiča a magnetického pólu v homopolárnych strojoch.) Dobovou výhodou homopolárnych strojov bolo, že indukovali jednosmerný prúd analogický prúdu vtedajších chemických zdrojov. Nevýhodou boli pomerne nízke hodnoty indukovaného napätia,

samozrejme pri zodpovedajúcej vysokej intenzite prúdu, čo v niektorých aplikáciach môže byť výhodou. Kým v „bipolárnych“ strojoch sa problém nízkeho napätia dá odstrániť zvyšovaním počtu závitov – de facto sériovo zapojených – v prípade homopolárnych strojov to nie je možné, resp. naráža na technické problémy, lebo sériové zapojenie viacerých kotúčov by bolo účinné len vtedy, ak prepojenie by bolo mimo indukujúceho magnetického poľa. Pravdepodobne pre tieto technické prekážky sa uberal vývoj cestou „bipolárnych“ strojov, v ktorých nevýhoda striedavého prúdu sa dala ľahko obísť pomocou usmerňujúceho komutátora. Technický vývoj homopolárnych generátorov sa stal reálnym až na začiatku 20. storočia, kedy sa ich výhoda silného prúdu sa začala aj priemyselne využívať napr. pri elektrolýze.

Prvou úspešnou, aj v praxi použiteľnou konštrukciou generátora bol už spomenutý model H. Pixii z roku 1832, ktorý odštartoval vývojovú líniu tzv. magnetoelektrických strojov pozostávajúcich z kombinácie permanentných magnetov a cievok so železným jadrom, v ktorých sa indukoval striedavý prúd. (Obr. č. 7) Pôvodná konštrukcia bola doplnená komutátorom na návrh Ampèrea, hoci aplikácia tohto mechanického prvku, ktorý striedavý prúd usmernil na pulzujúci, sa vyskytovala aj u E.M. Clarkea, resp. W. Sturgeona., napokon, ako sme videli, v ortuťovej verzii aj u Jedlika. Neskorší technický vývoj generátorov sledoval najmä už spomenuté konštrukčne výhodnejšie riešenie W. Ritchieho z roku 1833, v ktorom sa otáčali cievky v poli pevne montovaných permanentných magnetov.<sup>35</sup>

Magnetoelektrické stroje sa rozšírili pomerne rýchlo. V 30. a 40. rokoch 19. storočia vznikol celý rad modelov, mená ich tvorcov sme už spomenuli v súvislosti s vývojom jednosmerného elektromotora. Keďže princíp týchto generátorov bol k dispozícii, odlišovali sa len v technických detailoch. Prakticky bez výnimky to boli stroje s „bipolárnym“

<sup>34</sup> VEREBÉLŤ, L.: Jedlik ... , s. 32.

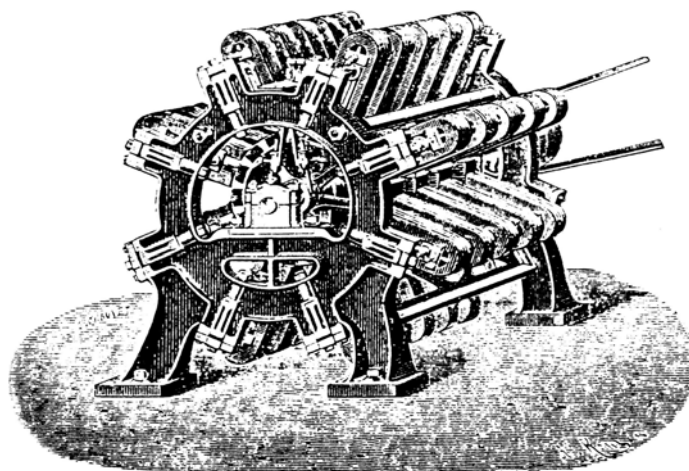
<sup>35</sup> O počiatkoch vývoji generátorov elektrického prúdu pozri napr.:

MAYER, D.: Pohledy ..., s. 290–306.

VEREBÉLŤ, L.: Jedlik ... , s. 16–18.

ENDREI, W. – JESZENSZKY, S.: Technikatörténet 1760 – 1960. Budapest, ELTE 1993, s. 121–125.

riešením, cesta unipolárna sa zatiaľ javila byť nepriechodnou. Okrem laboratórnych a didaktických účelov začali tieto stroje slúžiť aj v praxi, predovšetkým k napájaniu oblúkových lúčových lamp a galvanizačných zariadení, ktoré sa v tej dobe už ujímali. Možnosť praktického využitia prirodzene začala klásť nároky aj na zvyšovanie výkonu týchto strojov. Spočiatku sa konštruktéri vydali kvantitatívnu cestou, ktorá bola logická a viac-menej jediná možná. Začali zvyšovať počet, resp. rozmery (zvyčajne podkovovitých) magnetov a adekvátne i vinutí týchto strojov, ale čoskoro sa ukázalo, že táto cesta neprináša efektívne riešenie. Vznikali obrovské monštra o hmotnosti 2–3 t, pričom ich výkon dosahoval len okolo 1 kW.<sup>36</sup> Samozrejme zvyšovanie rozmerov neúmerne zvyšovalo aj náklady na výrobu týchto strojov.



Obr. 16 : Veľký magnetoelektrický stroj<sup>37</sup>

Myšlienka používania elektromagnetov namiesto permanentných narážala na problém vhodného zdroja na budenie týchto elektromagnetov. Galvanické články, ktoré boli vtedy k dispozícii, rýchlo sa vyčerpali, neprinášali teda zásadné riešenie. Patent na takýto stroj s vonkajším budením získali Ch. Wheatstone a William Fothergill Cooke v roku 1845. Využitie vlastného prúdu generátora na zintenzívnenie budenia bolo predmetom patentu Nemca Jacoba Bretta z roku 1848. Brett síce použil v svojom stroji permanentné magnety, ich účinky však zvýšil cievkami na ramenách týchto magnetov, cez ktoré viedol indukovaný a vhodne usmerný vlastný prúd generátora. Podobný nápad využil o tri roky neskôr – nezávisle na Brettovi – v svojom konštrukčne vydarenom generátore nemecký lekár a fyzik Wilhelm Joseph Simsteden. Najbližšie ku konečnému riešeniu problému generátorov sa dostal Dán Soren Hjorth, ktorý do svojich strojov patentovaných v rokoch 1854, resp. 1855 zabudoval permanentné magnety aj elektromagnety. Počiatočný prúd generátora bol indukovaný pôsobením permanentných magnetov, vedený však bol (po usmernení) cez vinutia elektromagnetov, čím sa prejavili ich účinky a vďaka pozitívnej spätnej väzbe sa generátor „nabudil“ na dostatočnú úroveň. V rámci hľadania rozličných riešení sa robili pokusy aj s vonkajším budením, pri ktorom zdrojom budenia elektromagnetov základného

<sup>36</sup> ENDREI, W. – JESZENSZKY, S.: c. d. , s. 124.

<sup>37</sup> Tamže, s. 126.

stroja bol menší magnetoelektrický generátor. Takýto „dvojstroj“ skonštruoval napr. Wilde roku 1866.<sup>38</sup>

### Objav dynamoelektrického princípu

Konečným riešením problému generátorov pracujúcich na báze elektromagnetickej indukcie bolo – ako je známe – až objavenie princípu samobudenia, iným názvom dynamoelektrického princípu. Ide o využitie remanentného magnetizmu železného jadra vinutí, ktoré je schopné indukovať isté hodnoty prúdu – samozrejme pod prevádzkovou úrovňou. Ak však tento prúd vhodným zapojením vedieme cez budiace cievky, ich magnetické pole sa zosilní, zároveň sa zintenzívni aj indukovaný prúd a generátor nabehne na svoje prevádzkové hodnoty. Tento proces nazývame samobudením. Ako to vyplýva aj z predchádzajúceho krátkeho prehľadu vývoja, viaceré prvky samobudiacich dynám boli k dispozícii už v druhej polovici 50. rokov 19. storočia. Konečné riešenie bolo v istom zmysle na dosah ruky, najbližšie sa k nemu dostal Dán S. Hjorth. Aby sa postupnosť predchádzajúcich vývojových krokov zavŕšila, chýbal len posledný krok, využitie remanentného magnetizmu železného jadra. Ako to často býva v podobných prípadoch, keď riešenie „je na spadnutie“, s rozhodujúcim nápadom sa ohlásili prakticky súčasne viacerí.

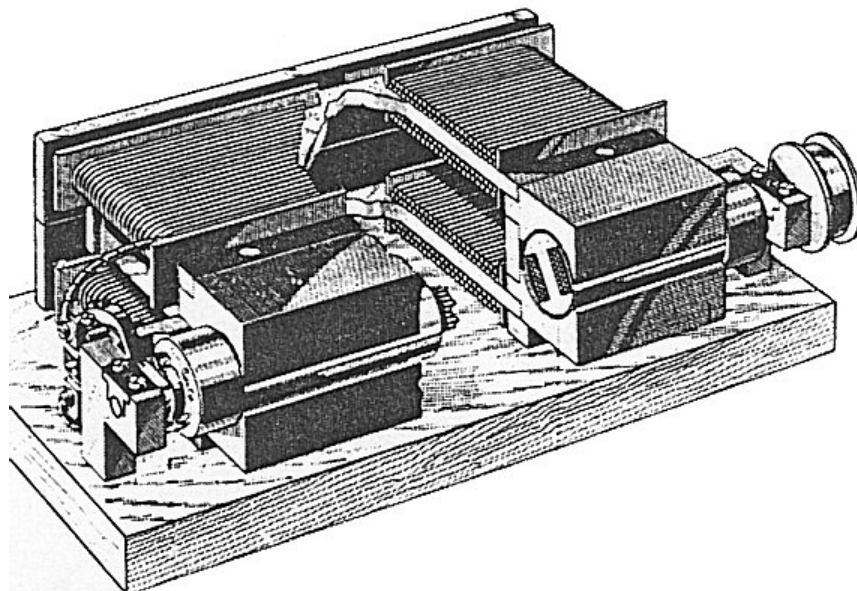
Najčastejšie ako objavitelia dynamoelektrického princípu sa spomínajú Werner Siemens, Charles Wheatstone a Cromwell Varley. Otázka samobudenia intenzívne zamestnávala W. Siemensa už na jeseň 1866 a podľa jeho pamätí v závere roka už prezentoval samobudiaci stroj pred užším okruhom nemeckých odborníkov (Magnus, Dove, Riess, du Bois-Reymond). O princípe stroja – o účelovom využití zostatkového magnetizmu – písal v rovnakom čase aj v liste svojmu bratovi Wilhelmovi, ktorý vtedy pôsobil v Anglicku. Pre vianočné prázdniny bol prototyp stroja a samotný dynamoelektrický princíp oficiálne predstavený berlínskej akadémii vied až 17. januára 1867. Princíp bol oficiálne prezentovaný o necelý mesiac neskôr, 15. februára 1867 aj na pôde Royal Society v Londýne, kde o vynáleze svojho brata referoval Wilhelm Siemens. Po jeho informácii však na rovnakom zasadnutí aj Ch. Wheatstone prezentoval vlastný prototyp generátora – tiež so samobudením. Po čase dokonca vyšlo najavo, že o patent na samobudiaci generátor už pred Wernerom Siemensom požiadal aj C. Varley. Jeho prvenstvo však býva diskutované, lebo svoj stroj nepredstavil verejnosti.<sup>39</sup> Pri súčasnosti týchto (ináč dokázateľne nezávislých) objavov však je nepopierateľnou zásluhou Wernera Siemensa, že dynamo so samobudením uviedol do podoby priemyselne využiteľného stroja. Z trojice vynálezcov bezpochyby on bol na to najviac pripravený. Dynamoelektrický princíp objavil na stroji s vtedy už osvedčenou „dvojitou T kotvou“, ktorá je tiež jeho vynálezom (1856). Perspektívny význam samobudiacich generátorov si jasne uvedomoval a upozornil na to už pri prvej prezentácii pred berlínskou akadémiou: „... technika teraz našla prostriedok, pomocou pracovnej sily môže vyrábať elektrické prúdy s ľubovoľným napätím aj intenzitou, a to bude mať veľký význam v mnohých odvetviach techniky.“<sup>40</sup> Nie je treba osobitne rozvádzať, že vízia

<sup>38</sup> VEREBÉLY, L.: Jedlik ..., s. 17–18.

<sup>39</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. najmä s. 239–241;  
MAYER, D.: Pohledy ..., s. 298–300.;  
ENDREI, W. – JESZENSZKY, S.: Technikatörténet ..., s. 124–125.

<sup>40</sup> Cituje FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3, s. 241.

Wernera Siemensa sa skutočne potvrdila. Objavom princípu samobudenia sa dovtedajšie indukčné stroje skutočne stali univerzálnymi a široko využitelnými zdrojmi elektrického prúdu, ktorých význam sa neznížil ani v súčasnosti. De facto až vynález takéhoto zdroja, závislého len na mechanickej práci, mohol odštartovať grandiózny rozvoj elektrotechniky a jej aplikácií v iných oblastiach.



Obr. č. 16: Prvé samobudiace dynamo Wernera Siemensa<sup>41</sup>

### Š.A. Jedlik a jeho unipolárny generátor

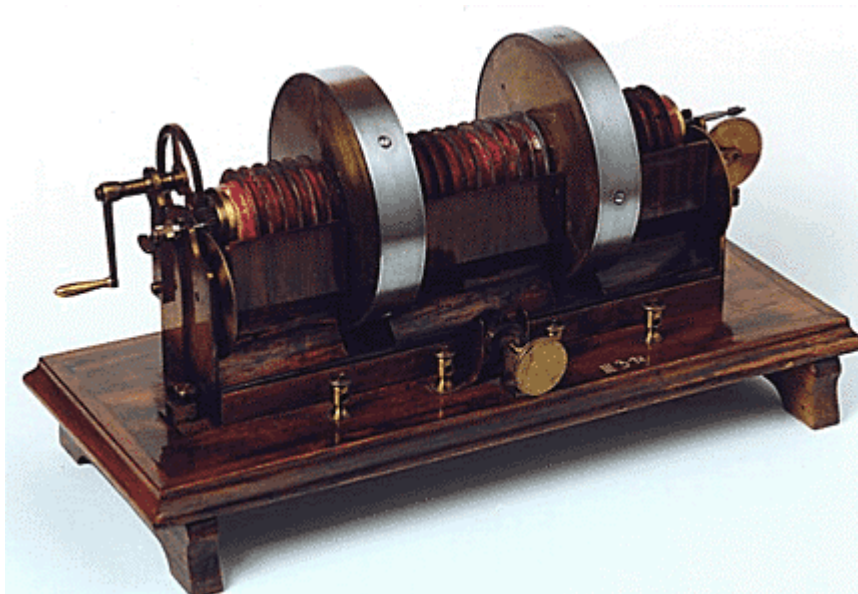
Aká je však súvislosť dynamoelektrického princípu s vedeckou dráhou Š.A. Jedlika?

Ako som už uviedol, Jedlika sústavne zamestnávali aktuálne otázky náuky o elektrine a magnetizmu, vrátane technických aplikácií. Problematika elektromagnetickej indukcie netvorila výnimku. Jeho prvé elektromagnetické rotory konštrukčne neboli riešené tak, že by boli spôsobilé inverznej prevádzky, teda že by mohli pracovať aj ako generátory. Jedlik inšpirovaný Faradayom pracoval na konštrukcii unipolárneho indukčného stroja a zaradil sa tým do malej skupiny elektrotechnikov, ktorí si zvolili túto konštrukčne náročnejšiu líniu vývoja. Otázkou sa intenzívnejšie začal zaoberať v polovici 50. rokov 19. storočia, ako o tom svedčia výpisky z jeho pozostalosti.<sup>42</sup> Vyskúšal rozličné homopolárne zariadenia, počnúc Faradayovým kotúčom, cez Faradayove medené poháre a ďalšie valcové konštrukcie až po originálne vlastné riešenia – so zjavným zámerom odstrániť slabinu unipolárnej metódy, nízke napätie. Jednou z vlastných ciest, ktoré vyskúšal, bolo napr. to, že permanentné magnety z Faradayových a Ampèreových príbuzných pokusov nahradil

<sup>41</sup> Obrázok dostupný na: <http://www.scitech.mtesz.hu/06jeszenszky/images/fig8q.htm>

<sup>42</sup> Problematike homopolárnych strojov je venovaný najmä súbor rukopisov a poznámok Pläne für electrodynamische und electromagnetische Apparate a ďalšie zlomky z balíka odborných spisov z okruhu elektromagnetizmu. (Jedlik Ányos írásai az elektromágnesség köréből.) Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátság Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / V. C.

silnejšími elektromagnetmi.<sup>43</sup> Výsledkom Jedlikových niekoľkoročných snáh bol jeho „unipolárny induktor“, tentoraz už nie model, ale skutočne unikátny, aj zo súčasného pohľadu pozoruhodný stroj. (Obr. č. 17–18)

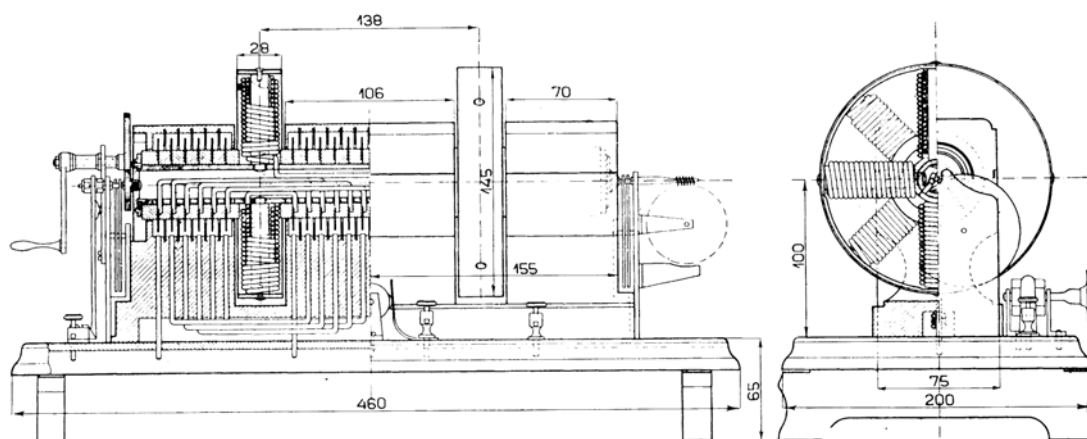


Obr. č. 17 : Unipolárny induktor Š.A. Jedlika (1861; 1859 ?)<sup>44</sup>

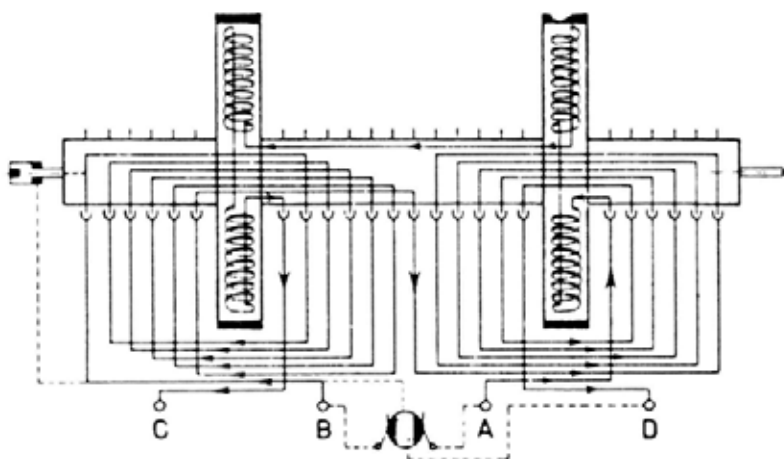
Elektrický prúd v Jedlikovom generátore sa indukuje v dvoch zväzkoch izolovaných vodičov s priemerom 3 mm, tieto tvoria nepohyblivú časť (stator) stroja. V každom zväzku je 6 vodičov, ich počet spolu je teda 12. Jednotlivé zväzky sú umiestnené v žľaboch v základnej doske stroja, na ktorú je inštalovaná celá konštrukcia. V záujme zvýšenia indukovaného napätia je treba tieto vodiče zapojiť sériovo, čo býva kameňom úrazu konštruovania homopolárnych strojov, lebo jednoduché prepojenie konca jedného vodiča so začiatkom ďalšieho by pri homopolarite poľa viedlo k anulovaniu indukovaného napätia. Sériové prepojenie v tomto druhu strojov musí byť preto realizované mimo magnetického poľa generátora. Jedlik to vyriešil veľmi dôvtipne, keď sériové prepojenie vodičov viedol cez trubicový hriadeľ otáčavej časti, teda rotora. Hriadeľ bol vyrobený zo železa. Nepretržitý kontakt s nepohyblivými vodičmi statora bol zabezpečený prostredníctvom medených kotúčov montovaných na hriadeľ v určitých odstupoch. Konce vodičov statora boli ohnuté kolmo smerom dohora a končili v žliabkoch s ortuťou, kolmých na hlavný hriadeľ. Prepojenie vodičov teda bolo realizované takto: Od konca jedného vodiča cez ortuť, medený kotúč, ďalší vodič vedený cez vnútro hriadeľa, napokon prostredníctvom iného kotúča cez ďalší ortuťový žliabok až k začiatku ďalšieho vodiča statora atď. Magnetické pole stroja vytvárali dve štvorice elektromagnetov (vinutí) montovaných v tvare kríža – kolmých lúčov na spomenutý hriadeľ. Zapojenie vinutí rotora bolo také, že ak na vonkajších koncoch jedného magnetizujúceho kolesa bol severný pól, potom na vonkajších koncoch druhého kolesa bol južný pól a opačne. Magnetické pole stroja, jeho magnetický obvod sa

<sup>43</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 182–183.

<sup>44</sup> Obrázok dostupný na: <http://www.scitech.mtesz.hu/06jeszenszky/images/fig7q.htm>

Obr. č. 18. : *Nákres unipolárneho induktora*<sup>45</sup>

uzatváral od (vonkajší) severný pól vinutia jedného kolesa cez vzduch po južný (vonkajší) pól vinutia druhého kolesa, cez toto vinutie k severnému pólu, napokon cez železnú hmotu trubicového hriadeľa až k južnému pólu a vinutiu prvého kolesa. (Každý valcový elektromagnet magnetizujúceho kolesa mal dvojvrstvové vinutie pozostávajúce zo 16/17 závitov v jednotlivých vrstvách.) Elektrický prúd sa indukoval vo vodičoch statora pri otáčaní celého rotora, čiže magnetizujúcich kolies a sústavy kontaktných kotúčov. Z daného usporiadania je zrejmé, že vodiče statora sa nachádzajú vždy v rovnakej časti magnetického poľa stroja, vodiče zabezpečujúce sériové prepojenie indukčných vodičov zasa mimo aktívneho poľa, čím sú zabezpečené podmienky fungovania homopolárneho stroja.<sup>46</sup>

Obr. č. 19 : *Schéma zapojenia Jedlikovho unipolárneho induktora*<sup>47</sup>

<sup>45</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. Obrazová príloha, tabuľka XII.

<sup>46</sup> VEREBÉLY, L.: Jedlik ..., s. 34–37.

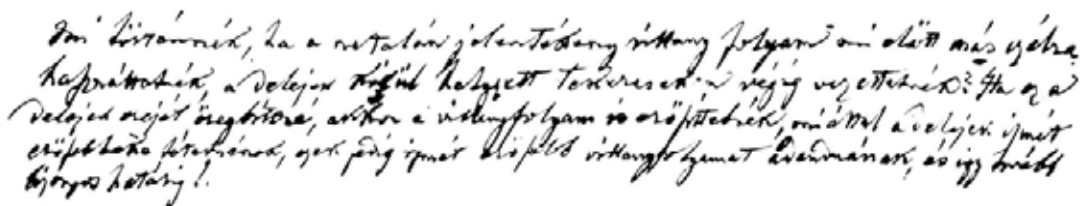
<sup>47</sup> VEREBÉLY, L.: Jedlik ..., s. 36.



Mechanickej konštrukcii induktora sa na tomto mieste nevenujem podrobnejšie, treba však dodať, že aj v tomto ohľade obsahoval stroj niekoľko pozoruhodných detailov. Zásahu na nich mohol mať aj vynikajúci mechanik A. Nuss, s ktorým Jedlik ako peštiansky profesor často spolupracoval. Otáčavé časti boli chránené mosadzným a dreveným krytom, nielen kvôli mechanickej ochrane ale aj pred nečistotami, ktoré mohli spôsobiť problémy pri chode, osobitne pri ortuťových kontaktoch. V režime generátora sa dal stroj poháňať kľukou cez ozubený prevod. Ako motor mal výstup cez závitovkové koleso. Zdokumentovane slúžil k pohonu nielen demonštračných pomôcok, ale aj Jedlikovho stroja na výrobu optických mriežok. V tejto funkcii vďaka bezporuchovému a mimoriadne rovnomernému chodu sa veľmi osvedčil. Niektoré mechanické súčiastky a periférne doplnky sa stali súčasťou stroja až neskôr a nijako neovplyvnili elektrickú podstatu unikátneho zariadenia. V aplikovateľnosti a prevádzkových kvalitách sa však prejavila len jedna pozitívna stránka objavu – v istom zmysle tá menej dôležitá. Prinajmenšom rovnako prínosná bola cesta, ktorá Jedlika doviedla ku konečnej konštrukcii stroja. Bola to cesta pokusov a omylov, veľkého počtu systematických experimentov s homopolárnou indukciou, z ktorých sa zrodil nielen stroj, ale aj niekoľko dôležitých teoretických záverov, ktoré svojím významom sú porovnateľné s viacerými spomenutým medzníkmi vývoja aplikácií elektromagnetickej indukcie.

### Jedlikova cesta k objavu princípu samobudenia

Jedlik – pravdepodobne nezávisle od J. Bretta, J.W. Simstedena a S. Hjortha – sa dopracoval v svojich pokusoch k možnosti využitia vlastného prúdu generátora na zosilnenie poľa jeho magnetov. V jednej zo svojich poznámok, ktoré V. Ferenczy datuje rokom 1856, napísal: „Čo by sa stalo, keby nepatrný prúd ešte pred použitím na iný účel bol vedený vinutiami umiestnenými na magnetoch? Ak by to zosilnilo silu týchto magnetov, zosilnil by sa aj prúd, v dôsledku čoho by sa magnety ešte viac zosilnili a dávali by ešte väčší prúd, a tak ďalej až po určitú hranicu.“<sup>48</sup> Na tomto mieste nasleduje odkaz na priložený náčrtok konkrétneho zariadenia, ten však chýba v Jedlikových zlomkových poznámkach. (Obr. č. 20) Uvedomenie si možnosti využitia prúdu generátora na vlastné budenie bolo určite dôležitým krokom ku konečnej podobe Jedlikovho unipolárneho stroja, ktorý sa zrodil ku koncu 50. rokov 19. storočia. Presný dátum vzniku ani jeho konštrukčný vývoj však bohužiaľ opäť nevieme celkom presne zdokumentovať.



Obr. č. 20 : Jedlikova poznámka o využití prúdu generátora na vlastné budenie<sup>49</sup>

<sup>48</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 185.

<sup>49</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. Obrazová príloha, tabuľa XIII.

Našťastie Jedlikov stroj sa zachoval a zachovalo sa aj niekoľko súvisiacich dokumentov, ktoré sú nápomocné pri datovaní samotného stroja ako aj princípov jeho fungovania. Jedným z týchto dokumentov je koncept Jedlikovho hlásenia o inventárnych prírastkoch fyzikálnych zbierok peštianskej univerzity za školský rok 1861/62.<sup>50</sup> Podstatnú časť spisu tvorí prírastkový zoznam, ktorý našťastie nebol formulovaný úplne stručne len názvami, ale obsahuje aj popis získaných predmetov. V jednej z najnákladnejších položiek – 114 zlatých 94 grajciarov – spoznávame konečnú podobu Jedlikovho stroja aj vďaka náčrtku, ktorý je súčasťou dokumentu. (Pozri reprodukciu na obr. č. 21.) Inventárny popis charakterizuje stroj takto:

„Jednopolový elektrický budič (:Unipolar Inductor:), v ktorého multiplikátore pozostávajúcom len z 12 závitov hrubého medeného drôtu vzniká nepretržitý elektrický prúd, keď jeho vodorovný valec tvaru ... [tu je vložený do textu Jedlikov náčrtok] potom, čo bol účinkom jedného alebo viacerých Bunsenových článkov premenený na elektromagnet, roztočíme pomocou ozubeného kolieska inštalovaného k tomuto účelu. – Ak elektrický prúd jedného páru, prípadne viacerých Bunsenových článkov vhodne vedieme nielen vinutím točivého valca ale aj multiplikátorom, spomenutý valec sa ... rýchlo roztočí.

...

Kvôli účelnému používaniu je stručný popis a návod k obsluhu priložený pod základnou doskou stroja. Vymyslené Aniánom Jedlikom a vyhotovené v dielni peštianskeho mechanika Nussa.<sup>51</sup>


Už z citovaného inventárneho popisu je zrejmé, že išlo o unipolárny generátor, ktorý vo vhodnom zapojení mohol pracovať aj ako jednosmerný elektromotor. Výrečnejší je však návod k obsluhu, na ktorý sa odvoláva aj inventár. Ten sa skutočne zachoval, ako bolo uvedené, v základnej doske stroja zo spodnej strany. Je to originálny Jedlikov rukopis a popisuje jednotlivé spôsoby zapojenia stroja, resp. im zodpovedajúce režimy prevádzky. Jasne je tu vysvetlené, v akom zapojení pracuje stroj ako generátor s vonkajším budením, ako treba zapojiť, aby pracoval ako jednosmerný (sériový) motor, ako doceliť zmenu smeru otáčania. Ako zdroj budiaceho prúdu, resp. elektromotora odporúča návod Bunsenove články. Najzaujímavejší je však 4. bod návodu, v ktorom sa uvádza: „Ak svorky *a* a *c* spojíme medeným drôtom a medzi svorky *b* a *d* zapojíme galvanometer alebo tangenciálnu buzolu, potom v dôsledku otáčania magnetu sa v multiplikátore indukuje prúd, ktorý prechádzajúc vinutím magnetu zosilní magnet, ten napokon indukuje ešte silnejší prúd a takto ďalej.“<sup>52</sup>

Ak odhliadneme od nepodstatných detailov spôsobu zapojenia, objavujeme v citovanom úryvku popis procesu samobudenia, teda formuláciu samotného princípu samobudenia. Zostatkový alebo iný magnetizmus jadra síce nie je tu explicitne spomenutý, avšak jeho

<sup>50</sup> Keďže išlo o zoznam prírastkov, Jedlik nazýva príslušnú časť dokumentu ako Doplnok k inventáru (Pótleltár).

<sup>51</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 188. Jedlik v maďarčine nazýva stroj “Egysarki villanyindító”, do inventára však pridáva aj latinské označenie “Unipolar Inductor”.

<sup>52</sup> Cituje VEREBÉLY, L.: Jedlik ..., s. 21. L. Verebélý tu poukazuje aj na chybičku, ktorá zrejme vznikla nepozornosťou pri prepisovaní textu. Ide o zámenu písmen *a*–*b* pri označení svoriek. Správne je také zapojenie, pri ktorom prepojené sú svorky *b* – *c* a merací prístroj je zapojený na svorky *a* – *d*. Z kontextu je evidentné, že správne zapojenie muselo byť Jedlikovi jasné.

Egyesarki villanyindító: Unipolar Inductor,  
 melynek vaslag cölhözalatt köpült és csak 12  
 beorientésű sokpörögében megparádás nél.  
 kiti villanyfolyam indul meg, ha a feketes  
 helyzetű és ezen alatti   
 hengere, mintán egy vagy  
 több Dunsenféle elem hatása által villany-  
 delezje váltóval, a hozzá alkalmazott fűgás  
 kérek segítségével forgásba hozatik. - Ha  
 egy pár vagy több Dunsenféle elem villanyfo-  
 lyama nem csak a forgékony henger lekerésén,  
 hanem a sokpörögében is kélően átvezethetik,  
 az említett forgékony henger magától sebés  
 forgásba jön, melynek irányát a képfűgék  
 alapfejtáján tetőző fordító: loimtatár: / által  
 ellenkezőre változtathatják. - Célközeli kap-  
 náthatás végett az eptőzövind leírása és képe,  
 légi műve az alapfejtő alá csatolt irásban  
 olvasható. Kiszámolva tén. Pestik Angos által  
 elkészítve jedig Kufs gépéi mikelyben 1861 114 94

Obr. č. 21 : Reprodukcia časti inventárneho prírastkového zoznamu  
 so záznamom o unipolárnom induktore Š.A. Jedlika<sup>53</sup>

využitie je evidentné, lebo v danom zapojení pracuje stroj bez akéhokol'vek vonkajšieho zdroja. Formulácia je vari neúplná, resp. dokončená je málo exaktnou hovorovou formuláciou „a takto ďalej“, namiesto upresňujúceho záveru „až po určitú hranicu“. Ohraničenosť procesu „nabudenia“ bola však Jedlikovi tiež zrejmá, ako to jednoznačne dokazuje jeho vyššie citovaná poznámka o vlastnom budení generátora. Unipolárny induktor bol v inventári peštianskej univerzity zaevidovaný k roku 1861, tento rok je teda najneskorší možný termín jeho vyhotovenia. Z uvedeného vyplýva, že priorita vo vyslovení a v aplikácii princípu samobudenia prináleží vlastne Š.A. Jedlikovi. Diskutabilná môže byť len otázka presného datovania. Konštruovaním samobudiaceho dynamu predbehol Jedlik Wernera Siemensa aspoň o päť rokov, ale podľa niektorých indícií bol jeho stroj hotový podstatne skôr, pravdepodobne už v roku 1859.

