

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Daniel Mayer

Newton elektřiny (K 200. výročí narození A. M. Ampèra)

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 20 (1975), No. 5, 241--247

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138268>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1975

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Newton elektřiny

(K 200. výročí narození A. M. Ampèra)

Daniel Mayer, Plzeň



*„Experimentální výzkumy, jimiž Ampère stanovil zákon mechanického působení mezi dvěma elektrickými proudy, patří mezi nej-
skvělejší úspěchy vědy. Zdá se, že toto spojení teorie a experimentu jako by ve své síle a mohutnosti vytrysklo z mozku „Newtona elektřiny“. Forma je dokonalá, přesnost nenapadnutelná a vše je shrnuto ve vzorci, z něhož lze odvodit všechny elektrické jevy a který navždy zůstane fundamentálním vzorcem elektrodynamiky.“*

J. C. Maxwell ([7])

Obr. 1. André Marie Ampère (1775–1836).

Život a osobnost

André Marie Ampère je nejvýraznější osobností v „předfaradayovsko-maxwellovském“ období historie elektromagnetismu. Narodil se 22. ledna 1775 v obci Polymieux, vzdálené asi 15 km od Lyonu, kde též prožil své dětství. Ve vesnici nebyla škola, a proto jej vzdělával jeho otec. Již v dětském věku projevil mimořádné nadání, zejména pro studium matematiky. Když jako jedenáctiletý navštívil se svým otcem univerzitní knihovnu v Lyonu, překvapil knihovníka žádostí o díla EULEROVA a BERNOULLIOVA. Neodradilo jej nejen ujištění, že jde o nejobtížnější díla, která byla napsána, ale ani skutečnost, že Bernoulliovy práce byly napsány latinou, již tehdy neovládal; rychle si ji

osvojit tak, aby mohl číst vědecká díla. Ve třinácti letech předložil lyonské Akademii věd svou práci o kvadratuře kruhu. V osmnácti měl již podrobně prostudovanou LAGRANGEUVU *Analytickou mechaniku* a 20 dílů DIDEROTOVY a D'ALEMBERTOVY encyklopedie a kromě latiny ovládal italštinu a řečtinu.

Roku 1801 byl jmenován profesorem fyziky a chemie na Ústřední škole v kraji Ain, odkud zakrátko přešel do Bourgu. Ve své úvodní přednášce vyjádřil hlubokou humanistickou ideu, že věda má sloužit blahu a pokroku lidstva ([8]). Tam též napsal svou první matematickou práci z teorie pravděpodobnosti *Úvod do matematické teorie her*. Její vysoké ocenění d'Alembertem a LAPLACEM mu umožnilo získat profesuru fyziky a astronomie na lyceu v Lyonu (roku 1803 a 1804). Ampère se v té době projevoval nejen jako talentovaný matematik, ale též jako básník. Se svými verši vystupoval v literární společnosti a v protokolu jednoho ze zasedání nacházíme poznámku, že „poesie není panu Ampèrovi vzdálenější než exaktní vědy“ ([2]). Od r. 1805 vykonával funkci repetitora na polytechnické škole v Paříži, na níž byl pak v roce 1807 jmenován profesorem matematiky. Roku 1808 byl pověřen funkcí generálního inspektora na univerzitě a o rok později byl jmenován profesorem na Polytechnické škole a rytířem čestné legie. V té době se věnoval především matematice. Dosáhl nejvyšších poct, které může věda nabídnout: za své výzkumy v oblasti diferenciálních rovnic byl roku 1813 jmenován členem pařížské Akademie věd jako nástupce Lagrangeův. V té době získal též členství v řadě učených společností v Evropě; ani válečný stav mezi Francií a Anglií nezabránil jeho jmenování členem londýnské Královské společnosti.

Ampère obrátil svůj zájem k optice (zkoumal lom světla) a k chemii (provedl klasifikaci chemických prvků). OERSTEDŮV objev působení elektrického proudu na magnetku z r. 1820 vzbudil u Ampèra hluboký zájem o elektromagnetismus. Je pozoruhodné, že Ampère se tímto oborem soustavně zabýval jen v letech 1820 až 1826, tedy v poměrně úzkém období svého života. Přitom však vytvořil své nejvýznamnější objevy, jimiž se trvale zapsal do dějin fyziky. V tomto období též vrcholil jeho pedagogická činnost v matematice; v letech 1822–24 byl jeho žákem i M. B. OSTROGRADSKIJ. Po roce 1827 se Ampère přestal zabývat problematikou elektrodynamiky a vrátil se k bádání v matematice. Kromě drobnějších prací publikoval dílo *Výklad principů variačního počtu*.

