

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

August Seydler

O zemském magnetismu. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 2 (1873), No. 4, 201--217

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122496>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1873

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>

O zemském magnetismu.

(Podává dr. Aug. Seydler.)

V předmluvě k znamenitému spisu svému: „*Untersuchungen über den Magnetismus der Erde 1819*“, praví *Chr. Hansteen*: „*Mathematikové evropští obraceli od času Keplerových a Newtonových zraky své k nebi, by dopodrobna stopovali běh oběžnic a jich vzájemné potržky; přáli bychom si, aby nyní na nějaký čas obrátili zrak svůj dolů ke středu země, neb i zde mohou znamenité zjevy viděti. Vyslovujet země zajisté němou řečí magnetky pohyby ve vnitru svém a kdybychom si dovedli plamenné písmo severní záře dobře vyložiti, bylo by pro nás neméně poučné. . . .* Kdyby se vlády mocnějších národů spojily k tomu účelu, by se pozorování četná konala a kdyby matematikové pozorování ta spracovali, snad by se mohly nevysvětlené posud magnetické úkazy na zemi s toužejší jistotou jako pohyby těles nebeských podrobiti počtu.“

A dále cituje výrok jiného spisovatele *): „v náuce o zemském magnetismu vyhlíží to ještě jako v Ptolemaevě planetární soustavě.“

Teprv půl století uplynulo od tohoto výroku a Hansteen mohl ještě před svou smrtí († 11. dubna 1873) s radostí na to pohlížeti, kterak počali oblíbenou vědu jeho pěstovati učenci, kteří vzhledem k ní nejen úlohu Koperníka a Keplera (alespoň z veliké části) již vykonali, nýbrž i o úlohu Newtonovu se značným úspěchem se pokoušeli. Prvními jsou ti, kteří (jako zejména Gauss) veškerý soubor rozmanitých zjevů magnetických v několik více méně jednoduchých zákonů (obyčejně empirických) zahrnuli; druzí jsou, kteří vycházejíce od určité hypotese i o příčině zemského

*) Schummel Weltstatistik.

magnetismu, na základě jejím zákony ty odůvodniti hleděli. První úloha jest z velké části vykonána; k řešení úlohy druhé přikročuje se šťastnějším úspěchem teprv doba nejnovější. Mezi rozličnými toho druhu pokusy vyniká jak velkou pravděpodobností tak i zvláštním důmyslem hypotesa *Zöllnerova*. Hlavní účel tohoto článku jest podati zprávu o této hypotesi a o některých jiných novějších vymoženostech v oboru tom; pro snadnější orientování předesílám stručný přehled celé nauky o zemském magnetismu.

I. Historický rozvoj nauky.

Starověcí národové evropští znali pouze jednu základní vlastnost magnetu, totiž *přitažlivost* jeho vzhledem k železu, nikoli však *polaritu* jeho, t. j. směrnou sílu, s jakou se vždy obrací jistá přímka magnetu, *osa magnetická*, k severu, kterážto vlastnost se může považovati za kořen naší nauky.

Známost vlastnosti té počala se šířiti u evropských národů teprv v 11. neb ve 12. století, a to prostřednictvím Arabů, kteří opět obdrželi magnetku (kompas co důležitý nástroj plavce) od Číňanů. Těmto sloužila již tisíc let před Kr. na cestách jejich přes nepřehledné stepy střední Asie*), později též na moři, když se čínské lodě odvažovaly až k indickým přístavům a břehům východní Afriky. V jednom slovníku z 3. století po Kr. dočítáme se již o umělém vyrábění magnetek natíraním. Též deklinaci počali již Číňané pozorovati, zavěšující magnetku na nít, jak později Coulomb učinil.

Are Frode, norský spisovatel (nar. 1068) vypravuje, že uspořádal třetí vynálezce Islandu, *Floke Vilgerdaron* r. 868 před vyplutím velkou obět; „neb tehdy neznali ještě námořníci v severních zemích *vodícího kamene*“.***) Je-li tento „*Leidarstein*“ skutečně magnetkou, pak byla tato v Evropě známa již za dob *Are Frode*-a, tedy v 11. století.

První zcela authentická zmínka o směrnosti magnetky a o jejím upotřebení při plavbě objevuje se v satyrické básni *Guyot-a de Provins* „la Bible“ (1190) a v popisu Palestiny, sepsaném

*) Na čínských vozích určených pro daleké cesty byla umístěna lóutka pohyblivá, jejíž ruka stále k severu ukazovala.

**) Hansteen, l. c. str. 3.

od biskupa Ptolemaidy *Jakuba de Vitry* (1204—1215). Arabské názvy obou polů (zohron a aphron), jež u mnohých spisovatelů nalézáme (ku př. v „Speculum naturale 1254“, Vincentia de Beauvais), jasně naznačují cestu, kterou užívání magnetky do Evropy přišlo. Z toho také patrno, že se nazývá bez práva *Flavio Gioja* (okolo 1300) vynálezcem kompassu; on jej bez pochyby jen zdokonalil.

Současně s kompassem šířila se u národů evropských známost *deklínace*, či jak se dříve říkalo *variace*; neboť i při nej-povrchnějším pozorování museli námořníci brzo poznati, že se magnetka odchyluje od směru severního, a že tato odchylka magnetického meridianu od astronomického jest rozličná na rozličných místech povrchu zemského. Na mapě *Ondřeje Bianca* (r. 1436) jest již „variace“ pro rozličná místa zanešena.

