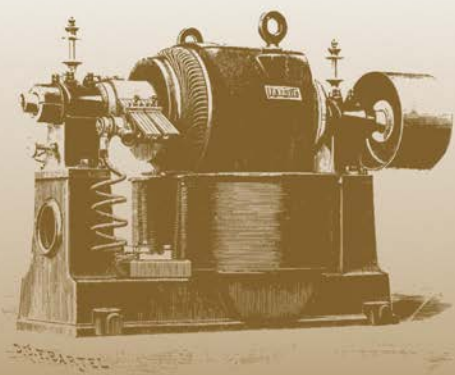




Daniel Mayer

POHLEDY DO MINULOSTI ELEKTROTECHNIKY



Pohledy do minulosti elektrotechniky

OBJEVY

MYŠLENKY

VYNÁLEZY

OSOBNOSTI

Daniel Mayer



nakladatelství
České Budějovice, 2004

Pohledy do minulosti elektrotechniky

© Prof. Ing. Daniel Mayer, DrSc., 2004–2025

První vydání knižní verze 2004

První vydání elektronické verze 2025

Vydalo nakladatelství KOPP,

Šumavská 3, 370 01 České Budějovice,

tel.: 386 460 474, 773 780 628

e-mail: knihy@kopp.cz;

Internet: www.kopp.cz

ISBN 80-7232-219-2 (print)

ISBN 978-80-7232-642-6 (pdf)

Všechna práva vyhrazena.

Žádná část této knihy nesmí být reprodukována, skladována ve vyhledávacím systému nebo předávána v jakékoli formě nebo jakýmkoli prostředkem elektronickým, mechanickým, fotokopírováním, nahráváním nebo jinak bez předchozího svolení vydavatele.

Následující text vznikl za přispění editora, grafika, sazeče, korektora a mnoha dalších. Všichni vám společně s autorem děkujeme za zakoupení této knihy.

Pokud jste se k textu dostali bez zaplacení a kniha se vám líbila, podpořte prosím vznik publikace zakoupením jedné kopie na

www.kopp.cz

Tuto knížku připisuji své ženě Marii

Pohledy do minulosti elektrotechniky

Děkuji svým přátelům za mnohé podněty a za jejich zájem, který projevovali o mou práci. Dále děkuji pracovníkům knihovny a archivu Národního technického muzea v Praze za laskavé poskytnutí některých podkladů. V neposlední řadě děkuji panu Ing. Pavlu Koppovi, řediteli nakladatelství, za výbornou spolupráci.

Plzeň, leden 2004

Daniel Mayer

Obsah

KAPITOLA 1	13
NĚKOLIK SLOV ÚVODEM	13
Jak chápat a proč studovat dějiny elektrotechniky	13
Naše myšlení je poplatné minulosti	14
Jak vznikají nové objevy	15
KAPITOLA 2	17
ÚSVIT ELEKTROTECHNIKY	17
2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy	17
První projevy elektřiny a magnetismu	17
První vědecké poznatky	20
Život a dílo Benjamína Franklina	33
Franklinovo zkoumání elektřiny	35
Život Prokopa Diviše	40
Divišův „meteorologický stroj“	42
Pokus o jednotnou teorii elektrických a magnetických jevů	44
První aplikace matematiky	45
2.2. Stejnoseměrné proudy	50
Život Luigi Galvaniho	50
Galvaniho „živočišná elektřina“	51
Život Alessandro Volty	53
„Voltův sloup“	55
Další vývoj galvanických článků	59
Objev termoelektřiny	62
Ohlasy na vynález Voltova sloupu	64
KAPITOLA 3	65
PŘEDKLASICKÁ ELEKTRODYNAMIKA	65
3.1. Souvislost elektřiny a magnetismu	65
Život Hanse Christiana Oersteda	66
Oersted: elektrický proud indukuje magnetismus	66
Oerstedovi pokračovatelé: Biot, Savart, Laplace	70

3.2. Ampèrova elektrodynamika	74
Život André Maria Ampèra.....	74
Ampèrovy objevy v elektromagnetismu.....	76
Ampèrovi pokračovatelé.....	82
3.3 Průmyslová revoluce.....	86
James Watt a jeho parní stroj	86

KAPITOLA 4 91

VZNIK KLASICKÉ ELEKTRODYNAMIKY..... 91

4.1. Michael Faraday – filozof experimentu	92
Život Michaela Faradaye	92
Faradayův objev elektromagnetické indukce	104
Faraday jako ideový tvůrce moderní elektrotechniky	108
Faraday jako zakladatel elektrochemie.....	109
Další Faradayovy objevy	110
4.2. Další průkopníci moderní elektrotechniky.....	112
Wheatstoneovy experimenty	112
Joseph Henry a jeho experimenty s elektromagnety	115
Další zkoumání indukčního zákona.....	118
4.3. Maxwellova teorie elektromagnetického pole	118
Život Jamese Clerka Maxwella	119
Rozbor vzniku Maxwellovy teorie elektromagnetického pole.....	126
Vliv Williama Thomsona na vznik teorie elektromagnet. pole	131
Ukázky Maxwellem používaných modelů, veličin a rovnic	132
Poznámka ke kvaternionovému počtu	136
Poznámky k Maxwellově osobnosti	137
4.4. Cesta k objevu elektromagnetických vln	139
Život Heinricha Hertze	140
Heinrich Hertz a elektromagnetické vlny	144
4.5. Dovršení teorie elektromagnetického pole	149
Život Olivera Heavisidea	149
Oliver Heaviside a teoretická elektrotechnika.....	151
Elektronová teorie a Lorentzova síla	156
4.6. Matematické teorie elektrických a magnetických jevů.....	158
Život Georga Greena	159
Matematická teorie elektřiny a magnetismu.....	161
4.7. Výroky významných osobností k teorii elektromagnetického pole .	164

