

Poszukiwania SN1006



Szkoła średnia Klasy I – IV Doświadczenie konkursowe 2

Rok 2019

1. Wstęp teoretyczny

Informacje o obiektach obserwowanych na niebie w dawnych czasach pochodzą z zapisków astrologów żyjących przed wiekami. Są to bardzo cenne źródła wiedzy dla współczesnej astronomii. Niestety, często zapiski historyczne są nieprecyzyjne i podają jedynie przybliżone położenie, jasność i inne parametry badanego obiektu. Aby uzyskać szerszy obraz, należy się posiłkować kombinacją różnych relacji.

Przykładem takich badań może być supernowa z roku 1006, oznaczona jako SN1006. Była to przypuszczalnie najjaśniejsza supernowa, jaka została zaobserwowana z Ziemi w czasach historycznych. Była to również najlepiej udokumentowana supernowa aż do czasów nowożytnych. Powstało kilkadziesiąt wzmianek o jej obserwacjach z Chin, Japonii, krajów arabskich oraz Europy. Wiemy też, że była ona obserwowana przez Chińczyków przez trzy lata. Do zidentyfikowania pozostałości po SN1006 potrzebujemy wyznaczyć jej dokładne położenie. W tym celu musimy posiłkować się relacjami aż z trzech regionów świata. Każda z nich opisuje obserwację nieznanej wcześniej gwiazdy w innym kontekście kulturowym, dostarczając innych, cennych szczegółów.

Współczesny system współrzędnych na strefie niebieskiej jest odpowiednikiem współrzędnych geograficznych na powierzchni Ziemi. Odpowiednikiem długości geograficznej jest **rektascensja** (oznaczana jako RA lub też α), która jest liczona wzdłuż równika niebieskiego. Tradycyjnie rektascensję liczy się w godzinach minutach i sekundach, odpowiadających obrotowi Ziemi wokół osi, który przekłada się na pozorny obrót sfery niebieskiej wokół Ziemi w ciągu doby. W ten sposób 24h odpowiadają pełnemu obrotowi Ziemi, czyli o kąt 360°. **Deklinację** (DEC lub δ), czyli odpowiednik szerokości geograficznej, liczy się po prostu w stopniach od równika ku biegunom w zakresie od –90° do +90°. Wartości dodatnie odnoszą się do obiektów znajdujących się na północnej półkuli nieba, a ujemne na południowej półkuli nieba. System tych współrzędnych zwany **równikowym równonocnym** przedstawiony jest na Rysunku 1.

Tysiąc lat temu zarówno w Chinach jak i w krajach arabskich używano innych systemów współrzędnych do celów astrologicznych. System arabski, przejęty od starożytnych Greków, opierał się na znakach zodiaku¹. Znaki zodiaku mają swoje odpowiedniki w nazwach dwunastu gwiazdozbiorów, które ekliptyka przecina, ale <u>nie są</u> one z nimi tożsame². Podział ekliptyki na dwanaście znaków i odpowiadające im długości ekliptyczne przedstawione są w Tabeli 1. Początek zodiaku przypada w Punkcie Barana, czyli przecięciu ekliptyki z równikiem niebieskim³, wyznacza on także początek liczenia rektascensji (w kierunku wschodnim). Wskutek precesji osi ziemskiej z biegiem czasu znaki zodiaku przechodzą od jednego gwiazdozbioru zodiakalnego do innego. Dlatego też rektascensja i deklinacja poszczególnych obiektów na niebie zmienia się z czasem. Astronomowie

¹ fragmentach ekliptyki - widomej drogi Słońca po niebie na tle gwiazd - podzielonej na dwanaście równych odcinków po 30 stopni

² gwiazdozbiory zodiakalne mają różne rozmiary, podczas gdy poszczególne znaki zodiaku obejmują zawsze odcinek 30 stopni

³ który od starożytności przesunął się od gwiazdozbioru Barana do Ryb

wprowadzili "epoki", czyli umowne odcinki czasu, kiedy współrzędne obiektów nie zmieniają się zbytnio. Aktualnie obowiązującą epoką jest J2000, a jeszcze dwadzieścia lat temu astronomowie wyznaczali współrzędne swoich obiektów na epokę B1950.



