Emanuel Čubr
O měření země

Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, Vol. 3 (1874), No. 5, 228--260

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/123236

aneb poněvadž trojúhelník JOF jest rovnoramenný a tudíž

$$OJ = 2u \cos \varphi \ ,$$

$$u : (r - 2u \cos \varphi) = v : r \ ,$$

z čehož jde

$$u = \frac{v r}{r + 2v \cos \varphi} \ . \qquad (1)$$

Pro zrcadla vypouklá vede se důkaz podobně, ačkoliv příslušný vzorec obdržíme i bezprostředně ze vzorce (1), zavedeme-li do něho $-v$ místo v; budeť tu pak

$$u = \frac{v r}{2v \cos \varphi - r} \ . \qquad (2)$$

Pro $\lim \varphi = o$, obdržíme pak známé vzorce sbližné.

O měření země.

(Napsal *Emanuel Čuber.*)

Úvod.

Známo jest, jaké náhledy národové starých věků o tvaru země si utvořili; k náhledům těmto vedl je jednak bezprostřední názor, jednak obrazotvornost. Za dob řeckých filosofů *Platona* a *Aristotela* zvítězil náhled, že jest země koulí, a jak tito, tak i pozdější velduchové řeckého starověku všechen svůj důmysl vynaložili, aby náhledu tomuto platných důvodů zjednali. Čím více počet těchto důvodů stoupal, tím větší platnosti a dalšího rozšíření nabýval theorem: *Země jest koulí.* Tou dobou však již počala se otázka vyskytovati, jakých rozměrů asi tato koule má, a jest věcí zcela přirozenou, že již záhy otázka ta určitý směr vzala hledáním obvodu zeměkoule; tento však zjistiti se dá jedině měřením a protož zaujala místo dřívějšího dumání a přemítání skutečná práce. Tato ale měla jen krátké trvání; v celém středověku ležela ladem a vše, co o tvaru a velikosti země již známo bylo, jako by vymazáno z paměti lidské.

V 16. století konečně chopila se rozkvétající věda mohutného problému s dychtivostí a opravdivostí; stíhaly se práce velikolepé, nad kterýmiž žasnouti musíme a které vším právem zasluhují, aby v dějinách člověčenstva zaznamenány byly písmem zlatým. Nastal ušlechtilý boj, v němž všechny stránky ducha lidského se súčastňovaly a ještě dosud účastní. A zajisté nebyl a není to boj marný; mělť výsledky skvělé, překvapující, a ještě hojnost jich přinese.

A) Oddělení historické.

I. Měření starověká.

§. 1. Nejstarší udání o velikosti země.

Nejprvnější zprávy o velikosti země, kterýmž však se nemůže dosti důvěry přikládati, nalézáme u *Chaldeů;* zprávy ty nespočívají na skutečném měření, nýbrž na pouhých úsudcích. Tak udávají *Chaldeové,* že jest obvod země roven 24000 mil, z nichž každá obnáší 4000 kroků velbloudových. Na jiném místě se o nich vypravuje, že určili obvod země takto: „Člověk, který jest dobrý na chůzi, obešel by zemi, kdyby bez přestávky k východu se ubíral, za sluneční rok.“

Patrně nedá se na základě těchto nespolehlivých zpráv žádný počet vésti. Neb co znamená „člověk dobrý na chůzi?“ Kdyby urazil za 8 hodin 5 mil, což tu možné, přešel by za den délku jednoho stupně rovníkového, za 360 dní tedy celý obvod kruhu rovníkového.

Tolik však poznáváme, že Chaldeové měli dosti dobrý pojem o velikosti země.

Měření Řeků.

§. 2. Měření Eratosthenovo.

Důmyslní filosofové řečtí chopili se otázky o velikosti země s nevšední oblibou; avšak zdá se, že dlouho nechtěli se odhodlat k provedení skutečného měření, spokojivše se jen úsudky, odhadnutím. Již ve spisech *Aristotelových* a *Archimedových* jsou čísla, obvod země vyjádřující, obsažena; avšak mají jedině historickou cenu.

Teprvé v třetím století před Kristem vystoupil muž, škole Alexandrinské náležející, kterýž pojal otázku o velikosti země ze stanoviska mathematického. Našelť princip, který až po dnešní dobu tvoří základ měření stupňových; záleží v tom, *že se měří vzdálenost dvou bodů v témže meridiánu ležících, dále že se určí odchylka (úhel) jich kolmic; z obou hodnot dá se pak soudit na obvod země.*

Muž ten byl *Eratosthenes* (nar. r. 275 v Kyreně), ředitel velké knihovny Alexandrinské. Scházelo mu však prostředků, aby myšlenku svou s dostačitelnou zevrubností provedl. Měření jeho nemá sice žádné praktické důležitosti, jest však tím zajímavé, že spočívá na dobrých základech.

Eratosthenes vykonal měření své *v Egyptě*, mezi městy *Syene* a *Alexandria.* V celém středověku mělo se za to, že leží *Syene* pod obratníkem raka, že tam tedy kolmé předměty nevrhají žádných stínů, když v čas letního slunovratu slunce kulminuje. K náhledu tomu připojil se též *Eratosthenes*, an nalezl v uvedený čas, že studně poblíž *Syene* až na dno sluncem byla osvětlena. Z toho soudil, že vzdálenost slunce od zenithu touž dobou v *Alexandrii* měřená, zároveň jest odchylkou kolmic obou míst.

Abychom poznali, jakým spůsobem *Eratosthenes* tuto astronomickou část podniku svého provedl, seznámiti se musíme se strojem, kteréhož při tom použil. Stroj ten, jejž nazývají řečtí geometrové *skafe* (σκάφη) a kterýž vynalezen byl *Aristarchem*, jest dutá polokoule; v středním bodu dutiny připevněna jest tyčinka, směr a délku poloměru téže koule mající, tak že druhý konec její spadá se středem koule; uvnitř té koule nalézá se dělení stupňové. Jak Eratosthenes tohoto jednoduchého stroje použil, objasní obr. 30. Kruh MAS budiž poledník, na němž leží města *Syene* S a *Alexandria* A. Když slunce v čas letního slunovratu kulminuje, stojí kolmo nad *Syenou;* v *Alexandrii* však vrhá touže dobou *gnomon* skafy Aa, kterýž má směr kolmice AC, stín $A\alpha$; pro velikou vzdálenost slunce (tak soudil *Eratosthenes*) jsou směry slunečních paprsků v S a A rovnoběžné, z čehož plyne, že jest úhel $\alpha a A = \sphericalangle ACS$; poněvadž pak stejným úhlům odpovídají podobné oblouky, jest oblouk AS tolikýž díl poledníka, kolikýž jest $A\alpha$ kruhu poloměrem Aa popsaného. *Eratosthenes* nalezl, že jest oblouk $A\alpha$ padesátý díl celého kruhu, a z toho soudil, že jest také AS padesátý díl obvodu země. Vzdálenost měst *Alexandria* a *Syene* obnášela dle odhadnutí 5000 stadií, z čehož plyne obvod země $50 \times 5000 =$ 250.000 stadií.

Zdá se, že *Eratosthenes* sám výsledku svého měření mnoho důvěry nepřikládal; předně musil býti přesvědčen o nedokonalosti svého nástroje; dále věděl, že vzdálenost obou bodů, mezi kterýmiž měření konal, není přesně 5000 stadií. To přimělo jej, že zvýšil obvod země o 2000 stadií, tak že v starověku skoro veskrze se uvádí 252.000 stadií ze obvod země. Číslo to má ještě tu výhodu do sebe, že dává pro jeden stupeň okrouhlé číslo 700 st., kdežto při 250.000 st. obsahuje jeden stupeň $694^4/_9$ st. To snad také přimělo *Eratosthena* k shora uvedené opravě.

Avšak v celém pochodu leží ještě více chyb, jichž si *Eratosthenes* nebyl vědom. *Syene* a *Alexandria* neleží pod týmž poledníkem, jak on předpokládal; první město je asi o 3^0 východněji než druhé. Amplituda kolmic obou míst také chybně jest určena, za jedno již proto, že se měření stínu v *Alexandrii* vztahovati mělo k středu slunce; délka stínu při *Eratosthenově* měření určena ale severním okrajem slunce; tím musel stín o poloměr slunce, tedy asi o 15′ menším býti; k tomu ještě přistupuje, že neleží *Syene* právě pod obratníkem raka, nýbrž asi 24′ severněji.*)

Měření *Eratosthena* jest však i v historickém i vědeckém ohledu velmi důležité; bylť tento filosof prvním, který tak jednoduchým spůsobem řešení otázky o velikosti země učil. Ovšem nemají výsledky jeho pro naši dobu žádné ceny; tím však vinna z velké části nedokonalost prostředků, kterýmiž tak velkolepou práci provedl.

§. 3. Měření Posidoniovo.

Posidonius, z *Apamey* v *Syrsku* rodilý, jeden z nejslavnějších filosofů starého věku, pokusil se asi 200 let po *Eratosthenovi* o určení obvodu země. Pokus jeho však nezasluhuje jmena vlastního měření, neboť geodetická část, totiž určení

*) *Brünnow* „Sphärische Astronomie“ — a Dr. *Lorenz Posch* „Geschichte und System der Breitengradmessungen.“

vzdálenosti konečných bodů oblouku spočívá jako při předešlém na pouhém odhadnutí; avšak princip, na němž se pokus zakládá, připouští přesnějšího provedení, jest tedy dokonalejší než onen *Eratosthenův.*

Posidonius totiž pozoroval, že hvězda *Kanopus* v *Rhodě* právě se obzoru dotýká, kdežto v *Alexandrii* o 48tý díl celého meridianu, tedy o $7\frac{1}{2}^0$ nad ním stojí. Poněvadž předpokládal, že obě místa v témže poledníku leží, soudil z toho, že vzdálenost jejich tvoří 48tý díl obvodu země; měl za to, že vzdálenost tato obnáší 5000 st., z čehož plyne obvod země 48 . 5000 = 240.000 st.

Veškerá čísla tohoto počtu tak silně jsou pochybena, že se ani věřiti nedá, že by spočívala na skutečném měření; zdá se spíše, že je celý ten počet jen příklad, kterýž *Posidonius* k objasnění své úplně správné myšlenky základní provedl.