KAPITOLA 5	169
POČÁTKY TEORIE ELEKTRICKÝCH OBVODŮ.....	169
5.1. Georg Simon Ohm – Ohmův zákon.....	169
Život Georga Simona Ohma.....	170
Ohmův zákon.....	172
5.2. Gustav Robert Kirchhoff – Kirchhoffovy zákony.....	174
Život Gustava Roberta Kirchhoffa.....	175
Kirchhoffovy zákony	177
5.3. Teorie dlouhého vedení (W. Thomson, O. Heaviside).....	179
Život Williama Thomsona	180
Dálkové elektrické vedení	183
5.4. Poznámky k dalšímu vývoji teorie obvodů.....	186
Princip superpozice.....	186
Komplexní reprezentace harmonických veličin	186
Heavisideův operátorový počet	188
Théveninova věta.....	188
Metoda smyčkových proudů.....	189
Metoda souměrných složek	189
Teorie čtyřpólů.....	189
Tenzorová analýza elektrických obvodů.....	190
5.5. Z počátků české elektrotechnické terminologie.....	191
KAPITOLA 6	193
VÝVOJ ELEKTRICKÝCH MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ.....	193
6.1. Elektrostatické měřicí přístroje	193
6.2. Elektromagnetické měřicí přístroje.....	198
6.3. Měřicí přístroje s otočnou cívkou	204
6.4. Elektrodynamické měřicí přístroje.....	205
6.5. Počátky elektrických měřicích metod.....	209
KAPITOLA 7	211
DĚJINY SDĚLOVACÍ ELEKTROTECHNIKY	211
7.1. Přenos informace po vedení.....	211
Telegraf akustický, optický, elektrický.....	211
Život Wernera Siemense	222
Zakladatel německého elektrotechnického průmyslu.	224

Duplexní telegraf	227
Život Samuela Morse	229
Morseův telegraf	229
Rozvoj telegrafu	232
Telegraf v Čechách	233
Podmořské telegrafní kabely	234
Telefon	237
Bellův telefon	239
Grayův telefon	244
Uhlíkový mikrofon	245
Rozvoj telefonních sítí	246
Mechanický záznam zvuku: fonograf	249
Magnetický záznam zvuku	254
7.2. Bezdrátový přenos informace	256
Bezdrátová telegrafie	256
A. S. Popov – vynálezce radiotelegrafie	259
Guglielmo Marconi – průkopník radiotelegrafie	261
Popov nebo Marconi?	265
Radiotelegrafie	266
Další průkopníci radiotechniky: N. Tesla a J. Murgaš	269
Radiotelefonie, rozhlas	271
Televize	276
7.3 Revoluce v elektronice – polovodičové prvky	282
Objev tranzistoru	282
Integrované obvody – základ nových informačních technologií	285
KAPITOLA 8	289
DĚJINY SILNOPROUDÉ ELEKTROTECHNIKY	289
8.1. Elektrické stroje	289
Vývoj fyzikálních principů stejnosměrných elektrických strojů	290
Střídavé točivé stroje a trojfázová rozvodná soustava – N. Tesla ..	306
Život N. Tesly	307
Teslův vynález asynchronního motoru	313
Přenos elektrické energie	320
8.2. Elektrické osvětlení	323
T. A. Edison: žárovka	323

Život T. A. Edisona	323
Žárovka	328
Další vynálezy T. A. Edisona	334
Lidský profil T. A. Edisona	337
František Křižík: obloukovka	340
Život Františka Křižíka	342
Plzeňská lampa	348
8.3. Počátky českého elektrotechnického průmyslu	352
Počátky elektrické trakce	355
Lidský profil Františka Křižíka	361
Další rozvoj českého elektrotechnického průmyslu	363
8.4. Výroky významných osobností	374

KAPITOLA 9 377

POČÁTKY ČESKÉ ELEKTROTECHNICKÉ

INŽENÝRSKÉ ŠKOLY 377

9.1. Tradice našeho inženýrského školství	378
Vynikající profesori: Josef Gerstner a Christian Doppler	380
9.2. Výuka na pražské polytechnice v polovině 19. století	389
9.3. Počátky výchovy elektrotechnických inženýrů	392
9.4. Vysoké školy strojního a elektrotechnického inženýrství mezi dvěma světovými válkami	401
9.5. Vědecká škola profesora Šimka	403
9.6. Elektrotechnická inženýrská škola v Brně	404
9.7. Výroky významných osobností	410

Literatura 411

Rejstřík 419

Jmenný rejstřík 424

*Ve vědě více než v kterémkoliv lidském oboru
je třeba prozkoumat minulost,
abychom pochopili přítomnost
a ovládli budoucnost.*

D. BERNAL

*Když jsem chtěl něco objevit,
nejprve jsem si prostudoval všechno,
co bylo v tomto problému
dosaženo v minulosti.*

T. A. EDISON

*Musíme prověřovat staré ideje,
ač patří minulosti,
neboť je to jediný prostředek
k pochopení důležitosti nových idejí
a hranic jejich správnosti.*

ALBERT EINSTEIN

*Cesty, jimiž lidský rozum dospěl k pravdě,
jsou hodné většího obdivu než dosažený cíl.*

JOHANNES KEPLER

*Žít čestně, myslet světově, jednat mužně,
nespoléhat se na politiku, pracovat přesně,
radovat se z krásy a hájit svobodu.*

prof. VLADIMÍR LIST (v poselství mladé generaci)

Ta věc, s níž se můžeme setkat, je tajemno. Je to základní cit, který stojí u kolébky skutečného umění a skutečné vědy. Ten, kdo to neví a už se ničemu nediví, nad ničím nežasne, je na tom stejně jako mrtvá, sfouknutá svíce.