Columbus nalezl 13. září 1492 místo bez odchýlky, $2\frac{1}{2}^{\circ}$ východně od ostrova Corvo; on zpozoroval totiž, kterak se zde „variace“ severovýchodní proměnila v severozápadní. Tehdy bylo ještě rozšířeno mínění, že jest deklínace na všech místech jednoho poledníku stejná, t. j. že čáry stejné odchýlky, t. zv. čáry isogonické jsou zároveň poledníky. Jelikož se pak náhodou po překročení onoho místa dosavadní velké vedro umírnilo a jelikož *Columbus* na další cestě moře nesmírným množstvím chaluh pokryté shledal, jakož i z jiných ještě důvodů domníval se, že tvoří poledník místem oním procházející důležité rozhraní zcela rozdílných fysikálních poměrů na povrchu země. To domnělé *fysikální rozhraní* proměnil papež *Alexandr VI.* (4. května 1493, hned po návratu *Columbově*) v *rozhraní politické*, ustanoviv poledník onen za demarkační čáru mezi majetkem španělským a portugalským. Usfanovení toto mělo bezděky velmi blahodárný vliv na vývoj naší nauky, pobádajíc k pilným pozorováním magnetickým.

Na základě pozorování těchto poznáno brzo, že se křivky stejné odchýlky či *isogony* od astronomických poledníků značně odchylují. První všeobecnou mapu „variální“ sestavil, ovšem jen na základě velmi nedokonalých pomůcek, kosmograf *Alonso de Santa Cruz*, učitel císaře Karla V., r. 1530.

V století XVI. nalezena jest druhá pro studium zemského magnetismu důležitá veličina, totiž *sklon* či *inklínace*.

Okolo 1530—40 seznal *G. Hartmann*, vikář v Norimberce, že magnetka v těžišti volně zavěšená „pod sebe směřuje“. On se mimo to pilně obíral zákony magnetické přitažlivosti a odpudivosti a umělým vyráběním magnetů.

Ale teprv r. 1576 počal *Robert Normann* v Londýně pozorovati inklinaci pomocí vynalezeného od něho a posud užívaného inklinatoria. Vrstevník jeho *Will. Gilbert* byl první, který si utvořil všeobecnější názor o magnetické síle země. Ve svém spisu „*Physiologia nova de Magnete*“ (1600) mluví „de magno magnete tellure“, jehož působení připisuje též vznik magnetismu v železných kolmě postavených tyčích. On posmívá se prostému tehdy rozšířenému mínění o jakýchsi magnetických horách, poblíž polů umístěných, jichž se námořníci velmi obávali očekávajíce od nich „ohromný jakýs zázračný vliv“. Gilbert dal také první v Evropě návod k vyrábění umělých magnetů natíráním (pokusy Hartmannovy zdá se že zůstaly nepovšimnutými).

Během XVII. století množila se pozorování deklinace a inklinace, a to hlavně za tím účelem, aby se na základě těchto veličin řešil předúležitý problém délek, t. j. aby se našla spolehlivá metoda k určení zeměpisné délky. Jest totiž důležitou úlohou námořníka znáti směr a rychlost své lodě, a určití její místo na zemi pro každou dobu. Nejprve určován směr a zároveň zeměpisná šířka pozorováním hvězd, hlavně hvězdy polární; zavedením kompassu přestalo pozorování toto alespoň vzhledem ke směru býti nevyhnutelně nutným. Když se pak později deklinace vynalezla a zároveň domněnka šířila, že deklinace jest podél jednoho poledníku stejná, ale pro rozličné poledníky rozličná, vznikla tím naděje, určití zeměpisnou délku právě pozorováním deklinace. A i později, když poznán jest nepravidelný průběh křivek stejné odchylky, doufalo se, kombinováním pozorované deklinace s jinými známými veličinami (ku př. se zeměpisnou šířkou) určití na základě zevrubných map magnetických zeměpisnou délku. Než ani tato naděje se úplně nevyplnila. Předpokládá se totiž při této metodě, že je deklinace každého místa veličinou stálou, od času neodvislou, kterou lze jednou pro vždy určití; jinak by pozbyly ony magnetické mapy za několik let vší praktické ceny. Shledáno však záhy, že pozorování deklinace, provedené na témž místě v dobách rozdílných, vedlo

těž k výsledkům rozdílným. Tento spor mezi pozorováním novějším a starším přičítal se z počátku nedokonalosti dřívějšího měření; teprv r. 1634 zjistil *Hellibrand*, že tato postupná změna deklinace jest skutečná. Totéž shledáno později i vzhledem k inklinaci, a *Bond* sestavil r. 1668 tabulku, v které již napřed vypočítal inklinaci v Londýně pro příštích 50 let.

Velkých zásluh o rozvoj nauky naší získal sobě *Halley*, jednak svou theoríí, r. 1683 v hlavních rysech vypracovanou, ku které se později vrátíme, jednak a to ještě více svými cestami r. 1698—1702 hlavně k vůli podrobnějšímu studiu zemského magnetismu podniknutými. Na základě bohatých zkušeností svých mohl sestrojiti první obšírnou a důkladnou *mapu „variační“*, která má více než historickou cenu, poskytujíc možnost určití postupný pohyb křivek isogonických.

