

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Emanuel Čubr

O měření země. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 4 (1875), No. 2, 57--65

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122917>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1875

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>

Jak stará tato nauka jest, nelze přesně určit; tolik však smí se tvrdit, že první astronomové, kteří měřili oblouky nebeské, již byli vedeni k zpytování poměrů, jaké tu platí. Určité doklady poskytuje nám však teprv III. kniha *Sféricky Menckovy* a první kniha *Almagestu*, kdež první poučky sférické trigonometrie jsou vyloženy. Dalších pěstitelů nalezl odbor tento u *Arabů*, kteří tak pilně se zanášeli sférickou astronomií, a po nich v Evropě střední, kdež zejména *Regiomontan* a *Koprník* mnohým doplňkem vzácným ji obohatili. Ryze vědecky a soustavně vyvinul pak tuto nauku *Euler* v Mém. de Berlin, 1753 pag. 234 a Acta Petrop. 1779, I. pag. 92, načež *Lagrange* v Journ. de l'école polytechn., Cah. 6. pag. 270 ji uvedl na jediný princip, což *Gauss* mnohými poznámkami doplnil. Dalšího zdokonalení dostalo se nauce této *Möbiusem*, který odstraniv podmínku, že strany a úhly sférických trojúhelníků nesmí přesahovati 180° , zcela všeobecně ve své *analytické sférické* jedná o základech sférické trigonometrie, což po něm mnozí, jako *Baltzer*, stejně provádějí.

O měření země.

Napsal

Emanuel Čubr.

(Pokračování.)

6. Rozsáhlou práci mající určení tvaru a velikosti země z měření stupňů za účel provedl *Bessel*; opíral se při tom o výsledky *Schmidtovy*, rozšířil však základ, připojiv ještě další tři měření, a sice své vlastní ve *Východním Prusku* konané, dále pak výsledky oné části ruského měření, pokud právě pokročilo, totiž od *Belinu* k *Hoglandu*, a měření dánské *Schuhmachrem* provedené. Práci tuto uveřejnil v „*Schuhmacher's Astronomische Nachrichten*.“

Poměry použitých měření sestaveny jsou v následující tabulce. *)

*) Srovnej původní práci v „*Schumacher's Astron. Nachr.* 1837. XIV. Nr. 333, a 1842, XIX.

Měření	Astronomicky určené body	Zeměpisná jejich šířka
1. Peruánské	Tarqui Cotchesqui	— 3° 4' 32.068" + 0° 2' 31.387"
2. První ve Vých. Indii	Trivandepor Paudree	11° 44' 52.590" 13° 19' 49.018"
3. Druhé ve Vých. Indii	Punnae Putchapoliam Dodagoonthah Namthabad Danmeragidda Takal K'hera Kallianpoor	8° 9' 31.132" 10° 59' 42.276" 12° 59' 52.165" 15° 5' 53.562" 18° 3' 16.245" 21° 5' 51.532" 24° 7' 11.860"
4. Francouzské	Formentera Montjoui Barcelona Carcassone Evaux Pantheon Dunkerck	38° 39' 56.11" 41° 21' 44.96" 41° 22' 47.90" 43° 12' 54.30" 46° 10' 42.54" 48° 50' 49.37" 51° 2' 8.85"
5. Anglické	Dunnose Greenwich Blenheim Arbury-Hill Clifton	50° 37' 7.633" 51° 28' 39.000" 51° 50' 27.632" 52° 13' 28.031" 53° 27' 31.130"
6. Hanoverské	Gotinky Altona	51° 31' 47.85" 53° 32' 45.27"
7. Dánské	Lauenburg Lysabbel	53° 22' 17.046" 54° 54' 10.352"
8. Pruské	Trunz Královec Memel	54° 13' 11.466" 54° 42' 50.500" 55° 43' 40.446"
9. Ruské	Belin Nemesch Jacobstadt Bristen Derpt Hogland	52° 2' 40.864" 54° 39' 4.519" 56° 30' 4.562" 56° 34' 51.550" 58° 22' 47.280" 60° 5' 9.771"
10. Švédské	Mallörn Pahtawara	65° 31' 30.265" 67° 8' 49.830"

Celého oblouku		
amplituda	délka	střední šířka
3° 7' 3·455''	176875·5 tois	— 1° 31' 0·34''
1° 34' 56·428''	89813·01 tois	+ 12° 32' 20·804''
15° 57' 40·728''	906171·67 tois	16° 8' 21·496''
12° 22' 12·74''	705257·21 tois	44° 51' 2·48''
2° 50' 23·497''	162075·93 tois	52° 2' 19·381''
2° 0' 57·42''	115163·725 tois	52° 32' 16·56''
1° 31' 53·306''	87436·538 tois	54° 8' 13·699''
8° 2' 28·907''	459363·008 tois	56° 3' 55·317''
1° 37' 19·565''	92777·981 tois	66° 20' 10·047''