Technické detaily a celkové riešenie unipolárneho induktora svedčia o tom, že stroj je vyzretým výsledkom zjavne dlhého a pomerne zložitého konštrukčného úsilia. Jedlikove spomienky ako aj pamäte známeho peštianskeho mechanika Antona Nussa, ktorý stroj vyhotovil, zhodne kladú práce na ňom do 50. rokov 19. storočia, čo bolo zdokumentované

<sup>53</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. Obrazová príloha, tabuľa XIII.

aj ich súčasníkmi, najmä Lorándom Eötvösom a Jenő Klupathym.<sup>54</sup> Otázku datovania najpodrobnejšie preskúmal na základe vynálezцovej pozostalosti najmä jeho životopisec, V. Ferenczy. Svoje závery zakladá na preskúmaní vedeckých poznámok ako aj evidencie výdavkov, ktorú Jedlik prakticky celý život viedol. Príslušné dokumenty jasne ukazujú, že Jedlik svoje pokusy s homopolárnymi strojmi zintenzívnil v druhej polovici 50. rokov. Finančná dotácia fyzikálnych zbierok jeho katedry ani zďaleka nestačila kryť potrebné nákupy na rozvoj zbierok, tobôž potreby na aktívny výskum. V jeho praxi sa preto často stávalo, že do zhotovenia nejakého zariadenia investoval z vlastných prostriedkov. Ak hotový vyvinutý prístroj bol súci aj na demonštračné účely, dodatočne žiadal – niekedy s úspechom niekedy bez odozvy – preplatenie nákladov. Príslušné zariadenie sa stalo súčasťou oficiálneho inventáru až po preplatení výdavkov, samozrejme niekedy až s dlhším časovým odstupom. Podľa Ferenczyho názoru podobný bol aj osud unipolárneho induktora, ktorého výrobné náklady prirodzene prevyšovali štandardné výdavky. Na základe analýzy Jedlikových výdavkov, ich nápadného zvýšenia v roku 1859 a porovnaním týchto údajov s poznámkami o pokusoch dochádza k záveru, že stroj bol najneskôr v novembri 1859 hotový.<sup>55</sup> Termín vyhotovenia stroja samozrejme ešte nemusí byť totožný s objavom princípu samobudenia, ku ktorému mohol dospieť Jedlik až pokusmi na hotovom stroji. Na základe známych dokumentov síce nie je možné dostatočne to zdokumentovať, ale podľa názoru V. Ferenczyho charakter Jedlikových pokusov s homopolárnou indukciou naznačuje, že s možnosťou samobudenia počítal už pri konštruovaní svojho stroja. Podľa toho by sme aj tento jeho objav mohli datovať rokom 1859 a nie až 1861, kedy o tom vypovedá spomenutý inventár a návod k obsluhu unipolárneho induktora.<sup>56</sup>

Jedlikova úspešná konštrukcia prevádzkyschopného homopolárneho generátora je svojím spôsobom tiež medzníkom v dejinách elektrotechniky. Faradayove homopolárne modely našli spočiatku len málo odvážnych nasledovateľov, jedným z nich bol Š.A. Jedlik. O konštrukciu homopolárneho stroja sa pokúsili aj Werner Siemens, Galileo Ferraris i Thomas Alva Edison, avšak ani oni sa neprepracovali k priemyselne využiteľným modelom. V priemysle sa objavili tieto typy generátorov až v prvých desaťročiach 20. storočia. Prvým takýmto strojom bolo homopolárne dynamo Jacoba E. Noeggeratha s výkonom 300 kW pri menovitom napätí 500 V. (Obr. č. 22) Vyrobené bolo americkou firmou General Electric Co. v druhej polovici prvého decénia 20. storočia. Hoci homopolárne stroje majú niektoré výhody oproti iným typom generátorov, dodnes sa nerozšírili všeobecne, len v úzkom segmente výroby, kde sa požadujú vysoké hodnoty prúdu a postačuje relatívne nízke prevádzkové napätie týchto strojov.<sup>57</sup>

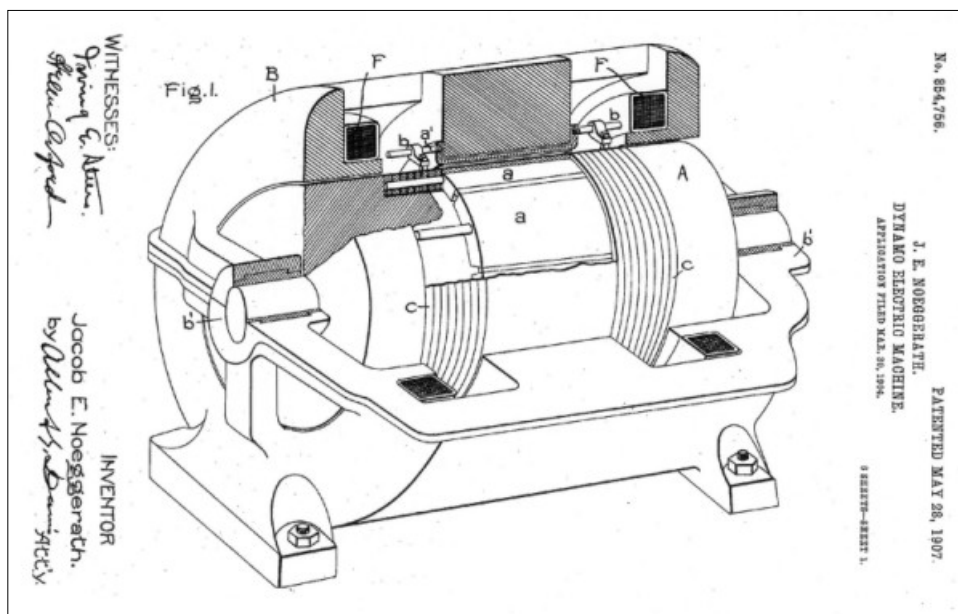
---

<sup>54</sup> Fyzik J. Klupathy bol Eötvösovým asistentom, neskôr súkromným docentom, napokon riadnym profesorom fyziky na peštianskej univerzite. V svojej prednáške v roku 1890 ako prvý upozornil na Jedlikovu prioritu v otázke dynamoelektrického princípu, resp. jeho aplikácie na funkčnom generátore. Vznik stroja datuje dokonca do rokov 1852–1854, čo však nie je zdokumentované.

<sup>55</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 142–143.

<sup>56</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 191.

<sup>57</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. s. 195–196.



Obr. č. 22 : Unipolárne dynamo J.E. Noeggeratha  
(náčres z patentovej listiny z roku 1907)

Unipolárny induktor z roku 1859 (1861) nie je pritom Jedlikovou jedinou konštrukciou z tejto oblasti, lebo v pokusoch s homopolárnou indukciou pokračoval ešte roky a vyskúšal aj iné riešenia. Z týchto jeho pokusov sa však okrem zlomkovitých zápisov a náčrtov nezachovali konkrétnejšie výsledky alebo hotové zariadenia. Síce experimenty s homopolárnou indukciou prevažujú, ale robil pokusy aj s „multipolárnymi“ strojmi, usiloval sa napr. aplikovať na nich princíp samobudenia. Jeho neustálu snahu o sledovanie vedeckého a technického pokroku a z nej vyplývajúce aktuálne výskumy dokumentujú aj jeho včasné pokusy s Grammeovou (prstencovou) kotvou.<sup>58</sup>

Mal 76 rokov, keď Alexander Graham Bell a Elisha Gray získali patent na telefón. Nový zázrak techniky si nemohol nechať bez povšimnutia. V jeho pozostalosti sa zachoval štvorstránkový rukopis s náčrtkami, ako vylepšiť technické detaily zariadenia.<sup>59</sup> Rukopis je iste len málo významnou omrvinkou Jedlikovho celoživotného diela, prekvapuje však sviežosťou nápadov a tým, že sa evidentne zrodil ako výsledok vlastných pokusov. Vedecké pokusy vyplnili celý jeho život, počnúc snahami skromného autora Ordo Experimentorum až po prekvapujúci záujem 80-ročného starca o modernú techniku. Elektromagnetické experimenty pritom tvoria len segment Jedlikovho bohatého diela, hoci sú azda jeho najvýznamnejšou a najviac prínosnou oblasťou. V rámci tejto štúdie nebola reč o jeho viacročnom výskume galvanických článkov a akumulátorov, o jeho kapacitných multiplikátoroch napätia, o jeho demonštračných prístrojoch ani o unikátnom stroji na rezanie optických mriežok. Pritom každá zo spomenutých oblastí by si zaslúžila pozornosť minimálne v porovnateľnom rozsahu.

<sup>58</sup> FERENCZY, V.: Jedlik ..., 3. najmä s. 192–232.

<sup>59</sup> Kísérletek a távbeszélővel. Jedlik Ányos hagyatéka. Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátsági Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / V. C. / 27.

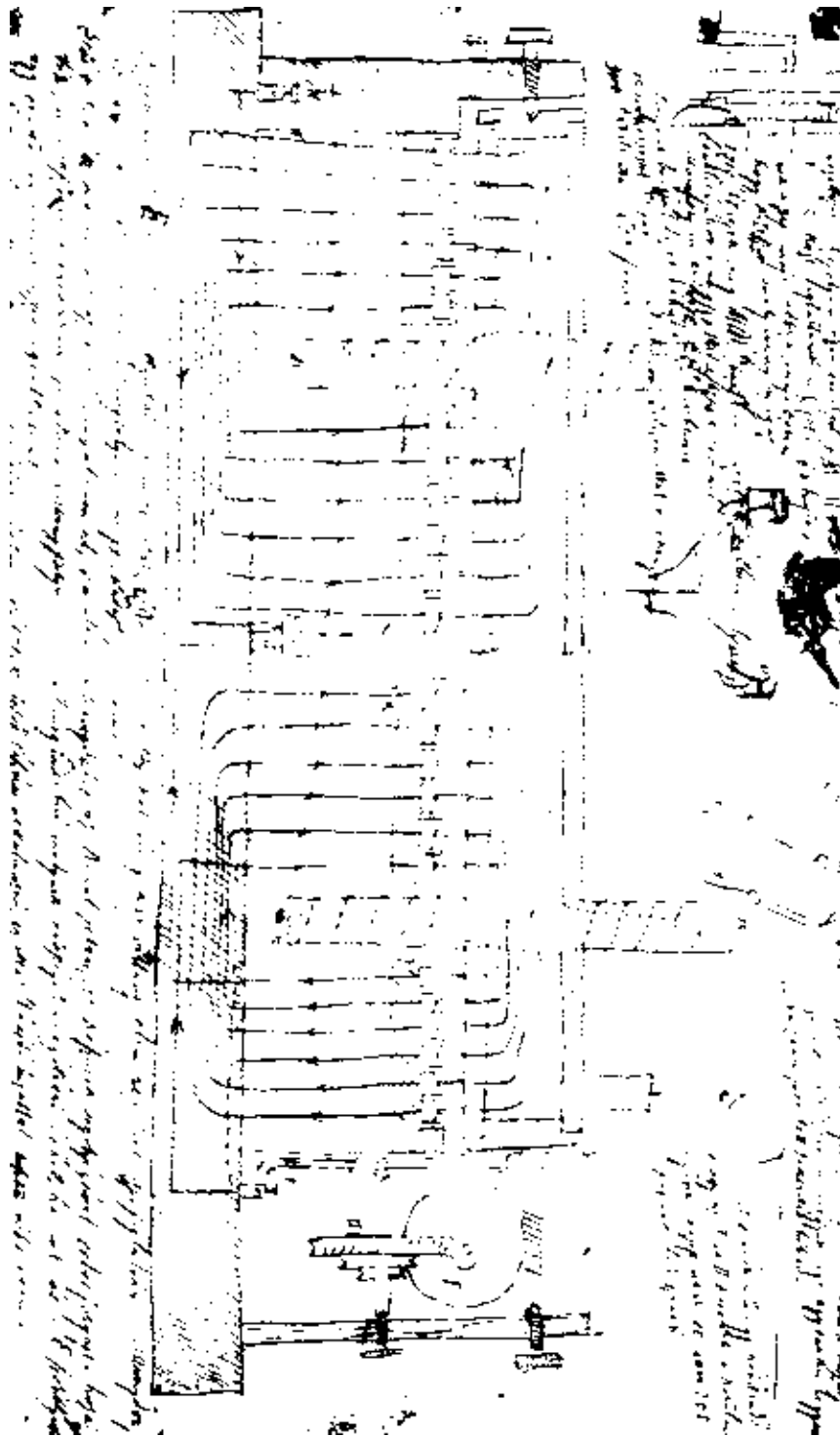
**„Macošský“ prístup Š.A. Jedlika k svojim objavom**

Elektromotor, princíp samobudenia a na ňom založené dynamá či generátory sú v dejinách elektrotechniky veľmi dôležitými zariadeniami, patria k východiskám neskoršieho vývoja. Ich objav mohol zaradiť Š.A. Jedlika medzi tie osobnosti, ktoré odštartovali rozmach tohto odboru. Nestalo sa tak, lebo Jedlik svoje stroje nedal patentovať a nepublikoval ani objav princípu samobudenia, ani iné výsledky svojich pokusov z oblasti elektromagnetizmu. Čo v diele Wenera Siemensa sa stalo „uholným kameňom“ celého priemyselného odvetvia, zostalo v Jedlikových snahách len demonštračnou pomôckou – isteže dômyselnou a unikátnou, avšak uzavretou medzi steny posluchárne. Táto okolnosť je zdrojom nekonečných polemík o zvláštnom „macošskom“ prístupe Š.A. Jedlika k výsledkom svojich výskumov.

Jedlik netvoril izolovane od aktuálneho vedeckého diania a nebol ani typom vedca teoretika, ktorému nezáleží na aplikáciách. Dokazoval to svojou pripravenosťou, širokým a neustále aktualizovaným rozhľadom ako aj viacerými snahami o praktické aplikácie a výnimočne až o komerčné využitie niektorých svojich vynálezov. Ako príklad stačí uviesť jeho výrobu sódovej vody, iniciatívy o medzinárodné obchodovanie s galvanickými článkami či optickými mriežkami alebo rad technických nápadov, ktorými vylepšoval svoje bezprostredné okolie. Vo všeobecnosti však celý život uprednostňoval hľadanie vedeckej pravdy pred jej prezentáciou a propagovaním – tobôž ešte v spojitosti s vlastnou osobou. Možno to súvisí aj s jeho kňazským stavom, postojom príslušníka benediktínskeho rádu. Niekedy zabúdame na túto stránku jeho životnej dráhy a vnímame ho oddelene len ako vedeckú osobnosť. Napokon ak sa vrátíme k porovnaniu s Wernerom Siemensom, vidíme tu zásadnú odlišnosť v spoločenských podmienkach ich vedeckej tvorby. Kým Siemens sa chopil príležitosti a svojimi vynálezmi zaplnil voľný priestor rozbehnutého priemyselného rozvoja Nemecka, v Uhorsku bolo treba tento priestor ešte len vytvárať. Jedlik sa síce dožil začiatkov sľubného technického rozvoja svojej krajiny, ale väčšinu svojej aktívnej vedeckej dráhy bol predsa len nútený tvoriť osamelo. Navrhovať v 30. rokoch 19. storočia priemyselné využitie elektromotorov alebo o tri desaťročia neskôr aplikáciu samobudiacich generátorov sa mu oprávnene mohlo javiť ako nereálne alebo prinajmenšom príliš vzdialené vzhľadom na vtedajšiu priemyselnú a technickú rozvinutosť Uhorska.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 2/4184/24 Svetové dejiny prírodných vied, medicíny a techniky.



Obr. č. 23 : *Pôvodný projektový náčrtok unipolárneho induktora Š.A. Jedlika*<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Jedlik Ányos hagyatéka. Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátsági Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / V. C. / 1

## OD UHLÍKOVÉ ŽÁROVKY K MODERNÍM ZDROJŮM SVĚTLA

**JOSEF HUBEŇÁK**

*Univerzita Hradec Králové, ČR*

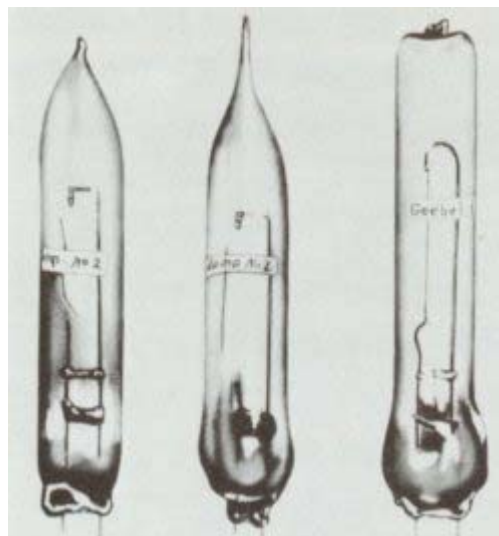
### ZUSAMMENFASSUNG

*Die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung ist ein Nachweis der geistigen Potenz von vielen mehr- und minderbekanntem Erfinder die physikalische Erkenntnisse anwenden, die notwendige Technologien bemeistern und für jeden verfügbare Lichtquellen schaffen. Der Artikel zeigt die Entwicklung der Glühbirnen, der Fluoreszenz- und Entladungslampen.*

Žárovky, zářivky, výbojky jsou všude kolem nás a kdykoliv potřebujeme světlo, stačí otočit vypínačem. Postupný vývoj těchto zdrojů světla je příběhem, který začíná v polovině 19. století a dodnes nekončí.

Předchůdcem žárovky byly zdroje světla s rozžhaveným platinovým drátkem, známé ve 40. letech 19. století. Platina neoxiduje, je ale drahá a proud několika ampér brzy vyčerpá galvanické články, které sloužily pro napájení. První pokusy s platinovým drátkem patří siru Humpry Davymu. Pro žárovkové světlo ještě nebyly vhodné podmínky, navíc bylo již známé skvělé světlo elektrického oblouku. První pokusy s elektrickým obloukem popsal v knize vydané 1803 ruský vědec Vasilij Vladimírovič Petrov, v roce 1811 experimentuje s elektrickým obloukem také sir H. Davy a řešení stabilního oblouku přináší Jean Bernard Léon Foucault, Pavel Nikolajevič Jablůčkov (vojenský inženýr žijící ve Francii) a pak ing. František Křižík (1880). Technika se často vrací k pozapomenutým principům a dnes oblouk svítí i v datových projektorech. Vraťme se ale k žárovce.

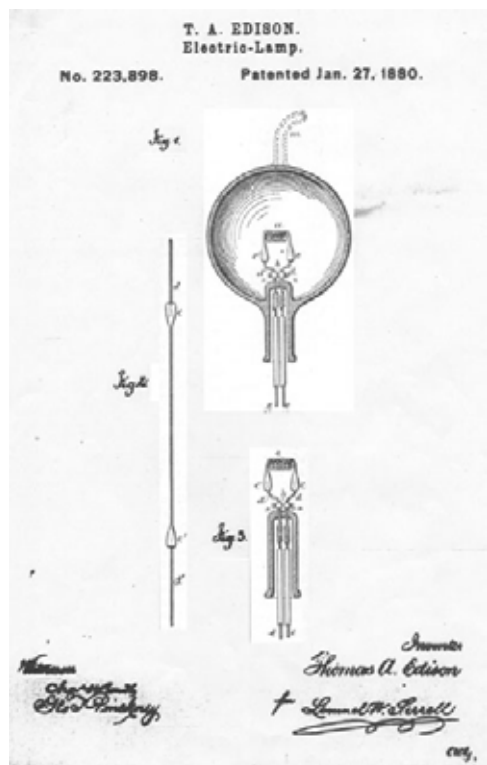
Na začátku vývoje žárovky byl Heinrich Göbel, jemný mechanik z Hannoveru, který v roce 1848 otevírá v New Yorku hodinářskou a optickou dílnu a do výkladu instaluje v roce 1854 osvětlení s uhlíkovou žárovkou vlastní výroby. Používá zuhelnatělé bambusové vlákno uchycené na drátcích a celek je zataven do vyčerpáné skleněné baňky. Evakuace byla jednoduchá a





účinná: hotovou žárovku naplnil rtutí a tu pak nechal vytéci tenkou trubičkou do nádoby se rtutí (Torricelliho pokus). Evakuovanou žárovku pak uzavřel zatavením čerpací trubičky – na snímku jsou její zbytky patrné nahoře. Jako zdroj proudu používal baterii galvanických článků a to bránilo rozšíření elektrického světla.

Další vynález patří Thomasu Alva Edisonovi. Ten si byl vědom komerčního významu elektrické žárovky a intenzivně hledá vhodnou technologii. Ještě uprostřed experimentů

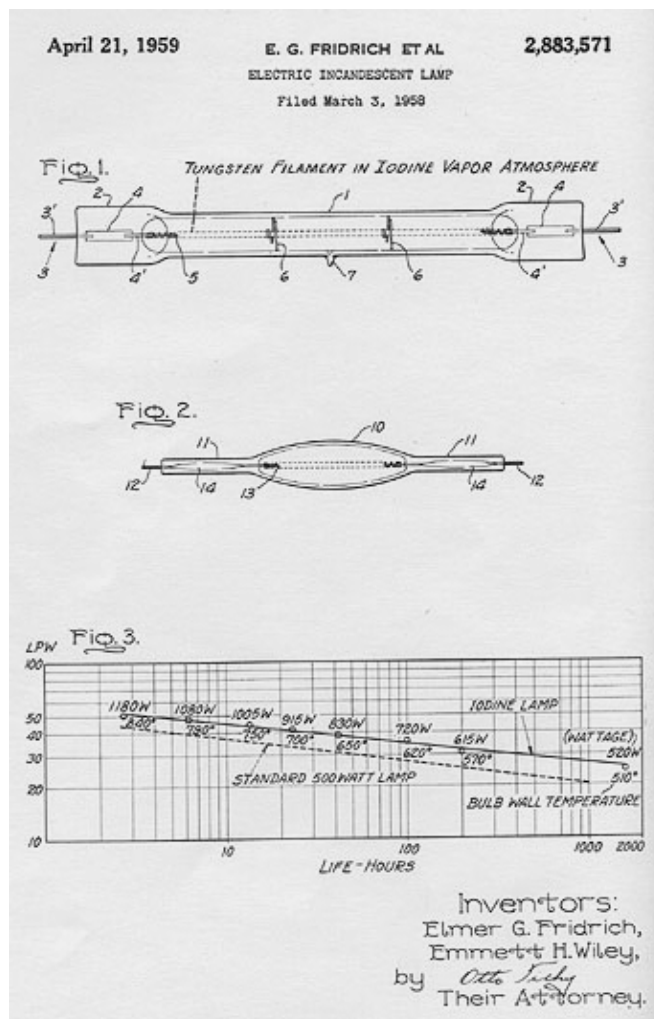


s různými zuhelnatělými vlákny přihlašuje patent na uhlíkovou žárovku s vláknem z bavlněné příze (4.11.1879) a patent je mu udělen 27. ledna 1880. Z laboratorního deníku lze vyčíst, co vše Edison zkoušel: bavlněné a lněné příze, bambusové třísky, saze, grafit, papírové proužky atd. Do výroby však připravil žárovku s bambusovým vláknem a opatřil ji kovovou patičkou se závitem, jak ji známe dodnes.

Edisonova uhlíková žárovka svítila načervenalým světlem a její životnost byla v průměru 600 hodin. Byla citlivá na otřesy a pro výrobu nebylo snadné kombinovat sklo, kovy a křehké zuhelnatělé vlákno. Ve vysokém vakuu rozžhavené vlákno z uhlíku poměrně rychle sublimuje a to omezuje životnost žárovky. V Evropě pokračovalo hledání vhodného kovu pro vlákno žárovky a bylo zřejmé, že rozhodující je dosažení co nejvyššího bodu tání. První úspěch patří rakouskému chemikovi jménem Karl Auer von Welsbach. V roce 1900 použil pro vlákno žárovky osmium s bodem tání 3050 °C.

Osmium bylo ale velmi těžce zpracovatelné a vlákna se vytvářela tak, že prášek osmia a organické pojivo daly pastu, z té se vytlačilo vlákno, které se vypálilo a procházející proud sliil k sobě povrchy zrn. Šlo o základ práškových technologií. V roce 1903 byla v Berlíně vyrobena první žárovka s tantalovým vláknem. Tantal má jen o něco nižší bod tání 2996 °C, je ale tažný a výroba vlákna je poměrně snadná. Má bohužel menší rezistivitu a uvnitř žárovky bylo třeba umístit až 70 cm dlouhé vlákno, aby mohla pracovat s napětím 110 voltů. V roce 1905 Auerova společnost vyvinula vlákno z wolframu – opět práškovou metodou. Technologii zpracování wolframu poté zdokonalili v Americe ve firmě General Electric tak, že bylo možné vyrábět wolframová vlákna tažením. Klasická wolframová žárovka byla zdokonalena v r. 1912 tím, že místo vakua byl použit plyn, vlákno bylo zkrouceno do spirály a nakonec v r. 1934 do dvojité spirály. Plynová náplň omezila sublimaci wolframu i nebezpečné lokální přehřívání vlákna a spirála dosahuje potřebných teplot asi 2800 °C při nižším příkonu.

Významným a zatím posledním krokem byl vynález halogenové žárovky z roku 1959. Od roku 1950 experimentovali v laboratořích General Electric s baňkou z taveného křemene a vyššími teplotami wolframové spirály. Rychlou sublimaci kovu a černání křemenné trubice se podařilo odstranit příměsí jódu – Elmer Fridrich a Emmet Wiley. Podrobné vysvětlení účinku halového prvku podal chemik Edward Zubler a halogenovou žárovku s obvyklou patičí, která může být použita bez dalších úprav svítidla, má patentovánu Frederick Mosby. Princip je ve sloučení halogenů s wolframem, který se uvolnil sublimací. Po vypnutí proudu se rychleji ochlazuje vlákno, na něm kondenzuje sloučenina wolframu s halovým prvkem a při dalším rozžhavení vlákna dojde k rozkladu na wolfram, který zůstává na vlákne a halový prvek se vrací do plynné náplně žárovky. Původní jódová příměs je dnes nahrazena sloučeninami brómu a také fluoru a halogenky poskytují podstatně vyšší světelný tok než klasická wolframová žárovka se stejným příkonem. Ta „umí“ jen 9 lumenů na watt, kdežto halogenka běžně 20 lumenů na watt. Také spektrum světla halogenové žárovky je bližší dennímu světlu, díky vyšší provozní teplotě.



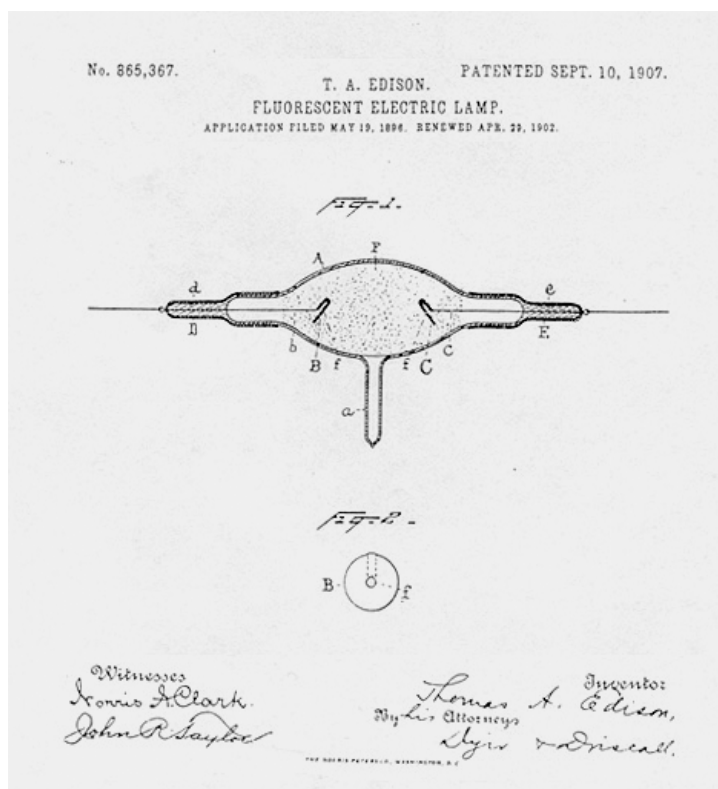
### Malý přehled vývoje žárovky:

Typ	Rok	Měrný výkon (lm/W)	Životnost (hod.)
Uhlíková, vakuová	1879	2	600
Osmiová, vakuová	1900		
Wolframová, vakuová, přímé vlákno	1905	6 - 8	1000
Wolframová, s plynem, spirální vlákno	1912	9	1000
Wolframová, s plynem, dvojité spirála	1934	12 - 14	1000
Halogenová	1959	20	2000

## Zářivky – nízkotlaké výbojky

Zářivky, ačkoliv je vnímáme dnes jako velmi moderní zdroje světla, mají také svou stoletou historii. Počátek lze připsat profesorovi Plückerovi (Julius P., 1801-1868), který jako profesor matematiky a fyziky na univerzitě v Bonnu v letech 1857 až 1858 spolu s Johannem Wilhelmem Hittorfem experimentoval se spektrálními trubnicemi. Ty zhotovil sklář Heinrich Geissler. Plücker objevil v roce 1859 katodové paprsky a také fluorescenci jimi vyvolanou při dopadu na různé anorganické látky.

Když v roce 1895 oznámil Wilhelm Conrad Röntgen objev „paprsků X“, začal také Edison sérii pokusů s rentgenovými lampami vlastní konstrukce. Již v roce 1896 pracuje na fluorescenční lampě, ovšem jde o fluorescenci wolframanu vápenatého, buzenou rentgenovými paprsky. Na tuto lampu dostal v roce 1907 patent, ale do výroby a do prodeje se tento zdroj světla nedostal. Dnes můžeme říci – naštěstí nedostal. Karcinogenní účinky rentgenového záření nebyly v té době obecně známy a taková lampa by byla životu nebezpečná. Konečně ani Edison v pokusech v této oblasti nepokračoval, zvláště po smrti asistenta Clarence Dally, způsobené předávkováním paprsky X.



Předchůdkyněmi dnešních zářivek byly neonové trubice, používané pro reklamní účely. Zářivky v dnešním pojetí, tj. s výbojem v parách rtuti a se žhavenými elektrodami se začaly vyrábět až ve 30. letech 20. století. Výboj poskytuje převážně ultrafialové záření a pro převod na viditelné světlo se využívá fluorescence. Luminofory jsou sirníky, oxidy nebo fosfáty různých kovů, které zachytí fotony s krátkou vlnovou délkou a vyzáří fotony ve viditelné oblasti. Ve 30. letech se začínalo se zářivkami v USA a v Německu; dnes existuje celá řada zářivek, určených nejen pro osvětlovací účely. Volbou luminoforu a náplně je možné vyrobit zářivky, jejichž světlo se dá využít i k jiným účelům:

- zářivky - germicidní pro ničení mikroorganismů, bakterií, plísní, kvasinek a virů,
- erytemální pro použití v soláriích,
- "černé zářivky" tj. ultrafialové zářivky pro buzení fluorescence a luminiscence (ty znají dobře návštěvníci diskoték a v bankách se používají pro kontrolu bankovek).

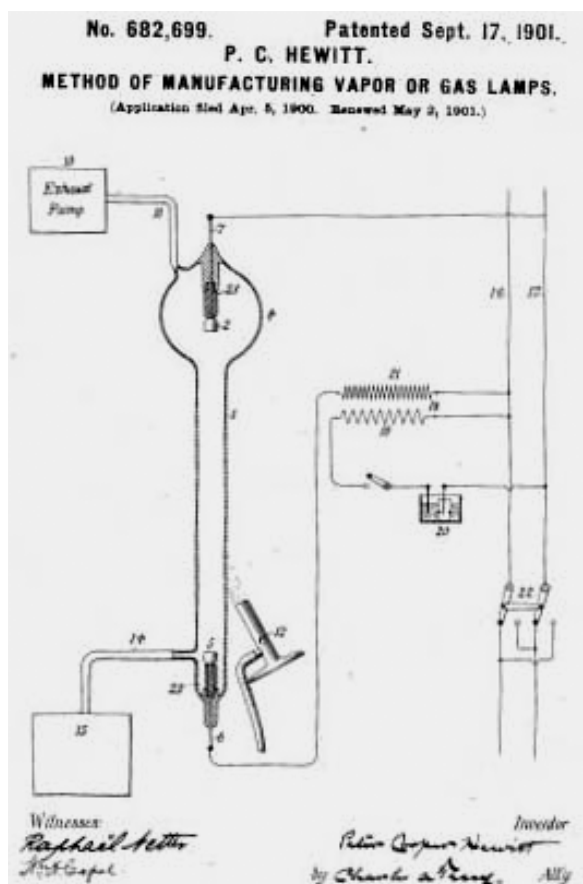
### Parametry typických zářivek:

příkon	15	30	40	65	W
průměr	26	26	38	38	mm
délka	460	920	1200	1500	mm
napětí výboje	56	96	103	110	V
proud	330	360	430	670	mA
světelný tok	600	1800	2600	3820	lm

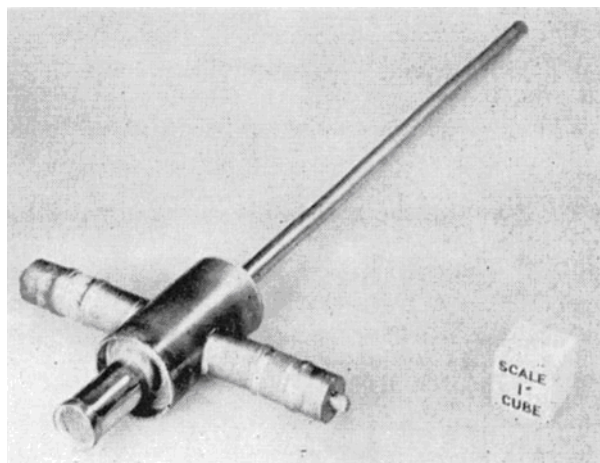
Životnost zářivek je podstatně lepší, než životnost žárovek. Při četnosti spínání 8 krát za 24 hodin vydrží 8000 až 12000 hodin a světelný tok poklesne asi na 85%. Klasická zářivka je dnes nahrazována tzv. úspornou zářivkou. V principu jde o stejný systém, jen místo střídavého proudu s frekvencí 50 Hz je frekvence podstatně vyšší – 25 až 50 kHz.