Další pokrok učiněn jest *Grahamem* v Londýně, který se r. 1722 ponejprv zevrubně a vytrvale obíral denní periodickou proměnou deklinace. (Již r. 1683 pozoroval *Tachard* v Siamě značné rozdíly v poloze magnetky v rozličných dnech). Deklinace mění se totiž během dne, dílem periodicky, dílem postupně, tak že se hodnota její stává po 24 hodinách ne sice zcela stejnou, ale přec (obyčejně) málo rozdílnou. Známost úkazu toho (nyní vlastně t. zv. *variací*) šířili později též *Celsius* a *Hörter* v Upsale, kteří zároveň první poznali souvislost severní záře se zemským magnetismem.

Brugmans a dokonaleji *Coulomb* (1784—1788) dokázali podrobnými pokusy zákon magnetické přitažlivosti a odpudivosti, čímž se jediné umožnil další theoretický pokrok naší nauky.

Studium třetí důležité veličiny (třetí magnetické souřadnice) totiž *intensity* počíná teprv koncem minulého století. *Borda* byl první, který toho uznával možnost, že by intenzita magnetismu na rozličných místech země byla rozličná, a který navrhoval k měření jejímu kývání magnetky. Návrh jeho byl nejprve proveden *Lamanonem* na cestách podniknutých r. 1785—87; výsledky těchto pozorování zůstaly však neznámy, jelikož je francouzská akademie neuveřejnila.

Teprv pozorování *Al. Humboldta*, provedená r. 1798—1804 v jižní Francii, ve Španělsku, v tropických krajinách Ameriky, v atlantickém a v tichém oceánu, stala se základem našich

vědomostí o poměrech intenzity zemského magnetismu. Humboldt však rozvoji naší nauky též prospěl mocným vlivem svým jímž dovedl jednak pohnouti mnohé síly vědecké k studiu vědy té, jednak nakloniti vlády k skvělému jich podporování. Tak přijala r. 1829 cís. akademie věd v Petrohradě Humboldtův návrh na zařízení magnetických a meteorologických stanic v četných místech ruské říše a na vystavění fysikálního ústředního observatoria v Petrohradě. Neméně příznivý výsledek měl r. 1836 přípis Humboldtův předsedovi král. společnosti Londýnské; v mnohých osadách roztroušených po všech částech světa zřízeny jsou magnetické stanice a zároveň povolena r. 1839 velká vědecká expedice antarktická pod velením *J. Ross-a*, která měla se zvláštní pečlivostí přihlížeti též k magnetickým poměrům jižní polokoule. Vůbec nastal během XIX. století tak čilý ruch ve studiu nauky naší a vzrostl následkem toho materiál měrou tak úžasnou, že dlužno nynějšího času nauku tu právě jako meteorologii považovati za samostatnou vědu. Mimo právě uvedené vytknu ještě jen některé důležitější zjevy z oboru toho:

R. 1806—1807 provedl Humboldt s Oltmannsem dlouhou řadu pozorování týkajících se *magnetických bouří*, t. j. náhlých nepravidelných a rychle se střídajících proměn v poloze magnetky.

R. 1817—48: řada velkých vědeckých, také pro známost zemského magnetismu důležitých výprav, vyslaných francouzskou vládou hlavně do tichého moře.

R. 1818—51 podobné četné expedice vyslané anglickou vládou do severního ledového moře.

R. 1819 vyšlo svrchu uvedené dílo Hansteenovo, ku kterému připojen atlas obsahující mapy křivek isogonických, isoklinických a isodynamických.

R. 1820 odkryl Oersted působení galvanického proudu na magnetku, a r. 1821 Seebeck thermoelektrický proud; oba vynálezy měly značný vliv na rozvoj myšlenek o původu zemského magnetismu.

R. 1828—29 pokračoval Humboldt ve svých pozorováních počatých r. 1806 a zasadil se o provedení současných pozorování v Petrohradě, Nikolajevě a ve Freibergu, čímž vyšla na jevo úplná současnost magnetických bouří či potrzek (perturbací) ve jmenovaných místech, tudíž na velké části povrchu zemského.

Též na své cestě po střední Asii r. 1829 obíral se Humboldt pilně určováním magnetických souřadnic.

R. 1833 počíná *nová doba* pro rozvoj nauky naší.

Gauss vydal důležitý spis svůj „*Intensitas vis magneticæ terrestris ad mensuram absolutam revocata*“. Kdežto se dříve určovala intensita zemského magnetismu jen relativně, t. j. kdežto se jen porovnávala intensita na jednom s intensitou na druhém místě, *) může se nyní intensita na každém místě absolutně měřiti, t. j. se známými nám silami porovnávat. Vedle toho rozvíjel *Gauss* rozsáhlou činnost praktickou: založil v Göttingkách *magnetický spolek*, k němuž během času přistoupili četní pozorovatelé na jiných místech, tak že již r. 1834 mohla se zaříditi současná tak zv. „*terminová*“ pozorování v rozličných místech, zařízená hlavně pro studium rychlých proměn intensity.

R. 1839 vyšlo *Gaussovo* nesmrtelné dílo: „*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*.“

Od té doby ruch na poli naší nauky ještě vzrůstal. Ku konci r. 1838 smluvili se někteří učenci o společném plánu a r. 1840 počaly dle toho práce v nově zařízených jakož i v dřívějších ústavech.