Na jiném místě čteme o *Posidoniovi*, že určil obvod země na 180.000 st. Avšak číslo toto zajisté také nepovstalo skutečným měřením, nýbrž nejspíše podobným spůsobem jako předešlé *Eratosthenes* totiž sděluje, že určil vzdálenost *Rhody* od *Aleandrie* pomocí gn*o*mona*) na 3750 stadií; nepochybně použil *Posidonius* tohoto čísla v jiném spise svém k provedení téhož příkladu a obdržel tudíž tentokráte obvod země 48 × 3750 = 180.000 st.

Čísla *Posidoniova* zasluhují ještě méně důvěry než *Eratosthenova*, ač princip jeho jest mnohem správnější.**)

---

*) Gnomou liší se od skafy tím, že tu vrhala tyč stín na rovinu vodorovnou.

*) Náhledy o velikosti stadia, k němuž čísla obou těchto starověkých měření se vztahují a o nichž jedině spisy *Cleomedovy* nás zpravují, jsou rozdílné. Většina učenců však má za to, že míněno tu stadium olympické, které obsahovalo 600 řeckých aneb 625 římských stop. Skoumáním starých římských měřítek a staveb určil *Uckert* délku olympického stadia na 95 tois. Na základě této hodnoty obdrželi bychom následující čísla: Obvod země dle měření
Eratosthenova = 252.000 st. = 6288 zeměp. m. dél. st. = 66500 tois,
dle prvního udání *Posidoniova*
= 240.000 st. = 5988·6 „ „ „ = 63333 „
dle druhého udání *Posidoniova*
= 180.000 st. = 4491·4 „ „ „ = 47500 „
(1 zeměpisná míle = 3807·23 tois).

II. Měření středověká.

§. 4. Měření Arabův.

V oboru mathematiky a astronomie velmi zasloužilí Arabově také vzali podíl na řešení otázky o velikosti země. Pokusili se totiž o měření stupně za panování učeného kalifa *Almamuna*; tento nařídil r. 827 mathematikům při dvoře jeho žijícím, aby vykonali měření stupně poledníkového, a sice v rovině *Singarské*. Zprávu o tomto podniku nalézáme však teprvé později, a sice ve spisech arabského zeměpisce *Abulfedy* (kolem r. 1322). Ze zprávy té vyjímáme, že geodetická část celé operace provedena tentokráte, zajisté ponejprv, důkladněji, totiž skutečným měřením; o provedení části astromické nezachovaly se žádné zprávy.

Měření oblouku dělo se totiž kladením míry, tak zvaného *černého lokte;* aby při tom byla jakási kontrola, měřili dvě skupeniny měřičů proti sobě, a sice jedni stupeň na sever, druzí stupeň k jihu, tak že celý měřený oblouk 2^0 obnáší; k tomu ještě měření opětováno. Výsledek byl, že obnáší délka stupně $56^2/_3$ mil.

Z celého pochodu dalo by se souditi, že měření to dosti bude zevrubné. Avšak určitého nedá se o něm nic říci; neb míra, ku které se výsledek vztahuje, není dosti známa. *Alfraganus* praví, že obsahuje černý loket 25 palců, každý palec že se rovná šířce 6 vedle sebe položených a břichy k sobě obrácených zrn ječných. Z tohoto popsání odvozena později velmi různá čísla. Kdežto *Bailly* na základě arabského měření udává délku stupně na 54563 tois, vypočítal *Thevenot* 63750 tois. Dle *Snellia*, kterýž v tomto případě nejvíce důvěry zasluhuje, poněvadž délku popsané míry častými pokusy určil, byla by délka stupně 59057 tois. Tento výsledek byl by správnější než ony z měření řeckých plynoucí.

§. 5. Měření Fernelovo.

Jak v úvodu již řečeno, zmizely v středověku veškeré vědomosti o velikosti i o tvaru země. Teprvé v 16. století počíná se opět objevovati náhled, že má země podobu koule; tou dobou počínají již také pokusy o určení velikosti její, a sice *v Evropě* tentokráte *ponejprv*.

Roku 1525 vykonal totiž slovutný lékař a mathematik francouzský, jmenem *Fernel*, měření v meridiánu pařížském mezi *Paříži* a *Amiensem;* práce jeho, ač ne velmi zevrubná, je zajímavá pro zvláštní způsob provedení části geodetické.

Fernel především určil zeměpisnou šířku *Paříže* a nalezl ji 48° 38′ velkou ; na základě této určil si výšku slunce v čas kulminace pro místo o 1° severněji ležící, jehož zeměpisná šířka by tedy 49° 38′ obnášela, a sice pro několik dní ku konci měsíce srpna, kterouž dobou chtěl svá pozorování konat.

Pak odebral se na sever a nalezl v skutku dne 29. srpna bod, kdež se shodovala pozorovaná výška slunce s vypočtenou, z čehož *Fernel* soudil, že zeměpisná šířka bodu tohoto, kterýž ležel blíže *Amiensu*, 49° 38′. Vzdálenost tohoto bodu od *Paříže* měřil hned od Paříže. S jedním kolem vozu, na němž cestu konal, spojil totiž přístroj otáčení čítající; dříve pak určil obvod tohoto kola. Tím bylo možná, vykonanou cestu ihned měřiti.

Obdržel za délku stupně 56747 tois, dle zpráv jiných 57070 tois. Rozdíl tento dá se vysvětlit tím, že se tehdáž dle odhadnutí udávala vzdálenost *Amiensu* od *Paříže* na 25 francouzských mil (1 franc. míle $\doteq$ 4444·4 met.); dosazením této hodnoty do příslušného vzorce obdrží se přiblížené číslo druhé, kdežto první povstává dosazením výsledku skutečného měření *Fernelova.*

Délka stupně, jak ji *Fernel* určil, již velmi se pravdě blíží, a jest se tomu tím více diviti, jelikož mimo primitivní způsob, jakýmž délka oblouku měřena, také přístroje, kterýmiž astronomická pozorování konal, velké zevrubnosti nepřipouštěly; jde to z toho na jevo, že chyba v zeměpisné šířce *Paříže* neobnáší nic méně než 12′ (zeměpisná šířka hvězdárny pařížské jest totiž dle novějších udání 48° 50′ 11″). Nedá se to jinak vyložiti, než že šťastnou náhodou se chyby z velké části vespolek rušily.

III. Měření novověká.

§. 6. Měření Snelliovo.

Šťastný obrat v měření stupňů učinil nizozemský učenec *Willebrord Snellius.* Měření jeho, které roku 1615 vykonal a roku 1622 opětoval, jest, co se geodetické části tkne, vzorem všech pozdějších prací toho druhu. *Snellius ponejprv určil délku oblouku*, z kteréhož délku stupně poledníkového vypočísti chtěl, *pomocí triangulace*, tedy přesně vědeckým spůsobem. Triangulační síť skládala se ze 33 trojúhelníků; poslední z nich obsahoval oblouk *Alcmaar — Bergen ob Zoom*, o jehož měření se vlastně jednalo. Považíme-li, že délka skutečně měřené základny, na níž první trojúhelníky spočívaly, jen 630·7 tois obnášela, kdežto poslední trojúhelník měl stranu 68873·4 toisy (*Alcmaar — Bergen op Zoom*) dlouhou, soudíme z toho, že se trojúhelníky sítě od základny *zvětšovaly;* v tom ovšem leží velká vada. Měření úhlů konal *Snellius* pomocí polokruhu, jehož průměr obnášel $3^1/_2$ stopy (asi 1·098 met.).

Poněvadž místa *Alcmaar* a *Bergen ob Zoom* neleží pod týmž poledníkem, redukoval *Snellius* vzdálenost jejich na meridian *Leydenský*, kterýž před tím přesně byl určil pomocí azimuthu; redukovaná délka obnášela podle počtu jeho 65564·9 tois.

Ze zeměpisných šířek *Alcmaaru* a *Bergenu*, které obnášely 52° 40′ 30″ a 51° 29′ dle jeho měření, určil amplitudu měřeného oblouku na 1° 11′ 30″, z čehož pak plynula délka stupně 55074 tois.

Jak již nahoře naznačeno, opětoval *Snellius* roku 1622 měření své, zvláště měření úhlů, a nalezl více odchylek. Také novou základnu tentokráte měřil, a sice na ledě blíže *Leydenu*. Avšak neopakoval počet na základě nových výsledků; teprvé po sto letech učinil tak *Musschenbroek**) a obdržel délku stupně *Snelliova* 57033 tois.

Ještě budiž podotknuto, že při počítání považoval *Snellius* trojúhelníky triangulace své za rovinné; to však mělo jen nepatrnou chybu za následek. Logarithmických tabulek tehdáž ještě nebylo; taktéž byl polokruh k měření úhlů ještě bez dalekohledu. Obšírnou zprávu o práci své podal *Snellius* ve spise: „*Eratosthenes Batavus.*“

§. 7. Některé méně důležité práce.

Brzy po *Snelliovi* vykonal — jak se z pramenů ovšem ne dosti spolehlivých dovídáme — jakýsi *Vilém Bleau*, mathematik

*) Viz o tom později bližší zprávy.

nizozemský, měření stupňové, o jehož výsledku se však nic určitého říci nemůže. Ani místo jeho není známo; jen ze spisů *Vossiových* dá se souditi, že se dělo na březích řeky *Mosy* (Maas) v Nizozemsku. Dle téhož pramene a dle spisů *Picardových* užil při tom methody jiné nežli *Snellius* a sice nejspíše podobné, jako Arabové při svém měření v rovině *Singárské.*

Je v skutku co litovati, že se bližší zprávy o tomto podniku nezachovaly, o němž *Picard* praví, že byl velikolepější než měření *Snelliovo. Picard* vypravuje ve spise svém „*Voyage d'Uranienburg*", že na cestě své do řečeného místa přišel do *Amsterodámu*; tam sešel se s *Bleau-em* a dověděl se od něho, že se délka stupně jím určená neliší od výsledku *Picardova* ani o 60 rýnských stop (*Picard* totiž také provedl měření stupně, jak o tom později pojednáno bude). *Picard* praví dále, že mu *Bleau* ukázal manuskript o své práci, který však tentokrát ještě nebyl vytištěn. Avšak v tom se mýlí. Nemluvilť s měřičem *Bleau-em*, nýbrž se synem jeho, *Janem*, tehdáž znamenitým knihkupcem amsterodámským; neboť *Vilém Bleau* byl v tu dobu, když *Picard Amsterodamem* cestoval, již 33 roků mrtev. Ostatně nevyšel žádný spis *Bleau-ův* o zmíněném měření na světlo, nejspíše následkem požáru, který 1672 dům jeho se vším zničil.*)

Spůsobem velmi obtížným vykonal měření stupně Angličan *Norwood* r. 1635. Měřil totiž oblouk mezi *Londýnem* a *Yorkem*, jehož amplitudu určil pomocí sextantu 5stopového na $2^0\ 28'$, řetězem a vypočítal délku stupně na 57424, dle jiných na 57300 tois.