Ampèrův život byl poznamenán několika tragickými momenty. Když mu bylo 18 let, v bouřlivém roce 1793, byl jeho otec zatčen a popraven pro účast na povstání Lyonu proti konventu. Mladý Ampère prožil téměř rok v hluboké depresi. Další tragická událost jej zastihla o deset let později, když po čtyřletém manželství zemřela jeho žena. Ampère byl uzavřený a citlivý, měl sklon k náboženskému mysticismu a nezajímal se o praktický život. Téměř všechny své finanční prostředky utratil za vědecké přístroje. Vyprávěly se o něm historky jako o roztržitém profesorovi. Podle jedné z nich ([11]), jednou, když se ubíral na přednášku a hluboce přemýšlel o jakémsi matematickém problému, vyňal z kapsy křidu a na stěně odpadkového koše prováděl výpočty. Avšak právě když dospěl k závěru, přijel vůz s odpady a odvezl koš i s jeho výpočty.

A. M. Ampère zemřel 10. června 1836, při své inspekční cestě na univerzitě v Marseilles. Ampère nebyl jen vynikajícím matematikem a geniálním fyzikem, byl všestranně vzdělaným encyklopedickým myslitelem. Měl zájem o jazykovědu a historii, prováděl výzkumy v botanice (vypracoval systematiku druhů rostlin) a zoologii (byl zastáncem

evoluční teorie), psal verše a je autorem obsáhlých filosofických pojednání, v nichž se zpravidla snažil usmířit náboženství s rozumem. Zanechal rozpracované dílo *Pokus o filosofii věd, anebo analytický výklad přirozené klasifikace všech lidských poznatků*, jehož první část vyšla v r. 1834 a druhou část dokončil a vydal v r. 1843 jeho syn, který byl významným francouzským historikem a lingvistou. Francouzské osvícenectví, materialismus a utopický socialismus formovaly Ampèrovy filosofické představy. Jeho hluboce humanistické úsilí je patrné z toho, že ve své klasifikaci věd uvedl na čelném místě novou disciplínu, která měla zkoumat otázky lidského štěstí; přitom měl na mysli především otázku spravedlivého společenského řádu. V těchto svých filantropických úvahách použil rovněž termínu „kybernetika“ pro vědu o řízení společnosti, vycházející přitom z řeckého „kybernetiké“, což značí umění řídit loď.

Rakouský fyzik H. THIRRING výstižně přirovnal vědu k budově postavené z příspěvků mnohých badatelských pokolení. V průměru přináší každý jedinec ke stavbě celku jen nepatrný kámen, mnohdy se však objeví člověk, který sám postaví celé poschodí, nebo strhne jedno ze starých křídel budovy a nahradí je novým ([9]). Tento výstižný příměr platí i pro Ampèra: zatímco jeho přínos k různým vědním oborům lze dnes přirovnat k oněm malým kamínkům, jsou jeho objevy v teorii elektromagnetismu celým novým křídlem budovy.

Ampèrova elektrodynamika

Významným mezníkem v odhalování zákonitostí elektromagnetismu byl objev do té doby nepřítomného kodaňského profesora fyziky HANSE CHRISTIANA OERSTEDA, který prozkoumal působení elektrického proudu na magnetku. Svůj objev popsal v brožuře nazvané *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticum* (Pokusy týkající se působení elektrického konfliktu na magnetku*), kterou vydal 21. července 1820 a rozeslal ji různým vědeckým společnostem i badatelům. Význam Oerstedovy práce tkví nejen v tom, že odhalila souvislost mezi elektrickými a magnetickými jevy, jimž byla do té doby přisuzována (v duchu GILBERTOVÝCH představ) zcela odlišná fyzikální podstata. Práce upozornila na nový typ vzájemného působení, a tím inspirovala řadu fyziků k dalšímu intenzivnímu bádání. Prvým z nich byl Ampère, který již 18. září 1820 vystoupil v pařížské Akademii věd a zveřejnil svůj poznatek o vzájemném silovém působení proudovodičů.

Objevem nového druhu sil (elektrodynamických) položil Ampère základ nové partie fyziky – elektrodynamiky. Zavedení termínu „elektrodynamika“ zdůvodnil Ampère takto ([1], [6]): „... Pokud jsou uvažované jevy působeny jen pohybující se elektřinou, považoval jsem za potřebné nazvat je elektrodynamickými jevy. Název elektromagnetické jevy, který se jim dával doposud, je vhodný jen pokud jde o objevy p. Oersteda, týkající se vzájemného působení mezi magnetem a elektrickým proudem ...“ Oerstedovy a Ampèrovy názory byly ovšem ještě utvářeny zcela v koncepci „akce in distans“.