### Vysokotlaké výbojky

Peter Cooper Hewitt (1861 – 1921) získal první patent na rtuťovou vysokotlakou výbojku 17.zář 1901. Tehdy používané Edisonovy žárovky měly účinnost kolem 5 % a zbytek elektrické energie měnily na teplo. Hewitt využil již známého jevu – výboje v plynech poskytovaly světlo také – a experimentoval s výbojem ve rtuťových parách. Ve vyčerpané trubici začínal výboj ve zbytku rtuťových par jako výboj doutnavý, rtuť odpařená z elektrod postupně zvyšuje tlak a výboj se stává výbojem obloukovým. Hewittovy rtuťové lampy měly až osmkrát lepší účinnost při přeměně elektrické energie na světlo a byly používány tam, kde modrozelené světlo a nepřirozené barvy nevadily. Je zajímavé, že tato světla svítla na scéně ve filmových ateliérech Hollywoodu v době, kdy se používal jen černobílý film. Z patentové listiny je vidět, jak Hewitt řešil zapálení výboje při startu: použil impulzní transformátor. Dnes rtuťové výbojky impulzní zapalování nepotřebují a zapálení výboje je řešeno vloženou třetí elektrodou. Barevné podání je upraveno tím, že celá výbojka je uvnitř skleněné baňky, pokryté zevnitř vhodným luminoforem. Hewittovy lampy byly také předchůdkyněmi rtuťových usměrňovačů pro velké proudy (řádově stovek ampér), které se používaly před nástupem výkonových polovodičových diod.



Dalším krokem byl objev vysokotlakých sodíkových výbojek. Na snímku je jedna z prvních, vyvinutá v laboratořích britské firmy BLI v šedesátých letech minulého století. V korundové trubici hoří oblouk v parách sodíku a světlo vychází jen safírovým okénkem. Dnes se používají sodíkové výbojky, dávající intenzivní žluté světlo k osvětlování křižovatek, ulic a všude tam, kde je barevné podání méně důležité, než jejich skvělá účinnost – 50 % energie přemění na světlo. Technologicky jsou ale náročnější, než výbojky rtuťové – hořák je např. 10 cm dlouhá trubička z čistého korundu (syntetický polodrahokam) o průměru 8 mm a start výboje zajišťuje impulzní zdroj s 5 kV na výstupu.



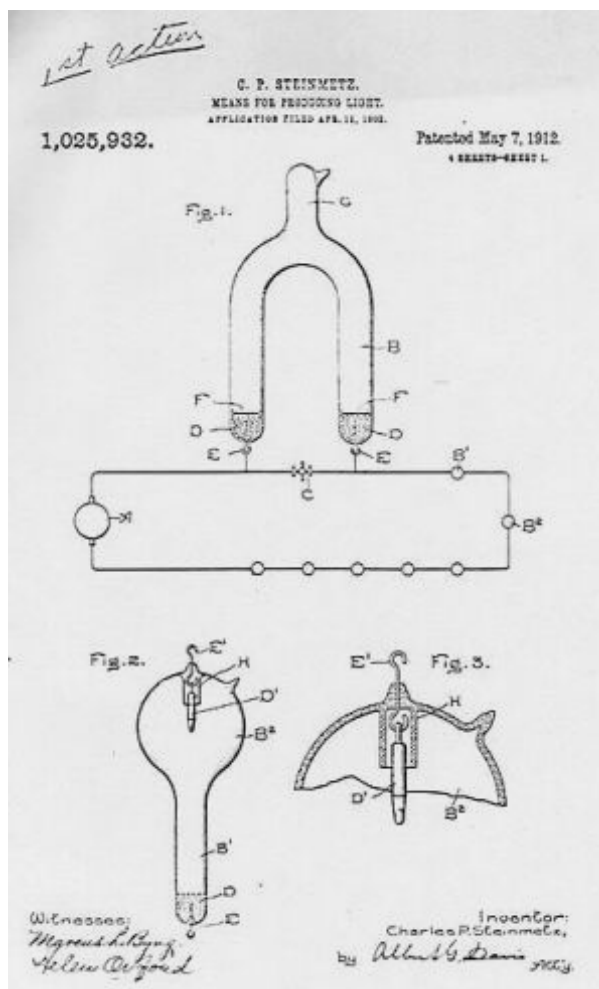
Porovnání parametrů vysokotlakých výbojek, obě s příkonem 250 W, pro síť 230 V / 50 Hz:

	Hg	Na
zápalné napětí	180 V	5 kV
provozní napětí	130 V	100 V
proud *	2,15 A	3,0 A
světelný tok	12000 lm	20000 lm

\* do série je zapojena tlumivka, takže proud je vůči napětí fázově posunut

### Metalhalogenidové výbojky

První rtuťové výbojky, které byly doplněny halovými sloučeninami kovů pro lepší barevné podání, pocházejí z roku 1912. Patentová dokumentace ukazuje řešení, které použil Charles Proteus Steinmetz (nar. 1865, Wroclaw, zemřel 1923, Schenectady, USA): výbojka má dva zásobníky se rtuťí, na povrchu je vrstva halogenidu jiného kovu a po zapálení výboje se vytvoří elektrický oblouk. Nedostatkem byla nestabilita obloukového výboje. Teprve v roce 1960 se v laboratořích General Electric vrací ke kombinaci rtuť + kovové halogenidy fyzik Gilbert Reiling a v roce 1964 obdrží patent na metalhalogenidovou výbojku. Výboj hoří mezi wolframovými elektrodami v prostoru naplněném parami rtuti a jodidy ceru, samaria, cesia, sodíku, skandia, thalia, dysprosia a india. UV záření se mění přímo



ve výboji na viditelné světlo a poměr příměsí umožňuje „namíchat“ výsledné spektrum blízké dennímu světlu. Metalhalogenidové výbojky jsou zdrojem světla pro datové projektory a pro kvalitní zpětné projektory. Mají opět jen dvě elektrody a pro zapálení se používá impuls vysokého napětí, který musí vytvořit zapalovací obvod.

Parametry jedné z takových výbojek:

Philips, CDM-TD/942, příkon 150 W, barevná teplota 4200 K, světelný tok 12000 lm.

### Xenonové výbojky vysokotlaké

Výboj v xenonu za vysokého tlaku byl prvně použit v roce 1954 firmou OSRAM (dnes Sylvania Osram) pro filmové projektory. Ve spektru jsou vlnové délky od 200 nm až do 1500 nm a barevná teplota je 6000 K. Z dosud používaných zdrojů se nejvíce blíží dennímu světlu. Pro reflektory automobilů je určena xenonka D1S OSRAM :

příkon	35 W
světelný tok	3200 lm
měrný světelný tok	91 lm.W <sup>-1</sup>
barevná teplota	4250 K
střední jas	6500 cd.cm <sup>-2</sup>
doba života	1500 h
délka oblouku	4,2 mm



Pro zapálení výboje potřebuje napětí 600 V a proto je vybavena speciálním předřadníkem, který ze 12 V vyrobí potřebný pulz a po zapálení udržuje proud asi 3 A.

### Mikrovlnná výbojka s parami síry

Posledním objevem v osvětlovací technice je patrně mikrovlnná výbojka s parami síry. Byla vytvořena v letech 1986 až 1990 Michaelem Ury a patent vlastní společnost Fusion Corp. Maryland v USA. V křemenné baňce je argon a na stěnách kondenzát síry. Ve vysokofrekvenčním poli magnetronu se síra odpaří, tlak vzroste na 5 atmosfér a bezelektrodový výboj poskytuje spojitě spektrum s maximem okolo 510 nm. Světelná účinnost je až 70 %. Nevýhodou



je zelený nádech výsledného světla a buzení výboje magnetronem. Optimálních hodnot dosahuje tato výbojka při výkonech nad 1 kW a dosud se běžně nevyrábí. Na obrázku je výbojka, vyrobená na Technické univerzitě v Eindhovenu pro firmu Philips, z roku 1999.

**Parametry:**

příkon	1000 W
frekvence	250 kHz
materiál	křemen
průměr	36 mm
světelný tok	130000 lm
světelná účinnost	130 lm/W

**Závěr**

Vývoj elektrického osvětlení je dokladem schopnosti mnoha vynikajících vynálezců - známých i méně známých - uplatnit poznatky fyziky, zvládnout nezbytné technologie a vytvořit zdroje světla, dostupné každému. V příspěvku jsou uvedeni pouze sir Humpry Davy, Vasilij Vladimírovič Petrov, Jean Bernard Léon Foucault, Pavel Nikolajevič Jabločkov, František Křížík, Heinrich Göbel, T.A. Edison, Karl Auer von Welsbach, Elmer Fridrich a Emmet Wiley, Frederic Mosby, Edward Zuber, Julius Plücker, J.W.Hittorf, Heinrich Geissler, Wilhelm Conrad Röntgen, Clarence Dally, Charles Proteus Steinmetz, Gilbert Reiling a Michael Ury. Výsledky dnešní týmové práce nelze připsat jednotlivcům a vývoj pokračuje dále. Obdiv si ale zaslouží každý z těch, kdo se podíleli na vývoji světelných zdrojů a pro čtenáře, zvláště začínající fyziky a techniky, může být takové seznámení s historií dobrou inspirací.

**Zdroje informací**

Miškařík, S.: Moderní zdroje světla SNTL Praha 1979

[www.pre.cz](http://www.pre.cz)

[www.energetik.cz](http://www.energetik.cz)

[www.novalamp.cz](http://www.novalamp.cz)

[www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)

[www.uhp.philips.com](http://www.uhp.philips.com)

[katalog.osram.de](http://katalog.osram.de)

[www.xenony.cz](http://www.xenony.cz)

[americanhistory.si.edu/lighting/index.htm](http://americanhistory.si.edu/lighting/index.htm)

[www.sylvania.com](http://www.sylvania.com)

[www.gelighting.com](http://www.gelighting.com)

## ZLATO A STRIEBRO V HISTORICKO–FYZIKÁLNEJ DIZERTÁCII O UHORSKÝCH BANIACH Z ROKU 1714

**ANDREJ ŠPERKA**

*Historický ústav SAV, Bratislava, SR*

### ABSTRACT

*Author deals with one of dissertations published in Trnava University printing house in 1714, shortly afterwards the consolidation process in Hungarian society began, one of the few preserved up to now. Dissertation on History and Physics of Mines in Hungary, divided into sixteen chapters devoted to each individual metal and other minerals quarried in Hungarian Kingdom is presented via author's closer view into problems of two most significant ones, gold and silver. Through analysis of text and quoting of anonymous author of the dissertation the then scientific approach towards concerned questions is presented, revealing Aristotelian essence of science as it was maintained at Jesuit universities of the era.*

Je známou skutočnosťou, že počet zachovaných prác súvisiacich s výučbou prírodných vied na Trnavskej univerzite počas prvých sto rokov jej existencie, teda dizertácií, učebníc či príručiek je v súčasnej dobe veľmi nízky.<sup>1</sup> Príčinou tohto stavu boli viaceré búrlivé dejinné udalosti, ktoré postihovali sídla univerzity od počiatkov až do najnovších čias, či už to bola Trnava v rokoch 1635 – 1777 alebo Budín, Pešť respektíve Budapešť po jej presťahovaní.<sup>2</sup> Je zároveň pravdou, že systematické vydávanie učebníc začalo na pôde univerzity až zásahom ústrednej cisárskej správy v 50-tych rokoch 18. storočia. O to vzácnejšie sú pre nás dva exempláre doktorských dizertácií, ktoré sa v súčasnosti nachádzajú v knižnici Oddelenia dejín vied a techniky Historického ústavu Slovenskej

---

<sup>1</sup> Z obdobia do konca 17. storočia sú to len tri dizertácie, do štyridsiatych rokov 18. storočia k nim možno prirátat ďalšie tri. Podľa Zemplén, J.: Fyzika na trnavskej univerzite. In: Z dejiny vied a techniky na Slovensku VI. Bratislava. 1972.

<sup>2</sup> Máme na mysli protihabsburské povstania v 17. a 18. storočí, ktoré zasiahli Trnavu, boje II. svetovej vojny počas oslobodzovania Budapešti a udalosti súvisiace s potlačením revolúcie v roku 1956, pri ktorých bola poškodená budova archívu filozofickej fakulty ELTE.



akadémie vied.<sup>3</sup> Jedna z nich, *Historicko – fyzikálna dizertácia o uhorských baniach* (ďalej *Dizertácia*), resp. jej časti pojednávajúce o baníctve zlata a striebra, ich výskyte v Uhorsku a technológii ich spracovania sú predmetom nášho rozboru, ktorý chceme na týchto riadkoch prezentovať.

Po potlačení posledného uhorského stavovského povstania namiereného proti habsburskému domu začala v krajine postupná konsolidácia pomerov. Počiatky obdobných procesov boli badateľné počas celého predchádzajúceho storočia, tentoraz však situácia, vnútrospoločenská i zahraničnopolitická, umožňovala ašpirovať na nezvratnosť tohto vývoja. Postavenie našej univerzity, ako jezuitskej inštitúcie, bolo akýmsi zrkadlom uhorských vnútropolitických a najmä medzikonfesionálnych vzťahov. Univerzita, jej profesori, hodnostári i študenti boli v dobách povstaní terčom ozbrojených akcií, počas ktorých bola jej činnosť prerušovaná na dlhé obdobia. Počas povstania Imricha Thökölyho došlo pri obsadení Trnavy k internácii členov rádu a univerzitný areál z väčšej časti podľahol následnému ničivému požiaru, ktorý mesto obsadené kurucmi zachvátil.<sup>4</sup> Podobný osud postihol členov univerzity aj v čase povstania Františka II. Rákociho a je dobre známe, že univerzita na dlhé mesiace prerušila svoju činnosť aj počas povstania Juraja I. Rákociho. Otázka pôsobenia jezuitského rádu na území krajiny stala sa veľmi skoro predmetom politických požiadaviek vedenia protestantského odboja, rád sa naproti tomu dlhodobo snažil o trvalé usadenie sa v Uhorsku. Rektor univerzity Senney bol považovaný za najvyššieho predstaviteľa rádu v Uhorsku, počas zasadnutí uhorského snemu na konci 17. storočia dovedol k úspešnému koncu snahy jezuitov o nadobudnutie domovského práva v krajine.<sup>5</sup> Je len prirodzené, že vývoj udalostí nasledujúcich po satmárskom mieri (1711) ovplyvnil aj takú významnú inštitúciu, akou v pomeroch Uhorského kráľovstva bola univerzita v Trnave. Konsolidácia pomerov v krajine postupne vyústila v dlhodobo postrádaný vnútrospoločenský pokoj, ktorý, i keď na úkor protestantských ustanovizní, umožnil nerušený rozvoj jezuitským univerzitám, trnavskej i košickej, na nasledujúce dlhé desaťročia. Práve k počiatkom tohto procesu viaže sa vydanie a obhajoba *Dizertácie*.

Ako vyplýva z jej názvu, snahou autora bolo podať na úrovni univerzitnej záverečnej práce správu o historických a fyzikálnych súvislostiach, v ktorých sa na začiatku 18. storočia nachádzalo uhorské nerastné bohatstvo, v prvom rade kovy, jeho bane, technológie a pracovné postupy. Štruktúra práce, ktorej jazykom je výhradne latinčina, zachováva úzus zavedený pri vydávaní knižných prác na novovekých jezuitských univerzitách, v podstate kopírujúci dobovú barokovú knižnú kultúru. Takže na 140 stranách obsahuje popri vlastnej

<sup>3</sup> Ide o práce *Dissertatio historico – physica de admirandis Hungariae aquis* (1713, sign. mf 13) a *Dissertatio historico – physica de montibus Hungariae* (1714, sign. 3058/61), ďalej len *Dizertácia*.

<sup>4</sup> Kazimír, Š.: Trnava v rokoch 1526 – 1689. In: Dejiny Trnavy. Bratislava. 1989.

<sup>5</sup> Ako uvádza rektor Ladislav Senney vo svojom úradnom denníku, na prelome rokov 1687/88 viedol na zasadnutia bratislavského snemu viaceré rádové delegácie, zložené najmä zo zaslužilých členov rehole pôsobiacich na univerzite v Trnave. Rokoval na najvyššej úrovni s vysokými predstaviteľmi kráľovstva a najmä jeho organizačnej práci mohol jezuitský rád vďačiť za konečný úspech. V tejto súvislosti treba spomenúť aj snahy uhorských jezuitov o zriadenie samostatnej provincie, odčlenením sa od veľkej rakúskej jezuitskej provincie. Tieto snahy napodobniť obdobný proces v Českých krajinách však nakoniec neboli úspešné, ostatne rektor pri opise týchto udalostí vrcholiacich na provinciálnej kongregácii v máji roku 1700 vo Viedni zaujal k nim vlažný postoj. Podľa: Egyetemi Könyvtár, sign. Ab 121, Diarium Rectoratus Tyrnaviensis, fol. 3/b, 4, 99, passim.

látke rozdelenej do jednotlivých kapitol i slávnostné úvodné slovo s venovaním vo vzletnom štýle a všeobecný úvod. Jej súčasťou, ako doktorskej dizertácie, je aj akýsi protokol o priebehu jej obhajoby študentami – absolventmi filozofickej fakulty. Podľa titulného listu<sup>6</sup> vyšla práca k 30. augustu 1714 a v tento deň pravdepodobne prebehla i jej obhajoba vo forme záverečnej dišputy. Vzletné úvodné slovo je zamerané výhradne na oslavu úspešného absolutória dvoch najvýznamnejších študentov, na ktorých počesť je celé dielo venované<sup>7</sup>. V nasledujúcom všeobecnom úvode sa autor na štyroch stranách zaoberal najmä zemepisným popisom Uhorska a jeho spoločensko – politickému usporiadaniu. V tejto stati tak bližšie vymedzil objekt, vlastné Uhorské kráľovstvo, na ktorého území sa nachádza predmet jeho ďalšieho skúmania, nerastné bohatstvo a bane. Určil polohu kráľovstva vzhľadom na susediace krajiny, pričom sa nevyhol krátkym historickým exkurzom pri popise počiatkov štátu, jeho usporiadania i jeho rozlohy, keď do Uhorska zaradil i sporné provincie.<sup>8</sup> Udáva aj približné rozmery územia kráľovstva, ktoré podľa neho na dĺžku, t.j. od západu na východ, meralo 65 nemeckých míľ, a na šírku, v severo – južnom smere, 60 nemeckých míľ. Plocha, na ktorej sa kráľovstvo v tom čase rozkladalo, mala podľa autora približne kvadratický tvar a vyčíslil ju na 3900 nemeckých štvorcových míľ. Krajina je Dunajom („najväčšou riekou aká sa v Európe nachádza“) rozštiepená na dve časti, bližšiu, dolnú a vzdialenejšiu, hornú<sup>9</sup>. Prvá zaberá nížinné oblasti bývalej Panónie, druhá sa ťahá od Dunaja smerom k Poľsku a východne smerom k Sedmohradsku. Pokračoval exkurzom do problematiky správy a politického usporiadania krajiny, keď podrobne popísal štruktúry verejnej správy na úrovni slobodných kráľovských miest, stolíc i snemu. V záverečnej časti úvodu sa podrobnejšie venoval horopisu Horného Uhorska, zahŕňajúceho i dnešné Slovensko. Začal nad Dunajom pri Bratislave, odkiaľ sa, jeho slovami, ťahá dlhý pás pohorí v tvare oblúka, oddeľujúci územie kráľovstva od Moravy, Sliezska, Poľska a Ruska

---

<sup>6</sup> DISSERTATIO HISTORICO – PHYSICA DE MONTIBUS HUNGARIAE.  
Laureato honori illustrissimi ac reverendissimi domini  
**SIGISMUNDI JOSEPHI BERENYI**, L.B. de Karáncs – Berényi, perpetui de Bodok,  
Abbatis B. M. V. de Poroszló, é C.G.C.R.H.  
Et  
Perillustris domini  
**JOANNIS AMBROSII PETERFFI**.  
Dum in Alma Archi – Episcopali Soc. Jesu Universitate Tyrnaviensi,  
Promotore  
**R. P. STEPHANO CSIBA** é Societate Jesu, AA. LL. & Phil. Doctore, ejusdémque Professore  
Emerito, nec non Facultatis Philos. p. t. Seniore.  
Supremá AA. LL. & Phil. Laureá insignirentur  
A Condiscipulis Philosophis  
NEO – DOCTORIBUS  
Oblata  
Anno M. DCC. XIV. Mense Augusto, Die 30.  
Tyrnaviae, Typis Acad. Per Georg Roden. *Dizertácia*, fol. 1, in extenso.

<sup>7</sup> Žigmund Jozef Berényi a Ján Ambróz Peterffi. Vide not. 6.

<sup>8</sup> ...ut scribit Sambucus in *Appendice Rerum Hungaricarum*, in locis Danubio propinquis, et ad Belgradum spectantibus ad Savi usque Ostia cum Danubio excurrit, Walko, Posegam, Sirmium (quae tamen alii Sclavonicae accensent) tres insignes Provincias, quas nos Comitatus vocamus, á Sclavonia divellens. *Dizertácia*, pg 1, 2.

<sup>9</sup> ...ulterioris nomine venit pars illa omnis, quae á Danubio in Poloniam usque et Transylvaniam excurrit...quae etiam superior, uti ceterior, inferior Hungaria appellari consuevit. *Dizertácia*, pg 2.

a siahajúci až k oblasti Marmarošskej stolice. Odtiaľ na juh až k Severinu na Dunaji pokračuje pás pohoriami, ktorými je Uhorsko oddelené od Sedmohradska a Valašska. Ako vidno, autor do svojho výkladu zahrnul oblúk Karpát v celej jeho dĺžke a rozsahu. Názov Karpaty nakoniec aj uviedol ako spoločný pre celé horstvo, rozdelené na jednotlivé menšie celky, ktorých miestne mená, ako Tatry, Beskydy a Biele Vrchy sú tiež spomenuté. Bielymi Vrchmi (Karpatti) hraničí Uhorsko s Moravou, Beskydami s Ruskom a Tatrami s Poľskom. Práve Tatrám, ako najvyššiemu z menovaných pohorí venoval sa autor najviac. Nielenže uviedol ich mená podľa jazykov jednotlivých národov v Uhorsku, v krátkom etymologickom exkurze považoval nad pôvodom ich slovenského názvu, ktorý, citujúc Martina Szentivániho, by mal mať pôvod v ich polohe naproti *Tartarii*<sup>10</sup>. Autor *Tartariou* pravdepodobne myslel skôr podzemný Tartar ako vzdialenú krajinu Tatárov a mohol teda Tatry chápať ako vysoký protiklad týčiaci sa nad (vo vertikálnom smere oproti) najhlbšími oblasťami podzemia. Úvod sa končí zmienkami o ďalších pohoriach, v blízkosti ktorých sa nachádzajú banské mestá so svojimi bohatými baňami. Poslednou vetou autor naznačil metódu svojho prístupu k látke: „...A o všetkých týchto (veciach), to čo je viac pamätihodné z toho čo sme vyskúmali čítaním roztrúsene v knihách alebo z toho čo sme prijali z dôveryhodných svedectiev tých, ktorí boli prítomní, vyložíme v tejto našej dizertácii.“<sup>11</sup>

V ďalšom texte autor vyložil celú zvolenú problematiku v šesnástich kapitolách. Prvých šesť je venovaných jednotlivým kovom dobývaným na území Uhorska, zlatu, striebriu, medi, železu, ortuti a olovu, ktoré svojím rozsahom (70 strán) zaujímajú presnú polovicu celej dizertácie. Druhú polovicu textu tvoria kapitoly pojednávajúce o ďalších skupinách nerastného bohatstva ako aj kapitoly s prírodopisnou a zemepisnou tematikou, s týmito názvami: VII. *O poniektorých ušľachtilejších minerálnych farbách*, VIII. *O pohoriach prinášajúcich magnet*, IX. *O azbeste a uhlí*, X. *O kryštáli, diamante, opále, topáse a iných vzácnych kamienkoch*, XI. *O mramore, alabastri a poniektorých ďalších zvláštnejších kameňoch*, XII. *O soľných baniach*, XIII. *O jaskyniach*, XIV. *O vínorodých vrchoch a pahorkoch*, XV. *O vzácnejších zvieratách uhorských pohorí*, XVI. *O najvyšších končiaroch hory Karpatu*<sup>12</sup>. Ako sme vyššie spomenuli, my sa v našej práci budeme venovať rozboru časti Dizertácie pojednávajúcej o najdôležitejších kovoch v Uhorsku dobývaných, zlate a striebre.

<sup>10</sup> ...unde et nivis montes eos vocant Accolae Germani, et Sclavorum lingua appellantur *Tartari*, seu per contractionem *Tatri*: eó quod (ut sentit P. Mart. Szent – Iváni) *Tartariam* versus extendantur. Ab Hungaris *Tarczal* nuncupantur, vel etiam *Nivosae Alpes*. *Dizertácia*, pg. 4.

<sup>11</sup> In quibus omnibus, quae memorabilia magis vel lectione sparsim in libris deprehendimus, vel ex fideli eorum, qui praesentes spectarunt, relatione accepimus, praesenti *Dissertatione Historico – Physica* exponimus. *Dizertácia*, pg. 5.

<sup>12</sup> VII. *De nobilioribus quibusdam Coloribus mineralibus Montium Hungaricorum*, VIII. *De montibus Magnetem Proferentibus*, IX. *De Asbesto et Lithantrace*, X. *De Crystallo, Adamante, Carbunculo, Topazio, Opalo, aliisque Lapillis Pretiosis, qui in Montibus Hungariae inveniuntur*, XI. *De Marmore, Alabastro, et quibusdam aliis lapidibus specialioribus*, XII. *De Salisfodinis Hungariae*, XIII. *De Antris et Speluncis Montium Hungariae*, XIV. *De Montibus et Collibus Vitiferis*, XV. *De Rarioribus Animalibus Montium Hungaricorum*, XVI. *De Altissimis jugis montis Carpati*. *Dizertácia*, passim.

## Zlato

Kapitole pojednávajúcej o zlate je v rozprave venovaných 23 strán. V jej úvode autor zdôraznil dôležitosť samotného kovu a zároveň výnimočnosť jeho zásob nachádzajúcich sa na území Uhorského kráľovstva. Tento fakt prezentoval ako všeobecne prijímaný, citoval viacerých predstaviteľov renesančnej i novšej uhorskej i zahraničnej historiografie<sup>13</sup>. Snahu o systematickejší prístup k problematike zlata možno vidieť v nasledujúcom delení zlata vyskytujúceho sa v Uhorsku podľa jeho „pôvodu“ na tri druhy: živé (vegetabilné), ryžované v riekach, a hlbinne dolované v baniach. Rozsiahlejší priestor venoval prvému z uvedených „typov“, zlatu vegetabilnému. Podľa neho sa vyskytuje v živej forme, vyrastá priamo z viniča a možno ho vidieť vo forme úponkov, bobúľ ba aj ako prútičky vyrastajúce spomedzi viničných klčov. Tento druh zlata je vraj vysokej kvality, je ľahko spracovateľné a vyskytuje sa v najrôznejších veľkostiach<sup>14</sup>. „Dôkazy“ mu opäť poskytnú viaceré autority, ako prvý Wernher, autor známeho cestopisu *De admirandis Hungariae aquis*. Ten podľa autorových slov sám vykopal pri viniči viacero kusov zlata, aj čisté aj s prímiesou iných nerastov, od hmotnosti niekoľkých uncí až po niekoľkolibrové kusy. A mal i hodnoverných svedkov, ktorí podobným spôsobom získali kusy v hodnote päťsto ba i tisíc zlatých florénov<sup>15</sup>. Podobným spôsobom poslúžili autorovi pasáže z diela *Epitomae rerum hungaricarum* historika Ranzana, z ktorých uvádza: „...A čo je zázračné, vo viniciach vysadených na zlatonosných miestach dajú sa zbierať zlaté prútičky aj na dĺžku prsta a niekedy aj celej stopy, a môžem dosvedčiť, že som viaceré z nich videl<sup>16</sup>. Ako autoritu zacitoval aj Galeotta Marzia, ktorý popri zlatých prútoch podobným špargli, vyrastajúcich zpod viničných klčov mal vlastniť aj prsteň zo zlata tohto druhu<sup>17</sup>. Z domácich uhorských autorov citoval ostrihomského arcibiskupa Mikuláša Oláha, ktorý mal tiež vlastniť predmet zo zlata tohto druhu<sup>18</sup>. Táto bájka bola rozšírená medzi autormi už od čias renesancie a nekriticky ju preberali i autori v barokovej dobe, vrátane takého kritického ducha akým bol Matej Bel. Na pevnejšiu pôdu vedeckejších názorov vstúpil autor krátkou zmienkou o zlate získavanom ryžovaním, ktoré sa vďaka miestu svojho pôvodu, ktorým sú piesčité dná riek, nazýva pieskové či vymývané<sup>19</sup>. Väčšia pozornosť bola tomuto druhu venovaná v *Dizertácii o podivuhodných vodách Uhorska*, obhajovanej v predchádzajúcom roku. Konečne posledný druh, zlato dolované špecializovaným remeslom v baniach, zaslúžil si autorovu najväčšiu pozornosť, keďže mu venoval všetky nasledujúce stránky kapitoly. Opäť začal geografickým úvodom, vymenoval miesta najbohatších nálezísk zlata a baní, ktoré ležali vo viacerých regiónoch vtedajšieho Uhorska. Na území dnešného Slovenska to boli najmä dve slobodné kráľovské banské mestá, Kremnica a Banská Štiavnica, v ktorých okolí sa nachádzali bohaté zlaté bane. O Kremnici hovoril ako o v tom čase najslávnejšom banskom meste, užívajúcim označenie prvého slobodného banského mesta. Miestne

<sup>13</sup> Citoval baróna Žigmunda z Herbersteinu, Cuspiniana (cisársky vyslanec na dvore Vladislava II.) a Jána Ferdinanda Behamba. *Dizertácia*, pg. 5.

<sup>14</sup> *Ibidem*, pg. 6.

<sup>15</sup> *Ibidem*, pg. 6.

<sup>16</sup> *Ibidem*, pg. 6.

<sup>17</sup> *Ibidem*, pg. 6, 7.

<sup>18</sup> *Dizertácia*, pg. 7.

<sup>19</sup> ...quod ex fluviorum alveis arenosis expurgatur, quod arenosum, sive lavabile ex ipsa re vocatur...*Ibidem*, pg. 7.

dolovanie rúd má podľa autora tisícročnú tradíciu, siahajúcu ešte pred „obrátenie Maďarov“. Ako dôkaz uvádza nálezy rôznych sôch pochádzajúcich od vtedajších národov, ktoré je možno v hĺbinách baní nájsť, ako vraj vedel z hodnoverného tvrdenia svedka, ktorý jednu z nich videl v niektorej z bystrických baní či v okolí<sup>20</sup>. K problematike kremnických baní uviedol i to, že sú najmä kvôli vysokej hladine podzemných vôd menej výnosné ako v minulosti, keďže „podľa skúseností sa vie, že zlato a striebro sa hojnejšie vyskytujú len na povrchu, alebo potom až v určitej, ťažšie dosiahnuteľnej hĺbke vo forme žíl“<sup>21</sup>. Dôležitosť Kremnice zvyrazňovalo už v onej dobe stáročné pôsobenie tamojšej mincovne, v ktorej sa razili mince i zo zlata vydolovaného v iných miestach.

V Banskej Štiavnici sa taktiež vyskytovali bohaté zlaté bane, toto mesto však autor *Dizertácie* pokladá za významné najmä vďaka baniam strieborným. Na území Slovenska to boli ešte zlaté náleziská v Boci, v Liptovskej stolici, ktoré zaujali autorovu pozornosť vďaka čistote zlata, ktoré sa tam vyskytovalo bez cudzích prímiesí.

