

Marek Zawilski

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Oddział w Łodzi

## Krakowskie obserwacje Jana Śniadeckiego

### Jan Śniadecki's Astronomical Observations in Krakow

The article presents an analysis of astronomical observations that Jan Śniadecki (1756–1830) carried out in Krakow between 1788 and 1803. It evaluates the instruments, observational techniques and the accuracy of observations. It analyzes the observations of solar and lunar eclipses, occultations of stars by the Moon, transits of Mercury across the Sun, eclipses of the moons of Jupiter, positional observations of planets and asteroids, and determination of geographical coordinates of the Cracow Observatory.

**Keywords:** the Cracow astronomical observatory, Jan Śniadecki, eclipse, occultation, asteroid, moons of Jupiter

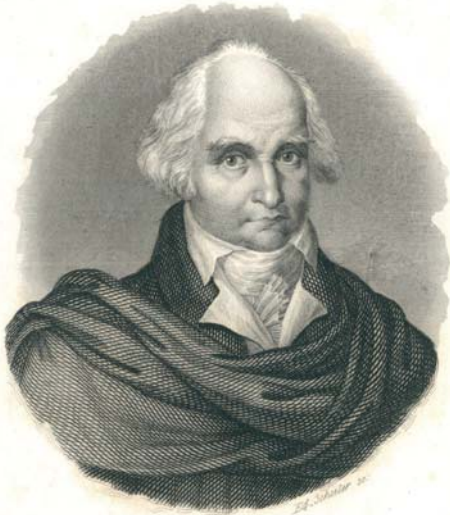
**Słowa kluczowe:** obserwatorium astronomiczne w Krakowie, Jan Śniadecki, zaćmienie, zakrycie, planetoida, księżycy Jowisza

#### Wstęp

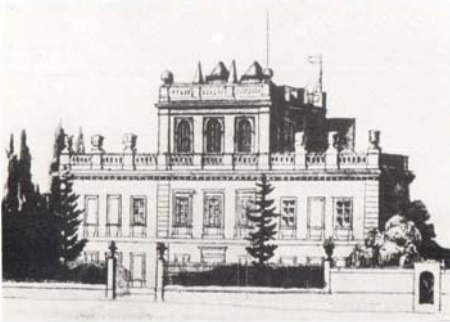
Pod koniec XVIII w. astronomia polska doczekała się ważnej placówki – w Krakowie w 1792 r. oddano oficjalnie do użytku obserwatorium astronomiczne, w którym rozpoczął pracę wybitny naukowiec i obserwator – Jan Śniadecki (Ryc. 1 i 2). Placówką tą kierował do 1803 r., osiągając przy tym niezwykłą efektywność i biegłość.

Pokłosiem ponad 11 lat pracy jest unikalny zbiór wyników obserwacji, który jednak do tej pory, a zatem przez ponad 200 lat, nie doczekał się jednoznacznej oceny pod względem dokładności i rzetelności, pomimo bogatej literatury, poświęconej życiu i działalności Jana Śniadeckiego<sup>1</sup>. Autor ma zatem nadzieję, że niniejsza publikacja wypełni tę lukę.

1 J. Pagaczewski, *Astronomiczne instrumentarium Jana Śniadeckiego*, „Urania” t. 27, 1956, nr 8, s. 229–232; W. Dziewulski, *Dwóchsetna rocznica urodzin Jana Śniadeckiego*, „Urania” t. 27, 1956, nr 8, s. 232–233; J. Mielwski, *Tematyka prac astronomicznych w pierwszej siedzibie obserwatorium krakowskiego*, „Prace Komisji Historii Nauki PAU” t. 10, 2010, s. 191–204; idem, *Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego (I)*,



Ryc. 1. Jan Śniadecki (1756–1830) (Źródło: Polona.pl).



Ryc. 2. Obserwatorium astronomiczne w Krakowie (Źródło: IHN PAN).

## Instrumenty obserwacyjne i ich używanie

Organizacja obserwatorium wymagała od Śniadeckiego zajęcia się w pierwszym rzędzie skompletowaniem instrumentów obserwacyjnych. Historia ich gromadzenia była już dokładnie opisywana<sup>2</sup>. Niemniej warto ponownie wymienić najważniejsze przyrządy, jakie weszły na inwentarz nowego obserwatorium, oraz podać pewne dodatkowe informacje, istotne w aspekcie oceny jakości przeprowadzonych obserwacji<sup>3</sup>.

Na wyposażeniu były m.in. dwie lunety „londyńskie” Dollonda: duża o średnicy obiektywu 93 mm, ogniskowej 117 cm i stosowanym powiększeniu  $92\times$  i  $38\times$  oraz mała o średnicy obiektywu 55 mm, ogniskowej 75 cm i powiększeniu  $48\times$  i  $32\times$ , obie na montażu azymutalnym na słupku. Należy dodać, że były one używane bez żadnego prowadzenia długoczasowego, a bieżący przesuw lunet w czasie obserwacji zapewniały jedynie śruby ruchu leniwego w azymucie i wysokości. Większa z lunet miała też prostą skalę wysokości i być może szukacz, który jednak się nie zachował. Używany też był rzadko reflektor Gregory’ego o średnicy lustra 10,5 cm. Obserwowanie Słońca odbywało się zapewne przy użyciu jakiegoś filtra okularowego (być może okopcanej szybki) lub poprzez rzutowanie obrazu Słońca na ekran (brak na ten temat jakiegokolwiek informacji).

Do pomiarów wysokości i deklinacji gwiazd obserwatorium było też wyposażone w duży kwadrant „francuski” Caniveta (o promieniu około 90 cm) z lunetką o średnicy około 3,5 cm i ogniskowej około 110 cm, wyposażoną w mikrometr okularowy z ruchomą nitką poziomą, przesuwaną skalowanym pokrętle. Kalibracja mikrometru wykonana 5 i 23 lutego 1794 r. przy wykorzystaniu pomiaru różnicy deklinacji gwiazd  $\mu$  i  $\eta$  Gem dała wynik  $114,3''$  na jeden obrót pokrętła. Ponieważ skala pokrętła umożliwiała odczyt do 0,01 obrotu, stąd dokładność pomiaru kąta pionowego wynosiła około  $1''$ . Głów-

„Urania” t. 56, 1985, nr 3, s. 66–72; idem, *200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego*, „Postępy Astronomii” t. 40, 1992, nr 3–4, s. 101–117; T. Kardaś, *Jan Śniadecki – zapomniany astronom*, „Foton” t. 104, 2009, s. 30–41.

2 J. Pagaczewski, op. cit.; J. Mielwski, *Tematyka prac astronomicznych*; idem, *Obserwatorium astronomiczne*; idem, *200 lat historii*.

3 Zachowane instrumenty można oglądać w Muzeum UJ w Krakowie.

na podziałka przyrządu była naniesiona na obwodzie z dokładnością  $1/6$  stopnia ( $10'$ ), a odczytywana była przy pomocy lupy, za którą w małej skrzyneczce umieszczano świeczkę, oświetlającą „kreski” noniusza. Kwadrant był ustawiony na regulowanych nóżkach, umożliwiających poziomowanie za pomocą libelli, a cały przyrząd był umieszczany na tarasie, chociaż zapewne musiał być okresowo przesuwany np. w celu jego zabezpieczenia przed złymi warunkami atmosferycznymi. Typowy pomiar wysokości w południku był zapisywany następująco (przykład dla pomiaru gwiazdy odniesienia z 16 marca 1802 r.):  $56^{\circ}40'$  (noniusz wysokości dla nici poziomej stałej) + 2,27 RM (obrotu mikrometru) pod nicią stałą. Wynik ten oznaczał w tym przypadku ostateczną wysokość widomą  $56^{\circ}44'19''$  (zapis „pod nicią stałą” w lunetce odwracającej obraz oznaczał tu konieczność dodania wskazania mikrometru).

Drugi, mniejszy kwadrant „angielski” Ramsdena był używany rzadziej, przy tym dawał on znaczne różnice w odczycie wysokości (czasem nawet do  $7'$ !) względem kwadrantu dużego, co oczywiście wynikało głównie z różnic w ustawieniu obu przyrządów, niż z błędów samych przyrządów.

Instrument przejściowy stanowiła luneta o średnicy około 5 cm (nie zachowana) i ogniskowej około 1,20 m. Instrument ten był stabilnie zamontowany na słupie z fundamentami w gruncie, oddzielonym od reszty konstrukcji budynku. Obserwacje przez szczelinę w dachu były możliwe w dużym zakresie wysokości. W tym przypadku Śniadecki narzekał jednak na błąd kolimacji (nieprostokątności osi optycznej i osi obrotu), korygując doświadczalnie wskazania przyrządu. Okular był wyposażony w jedną nić poziomą i trzy pionowe, wykorzystywane do notowania momentów przejść obiektów w południku, przy czym środkowa określała dokładnie południk, a dwie poboczne, ustawione symetrycznie, były używane kontrolnie. Czas przejścia obiektów pomiędzy kolejnymi nićmi dla obiektów w pobliżu równika niebieskiego wynosił około  $1^m11^s$ . Położenie osi lunety było weryfikowane przez obserwacje wysokości obiektów (Słońca i gwiazd) na wysokościach korespondencyjnych – moment średni z takich dwóch przejść przez nić poziomą oznaczał dokładny moment górowania. Umożliwiała to korektę dla instrumentu południkowego. Przykładowo 17 maja 1792 r. południe z lunety przejściowej było wcześniejsze o  $21^s$ , 23 czerwca 1792 r. późniejsze o  $4^s$ , 24 czerwca o  $1^s$ , 19 lipca o  $12^s$  od uzyskanego z wysokości korespondencyjnych.

Ciągłe pomiary czasu były wykonywane głównie przy użyciu zegarów wahadłowych Le Pauta („z tarczą porcelanową i mosiężną”), używanych zasadniczo do notowania czasu średniego, na który jednak Śniadecki przeszedł dopiero w listopadzie 1792 r. Okresowo wyznaczana była poprawka stała między czasem zegarowym a średnim, następnie zaś wskazówki zegara były regulowane na dokładny czas średni. Ponadto moment południa prawdziwego, wyrażony w czasie średnim, umożliwiał określenie różnicy czasu, które z kolei było porównywane z wartościami z roczników, co dawało informację o bieżącej dokładności wskazań zegara.

Odczyt sekund na zegarze był łatwy ze wskazówki sekundowej, ale musiało to się odbywać natychmiast po jakimś nagłym zjawisku (zakryciu gwiazdy, przejściu obiektu przez nitkę w okularze itp.); sprawę ułatwiała nieco tykanie zegara co sekundę.

Różnice wskazań dla czasu średniego, jak wynika z zapisków w *Dzienniku*, sięgały  $20^s$ , ale były one traktowane w takiej sytuacji jako poprawka czasu. Dobowy chód zegara był ogólnie oceniany jako dobry (np. 20 i 30 stycznia 1793 r. otrzymano ze wskazań zegara

taką samą różnicę momentów południa prawdziwego, jak w momentach efemerydalnych). Niekiedy błąd chodu dobowego oceniano z tego typu obserwacji na 1–2 sekundy, ale bywało, że sięgał 2.5<sup>s</sup> (np. w lutym 1793 r.). Chód zegara mógł być jeszcze oceniany z przejść gwiazd przez południk w kolejnych dobach (momenty te w czasie średnim powinny się różnić od siebie, jak wiadomo, o 3<sup>m</sup>56<sup>s</sup>, co wynika z krótszej doby gwiazdowej w stosunku do doby średniej). Tego rodzaju pomiary, przeprowadzone np. w ciągu kilku dni pod koniec września 1798 r., dały wynik przyspieszenia zegara o 2<sup>s</sup> na dobę. Wiele zjawisk było jednak ostatecznie podawanych w czasie prawdziwym słonecznym, wyznaczanym niemal codziennie z obserwacji górowania Słońca. W dniach pochmurnych bywało, że tej obserwacji nie dało się przeprowadzić, a w takich przypadkach czas słoneczny był określany zastępczo z równania czasu, branego z roczników i tablic. Notowane zjawiska były podawane w *Dzienniku* najpierw w czasie zegarowym, a następnie przeliczane na średni lub prawdziwy z uwzględnieniem poprawek odpowiednich dla danego dnia.