Na základě vědeckého materiálu takto nahromaděného odkryly se některé zvláštní zákony: tak nalezl *Lamont* v Mnichově *desítiletou periodu* v proměnách deklinace; *Kreil* v Praze vyšetřoval vliv měsíce na deklinaci atd. Vzdor těmto jednotlivým úspěchům poznávalo se čím dále tím více, že máme před sebou zjev zákonitosti daleko složitější, než se zpočátku očekávalo. Kdyby se byla ona systematická pozorování, jak se z počátku zamýšlelo, obmezila jen na tři leta, nebylo by bývalo vědě tím hrubě pomozeno. Teprv dlouhá řada pozorování a pečlivé vyhledávání empirických zákonů v nich obsažených může nás o pravých příčinách zemského magnetismu poučiti.**)

*) Za jednotku volila se obyčejně intensita pozorovaná Humboldtem na magnetickém rovníku, tam kde tento protíná peruanské kordillery: 7° 2' již. š. a 81° 8' záp. d.

***) Tento historický přehled sestaven jest hlavně na základě zpráv obsažených ve spisech: *Humboldt*, „*Kosmos*“, Bd. I. II. IV., *Hansteen* „*Untersuchungen*“ atd. a *Lamont*, „*Astronomie u. Erdmagnetismus*“ Nejdůležitější spisy o zemském magnetismu vytknu ku konci celého pojednání.

II. Základní problémy.

Z předešlého přehledu seznali jsme *historický* rozvoj nauky naší; nyní k ní přihledneme se stanoviska *soustavného*.

Vědomosti naše vzhledem k zemskému magnetismu byly by úplné, kdybychom pro *každé místo* a pro *každou dobu* znali magnetickou sílu země, t. j. jak intenzitu tak i směr její, zároveň pak souvislost této síly s ostatními silami přírodními. První úlohu můžeme pojmuti takto:

Vedeme-li jakýmsi bodem O povrchu zemského přímku ve směru magnetické síly, t. j. ve směru zavěšené volně pohyblivé magnetky, a rovná-li se délka této přímky intenzitě magnetické, pak jest konečným bodem A této přímky stav magnetismu v bodu O pro určitou dobu úplně charakterisován. Poloha bodu A vzhledem k bodu O vyžaduje známost tří *souřadnic*. Z ohledů praktických voleny jsou souřadnice polární, jež lze pomocí obecně užívaných strojů snadno určit; jest to *sklon i* přímky OA k obzoru bodu O , *odchýlka δ* roviny přímkou OA kolmě k obzoru proložené, jinak t. zv. magnetického poledníka od poledníka astronomického; konečně vodorovná složka T intenzity OA , t. j. průmět této přímky na rovinu obzoru *).

Z důvodů theoretických hodily by se někde lépe souřadnice pravoúhelné, jež také Gauss ve své theorii zavedl, jež lze ostatně z polárních velmi snadno vypočítati. Budiž osa OZ normála v bodu O na povrch země vztýčená, OX přímka vodorovná v obzoru na sever a OY přímka podobně na západ vedená, pak bude poloha bodu A určena souřadnicemi X, Y, Z , a tyto jsou zároveň složkami celé intenzity J vzhledem k uvedeným osám. Mezi těmito a dřívějšími souřadnicemi platí následující relace:

$$X = T \cos \delta$$

$$Y = T \sin \delta$$

$$Z = T \operatorname{tg} i.$$

Co se určování veličin δ, i, T , týče, musím se obmeziti na některé poznámky. Deklinace a inklinace určuje se pomocí

*) Považujeme-li kolmici v bodu O na povrch země vztýčenou za osu polární, astronomický poledník za plochu základní, pak by byly vlastně dle obvyklého označení polární souřadnice: $90 - i, \delta, OA = J = \frac{T}{\cos i}$

Rozdíl souřadnic svrchu-vedených od těchto není podstatný.

vůbec známých strojů způsobem zcela jednoduchým; obtížnější jest měření intensity. Před Gaussem porovnávala se pouze intensita na rozličných místech pomocí kývající magnetky, určovala se tedy jen relativně. Při kývadle mají se působící síly k sobě jako čtverce počtů kyvů vykonaných v téže době. Síla působící v místě O na magnetku jest součinem magnetického momentu magnetky M a vodorovné složky zemského magnetismu T v témž místě (kývá-li magnetka v rovině obzoru). Počet kyvů za minutu budiž n ; v místě O' bude intensita vodorovná jiná: J' , a tudíž i jiný počet kyvů: n' . *Předpokládáme-li, že se magnetický moment magnetky, s kterou na obou místech pozorujeme, nezmění, obdržíme úměr*

$$MT : MT' = T : T' = n^2 : n'^2$$

z kterého určíme poměr $\frac{T}{T'}$, nikoli však *absolutní hodnotu* obou veličin. Methoda ta má tedy dvojí vadu: relativnost a nespolehlivost (vzhledem k možné proměně veličiny M). Obě vady jsou odstraněny při Gaussově methodě, kterou rozvinul r. 1833 ve spise svrchu uvedeném. Zde pozoruje se mimo kývání ještě úhel, o který se odchýlí z magnetického meridianu pomocná magnetka vlivem magnetky první. Úhel ten jest jaksi mírou pro poměr mezi intensitou zemskou a silou té magnetky, t. j. poměr obou veličin $\frac{T}{M}$ jest úkonem onoho úhlu φ a vzájemné polohy obou magnetek. Z důvodů praktických volí se polohy co nej-jednodušší; když na př. prodloužení hlavní magnetky stojí kolmě na pomocné magnetce ve středu této, obdržíme rovnici

$$\frac{1}{2} e^3 \frac{T}{M} \sin \varphi = 1 + \frac{a_2}{e^2} + \frac{a_4}{e^4} + \dots$$

e jest vzdálenost středu obou magnetek, a_2, a_4 atd. součinitelé závislé od rozdělení magnetismu v nich. Řada ta jest vždy sbíhající, a pro velmi velkou vzdálenost e dostačí podržeti první člen: 1.