Rysunek 1. Schemat współrzędnych równikowych równonocnych służących do opisania położenia obiektów astronomicznych na niebie (sferze niebieskiej). Rektascensja (ang. right ascension) zaznaczona jest na niebiesko, a deklinacja (ang. declination) na zielono. Na rysunku zaznaczono też: równik niebieski (ang. equator), północny biegun nieba (ang. north celestial pole), południowy biegun nieba (ang. south celestial pole), ekliptykę (ang. ecliptic) oraz punkt równonocy wiosennej (ang. vernal equinox), od którego liczymy rektascensję. Źródło: Wikipedia⁴.

Znak	Długość ekliptyczna
Baran	0° - 30°
Byk	30° - 60°
Bliźnięta	60° - 90°
Rak	90° - 120°
Lew	120° - 150°
Panna	150° - 180°
Waga	180° - 210°
Skorpion	210° - 240°
Strzelec	240° - 270°
Koziorożec	270° - 300°
Wodnik	300° - 330°
Ryby	330° - 360°

Tabela 1. Długości ekliptyczne znaków zodiaku.

Współrzędne astrologii chińskiej nie opierały się na zodiaku, ale na ruchu Księżyca na tle gwiazd. Pełny obieg Księżyca wynosi około 27,3 dnia. Jest to tzw. miesiąc gwiazdowy. Toteż starożytni

⁴ https://pl.wikipedia.org/wiki/Deklinacja_(astronomia)#/media/File:Ra_and_dec_on_celestial_sphere.png

Chińczycy podzielili niebo na 28 obszarów, zwanych **stacjami księżycowymi**. Każdego dnia Księżyc przebywa w innej stacji. W odróżnieniu jednak od współrzędnych opartych na znakach zodiaku Chińczycy określali położenie poszczególnych stacji księżycowych nie wzdłuż ekliptyki, a równika niebieskiego. Stacje księżycowe były nieregularnej długości. Wybór równika niebieskiego jako okręgu głównego stacji księżycowych czyni je odpowiednikiem rektascensji. Położenie poszczególnych stacji księżycowych określano względem charakterystycznych gwiazd. Gwiazdy te wyszczególnione są w Tabeli 2. W Chinach odpowiednikiem stopnia kątowego była jednostka *du*. Kąt pełny liczył 365,25 *du*, czyli tyle, ile jest dni w roku. Zatem 1 *du* to nieco mniej niż 1° (na tyle mało, że dla naszych celów nie musimy przejmować się różnicą). Stacje księżycowe liczono od gwiazdy α Virginis⁵ w kierunku wschodnim. Każda kolejna stacja ma swoją gwiazdę początkową. Zebrano je w tabeli poniżej:

Numer	Nazwa	Polskie	Gwiazda	Dlugość stacji
stacji	chińska	tlumaczenie	początkowa	[w jednostkach du]
1	Jiao	Róg	a Vir	12,1
2	Kang	Szyja	кVir	9,2
3	Di	Fundament	a Lib	16,3
4	Fang	Pokój	π Sco	5,6
5	Xin	Serce	σ Sco	6,5
6	Wei	Ogon	μ Sco	19,1
7	Ji	Kosz	γSgr	10,4
8	Dou	Czerpak	φ Sgr	25,2
9	Niu	Bawół	β Cap	7,2
10	Nu	Panna	εAqr	11,35
11	Xu	Pustka	β Aqr	8,95
12	Wei	Wierzchołek Dachu	a Aqr	15,4
13	Shi	Dom	a Peg	17,1
14	Bi	Ściana	γ Peg	8,6
15	Kui	But	η And	16,6
16	Lou	Kopiec	β Ari	11,8
17	Wei	Brzuch	35 Aqr	15,6
18	Mao	Plejady	17 Tau	11,3
19	Bi	Sieć	εTau	17,4
20	Zi	Dziób	λOri	0,05
21	Shen	Orion	ζOri	11,1
22	Jing	Studnia	μ Gem	33,3
23	Gui	Duch	θCnc	2,2
24	Liu	Wierzba	δ Hya	13,3
25	Xing	Ptasia Gwiazda	a Hya	6,3
26	Zhang	Łuk	v Hya	17,25
27	Yi	Skrzydło	a Crt	18,75
28	Zhen	Powóz	γ Crv	17,3

Tabela 2. Chińskie stacje księżycowe według zapisu z 1280 roku.