Należy też zauważyć, że najczęściej obserwator musiał używać trzech przyrządów jednocześnie lub niemal jednocześnie: dla wyznaczenia przejść przez południk i wysokości kwadrantem musiał oba przyrządy wstępnie wycelować, a następnie dokonać na nich szybko i bezbłędnie odczytów – dla instrumentu przejściowego czasów kontaktu z nitkami pionowymi z zegara (z dokładnością do sekundy), a dla kwadrantu – wskazań nioniusza skali głównej i mikrometru; a wreszcie zapisać wszystko bezbłędnie w dzienniku. Zatem podziwiać można podzielność uwagi obserwatora w każdych warunkach – w dzień i w nocy, latem i zimą, wieczorem i nad ranem, a przy tym, jak się wydaje, pracującego najczęściej samotnie.

## Działalność obserwacyjna i dorobek

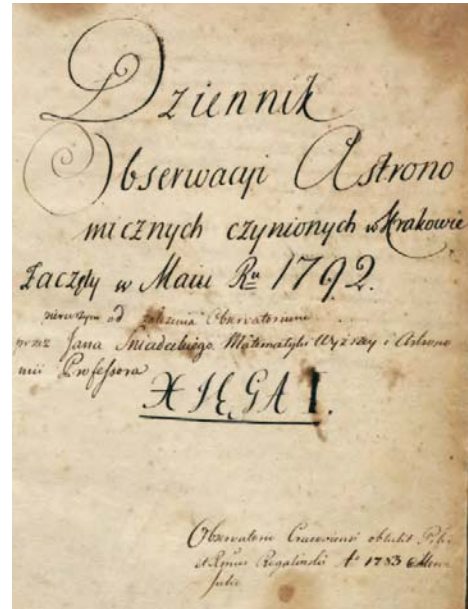
Swoje wyniki Śniadecki zapisywał przede wszystkim w zachowanym do dziś *Dzienniku obserwacji astronomicznych* (Ryc. 3)<sup>4</sup>, a także publikował w kilku czasopismach w kraju i za granicą<sup>5</sup>. Ze źródeł tych wynika ogrom osiągnięć, niezwykle zaangażowanie i staranność pracy. Śledząc oryginalne notatki, można wywnioskować, że autor spędzał pod gwiazdzistym niebem każdą noc wolną od chmur, nie licząc obserwacji dziennych. Priorytetowo traktował przede wszystkim obserwacje pozycyjne, zmierzające do wyznaczenia współrzędnych geograficznych obserwatorium, określanie pozycji

4 *Dziennik Obserwacji Astronomicznych czynionych w Krakowie, zaczęty w Maiu Roku 1792 pierwszym od założenia Obserwatorium przez Jana Śniadeckiego Matematyki Wyższej i Astronomii Profesora. Xięga I*, jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/304/edition/280#structure [dostęp 15.02.2019]; *Dziennik Obserwacji Astronomicznych czynionych w Krakowie pod szerokością Północną ... stanowiący całego Zbioru Obserwacji Xięgę II-gą, zaczęty w Miesiącu Maiu Roku Ery Chrześcijańskiej 1800 od założenia Obserwatorium Astronomicznego przy Akademii Krakowskiej w Roku VIII skończonym za Jana Chrzcziciela Śniadeckiego Astronoma*. jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/235/edition/220 [dostęp 15.02.2019].

5 J. Śniadecki, *Obserwacje astronomiczne*, „Roczniki Towarzystwa Warszawskiego Przyjaciół Nauk” t. 1, 1802, s. 462–527; idem, *Ciąg dalszy obserwacji astronomicznych, robionych w Krakowie przez Jana Śniadeckiego*, „Roczniki Towarzystwa Warszawskiego Przyjaciół Nauk” t. 3, 1804, s. 153–177; „Ephemerides Astronomicae ... ad Meridianum Vindobonensem”, 1787–1806, wyd. F. d. P. v. Triesnecker, Wien; „Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde”, 1800–1807, wyd. F.-X. von Zach, Gotha.

planet i planetoid, zaćmienia Słońca i Księżyca, zakrycia gwiazd i planet przez Księżyc oraz zjawiska zaćmieniowe w układzie księżyców Jowisza. Do codziennych czynności obserwacyjnych należało również, jak już wspomniano, dbanie o służbę czasu, a stąd konieczność określania południa prawdziwego słonecznego oraz ciągłe korygowanie chodu zegarów.

Korzystając z czystego nieba, Śniadecki potrafił się jednak zachwycać również obiektami mgławicowymi czy światłem zodiakalnym, chociaż obserwował je tylko sporadycznie w pierwszym okresie pracy i bez ich głębszego studiowania. Warto te opisy jednak przytoczyć (Tabela 1), gdyż uwidaczniają autentyczną radość z przeglądu nieba za pomocą zdobytych lunet (pisownia oryginalna, podobnie jak w przypadku innych cytatów).



Ryc. 3. Dziennik obserwacji astronomicznych Jana Śniadeckiego (Domena publiczna).

Tabela 1. Opisy widoków nieba z 1792 r. (wyciąg z rękopisu *Dziennika*).

| Data       | Opis obserwacji w <i>Dzienniku</i>  | Identyfikacja obiektów   |
|------------|---|--------------------------|
| 1792 IX 15 | Nebulosa prześlicznej piękności bardzo znacznie się od N-Est ku [?] rozciągająca przy której wielka liczba gwiazdeczek małych pod Scutum Sobiescianum w samym środku Via Latea między nogą Ophiusa i gwiazdami Arctenentis. | M8                       |
| 1792 IX 15 | Prześliczna Nebulosa nad $\beta$ Andromedy w iey pasie między $\sigma$ , $\rho$ , $\theta$ Andromedy.   | M31 [?]                  |
| 1792 IX 5  | Nebulosa z kupy gwiazd złożona między $\beta$ i $\gamma$ Furmana.   | M36                      |
| 1792 IX 21 | Z rana o godz. 3 20' Lumen Zodiacale w postaci Coni wznoszącego się przy Horyzoncie od wschodu widziane. Potem examinowana sławna Nebulosa Oriona przy iego Pałaszu.  | Światło zodiakalne i M42 |
| 1792 XI 22 | Lumen Zodiacale bardzo iasne w godz. z rana widziane rozciągające się od Południa począwszy od gwiazdy ...Hydra.. Spicam [?] Panny aż ad $\beta$ Leonis, ku Północy a dosięga ku Zachodowi Comam Berenices.                 | Światło zodiakalne       |

Większość obserwacji była opracowywana na bieżąco, szczególnie dotyczyło to przeliczania czasu, wprowadzania rozmaitych korekt, przeliczania momentów przejścia przez południk oraz wysokości górowania z pomiarów mikrometrycznych z uwzględnieniem refrakcji astronomicznej. Notatki te są zawarte w *Dzienniku* i stanowią nieocenione źródło informacji, pozwalające na studiowanie metodyki prac obserwacyjnych. Niestety, w stosunku do kilku serii obserwacji musiał Śniadecki dokonywać przeliczeń pomocniczych poza *Dziennikiem*, gdyż znane są jedynie surowe wyniki pomiarów i końcowe rezultaty opublikowane w czasopismach. Niemniej zapiski oryginalne są jeszcze

o tyle cenne, że np. pozwoliły autorowi niniejszej pracy na wykrycie kilku błędów drukarskich.

Działalność obserwacyjna krakowskiego astronoma była często motywowana współpracą z innymi uczonymi – w kraju dotyczyła ona szczególnie korespondencji z astronomem wileńskim Marcinem Odlanickim Poczobutem (1728–1810), a za granicą – z Franzem Xaverem baronem von Zachem (1754–1832) z Gothy w Turynii, wydawcą m.in. periodyku „Monatliche Correspondenz”, a także Franzem de Paula von Triesneckerem (1745–1817), dyrektorem obserwatorium wiedeńskiego, publikującym „Ephemerides Astronomicae ad Meridianum Vindobonensem”. Śniadecki otrzymywał od nich niektóre efemerydy, prośby o obserwacje i wskazówki, rewanżując się wysyłaniem wyników swoich prac.

Niestety, okres twórczej działalności obserwacyjnej był kilkakrotnie z różnych przyczyn przerywany. Pierwsza taka przerwa miała miejsce w okresie czerwiec–grudzień 1793 r., kiedy Śniadecki był delegowany do Warszawy i Grodna, gdzie uczestniczył w obradach sejmu. Druga przerwa była wymuszona całkiem innymi okolicznościami – astronom opuścił Kraków na okres od czerwca 1794 do lipca 1795 r., obawiając się o swoje bezpieczeństwo w związku ze wcześniejszym zaangażowaniem w insurekcję kościuszkowską (15 czerwca 1794 r. Kraków został zajęty przez wojska pruskie). Początkowo udał się do Kalwarii i Zatoru, a następnie do Warszawy i na Lubelszczyznę. W swym *Dzienniku* zapisał dość oględnie, że do wznowienia pracy w obserwatorium konieczna była zgoda władz pruskich... Trzecia luka czasowa w pracach obserwacyjnych to okres sierpień–październik 1795 r., w czasie trzeciego rozbioru Polski.

4 stycznia 1796 r. do Krakowa wkroczyły wojska austriackie. W konsekwencji czwarta przerwa (styczeń–kwiecień 1796) była podyktowana tymi właśnie okolicznościami. Zgodnie z zapiskami w *Dzienniku*: „Po wkroczeniu Woysk Cesarskich do Krakowa Profesor Astronomii wysłany w interesach Akademii do jego Cesarskiej Mości do Wiednia, dnia 21 Stycznia wyjechał i ciąg obserwacji aż do powrotu swego przerwał, który nastąpił dnia 21 kwietnia tegoż roku. Następują potem obserwacje przez tegoż czynione”. We Wiedniu spotkał się m.in. z Triesneckerem, ale w sprawach dotyczących uniwersytetu większych sukcesów nie odniósł.

W okresach nieobecności Śniadeckiego, obserwacje prowadził Józef Czech (1762–1810), nie osiągając jednak dotychczasowego dorobku ilościowego i jakościowego.

Śniadecki ostatecznie otrzymał w nowej sytuacji politycznej zgodę na kierowanie obserwatorium<sup>6</sup> i kontynuowanie obserwacji, chociaż do końca życia pozostawał przybity faktem utraty przez Polskę niepodległości<sup>7</sup>. Po wyjeździe Śniadeckiego z Krakowa (koniec lipca 1803 r.) w *Dzienniku* były zapisywane obserwacje jego następcy, Józefa Łęskiego (1760–1825), jednak tylko przez rok (ostatni wpis nosi datę 7 sierpnia 1804 r.).

Poniżej są przedstawione analizy wykonanych przez Śniadeckiego obserwacji i ocena ich dokładności.

6 Chociaż w 1797 r. zrzekł się stanowiska profesora.

7 Co ciekawe, Triesnecker w swoich publikacjach przy okazji podawania współrzędnych geograficznych miejscowości podawał konsekwentnie dla Krakowa i Warszawy przynależność państwową „w Polsce” (in Polen).

## Zaćmienia Słońca

W dorobku obserwacyjnym Śniadeckiego znajdują się cztery dobrze widoczne zaćmienia Słońca (Tabela 2). Pierwsze z nich obserwował jeszcze przed otwarciem obserwatorium, z terenu przyległego do niego Ogrodu Botanicznego, świadkiem zaś następnego zaćmienia, bliskiego fazie obrączkowej, był pod Grodnem, w czasie pobytu służbowego. Korzystając ze znajomości z Poczobutem, zorganizował te obserwacje razem z nim w majątku Augustowo<sup>8</sup> na zachód od Grodna. Poczobut zaopatrzył stanowisko w sprzęt obserwacyjny z Wilna. Warto dodać, że do śledzenia zjawiska został zaproszony również król Stanisław August Poniatowski, a obserwacje przyniosły cenne wyniki, umożliwiające sprecyzowanie długości geograficznej Grodna. W Krakowie zaćmienie obserwował Czech, jednak z powodu zachmurzenia udało mu się jedynie zanotować koniec zjawiska, podany w *Dzienniku* w czasie zegarowym, a zatem bez żadnych korekt i przeliczeń, jako że wyznaczenie momentu południa prawdziwego okazało się w tych warunkach bardzo niepewne. To samo zaćmienie jako obrączkowe obserwował w Warszawie astronom królewski Jowin Bystrzycki (1737–1821), ale tylko niektóre fazy zjawiska w przerwach między chmurami i bez odnotowania momentów kontaktów.