V dnešnom Rumunsku sa nachádzali ďalšie z významných zlatých baní v okolí mesta Baia Mare, v ktorom tiež pracovala mincovňa. Pri opise sedmohradských baní obsiahlejšie zacitoval z diela Juraja z Reycherdorffu *Chorographia Transylvaniae*. Zaujímavou je zmienka o spôsobe spracovania miestnej pôdy obsahujúcej zlato, podľa ktorej štrkovitú pôdu zväžali do zvláštnych mlynov (bez bližšieho popisu), v ktorých mletím oddeľovali zlato od horniny a takto vraj dokázali za týždeň získať zlato v hodnote 12 až 15 zlatých. Zhromažďovali kusy skál, ktoré spolu s množstvom dreva pálili vo veľkých vatrách a takto narušené potom ďalej drvili v spomenutých mlynoch a tiež tak získavali zlato<sup>22</sup>. Na záver geografického exkurzu spomenul existenciu ďalších zlatonosných miest, ktoré však pre krátkosť štúdia nestihol bližšie spoznať.

Prostredníctvom otázok a odpovedí pokračoval autor v rozvíjaní problematiky zlata v novoscholastickom duchu. Pri quaestiách Ako vzniká zlato a ostatné kovy v útrobach baní, Aká môže byť causa efficiens kovov?, Ktoré sú osobitné vlastnosti zlata?, Prečo je zlato žlté?, Aké pozemské znamenia naznačujú prítomnosť kovov, zvlášť zlata? možno jasne vidieť aristotelovskú peripatetickú stopu, ktorú vo svojich odpovediach autor sledoval. Aristotelov vplyv pri chápaní existencie z hľadiska skladby hmoty a v procese nadobúdania formy možno vidieť v odpovedi na prvú z otázok: „...Spôsob vzniku kovov vysvetľujú peripatetici podľa poslednej kapitoly Aristotelovej tretej knihy meteorov takto: vo vnútri útrov zeme sú množstvom tepla podnietené vlhké výpary, ktoré stúpajúc nahor narazia na vyššie položené vrstvy horniny a tam sa zabrzdia a pôsobením intenzívneho chladu hornín sa zrazia, a tak sa aj s mnohými ďalšími suchými pozemskými telieskami, vyzrážajú do formy rosy a inovate, a účinkom neustáleho mrazu a stále novými výparmi z útrov mohutnejú a viac a viac hustnú a tvrdnú, dokým sa nesformujú na kov. Z toho vyplýva, ako sa tvoria jednotlivé kovy. Lebo ak sa tieto výpary, pôsobením sily podzemného ohňa uzavretého v najhlbších útrobach zeme dostanú cez rôzne sopúchy a dutiny, preniknúť cez

<sup>20</sup> Ibidem, pg. 9.

<sup>21</sup> Ibidem, pg. 9.

<sup>22</sup> Solent etiam hujus districtus Incolae terram arena mixtam equis clitellariis in molas ad id paratas deportare, in quibus auro á terra segregato per hebdomadam puri auri ex una mola 12. vel etiam 15. aureorum percipi solet...Alii ibidem ex montibus, et rivulis fragmenta lapidum ad similes molas convehunt, constructoque ac succenso lignorum acervo imponunt, et sic emollitos ejusmodi lapides molis imponunt conterendos, ex quibus demum auri fragmenta segregata colligunt. *Dizertácia*, pg. 12.

jednotlivé štrbiny na také miesta, kde je tenká pôda, čistá a vlhká, vyplnia dutiny v nej a v príľahlej pôde vytvorí sa zlato. Keď sa však dostanú (výpary) na miesta s pôdou znečistenou, a studenou, vznikne olovo. Ak však je pôda takto čistá ale zmiešaná so sírou, vznikne cín, pretože čím je miesto (výskytu kovu) čistejšie, tým čistejšie dáva kovy. Ak vskutku sa výpary dostanú k pôde suchej a nečistej, alebo rovnorodej, zrodí sa železo<sup>23</sup>.

## Striebro

Podobne ako pri popise problematiky zlata, aj pri striebre začal autor zdôraznením jeho významu ako kovu i jeho zásob v Uhorsku. Kapitulu o rozsahu dvadsať strán začal opäť historicko – geografickým úvodom, aby priblížil predmet svojho záujmu, náleziská striebra, v priestore a čase. Dôležitú informáciu ponúkol hneď na začiatku uvedením faktu, že striebro sa ťaží na viacerých miestach spolu so zlatom, keďže „...nieve v celom Uhorsku o takej bani, ktorá by poskytovala iba striebro, ktoré popri zlate, mieša sa niekedy na niektorých miestach aj s meďou“<sup>24</sup>. V tých časoch najvýznamnejšími miestami dolovania striebra boli Banská Štiavnica na Slovensku a Baia Mare v Rumunsku, ku ktorým pripojil aj strieborné bane v okolí srbského mesta *Zoynichum*. Tieto v jeho čase už vyše dvesto rokov poskytovali prostriedky tureckému tyranovi na vedenie vojen proti svojmu zvrchovanému pánovi, ktorým bol uhorský kráľ. Na podporu svojich tvrdení uviedol pasáž z diela *Decades regni Hungariae* renesančného historika Bonfiniho zpred dvesto rokov, ktorý takto popísal vzťah Mateja Korvína k týmto zdrojom: „...Zatiaľ čo Matej obľahol *Zoynichum*, ktoré je od Sávy vzdialené na štyridsať tisíc krokov a má aj bane na striebro, poslal Imricha (Zápolyu) spolu so svojim osobným plukom, aby dobyl *Streverinchum* vzdialené od tábora na dvadsať tisíc krokov, ktoré má tak bohaté strieborné bane, že od striebra prevzalo i svoje meno. *Streveron* totiž v slovanskom jazyku znamená striebro.“<sup>25</sup>

Najväčšiu pozornosť venoval autor opisu banských nálezísk a spracovateľských techník používaných v Banskej Štiavnici. Nezabudol pripomenúť, že banská produkcia sa v Štiavnici v tej dobe stále len rozbiehala, keďže zanedbaním ťažby v časoch ostatnej občianskej vojny

---

<sup>23</sup> *Quaeritur primo. Quomodo aurum, et reliqua metalla intra montium viscera generentur? Respondeo. Modum generationis metallorum ad mentem Philosophi L(ibro) 3. Meteoribus, capite ultimo, á Peripateticis sic explicari: Intra terrae viscera excitantur vi caloris exhalationes humidae, quae ascendentes in suprapositos lapides impingunt, et adhaerescunt, atque eorum intenso frigore constipantur, ita ut uná cum pluribus corpusculis terreis, et siccis concrecant ad modum roris, ac pruinae, quae, continuante suam actionem frigore, et subjectá minerá novos halitus subministrante, crescit, ac magis, magisque densatur, ac duratur, donec formetur in metallum. Ex quo patet, quomodo singula metalla generentur; nam si exhalatio, seu vapor ille vi ignis subterranei in profundissimis terrae visceribus inclusi per varia terrae spiracula, veluti per syphones quosdam in varia loca, singulasque rimas penetrans, ad talia loca deveniat, ubi est terra subtilis, pura, et humida, implet poros ejus, et juncta illi terra aurum efficitur; si vero veniat ad loca impura, et frigida, fit plumbum; si vero talis terra pura fit, et mixta sulphuri, fit stannum, quo enim magis depuratus locus fuerit, eó puriora reddet metalla; si vero ad terram siccam, et impuram, sive homogineam telluris partem exhalatio illa adhaeresit, ferrum generabit. Dizertácia, pg. 13, 14.*

<sup>24</sup> ...neque enim, quod sciam, fodina tota Hungaria est, quae solum argentum proferat; sed auro semper hujus minera miscetur, interdum quibusdam in locis et cupro. Ibidem, pg. 24.

<sup>25</sup> *Dizertácia*, pg. 24.

veľmi stúpili vody v baniach a zisk z ťažby ledva pokrýval náklady<sup>26</sup>. K popisu banských techník si opäť prizval na pomoc staršieho autora, francúzskeho pátra Fourniera, z ktorého diela *Geographica orbis notitia* zacitoval: „...Každú štvrtú hodinu schádza okolo stopäťdesiat baníkov so svojimi lampášmi cez komín (vstup do šachty) dlhý šesť a široký dve, hlboký viac ako dvetisíc stôp, visiacich na železnom háku upevnenom pevným povrazom: a kým sa zvezú nadol, vrece naplnené kovom vystúpi nahor, pomocou obrovských kolies poháňaných silou dobytká. A pretože štiavnické bane sú bohaté na pramene vody, táto voda je vo vreciach a kravských kožiach, ako aj dutinami a sopúchmi vyťahovaná mužmi i ženami, ktorí pracujú dňom i nocou bez svetla po štyri hodiny. A predsa každý týždeň dostávajú ako mzdu (len) najviac tridsať alebo štyridsať uhorských denárov čo je dvanásť alebo pätnásť assov (drobná minca vo Francúzsku). Sú rovnako obnažení, keď vo veľkom počte boli na najhlbšom mieste, a po uplynutí štyroch hodín zhromažďujú sa aby vystúpili nahor na čistý vzduch; a sotva sa nájde nejaký, ktorý dosiahne päťdesiat rokov, s pľúcami postupom času boľavými od ostrosti jedovatých výparov, prinášaných antimónnymi, ortuťnatými, soľnými a arzénovými plynmi, ktoré sú mozgu, srdcu a pľúcami veľmi nepriateľské.“<sup>27</sup> K uvedenej technike čerpania vôd pridal autor dizertácie poznámku, podľa ktorej v jeho čase už vodu čerpajú z baní prostredníctvom rozličných hydraulických strojov, pospájaných s obdivuhodným majstrovstvom, ktoré na pohon využívajú silu koní, striedajúcich sa v pravidelných intervaloch<sup>28</sup>. A krátky doplnok z vlastnej skúsenosti Francúza Fourniera: „...Je aj iná cesta, cez štôlne, ktorou je možné chodbami vytesanými do skaly, rebríkmi, vzpriamene či skrčeným telom, veľmi často sa plaziac s veľkou námahou cez krivoľaké cestičky, v čase troch – štyroch hodín prezrieť baňu. Od samého ústia šachty na štyristoosem stôp je cítiť ostrý mráz, potom je cítiť teplejší prúd vzduchu kdekoľvek sa kope a po rovnakej vzdialenosti štyristoôsmich stôp už nie je viac mráz, ale vždy teplo, akokoľvek hlboko sa kope.“<sup>29</sup> Z výberu citátu sa zdá, že autorovi Dizertácie bola náročnosť baníckej práce a škodlivosť prostredia zrejmá, podobnú pozornosť však venoval popisu odľučovacích techník, rovnako nebezpečných a nezdravých, bez ktorých dosiahnutie čistého strieborného kovu bez prímies nebolo možné. Ako uviedol, oddeľovanie striebra od zlata sa prevádzalo v Štiavnicí a v Kremnici pomocou *aqua fortis* (silná vodička)<sup>30</sup>, a je to „veselé a zázračné predstavenie“<sup>31</sup>. „Podľa Ptolemaia“, pokračoval,

<sup>26</sup> Ibidem, pg. 25. Občianskou vojnou myslel autor povstanie Františka II. Rákociho.

<sup>27</sup> ...singulis, inquit ille, quaternis horis descendunt circiter 150. metallarii, cum sua quisque lampade per caminum longum 6. pedes, latum duos, profundum quadringentos supra bis mille, fascia coreacea natibus supposita, et hamo ferreo rudenti affixa suspensi: dum vero descendunt, saccus mineralium lapidum plenus adscendit, rotis vastissimis jumentorum vi motis. Et quia Schemniczenses fodinae scaturiginibus abundant, harum aqua é fundo collecta saccis, et pellibus bubulis, et siphonibus sibi subordinatis extrahitur á Viris, et Mulieribus...qui dies, noctesque sine lumine laborant per 4. horas, et singulis tamen hebdomadibus 30. aut 40. Hungaricos, hoc est 12. vel 15. asses, ut summum recipiunt pro mercede. Qui similiter nudi, ubi magna vi in imo rupis fuerint, elapsis 4. horis coguntur sursum ascendere ad aerem purum; vixque reperitur ullus, qui ad quinquagesimum annum perveniat, et pulmonibus successu temporis ulceratis ab acrimonia exhalationis venenatae, et refertae spiritibus Antimonialibus, Mercurialibus, Salinis, et Arsenicalibus, qui cerebro, cordi, et pulmonibus maxime sunt infensi. Ibidem, pg. 26, 27.

<sup>28</sup> ...(hodie tamen per varias admiranda prorsus arte coagmentatas Machinas hydraulicas, quae ab equis certarum horarum intervallo sibi noctu, diúque succedentibus moventur, aqua omnis hic loci extrahitur)...Dizertácia, pg. 26.

<sup>29</sup> Dizertácia, pg. 27.

<sup>30</sup> *Aqua fortis* - kyselina dusičná (HNO<sub>3</sub>).

„sa pripravuje *aqua fortis* z chalchanta (oxid meďnatý, modrý vitriol), vitriolu (oxid železitý), kamenca či draselnej soli, v našich banských mestách však z vitriolu vápenatého. Vykope sa hlina s obsahom vitriolu, vloží sa do hlinených džbánov a preleje sa pramenitou vodou, ktorá z hlíny vitriol vytiahne. Tá sa potom varí v silnom (hrubom) olovenom kotli, dokým vitriol neklesne. Potom sa dá na pripravené ohnisko, kde sa najprv rozpustí a následne odsunom od ohňa skondenzuje a vznikne hmota podobná uvarenej múčnej kaši. Potom ako hmota „dozreje“, vyleje sa na rovnú plochu, kde sa pomocou kovového pera rozdelí na malé hrudky. Konečne, keď vychladne, pozbierané roztlčie sa na prášok a z neho sa potom pyrotechnickým umením (žíhaním) v alembiku a pomocou retorta presunie do ďalšej sklenenej nádoby, aby v nej vznikla *aqua fortis*. S jej pomocou môže prebehnúť separácia zlata od striebra takto: striebro obsahujúce zlato sa vyčistí, rozdrobí a ponorí do hlineného džbána s vodou. Za stáleho miešania drevenou paličkou sa striebro rozpadne na kúsočky. Tieto sa o určitej hmotnosti vložia do guľatej nádoby s hrdlom, na ktoré je možné napojiť stočenú rúrku (retortum), vtedy sa naleje *aqua fortis* a položí sa na oheň. Po nasadení retorta na prvú nádobu, *aqua fortis* sa prenáša do inej ďalšej sklenenej nádoby toho istého tvaru, a obe časti retorta sa v miestach, ktorými je napojené na hrdlá nádob, potiahnu jemnou bielou hlinou (vrstvou) a nič nevyhorí. Po nejakom čase sa striebro presunie do druhej sklenenej nádoby, ktorú nazývame *recipientom*, smerom k *aqua fortis*, akoby destilované. V prvej nádobe zostáva čisté zlato vo forme drobných kúskov až prášku. Aby sa však striebro znovu vyzrážalo, taví sa hneď nato v tomže ohnisku dovedy, dokým „nedozreje“ a nezhustne. A nie je na pohľad nepríjemné, keď potom ako je striebro už dostatočne vyzrážané, začne akoby zelený olej bublať a kypieť, a aby nevybuchol, musí byť oddeľovač (ten kto oddeľuje) naporúdzi, aby nakvapkal z voskovej sviečky niekoľko kvapiek, ktorým činom sa oná búrka okamžite utíši, a pomaly sa sfarbí na bielo, a nakoniec stvrdne. A pretože (striebro) nemôže byť vybrané zo sklenej nádoby, je potrebné ju, ináč hodnú polovice Ríšskeho zlatého, rozbiť. Toto o oddeľovaní striebra od zlata (máme) z dôveryhodného svedectva muža, ktorý sa v baniach pohyboval mnohé roky a toto pozorne sledoval“<sup>32</sup>. Prostredníctvom uvedených citátov je možné vytvoriť si dobrý obraz o dobovej

<sup>31</sup> Haec separatio argenti ab auro peragitur per artem pyrotechnicam Schemniczii, et Cremniczii beneficio aquae fortis, quam separatoriam vocant, mirabili prorsús, et jucundo spectaculo. Ibidem, pg. 29.

<sup>32</sup> Aquam fortem Cardin(alis) Ptolemaeus in *Phys(ica) partic(ularis) de Mixto* inanimi *Dissert(atione) 5. de metallis*, docet fieri ex chalchanto, seu vitriolo, alumine, et sale nitro. In montanis vero Hungariae Civitatibus, scribitur illam ex vitriolo montano calcinato hac ratione praeparari; Effoditur terra, quae copiam vitrioli in se continet, hanc in cados injiciunt, et aquam fontanam superfundunt; haec ex terra extrahit, et attrahit vitriolum; quae deinde coquitur in lebetes plumbeo crasso, donec subsidat vitriolum; tum in fornacem ad id paratum injicitur, ubi primum dissolvitur, mox remoto paululum igne condensatur, ut fiat instar pultis ex farinella decoctae: dein ubi maturuerit, permittitur effluere in planum, ac stylo ferreo dividitur in frusta instar smigmatis. Demum ubi refrigeratum est, collectum contunditur in pulverem, ex quo pulvere per alembicum arte pyrotechnica in alterum vitrum per retortum transmittitur, et inde est aqua fortis, seu separatoria.

Haec autem aqua separatur aurum ab argento mod sequenti: Argentum habens sibi admixtum aurum liquatur, et liquatum cado aqua repleto infunditur movente uno aliquo aquam baculo ligneo, sicque argentum in partes minores dividitur. Istud in certo pondere imponitur in vitrum globosum cum collo, ut capiat tubum vitreum, qui á figura retortum appellatur; tum superfunditur aqua fortis, et foco imponitur, apposito deinde retorto, in vitrum aliud ejusdem cum priori figurae transmittitur: Utráque autem pars retorti, quá secundum collum duobus his vitris committitur, subtili argilla circumlinitur, nequid expiret; et tum intra certum tempus argentum in aquam



používanéj technológii a tieto podrobnosti dokresľujú úroveň traktovania prírodovednej problematiky na jezuitských univerzitách. Že však vo všeobecnosti nepresiahlo dovedejší novoscholastický úzus nahliadania problému zloženia a vzniku hmoty, je rovnako ako pri zlate možno vidieť na sérii *quaestií* a *responsií*, ktoré nasledujú bezprostredne po popise bankských techník. Na prvú v znení *Aká je najbližšia látka, z ktorej sa tvorí striebro?* odpovedá: „Je možné, z povedaného v predchádzajúcej kapitole, aby bola pravda, že všetky kovy vznikajú z vlhkých výparov zeme. Sotva môže sa zdať, že je zamietnutiahodný názor tvrdiacich, že tieto výpary, aspoň nie vždy, zmenia sa bezprostredne predovšetkým na vyššie kovy, ako sú zlato a striebro, že duchom svojej prirodzenosti predierajúc sa od nedokončenejších postupne akoby k hotovejším, najprv od horších akostí iných rúd alebo nerastov, k svojmu vzniku preberajú vlastnosť, ktorá im chýba, dokým pomaly priazňou (dobrodením) usilovnej prírody dosiahnu potrebnú (požadovanú) dokonalosť. Preto mnohí nie zle veria, že striebro vzniká zo živého striebra, čiže z jasnej, belejúcej sa ortute, a zo síry takmer stálej a čistej. Aspoň tak, aby pri jej vzniku malo väčší podiel živé striebro ako síra. Veď aj onej (ortute) farbu nosí a dokým vznikne, skoro všetky jej nadobudnuté vlastnosti (*accidentia*) v sebe obsiahne. Totiž zatiaľ čo sa rozpúšťa, nerozleje sa, ako voda a olej, ani sa dotýkajúceho nedrží, čo sú vlastnosti živého striebra (ortute). Že však aj akási časť síry zúčastňuje sa na plodení striebra, možno usudzovať z tohoto: pretože sírny zápach je cítiť, keď sa striebro očisťuje, rozpúšťa alebo žíha. Striebro sa väčšinou vytvára v hornine popolavej či sivej farby, vzácnejšie je to, ktoré sa nájde v hornine bielej farby a aj olovnatej, také totiž sa ľahko očistí od zemských prímiesí.“<sup>33</sup> V odpovedi na ďalšiu otázku „Ktoré sú vlastnosti striebra“ v podobnom duchu vyberá a uvádza jednotlivé vlastnosti a zároveň ich

---

versum subjecto igne traducitur in aliud vitrum, quod recipiens vocatur, quasi distillatum. In primo vitro manet solum aurum in minutissimos pulveres redactum, illudque est purum aurum; argentum vero rursus coagulatur, mox in eodem foco, qui delicatissimis arenis instructus est, excoquitur tamdiu, donec maturescat, et condensetur argentum. Illud visu non injucundum, quod postquam jam satis coagulatum est argentum, incipiat tanquam oleum viride bullire, et ascendere, et ne erumpat, separator argenti debet esse in promptu, et ex candela fevacea guttas aliquot instillare, quo facto statim tempestas illa sedatur, paulatimque album colorem induit, ac tandem induratur. Et quia excipi é vitro non potest, vitrum medio Imperiali aliás aestimatum confringere necesse est. Haec de separatione argenti ab auro ex fideli relatione Viri in montanis multis annis versati, et haec accuraté observantis. *Dizertácia*, pg. 29 – 31.

<sup>33</sup> *Quaeritur primo*. Quae sit materia proxima, ex qua generatur argentum? *Respondeo*. Licet ex dictis superiore capite verum sit metalla omnia ex humidis terrae halitibus concreescere; haud tamen improbilem videri opinionem asserentium, halitus hos, saltem non semper in metalla praesertim nobiliora, qualia sunt aurum, et argentum, immediaté converti, quin naturae genio ab imperfectioribus gradatim velut ad perfectiora eluctantis, aliorum priús sive fossilium, sive minerarum minoribus dispositionibus ad sui genesim indigentium naturam induant, dum sensim naturae laborantis beneficio debitam attingant perfectionem. Hinc non malé a multis creditur argentum generari ex argento vivo, seu mercurio claro, albicante, et ex sulfure fere fixo, et puro; ita tamen ut in sui generatione plus de argento vivo, quam de sulfure participet: nam et illius colorem praesefert, et dum liquescit omnia fere ejus accidentia in se continet. Non enim, dum liquescit, diffunditur, ut aqua et oleum, nec tangenti adhaeret, quae sunt proprietates argenti vivi. Quod autem quaedam sulfuris portio ad argenti procreationem concurrat, ex eo colligitur; quia odor sulfureus, et gravis ferit nares, quando argentum depuratur, et conflatur. Concreescit autem argentum plerumque in lapide cinerei, vel grisei coloris: charius est illud, quod invenitur in lapide candido, et plumbeo; tale enim facile á terrestribus foecibus purgatur. *Ibidem*, pg. 31, 32.

zdôvodňuje často porovnávajúc striebro so zlatom<sup>34</sup>. Metodika jeho dôvodu sa nemení ani pri ďalšej *quaestii* *Prečo striebro belie?* a dobový nevedecký prístup je akoby podčiarknutý odpoveďou na otázku *Ktoré sú zvláštne znamenía (označujúce prítomnosť) skrytého striebra*, v ktorej závere uvádza prítomnosť permoníkov (*bergmanlein, masculi montani*) ako jedno zo znamení. Podľa svedectva viacerých autorov ako aj dôveryhodných svedkov títo so svetlom v ruke indikujú prítomnosť strieborných žíl, častokrát však majú úmysel zvieŕť baníkov z pravej stopy<sup>35</sup>. Problematiku permoníkov, podáva veľmi zoširoka na niekoľkých stranách, čo len potvrdzuje kvalitu autorových názorov. Zároveň ňou uzatvára celú kapitolu pojednávajúcu o striebre.

Z uvedeného výkladu vyvstávajú pred nami viaceré otázky, z ktorých časť pokúsime sa na nasledujúcich riadkoch osvetliť. Je to v prvom rade otázka autorstva celej Dizertácie, nakoľko bezprostredná zmienka o autorovi sa nikde v celom texte explicitne neuvádza. Či ním bol promotor Štefan Csiba, či iný profesor alebo niektorý zo študentov (či snád' viacerí) nie je možné určiť len na základe skúmaného textu, problém si vyžaduje hlbšiu porovnávaciu analýzu. Otázka autorstva univerzitných dizertácií je všeobecne pokladaná za zložitú, uvádzať autora priamo nebolo totiž zaužívaným zvykom. Ďalšou otázkou je vedecká úroveň celého diela, najmä v celom spektre vývoja vedeckých názorov pri prírodných vedách. Hoci samotný názov Dizertácie obsahuje termín „fyzikálny“, používať slovo fyzika najmä po uvedení state o permoníkoch, či v prípade zlata pri jeho „živej“ forme zdá sa až nemiestne. Lepšie snád' bude použiť termín prírodná filozofia, ktorej chemickú stránku nám autor prezentuje najmä pri popisoch praktík používaných pri separácii, ktoré mali charakter ranej chemickej technológie, v autorovom podaní však viac pripomínajú alchymistické pojednanie. To je však všeobecný problém raných počiatkov vedeckej chémie, v tomto prípade sme mali na mysli skôr formu ako vlastný obsah textu, ktorý nám takto zachoval dôležité svedectvo o stave dobovej technológie spracovania rúd. Avšak fyzikálna stránka prírodnej filozofie zostáva v tomto diele na úrovni prinajlepšom deistickej peripatetickej novoscholastiky. V otázkach vzniku a zloženia hmoty zachováva prísne Aristotelovu terminológiu (*causa efficiens, causa finalis*) využívajúc bežne pozorovateľné javy fyzikálneho charakteru ako zmeny skupenstva (sublimácia, zrážanie – skvapalňovanie), ako aj názory o nadobúdaní formy, ktorými tieto základné otázky vysvetľoval. Navyše, keďže sa jednalo o problematiku vzniku kovov, často čerpal z Aristotelových kníh Meteorov a využíval jeho metodiku i termíny (pôsobenie atmosférického tepla, vlhkosti a mrazu). Ani filozofi, ktorých bezprostredne citoval nenaznačujú, že by sa nastolenými otázkami bol

<sup>34</sup> Napr. lepšiu vyššiu schopnosť (voči zlatu) striebra rozpúšťať sa v ohni videl vo väčšej vlhkosti, ktorú striebro obsahuje. Podľa neho keď sa striebro odlieva, vždy z neho vyjde niečo navnivoč, čo by tiež potvrdzovalo názor o vlhkosti. Jeho odlúčenie si vyžaduje nesmiernu prácu, keďže sa nezvykne nachádzať v takom čistom stave ako napr. zlato, oproti ktorému je slabšie kujné, keďže je tvrdšie a hustejšie. Zlato je zas pevnejšie ako striebro. Na rozdiel od zlata vraj obsahuje väčšie póry, vďaka čomu je elastickejšie a možno ho ľahko ohnúť do oblúka, keďže niektoré jeho časti môžu rednúť a iné zas hustnúť, v závislosti od obsiahnutého vzduchu, ako o tom podľa neho svedčí akýsi zvuk. Rozdiel medzi vlastnosťami zlata a striebra videl aj jeho stálosti oproti rôznym roztokom, keďže ako tvrdí: „...a ani roztoky (tekutiny) stojace dlhšie v strieborných nádobách nezostávajú tak čisté a nenarušené ako v zlatých, ale akýmsi spôsobom získajú pach a chuť, najmä ak by (to) boli roztoky kyslé.“

<sup>35</sup> Za svedkov beria autority Filipa Bernarda z Brna, Pátra Atanáza Kirchera, Pátra Gašpara Schotta, Juraja Schultzia, ako aj banskoštiavnických baníkov a banských úradníkov Juraja Eggera, Šimona Kraussa, Martina Zichyho, Pavla Welzsteina, Kristiána Müllera. Dizertácia, pg. 39 – 43, passim.

zaoberal novšími prístupmi<sup>36</sup>. Vedeckú prínosnosť práce možno vidieť skôr v pozornom geograficko – historickom vymedzení objektu skúmania, zaujímavými sú aj lingvistické či etnografické exkurzy. Celkovo však možno vidieť prínos tejto práce skôr v dokreslení dobového odborného myslenia, tak ako sa mohlo vyvíjať v prostredí Jezuitskej univerzity.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Cituje týchto autorov a diela: Aristoteles: *Meteora, Liber 3.*; Kircher, A: *De arte magnetica*; Fournier, J.: *Geographica orbis notitia*; Ptolemaeus, Cardinalis: *Physica particularis de Mixto*.

<sup>37</sup> Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 2/4184/24 Svetové dejiny prírodných vied, medicíny a techniky.

## GALILEO GALILEI A LEGENDA ŠIKMEJ VEŽE

**INGRID HYMPÁNOVÁ**

*Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava, SR*

### ABSTRACT:

#### ***Galileo Galilei and the legend of the leaning tower***

*It was the famed physicist Galilei whose study of gravity spawned the legendary tale of the Leaning Tower of Pisa "feather drop." As the story goes, Galilei held a feather and a stone in either hand and released them simultaneously. Because the feather's structure slowed its descent in parachute fashion, the stone reached Earth first. Had both been released above the place where no air exists, at Moon's surface each would have struck lunar firmament simultaneously. It was not until Astronauts David Scott and Jim Irwin conducted Galilei's experiment on the Moon during their Apollo 15 mission that the experiment could be duplicated in the lunar environment,. On web pages you can see and hear Astronaut David Scott perform Galilei's experiment on the Moon in Apollo 15. Galilei's hypothesis had been that all objects fall with the same velocity in the absence of air resistance.*

### Úvod

Slávny fyzik Galileo Galilei síce skutočne podnietil záujem o štúdium voľného pádu, ale je už menej isté, že robil pokusy s telesami padajúcimi zo šikmej veže v Pise, ako o tom hovorí legenda. Galilei podľa povesti mal držať v svojich rukách pierko a kameň a súčasne ich mal pustiť. Pretože štruktúra pierka v tvare padáka spomaľuje pád, kameň dopadá na Zem ako prvý. Galileiova hypotéza o tom, že všetky predmety padajú rovnakou rýchlosťou, takýmito pokusmi sa ani nedá potvrdiť. Galilei by musel nechať padať telesá vo vzduchoprázdnom priestore. Americkí astronauti David Scott a Jim Irwin dňa 2. augusta 1971 v rámci misie Apolla 15 zopakovali a natočili Galileiho legendárny experiment na povrchu Mesiaca a v lunárnom module. Na internete aj dnes nájdeme viedozáznam z Apolla 15, kde kozmonaut robí Galileiov údajný pokus na Mesiaci.<sup>1</sup>

Kde je lepšie miesto na overenie Galileiho hypotézy ako na Mesiaci Na videozázname vidíme, ako kozmonaut David Scott berie do ľavej ruky pierko a do pravej kladivo. Kamera sníma Scottove ruky a potom, čo kozmonaut pustil obidva predmety naraz, sleduje

---

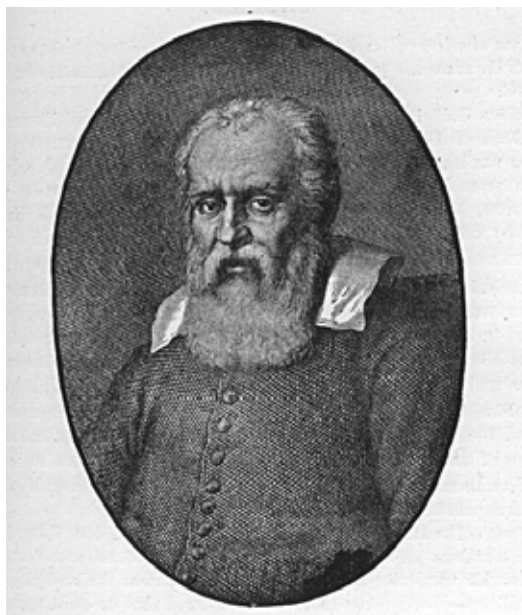
<sup>1</sup> <http://vesuvius.jsc.nasa.gov/er/seh/feather.html>  
Space educators handbook NASA lunar feather drop home

ich pád. Kladivo aj pierko dopadnú v rovnakom okamihu. Galileiho hypotéza, že telesá (vo vzduchoprázdne) padajú rovnakou rýchlosťou, ktorá nezávisí od ich hmotnosti, je potvrdená.<sup>2</sup>

Historici fyzici nie sú jednotní v tom, či Galilei vôbec robil experimenty na šikmej veži v Pise, ba takéto legendy väčšinou jednoznačne odmietajú. Prečo sa teda stal takýto príbeh súčasťou „fyzikálneho folklóru“?

