



Přechod Venuše v roce 1882 v Chile

28. dubna 1883, tedy několik měsíců po přechodu planety Venuše přes sluneční kotouč, zveřejnily noviny Harpers Review obrázek, jak se několik mladíků dívá na Slunce přes začerněná sklíčka (Janiczek 1983). Text byl přebrán z časopisu Nature: „Jak bude vypadat věda, až dojde k dalšímu přechodu Venuše. To ví jen Bůh. Jaký bude stav astronomie, toho se nedožijí ani děti našich dětí...“ (Harkness 1882).

My, již stará vnoučata těchto mladíků, máme možnost používat daleko lepší astronomickou techniku. A máme také šanci vidět další přechod planety Venuše: tento rok 8. června. Celý úkaz bude trvat 7 hodin a 20 minut a bude pozorovatelný v Evropě. Za pouhých 8 let, 5. června 2012, bude tento úkaz pozorovatelný v Jižní Americe. Než však přijde ten den v letošním roce, podívejme se na poslední přechod z 6. prosince roku 1882, který byl pozorovatelný na celé západní polokouli.

Proč nás přechody Venuše zajímají?

Jedním z cílů astronomů v 18. a 19. století bylo určit vzdálenost mezi Zemí a Sluncem (tzv. astronomickou jednotku), respektive sluneční paralaxu, to je úhel, pod kterým by byl pozorován poloměr Země ze středu Slunce. Astronomická jednotka je pak základnou pro určování hvězdných paralax. Měření paralax je první krok k dalším kosmickým stupnicím vzdálenosti.

První návrh na určení astronomické jednotky přišel od Edmunda Halleyho. Využil k tomu přechod planety Venuše pozorovaný z různých míst na Zemi (Halley 1716). Bylo nutné co nej přesněji změřit trvání přechodu a z rozdílných časů určit paralaxu Slunce. Halleyův nápad dopadl na úrodnou půdu. Expedice, vedené převážně francouzskými a anglickými astronomy, pozorovaly přechod Venuše v letech 1761 a 1769 v Jižním moři, na Sibiři a v Severní Americe.

Tyto cesty byly popsány v mnoha knihách (viz Woolf 1959, Fernie 2002, Mason a Dixon, Thomas Pynchon, Venuspassage Lorenz Schröter). Data získaná během 18. století analyzoval později Encke (1824) a Newcomb (1890).

Odkazy na expedice z 19. století se v moderní literatuře příliš neobjevují, jelikož výsledky již nevedly ke zpřesnění hodnoty astronomické jednotky. V 19. století se podobným způsobem pozorovaly planety nebo blízké planety z různých míst na světě, čímž byla získána přesnější hodnota paralaxy, a tudíž i vzdálenost Země a Slunce. Ze známé hodnoty astronomické jednotky je možné spočítat vzdálenosti ostatních planet sluneční soustavy za použití třetího Keplerova zákona. Příznivá opozice planety Amor v roce 1900 byla tím rozhodujícím krokem k získání přesné hodnoty astronomické jednotky.

V 19. století astronomické velmoci Anglie a Francie nebyly jediné, které se připravovaly na další přechod. Objevilo se i mnoho „začátečnicků“, jako Rakousko, Belgie, Brazílie, Dánsko, Německo, Itálie, Mexiko, Nizozemsko, Portugalsko, Rusko a Spojené státy. A když došlo na pozorování přechodu v roce 1882 na jižní polokouli, Chile se ukázala jako výborné místo.

Začátkem října 1881 se konala mezinárodní konference v Paříži, která se věnovala přechodu planety Venuše. Mezi jejími účastníky byl také ředitel Chilean National Observatory Carlos Moesta. Tato instituce pak měla sbírat všechna data z pozorování z celého světa a vydat po zpracování i novou hodnotu paralaxy Slunce. S tím musely souhlasit všechny zúčastněné strany. Tento plán však nebyl uskutečněn a závěrečné usnesení konference nevedlo ke spolupráci, ať už z důvodu různých metod pozorování či pomalé publikace výsledků. Pozorování přechodu Venuše v roce 1882 v Chile.