Ještě menší důležitosti mají práce, jež *Riccioli* a *Grimaldi* v státech papežských provedli a dle nichž by délka stupně v oněch místech 62650 tois obnášela.

§. 8. První měření francouzská.

Nehynoucí zásluhy o řešení problemu velikosti a tvaru země se týkajícího získala si r. 1666 založená akademie francouzská. Brzy po založení svém usnesla se na tom, že se má provésti měření oblouku mezi *Paříží* a *Amiensem* a svěřila práci tu slovutnému geometrovi *Pierru Picardovi*, kterýž ji

*) V. *Zach's* „Allgemeine geographische Ephemeriden" I. Bd. Jun. 1798.

v letech 1669 a 1670 vykonal. Řídil se při tom dle *Snellia*; poněvadž však mezi tím byly prostředky měřické zdokonaleny, mohl s nepoměrně větší zevrubností pracovati. Tak na příklad byl při nástrojích jeho již dalekohled s nitkovým křížem; při počtech svých již mohl použíti logarithmických tabulek.

Amplituda měřeného, mezi *Malvoisine* (u Paříže) a *Amiensem* ležícího, oblouku obnášela 1° 22′ 58″; délku stupně nalezl rovnu 57060 t.

S měřením *Picardovým* souvisí jeden z největších vynálezů ducha lidského, vynález to, který tvoří základ veškeré mechaniky a tudíž i astronomie.

Jest to vynález zákonů všeobecné tíže či g r a v i t a c e. *Newton*, bez odporu nejslavnější velduch nového věku, (nar. r. 1642 ve vsi Woolsthorpě v Lincolnshire v Anglicku, zemřel roku 1727 v Londýně), již před r. 1666 zanášel se záhadnou vlastností těles, kterouž tíží nazýváme; nejednalo se mu snad o to, příčinu této vlastnosti vyskoumati, jak se o to již filosofové starého věku marně byli pokoušeli; on chtěl poznati především zákony všeobecné přítažlivosti hmot. Poštěstilo se mu; poznalť, že přítažlivost hmot v přímém poměru s jich velikostí a v opačném poměru s čtvercem jich vzdálenosti stojí. Když však zkoumal správnost tohoto zákona, vypočítávaje na základě jeho přítažlivost země k měsíci, nesouhlasil výsledek počtu se zkušeností; rozcházely se oba asi o $^1/_9$ čárky. To přimělo *Newtona* k tomu, že upustil od dalšího skoumání svého vynálezu; zákon jím odhalený nebyl by snad ani vešel u veřejnost — neboť byla jednou ze zvláštností tohoto velducha, že vynálezy své, jichž valný počet učinil, s žádným dříve nesdělil, pokud se o správnosti jejich úplně nebyl přesvědčil.

A co bylo příčinou toho, že se neshodoval počet *Newtonův* se zkušeností? Jedině nesprávná hodnota pro velikost země, kteréž při tom použil. Když se však roku 1680 byl dozvěděl výsledek měření *Picardova*, z něhož plynul poloměr země 859 mil, opětoval počet svůj s touto hodnotou — a hle! tentokráte souhlasil počet úplně se zkušeností. Tím odhalen aneb lépe dotvrzen nejdůležitější zákon, kterýmž se věda honositi může.

Nyní vraťme se k našemu předmětu.

Brzy po ukončení měření *Picardova* rozšířila akademie podle návrhu jmenovaného plán svůj a uzavřela, aby se změřila délka poledníku pařížského, pokud ve Francii se nalezá. Uskutečnění tohoto plánu započalo r. 1680 vedením *Cassini-ho* (Giovani Dominika), bylo však brzy přerušeno. Teprvé roku 1700 v počatém měření pokračováno, tentokráte vedením *G. Dominika Cassini-ho* a *Lahire-a*. První z nich měřil oblouk na jih od *Paříže k Perpignanu* vedoucí, druhý pak na sever od *Paříže* k *Dunkerku;* amplituda celého oblouku obnášela více než 8 stupňů.

Výsledky tohoto měření vyvolaly boj učenců, který déle než 50 let trval. *Cassini Jacques*, syn Dominika C., který v práci otce svého pokračoval, vypočítal totiž délku stupně:

v oblouku jižním = 57098 tois,
v oblouku středním = 57060 „
v oblouku severním = 56960 „ ;

z toho šlo na jevo, že stupně jižnější jsou delší než dále k severu ležící, z čehož soudil na *podlouhlý* (citronovitý) *tvar země.* Touž dobou však vystoupili dva učenci, jmenovaný již *Newton* a *Huyghens* (Christian, holandský astronom, nar. r. 1629 v Haagu, zemřel r. 1695) s theorií zcela opačnou. Dokazovali totiž z počátku na základě theoretickém, že musí míti země tvar sferoidu ve směru osy otáčení sploštělého. *Newton* opíral se při tom o svůj zákon attrakce, kterýž právě pomocí výsledků měření *Picardova* tak skvěle byl dotvrdil, *Huyghens* o zákon odstředivosti, kterýž byl touto dobou vynalezl. *Newton* vypočítal sploštění na $^1/_{230}$, *Huyghens* na $^1/_{572}$.

Právě ta okolnost, že oba učenci jen cestou theoretickou k náhledu svému o tvaru země byli dospěli, byla vítaná učencům francouzským, kteříž opírati se mohli o výsledky skutečného měření.

Roku 1672 vyskytla se *Newtonovi* a *Huyghensovi* příležitost, aby tvrzení své také prakticky mohli dosvědčit. V tomto roce totiž pozoroval *Richer*, kterýž při vědecké exkursi své do *Cayenny* (5^0 severně od rovníka) byl přišel, že se tam hodiny, které v *Paříži* dobře šly a na cestě žádné změny neutrpěly, opozďovaly. Skrátil kývadlo o $1^1/_4$ čárky, a hle! hodiny zase šly dobře. Po svém návratu do *Paříže* musel kývadlu opět navrátit původní jeho délku. Tím a dalšími pokusy *Varina* a *Deshayes-a* pod rovníkem dokázáno nezvratně, že jest délka kývadla na rovníku menší než v místech k polům se blížících. Této okolnosti chopili se ihned *Newton* a *Huyghens* a dovozovali úkaz ten na základě svých theorií.

Vzdor tomu a vzdor všem jiným důvodům, které oba na slovo vzatí učencové uváděli, nebral zmíněný boj žádného konce. Zvláště to byl Jan Kašpar *Eisenschmidt* ze *Strassburku*, který v několika spisech, o které se tehdejší učencové opírali, theorii *Newtonovu* a *Huyghensovu* vyvracel. *) Tu počaly se závažné hlasy ozývati, že měření *Cassiniho* není s to, zmíněnou theorii vyvrátiti. Zvlášť *Desaguilliers* to byl, který tvrdil, že měření *Cassiniho* ovšem má cenu co měření stupňové, že se však při něm nedá taková zevrubnost dokázati, aby se na jeho základě úsudek o tvaru celé země učiniti mohl.

Objevily se rozličné návrhy ku konečnému řešení sporné otázky. Tak navrhl *Poloni* r. 1729, aby se měřil oblouk kruhu s rovníkem souběžného; akademie přijala návrh a nařídila měření oblouku mezi *St. Malo* a *Strassburkem*, které však později sama za nedokonalé prohlásila. Podobný návrh podal *Cassini de Thury*.

Již roku 1713 tvrdil *Jacques Cassini*, že bude k rozhodnutí sporu zapotřebí měřiti oblouky co možná od sebe vzdálené a témuž poledníku náležející. Raku 1733 konečně vypracovala akademie pařížská plán, dle něhož měřen měl býti oblouk meridiánu i kruhu souběžného rovníku; později rozšířila jej v ten smysl, že se měření mělo vykonati na dvou místech a sice mimo na rovníku také blíže polu. Král *Ludvík XV.* povolil na přímluvu ministra *Maurepas* potřebné peníze k výpravě dvou expedic.

Touto dobou připojuje se k měřením stupňů nový účel. Kdežto dosud tvořiti měla základ k určení velikosti země, přistupuje nyní nová otázka: Jaký tvar má země?

§. 9. Měření peruánské. **)

Za členy expedice pro měření na rovníku jmenováni akademií Petr *Bouguer* (nar. 1698 v Croisien v Bretonii, zemřel

*) „Geschichte der Himmelskunde“ v. dr. v. *Mädler*.

**) *La Condamine* „Mésure de trois prémiers dégrés du méridián dans l'hemisphére australe.“ Paris 1751.

r. 1758), Charles Maria de *La Condamine* (nar. 1701 v Paříži, zemřel r. 1774) a Louis *Godin* (nar. 1704, zem. 1760). K těmto připojilo se ještě několik učenců, zvlášť slovutný Španěl Antonio *Ulloa*. Expedice takto sestavená a všemi prostředky opatřená vydala se v květnu r. 1735 na cestu.

Měření dělo se v *Peruvii*, blíže města *Quito*. Terrén byl velmi nepříznivý a kladl pochodu měření veliké překážky. Údolí, které ve směru meridiánu, pod kterýmž *Quito* leží, se prostírá, vyhlídnuto za centrum celé operace. Dle plánu akademie mělo se měření díti v meridiánu i v kruhu souběžném. Avšak *Bouguer*, který dobře znal obtíže a nespolehlivost měření zeměpisné délky, navrhoval, aby všechna píle raději obrácena byla na měření v meridiánu. Stalo se tak; byla to však první příčina pozdějšího rozdvojení se s *Condaminem*.

Oblouk měřený ležel mezi kruhy souběžnými míst *Cotchesqui*, 0° 2′ 31·3″ severně od rovníka, a *Tarqui*, 3° 4′ 32″ jižně od něho.