ALBERT EINSTEIN, *Ideas and Opinions*, New York 1954

KAPITOLA 1

NĚKOLIK SLOV ÚVODEM

Minulost formuje lidské myšlení. Je spjata s vývojem jednotlivých vědních oborů, tedy i s elektrotechnikou. Avšak: Známe tuto minulost? Dovedeme ji správně hodnotit? Zacházíme zodpovědně s jejím odkazem?

V průběhu uplynulých 150ti let prošla elektrotechnika mohutným dynamickým rozvojem. Ten byl umožněn jen díky intenzivnímu *odhalování přírodních zákonů* a jejich *aplikacím* při řešení elektrotechnických projektů. Nejruznější vědecké a technické objevy učinily náš život pohodlnějším a příjemnějším. Vědění a objevování mohou učinit náš život šťastnějším.

Jak chápat a proč studovat dějiny elektrotechniky

Některé věci lze lépe posuzovat z dálky než z blízka. V obrazárnách dodržuje tuto zásadu skoro každý. Nehledí na jednotlivé tahy štětce, ale na celkový dojem. S tímto odstupem budeme sledovat, jak vznikaly i jak zanikaly vědecké názory, hypotézy a teorie o podstatě elektromagnetických jevů a jak byly uplatňovány ve společenské praxi. Dějiny elektrotechniky lze v časovém náhledu přirovnat k říčnímu toku. Začíná drobným, nenápadným praménkem, mohutní četnými přítoky a jeho cesta není přímočará, klikatí se četnými meandry a slepými rameny.

1. Několik slov úvodem

Znalost pramenů soudobé elektrotechniky i peripetií jejího vývoje by měla být neoddělitelnou součástí vzdělání technické inteligence. Je smutné, jak málo stop zanechali pionýři elektrotechniky v mozkové kůře i poměrně vzdělaných lidí a zvláště mládeže. Historie elektrotechniky může být nástrojem, který umožňuje činit prognózy o vývoji a tím správně směřovat výzkum a nalézat vhodnou orientaci při vytyčování nových projektů. Kdo pochopí minulost, může se lépe orientovat v nynějším složitém světě, plném rozporů, ale i vzájemných souvislostí. Pohledy do minulosti elektrotechniky by neměly být pouhou rekonstrukcí konkrétních událostí, neměly by být pouhým faktografickým popisem významných objevů a ovšem ani pouhým připomenutím veselých či smutných příběhů ze života objevitelů. Na pozadí historie elektrotechniky nahlédneme do *vnitřních zákonitostí* jejího vývoje a pokusíme se o nástin *filosofie myšlení* v elektrotechnických vědách. Pokusíme se načrtnout dobovou atmosféru, v níž vznikala elektrotechnika, neopomeneme pohled na *společenské podmínky* a všimneme si *ekonomických akceleračních a retardačních vlivů*, které určují dynamiku vývoje.

Posouvat hranice lidského poznání, odhalovat nové přírodní zákony a hledat způsoby jejich využívání je tvrdou, náročnou a vyčerpávající činností. Je však zároveň velkým fascinujícím dobrodružstvím. Posláním této knížky je nejen prohloubit znalosti čtenářů o některá zajímavá fakta z historie elektrotechniky, ale též iniciovat jejich objevitelské aktivity a vzbudit jejich zájem a entuziasmus pro odkrývání netradičních cest vedoucích k novým poznatkům. Ukázat, že v dosahování těchto velkých cílů mnozí našli smysl a naplň svého života.

Vydejme se tedy po stopách našich předchůdců, kteří svým úsilím v oblasti elektrotechniky ovlivnili celou dnešní civilizaci.

Naše myšlení je poplatné minulosti

Stále se zrychlující životní tempo a naléhavost soudobých úkolů nás plně zaměstnává aktuálními problémy a potlačuje v našem vědomí pocit *kontinuity s minulostí*. Avšak minulost ovlivňuje naše myšlení zpravidla mnohem hlouběji, než si uvědomujeme. Po našich předcích jsme zdědili nejen náš vnější fyzický svět v němž žijeme, ale též *svět psychický* a *způsoby našeho vnímání a myšlení*. Stejně jako se v každodenním životě pohybujeme po ulicích a žijeme ve stavbách, které mají svůj původ mnohdy až ve středověku,

1. Několik slov úvodem

tak také při své práci používáme pojmy, představy a myšlenková schémata, které vznikaly často v dosti vzdálené minulosti. Při řešení technických problémů se naše povědomí zpravidla vytrvale omezuje na jisté myšlenkové okruhy, které jsou dědictvím předchozího vývoje. Je třeba si uvědomit působení těchto mechanismů, neboť tradiční myšlení při řešení technických problémů může být velkou bariérou při hledání originálních a efektivních koncepcí. Jen málo jedincům se podaří vymanit se z používání tradičních metod, jen nemnohým se podaří zůstat vnitřně nezávislým a nalézat nové, nekonformní způsoby řešení.