K této rovnici připojí se druhá, kterouž obdržíme pozorováním kývání magnetky na základě zákonů kývadlových:

$$MT = \frac{\pi^2 K}{t^2}$$

kde znamená K moment setrvačnosti magnetky a t pozorovanou

dobu kyvů. Z obou rovnic si zjednáme vyloučením momentu M intensitu T vyjádřenou mírou absolutní. Toť *základní myšlenka* Gaussovy metody; v praktickém provedení nutno ovšem přihlížeti ještě k mnohým zvláštnostem a podrobnostem. —

Vedle určování absolutních hodnot deklinace, inklinace a intensity pozorují se též denní proměny těchto veličin a to na mnoze stroji rozdílnými, t. zv. stroji variačními.

Variační stroj pro deklinaci jest založen na témž principu jako obyčejné deklinatorium; měří se zde též úhel, jež tvoří magnetická osa magnetky s astronomickým meridianem.

Variační stroj pro inklinaci jest sestaven od Lloyda na základě té věty, že se v kolmé železné tyči návodem probouzí magnetismus, jehož moment jest v přímém poměru ke kolmé složce zemského magnetismu a může tudíž býti vyjádřen výrazem $a J \sin i$, kde a jest stálým součinitelem. Umístíme-li tedy kolmou železnou tyč vedle magnetky, jejíž moment jest M , odchýlí se tato o úhel φ z magnetického poledníku. Magnetka hledí se vrátiti do původní polohy momentem $MT \sin \varphi$ a pohybovatí v opačném směru momentem $a MJ \sin i$, tak že obdržíme rovnici

$$MT \sin \varphi = MJ \cos i \sin \varphi = a MJ \sin i, \quad \text{čili} \\ a \operatorname{tg} i = \sin \varphi.$$

Mění-li se inklinace i , mění se následkem toho úhel φ a z proměny jeho lze tudíž souditi na proměnu inklinace.

Variačním strojem pro intensitu bývá obyčejně Gaussův bifilární magnetoměr. Na dvou rovnoběžných stejně dlouhých drátech zavěšena jest magnetka, která se otočením drátů uvede do polohy kolmé na magnetický rovník. V poloze té jest roztáčivá síla drátů (torse) v rovnováze se silou směrnou MT , která hledí uvéstí magnetku zpět v magnetický poledník. Prvá síla jest téměř stálá (až na malé proměny způsobené vlivem proměnlivé teploty); druhá síla MT mění se stále a následkem toho i poloha magnetky, a z proměny této polohy lze souditi na proměnu veličiny T .

Při všech variačních strojích měří se tedy proměna v poloze volně zavěšené magnetky, a poněvadž proměna ta jest velmi nepatrná, pozoruje se dle Poggenдорffovy metody, totiž tak, že se dalekohledem pozoruje stupnice odrážející se v zrcadle, jež

jest umístěno na magnetce a sdílí tudíž pohyb její. Dle rozličné polohy magnetky vidíme rozličné stupně této stupnice a můžeme z čísel pozorovaných vypočítati příslušné magnetické veličiny.

Deklinaci a inklinaci měříme co úhly způsobem vůbec známým; jaká jest však jednotka intensity J neb její složky T ?

Především musíme uvážiti, že jest magnetická síla součinem intensity J a množství m magnetismu obsaženého v částici, na kterou působí, a že se každá síla měří urychlením, jež udílí jednotce hmoty. Intensita J má tedy v mnohém ohledu obdobu s tíží (s accelerací g). Při obyčejném způsobu měření jest jednotka každé síly a tudíž i síly mJ jeden kilogramm, t. j. síla která jednotce hmoty (hmotě obsažené v 9.809 kilogrammech) udílí urychlení rovnající se jednotce délky (jednomu metru). Přihlížeje k malým poměrně silám magnetickým zavedl Gauss jiné základní jednotky: hmotu obsaženou v 1 milligrammu co jednotku hmoty a 1 millimetr co jednotku délky. Jednotka síly mJ jest pak 9809000000-krát menší než jednotka tíže. Ovšem praví někteří jako Lamont, že jest míra pro magnetické síly jen 9809-krát menší, soudíce takto: hmotě jednoho milligrammu udílí jednotka magnetické síly urychlení 1 millimetru, *téže hmotě* udílí tíže urychlení 9809-krát větší než ona míra. Výrok ten jest ovšem správný, volíme li za jednotku tíže 1 milligramm a obdobně za jednotku hmoty hmotu v 9809 milligrammech obsaženou.

Míra pro veličinu J jest pak ona intensita, která udílí, působíc na jednotku magnetismu m , jednotce hmoty magnetismus ten obsahující jednotku urychlení; a míra magnetismu ono množství, které působíc na stejné množství ve vzdálenosti 1 odpuzuje hmotu 1 urychlením 1. Obě míry, pro J a pro m , na vzájem od sebe závisí, čehož příčina v tom leží, že obě veličiny při pozorování vždy spolu sloučeny, co síla mJ se objevují.