Geodetická část provedena, jak se samo sebou rozumí, triangulací; základnice měřena blíže *Yaraqui*, 6272·8 t. dlouhá; k vůli kontrole měřena ještě základna druhá blíže *Tarqui* a zároveň vypočítána na základě triangulace řešením 33 trojúhelníků; skutečným měřením obdrženo 5258·949 tois, výpočtem 5260·03 t., tedy o 1·081 tois více. Jde z toho na jevo, že se pracovalo s velkou zevrubností a důkladností.

První základna, jakož i celá triangulace redukována na horizont *Carabourou*-ský, ku kterémuž účeli měřeny výšky triangulačních bodů. Provedení všech těchto geodetických operací spojeno bylo s nesčíslnými obtížemi; to bylo také příčinou, že celé měření skoro 9 let trvalo.

Co se délky celého oblouku týče, neshodují se výpočty *Bouguer-a* a *Condamine-a*; první udává jej na 176940, druhý na 176950 tois.

Méně příznivý úsudek zasluhují však práce astronomické, k určení amplitudy konané. *Bouguer* a *Condamine* sami ve svých spisech se přiznávají, že v pozorování astronomickými nástroji velmi malou sběhlost mají; protož se jim také nedařila. Pozorování jejich vztahovala se k jediné hvězdě, totiž *ε v Orionu;* měřeny její zenithální vzdálenosti na obou koncích oblouku.

Z počátku pozorovali *Bouguer* a *Condamine* současně v *Tarquii*; avšak zavrhli práce své, neboť výsledky líšily se častokráte od jednoho dne k druhému o 30″! Taktéž v *Cotchesqui* dosáhli špatných úspěchů; tak vedlo se jim od konce roku 1739 až do konce roku 1742. Pozoroval pak každý z nich zvlášť, a sice *Bouguer* v *Cotchesqui*, *Condamine* v *Tarquii*, a teprve ku konci roku 1743, když již se do práce své vpravili, domohli se potřebných hodnot. Ku konci této doby činili několik (11) současných pozorování na obou místech a umluvili se, že jen tato dají výpočtům svým za základ. Avšak *Bouguer* nedostál později svému slovu; při výpočtech svých, které předložil roku 1746 akademii, použil jedině svých vlastních pozorování. Obdržel amplitudu 3° 7′ 1″.

Condamine vypočítal délku stupně na hladinu mořskou redukovaného na 56750 tois, *Bouguer* na 56753 tois. Vůbec neshodovali se oba učenci ve svých náhledech, a po návratu do Francie nastala mezi nimi dlouho trvající rozepře výpravy se týkající; ta však nebyla věci na újmu; hleděltť tu druh druhu chyby vytýkati, čímž skutečně jich několik odhaleno a odstraněno. Také co se týče opravy za příčinou proměnlivé teploty toisy železné, na níž měření základen spočívalo, nemohli se dohodnouti. *)

V době pozdější skoumali pochod celého měření peruánského *Delambre* a *Zach* **); tento určil délku stupně na 56731 tois, onen pak na 56737 tois, kteréž číslo největšího rozšíření dosáhlo.

Bez odporu zasluhuje měření peruánské, aby vřaděno bylo mezi nejdokonalejší práce oněch dob; neb kdežto mnohé ze starších měření již jen historickou cenu do sebe mají, béře se k tomuto ještě dosud při všech počtech velikosti a tvaru země se týkajících zřetel.

---

*) Jak známo stala se tato toisa pod jmenem „Toise du Pérou" základem měr skoro všech evropských států a spočívá na ní též míra metrická.

**) Kritické pojednání a propracování měření peruánského podal v. *Zach* v „Monatliche Correspondenz." 1812. Julius XXVI. Zach při svých výpočtech použil jedině pozorování současných; všechna ostatní zavrhuje.

§. 10. Měření laponské.

Druhá expedice vyslána francouzskou akademií roku 1736 na sever do Laponska a vůdcem jejím jmenován Pierre Louis Moreau de *Maupertuis* (nar. r. 1698, zemřel r. 1759.) K němu připojili se *Camus*, *Clairaut*, *Lemonnier*, *Outhier* a slovútný učenec švédský Anders *Celsius* (nar. r. 1701 v Upsale, zemřel r. 1744), z nichž poslední o provedení měření velikých zásluh si získal.

Měření laponské nemá ani třetinu rozsáhlosti peruánského; vykonáno za velmi krátký čas, za to také s mnohem menší důkladností.

Základna měřena s velikými obtížemi na zamrzlé řece *Tornea*; délka její obnášela 7406 tois; měření spojeno s nevyslovnými obtížemi, měřičové s nejkrutější zimou (častokráte až — 37° R) musili zápasiti; k tomu ještě leželo mnoho sněhu. To snad bylo příčinou, že se s prací tak spěchalo, neboť celá triangulace vykonána za 63 dní! Měřený oblouk nalezal se mezi městem *Tornea* a horou *Kittis*. *Maupertuis* měřil pólové výšky obou těchto bodů pomocí sektoru, jehož poloměr 9 stop obnášel *) (dělení na něm pocházelo od slavného *Grahama*), a obdržel takto amplitudu měřeného oblouku 0° 57′ 28·25.″

Dle výpočtu *Maupertuisova* jest délka stupně pod střední šířkou oblouku 66° 20′ obnášející 57438 tois; výsledek tento, který již 13. listopadu r. 1737 akademii předložil, změněn později v 57422 tois, poněvadž *Maupertuis* ve výpočtech svých refrakci zanedbal.

Na počátku našeho století opětováno měření laponské **), při čemž velké chyby odhaleny. Tím ztratila práce *Maupertuisova* mnoho důvěry. Vzdor tomu vyplnila nejpřednější svůj účel, neboť sporná otázka o tvaru země rozhodnuta a splöštění ve směru osy nezvratně dokázáno. Bohužel nedočkal se ani *Newton* ani *Huyghens* tohoto skvělého vítězství své hypothesy.

Po ukončeném měření peruánském a laponském stal se problem o tvaru a velikosti země mnohem všeobecnějším, jelikož

---

*) Sektor tento daroval Maupertuis berlínské akademii, jejímž předsedou později králem Fridrichem II. byl jmenován.

**) O tom bude později blíže pojednáno.

ve všech skoro zemích evropských, ano i v Asii a Africe se práce konaly, které více méně zasluhují jmena měření stupňů; jen málo které z nich však přispěly k řešení onoho problemu. Stalo se tak hlavně proto, poněvadž dosavadní měření k velmi rozdílným tvarům země vedla; *Maupertuis* totiž porovnal opravené francouzské měření s laponským a obdržel sploštění $\frac{1}{145}$, pak peruánské s laponským, z čehož plynulo $\frac{1}{215}$, a konečně francouzské s peruánským, kteréž vedlo k $\frac{1}{304}$.*)

§. 11. Měření na Předhoří Dobré Naděje.

Roku 1750 odebral se *Lacaille* do jižní Afriky, avšak za účelem zcela jiným. Při té příležitosti podniknul měření stupně, první to na jižní polokouli, a sice poblíž *Kapstadtu*. Práce jeho nezasluhuje ovšem mnoho důvěry, poněvadž na ni příliš krátký čas vynaložil, celkem dva měsíce; nalezl 57037 tois co délku stupně pro střední šířku $33^0\,18^1/_2{}'$; výsledek tento zavdal příčinu k domněnce, že jižní polokoule má jiné sploštění než severní.

§. 12. Měření povzbuzením Boscoviche provedená.

Slavný učenec z řádu jesuitů Roger Josef *Boscoviche* (či Boskovič) (narozen roku 1711 v Dubrovníce (Ragusa), získal si mnoho zásluh o měření stupňů. Poněvadž již tehdáž panoval náhled, že odchýlení kolmice jest příčinou neshodujících se výsledků měření stupňových, měl *Boskovič* za to, že veliké roviny by se k pracím takovým nejlépe hodily, an byl toho mínění, že hory kolmici na se přitahují. Za tou příčinou vymohl si u papeže *Benedikta* XIV. dovolení, aby směl měřiti stupeň poledníka v rovině severně od *Říma* se prostírající. Práci tu vykonal s *Lemairem* v letech 1751—1753 a shledal, že délka stupně 43^0 střední šířky měří 56973 tois.

Podle návrhu *Boskoviče* měřil roku 1768 páter *Beccaria* v rovině u *Turina* a obdržel 57024 tois co délku stupně střední

---

*) Formule, kterouž Maupertuis k tomu účelu odvodil, zní:

$$d = \frac{G - G'}{3(G\,sin^2\lambda - G'sin^2\lambda')},$$

kdež jsou G a G' délky dvou stupňů a λ, λ' příslušné jich střední šířky; d jest pak rozdílem obou os poledníka. Monatl. Correspondenz XXVI. Julius 1812.

šířky 44° 44′. Měření toto později *Zachem* zkoumané špatně obstálo; teprvé v době naší příčina toho nalezena v neobyčejně velké odchylce kolmice blíže *Turina*, 48″ obnášející.

Boskovič přiměl též císařovnu *Marii Terezii* k tomu, aby ve svých zemích provésti dala měření stupně, jelikož rozsáhlé roviny se tu ku pracím takovým výtečně hodí. Dle návrhu *Kounicova* zvolen pro tuto práci *Josef Liesganig* (nar. r. 1719 v *Štyrském Hradci)*, jezovita, tehdáž professor mathematiky ve *Vídni* a prefekt tamější hvězdárny. *Liesganig* měřil od *Stromberku* u *Soběšic* na Moravě přes *Brno*, *Vídeň*, *Štyrský Hradec*, k *Varaždínu v Uhrách* a určil délku stupně pro zeměpisnou šířku 48° 43′ na 57086 tois, pro šířku 45° 57′ na 56881 tois. Později však dokázal *Zach*, že *Liesganig* úmyslně změnil pravá dáta astronomických svých pozorování, aby se počty lépe shodovaly; tím ovšem celá práce ve své ceně klesla.

Ještě o jedné práci hodno se zmíniti, která povzbuzením *Boskoviče* podniknuta; v *Americe* v rozsáhlých rovinách *Pensylvanie* měřili totiž Angličan *Mason* a Amerikán *Dixon* oblouk poledníkový, jehož amplituda 1° 28′ 45″ a střední šířka 39° 11′ 47″ obnášela; obdrželi délku stupně 56888 tois. Měření dělo se řetězem a zasluhuje důvěry.