Jak vznikají nové objevy

Cesty k novým objevům, novým konstrukcím a novým technologiím byly vybudovány z nespočetných příspěvků více či méně anonymních pracovníků. Nové objevy však nevznikají pouhým spojitým navrhováním dílčích poznatků. Teprve když poznání dosáhlo jistou úroveň, teprve pak vstoupí na scénu *tvůrčí osobnost*, která ovšem musí být vybavena nezbytnou mírou talentu, vzdělání a dalších individuálních kvalit, a uvede svůj objev. Isaac Newton to vyjádřil výstižně, když komentoval svojí teorii kosmické mechaniky slovy: „*Viděl jsem dále než ostatní, protože jsem stál na ramenou obrů*“. (Pozoruhodné je, že toto tvrzení se samo potvrzuje, protože Newton jej též převzal od svých předchůdců.) Newton si uvědomoval, že čím více věda poznává, tím více se rozšiřují i obzory nepoznaného. Přirovnával se k malému chlapci, který si jen hraje s pěknými obálkami a mušličkami na břehu nekonečného oceánu poznání.

Velké objevy a vynálezy jsou motivovány potřebami společnosti. Téměř vždy vznikají po dlouhém a tvrdém zápase a s tímto zápasem bývají spojeny fascinující osobní osudy. Vznik nového díla je vždy svázán s minulostí. Je vždy více či méně adekvátním obrazem své doby a jeho velikost nemůže přesáhnout možnosti, které jsou determinovány vědecko-ekonomickou úrovní společnosti. Není tedy zvláštní „náhodou“, že mnohé významné objevy a vynálezy učinili různí badatelé, nezávisle na sobě, a to téměř ve stejné době. S konkrétními případy se seznámíme v následujících kapitolách. A naopak, mnohé objevy byly dlouho považovány za bezvýznamnou fyzikální hříčku, a až když společenské vědomí dosáhlo vyšší úroveň, staly se

1. Několik slov úvodem

základem vynálezu, který zasáhl do celé naší civilizace. Příkladem může být objev elektromagnetických vln a jejich využití pro přenos informací.

Jisté *nahodilosti* se ovšem v procesu poznávání a objevování mohou uplatnit. Dějiny vědeckých objevů a technických vynálezů jsou často doprovázeny legendami, v nichž nahodilé jevy sehrály rozhodující úlohu. Příkladem může být historka o tom, že jablko, které spadlo na hlavu Isaaca Newtona, jej posléze přivedlo k objevu zákona gravitace. To by ovšem byl jen velmi povrchní pohled na mechanismus vzniku objevů. Náhoda může nahrát příležitost jedinci *připravenému* učinit významný objev. Proces poznávání probíhá často *intuitivně*: objevitel jako by prostě „uhádl“ správné řešení. Intuice však není projevem jakési mystické poznávací schopnosti objevitele, nýbrž je formou zvratu dříve nashromážděných poznatků a zkušeností v novou kvalitu.

V této knize se budeme zabývat pouze *prvními fázemi* vývoje elektrotechniky. V tomto období sehrály dominantní roli *osobnosti*, které ovlivnily vývoj a dávaly mu nové impulsy a myšlenky. Hybnou silou vývoje byla geniální schopnost objevitele, která mu umožnila povšimnout si a správně zhodnotit jevy a souvislosti, které unikaly jeho předchůdcům i současníkům. V průběhu 20. století došlo k dramatickému zrychlení vývoje elektrotechniky. Nacházíme se v nové „průmyslové revoluci“, v níž čip a počítač mění svět radikálněji než parní stroj a dynamo. Novými prvky vývoje techniky jsou informační a telekomunikační technologie.

Stává se téměř pravidlem, že u velkých výzkumných projektů se uplatňují poznatky nejen z různých oblastí elektrotechniky, ale nezřídka i z dalších vědních oborů. Při realizaci komplexních projektů ustupuje jedinec do pozadí, a jejich řešení přebírají *pracovní týmy* specialistů. Jednou z hlavních podmínek jejich úspěšnosti je, vedle dobrého materiálního zajištění, dokonalá *organizace jejich spolupráce*. Na velkých vynálezech současné doby – připomeňme například počítače, videokameru, digitální fotopřístroj, mobilní telefon a mnohé další – se podílel velký počet tvůrčích pracovníků, do značné míry anonymních. Širší veřejnost zpravidla ani nezná jejich jména. Pojednání o novodobých dějinách elektrotechniky snad bude naplní další knížky, která je v současné době připravována.

Omyl, který vzbudí rozruch, je cennější než pravda vedoucí do slepé uličky.

ALESSANDRO VOLTA o Galvaniho objevu

KAPITOLA 2

ÚSVIT ELEKTROTECHNIKY

Počátky vývoje elektrotechniky byly především hromaděním poznatků získávaných výhradně experimentálně. Pojmový a matematický aparát k popisu elektrických a magnetických jevů se v tomto období utvářel jen velmi zvolna. Technika experimentů byla poplatná své době; jedinými měřicími přístroji byly magnetka a elektroskop. Vážnou překážkou bylo mnohdy iracionální myšlení, ovlivněné náboženskými představami. Objevitelé jen zvolna nalézali vhodné metodické postupy, učili se hledat přístupové cesty, získávali zkušenosti jak zpracovávat a hodnotit získané poznatky.