Z těchto desíti měření stupňů vypočítal *Bessel* následující rozměry země:

$$\text{sploštění } \alpha = \frac{1}{299 \cdot 1528}$$

délka kvadrantu	$k = 5131179 \cdot 81$	tois
velká poloosa	$a = 3272077 \cdot 14$	"
malá " "	$b = 3261139 \cdot 33$	"
střední délka stupně	$s = 57013 \cdot 109$	" ;

délka stupně, jehož střední šířka jest φ , počítá se dle vzorce $s_{\varphi} = 57013 \cdot 109 - 286 \cdot 337 \cos 2\varphi + 0 \cdot 611 \cos 4\varphi + 0 \cdot 001 \cos 6\varphi$; délka stupně kruhu souběžného, jehož šířka jest φ , určí se dle vzorce:

$$\sigma_{\varphi} = 57156 \cdot 285 \cos \varphi - 47 \cdot 825 \cos 3\varphi + 0 \cdot 06 \cos 5\varphi.$$

Z toho plyne dále délka *míle zeměpisné* co 15. dílu jednoho stupně v rovníku.

$$1 \text{ zem. m.} = 3807 \cdot 2346 \text{ tois.}$$

velká osa země	$2a = 1718 \cdot 9$	zem. m.
malá " "	$2b = 1713 \cdot 1$	"
povrch země	$p = 9,261,238 \cdot 2$	čtverč. zem. m.
obsah země	$o = 2650,223445 \cdot 7$	kub. "

Soudíme-li z těchto rozměrů na tvar země, jeví se nám co sferoid ve směru osy otáčení smáchnutý, tedy na rovníku vypouklý; výška vypouknutí tohoto obnáší 2·873 zem. m., asi třikrát tolik jako výška největšího vrchu.

Ze všech dosud uvedených rozměrů země dosáhly *Besselovy* největšího rozšíření, a ještě dosud se jich při výpočtech geodetických nejvíce užívá, ač od oné doby, kde je *Bessel* počítal, některá z měření stupňových rozšířena a jedno měření zcela nové přistoupilo.

Povšimneme-li si tabulky podané blíže, shledáme, že součet všech oblouků, na nichž *Besselův* počet spočívá, $50^{\circ} 33' 25 \cdot 026''$, tedy více než polovici kvadrantu obnáší. Úsudek na podobu celého kvadrantu byl by nejjistějším, kdyby jednotlivé oblouky stejnoměrně na něm byly rozloženy; avšak tomu tak není, neboť některé šířky se opakují, jako 52° , 54° , na jiných místech zase jsou značné mezery; tak

mezi $0^{\circ} 2' 31.387''$ a $8^{\circ} 9' 31.132''$ mezera $8^{\circ} 6' 59.745''$
 „ $24^{\circ} 7' 11.860''$ a $38^{\circ} 39' 56.110''$ „ $14^{\circ} 32' 44.250''$
 „ $60^{\circ} 5' 9.771''$ a $65^{\circ} 31' 30.265''$ „ $5^{\circ} 26' 21.494''$.

Nyní jsou poměry mnohem příznivější.

1. Měření ve *Východní Indii* vedeno jest až k $29^{\circ} 31'$, čímž velká část druhé mezery vyplněna.

2. Měření *anglické* prodlouženo jižně k $49^{\circ} 54'$, a severně k $60^{\circ} 50'$.

3. Měření *ruské* prodlouženo jižně k $45^{\circ} 20'$ a severně k $70^{\circ} 40'$, čímž celá třetí mezera vyplněna a ještě je přebytek asi 5° na sever.

4. Nově přistouplilo měření *Maclearovo* na Předhoří Dobré Naděje, které ovšem připadá na jižní polokouli.

7. *Airy* porovnal 14 měřených oblouků poledníkových a podal výsledek prací svých v „*Encyclopaedia Metropolitana*.“ Dle něho jest

$$a = \frac{1}{299.33}$$

$$a = 20923713 \text{ angl. st.} = 3272119.6 \text{ tois}$$

$$b = 20853810 \text{ „ „} = 3261188.4 \text{ „ *)}$$

8. Plukovník H. *James* určil poměry ellipsy, která se měření *anglickému* nejlépe přibližuje, a obdržel

$$a = \frac{1}{280.4}$$

$$a = 20927005 \text{ angl. st.} = 3272634.8 \text{ tois}$$

$$b = 20852372 \text{ „ „} = 3260962.9 \text{ „}$$

Dále pak porovnal 8 oblouků poledníkových, a sice.