⁵ Spika (po polsku Kłos) - najjaśniejsza gwiazda gwiazdozbioru Panny. Współrzędne na epokę J2000: rektascensja 13^h 25^m 12^s, deklinacja -11° 09' 45''

W obydwu systemach wyróżniono tylko położenie obiektu w jednej współrzędnej odpowiadającej długości geograficznej. Do dokładnego określenia położenia supernowej brakuje jeszcze odpowiednika szerokości geograficznej. Jednakże oba systemy współrzędnych liczone są wzdłuż dwóch różnych kół wielkich na sferze niebieskiej (ekliptyka jest nachylona pod kątem 23,5° do równika niebieskiego ze względu na nachylenie osi Ziemi), co pozwala na określenie przybliżonej lokalizacji obiektu poprzez wykorzystanie informacji z obu zapisów historycznych. Chińskie i arabskie zapiski astrologiczne przekazują, że supernowa z roku 1006 znajdowała się w okolicach 15 stopnia znaku Skorpiona oraz 3 *du* trzeciej stacji księżycowej *Di*.

Całość uzupełnia jeszcze jedna relacja - tym razem z Europy, z kroniki opactwa w Sankt Gallen w Szwajcarii. Znajduje się tam wzmianka o tym, że daleko na niebie południowym, tuż nad horyzontem, w roku 1006 pojawiła się nieznana wcześniej gwiazda. Gwiazda ta zdawała się co jakiś czas pojawiać i znikać na swej drodze po niebie, ponieważ była zasłaniana przez szczyty Alp, które z Sankt Gallen wznoszą się na wysokość do 5° nad horyzontem.



Rysunek 2. Okolice Sankt Gallen w Szwajcari.

Sankt Gallen położone jest na 47° północnej szerokości geograficznej. Szerokość geograficzna wyznacza minimalną deklinację obiektów, jakie z danego miejsca wschodzą ponad horyzont. Na półkuli północnej dolna granica deklinacji to szerokość geograficzna pomniejszona o kąt 90°. Informacja o tym, że SN1006 była widziana z Sankt Gallen jak przemyka pomiędzy szczytami Alp wyznacza nam bardzo silne ograniczenie na jej deklinację.

Po wybuchu supernowej powstaje tzw. **pozostałość po supernowej**. Jest to rozszerzająca się chmura gazu i pyłu powstała z zewnętrznych warstw eksplodującej gwiazdy. Podczas eksplozji prędkość ekspandującej otoczki może osiągnąć kilka-kilkanaście tysięcy km/s. Na podstawie tempa

rozszerzania się tej chmury oraz odległości do danego obiektu⁶ jesteśmy w stanie oszacować wiek pozostałości po supernowej. Porównując dzisiejszy obraz pozostałości po supernowej do znanych relacji historycznych o wybuchu, otrzymujemy wiele informacji o naturze tego typu zjawisk.



Rysunek 3. Pozostałość po supernowej oznaczonej jako G1.9+0.3, która wybuchła około 1900 r. Jest to najmłodsza znana pozostałość po supernowej w Drodze Mlecznej, choć sam wybuch - ze względu na pył międzygwiazdowy - nie został zaobserwowany.

2. Cel doświadczenia

Znalezienie położenia supernowej z roku 1006 na podstawie zapisków historycznych i współczesnych obserwacji pozostałości po supernowej.

3. Opis wykonania doświadczenia

Do wykonania doświadczenia wykorzystamy następujące darmowe programy: Stellarium, Aladin i TOPCAT. Dwa ostatnie działają w środowisku Java, więc należy się upewnić, że jest ono zainstalowane. **Program TOPCAT** można pobrać ze strony <u>http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/</u>. Posiadacze systemu Windows powinni pobrać plik **topcat-lite.jar** lub **topcat-full.jar** z sekcji *Downloads*, a następnie utworzyć skrót w wybranej lokalizacji (np. na pulpicie). Pojawi się okno *Tworzenia skrótu*, gdzie system poprosi nas o wpisanie lokalizacji elementu. Wpisujemy tutaj poniższe wyrażenie, zapisujemy skrót, a następnie uruchamiamy program podwójnym kliknięciem:

C:\WINDOWS\System32\java.exe -jar "[ścieżka do pobranego pliku .jar]"

⁶ którą zazwyczaj trudno jest wyznaczyć, dlatego oszacowania mogą być obciążone dość dużym błędem

		×
÷	Tworzenie skrótu	
	Dla jakiego elementu chcesz utworzyć skrót?	
	Kreator ten pomaga utworzyć skróty do lokalnych lub sieciowych programów, plików, folderów, komputerów lub adresów internetowych.	
	Wpisz lokalizację elementu:	
	Windows\System32\java.exe -jar "C:\Users\Aga\Downloads\topcat-full.jar" Przeglądaj	
	Kliknij przycisk Dalej, aby kontynuować.	
	Dalej Ar	nuluj

W systemach opartych na Unixie (Linux, OSX) należy wpisać w terminalu następujące polecenie, upewniwszy się poprzednio, że znajdujemy się w katalogu, w którym umieściliśmy plik instalacyjny: **java -jar topcat-full.jar** (lub **java -jar topcat-lite.jar**, jeśli wybraliśmy tę wersję).

Przy instalacji **programu Aladin** należy pobrać wersję *Aladin Desktop* ze strony <u>http://aladin.u-strasbg.fr/</u>. Na komputery z systemem Windows pobierzemy gotowy plik programu, który uruchamiamy standardowo. W przypadku systemu Linux należy pobrać spakowane pliki instalacyjne, a następnie w folderze, w którym umieściliśmy program uruchomić skrypt *Aladin*.

Program **Stellarium** można znaleźć pod adresem <u>http://www.stellarium.org/pl/</u>. Na górze strony dostępne są wersje programu na różne systemy operacyjne. W przypadku systemu Windows wystarczy ściągnąć instalator (upewniając się najpierw, czy mamy wersję 32- czy 64-bitową systemu), a następnie uruchomić go i zainstalować zgodnie z podanymi instrukcjami. W przypadku wersji Ubuntu-Linux należy dodać w terminalu odpowiednie repozytorium (polecenie: **sudo add-apt-repository ppa:stellarium/stellarium-releases**), a następnie zaktualizować lokalne repozytorium (polecenie: **sudo apt-get update**). W obu przypadkach potrzebne jest hasło administratora. W przypadku innych systemów instalacja jest bardziej skomplikowana i należy skorzystać z instrukcji znajdującej się na stronie.

Po uruchomieniu programu Stellarium dostrzeżemy widok analogiczny do tego poniżej:



Za pomocą myszki i strzałek na klawiaturze możliwe jest obracanie i powiększanie widoku, wybór obiektów na niebie itd. Sterowanie jest zasadniczo intuicyjne i nie powinno sprawiać większych trudności. Jednak w razie ich wystąpienia można skorzystać z okna pomocy (klawisz F1).

Przemieszczając myszkę w rejon lewego dolnego rogu, ukaże nam się pasek zawierający opcje widoku i sterowania czasem. Możliwe jest włączenie/wyłączenie widoku Ziemi, atmosfery, siatek współrzędnych itd. Możliwe jest również przyspieszanie, spowalnianie, zatrzymywanie, odwracanie biegu czasu oraz wyjście z programu. Podobnie przemieszczając kursor w lewy rejon ekranu, ukaże się kolejny pasek umożliwiający wybór bardziej zaawansowanych opcji: wybór lokalizacji obserwatora, daty i godziny obserwacji, wyszukiwania obiektów i wiele więcej.

SN1006 wybuchła w 1006 roku, więc za pomocą okna *Daty/Czasu* na lewym pasku ustalamy datę na 1006 rok.



Włączamy Okno Ustawień Widoku i Nieba na lewym pasku. Wybieramy zakładkę Znaczniki. Ponieważ znamy przybliżoną szerokość ekliptyczną i równikową supernowej na czas jej wybuchu, a chcemy określić jest aktualne współrzędne, potrzebujemy włączyć trzy siatki współrzędnych: siatkę ekliptyki na dany dzień, siatkę równikową na dany dzień oraz równikową na J2000.