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

První projevy elektřiny a magnetismu

Některé elektrické a magnetické jevy byly známy už ve starověku. Patrně první písemnou zprávu o nich přináší řecký filozof, matematik a fyzik THALÉS Z MILÉTU (asi 624–asi 547 př.n.l.), který popsal přitahování drobných tělísek (např. popela, prachu, peříček) jantarem (tj. fosilní pryskyřice ze stromů), po jeho předchozím tření. SENECA a LUCRETIUS CARUS (1. stol. př.n.l.) se zmiňují o tom, že železná ruda může též přitahovat další částičky této rudy a že toto působení prochází skrze tělesa. Tyto poznatky jsou patrně ještě mnohem starší a jmenování filozofové je převzali od svých předchůdců. Magnetické projevy byly v té době známy v Číně, kde nalezly

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

své první praktické využití v podobě kompasu. První zmínka o kompasu v Evropě je až z r. 1187. Prudký rozvoj námořní dopravy v 15. a 16. stol., vyvolaný zeměpisnými objevy, pak vedl ke zdokonalování kompasu a k jeho využívání při navigaci. V té době byla též objevena magnetická deklinace a inklinace.

Slovo *elektrina* pochází od slova *jantar* (řecky *ílektron* – ἤλεκτρον) a slovo *magnetismus* (od názvu *Magnézia*, které je ve středním Řecku, v jehož okolí se nacházela železná ruda, tzv. *magnesiový kámen* (řecky *magnítis líthos* – μαγνητική λίθος).

Elektrické a magnetické jevy se vysvětlovaly antropomorfně, tj. přenášením lidských vlastností na přírodu (např. přitažlivá síla permanentního magnetu se považovala za projev „duše magnetu“, vytvářela se představa o „oživené hmotě“ a pod.), případně různými, často až fantastickými hypotézami. Jednou z nich byla hypotéza, že zemský magnetismus vyvolávají domnělé ohromné „magnetické hory“ na zemských magnetických pólech, nebo že „magnetická síla“ vychází z Polárky.

Jedním z prvních elektrických jevů, s nímž se člověk setkal, byl blesk.



Obr. 2.1. Babylónský bůh bouřky Adad.

Ten byl zpravidla vysvětlován nábožensky, jako projev boha – hromovládce; v řecké mytologii jím byl *Zeus*, v římské *Jupiter*, ve slovanské *Perun*, obr. 2.1. Pokus o fyzikální vysvětlení nalézáme u filozofů starého Řeka: blesk vznikne zapálením hořlavých plynů, které jsou přítomny ve vzduchu (ARISTOTELES, 4.stol.př.n.l.), nebo že blesk je důsledkem třením mraků o sebe (EPIKUROSOV, 4.–3.stol.př.n.l.). Tyto pokusy o vysvětlení podstaty elektrických a magnetických jevů byly ve své podstatě iracionální a pro poznání přírodních zákonů neměly valný význam. Naproti tomu se uvádí, že egyptský faraón Ramsesse 3. (1198–1168 př.n.l.) nechal na chrámu v Karnaku postavit stožáry s pozlacenými hroty, které měly funkci prvních bleskosvodů.



Obr. 2.2. Frontispice knihy Pierra Peregrina „Dopis o magnetu“.

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

Prvním významným souborným pojednáním o magnetismu byl spis, který napsal francouzský důstojník PETER PEREGRINUS v r. 1267. Byl napsán formou dopisů a nazýval se „*Epistolae de magnete*“ (*Dopis o magnetu*). Pergrinius jej napsal, když se s francouzskou armádou Karla z Anjou zúčastnil obléhání města Lucerna v jižní Itálii. Peregrinus se v té době zabýval myšlenkou sestrojení perpetuum mobile, k čemuž chtěl použít magnetovec. (Svémi úvahami se snad trochu přiblížil myšlence elektromotoru.) Za tím účelem studoval vše, co bylo v té době známo o magnetismu a tyto poznatky vložil do svého *Dopisu*. Kniha byla zprvu ručně opisována a po vynálezu knihtisku byla vydána v Augsburgu v r. 1558. Titulní strana tohoto díla je zdobenou dřevorytinou, ručně kolorovanou a je zobrazena na obr. 2.2. Ve středověku byla knihou velmi uznávanou a zřejmě inspirovala Williama Gilberta, který byl první, jenž soustavně a vědecky zkoumal magnetické a elektrické jevy.

První vědecké poznatky

WILLIAM GILBERT (1544–1603) se narodil v Colchestru v hrabství Essex (Anglie) a vystudoval lékařství na John's College univerzity v Cambridge. Poté cestoval po Evropě a po svém návratu se stal londýnským lékařem. Byl zřejmě úspěšným lékařem, neboť v r. 1600 byl zvolen prezidentem Královské lékařské společnosti a v r. 1601 byl jmenován osobním lékařem anglické královny Alžběty I. Kromě své lékařské praxe se intenzivně zabýval chemií, astronomií, metalurgií a zejména zemským magnetismem a elektrostatickými jevy a díky těmto svým zájmům vstoupil do dějin přírodních věd. Gilbert zemřel při morové epidemii.

Gilbert prováděl své studie magnetických a elektrických jevů na přelomu 16. a 17. století. Postupoval čistě *experimentálně* a nepouštěl se do filozofických spekulací. Gilbert provedl přes 600 systematických pokusů a dosáhl především těchto poznatků:

- Permanentní magnet je vždy *magnetickým dipólem*, tj. má vždy dva póly, severní a jižní, ať ho jakkoliv rozdělujeme.

