

KAKO JE VAKUUM PRIŠEL NA KITAJSKO (Ob 300-letnici Hallersteinovega rojstva)

Stanislav Južnič

University of Oklahoma, Norman, Oklahoma, ZDA

POVZETEK

Opisali smo raziskovanje vakuuma na Kitajskem. Razčlenili smo razlike med nekdanjim evropskim in kitajskim opisom praznega prostora. Posebno pozornost smo posvetili kitajskim jezuitom, ki so opazovali severni sij in prvi prinesli vakuumsko črpalko na Kitajsko. Pokazali smo pomembno vlogo, ki jo je pri prenosu evropskega znanja na Kitajsko (in nazaj) odigral Kranjec Hallerstein.

How the vacuum entered China

ABSTRACT

The early vacuum research in China is described. The differences between former European and Chinese descriptions of vacuum was brought to attention. The special concern was put on Jesuit missionaries, who observed aurora borealis and brought the very first vacuum pump to China. The important role of our scientist Hallerstein in the transport of European knowledge to China (and vice versa) was claimed.

1 UVOD

Avgusta bo minilo 300 let od rojstva Avguština Hallersteina (1703-1774), morda najpomembnejšega kranjskega znanstvenika vseh časov. Več desetletij je predsedoval astronomskega biroju v Pekingu v prestolnici države, ki je prav po njegovih izračunih prvič preseгла 200 milijonov prebivalcev. Več kot pravšnja priložnost za opis prvih stikov Kitajcev z vakuumom, h katerim je pripomogel.

2 SEVERNI SIJ

Severni sij je velikanska elektroda v katodni elektroniki. Seveda Hallerstein tega še ni vedel, kljub temu pa si oglejmo njegova opazovanja.

Najstarejši kitajski opis severnega sija je bil zapisan okoli leta 2600 pr.n.št. Kitajci so opisovali severne sije z različnimi pismenkami med letom 208 pr.n.št. in letom 1639,¹ povprečno po enkrat vsakih štirideset let. Običajno so jih označevali kot ognje ali živali, posebno zmaje.

Evropska opazovanja severnega sija so začeli načrtno zapisovati ob zori novoveške znanosti. Kepler je menil, da je korona Sonca posledica loma sončnih

žarkov v ozračju Lune. Cassini je leta 1683 nasprotno Keplerju dokazoval, da se zodiakalna svetloba enako spreminja kot sončne pege in tako na nek način oba pojava izhajata iz Sonca. Keplerjeva domneva je bila ovržena šele, ko so med popolnim mrkom leta 1860 izmerili paralakso nič,² ki je kazala, da se žarki ne lomijo med letom mimo Lune.

Leta 1621 je bil severni sij lepo viden v Evropi. Naslednje leto si je Galileo o njem dopisoval z nekdanjim učencem, konzulom florentinske akademije Mariom Guiduccijem. V pismih sta že uporabljala naziv aurora borealis. Ime je leta 1649 v znanosti dokončno uveljavil Pierre Gassendi (1592-1655), ki je prvi začel sistematično preučevati severni sij.

Sledilo je obdobje Maunderjevega³ minimuma med letoma 1650 in 1710 brez zaznavnih Sončevih peg in brez severnih sijev. Obdobje se je dramatično končalo z velikanskimi severnimi siji, ki so si jih naši predniki ogledovali po vsej Evropi od Irse do zahodne Poljske in Rusije 5. 3. 1716, 17. 3. 1716 in 18. 3. 1716. Opazoval ga je tudi tedaj trinajstletni gimnazijec Hallerstein v Ljubljani. Veličasten pojav je opredelil njegovo znanstveno pot.

Hallerstein si je pozneje dopisoval z Mairanom,⁴ ki je raziskal severni sij leta 1731 in objavil razpravo o njem dve leti pozneje. Domneval je, da je sij mešanica atmosfere Sonca in zelo razredčenega ozračja Zemlje na velikih višinah. Spreminjanje jakosti zodiakalna svetlobe je povezal s frekvenco nastalih svetlobnih sijev. Svetloba zodiaka je atmosfera Sonca, ki sveti ali pa je osvetljena z žarki Sonca. Povezavo med pegami Sonca in frekvenco severnih sijev je dokazoval s številnimi opazovanji svojih predhodnikov. Ugotovil je, da Sonce izgublja maso, kar danes imenujemo Sončev veter.⁵ Ambschell je pozneje menil, da atmosfera Sonca ne sega tako daleč, sodobna teorija pa je v bistvu sprejela Mairanove domneve.

Leta 1685 je misijonar Noël⁶ na Kitajskem opazoval zodiakalno svetlobo.⁷ Leta 1718, 1719 in 1722 so severni sij opazovali v treh različnih kitajskih provincah. Leta 1730 je Francoz Parrenin⁸ opazoval

¹ Needham, Ling, 1959, 3: 482.

² Guillermier, Koutchmy, 1999, 96–97.

³ Po greenwiškemu astronomu Eduardu Walterju Maunderju (1851–1928 (Guillermier, Koutchmy, 1999, 20)).

⁴ Francoski meteorolog Jean Jacques Dorotheus (Dortoux) de Mairan (1678–1771), član akademije v Parizu.

⁵ Guillermier, Koutchmy, 1999, 96–97.

⁶ François Noël (Wei Fang-Chi, Wei Fang-tsi, * 18. 8. 1651 Hestrud v Hainautu, danes Département du Nord; † 17. 9. 1729)

⁷ Mairan, 1754, 33.

⁸ Dominique Parrenin (Pa To-ming K'e-an, * 1665; † 1741)

severni sij na Tatarskem pri 47° do 48° severne širine. 28. 9. 1735 je iz Pekinga poročal Mairanu, da tam severni siji niso tako pogosti, kot v Parizu. Zato je komaj čakal, da mu bo Mairan poslal svojo knjigo o severnem siju, v kateri bo pojasnil tudi zodiakalno svetlobo in druge pojave. Parrenin je zelo pohvalil Mairanovo knjigo o ledu, ki je bila leta 1716 nagrajena pri akademiji v Bordeauxu,⁹ leta 1758 pa so jo v Ljubljani nabavili v nemškem prevodu. Mairanove ideje o ozračju in severnem siju so visoko cenili vsi pekinški jezuiti.