Ve 2. polovině roku 1820 Ampère často referoval v Akademii o svých dalších poznat-

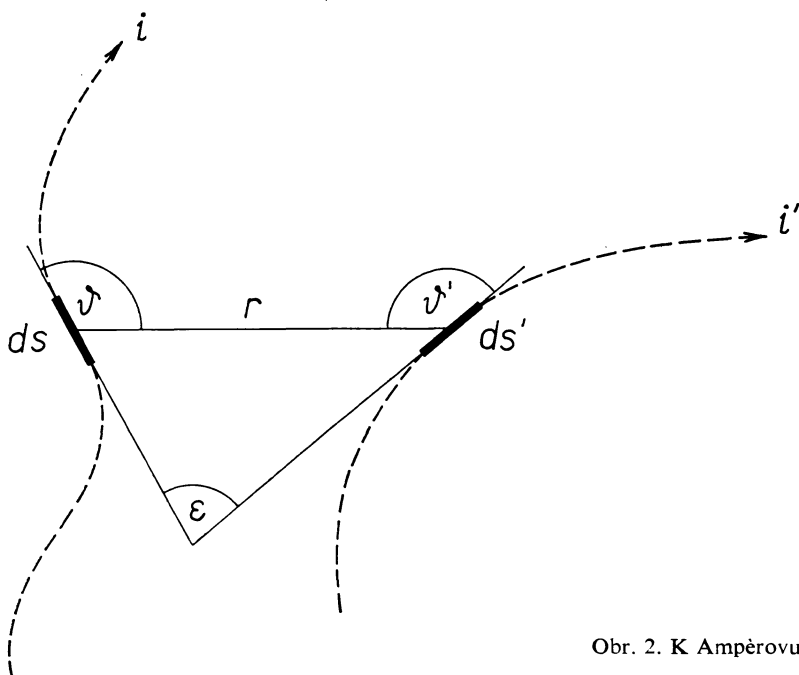
*) Oersted nazýval elektrický proud elektrickým konfliktem.

cích: přesně vymezil pojem elektrický proud, definoval směr elektrického proudu (jako směr pohybu kladného elektrického náboje), zavedl termíny severní a jižní pól magnetu, solenoid aj. ([8]) a prohloubil Oerstedův objev tím, že pro směr odchylky magnetky umístěné pod přímým proudovodičem zavedl tzv. pravidlo plavce („myslíme-li si, že vodičem plave plavec ve směru elektrického proudu a dívá se na magnetku, pak severní pól magnetky se vychyluje k jeho levé paži“), jež bylo později nahrazeno známým pravidlem pravé ruky. Na Ampèrovu radu zhotovil francouzský fyzik D. A. ARAGO (1886–1853) první elektromagnet. Ampère dále upozornil na možnost využití Oerstedova objevu pro přenos informací (jím navržený „telegraf“ se však neujal) a vyslovil hypotézu o vzniku zemského magnetismu: domníval se, že je působen proudy protékajícími v zemi, v níž náhodným seskupením hornin vznikly galvanické články.

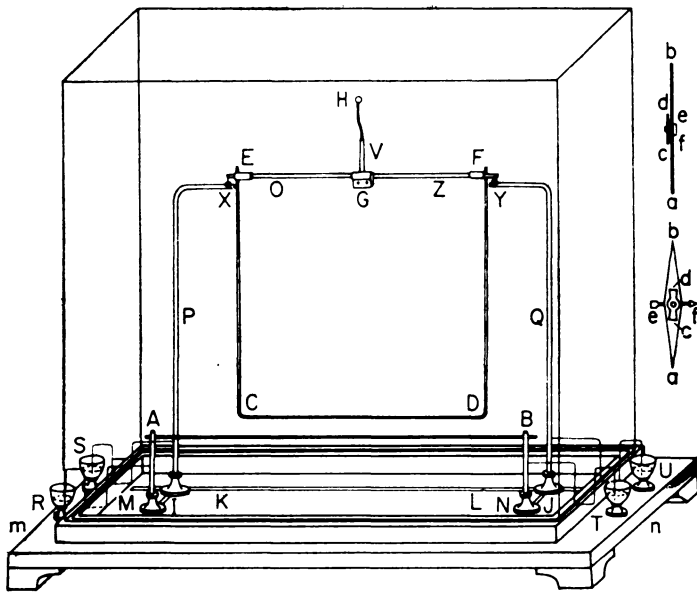
Zatímco Oerstedovy a počáteční Ampèrovy výzkumy měly výlučně kvalitativní charakter, Ampère na zasedání Akademie dne 4. prosince 1820 ukázal ([1]), že dva délkové elementy proudovodičů jsou přitahovány silou, jíž lze vyjádřit vztahem

$$\frac{A i i' ds ds'}{r^2} (\cos \varepsilon - \frac{1}{2} \cos \vartheta \cos \vartheta'),$$