- Stejnojmenné póly magnetu se odpuzují, opačné se přitahují. (Obě zmíněné vlastnosti uváděl již Peregrinus.)



Obr. 2.3. William Gilbert.

- Permanentním magnetem lze zmagnetovat další železná tělesa (tj. existuje *magnetická indukce*).
- Železo vložené před permanentní magnet zeslabuje jeho působení (tj. existuje *magnetické stínění*).
- Ohřevem do červeného žáru mizí permanentní magnetismus.
- V okolí pólů permanentních magnetů Gilbert tušil existenci magnetického pole, pro které zavedl název *magnetické efluvium* (*magnetický výtok*, z latinského *effluvium*).

Gilbert celkem uspokojivě vysvětlil zemský magnetismus (geomagnetismus). Jeho úvahy byly založeny na pokusu s modelem. Z magnetitu zhotovil velkou kouli – nazýval ji „*terrela*“ (*malá Země*) – a volně zavěšenými

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

magnetkami zjišťoval magnetické pole v jejím okolí. Výsledky srovnával s magnetickým polem Země („*terra*“). Přesto, že měl k dispozici jen poměrně malý počet měření směru zemského pole, učinil naprosto správný závěr: magnetické pole Země je svým prostorovým uspořádáním analogické poli modelu (tj. koule z magnetitu), a tedy *Země sama je velký magnet*. Magnetické póly přitom považoval za shodné s póly zeměpisnými.

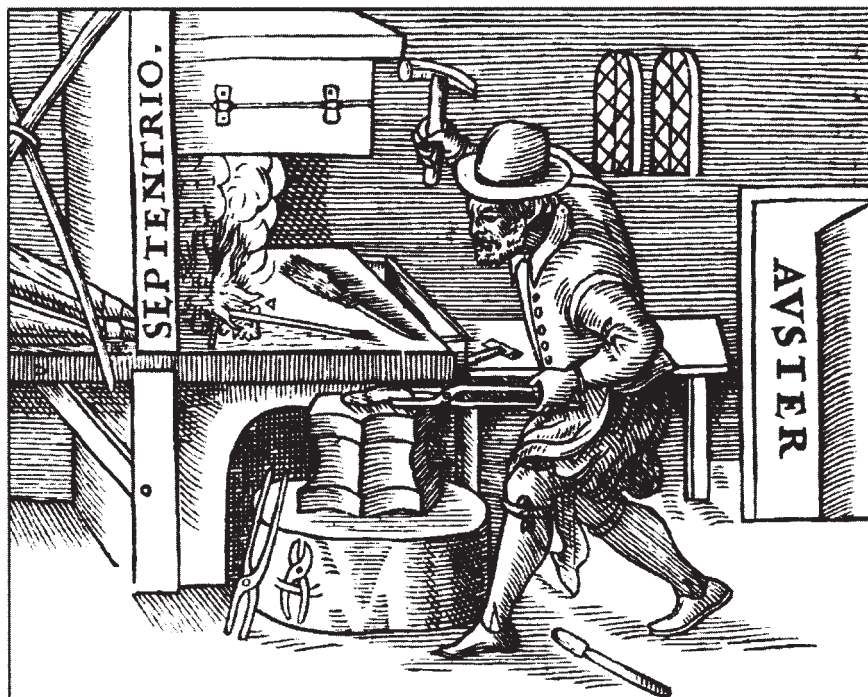
K hlubšímu poznání geomagnetického pole později přispěli známý astronom E. Halley (1656–1742) a zejména slavný matematik a fyzik C. F. Gauss (1777–1855).

Gilbert shrnul své výzkumy v latinsky psané knize „*De magnete*“ (*O magnetu*). Tato kniha vyšla v Londýně v r. 1600. Byla *prvním* vědeckým pojednáním o elektrických a magnetických jevech. Ve své době byla velmi proslulou a stala se východiskem pro řadu Gilbertových pokračovatelů.

Gilbert se též zbýval elektrickými jevy, a dospěl k těmto výsledkům:

- Zjistil, že třením může být uveden do stavu, v němž přitahuje lehká tělíska, nejen jantar, ale též jiné látky, jako je síra, sklo a další – našel jich přes dvacet.
- Elektrinu považoval za jakousi nevažitelnou kapalinu, „*fluidum electricum*“ a elektrický náboj chápal jako určité množství této kapaliny.
- Pro okolí zelektrovaných těles zavedl Gilbert pojem *elektrické effluvium* (elektrický výron).
- Pro určování elektrického fluida sestavil první měřicí přístroj – tzv. *elektrické versorium*. Toto měřidlo bylo obdobou kompasu, ale místo zmagnetované střelky bylo otočně uloženo lehké stébélko obr. 2.5. Elektrické versorium bylo předchůdcem pozdějšího elektroskopu.

Gilbertem zavedené pojmy „elektrické efluvium“ a „magnetické efluvium“ nás opravňují k domněnce, že Gilbert přisuzoval „okolí“ elektrického a magnetického objektu hmotnou povahu. Tato myšlenka, již po více než 200 letech rozvedl M. Faraday, a která posléze vyústila v zavedení pojmu „elektromagnetické pole“, svědčí o pozoruhodné Gilbertově intuici.