Leta 1738 je Bošković v Rimu objavil razpravo o severnem siju in dopolnil Mairanovo teorijo vpliva atmosfere Sonca na atmosfero Zemlje. V tretjem od šestih predlogov je leta 1738 uporabil opazovanja severnega sija 27. 10. 1726 Cassinijevega sorodnika Giacoma Filippa Maraldija (1665-1729) v pariškem observatoriju in Francesca Bianchinija (1662-1729) v opazovalnici na Tusculumu nad Frascatijem jugovzhodno od Rima. Njune meritve je primerjal že Mairan. Leta 1726 je Bošković opazoval severni sij kot novic v Rimu, Hallerstein pa na Dunaju, kjer je utrjeval snov s študenti matematike.

Bošković je obravnaval tudi severni sij, ki ga je profesor v Padovi markiz Giovanni Poleni opazoval ponoči 16. 12. 1737. Sij so videli v celi Evropi, Hallerstein pa je bil tedaj že v Goi. Bošković je opisal računski postopek devetnajstletnega Christiana Mayerja¹⁰ za določanje višine severnega sija nad tlemi na osnovi enega samega opazovanja, ki je bil objavljen pri peterburški akademiji. Povzel je Mairanovo teorijo, po kateri ima atmosfera Sonca zaradi vrtenja obliko bikonveksne leče in sega včasih še dlje od Zemlje. Tedaj se nahaja nad najvišjimi deli ozračja Zemlje, ki nad ekvatorjem tudi sama zažari. Pri tem se dviga in vseskozi odteka proti polom, s seboj pa vleče najbolj čist in redek zrak s snovjo atmosfere Sonca. Mairan je odtekanje pojasnil z vrtenjem Zemlje, Bošković pa ni smel zagovarjati Kopernikovega nauka. Zato je moral privzeti mirujočo Zemljo in s tem drugačen model za odtekanje.

Boškovićevo razpravo iz leta 1738 je njegov prijatelj iz reda minimov François Jacquier poslal svojemu znancu Mairanu v Pariz. Mairanu je bila posebno všeč Boškovićeva podpora njegovemu lastnemu določanju višine severnega sija, ki jo je kritiziral Serantoni v Lucci. Boškovićev model je upošteval kot dodaten vir severnega sija.¹¹ Bošković se je začel dopisovati z Mairanom, leta 1747 pa je

ponovno pisal o severnem siju v opombah k delu svojega učitelja Carla Nocetija.¹² Naslednje leto so Boškovića sprejeli v pariško akademijo, katere tajnik je bil Mairan.

Pred potresoma v Londonu 8. 2. 1749 in 8. 3. 1749 so opazili zelo pogoste severne sije izjemnih barv. Zdelo se je, da severni sij napoveduje potres, saj so Franklinova odkritja napovedovala električno naravo potresov.¹³ Iz zemlje naj bi bruhal plin severnega sija, pri tem pa naj bi manjšal količino plina, ki povzroča potres.

Leta 1741 sta Celsius in njegov študent Olav Peter Hiorter (Hjorter) v Uppsali odkrila vpliv polarnega sija na magnetno iglo. Pojav je opazil tudi Beccaria, ki je opozoril na zvoke v primerih, ko se je severni sij spustil posebno nizko v ozračju. Bergman¹⁴ je v pismu londonski kraljevi družbi 14. 4. 1761 poročal, da visok severni sij vpliva na kompas, vendar se mu ni posrečilo akumulirati električni naboj iz severnega sija.

Canton¹⁵ je leta 1753 v Londonu menil, da je severni sij iskrenje električnega ognja od pozitivnih k negativnim oblakom na velikih razdaljah skozi zgornje dele atmosfere, kjer je upor najmanjši. Severni sij naj bi povzročala naelektrenost segretega zraka nad zemljo. Najpogosteje se kaže v severnih krajih, saj so tam največje temperaturne razlike med zemljo in segretim ozračjem, še posebno ob odjugi. Snov severnega sija se mu je zdela podobna nedavno odkritemu turmalinu, ki brez upora oddaja in vpija električni fluid med ohlajanjem ali segrevanjem. Severni sij je opazoval pri laboratorijskih pogojih v zatesnjeni Torricellijevi vakuumski stekleni cevi, dolgi tri čevlje. Konec cevi je prijel z roko in nasprotni konec preko prevodnika povezal z leydensko steklenico. Celotna cev je takoj zasvetila. Ko je cev odmaknil od prevodnika, je še naprej svetila, pogosto celo četrt ure. Ko je z drugo roko povlekel po cevi v poljubni smeri, se je med rokama še bolj zasvetila. Pri tem se je cev razelektrila; v presledkih pa je še vedno svetlikala, če jo je nepremično držal le na enem koncu. Ko se je cevi dotikal s prosto roko, je izvabljal močne iskre svetlobe tudi štiriindvajset ur po naelektritvi. Z majhnimi vakuumskimi posodami nepravilnih kotov in ukrivljenosti je v temi odlično ponazoril bliskanje ob streli.¹⁶

Med letoma 1756 in 1759 je Canton nadaljeval Bergmanova opazovanja motenj kompasa ob jasnih

⁹ Aimé-Martin, 1843, 3: 698; Mairan, 1754, 460, 464, 465.

¹⁰ Christian Mayer (* 20. 8. 1719 Modric pri Brnu; † 1783 Mannheim).

¹¹ Marković, 1968, 1: 79–80.

¹² Marković, 1968, 1: 208. Carlo Noceti (*1694 Bagnone; †1759).

¹³ Priestley, 1765, 1: 448.

¹⁴ Tobern Olof Bergmann (* 1735 Katrineberg; † 1784 Uppsala).

¹⁵ Anglež John Canton (1718–1772).

¹⁶ Priestley, 1765, 2: 162–163; Ambschell, 1807, 2: 124.

severnih sijih in odkril pojave, ki jih danes imenujemo magnetni viharji. Uganil je, da so električni naboji visoko nad oblaki,¹⁷ kjer jih je pozneje raziskoval Appleton.

17. 9. 1770 je Hallerstein opazoval severni v Pekingu pri 39,54 stopinjah severne širine. Peking leži nekaj stopinj južneje od Slovenije, zato je tam severni sij redko viden in ga v tako popolni Hallersteinovi obliki niso opazovali niti v najstarejših časih. Sij se je pred 19^h namesto somraka prikazal najprej na severnem obzorju. Nato je njegova rdeča barva postopoma krenila proti zahodu. Po jasnem nebu se je polagoma dvigoval in širil proti vzhodu in zahodu. Ob 19^h se je polovica sija kazala na obzorju kot škrlatni obroč ali celo krogla škrlatne barve. Po 20^h se je sij nižal in redčil. Proti 21^h se je znova zgostil in se okoli 22^h dvignil. Visel je na obzorju pod kotom 40° glede na navpičnico in se pomikal proti zvezdi Severnici.¹⁸ Proti zahodu je pokrnil zorni kot skoraj 100° in prav toliko proti vzhodu, tako da je bil skupaj širok 200°. Razredčena škrlatna barva se je dvignila skoraj do višine dreves, kot da bi izvirala iz središča za obzorjem. V smeri navpičnice je bil sij nekoliko raznobarvno rdeč brez bledih barv. Dobro so se videle spremembe sija kot redčenje in zgoščevanje, oslabitev in ojačitev, daljšanje in krajšanje, navpično proti nebu ali proti jugu.