1.	oblouk francouzsko-anglický v rozsáhlosti	$22^{\circ} 10'$
2.	„ rusko-skandinávský	„ $25^{\circ} 20'$
3.	„ východo-indický	„ $21^{\circ} 21'$
4.	„ „ malý	„ $1^{\circ} 35'$
5.	„ pruský	„ $1^{\circ} 30'$
6.	„ peruánský	„ $3^{\circ} 7'$
7.	„ hanoverský	„ $2^{\circ} 1'$
8.	„ dánský	„ $1^{\circ} 32'$

Celkem tedy $78^{\circ} 36'$

*) 1 toi sa = 6394378 angl. st. (Ordonance trigonometrical. London. 1858).

a sice předně na základě podmínky, že vyjádřen je poloměr zakřivení meridianu v bodě, jehož zeměpisná šířka jest φ , vzorcem

$$r = A + 2B \cos 2(90 - \varphi) + 2C \cdot \cos 4(90 - \varphi).$$

Neurčité koeficienty A , B a C určil z uvedených oblouků a obdržel takto:

$$\alpha = \frac{1}{291.86}$$

$$a = 20927197 \text{ angl. st.} = 3272664.7 \text{ tois}$$

$$b = 20855493 \quad \text{„} \quad \text{„} = 3261451.0 \quad \text{„}$$

Na to porovnával tytéž oblouky, předpokládaje elliptický tvar meridianu, a obdržel tímto způsobem

$$\alpha = \frac{1}{294.26}$$

$$a = 20926348 \text{ angl. st.} = 3272531.6 \text{ tois}$$

$$b = 20855233 \quad \text{„} \quad \text{„} = 3261410.2 \quad \text{„}$$

Tvar druhý, totiž elliptický, vede k lepším výsledkům, k menším odchylkám, jest tedy pravděpodobnější.

Výsledky *Jamesovy* zasluhují mnoho důvěry, poněvadž jsou nyníššímu stavu měření stupňových nejvíce přiměřeny.

Závěrek.

Povšimneme-li si blíže výsledků, které se obdržely porovnáním jednotlivých měřených oblouků poledníkových, shledáme podivné rozdíly, zvláště co se týče koeficientu sploštění. Jest tedy otázkou oprávněnou, co asi by mohlo býti příčinou tak značných odchylek?

Byl by to úsudek přenáhlený, kdybychom příčinu tu hledali jedině v chybné práci. Ovšem provedena jednotlivá měření s důkladností velmi rozdílnou a mnohá s takovou nespolehlivostí, že vskutku se jich k určení tvaru země použiti nedá. Avšak i porovnáváním nejnovějších, s velikou pílí a zevrubností konaných prací přicházíme k velmi různým výsledkům, k odchylkám tak velikým, že nikterak nemohou pocházeti z chyb při celé operaci nevyhnutelně učiněných.

Každé měření stupně skládá se ze dvou výkonů a sice: geodetického a astronomického. Část astronomická má za účel,

určiti úhel kolmic na obou koncích měřeného oblouku k matematickému povrchu země vedených. Směr kolmice dává nám však klidné kývadlo a směr kývadla jest výsledkem přitažlivosti všech částic země na hmotu jeho. Kdyby byla země těleso veskrze stejné hutnosti, pak ovšem byl by směr kývadla k povrchu jejímu všude kolmý; avšak již kůra země, pokud do ní vniknouti můžeme, v této příčině ukazuje velké rozdíly; poměry uvnitř země pak ani neznáme. K této okolnosti přistupuje ještě ta, že dosti mohutné hmoty, jako hory, daleko nad matematický povrch, kterýž nám hladina klidného moře představuje, vystupují, a poněvadž také tyto hmoty na hmotu kývadla přitažlivě působí, může se tím směr jeho také změnit. Je-li ale směr kývadla jiný, než jej předpokládáme, pak jsou zmíněné odchylky aspoň částečně již vysvětleny.

Věc tato vyžaduje důsledného prozkoumání; zákon poměrů těchto není ještě nalezen. Pozorování dosud konaná si z části odporují. Tak na příklad neobjevila se na severním konci velkého měření ve *Východní Indii*, kterýž leží na úpatí pohorí *Himalajského*, žádná odchylka, kdežto naproti tomu v rovinách často velmi značná byla; mezi *Parmou a Milánem*, — obě místa leží v rovině — objevil se rozdíl pozorované a geodetickou operací odvozené amplitudy $20\cdot4''$; také při francouzsko-anglickém oblouku objevily se na dvou místech, v *Eveaux* ve *Francii* a v *Cowhythe* ve *Škotsku*, odchylky $7\cdot6''$ a $10''$ obnášející. Takové odchylky v rovinách daly by se snad vysvětliti z přitažlivosti blízkých hutných hmot, tedy ložisek kovů.

Vliv velikých hor na směr kývadla konstatovali dosud *Bouguer v Kordilérách*, *Maskelyne* při hoře *Shehallien* v *Škotsku* a páter *Beccaria* v *Apeninách*.