Vraťme se nyní opět ke geometrickému znázornění magnetických poměrů na zemi pomocí bodu A a O .

Poloha bodu A vzhledem k bodu O jest na rozličných místech rozličná, mění se však též na jednom místě během času, tak že bod A opisuje jakousi křivku, a jest tudíž naší úlohou, určití křivku tu pro každé místo, čili mathematicky řečeno určití souřadnice (jedné neb druhé soustavy) co úkony zeměpisné délky, šířky a potom času

K řešení této úlohy musí náuka naše, jako každá jiná náuka přírodní spočívající na zdravých základech, postupně projíti *třemi dobami* svého rozvoje.

První krok bude ten, že se na četných místech a v lhůtách co možná krátkých (in abstracto bychom měli říci: *na všech* místech a *neustále*) pozorují ony tři veličiny, čímž se shromáždí materiál pro další bádání.

Celá další vědecká práce naše má, at tak díme, úkol oekonomický*); namáhavé pozorování ono má se učinit buď zcela zbytečným, aneb uvésti na míru co nejskrovnější (poslední případ jest v přírodních vědách, kde se určení jistých konstant theoreticky naprosto provésti nemůže, obyčejnější a tudíž i zde pravdě podobnější). Ku př. dejme tomu, že by se pozorovalo až posud na mnoha stech místech; vědecké spracování těchto pozorování ukáže nám, že dostačí pozorovati pravidelně třeba jen na 84 místech, aby tím magnetický stav země byl dostatečně charakterisován. Další theoretický rozvoj naší nauky zmenší třeba počet tento ještě více, atd.

Bude tedy *druhým* stupněm v rozvoji vědy naší, když dovedeme vyhledati ony empirické zákony, jež činí magnetické souřadnice závislými na místě a času. Vyhledání to může se opět díti dvojm způsobem: buď můžeme veličiny ty určití co úkony místa a času způsobem čistě empirickým, aneb si můžeme zjednati alespoň tvar těchto úkonů úvahami theoretickými, přenechajíce podrobnější jich určení výsledkům našeho pozorování. Rozdíl jest ten, že v prvním případě vzorky mathematické představující veličiny hledané pouze o *zevnějším* vztahu jejich k základním proměnným nás poučují, v druhém pak nám poskytují názor ve *vnitřní* souvislost oněch veličin. Poslední případ jest přechodem k *třetí* době vědy, kde žádný zjev nezdá se nám více nahodilým, nýbrž jest podřízen přísné zákonitosti, a kde opět tyto jednotlivé zákony, určující zvláštní zjevy, sloučeny jsou jednotnou páskou společného principu aneb alespoň co nejmenšího počtu různých principů, z nichž vše až do nejmenších podrobností vyvoditi se může. Příklad to nejlépe objasní

*) V. Mach: Über die logische Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, str. 55.

Astronom chtěje znáti pohyby oběžnic musel nejprv pilným a vytrvalým pozorováním se zanášeti; na základě výsledků takto zjednaných byl s to, vyhledati zákony oněch pohybů, nejprv zcela empiricky (epicykly Ptolemaeovy soustavy), později s přibráním matematických, tudíž deduktivních úvah (Keplerovy zákony); nyní může však na základě šťastně nalezeného jednotného principu (Newtonovy gravitace) zcela dekuktivně vyvoditi pohyb nejen planet, nýbrž i komet, jich perturbace, v novější době též pohyb meteoritů, dvojhvězd atd.

Přiložíme-li to co právě bylo řečeno, za měřítko k naší náuce, musíme uznati, že se přes všechny více méně zdařilé pokusy, uvésti ji na vyšší stupeň rozvoje, nalezá větším dílem posud na prvním stupni. Sbírání materiálu jest posud hlavní její úlohou; při tom se ovšem pilně pracuje ve směru druhém, a četné zákony ovládají již jednotlivé skupiny úkazů. Tak nalezeny již rozličné periodické proměny jednotlivých zjevů magnetických, kteréžto periody naznačují souvislost těchto zjevů s denním pohybem země, s oběhem měsíce kolem země ano i s otáčením se slunce kolem vlastní osy. Největší pokrok učiněn však v ohledu tom *Gaussem*, který určil jednotlivé elementy zemského magnetismu co úkony prostoru, ale jen pro určitou dobu (tedy nikoli co úkony času, což jest daleko obtížnější částí celého problému). O Gaussově theorii pojednáme ihned podrobněji; dříve však přihledneme ještě k důležité pomůcce při studiu zemského magnetismu. Jsou to magnetické mapy, jež obdržíme, spojíme-li křivkami body mající buď stejnou deklinaci neb inklinaci neb intensitu. Tím obdržíme trojí soustavu křivek, jež se nazývají *isogony*, *isoklíny* a *isodynamy*, a jež nás na první pohled poučují o stavu zemského magnetismu jakož i porovnáme-li mapy pro rozličné doby zhotovené, o proměnách jeho v času. Mimo křivky právě uvedené mohou se sestrojiti ještě některé jiné, ku př. (zavedeme-li svrchu vytknuté souřadnice X , Y , Z ,) křivky stejné veličiny X , neb Y , neb Z , jak je Gauss podává ve svém atlasu zemského magnetismu. Při tom vynikají některé křivky a body na povrchu zemském zvláštní důležitostí; jsou to zejména následující:

1. Vzhledem k deklinaci *křivka bez odchylky*, t. j. křivka spojující body, kde $\delta = 0$, čili kde magnetka ukazuje právě

na sever; křivka ta odděluje tudíž místa se západní deklinací od míst deklinace východní.