Peščico tridesetih ali štiridesetih ognjenih žarkov so Hallerstein in sodelavci opazovali kot v gledališču. Pozneje se je celoten sij premaknil proti obzorju in obenem dvignil. Rdeči del sija se je povzpел proti severu. Pod njim se je pokazal na obzorju temnejši sij z mešanico modre in rumene barve na golem nebu. Visoko se je vzdignil, rasel in vedno bolj temnel. Žarki so bledeli, se redčili in izginjali v vetru. Slednjič je zavladała temna noč, po polnoči še vedno nekoliko rdeča na vzhodnem obzorju. Nekateri deli sija so se jasno videli še do druge ure zjutraj.

Medtem ko je pisana svetloba izginjala, se je Hallersteinu pojav zdel podoben priljubljenim kitajskim proslavam z ognjemeti. Pojavilo se je osem ali deset vprašanj, katerih odgovore so pekinški astronomi poiskali v knjigah, ki trdijo, da so na zemljepisnih širinah, manjših od 40°, severni siji res redko vidni. Tudi vetrovi so v tem podnebjju ovira za opazovanje severnega sija.

Cesar je pekinškim astronomom posebej ukazal raziskovanje severnega sija. Pri tem so upoštevali

naravne zakonitosti, objavljene v zgodovinskem kitajskem delu "Mreža sijajnega severnega ognja" (Pefang-ho-guang). Hallerstein je zagotovil, da bo o tem delu poročal v naslednjem pismu,¹⁹ ki ni bilo objavljeno.

Istočasno s Hallersteinom je pri francoskem kolegiju severni sij opazoval tudi njegov prijatelj Amiot.²⁰ Opisal je severni sij, ki so ga spremljali zelo svetli trakovi svetlobe. Devetnajst dni po opazovanju je poročilo skupaj z drugim gradivom poslal v Pariz, kjer so ga objavili več kot dve leti pozneje.²¹

Amiot je opazoval v Haitianu (Hay tien, Hai Tien) blizu cesarjeve počitniške hiše dve milj (lieues) daleč od Pekinga. Aurora je imela zelo živo rdečo barvo. Točno na severni strani neba je pokrivala kot okoli 30°. Sij se je postopoma razširil za 1° proti vzhodu in zahodu in se nato ustalil. Ko je ob pol deveti uri Amiot začel opazovati, je bilo nebo zelo mirno, proti deveti uri pa se je napolnilo s parami.²² Pare so se sčasoma spustile nižje, sij pa se je še polepšal. Sredi rdeče barve so sijali žarki svetlobe in se razprostirali v daljavo. Proti tretji uri zjutraj je pojav izginil. Isti sij je bil ponovno viden 20. 9. 1770 ob deveti zvečer, vendar z mnogo manj sijaja kot tri dni prej, saj so nebo prekrivali oblaki. 22. 9. 1770 ob pol osmi uri zvečer je Amiot opazoval žarke blede barve, ki so pokrivalo nebo od severovzhoda do jugozahoda. V drugih delih svojega poročila je Amiot opisoval kitajske in tatarske knjige.

17. 9. 1770 so severni sij opazovali tudi v Burgundiji, Parizu, Montmorenciju, Gurzelenu, Dunaju, Lübecku in v Boeringenu (Böringenu) izjemoma na južni strani neba. Cotte²³ je opazoval v Montmorenciju 17. 9. in 18. 9. 1770. Zaznal je izredno velik vpliv severnega sija na magnetno iglo. Bil je zelo vlažen jesenski dan, tako da je že pred nočjo magnetna igla močno nihala. Deklinacija se je spreminjala za pol stopinje. Cotte je odstranil vse kjuče in vso železo, saj je mislil, da z njim moti kompas. Vendar je bilo nihanje igle kljub temu vidno. Ob pol osmi uri je opazil trak svetlobe, ki je pokrival nebo od zahoda do zenita. Kratkotrajni pojav se je razvil v majhen severni sij, ki ga je v vsem sijaju opazoval Hell na Dunaju. Podobno močan vpliv severnega sija je Cotte opazil v Monmorenciju le še 29. 2. 1780 in 28. 7. 1780.²⁴

16. 9. 1770 je kapitan Cook med svojim prvim potovanjem z ladjo Endeavour opazoval južni sij ob 22^h pri 10° južno od ekvatorja pri otoku Timor severno

¹⁷ Priestley, 1765, 1: 34, 285, 389, 410, 436–437, 2: 75.

¹⁸ Hallerstein, 1772, 16: 250.

¹⁹ Hallerstein, 1772, 16: 251.

²⁰ Jean-Joseph-Maria Amiot (Ts'ien té-ming jo-ché, * 8. 2. 1718 Toulon; † 8/9. 10. 1793 Peking)

²¹ Amiot, 1773, 2: 111–112.

²² Cotte, 1788, 340, 344.

²³ Louis Cotte (* 1740 Laon; † 1815 Montmorenc (Montmorency)), dopisni član pariške akademije.

²⁴ Angot, 1896, 199; Fritz, 1873, 72; Cotte, 1788, 1: 343–344.

od Avstralije. Pojav sta v dnevniku zabeležila Cookov Sidney Parkinson in botanik Joseph Banks (1743–1820), poznejši predsednik kraljeve družbe. Sij je pokrival 20° horizonta z zornim kotom najmanj 90° ali 100° . Svetloba je bila vseskozi živa brez vibracij, središče loka aurore pa je mirovalo v smeri jug-jugozahod.²⁵ Iste dne, 16. 9. 1770, so sij opazili v grofiji Ji-Zhou kitajske province Hebei pri $40^\circ 1'$ severne širine in $117^\circ 4'$ vzhodno, torej le malo severovzhodno od Pekinga. Pojav so opazovali tudi v kitajski provinci Shadong nekaj stopinj južneje. V siju je prevladovala rdeča barva. 16. 8. 1770 na Japonskem niso opazili severnega sija, zato pa so 17. 9. 1770 pojav opazovali v petnajstih japonskih krajih. Korejcem je močan dež onemogočil opazovanja.