### Ako legenda vznikla

Javí sa , že vznik legendy „má na svedomí“ Galileiho žiak a tajomník z posledných rokov jeho života – Vincenzo Viviani. Za väčšinu podobných legiend zo života Galileiho vďačíme práve jemu, jeho biografickým spisom. Najznámejšou sa stala historka o tom, ako Galilei vystúpil na šikmú vežu v Pise a v prítomnosti zástupu učiteľov a poslucháčov filozofie opakovaným experimentovaním ukázal, že „rýchlosť pohybujúcich telies rovnakého zloženia, rôznej hmotnosti a v rovnakom prostredí, nie je úmerná ich tiaži, ako tvrdil Aristoteles, ale že sa pohybujú rovnakými rýchlosťami.“



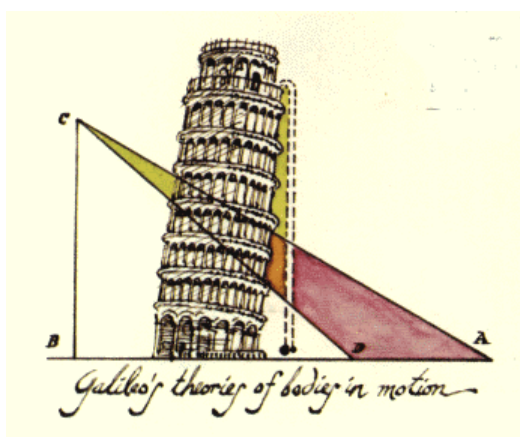
Galilei však v svojom diele skutočne použil experimenty, aby dokázal že objekty nerovnakej hmotnosti padajú vo vákuu rovnakou rýchlosťou. Vôbec sa pri ich popise nezmienil o šikmej veži, jedine oznámil, že robil pokusy s delovou guľou a loptičkou. Dokonca došiel k záveru, ktorý spočiatku jeho hypotézu nepotvrdil. Spomenuté telesá nepadali rovnakou rýchlosťou. Jedine toto zistenie a knihy Vivianiho sú jediným zdrojom, v ktorom sa experimenty spájajú so šikmou vežou v Pise. Zrejmý negatívny záver viedol k tomu, že historici začali pochybovať o Vivianiho verzii lokalizácie a usporiadania Galileiových pokusov. Dokonca mnohí sa domnievali, že starnúci a takmer slepý Galilei pri rozhovoroch so svojim asistentom si vôbec nemusel pamätať podrobnosti, ako došiel k svojmu platnému tvrdeniu o tom, že rýchlosť pádu rôznych predmetov vo vákuu je rovnaká.

### Padanie gule

Ale v histórii sa predsa našlo niekoľko argumentov, ktoré existenciu údajných Galileiho experimentov s padajúcimi telesami v Pise potvrdzovali. Jedným z takýchto tvrdení bolo, že Galilei vlastne nebol prvým odporcom Aristotelových tvrdení. Už od staroveku sa objavovali niektorí učenci, ktorí pochybovali o Aristotelovom učení, experimentovali s padajúcimi telesami a zistili, že Aristoteles sa mýlil. Boli takí aj v Taliansku, niektorí pôsobili ako profesori na univerzite v Pise – čiže v mieste, na ktoré potom nastúpil i Galilei.

Zavádzajúce je aj Galileiho tvrdenie, založené na experimente s delovou guľou a malou loptičkou, podľa ktorého ľahšia guľa na začiatku padala rýchlejšie a až neskôr ju ťažšia

<sup>2</sup> <http://physicsweb.org/articles/world/16/2/2>



dohonila. V minulom storočí historik Thomas Settle sa pokúsil zopakovať experiment s delovou guľou a loptičkou a zistil rovnaké fakty ako Galilei. Settle ale predpokladal, že to spôsobila únava ruky ktorá držala ťažší predmet, že sa pomalšie otvárala a ťažší predmet neskôr vypustila, hoci ľuďom okolo sa mohlo zdať, že obidva predmety boli pustené naraz..

Existuje aj druhá stránka tohto experimentu, a to spôsob, ako sa postupne menilo čisto vedecké získavanie informácií na verejné predvádzanie – show. Po Galileiovej smrti niektorí vedci ako Robert Boyle a William

Gravesand zostrojili vzduchovú pumpu a špeciálnu komoru na výskum voľného pádu v evakuovanom prostredí. Aj kráľ Juraj III, bol tiež raz svedkom demonstrácie, keď ľahké pierko a ťažšia 1-guineová minca padali vo vákuovej trubici. Obľuba podobných demonstrácií pretrváva dodnes na výstavách s jednoduchými pomôckami.

Pozorní diváci spomenutého videa, najmä fyzici a učitelia fyziky nepochybne postrehnú, že očarujúci experiment z Apolla 15 je v niečom nedokonalý. Nikto sa nepokúsil zmerať výšku, z ktorej objekty padali (asi 110-160 cm). Nikto nesledoval, či Scott ruky dvíhal, či ich mal rovnobežne so zemou alebo nie. Nikto ani nemeral dobu pádu telies. Len odhadom z videa stanovili dobu pádu na 1 s. Pokus síce „neporiadny“, ale v každom prípade nezabudnuteľný. Priamy prenos a jeho prístupnosť na internete robia tento pokus najsledovanejším experimentom všetkých čias.

### Obľúbený a dôležitý experiment

Údajný Galileiho pokus s voľne padajúcimi telesami je jedným z najznámejších fyzikálnych pokusov. Americkí učitelia fyziky v ankete, ktorú robil seriózny časopis Physics World, ho zvolili do desiatky „najkrajších pokusov“ všetkých čias.<sup>3</sup> Do zoznamu TOP 10 sa dostal Galilei s dvomi pokusmi, bol tam zaradený aj jeho experiment s guľami kotúľajúcimi sa na naklonenej rovine. Galileiho pokusy sa ocitli v spoločnosti takých známych pokusov ako Newtonov rozklad svetla hranolom, Youngove interferenčné experimenty, Erastotheneve úvahy o rozmeroch Zeme, Millikanov pokus, Foucaultovo kyvadlo, Rutherfordov experiment dokazujúci existenciu atómového jadra a pod. Pokus voľne padajúcich telies je hneď na druhom mieste. Prečo ostáva tento experiment stále taký obľúbený?

Odpoveď možno súvisí aj s vlastnou skúsenosťou porovnávaní rýchlosti pádu ťažších a ľahších telies, ktorý na prvý pohľad zdanlivo nie je v súlade s Galileiho záverom. Kladivo a golfová loptička, napríklad padajú rýchlejšie ako pierko a ping-pongová loptička. Aristoteles práve takéto pozorovania kodifikoval do uzavretého systému, v ktorom daný jav sa snažil vysvetliť existenciou činiteľa pôsobiaceho silou proti odporu. Tento systém definitívne padol až s exaktným definovaním pojmu zrýchlenia.

<sup>3</sup> Úplný zoznam TOP 10 je na adrese:  
<http://physicsweb.org/articles/world/15/9/2>

Galilei zohral prvotnú úlohu v transformácii tohto systému do abstraktného fyzikálneho myslenia, ktoré sa opieralo o matematicky vyhodnotenú experimenty. Možno nerobil pokusy na veži v Pise, ale nechal sa inšpirovať množstvom presvedčujúcich experimentov a demonštrácií, ktoré nám dovoľujú meniť spôsob myslenia a vnímania reálneho sveta. Galileiho padajúce telesá zo šikmej veže sú možno legendou, ale Galileiho experiment je exaktnou skutočnosťou, ktorá spúšťala dôležité procesy v poznávaní fyzikálneho sveta.

**Literatúra:**

1. <http://vesuvius.jsc.nasa.gov/er/seh/feather.html>
2. <http://physicsweb.org/articles/world/16/2/2>
3. VASILIEV, A.: I vsjo taki ona vertitsja. Kvant 2003, № 4.

## JOHANNES KEPLER – PRESVEDČENÝ O HARMÓNII SVETA


**DUŠAN JEDINÁK**

*Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, Trnava, SR*

### Vesmír v človeku

Bol jedným z prvých, kto svojimi objavmi pripravil krok ľudstva do kozmu. V dobe, keď sa mystika stredoveku prelínala s trievou exaktnosťou prírodovedy, odhalil zákony pohybu planét. Pripravil predohru pre Newtonove dynamické zákony gravitácie. V dobe horoskopov uznal, že reálna skutočnosť je zdroj poznania a kritériom pravdy. „*Hviezdy môžu síce dušu človeka naplniť, ale nemôžu samé úspech zaručiť. Skôr vyburcujú človeka a do určitej miery ho stavajú do strehu, aby zachytil okolo letiacu príležitosť.*“

### Jednoduchý životný osud



Johannes Kepler (27.12. 1571 – 15.11. 1630) bol majstrom slobodných umení. Študoval teológiu, matematiku a astronómiu na univerzite v Tübingene. Stal sa učiteľom matematiky na evanjelickej škole v Štajerskom Hradci. Zložité spoločenské i osobné pomery tej doby ho prinútili odísť v roku 1600 do Prahy. Tu bol cisárskym matematikom a dvorným astronómom Rudolfa II., protomathematicus regni Bohemiae. Pražský pobyt (1600 – 1612) bol najplodnejší a najšťastnejší v jeho živote. „*Posilňuje ma myšlienka, že neslúžim iba cisárovi, ale celému ľudskému rodu, že nepracujem iba pre terajšie pokolenie, ale aj pre potomstvo.*“ Neskôr učil na gymnáziu v Linci, cestoval, chcel si zaistiť lepšiu budúcnosť. Nadšenie pre vedeckú prácu a jej výsledky mu pomáhali prekonať útrapy osobného života. Zomrel po zápale pľúc ako následku prechladnutia. „*Meral som oblohu, teraz meriam zeme tiene. Mysel' k nebu letela, teraz tu leží moje telo.*“

### Harmónia sveta

„*Kedykoľvek premýšľam nad krásnym poriadkom, v ktorom jedno vyplýva z druhého, zdá sa mi, ako by som čítal príkaz napísaný nielen písmenami, ale priamo bytostnými vecami sveta, ktorý hovorí: Človeče, použi svoj rozum tak, aby si tieto veci pochopil.*“ V knihe *Mysterium Cosmographicum* naznačil svoje matematické schopnosti, i keď tam uvedené predstavy o vpísaní pravidelných mnohostenov do planetárnych sfér boli nesprávne.





Presvedčenie o jednoduchom a dokonalom poriadku vo vesmíre rástlo. Prirodzeným úsudkom rozumu sa snažil vybadať zákonitosti pohybu nebeských telies. Uveril Koperníkovým heliocentrickým názorom. Z dlhoročných a presných záznamov Tycha de Brahe matematicky určil, že obežná dráha planéty Mars je elipsa. V práci *Astronomia nova* (1609) určil dva zákony pohybu planét (*Planéty sa pohybujú po elipsách málo odlišných od kružníc, v ich spoločnom ohnisku je Slnko. Plochy opísané sprievodičmi planéty za jednotku času sú konštantné.*). Tretí zákon (*Pomer druhých mocnín obežných dôb dvoch planét sa rovná pomeru tretích mocnín ich hlavných poloosí.*) pridal v diele *De Harmonice Mundi* (1619). „Nezáleží mi na tom, či budú moje knihy čítať súčasníci alebo potomstvo. Možno budú čakať na čitateľov 100 rokov, tak ako Boh čakal 6000 rokov, až niekto pochopí jeho dielo... Ďakujem Ti, Stvoriteľ a Pán, že si mi daroval túto radosť zo svojho stvorenia, tento úžas nad dielom Tvojich rúk... Oznamoval som slávu Tvojich skutkov ľuďom, pokiaľ môj konečný duch mohol pochopiť Tvoju nekonečnosť.“

### Caeli abdita pandit – vyložil tajomstvá nebies

Tvorca planetárnych zákonov, lebo aj také pomenovanie môže nosiť J. Kepler, dosiahol svoju skrytú predstavu – hudbu sfér. „*Pohyby nebeských telies sú večným koncertom: koncertom, ktorý sa lepšie vníma rozumom ako sluchom alebo hlasom... Niet zázraku väčšieho a vznešenejšieho ako sú zákony, podľa ktorých sa viacerými hlasmi spieva v harmónii... Človek môže umeleckým súzvukom mnohých hlasov vyčariť víziu večnosti sveta.*“ Nebeská mechanika má svoje jednoduché pravidlá. Keplerove zákony patria do zlatého fondu klasickej fyziky.



### Úspešný fyzik

S Keplerovým menom zostanú spojené aj poznatky o znižovaní osvetlenia nepriamo úmerne so štvorcem vzdialenosti od zdroja, základy náuky o lome svetla a teória ďalekohľadu, vysvetlenie dráhy svetelného lúča v oku i predstava o priestorovom videní obidvoma očami. Keplerove meno nesie ďalekohľad, ktorý navrhol zostaviť z dvoch spojných šošoviek. Možno je s jeho prácou spájaná aj sentencia: *Ubi materia, ibi geometria* – *Kde je hmota, tam je geometria*, lebo Kepler sa zaujímal aj o odpovede na otázky typu: Čo hmotu núti dodržiavať presné tvary? Aká je to sila, ktorá dáva veciam tvar?

### Dosiahol uspokojenie

„*Priateľom je mi Platón, priateľom je pre mňa svätý Augustín, ale najlepším priateľom je pravda... Nikdy slovami nevyjadrím rozkoš, ktorú som zažil pri svojom objave...*“, napísal Kepler. Aj taká je odmena vedeckých priekopníkov. Podnetné a vysoko oceňujúce sú slová Alberta Einsteina o životných snahách J. Keplera: „*Chudoba ho nechromila, odvahy ho*

*nezbavilo ani nedostatočné pochopenie súčasníkov, čo mali moc, aby rozhodovali o jeho živote a diele... Kepler patril k malému počtu ľudí, čo sú jednoducho neschopní robiť niečo iné ako zastávať vo všetkých oblastiach svoje presvedčenie.“*

### **Údiv z kozmickej štruktúry**

*„Poklad prírodných tajomstiev je nevyčerpatelný a jeho bohatstvo nepopísateľné. Kto z neho vynesie na svetlo niečo nové, nedokázal nič viac, než že iným otvára cestu k ďalším výskumom.“* Kepler hľadal jedinečnú harmóniu vesmíru a spoznal princípy, ktoré popisujú pohyb planét. Mal nesmierne pevnú vôľu a vytrvalosť, nemusel sa hanbiť ani za svoj charakter. Prispel k tomu, že z astronómie sa stala skutočná veda. *„Cesty, po ktorých ľudský um dospel k pravde, sú hodné väčšieho obdivu ako dosiahnutý cieľ.“* Správne odhadol, že matematika prepožičiava kráse systém a štruktúre zase krásu.



## Výroky slávných fyzikov

**Kopernik, M.** (1473-1543):

*Úlohou všetkých vied je vzd'alovať človeka od zla, usmerňovať jeho myseľ k väčšej dokonalosti.*

**Brahe, T.** (1546-1601):

*Ani najvyššia svetská moc, ani bohatstvo, len vláda vedy pretrvá.*

**Galilei, G.** (1546-1642):

*Dve pravdy si nikdy nemôžu odporovať.*

**Kepler, J.** (1571-1630):

*Príroda má v oblube jednoduchosť a jednotnosť.*

**Pascal, B.** (1623-1662):

*Celá ľudská dôstojnosť spočíva v myslení. Snažme sa preto, aby sme mysleli správne; v tom je princíp mravnosti.*

**Newton, I.** (1643-1727):

*Nádherný poriadok a harmónia vesmíru mohli vzniknúť iba podľa plánu vševéducej a všemohúcej bytosti.*

**Ampère, A.M.** (1775-1836):

*Veda má slúžiť blahu a pokroku ľudstva.*

(Citáty pozbieral Dušan Jedinák)

## UHORSKÝ HIPPOKRATES OTTO KAROL MOLLER

*ELENA FERENCOVÁ, ELENA KUKUROVÁ*

*Lekárska fakulta UK, Bratislava, SR*

### ABSTRACT

*He was a physician, a pioneer of public health in Slovakia in the beginning of the 18th century. After finishing the study of medicine he worked as a practical physician in Bratislava, in years 1703 – 1705 he was the leading physician of Franz the 2nd. Rákóczi's court. He was generally interested in development of medical as well as natural sciences, particularly in chemistry. In the year 1713 he grounded a private medical school in Banská Bystrica, which was supposed to prepare medical students for study at medical faculties abroad. At Moller's school, practical as well as theoretical lessons of medicine and surgery were lead, and it was equipped by a laboratory. He was an excellent practical physician, but he also supported the development of mining. He was very helpful during the epidemic of pest in 1709 and in this year he published the letter „Consilium medicum de curada peste cum praeservatinibus“. In the year 1726 he wrote „Cucinta morbos curandi methods“ for his students and in the year 1739 he worte the work about prevention of pest infection „Consilium medicum, wie mann sich vor der Pest und ansteckekenden Krankhaiten und Seuchen durch gottlichen Beystand praeserviren“. The emperor Charles the 6th promoted him for his rich scientific and cultural work to an aristocrat.*

Narodil sa 16.1.1670 v Bratislave. Lekár, priekopník verejného zdravotníctva na Slovensku na počiatku 18. storočia. Strednú školu absolvoval v rodisku, filozofiu a medicínu v r. 1692 - 1696 študoval v Altdorfe. Po skončení sa stal praktickým lekárom v Bratislave, v rokoch 1703 – 1705 bol hlavným dvorným lekárom Františka II. Rákócziho, ktorý po porážke Rákócziho povstania 1705 sa ako lekár usadil v Banskej Bystrici, kde bol hlavným mestským lekárom a neskôr riadny lekár Zvolenskej a Turčianskej stolice.

Mal všestranný záujem o rozvoj lekárskejších a prírodných vied, najmä chémie. Začiatkom 18. storočia nebola v Uhorsku žiadna vysoká lekárska škola, preto sa K. O. Moller snažil aspoň čiastočne nahradiť tento vážny nedostatok a zriadil v roku 1713 v Banskej Bystrici súkromnú lekársku školu, ktorá mala pripravovať adeptov medicíny na štúdium na cudzích zahraničných fakultách a jej cieľom ich rýchlejšieho absolvovania. Mollerova škola zohrávala svoju úlohu, jej absolventi sa mohli uplatniť ako významní lekári v Uhorsku. Bola vybavená laboratóriom, na ktorej vyučoval teoreticky i prakticky medicínu a chirurgiu a asi aj pôrodné asistentky a lekárnikov. K praktickému výcviku slúžila tiež Mollerova lekárňa, ktorú si kúpil za 3 320 zlatých. Ako chemik – farmakológ venoval pozornosť zahraničným,

ale predovšetkým domácim liekom. Na tejto škole študoval dokonca i jeden z prvých slovenských historikov Matej Bel (1684 – 1749), s ktorým neskôr K.O. Moller vedecky spolupracoval.

M. Bel uverejnil v svojom diele *Hungariae novae et antiquae prodromus – Posol súčasného a niekdajšieho Uhorska* (1723) dve obsiahle state K. O. Mollera o kúpeľoch v Sklených Tepliciach a vo Vyhniach, ktoré sú prejavom nielen vynikajúcich poznatkov vedca historika, lekára a chemika, ale zanieteného slovakofila a ľudomila. Zo štúdií K. O. Mollera vyznieva očividne láska k týmto kúpeľným prostrediam, ktoré mu boli intímne blízke, pretože v sezóne pracoval v nich ako kúpeľný lekár. Poznal ich klady a zápory a v ich opise bol objektívny. Jeho chemická analýzy sú vynikajúcim obrazom súdobých analytických metód, ktoré umožňovali čiastočne kvalitatívne poznanie zloženia vôd. Obraz medicínskeho využitia kúpeľov Sklených Teplíc a Vyhien vychádzalo z predpokladu všeliaku vody, hoci už vtedy sa začína zrod dávkovania a procedúr na skúsenostno-vedeckom základe. Štúdie K. O. Mollera veľmi výrazne približujú slávu najchýrnejších kúpeľov, ktorá sa postupne vytrácala s ustupujúcou banskou činnosťou a zapadajúcim bohatstvom banských podnikateľov. Okrem toho publikoval populárno-vedecké práce pre širšie masy v odborných periodikách (najmä vo Vratislavských análoch), kde uverejňoval aj výsledky svojich pozorovaní, napríklad o infekčných chorobách.



*Otto Karol Moller (1670- 1747)*

O. K. Moller bol vynikajúcim praktickým lekárom. Vo funkcii župného lekára pravidelne dvakrát do roka precestoval celú župu pohronskú a turčiansku za účelom kontroly zdravotného stavu obyvateľstva. Podporoval rozvoj baníctva, istý čas pôsobil ako purkmajster v Banskej Bystrici. Z lekárskej praxe zbohatol a až 60 000 zlatých, na tie časy obrovskú sumu, investoval do banského podnikania, pričom však ochotne robil pre banské úrady aj chemické expertízy a analýzy tamojších rúd.

Účinne zasiahol pri epidémii moru v roku 1709 a v tomto roku vydal spis „*Consilium medicum de curada peste cum praeservationibus*“ (Lekárska rada o liečení moru a jeho predchádzaniu). V roku 1726 napísal pre svojich žiakov „*Succincta morbos curandi methodus*“ (Rukoväť metód liečenia chorôb) a v roku 1739 je autorom práce o ochrane

pred morovou nákazou „*Consilium medicum, wie man sich vor der Pest und ansteckenden Krankheiten und Seuchen durch göttlichen Beystand praeserviren*“.

V roku 1728 ho cisár Karol VI. za jeho bohatú vedeckú a kultúrnu činnosť povýšil do šľachtického stavu. Zomrel 9.4.1747 v Banskej Bystrici.

### **Literatúra:**

JUNAS, J.: Průkopníci medicíny. Avicenum, Praha 1977, 264s.

REBRO, A.: Zvučný hlas o sláve Tekovských kúpeľov. Balneohistoria Slovaca, Nr. XXIII., Balneologický spravodaj, 1984, s. 35 – 37.

TIBENSKÝ, J.: Dejiny vedy a techniky na Slovensku. Osveta, Martin, 1979, 534 s.

TIBENSKÝ, J., HROCHOVÁ, M., MAUREROVÁ, M.: Biobibliografia prírodných, lekárskech a technických vied na Slovensku do roku 1850. I. autorská časť, Špeciálna bibliografia, Martin 1976, 722 s.

## Výroky slávnych fyzikov

**Faraday, M.** (1791-1867):

*Všetky naše teórie sú založené na neurčitých údajoch a všetky vyžadujú zmeny a ďalšie dôkazy.*

**Maxwell, J.C.** (1831-1879):

*Je nemožné prehlbovať záujem o akúkoľvek presnú vedu nepoznajúc jej matematiku.*

**Röntgen, W.C.** (1845-1923):

*Ak sa niekto chce vnoriť naozaj hlboko do svojich myšlienok, nesmie si vyhľadať plytčinu.*

**Edison, T.A.** (1847-1931):

*Tajomstvo úspechu v živote nie je robiť čo sa nám páči, ale nachádzať záľúbenie v tom, čo robíme.*

**Planck, M.** (1858-1947):

*Veda sama o sebe objavuje mravné hodnoty, učí nás predovšetkým pravdivosti a bázni.*

**Curie-Sklodovská, M.** (1867-1934):

*Človek môže mať v každej dobe zaujímavý a užitočný život. Len si ho nesmie premrhať.*

**Jeans, J.H.** (1877-1946):

*Vesmír sa nám začína javiť skôr ako veľká myšlienka než ako veľký stroj.*

**Einstein, A.** (1879-1955):

*Najviac nepochopiteľné na prírode je to, že ju môžeme chápať.*

(Citáty pozbieral Dušan Jedinák)

## ERNEST FLORENS FRIDRICH CHLADNÝ – CHLADNI

### Fyzik so slovenskými koreňmi, nazývaný otec akustiky a meteoritiky

JANA MEŠTEROVÁ

*Slovenské technické múzeum, Košice, SR*

#### ABSTRACT

*Ernst Florens Friedrich Chladny (Chladni) - physicist, whose ancestors had Slovak origin.*

*The aim of this lecture is to commemorate the life and work of E.F.F. Chladny (1756-1827), German physicist, whose ancestors had Slovak origin. Chladny as a researcher in the field of natural science thanks to his discoveries he deserves the title :”Father of acoustics and meteoritics”. One of Moons crater bears his name.*

V roku 2006 uplynie 250 rokov od narodenia Ernesta Florensa Fridricha Chladného, nazývaného aj otcom akustiky a meteoritiky.

#### Rodokmeň

E.F.F. Chladný pochádzal zo slovenskej emigrantskej rodiny. Jeho prastarý otec, Juraj Chladný (Chladni, Chladius) sa podľa jedného prameňa narodil pred rokom 1650 v okolí Trenčína<sup>1</sup>, podľa ďalšieho zdroja v Španej Doline bez udania dátumu narodenia<sup>2</sup>. Študoval na gymnáziu v Banskej Bystrici a na univerzite vo Wittenbergu (1664). Z baníckeho prostredia si na univerzitné štúdiá doniesol záujem o prírodné vedy. Obhajoval dizertáciu o kovoch (Disputatio physica de metallis ..., Wittenberg 1665). Bol rektorom evanjelickej školy v Španej Doline (1666), evanjelickým farárom v Kremnických Baniach (1667). Slovensko opustil v období protireformácie. Usadil sa v slovanskej Hornej Lužici, v mestečku Zhorelec (Görlitz). Túžba po vlasti ho priviedla späť do Kremnice. V roku 1673 definitívne s manželkou a 4 ročným synom Martinom opustil Slovensko. Od roku 1680 bol farárom v Hanswalde, kde roku 1692 zomrel.

Starý otec Chladného, Martin Chladný (Chladius) sa narodil 25. 10. 1669 v Kremnici. Študoval filozofiu a teológiu vo Wittenbergu (1688), licenciát teológie (1704). Pôsobil

---

<sup>1</sup> Encyklopédia Slovenska, zv. II. Bratislava 1978, s. 407.

<sup>2</sup> Slovenský biografický slovník, zv. II. Martin 1987, s. 461.



v Drážďanoch, v Ubigau (1695), Jassene. Na univerzite vo Wittenbergu prednášal teológiu (1710), stal sa prepoštom (1719). Autor 70-tich latinských a nemeckých náboženských spisov, dizertácií. Zomrel 12. 9. 1725 vo Wittenbergu. Mal jedného syna Ernesta.

Otec Chladného, Ernest Martin Chladný (Chladienius) bol prvým profesorom práv na univerzite vo Wittenbergu, dekan právnickej fakulty, saský dvorný radca. Mal jedného syna, Ernesta, voči ktorému bol veľmi prísny, až despotický.<sup>3</sup>

Ernest Florens Fridrich Chladný (Chladni) sa narodil 30. 11. 1756 vo Wittenbergu. Prežil neradostné detstvo, pod stálym dozorom, odlúčený od rovesníkov. Otec ho sám učil, nedovolil, aby chodil do školy. Obmedzovanie slobody malo za následok túžbu po nezávislosti. Ako 7 ročný sa sám potajme naučil po holandsky, lebo chcel byť námorníkom. Štyri roky študoval v Grimne, ale aj tu bol obmedzovaný. Chcel študovať medicínu, otec ho prinútil ísť na právo. Štúdium započal vo Wittenbergu, ale aby sa vymanil spod rodičovského dozoru, prešiel na univerzitu do Lipska. Popri štúdiu práva venoval sa štúdiu matematického a fyzického zemepisu, fyziky, biológie a geometrie. Ako doktor práv sa vrátil do Wittenbergu (1782), kde mu otec už zabezpečil miesto advokáta. Na prekvapenie rodičov ako prvé si zmenil otcovské meno Chladienius na pôvodné, slovensky znejúce Chladni s mäkkým „i“ na konci. Čoskoro mu zomrela mama, otec sa znova oženil a tiež zomrel. Po otcovej smrti zanechal právo a zameral sa na fyziku. Zo všetkých odvetví bola akustika v najzaostalejšom stave, s množstvom protirečení. Pred Chladným sa akustikou zaoberali matematici, ktorí odvodili matematické zákony akustiky na základe teoretických úvah a hudobníci, ktorým nešlo o vedu, ale o hudbu. Chladni preštudoval všetky prístupné spisy, ktoré pojednávajú o akustike a podrobil ich výsledky skúške. Pokusmi preveroval, či výsledky zodpovedajú skutočnosti. Väčšina nevyhovela. Začal klásť akustiku na pevné základy. Považuje sa za zakladateľa experimentálnej akustiky.

Chladni sa uchádzal o miesto na univerzite, ale záujemcov bolo veľa a plat malý. Nedostatok financií priviedol Chladného k zostrojeniu dovedy neznámych hudobných nástrojov. Tak roku 1790 vznikol *euphon*, na ktorom vyludzoval zvuk zo štyridsiaticich sklenených rúrok rozličnej dĺžky a hrúbky a rozochvieval ich tak, že po ich dĺžke prechádzal navlhčenými prstami. O deväť rokov skonštruoval *klavicylinder*, ktorého oceľové tyče rozochvieval priložením na rotujúci valec pomocou klávesov. S novými nástrojmi cestoval po veľkých európskych mestách, kde ich predvádzal a prednášal o akustike. Návštevy rôznych miest využíval na nadväzovanie stykov s fyzikmi a na diskusie s nimi, na podrobné štúdium všetkých materiálov o akustike v knižniciach a archívoch. Pracoval systematicky a vytrvalo.<sup>4</sup>

### Chladného akustické objavy

Chladni zostrojil zariadenie na meranie počtu kmitov znejúcich telies. Struny, tyče, blany, atď., keď sa chvejú, vydávajú tóny. Čím je počet kmitov väčší, tým je vyšší tón. Výšku tónov definujeme počtom kmitov za sekundu, čiže kmitočtom. Určenie kmitočtu je dôležitá, ale ťažká úloha. Problém je v tom, že aj pri vydávaní najhlbšieho tónu koná teleso 16 kmitov za sekundu, ale ľudské oko nerozoznáva toľko kmitov. Vysoké tóny odpovedajú niekoľko 100 až 1000 kmitom za sekundu. Chladného metóda sa zakladala na zistení, že keď skracujeme dĺžku zvučiacej tyče na polovicu, tretinu, štvrtinu, atď., vydáva 4x, 9x, 16x

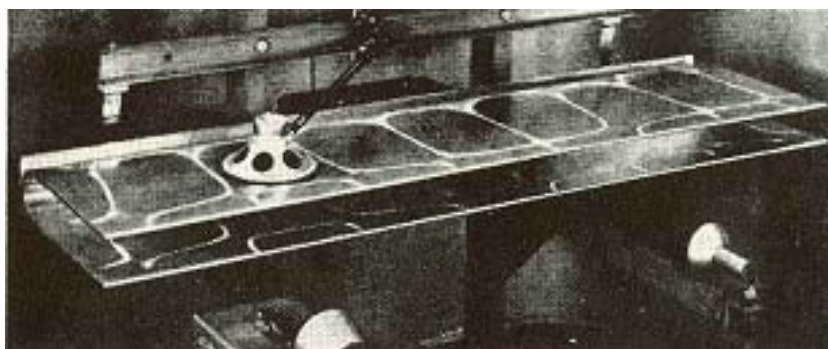
<sup>3</sup> RUMANOVSKÝ, I. – STADTRUCKER, I.: E.F.F. Chladný, otec akustiky a meteoritiky. Bratislava 1961.

<sup>4</sup> BARICA, J.: Malý slovenský panteón vedy a techniky. Banská Bystrica 2004.

vyšší tón, lebo má 4x, 9x, 16x väčší kmitočet. Chladni si zaobstaral kovovú tyč, ktorú keď upevnil na jednom konci do zveráka a na voľnom konci ju rozkmital, konala 4 kmity za sekundu. Toľko kmitov bolo možné pozorovať. Keď mal určiť kmitočet nejakej struny, skracoval túto tyč dovtedy, kým mala ten istý tón ako struna. Potom zmeral na koľkú časťku pôvodnej dĺžky bola tyč skrátaná a vypočítal kmitočet. Napr. keď bolo treba skratiť tyč na desatinu dĺžky, bol kmitočet 10x10, teda 100x väčší ako základný kmitočet tyče (4), meraný kmitočet bol teda 400. Chladni pomenoval prístroj *tonometer*. Bol to prvý prístroj, ktorým sa dal určiť kmitočet.

Druhým objavom Chladného boli *pozdĺžne vlny tuhých telies*. Šírenie zvuku v plynoch pozdĺžnymi vlnami bolo známe dávno. Fyzici pred Chladnim si mysleli, že struny a tyče sa môžu chvieť len kolmo na dĺžku telesa. Chladni ukázal, že zvučia aj vtedy, keď ich trieme prstom alebo kožou pozdĺžne. Odborné výrazy – pozdĺžne a priečne chvenie – zaviedol do fyziky Chladni. Vo svojich hudobných nástrojoch zužitkoval ním objavené pozdĺžne chvenie na získanie hudobných tónov. Zistil, že tyče zvučia aj keď ich trieme tak, akoby sme ich chceli krútiť.

Chladni študoval chvenie ladičky, zvonu, dosky, blany. Zistil, že pružné dosky vydávajú tóny v závislosti od tvaru, od miesta uchytenia a pôsobenia sláčika. Inšpiroval sa Lichtenbergovými pokusmi. Dosky posypal jemným pieskom. Zistil, že piesok sa usporiadal do charakteristických obrazov (260). Na doske sú miesta, ktoré ostávajú v kľude a miesta, ktoré sa chvejú a to spôsobuje preskupenie piesku. Obrazy sa dodnes nazývajú *Chladného (Chladniho) obrazcami*. Pred 200 rokmi to bola taká senzácia, že usporiadal prednáškové turné po Európe. Predviedol ich pred členmi francúzskej akadémie vied v Paríži. Tu sa zoznámil s Pronym, Laplaceom, Poissonom, Savartom, Biotom, Gay-Lussacom a inými. V roku 1809 ho prijal Napoleón, ktorý bol dobrým matematikom a zaujímal sa aj o teoretickú stránku objavov. Chladni napísal prácu „O objavoch v teórii zvuku“, Lipsko 1787 (Entdeckungen über die Theorie des Klanges). Najvýznamnejšie dielo „Akustika“ z roku 1802 (Die Akustik) navrhol Napoleon Chladnému preložiť do francúzskeho jazyka. Napoleon sa o Chladnom vyslovil veľmi uznanlivo pred členmi akadémie vied a umení. Venoval 3000 frankov ako cenu za matematickú teóriu Chladného obrazcov. Cenu získala roku 1816 Sophie Germain, jedna z najslávnejších žien matematiciiek.