§. 13. Měření čínské.

V Číně konal již r. 1702 jezovita páter *Thomas* k rozkazu císaře *Cambyho* a pod dohlídkou císařského prince měření stupně v rovině blíž *Pekingu*. Páter *Kašpar Cassner*, který nás o této práci zpravuje, udává délku stupně na 70206 čínských stop a uvádí zároveň, že se má stopa čínská k římské jako 16 : 15. Avšak jaké kopie římské stopy použil pater *Thomas* při svém porovnávání? *Van Svinden* *) je toho mínění, že vyňal P. *Thomas* římskou stopu ze spisu *Vilpalandova*, kdež tato na třech rozličných stranách jest vytknuta; *Van Svinden* měřil ji na všech třech místech a nalezl jednou 300 mm., po druhé opět 300, po třetí 300·04 mm.

Dle *Riccioliho* spisu, kdež jest stopa římská též vytknuta, obdržel *Van Svinden* délku její 302 mm.; podlé třetího pramene

*) V. Zach's „Monatl. Correspondenz.“ 1804 Dezember. X.

(staré to římské stavební památky) byla by 302·02 mm. dlouhá. Ze všech těchto čísel vzal průměr a obdržel 133·928 pař. č. co délku stopy římské a na základě poměru 16 : 15 pak 142·856 pař. č. co délku stopy čínské.

Tak bylo možná, výsledek *Thomasův* v nových měrách vyjádřit; obnášíť dle počtu *Van Svindenova* délka stupně pod 40° střední šířky 57912 tois.

Jiní učencové, kteří se věcí tou zanášeli, jako *du Halde*, *Hallerstein*, *Slaviczek* a *Pingré*, obdrželi svými výpočty čísla jiná, která leží mezi 56636 a 57912 t. Pro tuto neurčitost nehodí se měření čínské k vědeckým výskumům.

§. 14. Měření ve Východní Indii.

Mathematik *Reuben Burrow* konal v roku 1790—1791 k vyzvání Východo-indické společnosti rozsáhlé měření na pobřeží *Coromandelském*, a sice jak v meridianu tak i v kruhu souběžném.

Avšak *Reuben Burrow* zemřel již r. 1792 a zprávu o práci jeho podal ve vlastním, r. 1796 vyšlém díle *Dalby*. Co se týče principu, vykonána část geodetická direktním měřením pomocí řetězu ocelového, 50 angl. stop dlouhého a tyčemi bambusovými, poněvadž *R. Burrow* nepřikládal strojům svým dostačitelné k triangulaci dokonalosti.

Oblouk meridianu měřený leží mezi místy *Poal* a *Abadanga*; šířku zeměpisnou těchto míst určil pomocí kvandrantu *Ramsdenem* shotoveného, a sice jest šířka *Poalu* $= 22^{0}44'12{\cdot}7''$ a *Abadangy* $= 23^{0}52'11{\cdot}7''$, z čehož plyne amplituda oblouku $= 1^{0}7'59''$, jehož délka určena na 411004 angl. stop. Z toho vychází na jevo, že délka stupně střední šířky $23^{0}18'$ měří 56725·3 tois.*)

§. 15. Druhé měření francouzské.

V čas republiky, ku konci předešlého století, počato ve Francii veliké měření stupně, o něž největší zásluhy opět má akademie pařížská. Měření toto konáno za dvojím účelem: předně mělo se sploštění země, tedy tvar její, přesněji, než se to do-

*) V. Zach's „Monatl. Correspondenz.“ November 1805. XII.

savadními pracemi bylo stalo, určiti, — toť vědecký účel podniku —; za druhé pak tvořiti mělo základ k určení nové, s velikostí země souvisící základní míry pro republiku — toť praktický účel tohoto měření!

Dva z nejpřednějších akademikův, totiž Jan Baptist Josef rytíř *Delambre* (nar. r. 1749 v Amiensu, zemřel r. 1822) a Pierre François André *Mechain* (nar. r. 1744 v Laonu, zemřel r. 1804 ve Valencii), pro tuto práci zvoleni; vykonali ji se svědomitostí uznání hodnou. Měření vztahovalo se k témuž oblouku, který již na počátku 17. století *Cassinim* a *La Hirem* měřen; tentokráte však prodloužen tento oblouk na jih až k *Barceloně* v Španělích. Severní část oblouku, od *Rodeze* až k *Dunkerku*, měřil *Delambre*, jižní pak, od *Rodeze* k *Barceloně* *Mechain*; celý oblouk redukován na poledník pařížského Parthenonu.

Ač by byla pro celou triangulaci jediná základna postačila, měřeny přece pro větší jistotu dvě, a sice jedna na silnici z *Melunu* do *Lieusaintu*, druhá pak blíž *Perpignanu*. Na měření základnic vynaložena tentokráte veliká pečlivost*), a sice nejen co se přístrojů, nýbrž i co se celého pochodu práce týče. Nejlepší svědectví o tom vydává následující okolnost. Obě základny spojoval řetěz 53 hlavních trojúhelníků, pomocí těchto vypočtena ze základny *Melunské*, 6075·90 tois dlouhé, základnice *Perpignanská*; počtem tímto obdržena délka 6006·25 tois, kdežto direktní měření k 6006·09 t. vedlo; rozdíl obou výsledků jest tedy 0·16 tois. — Při měření úhlů tentokráte ponejprv použito methody repetice.

Délka celého oblouku určena na 551584·72 tois; zeměpisná šířka severního bodu, totiž *Dunkerku*, jest 51° 2′ 9·55″, bodu jižního, totiž věže v *Montjouy* blíž *Barcelony*, 41° 21′ 44·8″, amplituda oblouku tedy 9° 40′ 24 75″, z čehož vypočtena délka středního stupně na 57027 tois.

Delambre a *Mechain* musili při práci své s nevyslovitelnými obtížemi zápasiti, a jen neomezená láska k vědám pomáhala jim je snášeti. Obtíže ty vznikly ze smutných poměrů politických. Lid na nejvýš rozhořčený měl signály za znamení reakce a celé měření mínil že směřuje proti němu; protož vzdoroval se vší

*) Měření základny Melunské trvalo 40, základny Perpignanské 51 dní.

mocí. *Delambre* musel všude, kdež měřiti chtěl, dříve dovolení od shromážděného lidu si vydobýti, kteréž mu teprve uděleno, když byl lid o svém úmyslu poučil. *La Lande* píše *Zachovi* ku konci r. 1797 *): „*Mechain* nechce, aby se vědělo, kde dlí; schválně odkládá konec své práce, poněvadž se bojí do *Paříže* se navrátit; on neví, že jsme zde tiši, a že revoluce od 4. září ani krupěje krve neprolila." — „Konečně obdrželi jsme zprávu o *Mechainovi; Tranchot* vypravuje, že jest nemocen a že sotva se vláčí; zbývá mu jen málo k dokončení jeho práce."

Z jiného psaní, které píše *Delambre La Landovi*, **) vyjímáme následující: „Nejbližší můj příbytek byl v *Salersu*; potřeboval jsem pokaždé tři hodiny sem a nazpět, a cesta byla nejhroznější, jakouž jsem kdy nalezl. Ubytoval jsem se tudíž v nejbližším kravínč; pravím v nejbližším, poněvadž byl jen hodinu vzdálen. Po celých 10 dní, pokud práce ***) trvala, nemohl jsem se ani svléknouti; spal jsem na několika otepích sena; žil jsem od sýra a mléka."

Vraťme se opět k předmětu našemu. Když bylo měření oblouku mezi *Dunkerkem* a *Barcelonou* dokončeno, uznáno za dobré prodloužiti je tak daleko na jih, aby se nalezal stupeň 45. v jeho středu; protož navrhoval *Mechain*, aby se v měření pokračovalo až k ostrovu *Formentera* východně od Španěl. Akademie přijala návrh jeho a *Mechain* odebral se opět r. 1803 do Španěl. Avšak veliká namáhání a nebezpečí v tak nepokojný čas měla brzkou jeho smrt za následek. V něm ztratila akademie muže nevšedního nadání.

Další provedení práce počaté vykonali František Dominik *Arago* (nar. r. 1786 v Estagelu, zemřel roku 1853 v Paříži co ředitel hvězdárny), jeden z nejpřednějších mužů našeho věku, a Jan Baptist *Biot* (nar. r. 1774 v Paříži, † 3. února 1862) od roku 1806 až 1808.

Ku spojení *Barcelony* s *Formenterou* měřeno 16 trojúhelníků; *Arago* připojil k tomu ještě trojúhelník sedmnáctý, který spojoval ostrovy *Formentera*, *Majorka* a *Iviza*; tak obdržel oblouk kruhu souběžného asi $1^1/_2{}^0$ obnášející. †)

*) V. Zach's „Allgemeine geograph. Ephemeriden." 1798 Januar. I.

**) Tamtéž, April.

***) Míněno tu měření úhlů v Puy Violan.

†) Fr. Arago's sämmtl. Werke. Übers. v. Hankel XIII.

Měření úhlů bylo velmi obtížné, poněvadž nebylo na pobřeží španělském místa k nalezení, odkudž by se na ostrovy baleárské zaměřiti mohlo. Konečně se to podařilo blíž hory *Mongo*. Měření úhlů dělo se v noci a signály při tom osvětleny zrcadly parabolickými (*réverbéres*).

Délku celého oblouku *Dunkerk* (51° 2′ 9·55″) — *Formentera* (38° 39′ 56·11″), jehož amplituda tedy 12° 22′ 13·44″ obnáší, vypočítal *Arago* a obdržel 705188·8 tois; později opravil *Puissant* tento výsledek a obdržel 705257 tois.

Z toho plynula délka středního stupně francouz. 57027 t.

Poněvadž se na zavedení nové míry spěchalo, nečekáno na dokončení celého měření; když byla délka oblouku *Dunkerk-Barcelona* nalezena, porovnána s měřením peruánským a laponským, čímž obdrženo sploštění země $\frac{1}{334}$, a na základě toho vypočítaná délka stupně středního obnášela 57008·2 tois a délka kvadrantu poledníkového 5130740 tois. Z tohoto výsledku ustanovená délka metru jest $\frac{5130740}{10^7} = 0{\cdot}5130740$ tois aneb 443·296 pařížských čárek (1 pař. č. $= \frac{1}{864}$ toisy).