Hallersteinov severni sij iz leta 1770 je bil tako prvi v zgodovini, ki so ga dokumentirano opazovali na obeh poloblah. Pojav se je pokazal skoraj natančno eno leto po maksimalnemu številu sončnih peg leta 1769.

Hell je 17. 9. 1770 od 19^h dalje opazoval severni sij na Dunaju pri $48^\circ 4'$ severne zemljepisne širine. Torej je opazovanje pričel le nekaj minut za Hallersteinom po lokalnem času. Manjkala sta še dva dneva do nove Lune (prazna Luna, mlaj), ki je nastopila 19. 7. 1770 ob 8^h. Zorni kot severnega sija ob polnoči ni več presegal $48^\circ 4'$. Svetilnost severnega sija je presegala svetilnost Sonca, ko je bilo Sonce 60° pod obzorjem.²⁶ Pojav je potrjeval Hellovo domnevo o izjemni jakosti severnega sija, ki je bil v Pekingu viden vso noč.

Hell je Hallersteinovo poročilo objavil v prvem delu splošnih efemerid, v katerem je poročal tudi o Tirnbergerjevih²⁷ opazovanjih Jupitrovih satelitov. V sto šestnajst strani dolgemu dodatku je v nadaljevanju poročal o opazovanju paralakse Sonca in o prehodu Venere leta 1769.

Leta 1776 je Tirnberger poročal o opazovanju severnega sija v Gradcu pri $47^\circ 4'$ severne širine. Opazoval je devet mesecev pred Hellom in Hallersteinom. 14. 12. 1769 je začel opazovati ob 21. uri, 27. 12. 1769 pa pol ure prej, 30. 12. 1769 je začel meriti ob pol šestih zjutraj in opazovanja nadaljeval naslednjo noč, 31. 12. 1769. Drugače kot Hell in Hallerstein ni opazoval le svetlobe, temveč je pojav meril tudi z magnetno iglo. Igla se je premaknila proti vzhodu, ko so ob močnem vetru hudourni oblaki prekrili nebo nad gorovjem. S posebno napravo je



Hallersteinov severni sij iz leta 1770, kot ga je narisal opazovalec v Parizu (Angot, 1896, str. 24/25)

meril zasuk magnetne igle in ugotovil, da igla niha pod kotom 35° , odklonjena od smeri severa.²⁸

Leta 1769 je po desetih letih zelo redkih severnih sije, vidnih med 46° in 55° širine pojav postal pogostejši za poltretje desetletje. Leta 1769 so imele tudi pege na Soncu maksimum, saj so jih opazili 106, več kot kdaj koli prej. Vendar o Tirnbergerjevem severnem siju ni bilo drugih poročil, niti ga ne omenjajo poznejši popisi opazovanj. Najbliže mu je bilo opazovanje severnega sija na gradu Deainvilliers 20. 12. 1769, ki je bilo objavljeno pri pariški akademiji. V Gradcu in na Dunaju so severni sij opazili 24. 10. 1769, na Dunaju, v Trnavi in v številnih nemških krajih pa 18. 1. 1770.²⁹

Astronom Tirnberger je opazovanje severnega sija objavil med meteorološkimi meritvami. Leta 1768 in 1769 je meril relativno vlažnost zraka,³⁰ med letoma 1765 in 1768 pa veter, oblačnost, povprečni tlak in temperaturo po posameznih mesecih.³¹ Ugotavljal je, da so bila najvišja dnevna nihanja temperature aprila 1769.³² Zapisal je podatke o dveh potresih, 31. 12. 1767 ob 12³⁰ in 27. 2. 1768 ob 2⁴¹, ki ju ni posebej povezoval s severnim sijem.³³

Severni sij je zanimal številne jezuite in druge astronome. Zato je Hell leta 1777, pet let po objavi Hallersteinovega opisa severnega sija, celoten dodatek k efemeridam posvetil severnemu siju. Razpravo je napisal v obliki poučnih ugotovitev, predpostavk in dokazov, podobno kot skoraj stoletje prej Newton v Principih. Hell je objavil sto petindvajset točk na sto

²⁵ Cotte, 1788, 339.

²⁶ Hell, 1772, 16: 252; Gazette de France, 1. 10. 1770.

²⁷ Karl Tirnberger (Tirnberger, * 27. 10. 1731 Ptuj; † 1780 Schottwein v Dolnji Avstriji).

²⁸ Tirnberger, 1770, 33.

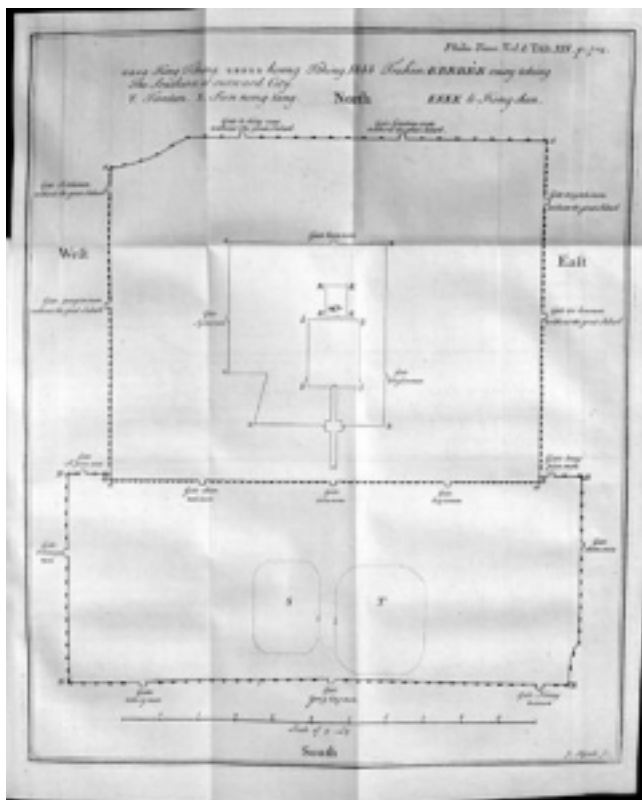
²⁹ Angot, 1896, 95, 97 199; Fritz, 1873, 72.

³⁰ Tirnberger, 1770, 35.

³¹ Tirnberger, 1770, 7–16.

³² Tirnberger, 1770, 14.

³³ Tirnberger, 1770, 34–35.