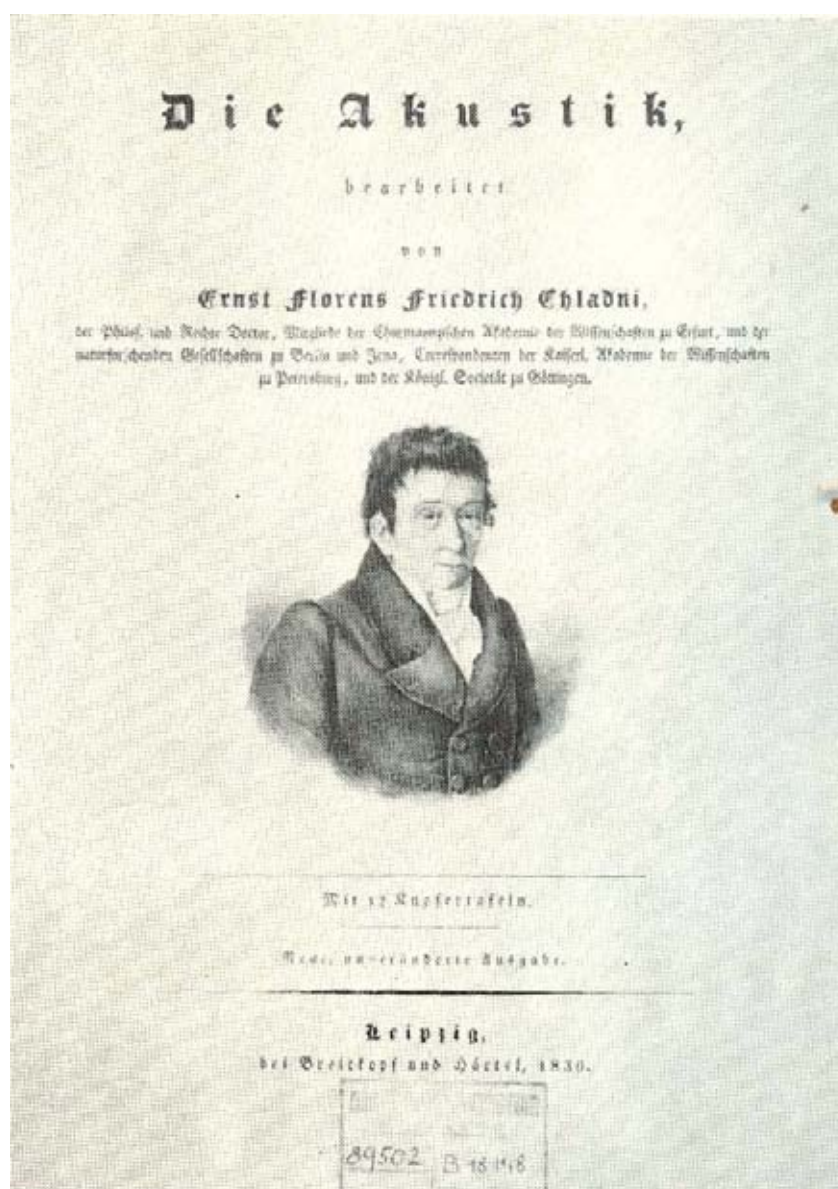


*Moderná rekonštrukcia tvorby Chladného obrazcov*

Už pred Chladným boli známe vzorce na výpočet rýchlosti zvuku v plynoch, ale nikto neurčil túto rýchlosť pokusmi. Prvá *metóda na meranie rýchlosti zvuku v plynoch* pochádza od Chladného. Je známe, že dráhu, ktorú prekoná zvuk za 1 sekundu možno vypočítať, keď

násobíme dĺžku jednej zvukovej vlny počtom vĺn, tvorených za 1 sekundu. Keď chcel určiť rýchlosť zvuku v kyslíku, vzal otvorenú píšťalu a fúkal do nej kyslíkom. Pomocou tonometra určil kmitočet tohto tónu a násobil ho dvojnásobnou dĺžkou píšťaly (lebo v otvorenej píšťale sa tvorí polovičná vlna). Chladni určil rýchlosť zvuku v kyslíku, dusíku, vodíku a v rade ďalších plynov.

Na základe pozdĺžneho chvenia palíc určil rýchlosť zvuku v cíne, striebre, medi, železe, skle, dreve.



Titulný list hlavného diela E.F.F. Chladného s portrétom autora

### Teória o meteoroch

Prelety meteorov v minulosti dali podnet k mnohým dohadom a poverám o tom, odkiaľ sú tieto javy, aká je ich podstata a čo znamenajú. Pokiaľ ja jedni snažili na ňu odpovedať, iní len zaznamenávali nové neočakávané zjavovania sa meteorov. Koncom stredoveku sa meteory považovali za niečo podobné ako blesk, teda atmosférické úkazy súvisiace s počasím. Preto im astronómia nevenovala pozornosť (meteor – meteorológia). Okrem toho veda 18. storočia mala v ohromnej úcte Newtona. Jeho nasledovníci si nevedeli dobre zrovnať chaotické padanie kameňov a železa „z neba“ s kozmickým poriadkom veľkého fyzika.<sup>5</sup> Roku 1749 sa na Sibíri našla hruda železa, vážiaca 687kg, ktorá spadla z neba. Vzbudila záujem chemikov, geológov, mineralógov, ktorí rozhodli, že nepochádza zo Zeme. Po rozhovore Chladného s Lichtenbergom v roku 1792 sa Chladni pustil do tejto problematiky. Zostavil a vydal súpis všetkých meteorov, ktoré boli bezpečne zistené a opísané od roku 472, ktorý vyšiel r. 1794. Usúdil, že pozorované javy majú reálny základ.

Vypracoval teóriu vzniku meteorov a ich zhorenia pri prechode zemskou atmosférou. Chladni bol prvý, kto vyslovil názor, že meteory sú kozmického pôvodu. V roku 1803 spadol blízko Laigle (Francúzsko) veľký roj meteoritov. Jean Baptiste Biot ich preskúmal a parížska Akadémia bola nútená vzdať sa svojho odmietavého stanoviska. Chladni je považovaný za zakladateľa meteoritiky. Za tieto zásluhy nesie Chladného meno jeden z kráterov na Mesiaci. O tom, že sa dôkladne zaoberal meteormi, svedčí jeho zbierka meteorov, ktorú daroval berlínskemu prírodovednému múzeu.

Chladni bol výnimočný vedec v tom, že jeho práce obsahujú informácie o okolnostiach, ako k objavu a výsledkom dospel. Poctivo citoval všetkých autorov. Ako uznával zásluhy iných, práve s takou otvorenosťou a sebavedomím poukazuje na svoje vlastné objavy, ktorými prispel k zveľadeniu vied.

Zomrel z 3. na 4. apríla 1827 vo Vratislavi (Poľsko).

Neoženil sa, ani nemal potomkov, a tak rod Chladných vymrel.

---

<sup>5</sup> LAUE, M.: Dějiny fyziky. Praha 1963, s. 35.

**Literatúra :**

BARICA, J.: Malý slovenský panteón vedy a techniky. Banská Bystrica 2004.

Encyklopédia Slovenska, zv. II. Bratislava 1978.

FÖLDES, R.: Chladni. Výročná správa Československej reálky. Košice 1931.

LAUE, M.: Dějiny fyziky. Praha 1963.

RUMANOVSKÝ, I. – STADTRUCKER, I.: E.F.F. Chladný, otec akustiky a meteoritiky.  
Bratislava 1961.

Slovenský biografický slovník, zv. II. Martin 1987.

## CHLADNIHO OBRAZCE V ANTOLIKOVOM PODANÍ

*MIROSLAV TIBOR MOROVICS*

*Historický ústav SAV, Bratislava, SR*

### ABSTRACT

#### **Chladni patterns in Antolik's acoustic experiments**

*Karl Antolik was scientifically active high school professor, who attended to various parts of Physics during his life. He became famous mostly for his researches with electric sparks, which became basics of E. Mach's researches of detonation waves. Antolik was interested in acoustics as well. Thanks to his perfect aptitude for physical experiment he developed a method, by which he examined membran's and tense web's vibration using Chladni patterns. This article is dedicated to this field of Antolik's work.*

„Predstaviť sa má metóda vyhotovenia Chladniho obrazcov vznikajúcich na povrchu pevných telies rozličných tvarov a nachádzajúcich sa v rozličných stavoch rozozvučenia. Má sa predložiť aj dôkladná interpretácia vzniku týchto obrazcov. Pešť, 10. apríla 1867“<sup>1</sup> Stručný citát je zo zadania domácej záverečnej práce absolventa učiteľského štúdia na peštianskej univerzite, Karola Antolika, ktorý po troch rokoch odborného štúdia pristupoval k záverečnej skúške zo svojho hlavného odboru. Zadávatel'om práce bol jeho profesor fyziky na univerzite v Pešti, Štefan Anián Jedlik.

Profesor v svojom hodnotení napísal: „Domáca práca dizertanta je presiaknutá takým činorodým nadšením, že to jasne odráža jeho náklonnosť k fyzike. V súvislosti s vytváraním a rozličnými modifikáciami zvukových obrazcov nepredkladá len údaje z lepších prameňov, ale obohacuje ich výsledkami z vlastných experimentov. Textová časť práce je po jazykovej stránke logická a zväčša korektná, len z niekoľkých výrazov je badať, že autor si osvojil maďarský jazyk len vďaka svojej usilovnosti.“<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Jedlik Ányos kézirati hagyatéka. Tanárjelöltek vizsgamunkálatainak bírálatai. Antolik Károly. Pannonhalmi Szt. Benedek Rendi Főapátság Könyvtár Kézirattára, Pannonhalma. Sign. BK 184 / IV. / 27  
(Rukopisná pozostalosť Š.A. Jedlika v rukopisnom oddelení knižnice Benediktínskeho hlavného opátstva v Pannonhalme.)

<sup>2</sup> Tamže.

Z talentovaného Jedlikovho žiaka, rodáka zo spišského Studenca, sa naozaj stal vynikajúci experimentálny fyzik.<sup>3</sup> Po ukončení štúdií v Pešti pôsobil na viacerých stredných školách v Uhorsku (Kaposvár, Košice, Arad, Bratislava). Ako začínajúci profesor fyziky absolvoval aj ročný študijný pobyt na nemeckých univerzitách v Berlíne a v Heidelbergu, kde mal príležitosť sa zoznámiť aj takými poprednými osobnosťami fyziky ako Hermann Helmholtz, Robert Wilhelm Bunsen, Georg Hermann Quincke a ďalší. Inšpiratívne začiatky sa premietli do jeho celoživotných aktivít. Na všetkých svojich pôsobiskách sa okrem výučby aktívne venoval aj vedeckým experimentom vo fyzike a hoci pôsobil ďaleko od vedeckých centier, v jednej oblasti sa mu podarilo preniknúť aj na scénu vtedajšej špičkovej fyziky.<sup>4</sup>



**Antolik Károly**

Obr. č. 1 : *Karol Antolik (1843 – 1905)*

Pri skúmaní vlastností elektrických iskier vypracoval originálnu experimentálnu metódu, pomocou ktorej zaznamenával dráhu iskry vo vrstve sadze. Jeho články o tejto metóde a o výsledkoch súvisiacich pokusov vyšli okrem iných v poprednom nemeckom časopise *Annalen der Physik*. Keď profesora pražskej nemeckej univerzity, Ernsta Macha upozornil

<sup>3</sup> Podrobnejšie o živote a diele K. Antolika napr.:  
MOROVICS, M.T.: Egy múlt századi kísérletező fizikus, Antolik Károly életművéről. *Fizikai Szemle* 34, 1984, s. 222 – 227.  
MOROVICS, M.T.: Karol Antolik a jeho vedecké dielo. In: *Veda a technika v dejinách Slovenska (1)*. Bratislava, Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky pri SAV 1983, s. 79 – 90.  
TIBENSKÝ, J. a kol.: *Priekopníci vedy a techniky na Slovensku, 2*. Bratislava, *Obzor* 1988, s. 431 – 437. (autorova stať Karol Antolik)

<sup>4</sup> Portrét na obrázku: súkromný archív autora.

na tieto články jeho asistent Čeněk (Vinzenz) Dvořák, Mach hneď spoznal, že Antolikova experimentálna metodika sa vynikajúco hodí k akustickým pokusom. Vychádzajúc z Antolikovej metódy odštartoval viacročnú sériu akusticko-aerodynamických experimentov, ktoré sa stali východiskom skúmania rázových vln a v rámci ktorých boli odkryté viaceré základné poznatky modernej aerodynamiky.<sup>5</sup> Antolik ešte roky sa venoval skúmaniu elektrického iskrového výboja prostredníctvom vlastnej metódy a pomocou Lichtenbergových práškových zmesí. V tejto súvislosti ho súčasníci často spomínali ako „uhorského priekopníka iskrových obrazcov“.

Prvotnú inšpiráciu k svojim pokusom získal K. Antolik na prednáškach svojho profesora, Š:A. Jedlika, ktorý sa tiež rád zapodieval s Lichtenbergovými obrazcami.<sup>6</sup> Metóda pri skúmaní iskrového výboja spočiatku neprinášala Antolikovi očakávaný efekt a to ho doviedlo k vlastnej originálnej metóde, pri ktorej na rozličných začadených plochách zachytával dráhu elektrickej iskry, ktorá „kĺzala“ po vrstve sadze. Na znázornenie takéhoto špeciálneho výboja sa mu neskôr podarilo aplikovať aj Lichtenbergov postup.

Evidentne z Jedlikových podnetov pramenila aj ďalšia významná oblasť Antolikových vedeckých snáh. Koncom 80. rokov 19. storočia sa v svojich experimentoch vrátil k téme svojej „diplomovej“ práce a začal skúmať chvenie napnutých blán (de facto membrán) pomocou akustických obrazcov. Chladniho pôvodná metóda, skúmanie chvenia dosák pomocou jemného prášku, bola vtedy približne storočná – autor ju publikoval v svojej práci *Entdeckungen über die Theorie des Klanges* z roku 1787.<sup>7</sup> Na prvý pohľad by sa teda mohlo zdať, že „oprášenie“ metódy K. Antolikom bolo úplne anachronické, keďže nešlo o demonštračné pokusy, ale o experimenty s výskumným zámerom. Ukazuje sa však, že takéto obvinenie by bolo voči nemu nespravodlivé. Jedlik zrejme nezveličoval, keď uviedol, že jeho žiak dobre preštudoval „lepšie pramene“ a skutočne dôkladne sa zoznámil s problematikou. Do práce sa aj po rokoch púšťal maximálne pripravený a jeho štúdie jasne ukazujú, že našiel slabé a nevykryté miesta príbuzných výskumov a svojimi cieľenými experimentmi sa pokúsil – treba dodať, že vcelku úspešne – zaplniť túto medzeru.

Skúmať chvenie membrán pomocou práškových obrazcov sa snažili viacerí významní (a dá sa predpokladať, že po ich vzore aj celkom neznámi) fyzici 18. a 19. storočia, medzi nimi Felix Savart, Michael Faraday a v neposlednom rade sám Ernst Florens Friedrich Chladni. Všetci narazili na podobný problém, že na rozdiel od pevných dosák sa im nepodarilo vyvolať, resp. udržať dostatočne pravidelné rozochvenie membrán, čo vlastne umožňuje vznik obrazcov. Podobné problémy sa vyskytujú aj pri skúmaní chvenia sklenených dosiek prostredníctvom Chladniho obrazcov. Javí sa teda, že jednoduchá a prístupná metóda pieskových (práškových) akustických útvarov, ktorá v svojej dobe priniesla hodnotné výsledky pri skúmaní chvenia pevných dosiek a iných telies, zlyháva v prípade membrán a taktiež u skla. A tu je tá štrbinka, kde našiel svoj priestor K. Antolik, ktorý svojším spôsobom dosiahol v tomto smere isté úspechy. Už v svojej prvej štúdií k problematike, ktorá vyšla roku 1890 ako samostatná práca v edícii prírodovedných rozpráv Maďarskej akadémie vied, publikoval nádherné pravidelné obrazce, ktoré sa mu podarilo vyhotoviť na

<sup>5</sup> MOROVICS, M.T.: Korene experimentálneho výskumu rázových vln. In: XIX. Zborník dejín fyziky. Bratislava, Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky pri SAV 2002, s. 61 – 72.

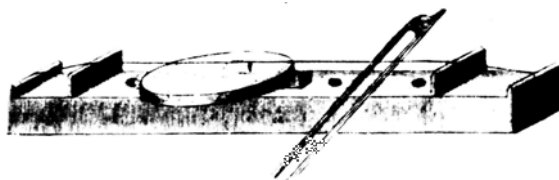
<sup>6</sup> FERENCZY, V.: Jedlik Ányos István élete és munkái, 1. Győr 1938, s. 5-9.

<sup>7</sup> GAZDA, I. – SAIN, M.: Fizikátörténeti ABC. Budapest, Tankönyvkiadó 1980, s.43. Pozri aj štúdiu J. Mešterovej v tomto zborníku.



napnutých papierových či iných blanách. Vydarené boli aj jeho obrazce na sklenených doskách.<sup>8</sup>

Tajomstvo Antolikových úspechov v tejto oblasti spočíva pravdepodobne v špecifickom spôsobe rozochvenia membrán, ktorý v názve svojej prvej štúdie k problematike nazýva „prenosom zvuku“. Úplný názov práce, O zvukových obrazcoch vyvolaných prenosom zvuku na napnutých rozochvených blanách a na sklenených tabuliach (A hangáttétellel előidézett hangidomokról kifeszített rezgő hártyákon és üveglemezeken), aj celkom výstižne charakterizuje zameranie Antolikových pokusov. Obrazce vytváral na blanách napnutých na drevený alebo kovový rám, v inej sérii pokusov na sklenených doskách. Podstatou špecifickej metódy „prenosu zvuku“ bolo to, že medzi blanou, prípadne rámom a rozličnými zdrojmi zvuku vytvoril stály, bezprostredný dotyk. Fakticky ich nejakým jemným prenosovým elementom napevno spojil. Chvenie struny monochordu prenášal na blanu napríklad tak, že k strune pripevnil malý korkový kužeľ, jeho hrot uviedol do ľahkého dotyku s blanou a jednoducho ich zlepil v bode dotyku. (Pozri obr. č. 2.)



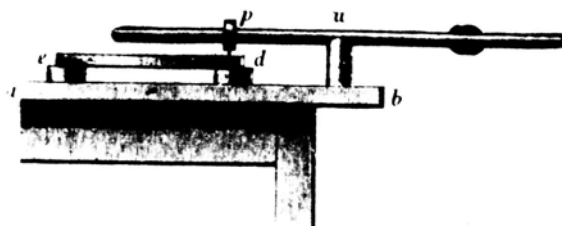
Obr. č. 2 : Antolikova metóda „prenosu zvuku“  
(struna monochordu a blana napnutá na okrúhly rám sú zlepené v bode dotyku)<sup>9</sup>

Rozdiel oproti klasickej Chladného metóde je v tom, že rozochvená blana, prípadne sklenená doska je v neustálom spojení s „generátorom“ chvenia, v čom tkvie aj originálnosť Antolikových pokusov. Možno v tomto ohľade by bolo výstižnejšie hovoriť o prenose alebo sprostredkovaní chvenia, namiesto prenosu zvuku. Bezprostredný kontakt medzi blanou a vyvolávačom chvenia zostáva stálym prvkom aj v ďalších obmenách pokusov, ktoré sa napokon líšia len kombináciami zdrojov a rozličných foriem spojenia. Na vyvolávanie kmitov používal napr. ladičku, strunu monochordu, sklenenú trubicu, spojovacím prvkom bol v niektorých variantoch namiesto korkového kužeľa kolíček, prípadne kovová ihla a pod. K. Antolik aj v tomto prípade sa prejavil ako mimoriadne trpezlivý a vytrvalý experimentátor a už prvá jeho štúdia bola výsledkom tisícok rozlične kombinovaných pokusov. Okrem samotného popisu experimentov a prezentovania získaných zvukových obrazcov prináša táto prvá štúdia aj istú systematizáciu útvarov podľa formálnych ukazovateľov a podľa podmienok experimentálneho usporiadania pokusov. V tejto systematizácii nachádzame aj snahu autora o hľadanie zákonitostí chvenia membrán a sklenených dosiek. To, že obrazce na skle vykazujú menšiu tvarovú pravidelnosť, zjavne súvisí s charakterom materiálu.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> ANTOLIK, K.: A hangáttétellel előidézett hangidomokról kifeszített rezgő hártyákon és üveglemezeken. In.: Értekezések a természettudományok köréből. Kiadja a MTA Budapest, 20. kötet, 4. szám 1890, 31 p.

<sup>9</sup> Obrázky sú reprodukované z citovaných prác K. Antolika. (Súkromný archív autora)

<sup>10</sup> ANTOLIK, K.: A hangáttétellel előidézett hangidomokról ... (Pozri pozn. č. 8.)



Obr. č. 3 : *Metóda prenosu zvuku pri použití sklenenej tyče ako zdroja chvenia*

Vzniká tu samozrejme otázka, do akej miery možno považovať chvenie vyvolané v danom experimentálnom usporiadaní za prirodzené chvenie blán či dosiek. Prvok stáleho bezprostredného mechanického spojenia zdroja chvenia a skúmaného chvejúceho sa objektu naozaj prináša do experimentov moment istej neprirodzenosti, vynútený charakter chvenia. Výsledkom sú však, to treba uznať mimoriadne pravidelné obrazce, vhodné ako východisko na fyzikálne vyhodnocovanie experimentov. F. Savart, ktorý bol v tejto oblasti najúspešnejší zo spomenutej trojice významných fyzikov, vyvolával chvenie blán rezonančnou metódou.<sup>11</sup>

Výsledky prvej série Antolikových pokusov s akustickými obrazcami boli prezentované na zasadnutí III. (matematicko-prírodovednej) triedy Maďarskej akadémie vied 20. mája 1889.<sup>12</sup> Nemecký ekvivalent jeho citovanej prvej štúdie vyšiel aj v nemeckej mutácii akademických rozpráv.<sup>13</sup> Jeho uverejnenie v tomto vedeckom časopise určenom pre zahraničie, ale aj samotné pôvodné publikovanie v akademickom periodiku bolo pre stredoškolského profesora isteže významným. Vtedy pôsobil K. Antolik ešte na vyššom gymnáziu v Arade, od začiatku roka 1893 však prešiel na reálku v Bratislave, kde v svojich pokusoch rovnako intenzívne pokračoval.

K. Antolik bol jedným z najaktívnejších prednášateľov na pôde Bratislavského lekársko-prírodovedného spolku a výsledky novej série experimentov prezentoval formou prednášok doplnených fyzikálnymi demonštráciami. Upravené texty prednášok potom vyšli v spolkových ročenkách. Prvý z týchto príspevkov vyšiel pod názvom A rezgő hártýák hangidomai és azok rendszere (Zvukové obrazce chvejúcich sa blán a ich systém) už krátko po Antolikovom príchode do Bratislavy roku 1893. Bol publikovaný aj so súbežným nemeckým textom.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> Tamže.

<sup>12</sup> Tamže, s. 3.

<sup>13</sup> ANTOLIK, K.: Klangfiguren, den auf gespannten Membranen und auf Glasplatten mit Tonübertrag hervorgerufen werden. In: Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn, 1890, s. 285–325.

<sup>14</sup> ANTOLIK, K.: A rezgő hártýák hangidomai és azok rendszere. – Über Klangfiguren auf gespannten Membranen. In: A Pozsonyi Orvos- Természettudományi Egyesület Közleményei / Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Pressburg. 1892-1893.

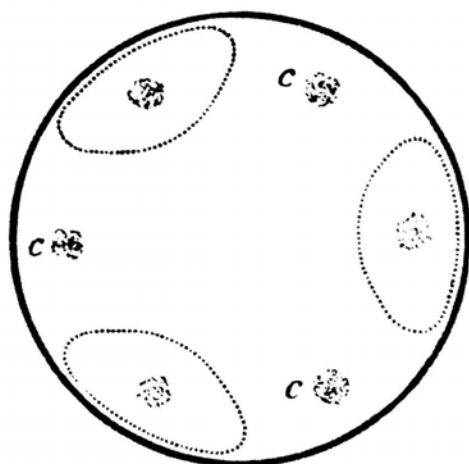


Fig. 23.

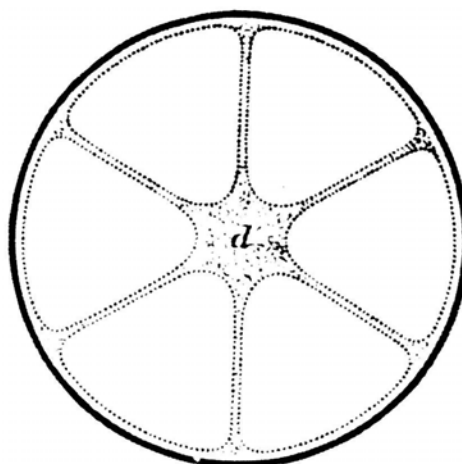


Fig. 24.

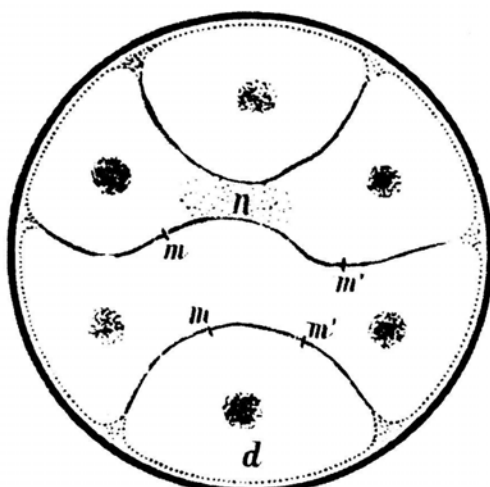


Fig. 25.

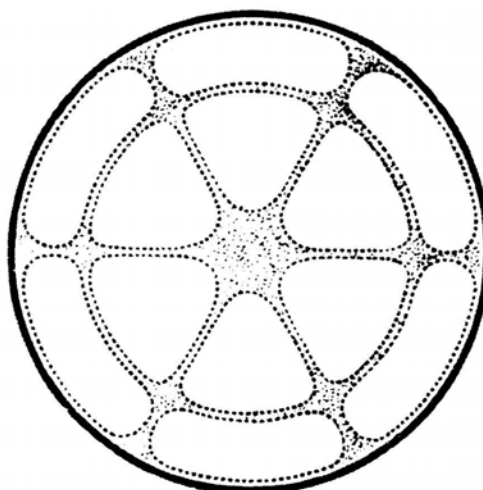


Fig. 26.

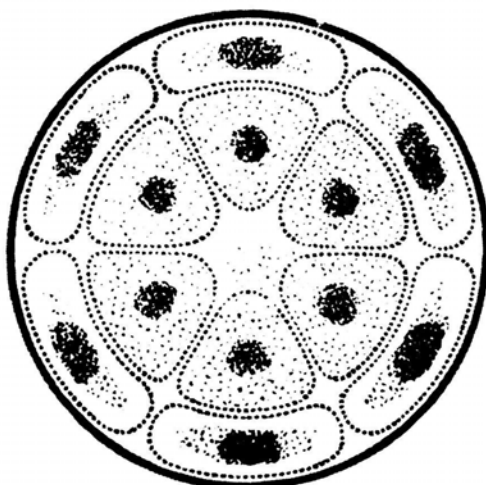


Fig. 27.

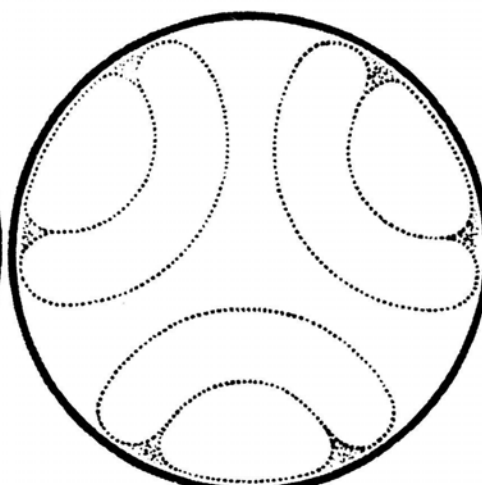
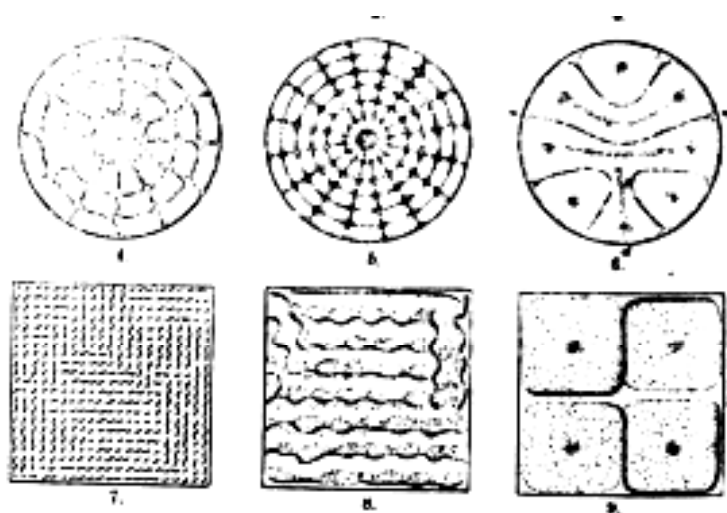


Fig. 28.

Obr. č. 4 : *Obrazce vytvorené na blanách napnutých na okrúhly rám  
(Charakter obrazca závisí od miesta rozochvenia)*

Za touto prvou pracou o desať rokov neskôr nasledovala ďalšia rozsiahla a bohato ilustrovaná štúdia v nemčine: Ueber Klangfiguren gespannter Membranen und Glasplatten (O zvukových obrazcoch napnutých mebrán a sklenných dosiek) uverejnená v ročenke spolku.<sup>15</sup> Podobnú prácu uverejnil Antolik aj vo výročných správach bratislavskej reálky, čím končí séria jeho publikácií o problematike zvukových obrazcov.<sup>16</sup> Nová séria Antolikových pokusov síce priniesla ďalšie technické zdokonalenie experimentálnej metodiky i samotných obrazcov, v princípe však bola ekvivalentná s prvým radom prezentovaným v štúdiu v akademických rozpravách. Cenná a originálna na nových pokusoch bola najmä autorova ďalšia snaha o systematizáciu vzniknutých obrazcov motivovaná hľadaním všeobecných zákonitostí chvenia membrán. K. Antolik v svojich bratislavských štúdiách poukázal aj na niektoré analógie a súvislosti vo vlastnostiach chvenia membrán a chvenia strún, resp. pevných dosiek. Prvá z trojice bratislavských štúdií obsahuje aj stručný historický prehľad vývoja danej problematiky, najmä skúmania chvenia membrán.



Obr. č. 5 : Ďalšia sada zvukových obrazcov z Antolikových experimentov  
(v spodnom rade sú obrazce vyvolané na sklenných doskách)

K. Antolik bol – podobne ako jeho veľký učiteľ Š.A. Jedlik – predovšetkým experimentálnym fyzikom a v jeho prácach nenachádzame ani len pokus o matematizovanie problému, teda teoretické zvládnutie súvisiacich otázok. Je to, pravda, mimoriadne náročné. Teórii chvenia pevných dosiek a matematickej interpretácii vzniku Chladného obrazcov – aj na základe osobitnej výzvy parížskej Akadémie vied – sa venovali aj také osobnosti, ako Johann Bernoulli, Sophie Germain, Simeon Denis Poisson, Charles Wheatstone i ďalší. Dopracovali sa však len k čiastkovým výsledkom. Kompaktnú teóriu chvenia pevných

<sup>15</sup> ANTOLIK, K.: Ueber Klangfiguren gespannter Membranen und Glasplatten. In: Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Pressburg. 1903, s. 71–139.

<sup>16</sup> ANTOLIK, K.: A rezgő hártyák hangidomai. In: Értésítő ... (Výročná správa vyššej reálky v Bratislave), r. 1903/1904, s. 9–39.

dosiek podal až nemecký matematik F. Kalähne, ktorému sa to podarilo aplikáciou Besselových funkcií.<sup>17</sup>

Náročné bolo napokon aj samotné experimentálne zvládnutie problematiky. Je prekvapujúce, avšak nie celkom náhodné, že po nezdaroch spomenutých významných fyzikov, skvelých experimentátorov sa práve Karolovi Antolikovi, tomuto takmer neznámemu stredoškolskému profesorovi podarilo dosiahnuť v danej otázke pokrok. Možno to veľikáni fyziky vzdali, možno im pripadali takto orientované snahy málo efektívne a preto nepokračovali. Možno prvotné nezdary vyhodnotili ako záporný výsledok experimentu, ktorý napokon má tiež výpovednú hodnotu. Antolikove výsledky z hľadiska ich významu a prínosu samozrejme nemôžeme dávať na rovnakú úroveň ako výkony Chladniho, Savarta či Faradaya. Fyzikálne, ale napokon aj esteticky zaujímavé zvukové obrazce na chvejúcich sa membránach však boli vari najkrajšou ukážkou jeho nevšednej zručnosti, trpezlivosti a citu pri experimentovaní. Boli zaslúženým ovocím vytrvalých snáh vedecky aktívneho stredoškolského učiteľa, ktorý bol schopný venovať sa niektorým problémom aj roky, čo v spojení s jeho nepochybným talentom nemohlo zostať bez efektu.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> GAZDA, I. – SAIN, M.: Fizikatörténeti ABC. Budapest, Tankönyvkiadó 1980, s. 137.