Z výpočtů *Besselových* a *Airyových* však víme, že jest v délce kvadrantu asi o 855 met. pochybeno, a sice že jest o tuto hodnotu větší než jak byl z oblouku *Dunkerk-Barcelona* ustanoven; podle toho je v originálním metru platinovém chyba $\frac{855}{10^7}$ metru, což činí skorem $\frac{1}{11}$ milimetru. Z toho nejlépe lze posouditi vědecký význam míry metrické.

§. 16. Měření anglické.

Měření anglické v mnohém ohledu jest velezajímavé a výsledky jeho jsou velmi důležitým příspěvkem k poznání tvaru země.

Roku 1783 počata v Anglicku vedením jenerála *Roye* výtečná triangulace, která, ač neměla původně za účel měření stupně, přece základ k takovému podniku utvořila. V letech 1800—1802 provedl totiž major *Mudge* měření oblouku poledníkového v rozsáhlosti tří stupňů s nevšední zevrubností a důkladností. Oblouk ten počíná jižně u *Dunnose* na ostrově

Wight a jde až ku *Cliftonu* blíže *Doncasteru.* Vzdálenost souběžných kruhů obou koncových bodů určena výbornou triangulací a podobným měřením azimutů na obou koncích oblouku. Triangulace opírala se o tři základny. Použitím dvou jižních základen a azimutu v *Dunnose* pozorovaného obdržel *Mudge* zmíněnou vzdálenost rovnu 1036334·4 angl. stop, použitím pak základny severní a v *Cliftonu* pozorovaného azimutu = 1036333·9 angl. st.; oba výsledky neliší se od sebe ani o 1 stopu.

Aby kontrolovati mohl měření amplitudy, hlavně ale proto, aby měření provedené samo o sobě, tedy neodvisle od jiných měření stupňových, sloužiti mohlo k odvození tvaru poledníka, spojil *Mudge* s obloukem svým ještě dva astronomicky určené body, totiž *Arbury Hill*, skoro u prostřed měřeného oblouku a bod triangulační, a *Greenwich.* Pro první bod nebylo žádné zvláštní geodetické operace zapotřebí, poněvadž již přináležel triangulační síti; geodetickou polohu *Greenwiche*, totiž meridionálné vzdálenosti *Greenwiche*, *Dunnose* a *Cliftonu*, odvodil *Mudge* z jedné r. 1795 provedené triangulace. Kombinováním těchto čtyř astronomicky určených bodů měřeno vlastně šest oblouků, jichž délky jsou následující:

Oblouk	Clifton-Dunnose	1036337	angl. st.
„	Dunnose-Arbury Hill . .	586320	„
„	Dunnose-Greenwich . . .	313696	„
„	Clifton-Arbury-Hill . . .	450017	„
„	Clifton-Greenwich . . .	722641	„
„	Arbury Hill-Greenwich . .	272624	„

Zeměpisné šířky určeny velmi četným pozorováním 15 hvězd výtečným sektorem a nalezeny následující hodnoty:

Dunnose	50° 37′ 8·21″,
Arbury Hill	52° 13′ 28·19″,
Clifton	53° 27′ 31·59″,
známá pak byla šířka Greenwiche .	51° 28′ 39·60″.

Porovnáním geodetických vzdáleností a amplitud plynuly pak následující hodnoty pro stupeň šířky:

					tois.
Z oblouku	Arbury Hill-Clifton,	jehož stř.	š.	52° 50′ 29·9″	57016·7
„	Greenwich-Clifton,	„	„	52° 28′ 5·6″	57043·6
„	Dunnose-Clifton	„	„	52° 2′ 19·9″	57069·8

			tois
Z oblouku Arbury Hill-Greenw.	jehož stř. š.	51° 51′ 3·9″	57095·2
„ Dunnose-Arbury Hill	„ „	51° 25′ 18·2″	57108·9
„ Dunnose-Greenwich	„ „	51° 2′ 53·9″	57108·2

Výsledky tyto vedly by k zcela novému tvaru meridianu; kdežto by délky stupně od severu na jih mělo ubývati, přibývá jí zde, z čehož plyne, že jest poledník elliptický, avšak ve směru rovníka sploštěný; aequatorealné toto sploštění obnášelo by $\frac{1}{55}$. Co jest příčinou tak neobyčejných, dosavadním zcela odporujících výsledků?

Mudge hleděl nesrovnalost odstraniti napřed tím, že spojil čtyři své body astronomické ještě s pátým, hvězdárnou *Blenheimskou*, jejíž zeměpisnou šířku byl majitel její, vévoda *Marlborough*, dlouholetým, výtečným pozorováním hvězdy γ *draconis* určil. Avšak tím se věc nikterak nezměnila. Protož se obmezil pak jedině na místa *Clifton*, *Arbury Hill* a *Dunnose*, jelikož astronomická pozorování v těchto konaná byla nejspolehlivější. Tu obdržel následující výsledky:

Oblouk	Střední šířka	Délka stupně	Počet pozorování k určení amplitudy konaných
Arbury Hill-Clifton	52° 50′ 29·9″	57016 tois	268
Dunnose-Clifton	52° 2′ 19·9″	57069 „	294
Dunnose-Arbur. Hill	51° 25′ 18·2″	57108 „	191

Anomalie tedy zůstala tatáž jako dříve.

Poněvadž jest tvar meridianu, jak z těchto výsledků plyne, nemožný, musí se hledati příčina tohoto zvláštního zjevu buď v měření samém aneb v nepravidelné vnitřní konformaci země, aneb konečně v jiném zakřivení meridianu na tomto místě. V měření však marně bychom příčinu tak velkých odchylek hledali, neboť provedeno s takou pílí a důkladností, jako málo které jiné. Zůstávají nám tedy ještě ostatní dvě příčiny a ty nejspíše působily dohromady. *Mudge* sám vyslovil domněnku, že nejspíše odchylka kolmice v *Arbury Hill* a ještě více v *Cliftonu* následkem přítažlivosti blízkého kontinentu jest příčinou této anomalie.*)

*) V. Zach's „Monatl. Correspondenz." 1812 August. XXVI.

Aby se povstalá otázka rozhodla, konána v pozdější době při příležitosti všeobecné triangulace v Britanii dvě měření stupně ve směru dvou, 0·4° vzdálených meridianů. Jeden z těchto měřených oblouků leží mezi ostrovem *Wight* a *Saxavordem* na ostrovech *Shetlandských*; amplituda jeho obnáší 10° 12′ 31·43″ a délka 3370394·2 angl. st. Oblouk druhý nalezá se mezi majákem *sv. Anežky* na ostrovech *Scillyckých* a *Nord Ronou*; má amplitudu 9° 13′ 41·25″ a délku 3370394·2 angl. st. Toto druhé měření vedlo k uspokojivému výsledku; plyneť z něho koefficient splöštění $\frac{1}{299 \cdot 33}$. Celé měření řídil plukovník *James*.

Anglická triangulace spojena vícekráte s triangulací francouzskou, čímž získán oblouk od *Balear* až k ostrovům *Shetlandským* se rozprostírající a 22° čítající.*)

§. 17. Měření švédské.

Měření, které *Maupertuis* v Laponsku r. 1736 vykonal, nedosáhlo nikdy velké důvěry; neb výsledky jeho nesouhlasily s výsledky jiných prací téhož druhu a odchylky byly tak veliké, že se nemohly nedokonalosti strojů, ani snad odchylce kolmice připisovati; musily tedy pocházeti z chyb měřických, což uznali i učencové francouzští.

Melanderhielm, švédský učenec, vyzval *Svanberga*, ředitele hvězdárny v *Štokholmě*, když tento r. 1799 do *Torney*, rodiště svého, se odebral, aby při té příležitosti skoumal terén, na němž *Maupertuis* měřil. *Svanberg* učinil tak a seznal, že odchylka kolmice nemůže býti příčinou nepříznivých výsledků, že tato ležeti musí v měření samém; zvlášť shledal, že řeka *Tornea*, na jejímž ledě z největší části základna *Maupertuisova* měřena, není na tom místě horizontální, jak to *Maupertuis* předpokládal, nýbrž že má značný spád. Proto navrhnul *Melanderhielm* králi švédskému, aby dal celé měření opětovati, což se také v rocích 1801—1803 stalo. Druhé toto měření**) provedli *Svanberg* a

---

*) Petermann's Mittheilungen, 1857. str. 317.

**) Obšírná zpráva o tomto měření uveřejněna ve spise: „Expositions des operations faites en Lapponie, pour la détermination d'un arc du méridien, en 1801, 1802 et 1803“; par Messieurs Öfverbom, Svanberg, Holmquist et Palander etc. — Výňatek z tohoto spisu obsažen ve v. Zach's Monatl. Correspondenz. 1805 November XII.

Öfverbom, zeměpisec, kterýmž ještě přiděleny *Holmquist*, adjunkt mathematiky na universitě *Upsalské*, a *Palander*, učitel mathematiky na universitě v *Abo*.

Měřený oblouk leží mezi *Mallörn* a *Pahtawara*, délka jeho určena triangulací sestávající z 33 trojúhelníků a opírající se o základnu 7414 tois dlouhou, a obnáší 92777·981 tois. Zeměpisná šířka v *Mallörn* určena na 65°31′30·265″ a v *Pahtawara* na 67°8′49·830, tak že jest amplituda oblouku = 1°37′19·565″ a střední šířka jeho 66°20′10·047; délka stupně poledníkového pro tuto šířku jest tudíž 57166·159 tois. Číslo toto liší se od výsledku *Maupertuisova* o 242 tois.

§. 18. Nová měření ve Východní Indii.

Ve Východní Indii provedena dvě měření stupňů, která náleží k nejvýtečnějším pracím toho druhu, nečítajíc měření, které vykonal *Reuben Burrow*.

První z obou těchto měření provedl major *Lambton* roku 1802; vztahovalo se k oblouku mezi *Trivandepor* a *Paudree*, od 11°44′53·6′ k 13°19′49″; amplituda obnášela tedy 1°34′ 55·4″, délka pak 89813 tois.

Druhé měření počal *Lambton* na jiném místě Východní Indie r. 1805 a provedl je v rozsáhlosti devíti stupňů, načež zemřel. V práci počaté pokračoval plukovník *Everest*.*) R. 1825 dokončeno bylo měření oblouku od *Punnae* (8°9′38″) až ke *Kallianpoor* (24°7′11″), jehož amplituda obnášela asi 16°.