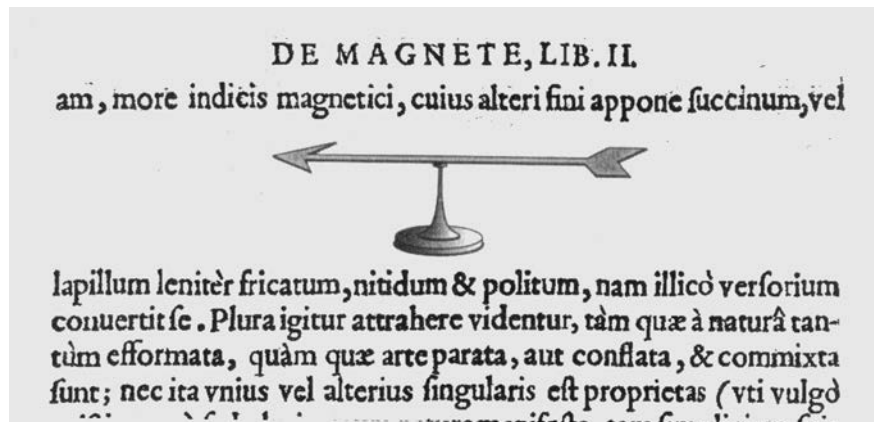


Obr. 2.4. Vyobrazení z Gilbertovy knihy „De magnetibus“.

Z Gilbertových představ o zemském magnetismu vycházel význačný německý astronom a matematik

JOHANNES KEPLER (1571–1630). V letech 1600 až 1612 žil v Praze, zprvu jako asistent astronoma Tycho Brahe, po jeho smrti (r. 1601) byl jmenován dvorním matematikem císaře Rudolfa II. Po smrti Rudolfa II odešel do Lince. Brahe naměřil velké množství přesných údajů o pohybu planet a dal za úkol Keplerovi stanovit dráhu planety Mars. Kepler několik let intenzivně zkoumal zákonitosti pohybu všech tehdy známých planet kolem Slunce a své poznatky matematicky vyjádřil vztahy, které se dnes nazývají třemi *Keplerovými zákony*. Ty tvoří základ moderní astronomie. Své první

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy



Obr. 2.5. Reprodukce z Gilbertovy knihy „De magnete“, pojednávající o elektrickém versorii.

dva zákony Kepler publikoval r. 1609 v Praze, v knize „*Astronomia nova*“ (*Nová astronomie*), třetí zákon r. 1619 v Linci, ve spise „*Harmonices mundi*“ (*Harmonie světa*). Keplerovy zákony se později (r. 1686) staly východiskem Isaacu Newtonovi při formulaci jeho gravitačního zákona.

Experimentální poznatky o elektrických a magnetických jevech se rozšiřovaly jen velmi zvolna. Významné byly tyto objevy:

- **Výroba elektřiny byla zmechanizována: byl sestrojen rotační elektrostatický generátor, který se nazýval „třecí elektrika“.** První třecí elektriku sestrojil Otto von Guericke v r. 1660. Experimentátor, odizolovaný od země, se suchou rukou dotýkal povrchu otáčející se sírové koule, čímž se na jeho těle hromadil elektrický náboj (obr. 2.7).

OTTO von GUERICKE (1602–1686) se narodil v Magdeburku v patricijské rodině a byl jí předurčen k vyšším státním funkcím. Studoval práva a historii na univerzitě v Lipsku a poté v holandském Leidenu, kde se věnoval matematice, mechanice a fortifikačnímu inženýrství. Po ukončení studií se stal městským úředníkem. Guerickův život ovlivnila třicetiletá válka. Protestantský Magdeburk byl v r. 1631 švédskými vojsky maršála Tillyho



Obr. 2.6 Otto von Guericke.

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy



Obr. 2.7. Třecí elektrika, kterou sestrojil Otto von Guericke.

dobyť, vypálen a téměř srovnán se zemí. Guericke se zasloužil o jeho novou výstavbu a řadu let byl jeho starostou.

Až asi v r. 1654 se Guericke začal zabývat vakuem. Zkonstruoval vakuovou vývěvu, sestrojil barometr (s vodním sloupcem vysokým 10 m) a ukázal na souvislost mezi barometrickým tlakem a počasím. (Prvním, jenž vytvořil vakuum však nebyl Guericke, ale jeho současník, florentinský profesor matematiky Evangelista Torricelli (1608–1647).) Do širokého povědomí veřejnosti se magdeburský purkmistr dostal díky efektnímu experimentu, který předváděl kolem r. 1657 s tzv. *magdeburskými polokoule*: dvě duté měděné polokoule (o průměru asi 60 cm, z plechu o tloušťce asi 2 mm) přiklopil k sobě, utěsnil a z dutiny vyčerpал vzduch. Polokoule se pak nepodařilo rozdělit ani osmi páry koní. Jakmile zrušil vakuum, obě

polokoule od sebe odpadly. Guerickovy pokusy byly přijímány s rozpaky, neboť pojem vakua se vymykal středověkému náboženskému názoru, podle něhož „prázdno nemůže existovat, protože by odporovalo boží dokonalosti“. V Praze předvedl pokus s magdeburskými polokoulami profesor lékařské fakulty Jan Antonín Scrinci až téměř o 100 let později. Stal se to na nádvoří břevnovského kláštera, při návštěvě císařského páru Marie Terezie a Františka Lotrinského v Praze v r. 1754.



Obr. 2.8. Pokus Otto von Guericka, jímž předváděl, že „zelektrovaná“ sírová koule odpuzuje lehká těliska. Nabitá sírová koule tělisko nejprve přitáhne, přetáhne mu část svého náboje a pak jej jako stejně nabitě odpuzuje.