Načrt Pekinga z južnim delom mesta in templjem neba (T). Jezuiti so večinoma uporabljali stavbe na sredini zemljevida (Gaubil, Antoine. 1759. *A Description of the Plane of Peking, the Capital of China; sent to the Royal Society by Father Gaubil, e Societate Jesu. Translated from French. Phil.Trans. 1758. 50/2: 704/705, Tabla XXV*).

osemnajstih straneh z več slikami. Opisal je razvoj raziskovanja pri Kircherju, Mairanu, Musschenbroeku in Johnu Lambertu (1728–1777) v fotometriji leta 1761. Omenil je matematično določanje višine severnega sija³⁴ in opazovanje na Novi Zemlji v Rusiji.³⁵ Uporabil je svoje raziskovanje magnetizma v zdravilstvu in severni sij povezal z električnim nabojem Zemlje.³⁶ Leta 1769 je Hell opazoval prehod Venere na Laponskem, kjer je pogosto opazoval severni sij. Svoje ugotovitve je strnil v pet točk.³⁷

1. Snov, ki odbija severni sij, je veliko gostejša od tiste, ki se pojavlja v naših krajih.
2. Opazimo zelo živahno svetlobo.
3. V osvetljenem prostoru severnega sija opazimo številne hitre delce.

³⁴ Hell, 1777, 21: 112.

³⁵ Hell, 1777, 21: 54.

³⁶ Hell, 1777, 21: 8, 115.

³⁷ Hell, 1777; Ambschell, 1807, 2: 123.

³⁸ Cotte, 1788, 334.

³⁹ Ambschell, 1807, 2: 128–129.

⁴⁰ Pouillet, 1853, 2: 791.

⁴¹ Akasofu, 2002, 44–45.

⁴² Guillermier, Koutchmy, 1999, 25, 100–101.

⁴³ Hannes Olof Gösta Alfvén (1908–1995).

4. Ob redčenju severnega sija blede njegova zlato, rumena barva. Pri tem se pojavljajo barve, ki jih opazimo po lomu na prizmi.
5. Južno nebo je med severnim sijem navadno skoraj temno.

Leta 1778 je Mako objavil razpravo o električni naravi severnega sija.³⁸ Nekdanji ljubljanski profesor Anton Ambschell (1751–1821) je sprejel Mairanovo (1733) in Hellovo mnenje, da severni sij nastane po odboju svetlobe Sonca in Lune na delcih ledu pod obzorjem. V njegovem času je bilo že jasno, da se podobni pojavi kažejo tudi pri južnem polu.³⁹

V drugi polovici 19. stoletja so začeli intenzivno raziskovati prevajanje elektrike skozi razredčene pline, ki sveti v visokih delih ozračja. Večina raziskovalcev je soglašala, da ta sij povzročajo dvigajoči se električni naboji, vendar so ponujali različne razlage. Faraday je leta 1850 obravnaval odvisnost severnega sija od magnetnih lastnosti atmosfere in objavil veliko meritev svojih sodelavcev. "Magnetna sestava kisika in magnetno stanje atmosfere" ter njene letne in dnevne spremembe so se Faradayu zdele posebno pomembne. Čeprav majhne, naj bi gotovo vplivale tudi na magnetizem Zemlje, kot je sočasno leta 1850 domneval E. Becquerel. Pariški akademik Claude Pouillete (1791–1868) je imel številne različne teorije severnega sija za dokaz, kako malo raziskovalci vedo njem.⁴⁰

Norveški profesor Olaf Kristian Birkeland (Olaf, 1867–1917) je med letoma 1908–1913 severni sij povezoval s "katodnimi žarki" po vzoru na opis Davyjeve obločnice Françoisa Aragoja (1786–1853) iz leta 1820. Birkeland je skupaj z asistentom Olavom Devikom v Oslu v veliki vakuumski posodi poskušal ustvariti auroro na železni krogli, ki jo je po Gilbertovem vzoru imenoval Terella. Zaradi Birkelandovih poskusov se je za severni sij začel zanimati tudi norveški matematik Carl Störmer (1874–1957) leta 1907 in 1911.⁴¹ Izkazalo se je, da skupaj z elektroni tudi protoni s Sonca interagirajo s kisikom in dušikom zgornjih plasti ozračja Zemlje pri tvorbi severnega sija.⁴² Raziskovanja norveških profesorjev je nadaljeval Alfvén⁴³ z dokazom, da severni sij nastaja zaradi radioluminiscence nabitih delcev, ki jih seva Sonce v visoke plasti atmosfere Zemlje.

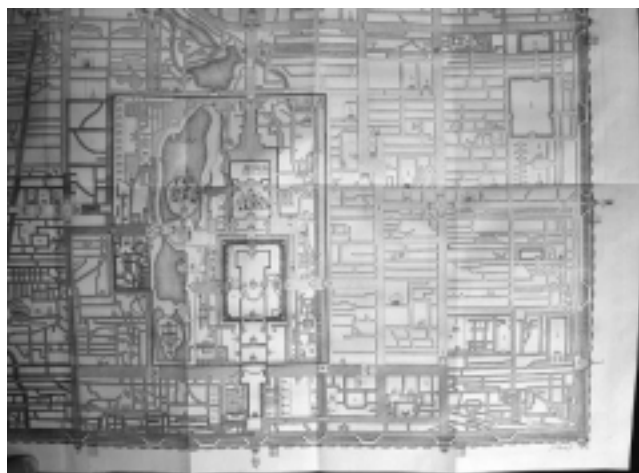
Aurora je največja vakuumaska razelektritev, v kateri elektroni s Sonca letijo kot katodni žarki.

Celotna zgornja plast ozračja je katodna elektronka. Ozračje je na višinah, kjer nastajajo aurore, razredčeno do visokega vakuuma. Zelo hitri elektroni s Sonca trkajo ob molekule in atome. Dušikove molekule se ionizirajo in oddajajo vijolično in ultravijolično svetlobo. Sekundarni elektroni, izbiti iz dušikovih molekul, imajo dovolj energije, da izbijejo elektrone iz kisikovih molekul, ki oddajo belo-zeleno svetlobo. Če imajo vpadni elektroni dovolj energije, se spodnji del aurore spusti tudi do 88.500 km. Tam imajo elektroni že premalo energije za ionizacijo dušikovih molekul, lahko pa jih spravijo v višje energijsko stanje. Po vrnitvi v osnovno stanje dušikove molekule oddajo fotone škrlatno rdeče barve v spodnjem delu aurore. Ultravijolični in vijolični del spektra aurore se absorbira v zgornjih plasteh ozračja, še preden pride do Zemlje.

Študij auror nebesnih teles omogoča raziskovanje njihovega ozračja. Zelenkaste aurore kažejo kisik na posameznih planetih. Vendar imata tako Mars kot Venera zaradi vodika vijoličasto auroro,⁴⁴ zato je tam bržkone zelo malo Marsovcev oziroma Venerijancev.