2. Vzhledem k inklinaci

- a) *magnetický rovník*, t. j. křivka, na které jest $i = 0$, na které má tudíž magnetka polohu vodorovnou; křivka ta dělí místa severní a jižní inklinace;
- b) *magnetické poly*, body, v nichž jest inklinace $= 90^\circ$, v nichž tedy vodorovná složka intensity mizí; jsou dva, jeden na severní, druhý na jižní polokouli.

3. Vzhledem k intenzitě

- a) *křivka nejmenší intensity* čili *dynamický rovník*, t. křivka spojující všechny body, v nichž intenzita jest menší než intenzita všech sousedních *severních* i *jižních* bodů. Však ve směru křivky samé jest opět intenzita proměnlivá, protože křivka ta není isodynamou; nalezáme na ní
- b) dva *body nejmenší intensity*; konečně umístěny jsou blíž polů
- c) *body největší intensity*, jež třeba dobře rozeznávat od magnetických polů; jsou čtyry (dle Gausse tři) takové body, na každé polokouli dva.

Podrobněji seznáme polohu těchto útvarů a při posledních též velikost příslušné intensity v následujícím odstavci.

III. Starší theoretické pokusy a Gaussova theorie.

Mysleme si nejprve pro snadnější orientování, že jest země magnetem, jehož osou jest astronomická osa a v němž rozdělení magnetismu vzhledem k této ose i vzhledem k rovníku jest zcela souměrné. Takový byl asi původní názor o zemi co magnetu, ačkoli přísných historických důvodů pro to nemáme. Patrně by pak všechny isogony byly křivkami bez odchýlky a zároveň astronomickými poledníky; isokliny a isodynamy by byly rovnoběžky, astronomický, magnetický a dynamický rovník byly by totožné, jakož i astronomické, magnetické poly a body největší intensity; bodů nejmenší intensity by vůbec nebylo. To však nesouhlasí ani s nejpovrchnějším pozorováním, a můžeme považovati rozdělení magnetismu právě vylíčené pouze za jakýsi *abstraktní typus*, t. j. isogony mají v celku průběh poněkud podobný jako poledníky, isokliny blíží se též poněkud rovnoběž-

níkům, magnetický rovník umístěn jest při rovníku astronomickém protínaje jej v několika bodech, magnetické poly nalezají se také blíže polů astronomických atd.

Vzhledem k tomu dopustili se všichni theoretikové před Gaussem *základní chyby*, domnívajíce se, že mají určití ono skutečné rozdělení magnetismu v zemi, z něhož by se vypočítati mohly pozorované souřadnice magnetické. Majíce úlohu tu za možnou, předpokládali jakési hypotetické, zcela libovolné rozdělení magnetismu a vyšetřovali pak, zda-li výsledky z něho vyvozené souhlasí se skutečností.

První pokusil se o theorii zemského magnetismu *Halley* r. 1683. Seznal brzo, že nevystačí přijetím dvou polů, jednoho severního a jednoho jižního; proto přijal ještě dva poly, o nichž předpokládal, že se pomalu otáčí od východu na západ kolem prvních dvou pevných polů, chtěje tím vysvětliti proměnu časovou v poloze isogonických křivek. Onen pohyb vysvětloval opět tím, že předpokládal uvnitř země jinou menší kouli soustřední (terrella), která se pomaleji otáčela kolem své osy než zevnější obal, a na které byly umístěny ony dva pohyblivé poly, takže prodloužení magnetické osy její protínalo povrch země postupně v jiných bodech, kdežto pevné (vzhledem k povrchu země) poly byly umístěny v povrchu samém.

Tob. Mayer hleděl vysvětliti úkazy magnetické tím, že předpokládal malý magnet umístěný v zemi ve vzdálenosti $\frac{1}{7}$ poloměru od středu země; vypočítané na základě této hypotese souřadnice magnetické nesouhlasily však se skutečností. Poněkud všeobecněji pojal otázku tu *Euler*, hledaje, jaký vůbec magnet a v jaké poloze by úkazům magnetickým vyhověl, ovšem že bez úspěchu. On sám podává svůj rozbor co „pouhý pokus, pokročiti zcela nepatrně v pravé theorii magnetické deklinace, která jest bez odporu jedním z nejobtížnějších předmětů, o kterých posud bylo jednáno“. Dále postoupil na téže dráze *Hansteen* předpokládaje uvnitř země dva malé magnety rozličné polohy a síly, z jichž působení chtěl vyvoditi úkazy magnetické na zemi. Při dostatečném počtu takových hypotetických magnetů a při železné vytrvalosti u vykonání obrovských výpočtů by se konečně snad podařilo, odůvodniti jakž takž úkazy magnetické, každý ale snadno nahlédne, že jest počínání to zcela libovolné,

a tudíž pochybené; vždyť ani a priori nevíme, zda-li nemůže magnetismus několikerým způsobem být rozdělen v zemi tak, aby účinek na povrchu země, který jediné známe, byl vždy tentýž.