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

Později obrátil Guericke svůj zájem na zkoumání elektrostatických jevů: sestrojil „třecí elektriku“ (obr. 2.7) a zkoumal silové působení elektrického náboje na lehká tělíska (obr. 2.8). Těmito pokusy se přiblížil k jevu elektrostatické indukce. Své poznatky popsal v obsáhlé knize „*Experimenta nova*“, kterou vydal v r. 1672.

■ **Síla působící na elektricky nabitá tělesa je stejná ve vzduchu i ve vakuu.** Tento poznatek učinil irský fyzik

ROBERT BOYLE (1627–1691). Zopakoval Guerickovy pokusy a kromě uvedeného poznatku z nich vyvodil, že síla mezi dvěma zelektrovanými tělesy je vzájemná. Kromě toho rozšířil seznam látek, které lze zelektrovat třením, o další materiály (např. safír, křišťál, smaragd, ametyst aj.). Boyle napsal pojednání o třecí elektrice „*Mechanical Production of Electricity*“ (r. 1657).

■ **Látky lze rozdělit na vodiče a izolanty.** Bylo prozkoumáno působení elektřiny na vodiče a na izolanty. V dnešní terminologii: je-li v elektrickém poli vodič, dochází v něm k *elektrostatické indukci* (tj. ke vzniku volných povrchových nábojů) a u izolantu dochází k *elektrostatické polarizaci* (tj. ke vzniku vázaných povrchových nábojů). K těmto poznatkům dospěl Angličan

STEPHEN GRAY (1666–1736). Pracoval jako řemeslník – barvíř a když byl v důchodu, zajímal se o nové fyzikální objevy. Prováděl pokusy s přenosem elektřiny na větší vzdálenosti, například na vzdálenost 765 stop (tj. asi 230 m). V r. 1729 zjistil, že hedvábným vláknem nelze přenášet elektrický náboj, ale mosazným drátem se šířila elektrina okamžitě. Ukázal též, že na izolovaném tělese lze udržet elektrický náboj až několik měsíců. Grayovy poznatky byly oceněny v r. 1731 jeho zvolením za člena Královské společnosti.

V Čechách prováděl v r. 1746 experimenty s vedením elektřiny pražský jezuita JOSEPH STEPLING (1716–1778). V chodbách pražského Klementina

natáhl řetězy a přenášel jimi elektrinu na vzdálenost až osmi set metrů. Tyto experimenty předváděl též veřejnosti.

■ **Třením různých izolantů byly zjištěny dva druhy elektřiny.** Podle druhu izolantů, na nichž byla elektřina takto zjištěna, se nazývala buďto *elektřina sklová*, anebo *elektřina pryskyřicová (jantarová)*. Vznikla tak hypotéza, že existují dva druhy látek, které jsou zdrojem dvojí elektřiny. Zatímco se Gilbert domníval, že elektrické síly jsou jen přitažlivé, pokusy s výchytkami zavěšených kovových proužků, prováděnými v r. 1733, vedly k představě dvou různých fluid: fluida, která se odpuzují a fluida, která se přitahují – tzv. *dualistická hypotéza*. K těmto poznatkům dospěl

CHARLES DUFAY (1698–1739), který navázal na pokusy Grayovy, avšak prováděl je mnohem pečlivěji. Narodil se v Paříži, byl francouzským důstojníkem a později ředitelem botanické zahrady v Paříži. Později zjistil, že jeho dualistická hypotéza je mylná. Dufay byl jedním z prvních, jenž vyslovil domněnku, že blesk má elektrickou povahu. Dufay experimentoval i v jiných oblastech fyziky, zejména v mechanice, optice a termice.

■ **Byl sestrojen kondenzátor** – nazýval se *leydenská láhev*, obr. 2.9. Byla to skleněná láhev, jednou elektrodou byla cínová folie (staniol), jíž byla láhev asi do 2/3 výšky obalena a druhou elektrodou byla folie vložená do lahve a spojená s přívodem, který byl vyveden hrdlem lahve. Zpočátku se používala láhev naplněná vodou, která sloužila jako vnitřní elektroda. Objev leydenské lahve byl inspirován tehdejšími názory na podstatu elektřiny: předpokládalo se, že elektřina je jakási nehmotná substance, „nevažitelná“ kapalina, tzv. *fluidum*. Bylo tedy logické shromažďovat ji ve vhodné nádobě.



Obr. 2.9. Leydenská láhev.

2.1. Elektrostatické a magnetostatické jevy

Kondenzátor objevili v r. 1745 nezávisle na sobě německý kněz z Pomorán, EWALD GEORG KLEIST (asi 1700–1748) a Holanďan PIETER van MUSSCHENBROEK (1692–1761). Musschenbroek působil jako profesor experimentální fyziky na univerzitě v Leydenu, odtud název.

Leydenská láhev nesměla chybět v žádné laboratoři, kde se prováděly pokusy s elektřinou. Umožňovala akumulovat větší elektrický náboj a provádět s ním pokusy. Možnost získávat větší náboj vedla k postupnému zdokonalování konstrukcí třecích elektrik. Sírová koule byla nahrazena skleněným válcem nebo kotoučem (později se též používal ebonitový kotouč), jehož povrchu se dotýkala suchá plst'. Vzniklý náboj z povrchu kotouče se odsával vhodně upravenými hrotovými elektrodami a hromadil se v leydenských láhvích.



Obr. 2.10. Peter van Musschenbroek.