Tabela 2. Wyniki obserwacji zaćmień Słońca.

| L.p. | Data       | Miejsce   | Kontakty    | Momenty        |          |           | Faza maks. obl. | O–C [s] |
|------|------------|-----------|-------------|----------------|----------|-----------|-----------------|---------|
|      |            |           |             | obserwowane    |          | obliczone |                 |         |
|      |            |           |             | czas prawdziwy | UT       | UT        |                 |         |
| 1    | 1788 VI 4  | Kraków    | początek    | 20:46:31       | 07:24:37 | 07:24:20  | 0.53            | +17     |
|      |            |           | koniec      | 22:52:05       | 09:30:13 | 09:30:33  |                 | –20     |
| 2    | 1793 IX 5  | Augustowo | początek S. | 23:49:08       | 10:12:14 | 10:12:02  | 0.93            | +12     |
|      |            |           | początek P. | 23:49:07       | 10:12:13 |           |                 | +11     |
|      |            |           | koniec S.   | 02:49:44       | 13:12:48 | 13:12:52  |                 | –4      |
|      |            |           | koniec P.   | 02:49:37       | 13:12:41 |           |                 | –11     |
| 3    | 1794 I 31  | Kraków    | początek    | 01:03:49       | 11:57:59 | 11:57:51  | 0.07            | +8      |
|      |            |           | koniec      | 01:58:52       | 12:52:52 | 12:52:40  |                 | +12     |
| 4    | 1797 VI 24 | Kraków    | początek    | 06:03:26       | 16:45:41 | 16:45:31  | 0.51            | +10     |
|      |            |           | koniec      | 07:32:31       | 18:14:47 | 18:14:50  |                 | –3      |

Dla zjawiska z r. 1793: S – obserwacje Śniadeckiego, P – Poczobuta.

Momenty (powyższe oraz w tabeli 5) obliczone programem Occult v.4.6.5.1 dla współrzędnych geograficznych:

Kraków:  $\lambda = 19^{\circ}57'21,3''E$ ,  $\varphi = 50^{\circ}03'49,3''N$ ,  $H = 220$  m n.p.m.;

Augustowo:  $\lambda = 23^{\circ}47'47''E$ ,  $\varphi = 53^{\circ}39'40''N$ ,  $H = 70$  m n.p.m. w układzie WGS84.

Dwa kolejne zaćmienia były już obserwowane przez Śniadeckiego w Krakowie, jednak w różnych warunkach pogodowych – w r. 1794 przy rzadkich chmurach, postrzegane

8 W wielu źródłach podawana jest informacja o „przeprowadzeniu obserwacji zaćmienia w Augustowie”. Takie sformułowanie jest, oczywiście, prawdziwe, niemniej nie można kojarzyć tego miejsca z obecnym miastem Augustów w woj. podlaskim.

równoległe z Czechem, zaś w r. 1797 widoczny był szczęśliwie początek i koniec zjawiska, natomiast w okolicy maksimum nad Krakowem przechodziła burza.

Następne dwa zjawiska nie mogły być już obserwowane – 28 sierpnia 1802 r. niebo było całkowicie zachmurzone, zaś 11 lutego 1804 r. (zaćmienie o największej ze wszystkich w Krakowie fazie – 0,98), już po opuszczeniu przez Śniadeckiego Krakowa, udało się jedynie uzyskać przy zachmurzonym niebie bardzo niepewny moment początku, ale obserwacja ta nie została opracowana.

Uzyskane wyniki kontaktów czterech zaćmień (Tabela 2) pokazują, że są one bardzo dobre, biorąc pod uwagę ówczesną technikę obserwacyjną. Różnice kilku-, kilkunastosekundowe w momentach początku i końca zaćmienia częściowego w stosunku do dzisiejszych obliczeń są zupełnie zrozumiałe, nie tylko ze względu na możliwe błędy służby czasu, lecz także niemożność precyzyjnego wizualnego stwierdzenia kontaktów Księżyca z brzegiem Słońca. Dodajmy, że określenie dokładności tych obserwacji Śniadeckiego jest możliwe dopiero w dzisiejszych czasach, gdy dysponujemy dokładnymi wartościami nierówności brzegu widomej tarczy Księżyca (dotyczy to także zakryć gwiazd przez Księżyc, opisanych niżej).

W przypadku zaćmień Słońca (a także wszystkich pozostałych zjawisk) oryginalne momenty podane w czasie prawdziwym zostały przeliczone na czas uniwersalny (UT) na podstawie czasów przejścia Słońca przez południk w Greenwich i dobowych zmian tej wielkości, obliczonych programem Occult v.4.6.0.0<sup>9</sup>, a następnie z uwzględnieniem długości geograficznej miejsca obserwacji.

## Zaćmienia Księżyca

W dorobku Jana Śniadeckiego jest też pięć zaćmień Księżyca, w tym dwa całkowite.

Metodyka obserwacji polegała na notowaniu początku oraz końca zaćmienia częściowego i całkowitego, jak również kontaktów cienia z obiektami na tarczy księżycowej (głównie wyraźnymi kraterami). Tego rodzaju notowania są do dziś celem obserwacji amatorskich, a pozwalają na określenie rozmiarów cienia Ziemi. Natomiast określenie momentów głównych faz zaćmienia (Tabela 3) mogłoby teoretycznie służyć również do znajdowania długości geograficznej, jednak z uwagi na ich nieprecyzyjność (rozmycie cienia), pomiary takie dają zbyt duże błędy, z czego Śniadecki doskonale zdawał sobie sprawę. Można jednak było te momenty porównywać z efemerydami, których dokładność w tym czasie wynosiła 1 minutę.

Podsumowanie analiz rozmiarów cienia Ziemi, wykonanych według dzisiejszych algorytmów, daje w rezultacie jego zwiększenie  $\Delta r$  o około 3% w stosunku do rozmiarów czysto geometrycznych (co wynika z wpływu gęstych warstw atmosfery ziemskiej) (Tabele 3 i 4). Wartość ta jest większa od obecnie przyjmowanych 2%, ale trudno dyskutować tu o przyczynach takiego wyniku. Być może wpływ nań miała jakość optyki lunet, używanych przez Śniadeckiego, i nieprecyzyjność szacunków kontaktów cienia z kraterami. Na pewno niewiele na te wyniki wpływała niedokładność służby czasu – nawet kilkusekundowe

9 Program Occult v.4.6.0.0, [www.lunaroccultations.com/iota/occult4.htm](http://www.lunaroccultations.com/iota/occult4.htm) [dostęp 19 marca 2018].



błędy notowania kontaktów nie mają w tym przypadku większego znaczenia. Trzeba też pamiętać, że tego typu obserwacje są z gruntu rzeczy bardzo subiektywne.

Inne z zaćmień Księżyca w czasie pobytu Śniadeckiego w Krakowie, 29 maja 1798 r., przypadło podczas pochmurnej nocy (odnotowano tylko dwa kontakty cienia z kraterem Kopernika), zaś 2 października 1800 r. z jakichś powodów nie podjęto obserwacji zaćmienia częściowego o małej fazie (0,22).

Tabela 3. Wyniki obserwacji zaćmień Księżyca – momenty kontaktów głównych.

| L.p. | Data          | Kontakt | Obserwacja     |          | Occult   | O-C [s] | Uwagi         |
|------|---------------|---------|----------------|----------|----------|---------|---------------|
|      |               |         | Czas prawdziwy | UT       | UT       |         |               |
| 1    | 1790 IV 28/29 | 1       | 11:30:34       | 22:07:55 | 22:07:14 | +41     |               |
|      |               | 2       | 12:28:05       | 23:05:25 | 23:04:31 | +54     |               |
|      |               | 3       | 14:05:04       | 00:42:24 | 00:41:47 | +37     |               |
|      |               | 4       | 15:02:21       | 01:39:40 | 01:39:04 | +36     |               |
| 2    | 1791 X 11/12  | 1       | 13:19:23       | 23:46:12 | 23:48:55 | -163    |               |
|      |               | 4       | 16:29:30       | 02:56:17 | 02:57:01 | -44     |               |
| 3    | 1793 II 25/26 | 1       | 10:42:14       | 21:35:38 | 21:38:48 | -190    | chmury i mgła |
|      |               | 4       | 13:24:50       | 00:18:13 | 00:19:12 | -59     |               |
| 4    | 1797 XII 4    | 2       | 16:56:30       | 03:27:21 | 03:27:55 | -34     | pewne         |
| 5    | 1802 IX 11/12 | 1       | 10:32:53       | 21:09:37 | 21:10:56 | -79     | mgła          |
|      |               | 4       | 13:24:53       | 00:01:34 | 00:01:30 | +4      |               |

Tabela 4. Wyniki obserwacji zaćmień Księżyca – zwiększenie promienia cienia Ziemi.

| L.p. | Data          | Faza zaćmienia | $n$             | $\Delta r$ [%] |         | Uwagi   |
|------|---------------|----------------|-----------------|----------------|---------|---|
|      |               |                |                 | Zakres         | Średnio |   |
| 1    | 1790 IV 28/29 | 1,58           | 13              | 0,9–2,6        | 1,6     |   |
| 2    | 1791 X 11/12  | 0,76           | 9               | 1,2–9,3        | 3,7     |   |
| 3    | 1793 II 25/26 | 0,49           | 45 <sup>#</sup> | 0,2–6,8        | 3,2     | chmury i mgła na początku zaćmienia             |
| 4    | 1797 XII 4    | 1,70           | 15              | -0,1–8,6       | 3,3     | w przerwach między chmurami, koniec niewidoczny |
| 5    | 1802 IX 11/12 | 0,76           | 40              | 0,4–6,4        | 2,7     |   |

$n$  – sumaryczna liczba obserwowanych kontaktów kraterów z cieniem – wejść i wyjść oraz kontaktów głównych zaćmienia (patrz Tabela 3). Wartości  $\Delta r$  obliczone programem Occult.

<sup>#</sup> Równolegle zaćmienie obserwował Czech (mniejszą lunetą), uzyskując momenty kontaktów różniące się od wyników Śniadeckiego nawet o kilka minut.

### Zakrycia gwiazd i planet przez Księżyc

Jan Śniadecki obserwował też chętnie zakrycia gwiazd przez tarczę Księżyca, i w tym przypadku mając na uwadze wykorzystanie momentów zjawisk do poprawiania długości geograficznej obserwatorium (czyli stawiając sobie odmienny cel, niż ma to miejsce dziś).

Tabela 5. Wyniki obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc.