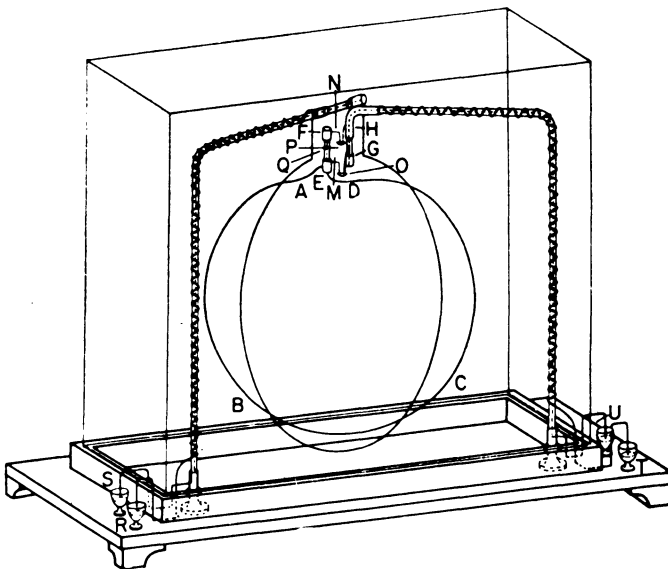
kde ε je úhel mezi směry proudů i, i' v délkových elementech ds, ds' a ϑ, ϑ' jsou úhly, jež svírají tyto směry proudů i, i' se spojnicí mezi ds a ds' ; délka této spojnice je r (obr. 2). Konstantu A zvolil Ampère rovnu jedničce, čímž položil základ k absolutní elektrodynamické měrové soustavě. Tento tzv. Ampèrův zákon formuloval později geometr GRASSMANN [3] v přehlednějším a dnes běžně používaném vektorovém tvaru (viz např.



Obr. 2. K Ampèrovu zákonu.



Obr. 3. Ampèrova aparatura na zkoumání vzájemného silového působení mezi rovnoběžnými proudovodiči AB a CD . (Vodič CD se může natáčet kolem bodů E a F .)



Obr. 4. Ampèrova aparatura na vyšetřování vzájemného silového působení mezi dvěma kruhovými závity.

[4]). Z Ampèrova zákona lze odvodit (viz např. [11]) Biotův-Savartův zákon a po intuitivním zobecnění vedl k 1. Maxwellově rovnici (tzv. zákonu celkového proudu).

Téměř současně s formulací silového působení mezi proudovodiči budoval Ampère svou koncepci teorie magnetismu. S první zmínkou o tom se setkáváme ve stručném souhrnu z jeho vystoupení v Akademii ve dnech 8. a 15. ledna 1821, v němž uvedl ([1]), že je třeba „vyjasnit, zda křivky, podél nichž protékají elektrické proudy, jež dodávají magnetované oceli její charakteristické vlastnosti, jsou rozloženy koncentricky k ose spojující oba konce magnetu, anebo jsou rozloženy v celé hmotě kolem každé z jeho částic.“ Ampère k tomu dodává, že druhé hledisko je mnohem pravděpodobnější. Ampère později rozvinul svou známou teorii magnetismu založenou na předpokladu, že kolem každé molekuly látky trvale prochází elektrický proud, který indukuje své magnetické pole. Tímto modelem mohl v hrubých rysech vysvětlit např. chování permanentních magnetů.

V r. 1822 uveřejnil M. FARADAY další část svých *Experimentálních výzkumů elektřiny*, v nichž se k Ampèrově teorii stavěl odmítavě. Ampèrovou replikou byl v témže roce vydaný *Sborník měření z elektromagnetismu*, obsahující práce různých autorů, jímž úspěšně obhájil své zákony.