Na podstawie informacji historycznych znajdź przybliżone współrzędne supernowej w systemie J2000. Najłatwiej wykonać to zadanie, szukając miejsca, gdzie przecinają się odpowiednie linie siatki współrzędnych wyznaczone przez zapiski chińskie i arabskie, a następnie określić deklinację na podstawie przekazu z Sankt Gallen. Pomocne może być ustawienie lokalizacji miejsca obserwacji na Sankt Gallen, wpisując nazwę miejscowości w *Okno lokalizacji*.

				· · .	0	8
•						14
	Spika	Sankt Gall	en, Switzerland			
		1 de 1	4 			
		O sankt				
			Zresetui liste lokalizacii			
*						
Statements of the local division of the loca						
SE						
		laj do listy Usun z listy				
Ziemia, Sankt Gallen, 684 m	FOV 60° 18.2 kl./s 2019	2-02-11 02:37:06 UTC+01:00				

Po określeniu przybliżonej lokalizacji SN1006 uruchamiamy program **Aladin**. Włączamy wygląd nieba z przeglądu DSS, a w oknie określającym położenie wpisujemy znalezione współrzędne i wciskamy *Enter*, by wycentrować na nich widok.



Z menu *File* wybieramy opcję *Open server selector…* Ukaże nam się okno umożliwiające dostęp do opublikowanych katalogów astronomicznych. Wybieramy zakładkę *All Vizier*. Pole *Target* powinno zawierać przybliżone współrzędne supernowej z 1006 roku. W polu *Radius* wpisujemy promień, w którym będziemy prowadzić poszukiwania naszej pozostałości po supernowej. 10 stopni powinno wystarczyć, więc wpisujemy *10 deg*. W polu *Author free text* należy wpisać słowo klucz *SNR Remnant*, a następnie kliknąć przycisk *SUBMIT*. Wyświetli się kolejne okno z propozycjami katalogów. Wybieramy katalog *A Catalogue of Galactic Supernova Remnants (Green 2017)* i klikamy w tym oknie przycisk *SUBMIT*.

luore + = = = = = = = = = = = = = = = = = =	DSS2 cold	or.	Server	Selector		- * ×				<u> 4</u> 4 21 21 21 21 21 21 21 21 21 21 21 21 21	Welcome to your profession atlas. • Discover all astronomical d available over • Compare the own data. • Prepare you	Aladin, onal sky lata the set! om with your
	inago servers Saladio Inago Ssyver Ssyver Ssyver Ing Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ssyver Ing Ing Ssyver Ing Ing Ing Ing Ing Ing Ing Ing Ing Ing	Farget (I.G.R., Catalog Wavelength Radio IR optical UV EUV X-ray Gamma-ray	Othera OFICIAL Coperation of the sector of t	Radius 10 ge (MOC) lich catalog ge (MOC) lich catalog go nes with t t min sSAX dra micus	anamo or identification anamo or identification anamo or identification anamo or identification anamo of identification a	Catalog screws All Catalog Screws All Catalog	Catalogs Name ULT22 PULT22 Jobs/22 Jobs/22	4 catalog(s) flow null 1 /8 Gans-ray 1 /8 Gans-ray 1 /8 Hodio 1	d mound 15 00 00 -40 000 00 y Desc A catalogue of Galact A catalogue of Galact The first scalar by RATAN observations of SUBMIT	cription c supernova c supernova R catalog (Galactic Sh Reset	- + x remants Remants. IsC) (Acc & (Trush) Close	any object Mf, and in the moin y the sky., DSS2/col
all collections -		Rese	t Clear	SUB	MIT Close Q	0° x 180'						04:39:54.8 100 ⁻

W oknie głównym, przedstawiającym widok nieba, pokażą się znaczniki obrazujące położenie pozostałości po supernowych z katalogu Green 2017 w promieniu 10° wokół punktu, który ustaliliśmy. Chcemy przesłać informacje o tych pozostałościach do programu **TOPCAT**. W tym celu należy go najpierw uruchomić, a następnie w programie ALADIN wybrać, znajdującą się po prawej stronie okna z wyglądem nieba, zakładkę z obiektami z katalogu Greena. Klikamy nań prawym przyciskiem myszy i wybieramy opcję *Broadcast selected tables to...* > *topcat* z rozwijanej listy.