| L.p. | Data        | Gwiazda | Jasność<br>[ <sup>m</sup> ] | Zjawisko | Momenty<br>obserwowane |          |          | obliczone<br>UT | Faza Księżyca<br>[%] | O-C<br>[s] | Uwagi |
|------|-------------|---------|-----------------------------|----------|------------------------|----------|----------|-----------------|----------------------|------------|-------|
|      |             |         |                             |          | czas prawdziwy         | UT       | UT       |                 |                      |            |       |
| 1    | 1792 V 25   | Cnc*    | 6,6                         | DD       | 09:06:27               | 19:43:16 | 19:43:07 | 20+             | +9                   |            |       |
| 2    | 1793 V 24   | η Lib   | 5,4                         | DD       | ON                     | ON       | 21:00:07 | 99+             |                      |            |       |
| 3    | 1794 I 12   | γ Tau   | 3,7                         | DD       | 13:10:11               | 23:59:11 | 23:59:04 | 83+             | +7                   | +          |       |
|      |             |         |                             | RB       | 14:10:37               | 00:59:38 | 00:59:20 |                 | +18                  | ZKP        |       |
| 4    | 1794 I 22   | γ Vir   | 2,8                         | DB       | 13:47:32               | 00:39:47 | 00:40:00 | 71-             | -13                  | +          |       |
|      |             |         |                             | RD       | 15:07:22               | 01:59:38 | 01:59:37 |                 | +1                   | +          |       |
| 5    | 1794 III 7  | α Tau   | 0,9                         | DD       | 08:18:40               | 19:09:58 | 19:09:53 | 41+             | +5                   | +          |       |
| 6    | 1794 IV 13  | γ Vir   | 2,8                         | RB       | 09:01:19               | 19:52:37 | 19:52:30 |                 | +7                   | +          |       |
| 7    | 1794 V 14   | γ Lib   | 3,9                         | DD       | 09:17:07               | 19:57:35 | 19:56:22 | 98+             | +73                  | +          |       |
|      |             |         |                             | DD       | 08:22:23               | 19:58:34 | 19:58:45 | 100+            | -11                  | +          |       |
| 8    | 1795 XI 24  | μ Cet   | 4,3                         | DD       | 09:03:07               | 19:30:25 | 19:30:16 | 96+             | +9                   | +          |       |
| 9    | 1798 IV 20  | 132 Tau | 5,0                         | RB       | 10:12:55               | 20:40:14 | 20:39:23 |                 | +51                  | SP         |       |
| 10   | 1798 V 31   | φ Sgr   | 3,2                         | DD       | 09:27:14               | 20:06:03 | 20:11:22 | 20+             | -319                 | CHM        |       |
| 11   | 1798 X 5    | η Leo   | 3,5                         | DB       | 11:15:40               | 21:53:11 | 21:53:29 | 95-             | -18                  | -          |       |
| 12   | 1798 X 7    | τ Tau   | 4,3                         | RD       | 12:11:45 <sup>e</sup>  | 22:49:16 | 22:49:08 |                 | +8                   | +          |       |
| 13   | 1798 XII 13 | 69 Aqr  | 5,7                         | DB       | 17:23:39               | 03:51:55 | 03:51:55 | 17-             | 0                    | +          |       |
| 14   | 1798 XII 13 | τ Aqr   | 4,1                         | RD       | 10:04:26               | 20:28:34 | 20:28:24 | 91-             | +10                  | +          |       |
|      |             |         |                             | DD       | 07:13:44 <sup>e</sup>  | 17:48:50 | 17:48:42 | 35+             | +8                   | +          |       |
|      |             |         |                             | DD       | 08:36:08               | 19:11:16 | 19:11:08 | 36+             | +8                   | +          |       |
| 15   | 1799 XI 23  | Wenus   | -4,9                        | DB1      | 17:28:47               | 03:55:55 | 03:55:46 |                 | +9                   | +          |       |
|      |             |         |                             | DB2      | 17:29:20               | 03:56:28 | 03:56:29 | 12-             | -1                   | +          |       |
|      |             |         |                             | RD1      | 18:29:36               | 04:56:45 | 04:56:27 |                 | +18                  | +          |       |
|      |             |         |                             | RD2      | 18:30:38               | 04:57:47 | 04:57:29 |                 | +18                  | +          |       |
| 16   | 1800 V 5    | η Vir   | 3,9                         | DD       | 11:08:36               | 21:45:11 | 21:45:01 | 86+             | +10                  | +          |       |
| 17   | 1801 V 21   | χ Leo   | 4,6                         | RD       | 12:14:48               | 22:51:24 | 22:50:54 |                 | +30                  | -          |       |
| 18   | 1801 X 24   | η Tau   | 2,9                         | DD       | 11:06:36               | 21:42:59 | 21:42:52 | 60+             | +7                   | +          |       |
| 19   | 1801 XI 17  | π Psc   | 5,5                         | DB       | 14:04:54               | 00:29:29 | 00:29:46 | 95-             | -17                  | CHM        |       |
| 20   | 1802 I 13   | 17 Tau  | 3,7                         | DD       | 09:44:51               | 20:10:17 | 20:12:10 | 93+             | -113                 | -          |       |
| 21   | 1802 I 13   | η Tau   | 2,9                         | DD       | 09:39:29               | 20:28:48 | 20:28:43 | 77+             | +5                   | +          |       |
|      |             |         |                             | DD       | 11:15:54               | 22:05:14 | 22:09:13 | 78+             | -239                 | CHM        |       |
|      |             |         |                             | DD1      | 11:32:12               | 22:21:14 | 22:20:58 |                 | +16                  | +          |       |
| 22   | 1802 III 16 | Jowisz  | -2,3                        | DD2      | 11:34:44               | 22:23:46 | 22:23:51 | 94+             | -5                   | +          |       |
|      |             |         |                             | RB1      | 12:22:30               | 23:11:32 | 23:10:52 |                 | +40                  | +          |       |
|      |             |         |                             | RB2      | 12:24:35               | 23:13:37 | 23:13:37 |                 | 0                    | +          |       |
| 23   | 1802 VI 14  | τ Sco   | 2,8                         | DD       | 10:33:54               | 21:13:47 | 21:13:42 | 98+             | +5                   | +          |       |

Daty zjawisk są podane w konwencji Śniadeckiego przy przyjęciu początku doby w południe. Dla momentu UT daty ulegają niekiedy zwiększeniu o dzień. Momenty zjawisk są podane w odniesieniu do południa prawdziwego. Dwie pierwsze obserwacje są zawarte tylko w *Dzienniku*.

\* gwiazda ZC 1234 w gwiazdozbiornie Raka, bez nazwy własnej; w *Dzienniku* oznaczona błędnie jako  $\alpha$  Cnc.

e przy momentach – błąd drukarski w „Rocznikach”, poprawiony wg oryginalnych zapisów w *Dzienniku* (dotyczy zwykle całych minut).

Oznaczenia kontaktów: DD – zakrycie przy ciemnym brzegu, DB – zakrycie przy jasnym brzegu, RD – odkrycie przy ciemnym brzegu, RB – odkrycie przy jasnym brzegu Księżyca.

Momenty kontaktów dla planet oznaczają zetknięcia się oświetlonych fragmentów tarcz z brzegiem tarczy Księżyca.

ON – obserwacja zapisana w *Dzienniku*, lecz nie opracowana co do przeliczenia czasu zegarowego.

Uwagi obserwatora:

+ obserwacja pewna, – obserwacja niepewna, ZKP – źle oszacowany kąt pozycyjny (powód spóźnienia), SP – wyraźnie spóźnione (gwiazda zauważona dopiero w pewnej odległości od tarczy Księżyca), CHM – niepewne z powodu chmur lub mgły.

Zbiór tych obserwacji (Tabela 5) zawiera notowania bardzo pewne i niepewne, wynikające ze złych warunków pogodowych lub silnego blasku Księżyca (w każdym przypadku obserwator podawał szacunek pewności wyniku). Rezultaty w tabeli zostały zaokrąglone do 1 s, chociaż Śniadecki podawał je często z lepszą dokładnością, wynikającą jednak z przeliczeń poprawek czasu, a nie z realnej dokładności służby czasu.

Nie ma pewności, czy Śniadecki nastawiał się na obserwacje każdego możliwego zjawiska, którego przybliżony moment dla Krakowa wynikał z roczników astronomicznych (np. opracowanych dla Wiednia). Wydaje się, że stosował pewną hierarchię ważności obserwacji, ponieważ nie znajdujemy w *Dzienniku* niektórych obserwacji zakryć, dobrze widocznych w Krakowie w dniach, w których przy dobrej pogodzie były wykonywane obserwacje innego typu. Jest jednak oczywiste, że jeden obserwator nie mógł się poświęcić należycie kilku zjawiskom zachodzącym równolegle.

Za szczególnie efektowne zjawisko można uznać zakrycie Wenus, które nastąpiło na ranem 24 listopada 1799 r.<sup>10</sup> Co ciekawe, mimo zwykle złej pogody w tym okresie, zjawisko było obserwowane w całej Europie, a z obszaru dzisiejszej Polski widział je także Anton L. Jungnitz we Wrocławiu. Ciekawie musiało też wyglądać zakrycie Aldebarana 7 marca 1794 r., zanotowane bardzo dokładnie, jak też zakrycie Jowisza 16 marca 1802 r., choć w tym przypadku przy fazie Księżyca bliskiej pełni.

Błędy obserwacyjne w odniesieniu do zjawisk dobrze widocznych wynosiły w stosunku do dziś obliczonych momentów zazwyczaj kilka sekund i były zapewne wynikiem niedokładności służby czasu, a nie reakcji obserwatora. W przypadku zaś mniej dokładnych obserwacji możemy w oryginalnych zapiskach znaleźć informacje o gorszej pogodzie i trudności w zauważeniu gwiazd. Otrzymane różnice O–C w tabeli wynikają jednak także z niemożności określenia dziś precyzyjnie rzeczywistych momentów zjawisk. Wpływ na to mają głównie dwie wielkości:

- a.  $\Delta T$ , czyli narastająca różnica między czasem uniwersalnym (UT) a czasem dynamicznym (TDT), wynikająca ze spowolnienia ruchu obrotowego Ziemi, aproksymo-

10 Co ciekawe, była to pierwsza udokumentowana obserwacja zakrycia Wenus w Polsce od czasów Kopernika, który odnotował podobne zjawisko w 1529 r.

wana dla okresów historycznych empirycznymi formułami wielomianowymi; dla epoki analizowanych obserwacji wartość ta zmienia się od 19 do 17<sup>s</sup>;

b. moment przejścia Słońca przez południk w Greenwich w czasie UT.

W przypadku obliczeń za pomocą programu Occult dla obecnej i poprzedniej wersji programu można zauważyć, iż dla przełomu XVIII i XIX w. zarówno momenty zjawisk podane w UT, jak i przejścia Słońca przez południk w Greenwich, różnią się nawet o 3<sup>s</sup>. W przypadku obserwacji Śniadeckiego widać zawyżenie momentów pewnie wykonanych obserwacji średnio o 6–7<sup>s</sup>, trudno jednak na tej podstawie jednoznacznie wyrokować np. o błędzie obliczeniowej wartości  $\Delta T$ .

Wszystkie obserwacje zakryć zostały opublikowane w „Rocznikach” warszawskich, a część także w czasopismach zagranicznych. Niektóre z obserwacji w tych ostatnich źródłach (np. u von Zacha) są z nieznanymi powodów pominięte (np. dobra obserwacja zakrycia gwiazdy  $\eta$  Vir wykonana 5 maja 1800 r.), z kolei inne opublikowane posłużyły do weryfikacji długości geograficznej Krakowa.

Po wyjeździe Śniadeckiego w 1803 r. wykonano w kolejnych dwóch latach tylko trzy obserwacje zakryć – Łęski jedną w 1804 r., Czech dwie w 1805 r.

### Przejście Merkurego przed tarczą Słońca

Jedynie tego rodzaju zjawisko udało się Śniadeckiemu zaobserwować 7 maja 1799 r. Do obserwacji została użyta (co nieco dziwi) mniejsza z lunet przy zastosowanym powiększeniu 32x, ale zapewne przy projekcji obrazu Słońca na ekran. Wyznaczono momenty I i II kontaktu (wyjście planety z tarczy Słońca nie mogło być obserwowane z powodu chmur). Jeśli chodzi o dokładność wyników obserwacji, to można śmiało nazwać je doskonałymi (Tabela 6). Pierwszy kontakt, opisany podwójnie (jako przypuszczalny i potwierdzony), został wyznaczony wizualnie z dokładnością lepszą niż niecała minuta, co i dziś byłoby trudne do powtórzenia przy użyciu podobnego sprzętu. Drugi kontakt zanotowany został dokładniej, praktycznie bezbłędnie. W całości obserwację tę wraz z jej analizą opublikował Triesnecker w „Ephemerides Astronomicae” w r. 1801, a później (w r. 1802) znalazła się ona także w „Rocznikach” warszawskich.

Tabela 6. Wyniki obserwacji przejścia Merkurego przed tarczą Słońca 7 maja 1799 r.

| L.p. | Kontakt           | Obserwowany    |         | Obliczony | O–C<br>[s] |
|------|-------------------|----------------|---------|-----------|------------|
|      |                   | Czas prawdziwy | UT      | UT        |            |
| 1    | I przypuszczalny  | 22:30:53.6     | 9:07:24 | 9:06:54   | +30        |
| 2    | I przekroczony    | 22:31:13       | 9:07:44 | 9:06:54   | +50        |
| 3    | II przypuszczalny | 22:33:20.6     | 9:09:51 | 9:10:08   | –17        |
| 4    | II przekroczony   | 22:33:53.6     | 9:10:24 | 9:10:08   | +16        |

Uwagi:

I kontakt przekroczony oznacza zauważenie części tarczy Merkurego wyraźnie na tle Słońca;

II kontakt przekroczony oznacza zauważenie przerwy między tarczą Merkurego a brzegiem Słońca.

Niestety, podobne przejście Merkurego przed południem 9 listopada 1802 r. nie mogło być dokładnie obserwowane z powodu zachmurzonego nieba. Chwilami tylko dało

się dostrzec w lukach między chmurami tarczę Słońca i Merkurego na jej tle, ale większe rozpoznanie nastąpiło dopiero po godz. 13, kiedy zjawisko już się zakończyło.