<sup>18</sup> Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 2/4184/24 Svetové dejiny prírodných vied, medicíny a techniky.

**PROF. RNDR. JÁN FISCHER – FYZIK A PEDAGÓG***JÚLIUS SUJA - ŽIAK**Martin, SR*

Dňa 5. mája 2005 tomu bolo plných 100 rokov, čo sa v Martine narodil významný slovenský fyzik, Prof. RNDr. Ján Fischer. Bolo to v tom samom roku, keď ešte svetu celkom neznámy nemecký fyzik Albert Einstein, po prvýkrát vystúpil s myšlienkou svojej špeciálnej teórie relativity, ktorej významné okrúhle výročie si tiež v tomto roku pripomíname.

Ján Fischer pochádzal z rodiny martinského maloobchodníka na železiarsky tovar. Jeho otec, Ľudovít Fischer viedol obchod a matka Izabela rod. Kleinová, bola učiteľkou, a to od roku 1908 až do r. 1976. Ján Fischer ako najmladší z piatich detí, v rokoch 1915 – 1923 navštevuje reálne gymnázium v Turčianskom Svätom Martine a po maturite odchádza študovať do Prahy na Karlovu univerzitu, odbor matematika a fyzika. Tu v Prahe na univerzite sa stretáva aj s ďalšími slovenskými študentmi, ako napríklad s Dionýzom Ilkovičom, ktorý rovnako ako J. Fischer na KU študoval fyziku, podobne ako aj ďalšia jeho rovesníčka Egelmanová z Detvy. Tá sa neskôr stala manželkou významného čs. fyzika Viléma Kunzla, ktorý bol iba o rok mladší ako J. Fischer. Po piatich rokoch Fischer štúdium ukončil (r. 1928) a potom za podpory štátu, ale aj Matice slovenskej ako jej štipendista, odchádza, vraj aj na základe odporúčania prof. F. Závíška, ako sa o tom zmiňuje doc. J. Šebesta, na trojročný zahraničný študijný pobyt do švajčiarskeho Zurichu. Tu sa okamžite zapája do vedeckého života a nadväzuje osobné kontakty s významnými svetovými fyzikmi, ako napríklad s profesorom G. Wentzelom, W. Paulim, a d'. Ešte ako celkom mladý a nádejný vedec, keď mal iba okolo 25 rokov, sa púšťa do neľahkého teoretického riešenia fotoelektrického javu, z ktorého odvodzuje vzorec smerového rozdelenia elektrónov emitovaných z atómu a vzťah pre absorpciu röntgenového žiarenia. Z dosiahnutých bádateľských výsledkov G. Wentzela o Comptonovom jave, tieto s úspechom zovšeobecňuje aj na svoje vlastné bádateľské výsledky v práci o fotoefekte, ktorá bola v r. 1931 publikovaná aj vo významnom fyzikálnom časopise *Annalen der Physik* a odmenená finančnou sumou 500 frankov. O význame prác J. Fischera svedčí aj tá skutočnosť, že jeho teoretické výsledky ako pramenný materiál sú citované aj po 70. rokoch od ich prvého zverejnenia.<sup>1</sup>



<sup>1</sup> ŠEBESTA, J.: Zakladatelia teoretickej fyziky na Slovensku. In: *Obzory matematiky, fyziky a informatiky* č.1/2005.

V oblasti teoretickej fyziky sa Ján Fischer po absolvovaní zahraničnej stáže stáva v prvej ČSR, ako jeden z prvých znalcov pokrokovej kvantovomechanickej metódy, ktorá v tomto období naznačovala ďalší vývoj nielen československej, ale aj svetovej fyziky. Svedčia o tom obidva jeho články, ktoré v Zurichu napísal, aby tak pomocou tejto metódy vyriešil niektoré problémy interakcií na atomárnej úrovni.

Toto všetko sa udialo v dobe, keď tu v Zurichu už preslávený druhý Slovak A.Stodola, „otec parných turbín“, (ako ho všetci poznali) - nositeľ viacerých čestných doktorátov, medzi inými aj zurišskej univerzity, ale aj najvyššieho nemeckého vyznamenania inžinierov Grashofovej medaily, (od r. 1940 i anglickej zlatej medaily Jamesa Watta) – má iba jeden rok do dôchodku. A aby bola kontinuita úspešných Slovákov pôsobiacich vo Švajčiarsku zachovaná, ukazuje sa, že v úspechoch vedeckej kariéry A.Stodolu začne kráčať aj Ján Fischer, rodák z Turčianskeho Svätého .Martina.

Je priam symbolické, že sú to zrovna dva stredoslovenské regióny – Liptov a Turiec , ktoré aj vo veľmi ťažkých a nežičlivých podmienkach matičnej, národno-kultúrnej a buditeľskej činnosti Slovenska, v minulosti vždy stáli bok po boku na popredných miestach, aby tak svojimi významnými osobnosťami nielen v obrode kultúrno-humanitného zamerania slovenského národa, ale aj v oblasti prírodovednej, vyorali hlbokú brázdú. Aurelovi Stodolovi sa to už podarilo. No svojim významom dvoch publikovaných metodických prác z oblasti kvantovej mechaniky, mu akoby kráčal v päťach aj mladý Ján Fischer, o ktorom renomovaní slovenskí autori v biografickom slovníku „Matematici, fyzici a astronómovia na Slovensku II“ napísali: „Fischerove práce z kvantovej mechaniky dodnes patria do zlatého fondu svetovej fyziky“. Toho prvého, ktorý sa stal známy už v celom vedeckom svete, najvýstižnejšie zhodnotil aj sám veľký Einstein, keď pri Stodolovom odchode do dôchodku prirovnal jeho fantáziu a tvorivú silu „k najväčším renesančným maliarom a sochárom“.<sup>2</sup>

No a že Ján Fischer za obdobie trojročného študijného pobytu pod švajčiarskymi Alpami stačil napísať také práce z oblasti teoretickej fyziky, za ktoré sa mu dostalo uznania aj v podobe doktorátu z filozofie či zlatej medaily zurišskej univerzity z r. 1931, nasvedčuje, že Slováci by tiež mohli mať svojho Einsteina. Paradoxom však je, (a to nielen vo vede) že pokiaľ slovenskí vedci za hranicami svojej vlasti dosahujú prinajmenej dobrých, ak nie vynikajúcich úspechov, tak doma to nie je žiadne sláva. Nad týmto stavom sa zamýšľali už viacerí životopisci našich nádejných vedcov., a všetci sa v podstate zhodujú v tom, že u nás doma nie je tomu na vine ani tak to stále zdôrazňované – slabé technologické vybavenie laboratórií či nedostatok peňazí (i keď tie sú vždy dôležité), čím sa často argumentuje v súčasnosti, ako skôr nedostatočné doceňovanie individuálnych schopností človeka; v tomto prípade vedca- fyzika , ktorý v domácom prostredí zapadá iba do akéhosi šedého priemeru. I keď toto konštatovanie sa nevzťahuje ani tak na tridsiate roky minulého storočia, ako skôr na neskoršie obdobie, lebo v týchto rokoch neblahú úlohu začína v Európe zohrávať už blížiac sa doba fašizácie Nemecka, najmä po r. 1933, keď sa Hitler dostal k moci. Je to obdobie, v ktorom veľmocenské ambície Nemecka voči susedným štátom a tzv. neárijským rasám, neveštía nič dobrého, čím táto čím táto doba nacistického temna začína mať neblahý dopad aj na školstvo. Tak napríklad, keď sa Ján Fischer vrátil r. 1931 domov, či vlastne do 1.ČSR, tak najsamprv sa zastavil v Prahe u prof. F. Závíšku na KU. No keďže na fakulte nebolo žiadne miesto voľné, rozhodol sa, že si spraví odborné skúšky pre učiteľstvo stredných škôl: preto dňa 26. mája 1933 absolvoval skúšky z jazyka

<sup>2</sup> MOROVICS, M.: Pýcha inžinierstva celého sveta. Verejná správa 2001, č. 14, s. 26-27.

u Dr. Menšíka a po roku absolvuje klauzúrnu skúšku aj u Dr. K. Petra z matematiky (diferenciálne rovnice lineárne a druhého stupňa). Napokon vykonal aj klauzúrnu skúšku z fyziky u prof. Závišku, (de Broglieho a Schrödingerova rovnica).<sup>3</sup>

Je síce pravda, že v podobnej situácii sa v tomto čase nachádzal aj ďalší vynikajúci slovenský fyzik a priateľ Jána Fischera, Dionýz Ilkovič, ktorý v rovnakom čase po skončení vysokej školy pracoval ako asistent u profesora J. Heyrovského na Fyzikálno – chemickom ústave KU ako nehonorovaný asistent. On bol tiež nútený v rokoch 1932 – 1937 pôsobiť ako učiteľ na stredných školách a rovnako ako J. Fischer i on si musel spraviť klauzúrne skúšky, aby získal vysvedčenie o učiteľskej spôsobilosti na vyučovanie fyziky na stredných školách. A podobný osud stihol aj Viléma Kunzla, ktorý po doktorskej dizertácii a získaní titulu RNDr. v r. 1930 nastúpil ako nehonorovaný asistent u profesora V. Dolejška. Takže rovnako ako Fischer a Ilkovič, aj Kunzl mal koncom tridsiatych rokov na univerzite so zamestnaním vážne problémy, čo riešil tým spôsobom, že sa rozhodol pre študijný zahraničný pobyt v Paríži, aby tu na Sorbone profesora A. Cottona absolvoval polročnú stáž.

Je síce pravda, že Ján Fischer po svojom príchode zo Švajčiarska mal menej šťastia ako V. Kunzl či D. Ilkovič, ktorí keď sa vrátili z Paríža a museli svoje problémy so zamestnaním riešiť mimo univerzity, lebo na nej mohli pracovať iba ako nehonorovaní asistenti. Tak napríklad V-Kunzl bol nútený počas tzv. protektorátu zamestnať sa v Letecko-technickom ústave v Letňanoch. A na svoju alma-mater sa ako asistent vrátil až po 2.svetovej vojne. Takže aj J. Fischer bol nútený v tomto, pre neho krajne nežičlivom období, prijať miesto úradníka vo všeobecnej penzijnom ústave v Prahe. No a podobne ako u jeho kolegov-rovesníkov, aj pre J. Fischera bola vedecko-pedagogická práca vo fyzike natoľko silným magnetom, že sa v rokoch 1934-35 odhodlal zastávať aj učiteľskú funkciu stredoškolského profesora fyziky na gymnáziu v Kežmarku, ale tu dlho nezotrval a na ďalšie dva roky prechádza pôsobiť na učiteľský ústav do Lučenca a hneď na to v rokoch 1937-40 prechádza na podobný učiteľský ústav do Levíc. Keď po Viedenskej arbitráži juh Slovenska v roku 1938 obsadzujú maďarské vojská, prichádza do Novej Bane. A aby tých nepokojných rokov v jeho živote nebolo málo a dielo, takpovediac skazy, bolo zavŕšené, tak v r. 1940 bol tento nádejný a popredný slovenský teoretický fyzik zo štátnej služby prepustený a určitú dobu potom už pôsobil iba ako pomocný učiteľ na židovskej škole v Michalovciach. Našťastie tu neostal dlho, lebo po dvoch rokoch „vďaka úsiliu dr. Štefan Rakovského, pokrokového zmýšľajúceho riaditeľa Obchodnej akadémie v Banskej Bystrici, dalo Ministerstvo školstva a národnej osvety súhlas, aby Ján Fischer pôsobil na tomto ústave ako výpomocný učiteľ“(!)<sup>4</sup> Tu v Banskej Bystrici ho zastihlo aj Slovenské národné povstanie, ale v tomto období už začal pracovať na Povereníctve školstva ako úradník. Po potlačení slovenského odboja spolu s rodinou odišiel do partizánskej obce Kalište, kde bol však ranený. No keď Nemci obec Kalište vypálili, tak v školskom roku 1944/45 bol nútený odtiaľ odísť do Banskej Bystrice, kde pôsobil ako stredoškolský profesor na Obchodnej akadémii, a v ďalšom roku v tom samom meste prechádza učiť na Učiteľský ústav.

Po skončení 2. svetovej vojny napokon skúsil šťastie inde a v školskom roku 1946/47 sa mu naskytna možnosť učiť na cvičnom gymnáziu v Bratislave, kde pôsobil od 1. februára

<sup>3</sup> Klauzúrna skúška bola vlastne písomná skúška v uzavretej miestnosti pod prísny dozorom skúšobnej komisie.

<sup>4</sup> Matematici, fyzici a astronómovia na Slovensku II, vyd. Jednota slovenských fyzikov a matematikov, Bratislava 1999, s. 47-48.



1948 aj ako dočasný riaditeľ školy. Táto zmena mu prospela, lebo tu mal súčasne možnosť pôsobiť aj na Prírodovedeckej fakulte Slovenskej univerzity, kde prednášal Základy mechaniky a viedol Metodické cvičenia z fyziky. V tom čase na Prírodovedeckú fakultu Slovenskej univerzity sa prof. Ilkovičovi podarilo získať z Prahy doc. V. Kunzla, ktorý tu v Bratislave začal prednášať Kinetickú teóriu hmoty, Model atómu, Systematiku atómových spektier, Úvod do atómovej fyziky, Experimentálnu fyziku a d'. Napokon Ján Fischer od 1. septembra 1950 prechádza na Prírodovedeckú fakultu natrvalo a zároveň sa stáva odborným asistentom a tajomníkom Katedry fyziky. Aj keď jeho odborný rast pribrdzili predchádzajúce nepriaznivé okolnosti, nambieral odvahu a sily, aby sa so svojimi poslucháčmi a spolupracovníkmi ešte raz pustil do práce a pokúsil sa tak vedno s nimi riešiť aj pôvodné vedecké problémy, najmä problém Comptonovho javu.

No keď sa v roku 1954 profesor V. Kunzl rozhodol odísť do Prahy, stáva sa Ján Fischer namiesto neho vedúcim Katedry fyziky. Tu si zrazu uvedomuje, že bez stránickej príslušnosti by si vedúcu funkciu neudržal, tak sa v roku 1956 rozhodol, respektíve bol nútený vstúpiť do KSČ.

Mal päťdesiatjeden rokov a v tomto pokročilom veku si zrejme uvedomil, že pokračovať vo vedeckej práci, ktorou by nadviazal na predchádzajúce úspechy, je popri vedení katedry a z toho vyplývajúcej aj pedagogicko-organizačných povinnostiach už prineskoro, preto sa venuje predovšetkým tej činnosti, ktorá vyplývala z jeho funkcie. V roku 1956 sa habilitoval za docenta a po deviatich rokoch je menovaný aj vysokoškolským profesorom (1965).

Profesor Ján Fischer väčšinu svojho času na fakulte venuje, ako sme už povedali, pedagogickej a organizačnej činnosti, a do nových problémov z oblasti teoretickej fyziky sa ani nepúšťal, lebo jeho vrcholové vedecké tvorivé obdobie bolo nie vlastnou vinou premrhané. Pre každého človeka, ktorého doba poznačí takým nepriaznivým osudom, akého sa na vrchole tvorivých síl dostalo aj J. Fischerovi. Je potom celý zbytok života iba akýmsi viac menej štatistom s istým druhom prežívania; nostalgiou, sprevádzanou deprimujúcim pomyslením na dobu, ktorá tak trestuhodne zmarila všetky jeho vyššie tvorivé ambície a predsavzatia, ktoré sa mu nepodarilo zrealizovať.

Na Prírodovedeckej fakulte sa preto rozhodol, že so svojimi spolupracovníkmi spracuje a vydá učebné texty pre študentov, ktoré by položili trvalý základ pre solídne vedomosti všetkým absolventom fyziky. Napísal niekoľko skrípt, z ktorých si spomeňme: v roku 1961 to bol Úvod do atómovej fyziky – I. časť Fyzika atómového obalu. Potom napísal: Úvod do atómovej fyziky – II. časť Fyzika atómového jadra. V roku 1965 nasledovali ďalšie skriptá: Atómová fyzika – I. časť; v roku 1970: Úvod do teoretickej mechaniky; učebnicu pre všeobecno-vzdelávacie školy Fyzika, pokusné učebné texty pre 9.ročník a d'. Popritom napísal ešte okolo desať štúdií a čiastkových prác z fyziky, no napokon spravil aj niekoľko odborných prekladov, aby aj takýmto spôsobom obohatil vedomosti študentov a svojich kolegov o nové poznatky.

Keď sa v roku 1961 z Katedry fyziky vyčlenilo nové pracovisko – Katedra teoretickej fyziky, stal sa jej vedúcim a v tejto funkcii zotrval až do dôchodku. Okrem toho bol aj riaditeľom Ústavu fyziky PF UK (1957 – 67) a v rokoch 1956 – 1959 vykonával i funkciu prodekana prírodovedeckej fakulty. S Prírodovedeckou fakultou však styky neprerušil ani po odchode do dôchodku, lebo prednášal aj ako externista.

Vychoval celý rad odborníkov a za celoživotné dielo bol v roku 1969 vyznamenaný Zlatou medailou Univerzity Komenského a v roku 1975 mu bolo udelené aj vyznamenanie Za vynikajúcu prácu.

Z teoreticko-odborných článkov si ešte raz pripomeňme aspoň tie najdôležitejšie: Beitrage zur Theorie der Absorption vom Roentgenstrahlen., Annalen der. Physik, 1931, p.821-850; Uber die retardierten Matricelemente in der Theorie der Streuung und Absorption von Roentgenstrahlen, Annalen der. Physik, 1931, p. 489-520; Comptonov jav v M-hladine vodíkového atómu, Matematicko-fyzikálny časopis 6, 1956, 176-192 (s J. Weisom); Príspevok k teórii absorpcie roentgenového žiarenia, Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comeniana 10, Physica 7, 1966, 1-18 (s dr. Majerníkovou).

Celkom na záver sa žiada ešte povedať, že všetci traja tu spomenutí fyzici: Ján Fischer, starší od D. Ilkoviča o dva roky a od V. Kunzla iba o rok, vo svojich začiatkoch prešli veľmi podobnými osudovými cestami, aby sa napokon všetci traja zišli na Komenského univerzite v Bratislave, kde každý svojim nevšedným spôsobom obohatil túto vysokú školu vo svojom odbore, teda vo fyzike. No ich odchod do sveta večnosti u všetkých troch, i keď V. Kunzl bol už v tom čase v Prahe, nastal v jednom roku, a ním bol rok 1980.

Jednota slovenských matematikov a fyzikov hodnotí profesora Jána Fischera ako významného člena a jedného z prvých zakladateľov teoretickej fyziky na Slovensku.

Dožil sa necelých 75 rokov, keď zomrel 4.februára 1980 v Bratislave, kde je aj pochovaný.

## Literatúra

Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky FMFI UK: prednáška doc. J.Šebestu a Výstava dokumentov a prác zakladateľov teoretickej fyziky na Slovensku (k životným jubileám J.Fischera a M. Petráša), 12.5.2005

Matematici, fyzici a astronómovia na Slovensku II, vyd. Jednota slovenských fyzikov a matematikov, Bratislava 1999.

MOROVICS, M.: Pýcha inžinierstva celého sveta. Verejná správa 2001, č. 14, s. 26-27.

Slovenský biografický slovník II. zväzok E-J. MS Martin 1987.

Slovenský biografický slovník III. zväzok K-L. MS Martin 1989.

ŠEBESTA, J.: Zakladatelia teoretickej fyziky na Slovensku. In: Obzory matematiky, fyziky a informatiky č.1/2005

## Výroky slávných fyzikov

**Born, M.** (1882-1970):

*Prežijeme, ak sa nedôvera zmení na vzájomné porozumenie, podozrievavosť na túžbu pomôcť a nenávisť bude nahradená láskou.*

**Bohr, N.** (1885-1962):

*Život bude vždy zázrakom. Mení sa však pomer medzi pocitom zázraku a odvahou ku snahe o porozumenie.*

**Schrödinger, E.** (1887-1961):

*Vedec má byť predovšetkým zvedavý. Má mať schopnosť diviť sa, ale súčasne aj chuť odhaliť príčiny svojho údivu.*

**Compton, A.H.** (1892-1962):

*Každý muž a každá žena sú osobnosťami neoceniteľných hodnôt.*

**Heisenberg, W.K.** (1901-1976):

*Nikdy nebude možné dôjsť iba racionálnym myslením k absolútnej pravde.*

**Dirac, P.** (1902-1984):

*Len krása je pravdivá... Boh je matematik.*

**Oppenheimer, J.E.** (1904-1967):

*Už dávno malo byť nariadené jemnejšie pochopenie povahy ľudského poznania a vzťahov človeka k vesmíru.*

Dúfam, že ste si našli aspoň jeden citát, ktorý vám nielen pripomenul spojenie vedy a ľudskosti, ale pri ktorom vám aj „srdce poskočilo“.

Dušan Jedinák.

## NADMOŘSKÉ VÝŠKY A VÝŠKOVÉ SYSTÉMY VE FYZIKÁLNÍM PROSTORU ZEMĚ

**DRAHOMÍR DUŠÁTKO**

*Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, Dobruška, ČR*

### ABSTRAKT

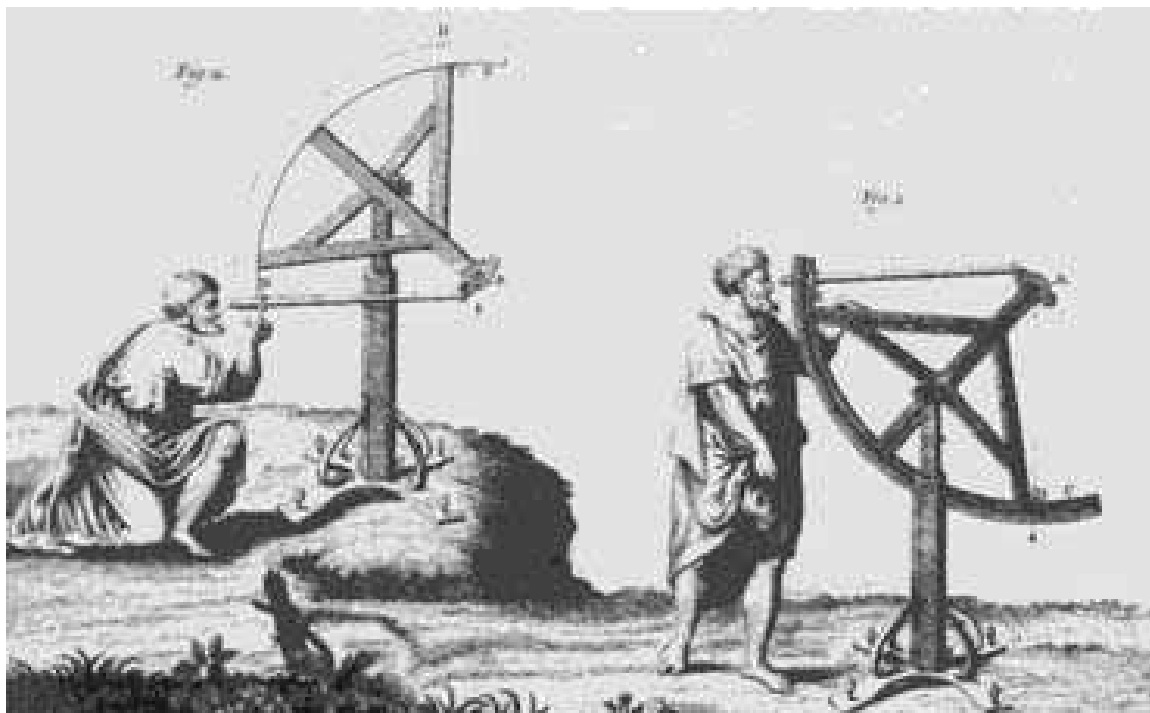
*Přehled vývoje teorií výšek a technik určování převýšení a nadmořských výšek na povrchu Země a v okolozemském prostoru ve fyzikálním prostředí za působení gravitačního pole Země, vytváření lokálních, národních a kontinentálních výškových systémů. Nástup družicové geodézie, podmínky pro zahájení výzkumů a vzniku globálního systému nadmořských výšek, současný stav a příspěvek Geografické služby AČR.*

### Úvod

Vývoj způsobů a technik určování výšek objektů na zemském povrchu probíhal zprvu od metodik geometrického určování jejich vzájemného převýšení:



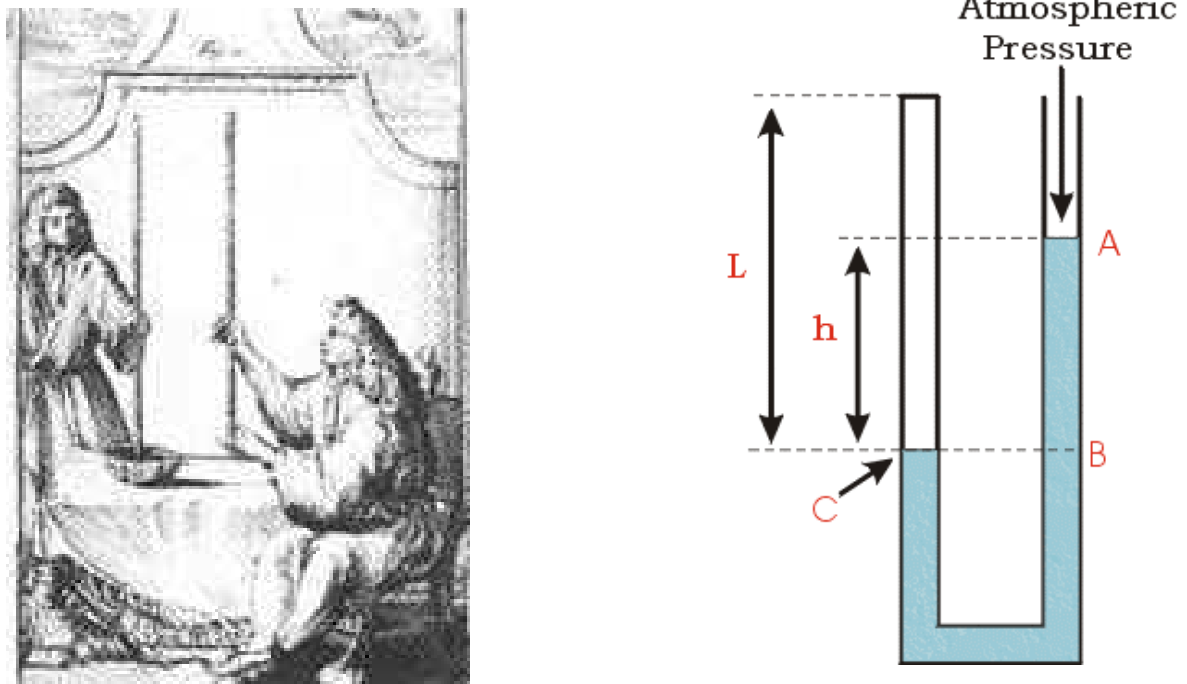
Obr. 1 Určování výšky objektu



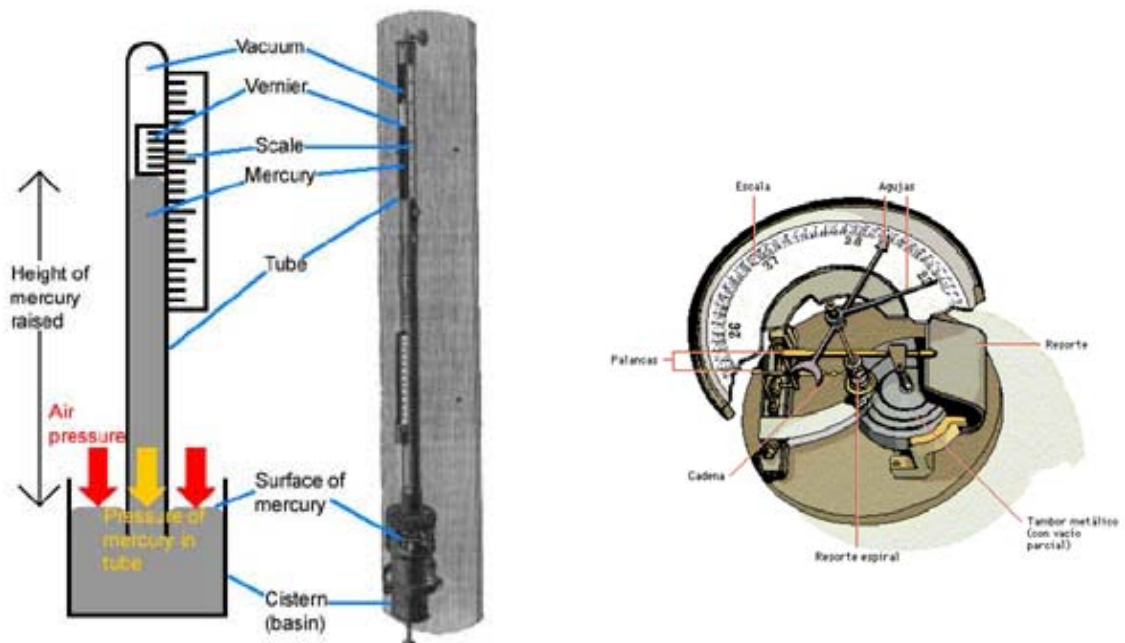
*Obr.2: Použití různých prostředků pro určení svislých úhlů v astronomii a zeměměřictví pro určování nadmořských výšek geometrickou a trigonometrickou nivelací*



*Obr. 3 Určování svislých úhlů v denní praxi geometrů vrcholného středověku a novověku*

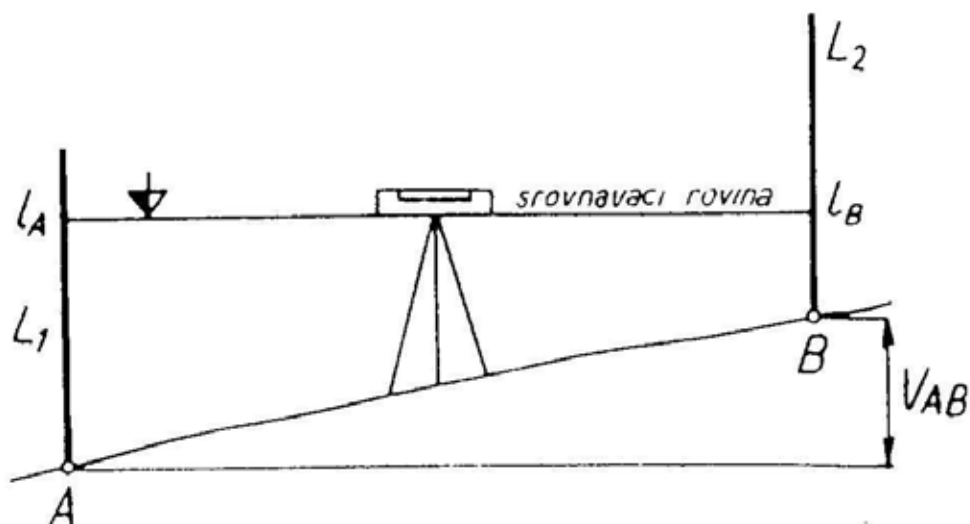


Obr. 4 Torricelliho vynález pro měření změn tlaku vzduchu byl využit pro určování rozdílů výšek dominantních bodů v terénu

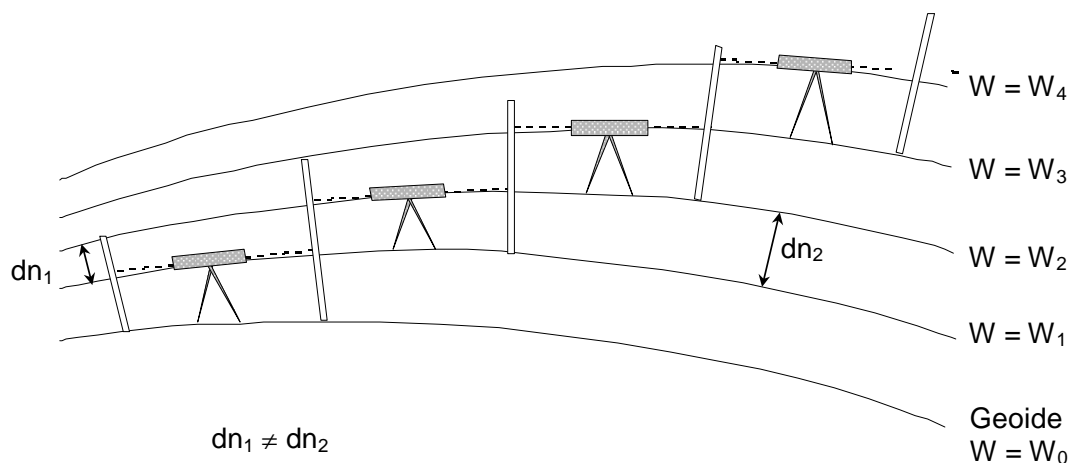


Obr. 5 Metodika určování výšek měřením změn atmosférického tlaku na povrchu Země i nad Zemí se využívá dodnes především v navigaci v kombinaci s technologií GPS

Určování relativních převýšení prostřednictvím geometrické nivelace umožnilo vytváření nivelačních sítí, které byly rozvíjeny na národním území a postupně byly spojovány do sítí kontinentálních, které byly připojeny na maregrafy příslušných moří.