V době novější rozšířeno však toto měření ještě asi o 5° k městu *Kaliana* (29°30′48·3″), tak že obnáší rozsáhlost celého oblouku 21°21′16″. Poněvadž je nejjižnější bod tohoto oblouku jen 8° od rovníka vzdálen, hodí se měření indické dobře ku kontrole měření peruánského, méně zevrubného.**) Některé výsledky tohoto měření jsou následující:

Délka stupně	9°34′44″	střední šířky	56746·5	tois.
„ „	13° 2′55″	„ „	56757·6	„
„ „	16°34′42″	„ „	56777·6	„

*) Zasluhuje býti podotknuto, že měl Everest úmysl, měřiti v Asii oblouk poledníkový v rozsáhlosti 65°, a sice od jižního konce Indie až k ústí řeky Jenissej.

**) Petermann's Mittheilungen. 1857.

§. 19. Měření hanoverské.

Měření hanoverské v historickém ohledu jest velmi důležité; jest to totiž *první práce toho druhu v Německu* provedená. Pozdě tedy počalo se Německo účastnit na řešení problemu o tvaru a velikosti země, a práce, kteréž se tu v tomto ohledu konaly, také vskutku k věci samé mnoho nepřispěly; jsouť zajedno jen malé rozsáhlosti a za druhé se děly pod šířkami, kde již dříve opětně se měřilo. Avšak v ohledu vědeckém nad míru jsou důležité; neboť uchopili se jich mužové, kteří se všemi k provedení takových prací potřebnými vědomostmi v hojné míře byli opatřeni, učenci nejlepšího jmena, jako *Gauss*, *Schumacher* a *Bessel*. Pracemi svými postavili skvělé vzory, dle nichž se měřičové pozdějších dob z části již řídili a zajisté vždy říditi budou.

Jest to některým starším měřením na újmu, že svěřeny mužům v mnohém ohledu neschopným. Práce tak subtilní, jaká jest měření stupně, vyžaduje vycvičeného a zkušeného pozorovatele; při starších pracích se však častokráte měřič teprvé měřením samým učil. Tak na př. byli *Condamine* a *Bouguer*, když peruánské měření konali, v pozorování zvláště astronomickém velmi nezkušeni, a *Maupertuis*, než se odebral do Laponska, nebyl před tím nikdy astronomického stroje se dotknul.

Měření hanoverské podniknul Karel B. *Gauss* v letech 1821 až 1823 mezi *Gotinkami* a *Altonou*; jižní bod, totiž *Gotinky*, mají šířku 50° 31′ 48″, bod severní, *Altona*, 53° 32′ 45″, z čehož plyne amplituda 2° 0′ 57″. Délka oblouku obnášela 115163 tois z čehož určena délka stupně 52° 2′ 17″ střední šířky na 57126 t.*) Při měření tomto konal *Gaussem* vynalezený *heliotrop (slunovrat)* první služby.

§. 20. Měření danské.

Současně s měřením předešlým provedl výtečný astronom *Schumacher* v Dánsku měření stupňové a sice ve vévodství Lauenburském mezi městy *Lauenburg* a *Lisabbel*, od 53° 22′ 17″ k 54° 54′ 10″; jelikož amplituda oblouku obnášela 1° 31′ 53″ a délka jeho 87436 tois, určena délka stupně, jehož střední šířka 54° 8′ 13·5″ obnáší, na 57092 tois.

---

*) Některé k tomuto měření se vztahující poznámky obsaženy jsou v „Gauss Werke IV. Bd. Göttingen. 1873.

§. 21. Měření ve východním Prusku.

Práce ne sice velmi rozsáhlá, avšak v každém ohledu vzorná vykonána v rocích 1831—1836 vedením dvou mužů, kteří si o měření stupňů nezhynutelných zásluh dobyli, totiž Bedřicha Viléma *Bessela* a *Baeyera*, ve východním Prusku, blíže *Královce*. Podnět k tomuto veledůležitému podniknutí zavdala vláda ruská, ana žádala vládu pruskou, aby umožnila spojení řetězu triangulačního v jižním Rusku, jenerálem *Tennerem* *) měřeného, s hvězdárnou *Královeckou*. Přání tomu vyhověno. *Bessel* tehdáž jsa ředitelem hvězdárny jmenované, neobmezil se na pouhé měření několika úhlů mezi hvězdárnou a triangulačními body ruskými, nýbrž proměnil svou úlohu ve vlastní měření stupně, které jest v mnohém ohledu veledůležité. Předně jsou výsledky jeho drahocenným příspěvkem ku poznání velikosti a tvaru země; za druhé spojeny jím práce ve východní a západní Evropě konané v jediný souvislý řetěz; za třetí může a bude sloužiti pochod, jakýž *Bessel* při této práci zachovával, pracím pozdějším toho druhu za vzor; za čtvrté zavdalo měření toto podnět k rozsáhlým počtům o tvaru a velikosti země, jimiž se především *Bessel* sám zanášel.**)

Některé podrobnosti o tomto měření podány jsou na jiném místě, zvlášť co se měření základnice týče.***) Zde buďtež jen výsledky uvedeny.

Měřený oblouk spojuje města *Trunz* a *Memel* a uzavírá s poledníkem královeckým úhel asi 30^0; délka jeho vyměřena na 100295·678 tois. Dále určena výška pólová, t. j. zeměpisná šířka v *Trunzi* $= 54^0 13' 11{\cdot}486''$ a v *Memelu* $= 55^0 43' 40{\cdot}466''$, tak že vzdálenost obou bodů ve směru poledníkovém $1^0 30' 28{\cdot}98''$ obnáší. Redukováním vzdálenosti *Trunz-Memel* na směr poledníka obdrženo 86176·975 tois, z čehož plyne ihned délka stupně pro střední šířku $54^0 58' 25{\cdot}956$ ... 57144 tois.

---

*) Viz o tom §. 23.

**) Obšírnou zprávu o této práci podal Bessel ve svém díle: „Gradmessung in Ostpreussen und ihre Verbindung mit Preussischen und Russischen Dreieckskettten.“ Ausgeführt von F. W. *Bessel*, Director der Königsberger Sternwarte, und *Baeyer*, Major im Generalstabe“. Berlin 1838.

***) Viz §§. 30 a 31.

§. 22. Měření na mysu Dobré Naděje.

Tomáš *Maclear*, ředitel královské (anglické) hvězdárny na *Předhoří Dobré Naděje*, podniknul tam v letech 1840—1848 měření stupňů.*) Délku oblouku, který asi u severního konce oblouku *Lacailleova* počíná a v celku $3^1/_2{}^0$ obsahuje, určil zevrubnou triangulací, pro kterouž novou základnu změřil. Tuto spojil s trojúhelníky *Lacailleovými*, aby mohl kontrolovati; vyskytly se značné odchylky v délkách stran, jichž původem se zdá býti pochybená délka základny *Lacailleovy* (asi o 14 ang. stop). *Maclear* určil délku stupně střední šířky 35°43′20″ na 56932·5 tois (podle *Besselova* vzorce jest délka stupně pro tutéž střední šířku 56921·5 tois, tedy o 11 tois menší). Měření jeho mnohem více důvěry zasluhuje než *Lacailleovo* a jest mezi pracemi na jižní polokouli od rovníka nejvíce vzdálené.

§. 23. Velké měření rusko-skandinávské.

Mezi všemi státy evropskými stojí, co se měření stupňů týče, Rusko v popředí; tam vykonáno největší měření, nejrozsáhlejší operace geodetická, kterouž se dějiny praktického měřictví vůbec vykázati mohou.

Hlavním vůdcem a původcem celého podniku byl slavný *Struve*, ředitel hvězdárny *Derptské*, jeden z nejslovútnějších učenců a pozorovatelů; *Struve* to byl, jenž cáři *Alexandru I.* návrh učinil a který se při práci té po 40 let s neunavnou pílí a obětovností zúčastnil. — Již v první polovici předešlého století, touž dobou, když v akademii pařížské tak šlechetný ruch o řešení problému velikosti a tvaru země se týkajícího panoval, učinil první tehdáž astronom při akademii petrohradské *De l'Isle*, návrh, aby se též v meridianu petrohradském měření konalo; počal také v skutku pracovati, avšak plán jeho brzy vešel v zapomenutí. —

Věrným spolupracovníkem *Struve ovým* byl jeneral *Tenner*, který 34 let práci věnoval. Dále zúčastnili se *Selander*, ředitel královské hvězdárny v *Štokholmě* a *Hansteen*, ředitel zeměpisného departementu královského v Norvéžsku.

---

*) *Schumacher's* „Astronám. Nachrichten·“ 1846 XXIV. Nr. 574. Tam také porovnány jsou stupně Maclearovy s peruánskými.

Celý oblouk měřený počíná na severu ve *Fuglenaesu* blíž *Hammerfestu* na ostrově *Kvalu* v Ledovém moři, pod šířkou 70°40′, končí u *Staro-Nekrassowky* na ústí *Dunaje*, pod šířkou 45°20′, zaujímá tedy 25°20′ šířky. Vzdálenost konců obnáší 2700 verstů = 2880 kilometrů = 388 zeměpisných mil. Délka oblouku určena velkolepou triangulací, čítající 258 trojúhelníků, pro něž měřeno 10 základen. Skoro uprostřed celého oblouku leží hvězdárna *Derptská*; tato dělí jej ve dvě části, z nichž jižní má rozsáhlost 13°3′ a odchyluje se od poledníku *Derptského* na stranu jihovýchodní o 7°22′; severní část obsahuje 12°17′ a odchyluje se od téhož poledníku severozápadně o 4°45′. Toto rozdělení nesouhlasí však s provedením; neboť v ohledu tomto rozpadá se celý oblouk ve dvě části, které se setkávají na ostrově *Hoglandu* v zálivu *Finském*; tam dotýkají se trojúhelníky celé triangulace v jediném bodě, *Mäki-Pällys*. Části tyto jsou:

1. Oblouk *jižní* od *Staré Nekrassovky* až k ostrovu *Hoglandu*, od 45°20′ k 60°5′ v rozsáhlosti 14°45′; v části této měřeno 6 základen a 155 trojúhelníků, nečítajíc trojúhelníky spojující základny s hlavními body triangulačními.