### Obserwacje pozycji planetoid w 1802 r.

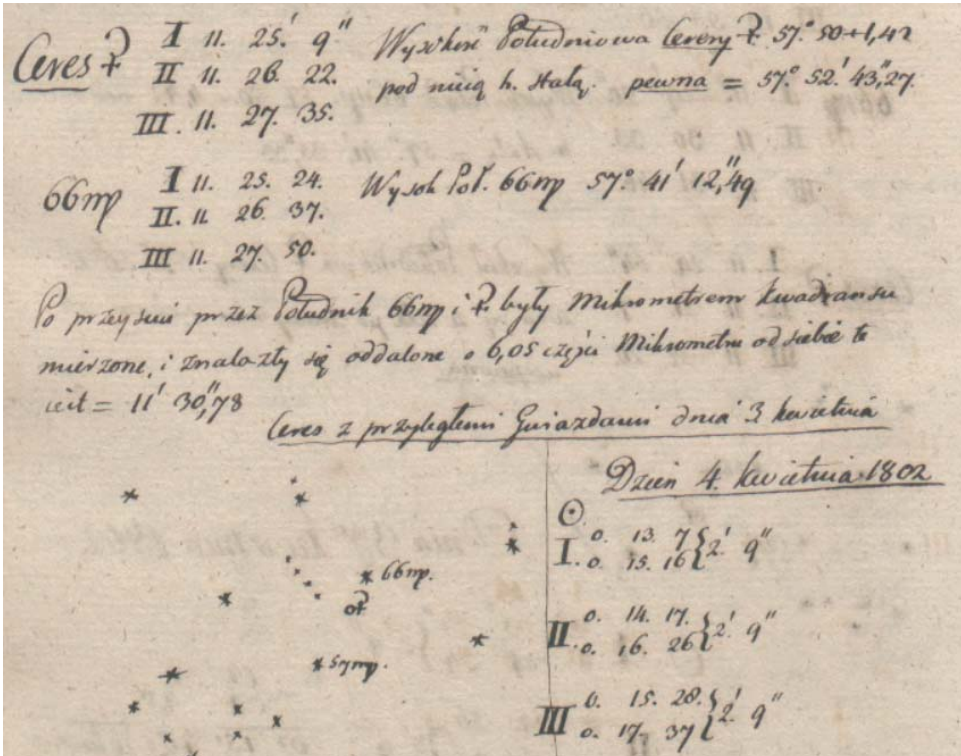
W dzień Nowego Roku 1801 w Palermo włoski astronom Giuseppe Piazzi odkrył w gwiazdozbiornie Byka, dość przypadkowo, nowe ciało niebieskie w Układzie Słonecznym, widoczne w tym czasie jako obiekt o jasności około  $8^m$ , któremu nadał nazwę Ceres Ferdinandia, a które, jak wiemy, zaliczono do kategorii planetoid pod nazwą Ceres. Piazzi wykonał niewiele, bo tylko 16 pewnych obserwacji, w okresie od odkrycia do 11 lutego. Z powodu choroby nie podejmował dalszych obserwacji, później zaś Ceres nie mogła być już obserwowana nocą w południku, aż wreszcie wiosną została zgubiona, jako że skryła się w promieniach Słońca. Została jednak wyznaczona prowizoryczna orbita planetoidy (Heinrich Wilhelm Olbers), rozpowszechniona głównie przez von Zacha<sup>11</sup>. Jej ponowne odnalezienie nastąpiło dopiero w styczniu 1802 r. w obserwatorium w Bremie, gdzie Olbers dostrzegł ją w gwiazdozbiornie Panny, a jasność obiektu oszacował na  $8-9^m$ . Planetoidę odszukał na niebie także von Zach, który porożył następnie do czynnych astronomów (w tym i do Śniadeckiego) listy z prośbą o pilne obserwowanie pozycji Ceres.

Śniadecki próby odnalezienia Ceres podejmował już pod koniec 1801 r., jednak bez rezultatu, co nie dziwi wobec braku dokładnej efemerydy. W styczniu 1802 r. niebo nad Krakowem było najczęściej pochmurne. Dopiero z informacji otrzymanej przez Śniadeckiego 25 lutego w liście od von Zacha wynikało, że należy przeszukiwać okolice nieba na granicy Lwa, Panny i Warkocza Bereniki. Pierwszą obserwację, dającą szansę powodzenia, mógł podjąć Śniadecki w pogodną noc 28 lutego i uwieńczył ją od razu sukcesem! Słabą „obcą” gwiazdkę, według niego o jasności około  $9^m$ , udało mu się dostrzec w lunecie południkowej, jak napisał „między dawniej znanymi gwiazdami”<sup>12</sup>. Obserwacja ta była poprzedzona wygaszeniem światła przy lunecie południkowej i dłuższą adaptacją oka w ciemności. Potwierdzeniem odnalezienia Ceres była obserwacja kolejnej nocy, gdy ujawnił się ruch planetoidy wśród gwiazd. Tej nocy Śniadecki z obserwacji różnicowych według kilku gwiazd odniesienia lunetą południkową wyznaczył w momencie górowania dokładną rektascensję obiektu i przybliżoną deklinację, zaś w kolejnych sesjach obserwacyjnych określił już dokładne wartości deklinacji przy użyciu kwadrantu Caniveta ustawionego dokładnie w płaszczyźnie południka (Ryc. 4). W większości przypadków używał współrzędnych gwiazd odniesienia na epokę obserwacji z atlasu *Uranographia* J.E. Bodego z r. 1801<sup>13</sup>. Jednakże współrzędne te poddawał kontroli, wykrywając niekiedy istotne błędy (wówczas do przeliczeń przyjmował poprawne pozycje gwiazd z innych dostępnych źródeł). Gwiazdy były wybierane jako obiekty porównania starannie, tak by miały deklinację jak najbardziej zbliżoną do deklinacji planetoidy. Wówczas bowiem zarówno one, jak i sama planetoida mogły być widoczne w polu

11 C.J. Cunningham, *Early Investigations of Ceres and the Discovery of Pallas. Historical Studies in Asteroid Research*, 2016.

12 Należy zatem podziwiać doskonałe rozeznanie astronoma układów gwiazdowych w polu widzenia okularu!

13 J.E. Bode, *Allgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne: nebst Verzeichniss der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Sternen, Doppelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen*, Berlin 1801.



Ryc. 4. Obserwacje Ceres Jana Śniadeckiego (Domena publiczna).

widzenia lunetki celowniczej kwadrantu podczas przejść przez południk bez konieczności zmiany wysokości na skali przyrządu (co powodowałyby kolejne błędy pomiaru). Jednak liczba gwiazd w katalogu Bodego była dość ograniczona, toteż wybór gwiazd odniesienia nie był łatwy i były one czasem dość odległe od aktualnej pozycji planetoidy. Np. wieczorem 25 marca jedną z gwiazd porównania była jasna  $\eta$  Leo ( $3,5^m$ ), znajdująca się przecież nieco na północ od Regulusa, a zatem górująca tego dnia ponad 2 godziny wcześniej niż Ceres. Tym bardziej więc wymagało to od obserwatora bardzo dobrej organizacji i skupienia się na poszczególnych czynnościach.

Poszczególne bezpośrednie pomiary współrzędnych Ceres były od razu przeliczane na współrzędne równikowe na datę obserwacji z uwzględnieniem poprawek na nutację i aberrację oraz innych, dotyczących służby czasu. Natomiast w przeliczeniach tych nie została uwzględniona refrakcja różnicowa, ale jej wpływ można uznać za znikomy i znacznie mniejszy od innych możliwych błędów obserwacji, a to z uwagi na niewielkie różnice wysokości gwiazd porównania, mieszczących się w deklinacji w polu widzenia teleskopu.

Obserwacje położenia Ceres prowadził Śniadecki do maja 1802 r. (Tabela 7), a wyniki zostały opublikowane zarówno w „Rocznikach” warszawskich, jak i periodykach von Zacha i Triesneckera. Von Zach uznał przy tej okazji, że Śniadecki pracował „niezmordowanie” (*unermüdet*). W Europie pozycje Ceres określali w tym czasie jeszcze m.in. Poczobut (Wilno), Triesnecker (Wiedeń), Nevil Maskelyne (Greenwich), Pierre Méchain (Paryż), Angelo Cesaris (Mediolan) i sam Piazzi (Palermo). Wyniki Śniadeckiego były co najmniej tak samo dokładne, a w porównaniu do Poczobuta – wyraźnie lepsze (Tabela 8).

Tabela 7. Wyniki krakowskich obserwacji pozycyjnych planetoidy Ceres.