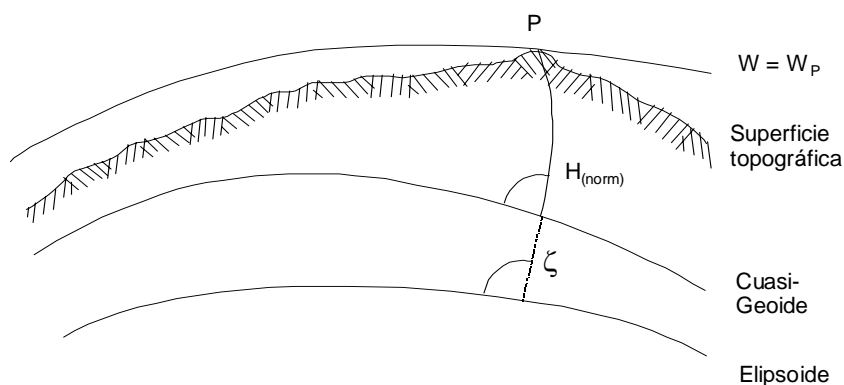


Obr. 6 Vynález a aplikace optiky nahradily v nivelaci průzory, urovnávané podle olovnice

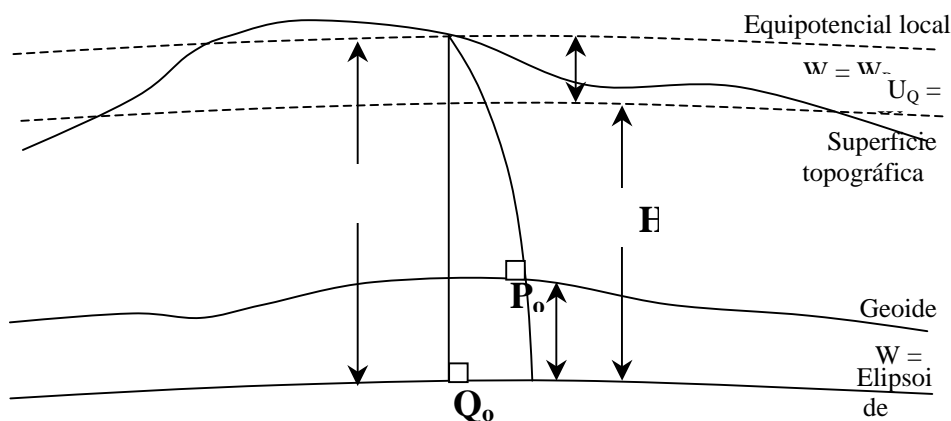


Obr. 7 Při realizaci dlouhých nivelačních pořadů se při jejich vyrovnání již projevovала sbíhavost spojených hladinových ploch potenciálu síly tíže  $W_i$

Každá záměra nivelačním dalekohledem je tečnou k *hladinové ploše* potenciálu síly tíže (geopotenciálu, součtu gravitačního potenciálu a potenciálu odstředivých sil, rozměr – práce) procházející jeho objektivem, čímž je porušeno geometricky chápané prostředí. Těleso Země vyvolává ve svém okolí silové, potenciální pole, v němž gravitační síla působící na hmotný bod závisí pouze na poloze tohoto bodu v tomto poli. Geometrická místa bodů, kde je tíhový potenciál konstantní a má stále stejnou skalární hodnotu, představuje uzavřenou, spojitou „hladinovou“ plochu stejného tíhového potenciálu  $W_i$  (ekvipotenciální plochu). Hladinová plocha geopotenciálu  $W_0$  procházející střední hladinou světových moří a oceánů je *geoid*. K této ploše by se měly vztahovat nuly vodočtů – maregrafů všech existujících výškových systémů. Problém spočívá však v obtížnosti řešení průběhu plochy  $W_0$  a tedy její prostorové definice. Výšky, které jsou s teoretickými předpoklady pro redukci tíže  $g$  daného nivelačního bodu vztaženy k ekvipotenciální ploše geoidu, jsou tzv. *výšky ortometrické*. Pro vyloučení hypotéz byla zavedena náhradní, geometrická plocha geoidu – kvazigeoid. Tato plocha je již plochou matematickou a „nadmořské“ výšky, které jsou k ní vztaženy jsou tzv. *výšky normální*.

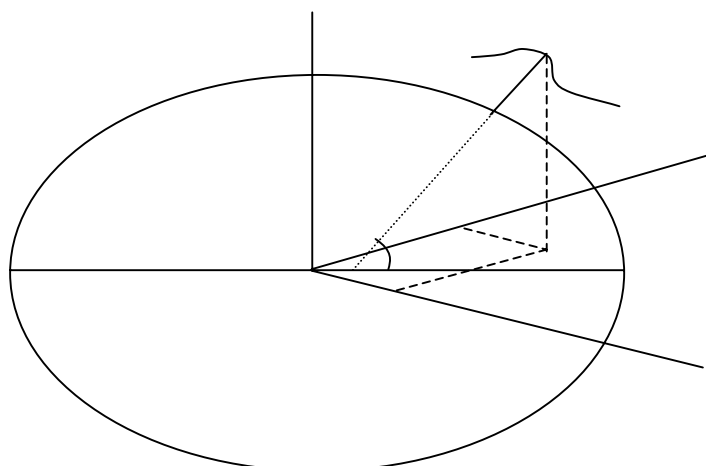


Obr. 8 Výšky  $H$  vztažené k ploše kvazigeoidu, která z praktických důvodů nahrazuje geoid



Obr. 9 Výšky normální  $H_N$ , elipsoidické  $h$ , převýšení geoidu  $N$ , převýšení kvazigeoidu  $\zeta$





Obr. 10 Technologie určování polohy GPS (Global Positioning System) poskytuje výšky  $h$  elipsoidické (geodetické); vztah pro výpočet výšek nadmořských je  $H = h + \zeta$

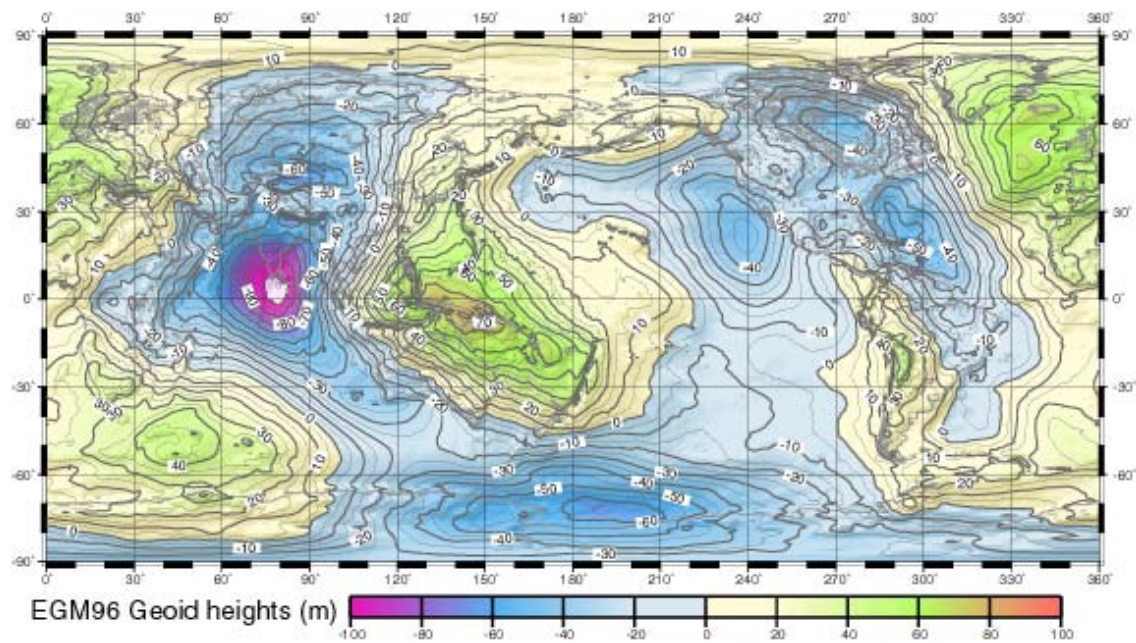
Jednou z hlavních úloh klasické geodézie konce 19. a 20. století bylo tedy:

- definování obecné, globální fyzikální vztahné plochy pro nadmořské výšky a příslušné teorie jejího definování a tvorby
- vypracování teorie nadmořských výšek
- definování výchozí nuly vodočtu pro kontinentální systémy nadmořských výšek prostřednictvím maregrafu kterým jsou sledovány dlouhodobé změny výšky mořské hladiny a stanovení jejich průměru (např. jaderského, dnes baltského)
- zaměření a vyrovnání výškových pořadů, rozdílů výšek v nivelačních sítích a definování výškového systému ve vztahu k daným geodetickým základům
- vytvoření národních výškových systémů a později jejich spojování vyrovnáním do kontinentálních systémů nadmořských výšek.

Důležitou úlohou vznikající fyzikální geodézie bylo určování průběhu *geoidu*, později *kvazigeoidu*. První metodou byla tzv. *astronomická nivelace*, kde vstupními daty jsou složky *tížnicových odchylek*, určených z rozdílů zeměpisných a geodetických souřadnic v daném astronomicko-geodetickém bodě. Připojením tzv. *gravimetrické opravy* se podařilo odstranit z velké části vliv zakřivení hladinových ploch geopotenciálu – vznikla metoda tzv. *astronomicko-gravimetrická nivelace*, využívaná především při definování průběhu kvazigeoidu.

Nadmořské výšky, vztažené k ploše geoidu jsou výškami *ortometrickými*, nadmořské výšky, vztažené ke geometrické ploše kvazigeoidu jsou výšky *normální*.

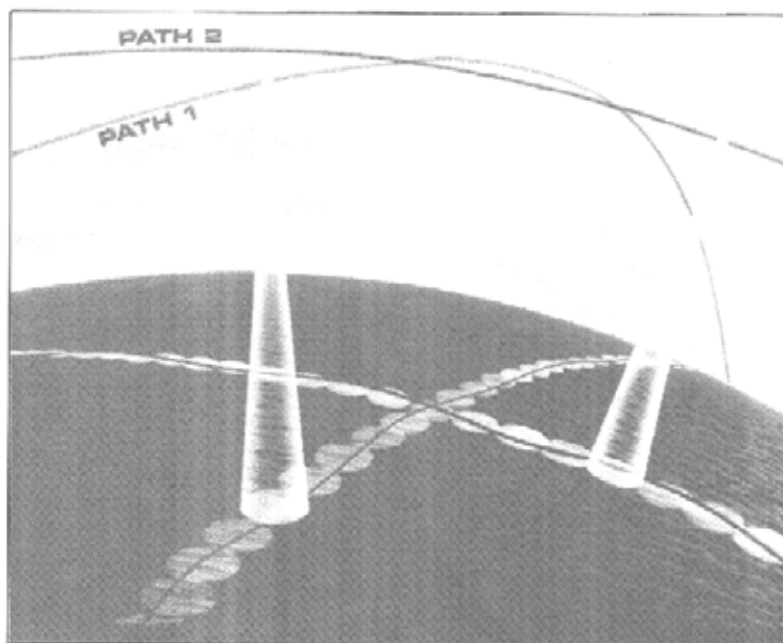
V současné době lze odvodit průběh plochy geoidu z matematicko-fyzikálního *modelu potenciálu tíhového pole Země (geopotenciálu)*, který je v závislosti na přibývajících povrchových a družicových datech průběžně zpřesňován.



Obr. 11 Průběh globálního geoidu odvozený z modelu geopotenciálu EGM96 (Earth Gravity Model 1996); rozdíl převýšení zvlněné plochy geoidu se pohybuje od –110 m do +84m

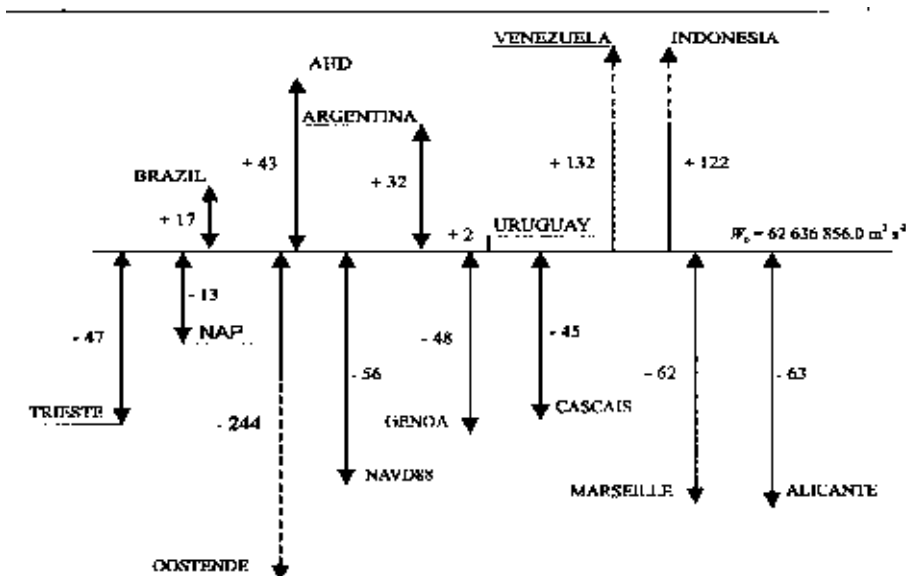


Obr. 12 Detailní průběh gravimetrického geoidu pro území České republiky; rozdíl cca 6 m

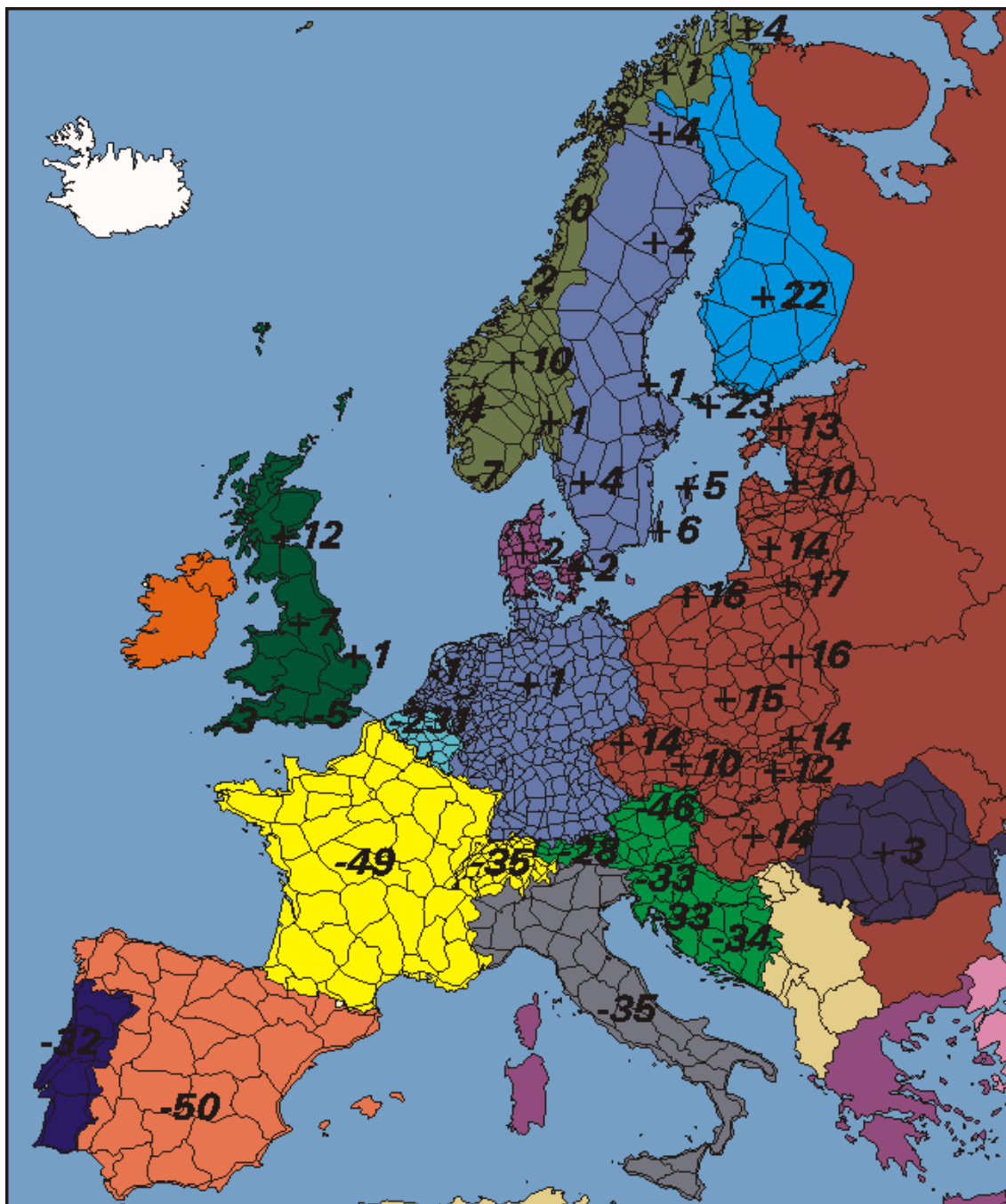


Obr. 13 Prostřednictvím družicové altimetrie se určuje průběh fyzikální plochy světových moří a její převýšení vzhledem k vztažné geometrické ploše – elipsoidu, náhradnímu zemskému tělesu s geometrickými parametry – velkou poloosou a zploštěním

Zároveň probíhá postupné sblížování teoretických přístupů k definování výšek nadmořských a výšek geodetických, elipsoidických; např. v Evropě vznikl jednotný systém UELN (Unified European Levelling Network - výšky nadmořské) a EUVN (European Unified Vertical Network - výšky elipsoidické). Tento problém je dosud stále živý a jak pro výškové systémy kontinentální, tak samozřejmě i ve smyslu celozemském, globálním.



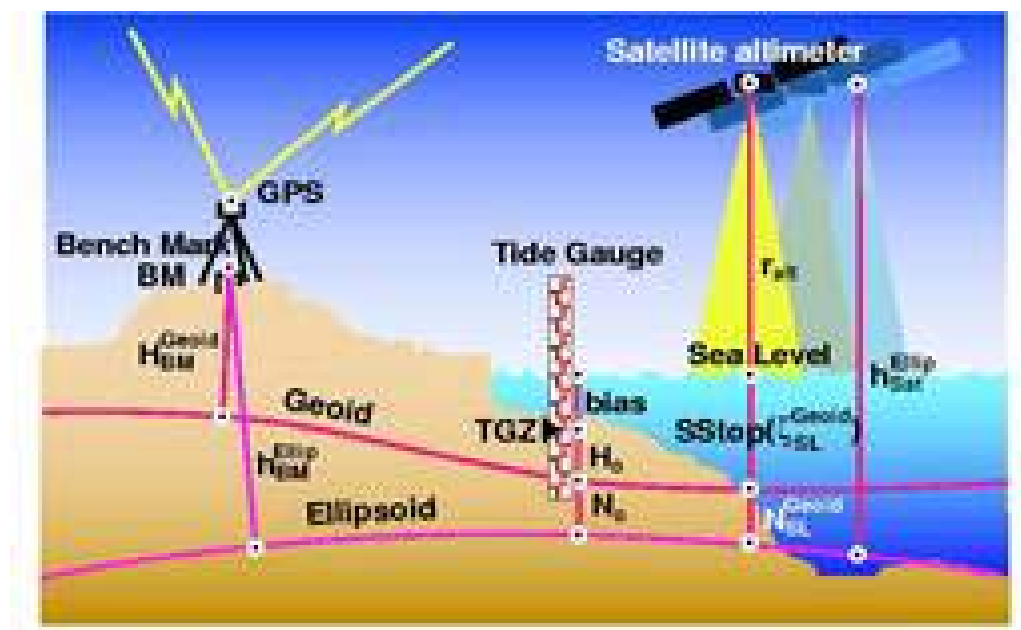
Obr. 14 Rozdíly počátků systémů nadmořských výšek (nul maregrafů) mezi kontinenty vzhledem ke globální ploše geoidu s hodnotou geopotenciálu  $W_0 = 62\,636\,856,0\text{ m}^2\text{ s}^{-2}$



September 2000

Transformation parameters from national heights to UELN heights in Europe (in cm)

Obr. 15 Rozdíly počátků (nul) systémů nadmořských výšek mezi evropskými státy v cm



Obr. 16 Původ různorodých dat, používaných pro definici WHS (World Height System)

Skupina pracovníků vojenské geografické služby AČR v Dobrušce a dalších odborníků pod vedením prof. Burši předložila domácí a mezinárodní odborné veřejnosti návrh na sjednocení kontinentálních a globálních výškových systémů, založený na fyzikálním řešení.

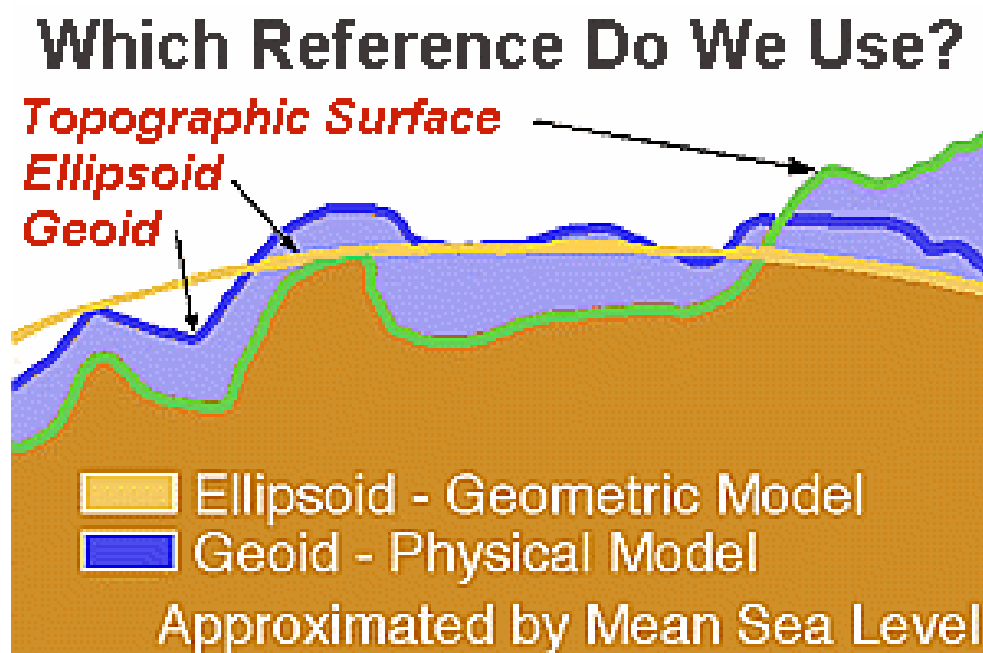
Návrh, který je zároveň postupně realizován, spočívá v těchto krocích:

- soustředění kontinentálních nivelačních dat, vztažených k bodům s určenými geocentrickými souřadnicemi  $X, Y, Z$  v geodetickém systému WGS 84; preferovány jsou výšky normální se zavedenými slapovými opravami
- získávání a zavedení dat družicové altimetrie do centrální databáze
- určení hodnoty potenciálu  $W_0$  tíhového pole pro ekvipotenciální plochu geoidu; v současné době je využívána hodnota geopotenciálu  $W_0 = 62\,636\,856,0\,m^2\,s^{-2}$  prof. Burši, která byla přijata IUGG jako standardní; její zpřesňování nadále probíhá
- určení hodnot geopotenciálu  $W_i$  pro nuly maregrafů - počátků kontinentálních systémů odečtů nadmořských výšek
- určení rozdílů  $\Delta W_i = W_i - W_0$  pro počátky odečtů v kontinentálních systémech nadmořských výšek (maregrafů)
- převod diferencí  $\Delta W_i$  každého maregrafu na metrickou míru - na  $\Delta H_i$
- zavedení oprav  $\Delta H_i$  pro každý maregraf a posléze pro údaje nadmořských výšek bodů nivelačních sítí národních, kontinentálních systémů nadmořských výšek pro jejich sjednocení v systému výšek globálním.

Výpočetní zpracování je opravdu náročné – již nyní je v globálním měřítku soustředěno cca 25 000 údajů z 82% plochy Země. Realizace projektu proto probíhá ve spolupráci s geodetickými službami mnoha zemí a zvláště s podporou americké *National Geospatial Intelligence Agency*. V posledním období byl prostřednictvím Astronomického ústavu AV ČR získán grant Evropské unie, který umožňuje zkvalitnění technické výbavy, kontakty a také zahraniční prezentace dosahovaných výsledků.

## Závěr

V geodetické a navigační praxi nadále probíhá hledání racionální odpovědi na otázku „které typy výšky jsou pro ten či onen účel technického nebo teoretického využití optimální?“ Uživatelé oborů, hlavně technické, je volí podle druhu používaných navigačních prostředků, požadavků na přesnost nebo na vztah k výškovým systémům, používaných v digitálních mapách, možnostem rychlého převodu mezi výškami nadmořskými a výškami elipsoidickými apod.



Obr. 17 Volba druhu výškového systému závisí na technických požadavcích uživatele

**Literatura**

- HONS, J. – ŠIMÁK, B.: Pojd'te s námi měřit zeměkoulí. Orbis – Praha, 1959
- BURŠA, M. a kol. World Height System Specified by Geopotential at Tide Gauge Station; předneseno na IAG Symposium on Vertical Reference Systems, 20.-23.2.2001, Cartagena, Columbia
- BURŠA, M. a kol.: Geoidal geopotential and World Height System, 1999. In: Studia geophys. et geod., 43
- SS GG GeoS Determination of Geoidal Geopotential and World Height System, AČR Memorandum 1, Memorandum 2, podklad pro jednání „Geodesy and Geophysics Working Group“. Brusel, červen 2003.
- BURŠA, M. – KOSTELECKÝ, J.: Kosmická geodézie a kosmická geodynamika, MO – GŠ AČR, Praha 1994.
- PICK, M.: Advanced Physical Geodesy and Gravimetry. MO ČR, Praha 2000.
- BURŠA, M.: Geopotenciál I, teorie. MO – GŠ AČR, Praha 2004.
- BURŠA a kol.: Global Vertical Reference Frame, EUREF Publication No. 13, BKG, Frankfurt am Main 2004 (Symposium of the IAG Sub-commission for Europe, Toledo 4-7 June 2003)
- EUREF Relation between the European national height Systems and the UELN – viz <http://crs.bkg.bund.de/evrs/>
- IAG International Association of Geodesy – viz <http://www.iag.org>
- VATRT, V.: Využití geopotenciálních modelů ve vojenství, 1, 2.část - obhajoba doktorské dizertační práce, VTOPÚ Dobruška – VLA M.R. Štefánika, Košice 2003

**Poděkování**

*Děkuji organizátorům semináře za pochopení a využití tohoto příspěvku k informování účastníků semináře o uvedené problematice bez osobní účasti autora.*

*Drahomír Dušátko.*

**ADRESY AUTOROV PRÍSPEVKOV**

Ing. Drahomír Dušátko, CSc.

Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad  
Čs. Odboje 676, 518 16 Dobruška, ČR

Doc. RNDr. Elena Ferencová, CSc.

Ústav lekárskej fyziky a biofyziky Lekárskej fakulty UK  
Sasinkova 2, 813 72 Bratislava 1, SR – (e-mail: ferencova@fmed.uniba.sk)

Doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.

Katedra fyziky a informatiky Pedagogické fakulty Univerzity v Hradci Králové  
Víta Nejedlého 573, 500 03 Hradec Králové, ČR – (e-mail: josef.hubenak@uhk.cz)

RNDr. Ingrid Hympanová

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Katedra základov a didaktiky fyziky,  
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, SR – (e-mail: hympanova@fmph.uniba.sk)

PaedDr. Dušan Jedinák, CSc.

Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity  
Priemyselná 4, P.O. BOX 9, 918 43 Trnava, SR – (e-mail: djedinak@truni.sk)

Mgr. Rudolf Kolomý, CSc.

Alšova 15, 571 01 Moravská Třebová, ČR – (e-mail: Rudolf.Kolomy@seznam.cz)

Doc. Ing. RNDr. Karel Mačák, CSc.

Technická univerzita Liberec, Katedra aplikované matematiky,  
Hálkova 6, 461 17 Liberec, ČR – (e-mail: Karel.Macak@vslib.cz)

RNDr. Jana Mešterová

Slovenské technické múzeum, Hlavná 88, 043 82 Košice, SR

RNDr. Miroslav Tibor Morovics, CSc.

Historický ústav SAV, Oddelenie dejín vied a techniky,  
Klemensova 19, 813 64 Bratislava 1, SR – (e-mail: histmoro@savba.sk)

RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

Katedra obecné fyziky Pedagogické fakulty Západočeské univerzity  
Klatovská 51, 306 14 Plzeň, ČR – (e-mail: randam@kof.zcu.cz)

Mgr. Andrej Šperka

Historický ústav SAV, Oddelenie dejín vied a techniky  
Klemensova 19, 813 64 Bratislava, SR – (e-mail: histspers@savba.sk)

Doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc.

Katedra teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulty Masarykovy univerzity,  
Kotlářská 2, 611 37 Brno, ČR – (e-mail: stefl@physics.muni.cz)



**XII. Medzinárodný seminár z dejín fyziky – MESDEF 2005**

Trenčianske Teplice 22. – 24. 9. 2005

**ZOZNAM PREDNESENÝCH PRÍSPEVKOV**

- Doc. RNDr. Elena FERENCOVÁ, CSc.:  
*Spomienka na vzácneho človeka a priateľa. RNDr. Albert Hlaváč (1919 – 2005)*
- Doc. RNDr. Karel MAČÁK, CSc.:  
*Christian Doppler a výuka teórie pravdepodobnosti v českých zemích*
- Doc. RNDr. Miroslav RANDA, PhD.:  
*František Josef Smetana*
- RNDr. Jana MEŠTEROVÁ:  
*Ernst Chladni – fyzik so slovenskými koreňmi*
- RNDr. Miroslav T. MOROVICS, CSc.:  
*Chladniho obrazce v Antolikovom podaní*
- RNDr. František CUDZIŠ:  
*Podstatné momenty v priebehu historického vývoja tepelných motorov*
- RNDr. Rudolf KOLOMÝ, CSc.:  
*Počátky studia elektromagnetických jevů. Vznik Ampérovoy elektrodynamiky*
- RNDr. Miroslav T. MOROVICS, CSc.:  
*Snahy o aplikáciu elektromagnetických javov v diele Š. A. Jedlika*
- RNDr. Karel KRŠKA, CSc.:  
*Kvantifikace v agrometeorologii jako fyzikální a technický problém v historickém přehledu*
- Ing. Drahomír DUŠÁTKO, CSc.:  
*Určování výšek ve fyzikálním prostoru telesa Zeme*
- Doc. RNDr. Josef HUBEŇÁK, CSc.:  
*Od uhlíkové žárovky k moderním zdrojům světla. (Přednáška s demonstrací)*
- Doc. RNDr. Vladimír ŠTEFL, CSc.:  
*K určování dráhy Saturna v geocentrické a heliocentrické soustavě.*
- RNDr. Dušan JEDINÁK, CSc.:  
*K výročíu Johanna Keplera*
- RNDr. Ingrid HYMPÁNOVÁ:  
*Legenda šikmej veže*
- Mgr. Andrej ŠPERKA:  
*Dissertatio historico-physica de montibus Hungariae (1714) – jedna z najstarších z Trnavskej univerzity*
- Prof. RNDr. Ján CHRAPAN, DrSc.:  
*Atóm na Slovensku. Výučba, výskum a aplikácie atómovej a jadrovej fyziky*
- RNDr. Július SUJA-ŽIAK, CSc.:  
*Profesor Ján Fischer. 100. výročie narodenia popredného slovenského fyzika a pedagóga*

## **MATERIÁLY OS DMF**



## **BLAHOŽELÁME**

*Vzácného životného jubilea sa v tomto roku dožil*

**Prof. RNDr. Ján CHRAPAN, DrSc.**

*jeden zo zakladateľov medzinárodných seminárov z dejín fyziky,  
vedec a pedagóg, ktorý v rámci svojich rozmanitých vedeckých aktivít a odborných záujmov  
vždy nachádza priestor aj pre vnímanie širších historických a kultúrnych súvislostí.  
Ďakujeme mu za vykonanú prácu, za podporu a pomoc, ale aj za priateľské slová,  
ktorými nikdy nešetril. Zo srdca mu prajeme dobré zdravie, úspechy v práci  
a spokojnosť v osobnom živote.*

## **XXIII. ZBORNÍK DEJÍN FYZIKY**

Vydala: Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky pri SAV  
v spolupráci s  
Odbornou skupinou dejín a metodológie fyziky SFS,  
Historickým ústavom SAV, oddelením dejín vied a techniky  
a Jednotou slovenských matematikov a fyzikov

Editori: RNDr. Miroslav Tibor Morovics, CSc. a RNDr. Ingrid Hympánová

Jazyková korektúra:	autori
Zalamovanie a grafická úprava:	M.T. Morovics
Rozsah:	164 strán
Náklad:	70 výtlačkov
Tlač a väzba:	Copycentrum PACI, Bratislava
Vydanie:	prvé

**Bratislava 2006**

**ISBN 80-969508-0-0**  
**EAN 9788096950805**