Astronomové z Belgie, Brazílie, Francie, Německa a Spojených států strávili několik týdnů v blízkosti Santiaga a Punta Arenas. V krátkosti si ukážeme několik skupin a míst, kde se pozorovalo, a připomeneme jejich úspěchy. Luis Ladisl Zegers, fyzik z Universidad de Chile, zapisuje historky z pozorování v Santiagu a jeho okolí. Byl pomocníkem francouzské expedice. Zegers jako první použil nový objev rentgenového záření pro lékařské účely v roce 1895 (Zegers a Salazar 1896).



Obrázek č. 1 - portréty vedoucích belgické, francouzské a americké expedice (zleva doprava): Louis Niesten, Octave de Bernardires, Lewis Boss a ředitel Chilean National Observatory, José Vergara (Zegers 1883)

V Zegersově knize je popsán stav Observatorio Nacional v roce 1882. Podle slov tehdejšího ředitele tato hvězdárna měla bohatou historii, ale v poslední době je vidět její úpadek. Krátce jsou zmíněny výsledky naměřených kontaktů na této hvězdárně. Výsledky belgických, brazilských, francouzských a německých expedic jsou popsány v objemných knihách díky podpoře domovských observatoří. Aktivity amerických expedic jsou zdokumentovány hůře. Kromě těchto publikací se také zachovalo mnoho úředních listin – archiv Berlín-

Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, francouzské Archive de l'Académie des Sciences a americké dokumenty v National Archives a U. S. Naval Observatory, Washington, DC.

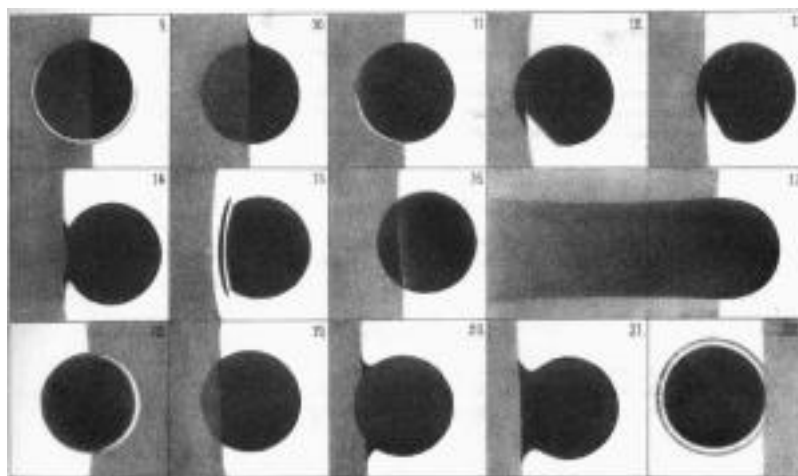
Belgická expedice

Jedna belgická expedice pozorovala přechod Venuše v roce 1882 v Chile, druhá cestovala do Sant Antonia v Texasu. Stanice byly dost daleko od sebe, aby bylo možné najít paralaktický posun Venuše na slunečním disku. Obě skupiny používaly stejné přístroje. Jednalo se o heliometr s rozdílným objektivem. Tento přístroj vyrobil Jean-Charles Houzeau, ředitel Brussels Royal Observatory. Konstrukce spočívá ve dvou polokruhových profilovaných čočkách různých průměrů a ohniskových vzdáleností, jejichž vzájemný pohyb se prováděl mikrometrem. Tím se vytvořil velký a malý obraz Slunce, taktéž velký a malý obraz Venuše. Trik spočíval v tom, že se čočky posouvaly tak, aby obraz Slunce vytvořený čočkou s krátkým ohniskem byl shodný s velkým obrazem Venuše.

Chilská expedice sestávala z Louise Niestena, astronoma Royal Observatory Brussels, Charlese Lagrangea, pomocného astronoma ze stejné observatoře, a Louise Josepha Niestena, kapitána dělostřelectva. 45denní cesta parníkem Denderan je přenesla z Antverp do Valparaisa. Po pětihodinové cestě vlakem dorazili 2. září 1882 do Santiaga a začali s výstavbou pozorovací stanice v blízkosti Chilean National Observatory, která se nacházela v Quinta Normal v centru města.