2. Oblouk *severní* od ostrova *Hoglandu* až k *Fuglenaesu*, od 60°5′ k 70°40′, obsahující 10°35′ šířky; zde měřeny čtyry základny a 103 hlavní trojúhelníky.

Co se území týče, na němž měření konáno, rozeznávati lze dvě části a sice:

a) Oblouk *ruský* v rozsáhlosti 20°30′, mezi *Dunajem* a *Torneou*; na něm měřeno 8 základnic a 224 trojúhelníků.

b) Oblouk *skandinávský* obsahující 4°50′, od *Torney* až k *Fuglenaesu*; na něm měřeny 2 základny a 33 hlavní trojúhelníky.

Ze stanoviska statistického a chronologického možná rozeznávati sedm částí, a sice:

Oblouk	Rozsáhlost	Měření řídil	Čas měření
1. Bessarabský	45°20′—48°45′	*Tenner*	1844—1852
2. Podolský a Volynský	48° 45′—52° 3′	*Tenner*	1835—1840
3. Litevský	52° 3′—56°30′	*Tenner*	1816—1828
4. Baltických provincí	56°30′—60° 5′	*Struve*	1816—1831
5. Finský	60° 5′—65°50′	*Struve*	1830—1851

6. Laponský	65° 50′—68° 54′	*Seelander*	1845—1852
7. ve Finmarku	68° 54′—70° 40′	*Hansteen*	1845—1850

Na celém oblouku určeno 13 bodů dle jich zeměpisné šířky; zároveň měřeny azimuty těmito body povstalých částí oblouku. Aby zeměpisná poloha jeho úplně byla zjištěna, bylo zapotřebí správného vyšetření zeměpisné délky základního bodu, totiž hvězdárny *Derptské*. Úkol tento vykonala tak zvaná *chronometrická expedice* roku 1854 vedením *Struveho*. Určen totiž rozdíl zeměpisných délek hvězdárny *Pulkavské* a *Derptské*, a poněvadž již roku 1843—1844 podobnou expedicí určena délka poledníka *Pulkavského* vzhledem k poledníku *Greenwichskému*, byla tím zjištěna poloha *Derptu* k meridianu právě jmenovanému.

Při této chronometrické expedici použito 31 chronometrů, které v době od 26. června do 19. července desetkrát z jednoho místa na druhé byly převeženy; aby osobní vliv pozorovatele co možna se vyloučil, střídali se *Struve* a *Sabler*, z části také *Döllen* v pozorování.

Expedicí vyšetřená zeměpisná délka *Derptu* vzhledem k poledníku *Greenwichskému* obnáší v čase 1 hod. 46′ 53·536″ $\mp$ 0·066, v stupních 26° 43′ 23·04 $\mp$ 0·726.

Měření rusko-skandinavské vykonáno ve čtyrech periodách.

Perioda první obsahuje přípravy a počátek všech prací, dále pak měření oblouku *Litevského* a onoho v *Baltických* provinciích a trvá až do r. 1831. Perioda druhá od r. 1830 do roku 1844 obsahuje prodloužení oblouku až do *Torney* a přípravy k pracím na jižní části.

Perioda třetí, 1844—1851, zaujímá prodloužení oblouku na jedné straně až k *Dunaji*, na druhé k *Ledovému moři*.

Perioda čtvrtá, r. 1851 počínající, obsahuje práce doplňující a takové, které za účel měly spojení jednotlivých částí v jediný celek.

V následujícím sestaveny jsou výsledky celého měření.*)

---

*) Výsledky tyto, jakož i celá zde sestavená zpráva, vyňata z původního velikolepého díla Struvem sepsaného: „Arc du Méridien de 25° 20′ entre le Danube et la Mer Glaciale mesuré, depuis 1816 jusqu'en 1855 sous la direction...... Ouvrage composé sur les différents matériaux et rédigé par F. G. W. Struve“. Tome I., II. et planches. St. Petersbourg. 1860.

Jmena astronomicky určených bodů	Vzdálenost jich kruhů souběžných	Součet těchto vzdáleností	Zeměpisná šířka	Rozdíl zeměpisných šířek (amplituda)
1. Staro - Nekrassowka		0·000	45°20′ 2·94″ ∓ 0·05″	
	96415·136 ∓ 0·651			1°41′ 22·04″
2. Wodoluj		96415·136 ∓ 0·651	47° 1′ 24·98″ ∓ 0·24″	
	98557·988 ∓ 1·251			1°43′ 38·06″
3. Ssuprunkowzi		194973·124 ∓ 1·646	48°45′ 3·04″ ∓ 0·10″	
	76751·386 ∓ 0·710			1°20′ 46·91″
4. Kremenetz		271724·510 ∓ 2·039	50° 5′ 49·95″ ∓ 0·30″	
	111219·011 ∓ 1·008			1°56′ 52·21″
5. Belin		382943·521 ∓ 2·611	52° 2′ 42·16″ ∓ 0·14″	
	148809·521 ∓ 1·426			2°36′ 22·00″
6. Nemesch		531753·042 ∓ 3·453	54°39′ 4·16″ ∓ 0·07″	
	105730.879 ∓ 0·926			1°51′ 0·81″
7. Jacobstadt		637483·921 ∓ 3·893	56°30′ 4·97″ ∓ 0·10″	
	107280·563 ∓ 0·675			1°52′ 42·59″
8. Derpt		744764·484 ∓ 4·177	58°22′ 47·56″ ∓ 0·05″	
	97538·618 ∓ 0·503			1°41′ 41·60″
9. Hogland		842303·102 ∓ 4·372	60° 4′ 29·16″ ∓ 0·10″	
	145713·567 ∓ 1·072			2°33′ 36·09″
10. Kilpi-Mäki		988016·669 ∓ 4·502	62°38′ 5·25″ ∓ 0·08″	
	182794·304 ∓ 1·673			3°11′ 39·32″
11. Tornea		1170810·973 ∓ 4·957	65°49′ 44·57″ ∓ 0·07″	
	163221·904 ∓ 1·689			2°51′ 13·83″
12. Stuor-Oiwi		1334032·877 ∓ 5·539	68°40′ 58·40″	
	113753·906 ∓ 1·785			1°59′ 12·83″
13. Fuglenaes		1447786·783 ∓ 6·226	70°40′ 11·23″ ∓ 0·06″	

Výsledky tyto podrobil jsem počtu; vypočítal jsem z každého jednotlivého oblouku délku stupně střední jeho šířky, používaje při tom jednoduché formulky $s = \frac{d}{a} . 3600$, kdež jest d délkou a a amplitudou oblouku v sekundách vyjádřenou. Zároveň určil jsem délky stupňů pro tytéž střední šířky dle *Besselovy* formulky.*) Výsledky těchto počtů k vůli porovnání seřaděny jsou v následující tabulce.

Oblouk	Z něho určený stupeň		Vypočítaná délka stupně	Odchylka
	střední šířka	délka		
1—2	46°10′43·96″	57068·81	57024·29	+ 44·52
2—3	47°53′14·01″	57061·05	57041·32	+ 19·73
3—4	49°25′26·49″	57006·45	57056·57	— 50·12
4—5	51° 4′16·05″	57098·81	57072·78	+ 26·03
5—6	53°20′53·16″	57100·39	57100·86	— 0·47
6—7	55°34′34·56″	57145·00	57115·98	+ 29·02
7—8	57°26′26·26″	57109·87	57133·19	— 23·32
8—9	59°13′38·36″	57548·71	57149·20	+399·51
9—10	61°21′17·20″	56918·81	57167·59	—248·78
10—11	64°13′54·91″	57225·92	57191·08	+ 34·84
11—12	67°15′21·48″	57193·81	57213·84	— 20·03
12—13	69°40′34·81″	57251·97	57230·45	+ 21·52

Odchylky jsou velmi značné a k tomu ještě nepravidelné; jedině stupeň z oblouku 5—6 neb *Belin-Nemesch* určený úplně souhlasí s vypočítaným. Nápadné však jsou odchylky u oblouků 8—9 *Derpt-Hogland* a 9—10 *Hogland-Kilpi-Mäki*; dá se z nich souditi na velmi značnou nepravidelnost v zakřivení poledníku v oněch místech; na úkaz podobný ovšem méně patrný dá se

*) Viz §. 25.

i z ostatních oblouků souditi. Ovšem budou také zde odchylky kolmice částeční příčinou nepravidelnosti výsledků, ač zevnější povaha terrénu, na němž se měření konalo, k tomu nepoukazuje; neníť snad na celé zemi příhodnějšího místa k tak rozsáhlé práci, kdež by zároveň povrch země menších obav, co se odchylek kolmice týče, vzbuzoval, jako právě v Rusku. Přece však konstatovány odchylky kolmice. Ruský plukovník v. *Meyen* vypravuje,*) že blíže Moskvy spozorována odchylka 12″ ve velmi malé vzdálenosti; vykládá to tím, že na blízku jedna geognostická formace náhle přestává. Kdyby tomu skutečně tak bylo, nabyla by měření stupňová také pro geognosii důležitosti. Největší část odchylek musí se zde však klásti na účet nepravidelnostem v tvaru poledníku, tudíž mathematickému tvaru povrchu země, jak se již *Bouguer*, *Laplace*, *Delambre*, *Bessel* a mnozí jiní učencové vyslovili.

Na základě stupňů z oblouků 2—3 *Wodoluj-Ssuprunkowzi* a 12—13 *Stuor Oiwi-Fuglenaes* určených a jich středních šířek počítal**) jsem sploštění meridianu a obdržel jsem $\frac{1}{296{\cdot}09}$; jsouť to ony dva stupně, které poměrně nejlépe se shodují s hodnotami počtem obdrženými; zároveň jsou od sebe dosti (skoro o 12°) vzdáleny.

---

*) Baeyr, Grösse und Figur der Erde.

**) Při tom použito $\alpha = 1 - \sqrt{1 - \varepsilon^2}$, kdež jest ε numerickou excentricitou; ε^2 pak určeno vzorcem

$$\varepsilon^2 = \frac{1 - \left(\frac{G}{G_1}\right)^{2/3}}{\sin^2 \varphi_1 - \sin^2 \varphi \left(\frac{G}{G_1}\right)^{2/3}}$$

kdež jsou G a G' délky porovnaných dvou stupňů, φ a φ' jim příslušící střední šířky. (Viz Brünnow sphärische Astronomie, str. 362.)