Zcela jinou cestu nastoupil a to s úspěchem nejskvělejším Gauss, určiv pomocí theorie všeobecně platnou formu úkonů představujících magnetické souřadnice, pomocí pozorování pak součinitele úkonů těch. V mnohém ohledu rovná se vědecký čin jeho činu Keplerovu; neboť v obou případech nezjevila se nám ještě pravá příčina daného zjevu, či lépe řečeno souvislost jeho s ostatními zjevy, ovšem ale zákonitost jeho. Podstatný rozdíl, odůvodněný ostatně složitostí cele úlohy při naší náuce, záleží v tom, že Gauss řešil jen část úlohy té, týkající se prostoru, pro druhou část, týkající se času nebylo a bezpochyby posud není dostatečně materiálu; alespoň se nikdo ještě nepokusil o to vyplniti mezeru, kterou byl Gauss zanechal.

Trest Gaussovy theorie jest následující:

Působení dvou částic magnetických m a m_1 ve vzdálenosti r jest vyjádřeno výrazem

$$\frac{m m_1}{r^2},$$

kteří značí při stejném označení veličin m a m_1 odpuzování, při nestejném označení (při kterém se výraz stane záporným) přitahování obou magnetických částic. Zemi můžeme si myslet složenou ze samých magnetických částic $m_1 m_2 m_3 \dots$ jichž vzdálenost od m jest $r_1 r_2 r_3 \dots$ (Zde nečiníme žádnou zvláštní hypotesei o magnetické náladě země, jako dřívější badatelové, neboť veličiny $m_1 m_2 m_3 \dots$ jsou ještě zcela neurčity). Působení země na magnetickou částici m jest tedy určeno výrazem

$$\frac{m m_1}{r_1^2} + \frac{m m_2}{r_2^2} + \frac{m m_3}{r_3^2} + \dots = m \sum \frac{m_k}{r_k^2} = m J,$$

kde znamenají součtu Σ vztahujeme ke všem magnetickým částicím země. Intenzita J je patrně úkonem souřadnic x, y, z bodu m ; my ji můžeme rozložit dle tří pravouhelných os ve tři složky X, Y, Z , a obdržíme na základě známých z analytické geometrie prostorové relací následující rovnice, v nichž jsou $x_k y_k z_k$ souřadnice bodu m_k

$$X = \sum \frac{m_k}{r_k^2} \cdot \frac{x-x_k}{r_k}, \quad Y = \sum \frac{m_k}{r_k^2} \cdot \frac{y-y_k}{r_k}, \quad Z = \sum \frac{m_k}{r_k^2} \cdot \frac{z-z_k}{r_k}.$$

Gauss dokazuje dále, že lze obdržeti tyto složky X, Y, Z z jediného výrazu jednoduchou mathematickou operací, totiž differencováním; výraz ten, jež nazývá Gauss *magnetickým potenciálem země* vzhledem k bodu m , jest následující

$$V = - \left(\frac{m_1}{r_1} + \frac{m_2}{r_2} + \frac{m_3}{r_3} + \dots \right) = - \sum \frac{m_k}{r_k}$$

Známe-li výraz ten, obdržíme ony složky z následujících rovnic:

$$X = \frac{\partial V}{\partial x}, \quad Y = \frac{\partial V}{\partial y}, \quad Z = \frac{\partial V}{\partial z}$$

Z toho patrně, že jest nesmírně důležitě, určiti potenciál V ; a priori jej ovšem nemůžeme sestrojiti, neznajíce rozdělení magnetismu v zemi, tedy veličiny m_1, m_2, m_3, \dots ; my můžeme však určiti tvar jeho, věduce, že V jest úkonem polohy neb souřadnic bodu m , tedy buď veličin x, y, z , aneb polárních souřadnic: vzdálenosti bodu m od středu země r , jeho zeměpisné šířky φ a délky λ . (Veličiny ty objevují se ve výrazech pro r_k a tudíž i v potenciálu V). Potenciál V můžeme tedy rozvinouti v řadu klesající dle mocnosti veličiny r , které můžeme dáti tvar následující

$$V = \frac{R^2 P^0}{r} + \frac{R^3 P^1}{r^2} + \frac{R^4 P^2}{r^3} + \frac{R^5 P^3}{r^4} + \dots$$

Pro povrch země, pro který jedině potenciál potřebujeme jest vzdálenost r rovna poloměru země R , zjednoduší se tudíž výraz pro V následovně

$$V = R (P^0 + P^1 + P^2 + P^3 + \dots).$$

V rozpadá se zde v řadu úkonů P zeměpisné šířky φ a délky λ ; při dalším rozboru bychom shledali, že $P^0 = 0$, a že P^1, P^2, P^3, \dots obsahují veličiny $\sin \varphi, \cos \varphi, \sin \lambda, \cos \lambda$ násobené jistými nám neznámými součiniteli. *Součinitele ty určil Gauss na základě pozorování*; shledal, že dostačí 84 pozorování magnetických souřadnic na rozličných místech, aby se určily součinitelé v prvních čtyřech členech řady pro V , čímž potenciál ten dosti přibližně jest určen. Gauss vypočítal magnetické souřadnice pro 91 jiných míst na povrchu země a shledal, že souhlasily velmi dobře s hodnotami pozorovanými; rozdílly nepatrné zmenší se bezpochyby ještě více, až bude možno vypočítat ještě několik dalších členů svrchu uvedené řady. (Pokračování.)