V den přechodu 6. prosince bylo bezvadné počasí. „Od svítání je jasná obloha, jen sem tam pár mraků nad vrcholky And.“

Pomocí Houzeauova heliometru bylo získáno 606 měření pozice planety Venuše, další pozorování se prováděla pomocí refraktoru (obrázek 2). Po ukončení pozorování se celá skupina vrátila vlakem do Santa Claus-Rose, překročili pohoří Kordillery a vlakem a lodí se dostali přes Buenos Aires do Belgie, kde první belgická vědecká expedice ukončila cestu ((Niesten 1883). Jean-Charles Houzeau v Texasu měl problémy s oblačností, mohl pozorovat pouze polovinu úkazu a získal 124 měření. O dva roky později Houzenau (1884) vydal konečnou zprávu a výsledek zněl: $8,911 \pm 0,084$. Hlavní příčinu chyb viděl ve špatné obloze nad San Antoniem.



Obrázek č. 2: rušivé jevy při druhém kontaktu, mimo jiné efekt „černé kapky“, jak byl pozorován belgickými pozorovateli z Houzeau 1884.

Francouzská skupina

Francouzská akademie věd organizovala 10 expedic obsazených 35 účastníky, kteří měli pozorovat přechod z různých míst na Zemi.

Haiti, Mexiko, Martinique, Florida, Santa Claus Cruz (Patagonie), Chile, Chubut, Rio Negro, Hornův mys, Bragado a Montevideo.

Chilská expedice byla vedena nadporučíkem námořnictva Octavem de Bernardiresem, dalšími dvěma členy byli nadporučík Leon Barnaud a Karel Favereau a pět pomocníků (ti nebyli tak důležití, takže nebyli uvedeni v oficiální zprávě, ale pouze v Zegersově knize): první důstojníci Simom, Lalande, Mercier, Ramel a Deffes. Skupina si vybrala poměrně odlehlé místo od Santiaga, jak bylo doporučeno na mezinárodní konferenci, „aby se nedublovalo pozorování z National Observatory“. Pozorovací stanoviště se nacházelo v "haciendě de Cerro Negro", kterou tehdy vlastnil seňor Valentin Marcoleta a která se nacházela 20 kilometrů jižně od Santiaga a dva kilometry od města San Bernardo. Tato stanice byla centrem velkého území. Francouzům nejdéle trvalo zveřejnění závěrečné zprávy. Tu zpracoval hydrolog a astronom Jean-Jacques Anatole Bouquet de la Grye (1905). Hodnota sluneční paralaxy činila 8,80".

Expedice USA

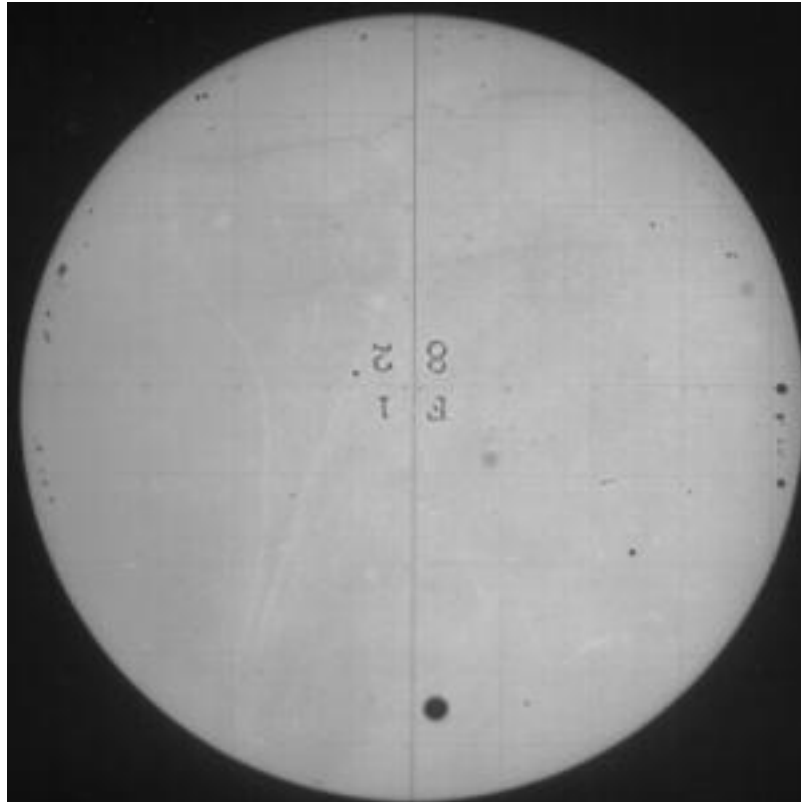
Americká expedice byla jednou z osmi expedic, které sledovaly přechod Venuše fotograficky. Hlavními přístroji byl horizontální dalekohled a ftoheliograf s ohniskovou vzdáleností 11,7 m. Obraz Slunce byl soustředěn do dalekohledu prostřednictvím zrcadel, tzv. heliostatů (viz obrázek 3).