Vakuumska črpalka v Peking

Med najpomembnejšimi Hallersteinovimi sodelavci v Pekingju je bil Benoît.⁴⁵ Študiral je v Dijonu in v Parizu. Tri leta je ponavljal prošnje za odhod v kitajske misijone, dokler mu ni sekirica končno padla v med. Pred odhodom je moral v Parizu dokončati astronomske študije pri Delislu,⁴⁶ Lacaille⁴⁷ in Le Monnierju.⁴⁸ Z njimi se je pozneje veliko dopisoval iz Kitajske. V Pekingju je prispel 12. 7. 1744, naslednje leto pa je dobil naziv cesarskega matematika⁴⁹ in trideset let služil pod cesarjem Ch'ien-lungom.⁵⁰ Ob Benoïtovem prihodu v Peking so misijonarje tam sicer preganjali, a si je s svojim znanjem zagotovil nepogrešljivost na dvoru. Zadolžili so ga za izdelavo velikega sistema okrasnih vodometrov v cesarskih vrtovih.⁵¹ Na projektu je z velikim uspehom delal več let. V vrtovih je gradil evropske hiše, pred eno v italijanskem stilu pa je postavil zanimivo vodno uro. Uporabil je lokalne motive. Mandžurci so štiriindvajset ur dneva zaznamovali z dvanajstimi živalmi različnih vrst. Na dveh straneh trikotnega zbirališča vode je Benoît postavil kipe teh živali. Z mehansko napravo je vsaki dve uri vodo potiskal iz ust druge živali. Francoski kralj Ludvik XV je Benoïtu naročil izdelavo dodatnih kopij šestnajstih bakrorezov



Severni del prejšnje slike. Najpomembnejše za znanost so bile naslednje stavbe: manjši observatorij (70); hiša in cerkev francoskih jezuitov, postavljena leta 1703, ter observatorij postavljen leta 1731 v severnem območju Beitang (81); stavba, kjer so učenjaki opravljali izpite (Kong yuen, 107); cesarski observatorij, v katerem je Hallerstein opazoval severni sij, povsem spodaj na desni (jugovzhodni) strani z zastavo za merjenje smeri vetra (gu guanxiang tai, 108); tribunal izbranih doktorjev imperija, od katerega so bili odvisni vsi učenjaki, kolegiji in šole (Han lin yuen, 128); biro za astronomijo izza stavbe tribunala običajev in ceremonij v palači, zgrajeni leta 1442, popravljene leta 1766 in pozneje odstranjene na današnjem jugovzhodnem delu trga Tian An Men (Urad za nebo, Qintian jian, 136); tribunal mandarinov (Ly pou, 137); tribunal običajev (Libu, 139), cesarski kolegij (Kuo-tzu Chien, 180). Prva vzhodna portugalska hiša in cerkev Dontang sta bili postavljeni za blok vzhodno od prepovedanega mesta. Druga hiša s cerkvijo sta stali južno od cesarske palače Nuntang, kjer so cesarju kazali delovanje vakuumske črpalke (170, 248). (Gaubil, 1759, Tabla XXIV)

cesarskih bitk. Benoît je zato izumil nove metode močenja papirja in porazdelitve črnila. Postal je vodja francoskih jezuitov v Pekingju.

Hallerstein in Benoît sta skupaj poučevala kitajska jezuita Stephana Janga (Etienne Yang) in Aloisa Kuoja (Pierre Ko), ki so ju leta 1751 poslali na šolanje v Francijo. Leta 1753 sta Hallerstein in Benoît sodelovala v Pekingju pri opazovanju prehoda Merkurja čez ploskev Sonca. 4. 9. 1766 je Hallerstein poročal bratu v Bruselju, da mu je Benoît podaril Hellove eferide iz leta 1761, ki so vsebovale tudi Hallersteinova opazovanja prehoda Venere čez Sonce.

Benoît je bil prvi jezuit, ki je v palači poučeval po Kopernikovem sistemu, ki ga je predstavil cesarju leta 1760.⁵² Obenem je predstavil svoj zemljevid na osnovi Hallersteinovih in drugih meritev, ki ga je pregledal

⁴⁴ Akasofu, 2002, 58, 64, 65.

⁴⁵ Michel Benoît (Benoist, Tsiang Yeou-Jen Tö-Yi, * 8. 10. 1715 Dijon; † 23. 10. 1774 Peking).

⁴⁶ Parižan Joseph Nicolas Delisle (De L'Isle, 1688–1768), član pariške akademije od leta 1714.

⁴⁷ Abbé Nicolas Louis de Lacaille (* 1713 Rumigny; † 1762 Pariz), član pariške akademije od leta 1741.

⁴⁸ Pierre Charles Le Monnier (Lemonnier, 1715–1799).

⁴⁹ Aimé-Martin, 1843, 4: 122; Benoît, pismo iz Pekinga Papillonu d'Auterochu 16. 11. 1767.

⁵⁰ Ch'ien-lung (* 1711; † 7. 2. 1799 Peking) cesar 1736–1796.

⁵¹ Hallersteinovo pismo 28. 11. 1749; Pray, 1781, 28–29.

zelo sposoben matematik, cesarjev stric. Nove francoske tabele za napovedovanje nebesnih pojavov so začeli uporabljati namesto dotedanjih Halleyjevih, Lemonierjevih in Grammaticovih.⁵³ Vendar so Kitajci sprejeli predvsem rezultate novih metod, manj pa njihove heliocentrične principe. Benoîtov zemljevid (Di Qiu Tu Shuo) so kot popravek vnesli v dotedanje zemljevide.⁵⁴ Hallerstein je zagovarjal geocentrični sistem, ki je prevladoval na Kitajskem. Zaradi oddaljenosti od evropskih središč mnenja za razliko od francoskih jezuitov v Pekingu ni javno spremenil niti po kongregaciji leta 1756, ko so katoliki lahko prosto zagovarjali heliocentrični nauk. Kitajci so si predstavljali prazen medzvezdni prostor brez trdnih kristalnih sfer Ptolomejevega sistema. Tako v njihovem opisu sveta ni bilo nikakršnih zadržkov pred praznim, sploh pa ne "strahu pred vakuumom" ki je plašil evropske raziskovalce pred Torricelijevim izumom barometra, mnoge pa še pozneje.

Problem medzvezdnega prostora je zelo zanimal Hallersteinovega dunajskega korespondenta Hella, ki je o njem objavil knjigo leta 1789. Razprava o obstoju vakuuma je bila v Evropi živa še v času Hallersteinove mladosti. Vakuum v barometru, črpalki ali medzvezdnem prostoru je kljuboval tako Aristotelovi, kot Descartesovi fiziki.