| Data        | Moment görowania<br>w czasie lokalnym średnim |       | UT   |                      | Obserwowane |      |                        |      |      |                      | Obliczone JPL |   |                        |    |      |                      | O-C |    |                          |                |      |    |
|-------------|---|-------|------|----------------------|-------------|------|------------------------|------|------|----------------------|---------------|---|------------------------|----|------|----------------------|-----|----|--------------------------|----------------|------|----|
|             | Rektascensja, $\alpha$                        |       |      | Deklinacja, $\delta$ |             |      | Rektascensja, $\alpha$ |      |      | Deklinacja, $\delta$ |               |   | Rektascensja, $\alpha$ |    |      | Deklinacja, $\delta$ |     |    | $\Delta\alpha$           | $\Delta\delta$ |      |    |
|             | h   | m     | s    | o                    | '           | "    | h                      | m    | s    | o                    | '             | " | h                      | m  | s    | o                    | '   | "  | s                        | "              |      |    |
| 1802 III 1  | 13:50:24                                      | 26    | 41,1 | 15                   | 30          |      | 12                     | 26   | 43,3 |                      |               |   | 12                     | 26 | 43,3 |                      |     |    |                          | -2,2           |      |    |
| 1802 III 2  | 13:45:48                                      | 26    | 1,8  | 15                   | 36          | 45,0 | 12                     | 26   | 05,3 |                      |               |   | 12                     | 26 | 05,3 | 15                   | 36  | 10 |                          | -2,6           | +35  |    |
| 1802 III 15 | 12:44:53                                      | 23,42 | 16   | 11,4                 | 58          | 37,0 | 12                     | 16   | 13,0 |                      |               |   | 12                     | 16 | 13,0 | 16                   | 58  | 09 |                          | -1,6           | +28  |    |
| 1802 III 16 | 12:40:07                                      | 23,34 | 15   | 20,7                 |             |      | 12                     | 15   | 22,7 |                      |               |   | 12                     | 15 | 22,7 |                      |     |    |                          | -2,0           |      |    |
| 1802 III 17 | 12:35:21                                      | 23,26 | 14   | 30,7                 | 17          | 9    | 10,0                   | 12   | 14   | 32,0                 |               |   | 12                     | 14 | 32,0 | 17                   | 8   | 45 |                          | -1,3           | +25  |    |
| 1802 III 19 | 12:25:46                                      | 23,10 | 12   | 47,6                 | 17          | 18   | 53                     | 12   | 12   | 49,6                 |               |   | 12                     | 12 | 49,6 | 17                   | 18  | 38 |                          | -1,9           | +15  |    |
| 1802 III 20 | 12:21:01                                      | 23,02 | 12   | 57,0                 | 17          | 23   | 58,8                   | 12   | 11   | 58,1                 |               |   | 12                     | 11 | 58,1 | 17                   | 23  | 18 |                          | -1,1           | +41  |    |
| 1802 III 25 | 11:57:04                                      | 22,62 | 7    | 38,8                 | 17          | 43   | 36,8                   | 12   | 7    | 39,9                 |               |   | 12                     | 7  | 39,9 | 17                   | 43  | 35 |                          | -1,2           | +1   |    |
| 1802 III 27 | 11:47:30                                      | 22,46 | 5    | 57,0                 | 17          | 50   | 7                      | 12   | 5    | 57,6                 |               |   | 12                     | 5  | 57,6 | 17                   | 50  | 12 |                          | -0,6           | -5   |    |
| 1802 III 28 | 11:42:40                                      | 22,38 | 5    | 5,0                  | 17          | 53   | 29,0                   | 12   | 5    | 6,9                  |               |   | 12                     | 5  | 6,9  | 17                   | 53  | 10 |                          | -1,9           | +19  |    |
| 1802 III 31 | 11:28:25                                      | 22,14 | 2    | 36,3                 | 18          | 0    | 51,0                   | 12   | 2    | 37,4                 |               |   | 12                     | 2  | 37,4 | 18                   | 0   | 39 |                          | -1,1           | +12  |    |
| 1802 IV 2   | 11:18:51                                      | 21,98 | 12   | 0                    | 59,7        | 18   | 3                      | 48,2 | 12   | 1                    | 0,5           |   | 12                     | 1  | 0,5  | 18                   | 4   | 26 |                          | -0,8           | +22  |    |
| 1802 IV 3   | 11:14:13                                      | 21,91 | 12   | 12,1                 | 18          | 6    | 9,75                   | 12   | 0    | 13,2                 |               |   | 12                     | 0  | 13,2 | 18                   | 5   | 57 |                          | -1,1           | +12  |    |
| 1802 IV 4   | 11:09:32                                      | 21,83 | 11   | 59                   | 26,3        | 18   | 7                      | 38,0 | 11   | 59                   | 26,6          |   | 11                     | 59 | 26,6 | 18                   | 7   | 14 |                          | -0,3           | +24  |    |
| 1802 IV 5   | 11:04:49                                      | 21,75 | 11   | 58                   | 39,9        | 18   | 8                      | 54,0 | 11   | 58                   | 40,8          |   | 11                     | 58 | 40,8 | 18                   | 8   | 16 |                          | -0,9           | +38  |    |
| 1802 IV 6   | 11:00:09                                      | 21,67 | 11   | 57                   | 54,6        | 18   | 9                      | 41,5 | 11   | 57                   | 55,9          |   | 11                     | 57 | 55,9 | 18                   | 9   | 3  |                          | -1,3           | +38  |    |
| 1802 IV 7   | 10:55:30                                      | 21,59 | 11   | 57                   | 10,9        | 18   | 9                      | 59,0 | 11   | 57                   | 11,9          |   | 11                     | 57 | 11,9 | 18                   | 9   | 35 |                          | -1,0           | +24  |    |
| 1802 IV 10  | 10:41:36                                      | 21,36 | 11   | 55                   | 5,4         | 18   | 10                     | 5,0  | 11   | 55                   | 6,0           |   | 11                     | 55 | 6,0  | 18                   | 9   | 42 |                          | -0,6           | +23  |    |
| 1802 IV 14  | 10:23:21                                      | 21,06 | 11   | 52                   | 32,3        | 18   | 6                      | 32,5 | 11   | 52                   | 33,7          |   | 11                     | 52 | 33,7 | 18                   | 6   | 28 |                          | -1,5           | +5   |    |
| 1802 IV 22  | 9:47:52                                       | 20,47 | 11   | 48                   | 30,0        | 17   | 48                     | 39,8 | 11   | 48                   | 30,4          |   | 11                     | 48 | 30,4 | 17                   | 48  | 49 |                          | -0,4           | -9   |    |
| 1802 IV 23  | 9:43:31                                       | 20,39 | 11   | 48                   | 5,4         | 17   | 45                     | 46,0 | 11   | 48                   | 6,1           |   | 11                     | 48 | 6,1  | 17                   | 45  | 37 |                          | -0,8           | +9   |    |
| 1802 IV 24  | 9:39:11                                       | 20,32 | 11   | 47                   | 42,4        | 17   | 42                     | 22,5 | 11   | 47                   | 43,4          |   | 11                     | 47 | 43,4 | 17                   | 42  | 13 |                          | -1,0           | +10  |    |
| 1802 IV 25  | 9:34:54                                       | 20,25 | 11   | 47                   | 20,9        | 17   | 38                     | 32,3 | 11   | 47                   | 22,0          |   | 11                     | 47 | 22,0 | 17                   | 38  | 36 |                          | -1,1           | -4   |    |
| 1802 IV 26  | 9:30:38                                       | 20,18 | 11   | 47                   | 1,4         | 17   | 34                     | 37,3 | 11   | 47                   | 2,1           |   | 11                     | 47 | 2,1  | 17                   | 34  | 47 |                          | -0,7           | -10  |    |
| 1802 IV 27  | 9:26:24                                       | 20,11 | 11   | 46                   | 42,3        | 17   | 30                     | 49,6 | 11   | 46                   | 43,7          |   | 11                     | 46 | 43,7 | 17                   | 30  | 46 |                          | -1,4           | +3   |    |
| 1802 IV 28  | 9:22:11                                       | 20,04 | 11   | 46                   | 25,6        | 17   | 26                     | 28,4 | 11   | 46                   | 26,8          |   | 11                     | 46 | 26,8 | 17                   | 26  | 34 |                          | -1,2           | -5   |    |
| 1802 IV 29  | 9:18:00                                       | 19,97 | 11   | 46                   | 10,1        | 17   | 22                     | 25,0 | 11   | 46                   | 11,3          |   | 11                     | 46 | 11,3 | 17                   | 22  | 9  |                          | -1,2           | +16  |    |
| 1802 IV 30  | 9:13:50                                       | 19,90 | 11   | 45                   | 56,2        | 17   | 17                     | 20,6 | 11   | 45                   | 57,3          |   | 11                     | 45 | 57,3 | 17                   | 17  | 33 |                          | -0,9           | -12  |    |
| 1802 V 1    | 9:09:41                                       | 19,83 | 11   | 45                   | 44,0        | 17   | 12                     | 43,0 | 11   | 45                   | 44,9          |   | 11                     | 45 | 44,9 | 17                   | 12  | 46 |                          | -0,9           | -3   |    |
| 1802 V 2    | 9:05:36                                       | 19,76 | 11   | 45                   | 33,5        | 17   | 8                      | 7,0  | 11   | 45                   | 34,0          |   | 11                     | 45 | 34,0 | 17                   | 7   | 48 |                          | -0,5           | +19  |    |
| 1802 V 3    | 9:01:29                                       | 19,69 | 11   | 45                   | 23,2        | 17   | 2                      | 53,0 | 11   | 45                   | 24,5          |   | 11                     | 45 | 24,5 | 17                   | 2   | 39 |                          | -1,3           | +14  |    |
| 1802 V 7    | 8:45:21                                       | 19,43 | 11   | 44                   | 59,4        | 16   | 42                     | 44,0 | 11   | 44                   | 1,8           |   | 11                     | 44 | 1,8  | 16                   | 40  | 20 |                          | -2,4           | #    |    |
| 1802 V 8    | 8:41:24                                       | 19,36 | 11   | 44                   | 58,9        | 16   | 34                     | 31,1 | 11   | 44                   | 59,9          |   | 11                     | 44 | 59,9 | 16                   | 34  | 20 |                          | -1,0           | +11  |    |
| 1802 V 9    | 8:37:30                                       | 19,29 | 11   | 44                   | 58,9        | 16   | 27                     | 53,8 | 11   | 44                   | 59,4          |   | 11                     | 44 | 59,4 | 16                   | 28  | 12 |                          | -0,5           | -18  |    |
| 1802 V 11   | 8:29:42                                       | 19,16 | 11   | 45                   | 2,0         | 16   | 18                     |      | 11   | 45                   | 2,8           |   | 11                     | 45 | 2,8  |                      |     |    |                          | -0,8           |      |    |
|             |   |       |      |                      |             |      |                        |      |      |                      |               |   |                        |    |      |                      |     |    | Błąd średni kwadratowy   |                | 0,6  | 16 |
|             |   |       |      |                      |             |      |                        |      |      |                      |               |   |                        |    |      |                      |     |    | Błąd średni arytmetyczny |                | -1,2 | 12 |

# Prawdopodobna pomyłka w deklinacji o równe 2'

Tabela 8. Porównanie obserwacji pozycyjnych Ceres dla wybranych obserwatorów.

| Data        | Śniadecki              |    |      |                      |    |      | Triesnecker |      |    |          |    |      | Piazz    |    |    |          |    |    | Méchain  |   |   |          |   |   | Cesaris  |   |   |          |   |   | Poczobut |   |   |          |   |   |
|-------------|------------------------|----|------|----------------------|----|------|-------------|------|----|----------|----|------|----------|----|----|----------|----|----|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|
|             | Rektascensja, $\alpha$ |    |      | Deklinacja, $\delta$ |    |      | $\alpha$    |      |    | $\delta$ |    |      | $\alpha$ |    |    | $\delta$ |    |    | $\alpha$ |   |   | $\delta$ |   |   | $\alpha$ |   |   | $\delta$ |   |   | $\alpha$ |   |   | $\delta$ |   |   |
|             | h                      | m  | s    | o                    | '  | "    | m           | s    | '  | m        | s  | "    | m        | s  | "  | m        | s  | "  | m        | s | " | m        | s | " | m        | s | " | m        | s | " | m        | s | " | m        | s | " |
| 1802 III 1  | 12                     | 26 | 41,1 | 15                   | 30 |      |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 2  | 12                     | 26 | 1,8  | 15                   | 36 | 45,0 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 15 | 12                     | 26 | 11,4 | 16                   | 58 | 37,0 | 16          | 10,9 | 58 | 27       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 16 | 12                     | 15 | 20,7 |                      |    |      | 15          | 21,3 |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 17 | 12                     | 14 | 30,7 | 17                   | 09 | 10,0 | 14          | 30,0 | 8  | 39       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 19 | 12                     | 12 | 47,6 | 17                   | 18 | 53   | 12          | 50,2 | 18 | 34       | 12 | 48,4 | 18       | 50 |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 20 | 12                     | 11 | 57,0 | 17                   | 23 | 58,8 | 11          | 57,7 | 23 | 11       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 25 | 12                     | 07 | 38,8 | 17                   | 43 | 36,8 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 27 | 12                     | 05 | 57,0 | 17                   | 50 | 07   |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 28 | 12                     | 05 | 5,0  | 17                   | 53 | 29,0 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 III 31 | 12                     | 02 | 36,3 | 18                   | 00 | 51,0 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 2   | 12                     | 00 | 59,7 | 18                   | 03 | 48,2 | 0           | 59,7 | 4  | 40       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 3   | 12                     | 00 | 12,1 | 18                   | 06 | 09,8 | 0           | 12,8 | 6  | 20       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 4   | 11                     | 59 | 26,3 | 18                   | 07 | 38,0 | 59          | 26,6 | 7  | 33       | 59 | 25,4 | 07       | 17 |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 5   | 11                     | 58 | 39,9 | 18                   | 08 | 54,0 | 58          | 40,4 | 8  | 30       | 58 | 40,0 |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 6   | 11                     | 57 | 54,6 | 18                   | 09 | 41,5 | 57          | 55,3 | 9  | 15       | 57 | 54,9 | 09       | 06 |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 7   | 11                     | 57 | 10,9 | 18                   | 09 | 59,0 | 57          | 12,0 | 9  | 41       | 57 | 10,9 | 09       | 36 | 57 | 09,6     | 09 | 39 |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 10  | 11                     | 55 | 05,4 | 18                   | 10 | 5,0  |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 14  | 11                     | 52 | 32,3 | 18                   | 06 | 32,5 | 52          | 33,6 | 6  | 37       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 22  | 11                     | 48 | 30,0 | 17                   | 48 | 39,8 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 23  | 11                     | 48 | 05,4 | 17                   | 45 | 46,0 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 24  | 11                     | 47 | 42,4 | 17                   | 42 | 22,5 |             |      |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 25  | 11                     | 47 | 20,9 | 17                   | 38 | 32,3 | 47          | 21,0 | 38 | 27       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 26  | 11                     | 47 | 1,4  | 17                   | 34 | 37,3 | 47          | 2,1  | 34 | 47       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 27  | 11                     | 46 | 42,3 | 17                   | 30 | 49,6 | 46          | 43,7 | 30 | 46       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 28  | 11                     | 46 | 25,6 | 17                   | 26 | 28,4 | 46          | 26,8 | 26 | 34       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 29  | 11                     | 46 | 10,1 | 17                   | 22 | 25,0 | 46          | 11,3 | 22 | 9        |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 IV 30  | 11                     | 45 | 56,2 | 17                   | 17 | 20,6 | 45          | 57,3 | 17 | 33       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 1    | 11                     | 45 | 44,0 | 17                   | 12 | 43,0 | 45          | 44,9 | 12 | 46       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 2    | 11                     | 45 | 33,5 | 17                   | 08 | 07,0 | 45          | 34,0 | 7  | 48       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 3    | 11                     | 45 | 23,2 | 17                   | 02 | 53,0 | 45          | 24,5 | 2  | 39       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 7    | 11                     | 44 | 59,4 | 16                   | 42 | 44,0 | 44          | 1,8  | 40 | 20       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 8    | 11                     | 44 | 58,9 | 16                   | 34 | 31,1 | 44          | 59,9 | 34 | 20       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 9    | 11                     | 44 | 58,9 | 16                   | 27 | 53,8 | 44          | 59,4 | 28 | 12       |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |
| 1802 V 11   | 11                     | 45 | 2,0  | 16                   | 18 |      | 45          | 2,8  |    |          |    |      |          |    |    |          |    |    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |



W niniejszym opracowaniu prawdziwe widome współrzędne Ceres zostały określone wg algorytmu JPL na moment obserwacji w Krakowie<sup>14</sup>. Jak wynika z tych danych średnio-kwadratowy błąd określania pozycji Ceres przez Śniadeckiego jest rzędu  $0,5''$  w rektascensji (co i tak jest średnio znacznie lepszą wartością, niż błąd służby czasu) i  $15''$  w deklinacji. Należy przy tym zauważyć, że w kilku przypadkach w deklinacji widać błędy rzędu  $40''$ . Mogły one wynikać ze słabej widoczności Ceres w lunecie celowniczej kwadrantu, tym bardziej w pobliżu jasnego Księżyca lub przy nie całkiem czystym niebie. Błąd ponad  $2'$  w deklinacji 7 maja można raczej potraktować jako pomyłkę i obserwację tę z analiz odzucić. Ponadto zdarzyło się raz, że trzeba było zrezygnować z pomiarów deklinacji Ceres na rzecz innego zjawiska: 16 marca Śniadecki musiał się zająć obserwowaniem zakrycia Jowisza przez Księżyc. Wprawdzie przejście Ceres przez południk miało miejsce kilka minut po odkryciu planety, jednak obserwator oślepiiony wcześniej blaskiem Księżyca w okularze nie był w stanie dostrzec dostatecznie wyraźnie planetoidy w celownicy kwadrantu, stąd brak pomiaru deklinacji w tym dniu.