Obrázek č. 3: Stanoviště Nagasaki s heliografem z roku 1874, U. S. N. O. nemá žádné fotografie z let 1882). Na levé straně je vidět nosný sloup heliostatu: sluneční paprsky jsou vedeny pomocí zrcadel přes čočku a tubus do srubu, ve kterém se exponovaly fotografie (snímek U. S. Naval Observatory, laskavě zapůjčil Chuck Bueter).

Expedice dorazila 30. října do Valparaisa po čtyřtýdenní cestě a další den se přesunula do Santiaga. Generál Marcos Maturana jejím členům umožnil pozorovat na pozemku továrny na výrobu nábojů ("Fabrica de Cartouchos"), která se nacházela jižně od Parque Bernardo O'Higgins. Vedoucí americké skupiny Lewis Boss (Dudley Observatory, Albany) byl

doprovázen druhým astronomem Milesem Rockem (US Naval Observatory) a dvěma fotografy, Theodorem C. Marceauem a Charlesem S. Cudlipem. 21. listopadu byl uveden do provozu fotografický heliograf a během přechodu bylo pořízeno 240 snímků (viz obrázek 4). Pro vlastníky digitálních fotoaparátů uvádíme, jakým způsobem snímkování probíhalo: receptura jak připravit emulzi, jak vyvolat a ustálit snímky je následující – 1 unce vaječného bílku, 15 uncí vody a 15 kapek koncentrovaného amonia.



Obrázek č. 4: Jedna z mála zachovaných fotografií Slunce americké expedice, sever je nahoře (foto U. S. Naval Observatory).

Tehdejší ředitel U. S. Naval Observatory Simon Newcomb se velmi kriticky vyjádřil k vědecké hodnotě těchto expedic a upřednostňoval jiné metody určení sluneční paralaxy. To poněkud snižovalo práci kolegy Williama Harknesse, který organizoval expedice a analyzoval pozorování. V roce 1889 byly uveřejněny více méně konečné výsledky - $8,842 + 0,0118''$ na základě 1475 snímků z roku 1882 (Harkness 1891). Ačkoliv bylo v plánu uveřejnit detaily pozorování, v plném znění k tomu nikdy nedošlo kvůli nedostatku peněz – z plánovaných 4 objemných svazků byl vydán pouze jeden, druhá část je nyní dostupná na ADS.

Brazílské expedice

Byly celkem tři. Jedna pozorovala na ostrově San Thomas (Antilly), další v Pernambuco (Olinda/Brazílie) a třetí v Punta Arenas (Chile).

Skupina v Punta Arenas se sestávala z ředitele Rio de Janeiro Observatory, Luise Crulsa, rodilého Belgičana (viz obrázek 5) a jeho mechanika Moreira de Assise.



Obrázek č. 5: Luis Cruls, vedoucí brazilské expedice v Punta Arenas Observatorio Nacional, Rio de Janeiro).

Brazilská skupina připlula do Punta Arenas (obrázek č. 6) fregatou Parnahyba brazilského vojenského námořnictva pod vedením kapitána Luiz Philippe de Saldanha da Gama, který podrobně popsal celou cestu pro astronomickou obec. Ten se později stal admirálem a ředitelem námořní školy, účastnil se vzpoury a zemřel v roce 1895 během revoluce v Brazílii. Kapitánovy poznámky popisují cestu z Ria přes Montevideo (kde se setkávají s francouzskými a americkými expedicemi) do Punta Arenas. V den přechodu je vyslán s lodí na Quartermaster Island, aby provedl nezávislé pozorování. Kvůli špatnému počasí však nebylo možné provést kvalitní pozorování. Když se Saldanha da Gama a jeho osádka vrátili v noci po přechodu Venuše, našli Crulse spícího, probudili ho a podali zprávu:



Obrázek č. 6: Pozorovací stanoviště brazilské expedice (z Annales de l'Observatoire impérial de Rio de Janeiro, svazek 3, 1887)

Rozmluva byla rychlá, krátká, ale výstižná: „Então?“ (Jak to dopadlo?) zeptal se vedoucí úzkostlivě. "Completo" (Dosaženo.) odpověděl kapitán a usmál se na astronoma. A pak si podali ruce.