Po skutecznym zaimportowaniu danych w programie TOPCAT w oknie *Table list* wyświetli się tabela, w której zawarte są informacje o pozostałościach po supernowej. Dane można podejrzeć za pomocą przycisku *Display table cell data*. Natomiast opis nagłówków kolumn znajdziemy po uruchomieniu przycisku *Display column metadata*.

Table List 1: 278	Source Same Section Action: (no action) Broadcast Row
76 / 1750 M	Messages: 🛛 🔿 Clients: 🐖 💿 🎂

Pozostałość po supernowej kształtem przypomina na niebie elipsę ze względu na efekt rzutowania. W kolumnie siódmej znajdują się informacje o rozmiarach osi wielkiej pozostałości po supernowej, wyrażonej w minutach łuku.

e <u>V</u> iews <u>G</u> rapi		<u>loins V</u>	Vintows V	<u>Inter</u>	op <u>H</u> elp		,
🛋 🖪 🎤			ΞΟΣ			0 3	上 🌬 💥 🤾 f(x) 😰 🧶
able List ——	-				TOPCAT(1	.): Table Col	lumns — + :
278	Windo	ow <u>C</u> olu	umns <u>D</u> ispl	ay <u>H</u> elp	0		
	÷	(•	
	Table	Colum	ns for 1: 278			1	
		Visible	Name	\$ID	Class	Units	Descrip
	0		Index	\$0	Long		Table row index
	1	V	_RAJ2000	\$1	Double	deg	Right ascension (FK5, Equinox=J2000.0) (computed b
	2	V		\$2	String	ueg	Link to the VizieR record with all details
	4	V	SNR	\$4	String		*Supernova Remnant designation
	5	V	RAI2000	\$5	String	"h:m:s"	Right Ascension I2000 hours
79/175	6	V	DEJ2000	\$6	String	"d:m:s"	Declination (2000 degrees
75,175	5	~	MajDiam	\$7	Float	arcmin	Major Angular Size of remnant
	8	V	MinDiam	\$8	Float	arcmin	? Minor Angular Size of remnant
	9	V	u_MinDiam	\$9	Character		[?] Uncertainty flag on Angular Size
A 81 40 14	10	V	type	\$10	String		[CFS?] Type of remnant
pj_+o1_+2. Lt tar gz	11	V	I_S(1GHz)	\$11	Character		[>] Limit flag on S(1GHz)
contrigue	12	V	S(1GHz)	\$12	Float	Jy	? Flux Density at 1 GHz
	13	V	u_S(1GHz)	\$13	Character		[?] Uncertainty flag on S(1GHz)
pl_481_49	111	4	SnJndev	\$1.4	Float		2 Spectral Index of integrated radio emission

Na podstawie rozmiarów osi wielkiej należy oszacować przybliżony wiek każdej pozostałości po supernowej, która znajduje się w promieniu 10 stopni od przybliżonego położenia SN1006. Zakładamy, że tempo rozszerzania się pozostałości po supernowej wynosi ok. 10 000 km/s, a sama pozostałość znajduje się około 2000 parseków od Ziemi (1 parsek = 3,086 · 10¹⁶ m). Mając na uwadze, że są to tylko oszacowania, należy sprawdzić, czy wiek pozostałości po supernowej wyraża się w setkach czy tysiącach lat. Która z supernowych w badanym obszarze wybuchła ok. 1000 lat temu? Jaką ma rektascensję oraz deklinację na epokę J2000? Informacje te znajdziemy odpowiednio w kolumnach RAJ2000 i DEJ2000.

	e Browser	J X					7					1 11(11)	a	
ľ	RAJ2000	DEJ2000	V	SNR	RAJ2000	DEJ2000	MajDiam	MinDiam	u MinD	FROM		(x)		and and
1	225,71	-41,93	VizieR	G327.6+14.6	15 02 50	-41 56	30,			-				and the
	227,5	-40,	VizieR	G330.0+15.0	151000	-40 00	180,		?					
	bim odalit Nov 07. þ	ý af			Ro Activati	w Subset: on Action:	All (no action	on) 🗌	Broadcast	Row				
	100 C		07.4	1750 M	Messac	les:	\cap		Client	s: 000	•			1. 200