Ponadto należy stwierdzić, że na błędy określania współrzędnych planetoidy wpływają również błędy w pozycjach gwiazd porównania. Po poprawieniu ich pozycji z atlasu Bodego o nutację i aberrację według współczesnego oprogramowania<sup>15</sup> otrzymuje się współrzędne widome zbliżone do tych, jakie są podawane przez dzisiejsze programy obliczeniowe, ale np. różnice z danymi programu *Stellarium* wynoszą do  $1''$  w rektascensji i do  $15''$  w deklinacji. Zazwyczaj wpływ tych różnic na błąd wyniku końcowego był jednak mniejszy, ponieważ uśredniały się błędy pozycji kilku gwiazd. Dodatkowo jeszcze na błąd końcowy wpływały dodawane poprawki na aberrację i nutację, potrzebne do określenia pozycji widomej planetoidy. Jak wynika z dzisiejszych obliczeń, dane Śniadeckiego w tym względzie różniły się niekiedy nawet o około  $1''$  od wartości dokładnych dla każdej z tych wielkości. Toteż błąd wyniku końcowego współrzędnych Ceres nie jest równy jedynie sumie błędów instrumentalnych i spostrzeżeń obserwatora, lecz wynika też z danych katalogowych gwiazd odniesienia oraz z uzupełniających przeliczeń dla znalezienia ich pozycji widomych.

Generalnie wynikowe błędy obserwacyjne są typowe dla tamtej epoki<sup>16</sup>, zatem biorąc pod uwagę „nieznajomość dokładnej orbity Ceres w r. 1802 i jej efemerydy, można stwierdzić, że obserwacje Śniadeckiego były niezwykle cenne.

Wiosna 1802 r. była jednak dla Śniadeckiego jeszcze bardziej pracowita, gdyż 27 marca Olbers odkrył koleje ciało niebieskie – planetoidę Pallas. Toteż kampania obserwacyjna dotyczyła i tego obiektu, a Śniadecki włączył się w nią od razu po otrzymaniu 25 kwietnia od von Zacha listu z danymi o planetoidzie. W okresie od 25 kwietnia do 12 maja wykonał serię wyznaczania współrzędnych Pallas, otrzymując równie dobrą, co w przypadku Ceres dokładność wyników dla rektascensji, chociaż wyraźnie gorszą dla deklinacji (Tabela 9). Ostatnia obserwacja z 12 maja jest jednak opatrzona uwagą o bardzo słabej widoczności obiektu, można więc tym tłumaczyć spory błąd wyniku. Błędy obserwacyjne były jed-

14 HORIZONS Web-Interface. Jet Propulsion Laboratory, [ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi](http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi) [dostęp 15.02.2019].

15 Scope to Sky internet calculator, [www.bbastrodesigns.com/scopeToSky.html](http://www.bbastrodesigns.com/scopeToSky.html) [dostęp 15.02.2019].

16 Por. E. Høg, *Astrometric accuracy during the past 2000 years*, 2008, [www.astro.ku.dk/~erik/Accuracy.pdf](http://www.astro.ku.dk/~erik/Accuracy.pdf) [dostęp 15.02.2019]. J. Lequeux, *From Flamsteed to Piazzini and Lalande: new standards in 18th century astrometry*, „Astronomy & Astrophysics” t. 567, 2014, A26.; H. Hurnik, *Instrumenty obserwacyjne astrometrii od gnomonu do CCD i interferometru optycznego*, Poznań 2000.

nak i tak mniejsze, niż te typowe dla ówczesnych pozycji efemerydalnych. Dotyczyło to także innych obserwatorów. Na przykład niektóre obserwacje Olbersa różniły się od efemeryd o ponad 1<sup>s</sup> w rektascensji i ponad 30'' w deklinacji. Podobne obserwacje Barnaby Orianiego w Mediolanie wykazały zaś błędy niekiedy nawet większe, odpowiednio do 3<sup>s</sup> i 30''<sup>17</sup>.

Tabela 9. Wyniki krakowskich obserwacji pozycyjnych planetoidy Pallas.

| Data       | Moment górowania w czasie lokalnym średnim | UT    | Obserwowane            |   |      |                      |    |    | Obliczone JPL          |   |      |                          |    |      | O-C             |                |
|------------|--|-------|------------------------|---|------|----------------------|----|----|------------------------|---|------|--------------------------|----|------|-----------------|----------------|
|            |  |       | Rektascensja, $\alpha$ |   |      | Deklinacja, $\delta$ |    |    | Rektascensja, $\alpha$ |   |      | Deklinacja, $\delta$     |    |      | $\Delta\alpha$  | $\Delta\delta$ |
|            |  |       | h                      | m | s    | °                    | '  | '' | h                      | m | s    | °                        | '  | ''   | s               | ''             |
| 1802 IV 25 | 9:52:32                                    | 20,55 | 12                     | 5 | 01,3 | 18                   | 56 |    | 12                     | 5 | 02,7 |                          |    |      | -1,4            |                |
| 1802 IV 26 | 9:48:22                                    | 20,48 | 12                     | 4 | 48,3 |                      |    |    | 12                     | 4 | 48,3 |                          |    |      | 0,0             |                |
| 1802 IV 27 | 9:44:13                                    | 20,41 | 12                     | 4 | 34,3 | 19                   | 10 | 11 | 12                     | 4 | 35,3 | 19                       | 10 | 22   | -1,0            | -11            |
| 1802 IV 28 | 9:40:06                                    | 20,34 | 12                     | 4 | 23,4 | 19                   | 17 | 57 | 12                     | 4 | 23,7 | 19                       | 18 | 59   | -0,3            | -62            |
| 1802 IV 29 | 9:36:00                                    | 20,27 | 12                     | 4 | 13,2 | 19                   | 27 | 37 | 12                     | 4 | 13,6 | 19                       | 27 | 12   | -0,4            | 25             |
| 1802 IV 30 | 9:31:55                                    | 20,20 | 12                     | 4 | 04,0 | 19                   | 35 | 14 | 12                     | 4 | 04,9 | 19                       | 35 | 2    | -0,9            | 12             |
| 1802 V 1   | 9:27:52                                    | 20,13 | 12                     | 3 | 56,9 | 19                   | 41 | 43 | 12                     | 3 | 57,7 | 19                       | 42 | 28   | -0,8            | -45            |
| 1802 V 2   | 9:23:52                                    | 20,07 | 12                     | 3 | 51,5 | 19                   | 48 | 11 | 12                     | 3 | 52,0 | 19                       | 49 | 30   | -0,5            | -79            |
| 1802 V 3   | 9:19:50                                    | 20,00 | 12                     | 3 | 47,5 | 19                   | 56 | 36 | 12                     | 3 | 47,8 | 19                       | 56 | 10   | -0,3            | 26             |
| 1802 V 8   | 9:00:12                                    | 19,67 | 12                     | 3 | 48,9 | 20                   | 23 | 52 | 12                     | 3 | 48,6 | 20                       | 24 | 0    | +0,3            | -8             |
| 1802 V 9   | 8:56:20                                    | 19,61 | 12                     | 3 | 52,3 | 20                   | 28 | 57 | 12                     | 3 | 53,2 | 20                       | 28 | 31   | -0,9            | 26             |
| 1802 V 11  | 8:48:41                                    | 19,48 | 12                     | 4 | 06,1 | 20                   | 38 | 18 | 12                     | 4 | 06,5 | 20                       | 36 | 33   | -0,4            | 105            |
| 1802 V 12  | 8:44:55                                    | 19,42 | 12                     | 4 | 15,3 |                      |    |    | 12                     | 4 | 15,4 |                          |    |      | -0,1            |                |
|            |  |       |                        |   |      |                      |    |    |                        |   |      | Błąd średni kwadratowy   |    | 0,4  | 50 <sup>#</sup> |                |
|            |  |       |                        |   |      |                      |    |    |                        |   |      | Błąd średni arytmetyczny |    | -0,5 | -1 <sup>#</sup> |                |

<sup>#</sup> Błąd średni kwadratowy wynosi 24'', a średni arytmetyczny +4'' po odrzuceniu ostatniego pomiaru deklinacji

### Obserwacje zaćmień satelitów Jowisza

W ciągu całego okresu prowadzenia obserwacji krakowskich Śniadecki wykonał bardzo wiele notowań wejścia w cień lub wyjścia z cienia czterech galileuszowych księżyców Jowisza. Efemerydy zjawisk były mu zapewne znane chociażby z roczników wiedeńskich, gdzie podawano je z dokładnością 1 sekundy (jak się okazało, znacznie przesadzoną). Ponieważ momenty te są jednakowe dla każdego obserwatora na Ziemi, przeto określone w czasie lokalnym mogą służyć do korekty długości geograficznej miejsca obserwacji. Ocena dokładności tych obserwacji nie jest jednak prosta, ponieważ szacowany moment zjawiska zależy silnie od parametrów użytego teleskopu, a do obserwacji Jowisza wykorzystywane były w Krakowie różne lunety, będące do dyspozycji w obserwatorium.

17 „Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde“, 1800–1807, wyd. F.-X. von Zach, Gotha.

Śniadecki, podobnie, jak i inni mu współcześni, podawał momenty ostatniej widoczności księżycy podczas jego wchodzenia w cień oraz pierwszego zauważonego pojawienia się w przypadku wyjść. Dzisiejsze programy obliczeniowe podają z reguły momenty środków zaćmień, dlatego też tylko one mogą służyć za punkty odniesienia. W Tabeli 10 zestawiono wyniki obserwacji dla wybranych zjawisk z lat 1792–1799, które Śniadecki opatrzył uwagą „pewne” (momenty zostały obliczone wg Occult v.4.6.0.0). Różnice w momentach (O–C) wynikają oczywiście z czasów trwania wchodzenia w cień i wychodzenia z niego poszczególnych księżyców, wynoszących, w zależności od okoliczności, od kilku do kilkunastu minut, a nawet więcej (wg J.E. Westfalla<sup>18</sup> wartości te wynoszą: dla Io (I) 4,2–4,5 min., dla Europy (II) 5,2–6,4 min., dla Ganimedesa (III) 10,9–18,2 min., a dla Callisto (IV) aż 16,8–134,8 min.). Toteż zbiór wszystkich obserwacji krakowskich wymaga osobnej, pogłębionej analizy.

Cenne było natomiast wykrywanie przez Śniadeckiego na podstawie obserwacji znacznych błędów w ówczesnych efemerydach omawianych zjawisk (sięgały one nawet kilku minut).

Tabela 10. Wybrane obserwacje w układzie księżyców Jowisza.

| Data       | Czas prawdziwy | Zjawisko  | Moment UT   |           | O–C<br>[m] |
|------------|----------------|-----------|-------------|-----------|------------|
|            |                |           | obserwowany | obliczony |            |
| 1792 VII 3 | 9:30:39        | II Ecl_R  | 20:14:46    | 10:16,2   | –1.4       |
| 1793 II 8  | 15:28:30       | II Ecl_D  | 02:23:20    | 02:22,2   | +1.1       |
| 1795 X 20  | 06:43:15       | I Ecl_R   | 17:08:15    | 17:09,6   | –1.4       |
| 1796 XI 18 | 06:10:15       | IV Ecl_R  | 16:35:51    | 16:13,9   | +22.0      |
| 1798 IX 19 | 16:08:38       | I Ecl_D   | 02:42:08    | 02:42,1   | 0.0        |
| 1799 I 19  | 10:45:59       | III Ecl_D | 21:37:50    | 21:32,0   | +5.8       |
| 1799 I 19  | 12:47:14       | III Ecl_R | 23:39:07    | 23:45,2   | –6.1       |
| 1799 II 21 | 08:37:38       | II Ecl_R  | 19:31:41    | 19:33,5   | –1.8       |

Cyframi rzymskimi oznaczono kolejne księżycy Jowisza: I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Kallisto, D – wejście w cień, R – wyjście z cienia.