Brazilské skupiny prováděly měření časů druhých a třetích kontaktů (druhý byl pozorován jen v Punta Arenas, třetí na všech stanicích). Konečné výsledky jsou popsány na pěti stech stránkách kroniky, ale na základě několika měření. Nicméně výsledná hodnota sluneční paralaxy 8,808" odpovídá současným hodnotě.

Německé expedice

Německá komise podrobně plánovala pozorování přechodů planety Venuše v letech 1874 a 1882. Přístrojové vybavení sestávalo z heliometru a fotoheliografu. Jelikož při předchozích pozorování se fotografická metoda příliš neosvědčila (výsledky byly nepřesné), expedice v roce 1882 (Hartford – USA, Aiken – Jižní Karolína, Bahía Blanca – Argentina a Punta Arenas – Chile) pozorovaly úkaz vizuálně pomocí heliometrů.



Obrázek č. 7: Fotografie německé stanice v Punta Arenas. Vlevo je vidět dřevěný maják na Punta Arenas, uprostřed čajovna a meteorologická stanice, vpravo dva pozorovací domky (železná konstrukce potažená plachtovinou) (Archiv, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften).

Expedice do Punta Arenas (obrázek č. 7) byla vedena Friedrichem Kustnerem (ten popsal pohyb zemského pólu). Byl doprovázen astronomem Paulem Kempfem (průkopník hvězdné fotometrie), geologem Gustavem Steinmannem a mechanikem Friedrichem Schwabem, který byl také astronom amatér. Arthur Auwers, astronom Berlínské akademie věd a hlavní vedoucí německých expedic, se přidal k této skupině (obrázek č. 8)



Obrázek č. 8: Německá expedice v přední části čajovny. Zleva doprava, první řada: Gustav Steinmann, geolog, Arthur Auwers, vedoucí projektu, Friedrich Küstner, astronom; druhá řada: Friedrich Schwab, mechanik, Paul Kempf, astronom, Bohne, sluha (Archiv, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften).

Citujeme některé poznámky z Auwersova deníku o některých detailech expedice do Chile (poznámky jsou zkrácené): 29. srpen 1882 – Dr. Küstner dostal instrukce o zápisech průběhu expedice a má na starosti příruční pokladnu, kde je v hotovosti 1200 marek a 100 liber, dále pak poukaz na dalších 100 liber. Küstner a Steinmann přicestovali parníkem z Ria do Montevidea, kde se připojili k ostatním.

5. září na parníku Ramses of the Kosmos bylo dopraveno 117 beden materiálu. Loď vyplula 10. září z Hamburku i s účastníky expedice Kempferem, Schwabem a Bohnem. Auwers se přidal ke skupině během zastávky v Antverpách. Ramses, parník o výtaku 1166 tun a se 38 členy osádky, vyplul z Antverp 14. září 1882. 11. října ráno Ramses zakotvil v Montevideu. Cestovatelé se setkali se společníky, kteří dále pluli do Ria. Ramses dál pokračoval na cestě do Punta Arenas, kam doplul 17. října. O cestovatele se postaral makléřský dům Schröder & Co. Ale jak stojí v deníku „protože jsme přijeli o tři dny dříve, nebylo nic připraveno a my jsme první noc museli strávit na palubě lodi. Druhý den jsme byli ubytováni v nedodělaných místnostech, kde se to hemžilo dělníky. Večer 18. října se konala uvítací party. Další den byly připraveny základy pozorovacích věží. První pozorování se mohlo uskutečnit 29. října, do té doby bylo špatné počasí. 31. října 1882 byl postaven domek pro kolimátor. V půl dvanácté dopoledne se dostavila místní aristokracie na exkurzi téměř dokončené pozorovatelný. Poté následovala oficiální snídaně, která se protáhla až do šesti hodin večer. V polovině listopadu nám guvernér předal malý dřevěný dům, který postavili chilští vojáci mezi pozorovatelnou a majákem. Nacházel se v něm pohodlný obývací pokoj a kuchyň. Díky tomu bylo snadnější noční pozorování a vedení kancelářských prací.“