Jezuiti so ob zastarelih ekvatorialnih koordinatah Kitajcem prinesli tudi Ptolomej-Aristotelovo geocentrično vesolje s trdnimi kristalnimi sferami, kar se je s Tycho in Kopernikom prav tedaj opuščalo v Evropi. Od tod so izvirale tudi deloma upravičene kitajske kritike jezuitske astronomije.⁵⁵ Kopernikov nauk so morali kitajski jezuiti po Galilejevem procesu opustiti, tako da je bil na Kitajskem sprejet šele konec 18. stoletja,⁵⁶ desetletja po letu 1756, ko ga je kongregacija sicer dovolila uporabljati v katoliških deželah.

Benoît in Hallerstein sta bila pogosto klicana na pogovore k cesarju. Nekoč je cesar vprašal Benoîta, ali vsi evropski astronomi verjamejo v gibanje Zemlje. Benoît je potrdil, da "skoraj vsi, vendar ne gre toliko za resničen sistem, temveč predvsem za boljši način preračunavanja gibanja nebesnih teles". Cesar je med obedom spraševal tudi o lastnostih evropskih vin in

Benoît mu je kot Francoz stare šole z veseljem postregel z vsakovrstnimi podatki.⁵⁷

12. 1. 1773 je Le Fevre,⁵⁸ vodja jezuitov v Kantonu, pomagal dvema novima francoskima misijonarjema pri prevozu odličnega novega teleskopa, številnih daril in prve vakuumske črpalke v Peking. Nova menih urar Méricourt⁵⁹ in umetnik Panzi⁶⁰ sta se po nalogu francoskega ministra Bertina⁶¹ naučila ravnanja s črpalko, preden sta odjadrala proti Kitajski.

Šest dni po njunem prihodu je cesar ukazal, naj črpalko prenesejo v stavbo Jou-y-koan, v kateri so delali evropski umetniki. Benoît in Sichelbarth sta dobila nalogo, naj pomladi črpalko predstavita cesarju in pojasnita njeno delovanje.

Benoît je nekaj mesecev pripravljaj črpalko za demonstracijo. Kitajcu je pojasnil način uporabe, da mu je lahko pomagal pri delu. Za cesarja je izbral najbolj zanimive poskuse, jih narisal na plošče z bakrorezi in pojasnil v majhni knjižici. Črpalko je shranil v prostor s kontrolirano temperaturo, da bi ji ne škodilo tedanje zimsko vreme. Méricourt in Panzi sta naučila evnuhe ravnati s črpalko, njuna navodila pa je prevajal Yuen-Ming-Yuen.

Benoît je naučil cesarja uporabljati novi refleksijski teleskop. Tudi cesarski evnuhi so med obedom pohvalili njegovo delovanje. Cesar je takoj ugotovil prednosti refleksijskega teleskopa pred tistimi, ki jih je do tedaj videl v Hallersteinovih opazovalnicah.⁶²

Trije misijonarji Méricourt, Archange in Ventavon so v urarski delavnici sestavili vse dele črpalke. Pri prvih vakuumskih poskusih 10. 3. 1773 v Jou-y-koanu so štirje evnuhi poganjali črpalko. Bili so navdušeni, ko jim je Benoît pokazal stiskanje, raztezanje in druge lastnosti zraka. Ob osmi uri zvečer je cesar zahteval pojasnila za vse rezultate poskusov. Seznanil se je z notranjostjo črpalke in z deli, ki so bili skriti znotraj naprave. Benoît mu je moral razložiti pomen številnih bakrorezov, ki so bili priloženi kot navodila za delovanje. Cesar je ukazal ponoviti vse poskuse iz Jou-y-koana, ki so jih zanj priredili evnuhi. Naslednji dan, 11. 3. 1773, so evnuhi poročali Benoîtu, ko je prišel v Jou-y-koan. Natančno so opisali dogodke, ki so se vrstili prejšnjega dne pri cesarju.

Cesar je zahteval pripravo novih poskusov. Zato je Benoît dal razstaviti črpalko, da bi pregledal, če so vsi

⁵² Kopernikanski sta bili že Planisfera Sabbatinusa de Ursisa (1575–1620) iz leta 1611 in astronomija Emmanuela Diaza (Yang ma-No, 1574–1659) iz leta 1615, ki je upoštevala Galilejeva teleskopska odkritja.

⁵³ Nicholas Grammatici (* 1684; † 1736).

⁵⁴ Aimé-Martin, 1843, 4: 122; Benoît, pismo iz Pekinga Papillonu d'Auterocheju 16. 11. 1767.

⁵⁵ Needham, Ling, 1959, 3: 438765.

⁵⁶ Needham, Ling, 1959, 3: 443–444.

⁵⁷ Aimé-Martin, 1843, 4: 217, 220; Benoît, pismo 4. 11. 1773.

⁵⁸ Joseph-Louis Le Fevre (* 30. 8. 1706 Nantes; † pred 1780 v Franciji).

⁵⁹ Oče Hubert de Méricourt (Li Tsuen-Hien Si-Tschen, * 1. 11. 1729 Francija; † 20. 8. 1774 Peking).

⁶⁰ Brat Joseph Panzi (Pansi, P'an T'ing-Tchang, Jo-Ché, * okoli 1733 Italija; † pred 1812 Peking).

⁶¹ Henri-Léonard-Jean-Baptiste Bertin grof de Bourdeilles (* 24. 3. 1720 Périgueux; † 1792 Spa v Belgiji) častni član pariške akademije (Amiot, 1774, 519).

⁶² Aimé-Martin, 1843, 4: 196–198, 208; Benoît, pismo 4. 11. 1773.

deli v dobrem stanju. Dopoldne je razložil cesarju uporabo različnih ventilov, velike pipe nasproti bata in zunanjega varnostnega ventila, ki sta branila prehod zunanjega zraka v recipient. Ko je bil cesar seznanjen z vsemi deli črpalke, je vprašal, če lahko začno s poskusi. Za pripravo je bilo potrebno nekaj časa, ki ga je cesar izkoristil za tisoče vprašanj, kot je bila pri njem navada.

Benoît je cesarju predstavil enaindvajset izbranih poskusov. Prvih šest je dokazovalo tlak zraka. Poskusi so se vrstili drug za drugim. Medtem ko je cesar poslušal razlago prejšnjega poskusa, so že pripravljali naslednjega. Benoît je v sobano prinesel tudi barometer in termometer. Cesar je postavil več vprašanj o načinu, kako zrak zniža gladino živega srebra v barometru, kako dvigne vodo v črpalki in zakaj je sprememba tlaka sorazmerna s spremembo višine živega srebra. Benoît mu je postregel z razlagami, ki so bile tedaj v navadi v Evropi. Opozoril ga je tudi, da se teža zraka spreminja glede na vremenske pogoje.