Ještě geognostické poměry mohou míti vliv na směr kývadla, jak již při uvádění měření rusko-skandinávského zmínka o tom učiněna. Jest tedy více způsobů, jimiž tyto odchylky možná vysvětliti, a vědě nastává tudíž úloha, aby zjistila, podle jakých zákonů se odchylky ty řídí.

VI. Čeho docíleno dosavadním měřeními stupňů?

§. 26.

Dosavadní měření stupňů nade vši pochybnost zjistila, že má země naše podobu rotačního sferoidu ve směru osy otáčení sploštělého; tvořící křivka tohoto sferoidu podobá se nejbližše ellipse; rozměry jeho s dostatečnou zevrubností určeny. Pro sploštění obdrženy ovšem velmi rozdílné míry neb koeficienty, avšak všechny se blíží více méně hodnotě $\frac{1}{299}$, tétěž, která z theorie plyne.

Toť jsou výsledky bezprostřední, hmotných i duševních prostředkův na jich dosažení vynaložených zajisté důstojné!

Avšak není to jediný výsledek, jehož práce ty poskytly. Čím dále měření stupňů pokračovalo, tím dokonalejších nástrojů, tím důkladnějších theoretických pomůcek vyžadovalo. Každé měření mělo všechna předešlá co do zevrubnosti předstihnouti. Tím vyvolán šlechetný boj u vědě a vybídnutí mechanikové k přemýšlení, jak by strojům svým větší dokonalosti zjednali. A výsledky byly nade vše očekávání skvělé! Věda, zvláště matematika, všechny své síly napnula, aby požadavkům, které tak subtilní práce kladly, vyhověla; a v skutku povstala tím řada nových, velezajímavých teorií a mimo to dosáhly jiné partie důkladnějšího rozvinutí. Co se pak nástrojů týče, tu učiněn pokrok úžasný; velká řada výtečných mechaniků věnovala všecken svůj um a veškerou bystrost ducha na zdokonalení svých nástrojů, aby theorii vždy ku předu spěchající postaly. To zajisté působilo na vyvinutí stavby měřících strojů vůbec velmi blahodárně.

Zevrubnost a důkladnost v práci stala se zvykem a zvyk tento zajisté velmi užitečný přešel také v práce měřictví nižšího či polního. Může se směle říci, že by ani nebylo geodesie nižší co vědy, kdyby práce tak mohutné na ní nebyly působily. Mechanikové použili vymožeností svých ihned také při stavbě strojů pro nižší měřictví určených a nyní konají se práce nižší geodesie se stroji zevrubnějšími a s větší důkladností, než mnohé ze starších měření stupňů, a k tomu za dobu velmi krátkou.

Také kartografie a mathematický zeměpis získaly měřeními stupňů velmi mnoho, ano hlavně tím dosáhly dnešní své výše.

Pohlédneme-li na věc s tohoto stanoviska, pak můžeme tvrditi, že měření stupňů bylo střediskem vědeckého hnutí v předěšlém i na počátku našeho století. Protož sláva všem, kdož jakýmkoli způsobem na těchto pracích podíl brali!

Zůstala však ještě dlouhá řada otázek neřešených. Dosud zjištěn ovšem všeobecný tvar země, avšak nalezeny četné odchylky, jejichž význam a příčina jsou ještě tajemstvím. Jdeť tato věc zcela přirozenou cestou; čím dále přicházíme, tím větší pole nového zkoumání se nám otvírá, tím složitější stává se úloha původně jednoduchá. Věda však nikdy nespokojuje se s výsledky povrchnými, nesmí tedy také zde ustáti ve svém badání. Měření stupňů dosud nejsou ukončena; neb kdežto dříve měla za účel určití všeobecný tvar a velikost země, nastala jim nyní úloha nová, obtížnější, totiž vyhledati odchylky od tohoto tvaru. Při pracích dřívějších vyhýbali se měřičové částím země, kdež se bylo odchylek obávatí, — a to vším právem; nemohliť se přece pouštěti do detailu, pokud neznali všeobecného tvaru — nyní však budou právě taková místa vyhledávati, aby tu poznaly odchylky tyto v míře a rozmanitosti co možná největší a z podivuhodné hry jejich pak vyzpytovaly jednotlivé zákony, jimž jsou podrobeny. A pilným pracovníkům na tomto poli na nejvyšš neschůdném naše neupřímnější „*Na zdar!*“

(Pokračování.)

O průběhu Venuše před sluncem

dne 8. prosince 1874.

Napsal

Dr. Aug. Seydler.

Když jsme stanovili místa, z kterých celý úkaz aneb některé jeho fase jsou vůbec viditelny, nastává nám důležitější úloha, vyhledati taková místa, na kterých bychom obdrželi pozorování co nejvýhodnější, t. j. pozorování co nejvíce od sebe