Zde jsou některé Auwersovy poznatky z pozorování přechodu: „po četných deštích večer 5. prosince a zatažené noci, ráno 6. prosince byla jasná obloha a vzduch byl velmi průhledný... Když přišel čas přechodu, obloha byla částečně pokryta mraky. Pozoroval jsem 6stopovým refraktorem. Před prvním kontaktem jsem hledal Venuši mimo sluneční disk, ale pohybující se mraky velmi rušily. Krátce před prvním kontaktem se obloha kolem Slunce vyjasnila a tak to zůstalo po dobu 5 minut. Kvalita obrazu byla výborná. První kontakt nastal ve 21 hodin 8 minut 31 sekund podle chronometru seřízeného na greenwichský čas... Ve 21 h 26 min jsem přešel k druhému dalekohledu, který byl určen k pozorování druhého kontaktu. Ve 21 h 27 min a 4 s jsem se domníval, že černý disk Venuše se dotýkal slunečního disku, zatímco atmosféra Venuše byla ještě vně disku. V ten okamžik bylo Slunce zcela zakryto mrakem (Auwers 1898). V 1 h 51 min místního času mraky zakryly Slunce na více než půl hodiny. Pozorovatelé si všimli deště v horách a téměř již vzdávali další pozorování. Slunce se však mezi protrhanými mraky nakonec objevilo. Auwers pak mohl pozorovat třetí a čtvrtý kontakt, ačkoliv pozorovací podmínky nebyly ideální. Poté, co Venuše opustila sluneční disk, Schwab a Auwers uvěřili tomu, že úkaz viděli. Po Vánocích, kdy byla provedena další pozorování na určení přesného času a zeměpisných souřadnic, byly dalekohledy rozmontovány a zabaleny k přepravě. Poslední den v roce 1882 byla stanice uzavřena a 3. ledna 1883 Auwers, jeho sluha a mechanik odjíždějí. Steinmann a Küstner pokračovali na dalších projektech v Chile, Kempfer v Montevideu. 21. února 1883 se Auwers vrátil do Berlína, tedy po více než čtyřměsíční expedici.

Auwers byl také jedním z těch, kteří hned po návratu dokončili oficiální zprávu o expedici (Auwers 1898). Muselo se provést mnoho zkoušek heliometru při různých teplotách kvůli redukci pozorování, jak to dokládá několik stovek stran dokumentace. Získal nejlepší výsledek sluneční paralaxy na základě pozorování heliometrem — 8,8796 (0,0373). Je ironií osudu, že v době, kdy Auwers dokončoval svoji práci v roce 1898, dva astronomové berlínské Urania Observatory, Gustav Witt a Felix Linke, objevili malou planetku Amor, která způsobila převrat v určení astronomické jednotky. O dva roky později, v roce 1900, byla

pozorovaná v době opozice a ještě jednou v roce 1930. Z těchto měření byla stanovena hodnota sluneční paralaxy 8,7966" (0,0047) (Hinks 1904), což je hodnota velmi podobná té dnešní, která je 8,794 148".

Závěr

Přechody planety Venuše přispěly k tomu, že se o astronomii začaly zajímat i menší národy a vyslaly expedice za tímto úkazem. Tehdy však nebyla ještě doba zralá pro mezinárodní spolupráci v oblasti používaných přístrojů a redukce dat, jak bylo navrženo na mezinárodní konferenci v roce 1882. První velký mezinárodní projekt v astronomii, Carte du Ciel, začal v roce 1887, ale nakonec také zkrachoval. Mezinárodní spolupráce v oblasti vědy je dnes již nejen samozřejmostí, ale i nutností. V roce 1950 evropské země založily ESO a téměř všechny astronomické projekty ve státech Jižní Ameriky jsou mezinárodní (např. projekt ALMA). William Harkness by byl překvapen, jak se změnila astronomie od doby posledního přechodu planety Venuše ...