V drugi skupini poskusov je Benoît dokazoval elastičnost in stisljivost zraka. Ti poskusi so se cesarju še posebno priljubili.

Črpalko je Benoît med prvimi poskusi v Jou-y-koanu hotel imenovati "cev za raziskovanje zraka", v kitajščini yen chhi thung oziroma Nien-ki-tung po starem francoskem zapisu. Cesar je menil, da je treba uporabiti besedo hou (Heou v francoskem zapisu) namesto yen (Nien v francoskem zapisu). Beseda se mu je zdela bolj plemenita, uporabljena v klasičnih kitajskih knjigah za opis nebesnih opazovanj, za opazovanja pri določanju poljedeljskih dejavnosti in spreminjanju letnih dob. Tako je cesar izbral naziv "cev za opazovanje zraka", hou chhi thung oziroma Heou-hy-tung v starem francoskem zapisu.

Ob koncu predstavitve črpalke se je cesar zahvalil svojim ženam in drugim damam, ker so prisostvovala poskusom. Po zelo dolgi predstavitvi, med katero je vseskozi stal v bližini črpalke, se je vrnil v svoje prostore in ukazal, naj za njim odnesejo tudi črpalko. Benoîta, Méricourta in Panzija je bogato obdaril s tremi velikimi kosi svile.⁶³

Tako je vakuum vdrl na Kitajsko. Vendar Hallerstein in njegovi sodelavci niso utegnili postaviti veliko novih poskusov. Naslednje leto je Benoît umrl po kapi, le nekaj dni pred dvanajst let starejšim Hallersteinom.

SKLEP

Hallerstein je odrasel na Kranjskem, ki je ob Kitajski komajda pika na zemljevidu. Prav nič se ni počutil majhnega in se je uveljavil v samem vrhu kitajske znanosti. S svojimi raziskavami vakuumskih razelektritev ob severnem siju in vakuumske črpalke je skupaj s sodelavci utrl pot sodobni kitajski vakuumski industriji. Nedvomno bi bilo lepo in prav, da bi se slovenski vakuumisti še nadalje uveljavljali v Pekingu po Hallersteinovih stopinjah, saj je Kitajska gotovo trg, ki največ obeta.

LITERATURA

- Aimé-Martin, M. L. 1838, 1843. *Lettres édifiantes et curieuses concernant l'Asie, l'Afrique et l'Amérique. I.* Pariz: Auguste Desrez. II-IV. Pariz: Société du Panthéon Littéraire.
- Akasofu, Syun-Ichi. 2002. Secrets of the Aurora Borealis. *Alaska Geographic*. 29/1: 1-111.
- Amschell, Anton. 1807. A.A. Amschell in Universitate Vindobonensi AA.LL. ac Philosophiae Doctoris, Facultatis ejusdem Senioris, Physicae et Mechanicae Professoris Caes.Regii Publici et Ordinarii Elementa Physicae e Phaenomenis et Experimentis Deducta, aut Auditorum Conscripta, ac in Dissertationes Sex Divisa. Vienna: Sumtibus Aloysii Doll, Bibliopola.
- Amiot, Joseph Maria. 1773. Extrait d'une Lettre du P. Amiot dans laquelle il trace le plan que les Chinois suivent dans leurs études, & de quelques autres Ecrits du même Missionnaire, du 6 Octobre 1770. *Journal des Savants*. Februar. 2: 97-130. (Vsebuje tudi razpravo: *Aurore Boréale*. 2: 111-112, ki jo je Cotte (1788, 344) napačno citiral kot: *Journal des Savants*, Januar 1773, str. 41).
- Amiot, Joseph Maria. 1774. Observations météorologiques. Faites a Pékin, par le P. Amiot, Décembre 1762. Mis en ordre par M. (Charles) Messier. *Mémoires de mathématiques et de physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences*. 6: 519-601.
- Angot, Alfred. 1896. *The Aurora Borealis*. London: Kegan Paul, Trench, Trübner & Co. Ltd.
- Cotte, Louis. 1788. *Mémoires sur la météorologie*. Paris: Imprimerie royale. I-II.
- Fritz, Hermann. 1873. *Verzeichniss Beobachter Polarlichter*. Wien: Gerold's Sohn.
- Guillermier, Pierre, Koutchmy, Serge. 1999. *Total Eclipses: Science, Observations, Myths and Legends*. Berlin: Springer.
- Hallerstein, Avguštin. 1772. Lucis borealis Pekini sub Elevatione Poli 39.54 a R. P. Hallerstein observatam. *Hell, Ephemerides astronomicae* 1772, Viennae 1771. 16: 250-251.
- Hell, Maximilian. 1761-1777. *Ephemeridae Astronomicae Ann. ad Meridianum Vindobonnensem jvssv Avgvstorvm calculis definitae a P. Maximiliani Hell e S. J. Astronomo caesareo-regio Universitatis Vindobonensi. -Anni Bissexti.Vienae. Typis et sumtibus Joannis Thomae de Trattner; caes. Reg. Maj. Av.Typographi et Bibliop.*
- Mairan, Jaen-Jacques Dortous de. 1731. *Traité physique et historique de l'Aurore Boréale*. Mémoires de l'academie. Ponatisa: Paris: Imprimerie royale, 1733/34; 1754.
- Marković, Željko. 1968-1969. *Ruđe Bošković*. Zagreb: JAZU.
- Needham, Joseph, Wang Ling. 1959. *Science and Civilization in China*. Vol. 3. Mathematics, Astronomy, Geography, Cartography, Geology, Seismology and Mineralogy. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pouillet, M. 1953. *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*. Paris: Hachette.
- Pray, Georgius. *Imposturae CCXVIII in dissertatione r. p. Benedicti Cetto, Clerici Regularis e Scholis Piis de Sinensium imposturis detectae et convulsae. Accedunt Epistolae anecdotae r. p. Avgustini e comitibus Hallerstein ex China scriptae*. Budae: Typis Regiae Universitatis.
- Tirnberger, Karl. 1770. Auszug aus den Wetterungsbeobachtungen, welche in der Sternwarte zu Grätz von 1765-1769 gemacht werden sind. Grätz: Widmanstätter.

⁶³Needham, Ling, 1959, 3: 451; Aimé-Martin, 1843, 4: 223-224; Benoît, pismo 4. 11. 1773).