Konečně v r. 1826 vychází Ampèrova *Théorie des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience* (Teorie elektrodynamických jevů vyvozená výlučně z pokusů). V období mezi EPINUSOVOU *Teorií elektřiny a magnetismu* (r. 1759) a MAXWELLOVÝM *Pojednáním o elektřině a magnetismu* (r. 1873) to bylo stěžejní dílo z oboru elektromagnetismu. Tato práce, do níž byla zahrnuta řada starších Ampèrových článků, byla v 19. století podrobena mnohým kritickým rozborům, např. GRASSMANEM ([3], [11]), HEAVISIDEM ([11]), WEBEREM ([1]), HELMHOLTZEM ([5]) a MAXWELLEM ([1], [7]). Po- všimněme si zde alespoň zajímavé Maxwellovy poznámky o stylu vědecké práce, demonstrované na metodice objevu Ampèrova zákona. Po svém vyjádření, citovaném v úvodu tohoto článku, Maxwell pokračuje [7]: „... Avšak Ampèrova metoda, třebaže má zdánlivě induktivní formu, neumožňuje nám sledovat proces, v němž se utvářely 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.“

Na druhé straně Faraday nám předkládá své neúspěšné i úspěšné pokusy, myšlenky, které ještě nenabýly jasného tvaru i myšlenky již přesně formulované, takže čtenář, i když jeho schopnost indukce je podstatně menší, má spíše pocit porozumnění než obdivu a snadno uvěří, že i on by dokázal objevovat nové, jen kdyby k tomu měl příležitost. Každý, kdo chce vědecky pracovat, měl by si proto přečíst Ampèrovo pojednání jako skvělý příklad stylu vědce předkládajícího nový objev, avšak měl by též studovat Faradaye, aby rozvíjel svou schopnost vědecky pracovat tím, že bude konfrontovat nově objevená fakta uvedená Faradayem s rodícími se vlastními nápady.“

Další pokroky v teorii elektromagnetického pole jasně ukázaly, že exaktní důkazy vztahů makroskopické elektrodynamiky, jejíž základy Ampère položil, lze provést jen na základě obecnějších koncepcí.

Rozhodnutím mezinárodního kongresu elektrotechniků v r. 1881 byla spojena s Ampèrovým jménem jednotka elektrického proudu.

Literatura

- [1] A. M. AMPER: *Elektrodinamika*. Izd. AN SSSR, Leningrad 1954.
- [2] M. L. DOMENACH: *Le génie et l'amé d'Ampère*. Bull. Soc. Franc. Électr., 8 (1962), 8^e serie, tome III, str. 150—160.
- [3] H. GRASSMANN: *Neue Theorie der Elektrodynamik*. Poggendorf's „Annalen der Physik und Chemie“, 64, 1845, No. 1, str. 1—18.
- [4] A. E. KAPLJANSKIJ, A. P. LYSENKO, L. S. POLOTOVSKIJ: *Teoretičeskije osnovy elektrotechniki*. Gosenergoizdat, Moskva 1961.
- [5] F. KOLÁČEK: *Elektřina a magnetismus*. Nákladem Jednoty českých matematiků, Praha 1904.
- [6] B. G. KUZNEČOV: *Evoljucija elektrodinamiki*. Izd. AN SSSR, Moskva 1963.
- [7] J. C. MAXWELL: *A Treatise on Electricity and Magnetism. Vol. I., II.* At the Clarendon Press, Oxford 1873.
- [8] V. JU. ROGINSKIJ: *Osnovopoložnik elektrodinamiki*. Izv. vysšich učebnych zaved. — elektromechanika, 1975, No. 3., str. 335—337.
- [9] H. THIRRING: *Der Weg der theoretischen Physik von Newton bis Schrödinger*. Wien 1962.
- [10] H. SCHIMANK: *André Marie Ampère*. Elektrotechn. Zeitschrift, 57 (1936), str. 679—680.
- [11] R. A. R. TRICKER: *Early Electrodynamics*. Pergamon Press, Oxford 1965.
- [12] R. A. R. TRICKER: *Ampère as a contemporary physicist*. Contemp. Physics, 3 (1962), VIII, str. 453—468.

V přírodě neexistují jevy, které bychom mohli srovnat s překotným rozvojem vědy, neřídícím se jakýmkoli viditelnými zákony, snad s výjimkou kondenzace přesycené páry nebo chování některých snadno vznětlivých výbušnin. Nebude i konečný úděl vědy v nějaké míře připomínat tyto jevy?

*

Ke spekulacím o hranicích vědy všichni cítíme značný vnitřní odpor: mají příliš mnoho společného s chladnokrevnými úvahami o konci blízkého člověka. Právě takové pocity vyvolávají u nás vědců úvahy o budoucnosti vědy, o tom, zda ji někdy v dostatečně vzdálené budoucnosti nepostihne osud vyjádřený v úsloví, že vše zrozené musí též zemřít.