Poděkování

Na závěr autor děkuje mnoha kolegům, kteří pomáhali při jeho práci na zdokumentování přechodů planety Venuše, zejména Dr. Chrisovi Sterkenovi (Vrije Universiteit Brussel), a Dr. Wolfgangu Knoblochovi a jeho spolupracovníkům v archivu akademie věd Berlin-Brandenburg, právě tak i pracovníkům knihoven Staatsbibliothek Berlin, Observatorio Nacional, Rio de Janeiro, European Southern Observatory, Santiago, Royal Observatory Belgium, Ukkel, a U. S. Naval Observatory, Washington, D. C.

Reference

- Académie des Sciences 1883, Passage de Vénus du 6 Décembre 1882, Rapports préliminaires, Paris: Gauthier-Villars
- Anonymous 1882, La conférence internationale du passage de Vénus, La Revue Scientifique de la France et de l'Etranger, 3e sér., tome 3, 42
- Auwers, A. 1898, Die Venusdurchgänge 1874 und 1882. Bericht über die deutschen Beobachtungen, Erster Band, Berlin [Reichsdruckerei]
- Bouquet de la Grye, A. 1905, Le passage de Vénus sur le Soleil en 1882, Memoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, tome 48, 1
- Cruls, L. 1887, Discussão final e calculo da parallaxe/Discussion finale et calcul de la parallaxe, Annales de l'Observatoire impérial de Rio de Janeiro, t. 3, Rio de Janeiro: H. Lombaerts, [separate page numbering] 115
- Dick, S. J. 2003, Sky and Ocean Joined. The U. S. Naval Observatory 1830 - 2000, Cambridge: Cambridge University Press (esp. Chapter 7)
- Encke, J. F. 1824, Der Venusdurchgang von 1769 als Fortsetzung der Abhandlung über die Entfernung der Sonne von der Erde, Gotha: Becker
- Fernie, D. 2002, Setting Sail for the Universe. Astronomers and Their Discoveries, Rutgers University Press, New Brunswick; chapters 19 - 23
- Halley, E. 1716, Methodus singularis..., Philosophical Transactions 29, 454
- Harkness, W. 1882, On the Transits of Venus, Nature 27, 114 (Nov. 30, 1882)
- Harkness, W. 1891, Solar Parallax from the Transit of Venus Photographs of 1882, PASP 3, 46
- Hinks, A. R. 1904, Reduction of 295 Photographs of Eros made at Nine Observatories during the period 1900 November 7 - 15, with a determination of the Solar Parallax, MNRAS 64, 701
- Houzeau, J. C. 1884, Passage de Vénus du 6 Décembre 1882, Annales de l'Observatoire

Royal de Bruxelles, N. S., Tome V., premier fasc.

- Janiczek, P. M. 1883, Remarks on the Transit of Venus Expedition of 1874, in *Sky with Ocean Joined*, Proceedings, edited by S. J. Dick and L. E. Doggett, U. S. Naval Observatory, Washington, D. C., p. 53
- Newcomb, S. 1890, Discussion of Observations of the Transits of Venus in 1761 and 1769, *Astronomical Papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*, Vol. 2, Washington: U. S. Government Printing Office, part V, 259
- Niesten, L. 1883, *Mission du Chili*, *Annuaire de l'Observatoire Royal de Bruxelles*, 51^{me} année (1884), 123
- Saldanha da Gama, L. F. de 1887, *Notas de Viagem/Notes de Voyage*, in *Annales de l'Observatoire impérial de Rio de Janeiro*, t. 3, Rio de Janeiro: H. Lombaerts, [separate page numbering] 114
- Woolf, H. 1959, *The Transits of Venus. A Study of Eighteenth-Century Science*, Princeton: Princeton University Press
- Zegers, L. L., 1883, *Transito de Venus por el Sol. Noticia historica de las observaciones practicadas en Santiago de Chile*, Santiago de Chile: Imprenta de "El Progreso"
- Zegers, L. L., Salazar, A. E. 1896, *Esperimentos sobre la produccion de los rayos de Röntgen por medio de las lamparillas de kadenzia eléctricas*, *Actes de la Société Scientifique du Chili*, t. 6, p. 21