### Współrzędne geograficzne obserwatorium

Wielomiesięczne cykle obserwacyjne, służące do wyznaczenia współrzędnych geograficznych obserwatorium krakowskiego, brały pod uwagę wymienione niżej obserwacje.

Dla szerokości geograficznej (razem 188):

1. określanie wysokości nad horyzontem gwiazd w okolicy północnego bieguna nieba, w czasie ich przechodzenia przez południk;
2. określanie wysokości nad horyzontem jasnych gwiazd w południku;
3. określanie wysokości nad horyzontem Słońca w południku;
4. jak wyżej, lecz szczególnie starannie w okolicy równonocy;
5. określanie odległości zenitalnej gwiazd podczas ich przechodzenia przez południk.

Dla długości geograficznej (razem 10):

18 J.E. Westfall, *Timing the eclipses of Jupiter's Galilean satellites*, alpo-astronomy.org/jupiter/GaliInstr.pdf [dostęp 15.02.2019].

1. momenty kontaktów dla zaćmień Słońca w latach 1788, 1794 i 1797;
2. momenty wybranych zakryć gwiazd przez Księżyc z lat 1794–1800.

Z uwagi natomiast na niepewność momentów nie zostały wzięte pod uwagę zjawiska w układzie księżyców Jowisza.

Podsumowanie wszystkich analiz na ten temat jest zawarte w „Rocznikach” warszawskich z r. 1802, gdzie Śniadecki po wszystkich przeliczeniach podał końcowe rezultaty:

- szerokość geograficzna: 50°03'52" N (w *Dzienniku*: 52,4"),
- długość geograficzna względem Obserwatorium Paryskiego (stanowiącego wówczas punkt odniesienia): 1<sup>h</sup>10<sup>m</sup>23<sup>s</sup>.

Przyjmując, że różnica w długości geograficznej między Paryżem a Greenwich wnosi 9<sup>m</sup>22<sup>s</sup>, Śniadecki otrzymał także długość geograficzną względem Greenwich równą: 1<sup>h</sup>19<sup>m</sup>45<sup>s</sup> = 19°56'15".

Szerokość geograficzna okazała się identyczna z tą, jaką ustalono w latach następnych i jaką oficjalnie podawano jeszcze w XX w. Większy błąd dotyczył długości geograficznej, zanizonej w mierze czasowej o około 5<sup>s</sup>, a w mierze łukowej o ponad 1'. Biorąc jednak pod uwagę zastosowane techniki obserwacyjne i ten rezultat był znacznie lepszy od dotychczasowych. Wyniki Śniadeckiego posłużyły także Triesneckerowi do analizy długości geograficznej wielu miejsc w Europie<sup>19</sup>.

Współrzędne używane obecnie różnią się nieco od astronomicznych, wynika to jednak z odwzorowania geodezyjnego na elipsoidzie ziemskiej w układzie WGS84.

## Obserwacje pozycyjne planet

W latach 1801–1803 Śniadecki wyznaczał też dokładne pozycje widome planet w celu ustalenia momentów ich opozycji (Tabela 11), stosując tę samą technikę obserwacji, jak w przypadku planetoid. Wyniki te mogą służyć do oceny dokładności obserwacji. Jak wiadać, jest ona tego samego rzędu, jak w przypadku planetoid, zatem słaba widoczność tych ostatnich w lunetce kwadrantu nie była jedynym powodem błędów rezultatów końcowych (planety, może poza Uranem, były przecież znacznie lepiej widoczne, niż planetoidy).

Tabela 11. Wyniki obserwacji pozycyjnych planet.

| Data        | Planeta | Godzina czasu średniego | UT    | Obserwowane            |    |      |                      |    |    | Obliczone Stellarium/JPL <sup>#</sup> |    |      |                      |    |    | O-C            |                |
|-------------|---------|-------------------------|-------|------------------------|----|------|----------------------|----|----|---------------------------------------|----|------|----------------------|----|----|----------------|----------------|
|             |         |                         |       | Rektascensja, $\alpha$ |    |      | Deklinacja, $\delta$ |    |    | Rektascensja, $\alpha$                |    |      | Deklinacja, $\delta$ |    |    | $\Delta\alpha$ | $\Delta\delta$ |
|             |         |                         |       | h                      | m  | s    | °                    | '  | "  | h                                     | m  | s    | °                    | '  | "  | s              | "              |
| 1801 II 3   | Saturn  | 12:41:05                | 23,35 | 9                      | 35 | 38,7 | 15                   | 44 | 48 | 9                                     | 35 | 36,9 | 15                   | 45 | 04 | +1,8           | -16            |
| 1801 III 14 | Uran    | 12:33:28                | 23,23 | 12                     | 01 | 44,9 | 0                    | 40 | 14 | 12                                    | 01 | 44,4 | 0                    | 39 | 53 | +0,5           | +21            |
| 1801 III 20 | Uran    | 12:08:51                | 23,44 | 12                     | 01 | 47,8 | 0                    | 46 | 34 | 12                                    | 01 | 46,8 | 0                    | 46 | 06 | +1,0           | +28            |
| 1801 III 22 | Uran    | 12:00:42                | 22,68 | 12                     | 00 | 28,1 | 0                    | 48 | 42 | 12                                    | 01 | 27,7 | 0                    | 48 | 07 | +0,4           | +35            |
| 1803 III 22 | Jowisz  | 12:08:06                | 22,80 | 12                     | 05 | 57,0 | 1                    | 05 | 49 | 12                                    | 05 | 58,5 | 1                    | 05 | 29 | -1,5           | +20            |
| 1803 III 23 | Jowisz  | 12:03:42                | 22,73 | 12                     | 05 | 29,3 | 1                    | 09 | 05 | 12                                    | 05 | 30,2 | 1                    | 05 | 34 | -0,9           | -29            |

<sup>#</sup> dla Saturna pozycja widoma obliczona podana wg Stellarium (pozycja wg JPL niedostępna dla okresu przed r. 1874).

19 F. Triesnecker, *Beytrag zu geographischen Längenbestimmungen, aus Sternbedeckungen und Sonnenfinsternissen für drey und vierzig Orte aus hundert drey und funfzig Beobachtungen / berechnet von Dr. Franc. de Paula Triesnecker*, „Allgemeine geograph... Erster Band I. Stück”, Januar 1798.

Wyniki te były ostatnimi opublikowanymi w „Rocznikach” z r. 1804. Po nich następuje tylko poruszający komentarz Jana Śniadeckiego: „Przy oddaleniu się moiém na zawsze od Obserwatorium Krakowskiego, ciąg ten ważniejszych postrzeżeń przezemnie robionych, z protokołu obserwacy moich wyciągnąłem, dnia 23. Lipca 1803. roku”.

## Podsumowanie

Przedstawiona analiza obserwacji Jana Śniadeckiego, wykonanych w latach 1792–1803 w obserwatorium krakowskim pokazuje jednoznacznie niezwykle upór i zaangażowanie, osiągnięcie wysokiej efektywności pracy oraz, przede wszystkim, uzyskanie dobrej dokładności znakomitej większości wyników. Wszystko to było rezultatem niemal samodzielnej pracy w niesprzyjających okolicznościach zewnętrznych (politycznych, organizacyjnych) i przy zastosowaniu standardowego na owe czasy instrumentarium. Kierowana przez Śniadeckiego placówka została dzięki temu wpisana na listę liczących się obserwatoriów europejskich.

## Bibliografia

### Źródła archiwalne

*Dziennik Obserwacyi Astronomicznych czynionych w Krakowie, zaczęty w Maiu Roku 1792 pierwszym od założenia Obserwatorium przez Jana Śniadeckiego Matematyki Wyższej i Astronomii Profesora. Xięga I.* jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/304/edition/280#structure [dostęp 15.02.2019].

*Dziennik Obserwacyi Astronomicznych czynionych w Krakowie pod szerokością Północną ... stanowiący całego Zbioru Obserwacyi Xięgę II-gą, zaczęty w Miesiącu Maiu Roku Ery Chrześcijańskiej 1800 od założenia Observatorium Astronomicznego przy Akademii Krakowskiej w Roku VIII skończonym za Jana Chrzyciela Śniadeckiego Astronoma.* jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/235/edition/220 [dostęp 15.02.2019].

### Źródła drukowane

Bode J.E., *Allgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne: nebst Verzeichniss der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Sternen, Doppelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen*, Berlin 1801.

„Ephemerides Astronomicae ... ad Meridianum Vindobonensem”, 1787–1806, wyd. F. d. P. v. Triesnecker, Wien.

„Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde”, 1800–1807, wyd. F.-X. von Zach, Gotha.

Śniadecki J., *Obserwacye astronomiczne*, „Roczniki Towarzystwa Warszawskiego Przyjaciół Nauk” t. 1, 1802, s. 462–527.

Śniadecki J., *Ciąg dalszy obserwacyi astronomicznych, robionych w Krakowie przez Jana Śniadeckiego*, „Roczniki Towarzystwa Warszawskiego Przyjaciół Nauk” t. 3, 1804, s. 153–177.

Triesnecker F., *Beytrag zu geographischen Längenbestimmungen, aus Sternbedeckungen und Sonnenfinsternissen für drey und vierzig Orte aus hundert drey und funfzig Beobachtungen / berechnet von Dr. Franc. de Paula Triesnecker, "Allgemeine geograph... Erster Band I. Stück",* Januar 1798.

### Literatura przedmiotu

Cunningham C.J., *Early Investigations of Ceres and the Discovery of Pallas. Historical Studies in Asteroid Research*, 2016.

Dziewulski W., *Dwóchsetna rocznica urodzin Jana Śniadeckiego*, „Urania” t. 27, 1956, nr 8, s. 232–233.

Høg E., *Astrometric accuracy during the past 2000 years*, 2008, [www.astro.ku.dk/~erik/Accuracy.pdf](http://www.astro.ku.dk/~erik/Accuracy.pdf) [dostęp 15.02.2019].

Hurnik H., *Instrumenty obserwacyjne astrometrii od gnomonu do CCD i interferometru optycznego*, Poznań 2000.

Kardaś T., *Jan Śniadecki – zapomniany astronom*, „Foton” t. 104, 2009, s. 30–41.

Lequeux J., *From Flamsteed to Piazzini and Lalande: new standards in 18th century astrometry*, „Astronomy & Astrophysics” t. 567, 2014, A26.

Mietelski J., *Tematyka prac astronomicznych w pierwszej siedzibie obserwatorium krakowskiego*, „Prace Komisji Historii Nauki PAU” t. 10, 2010, s. 191–204.

Mietelski J., *Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego (I)*, „Urania” t. 56, 1985, nr 3, s. 66–72.

Mietelski J., *200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego*, „Postępy Astronomii” t. 40, 1992, nr 3–4, s. 101–117.

Pagaczewski J., *Astronomiczne instrumentarium Jana Śniadeckiego*, „Urania” t. 27, 1956, nr 8, s. 229–232.

Westfall J.E., *Timing the eclipses of Jupiter's Galilean satellites*: <http://alpo-astronomy.org/jupiter/GalInstr.pdf> [dostęp 15.02.2019].

### Podziękowania

Autor chciałby w tym miejscu podziękować prof. Jarosławowi Włodarczykowi z Instytutu Historii Nauki PAN w Warszawie za konsultacje, dotyczące publikacji Jana Śniadeckiego oraz za życzliwe uwagi odnośnie tekstu niniejszego artykułu, dr. Janowi Mietelskiemu oraz mgr. Marcinowi Banasiowi z UJ w Krakowie za informacje na temat dawnego instrumentarium i technik obserwacyjnych, a także dr. Kazimierzowi Borkowskiemu z UMK w Toruniu za cenne uwagi, dotyczące przeliczeń widomych współrzędnych obiektów.

Dr hab. inż. **Marek Zawilski** jest emerytowanym profesorem Politechniki Łódzkiej, członkiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (PTMA), Oddział w Łodzi. Obserwator zjawisk zaćmieniowych, wieloletni przewodniczący Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA, popularyzator historii astronomii w Polsce. E-mail: [marek.zawilski@p.lodz.pl](mailto:marek.zawilski@p.lodz.pl)

Data zgłoszenia artykułu: 15 lutego 2019

Data przyjęcia do druku: 19 marca 2019