



Zimowe planety i filtry astronomiczne



Szkoła średnia
Klasy I-V
Doświadczenie konkursowe 4

Rok 2024

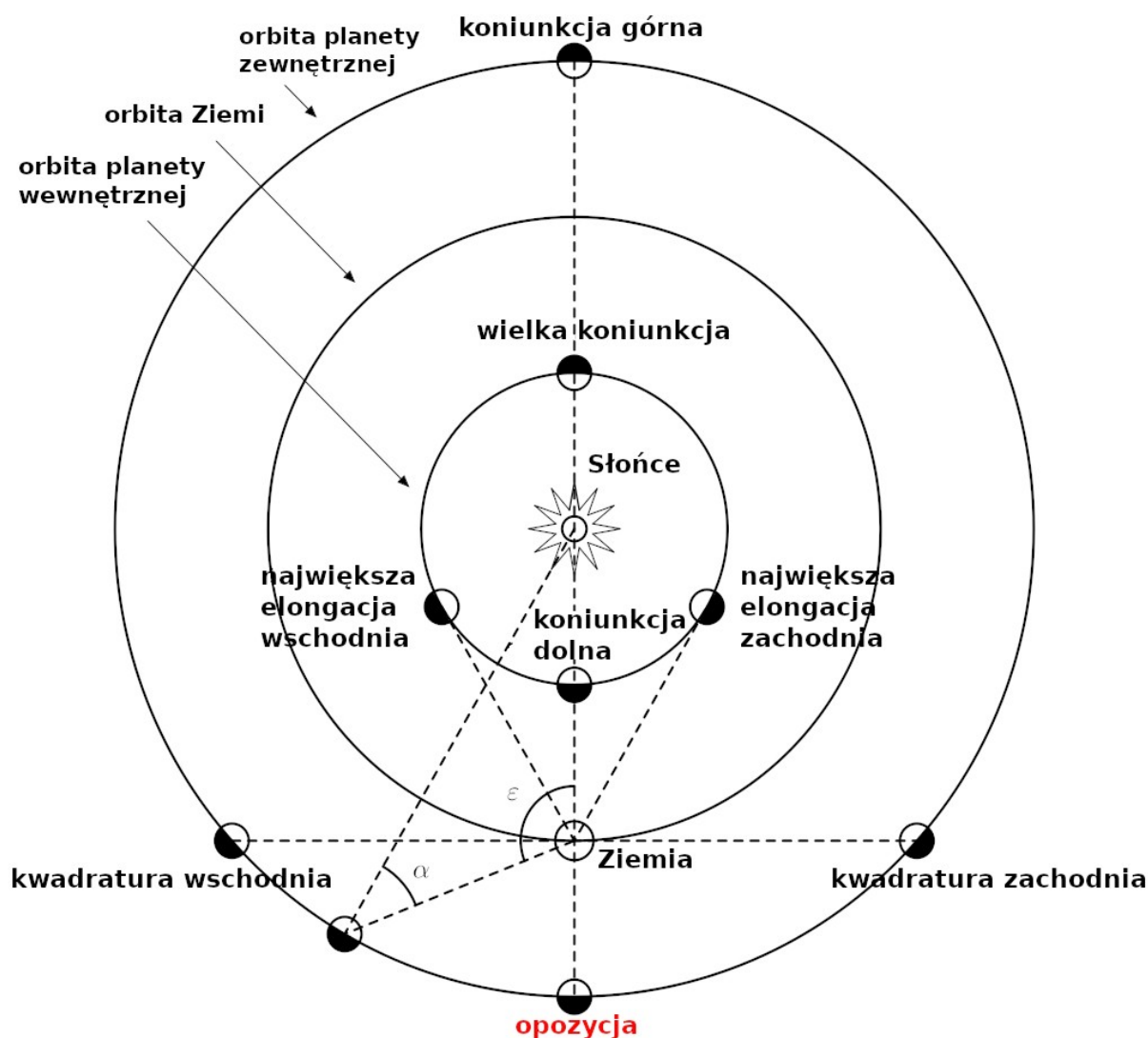
Widoczność planet

Wszystkie planety Układu Słonecznego zmieniają widoczne położenie na ziemskim niebie w ciągu roku z powodu ich ruchu wokół Słońca oraz ruchu samej Ziemi. Każda planeta krąży wokół Słońca na innej orbicie i okrąża je w innym czasie, co sprawia, że widzimy je na tle różnych gwiazdozbiorów w poszczególnych miesiącach roku. Ziemia również porusza się wokół Słońca, co zmienia nasz punkt widzenia na inne obiekty. Planety mogą być widziane w różnych kierunkach na sferze niebieskiej w zależności od momentu obserwacji – na przykład czasem widzimy Marsa w jednej części nieba, a po kilku miesiącach w innej. Planety mogą być też niewidoczne, gdy znajdują się zbyt blisko Słońca na niebie lub są po prostu za nim.

W styczniu i lutym 2025 roku na wieczornym niebie nad Polską możemy obserwować kilka planet. Najjaśniejsza z nich, Wenus, jest widoczna długo po zachodzie Słońca nad południowo-zachodnim horyzontem. Jej jasność sprawia, że nietrudno dostrzec ją gołym okiem. Mars świeci pomarańczowym blaskiem na wschodnim niebie, po czym wznosi się coraz wyżej i jest możliwy do obserwacji przez całą noc. Jowisz jest widoczny wysoko na niebie po zmroku, jako jeden z najjaśniejszych (choć nie tak jasny jak Wenus) obiektów. Saturn do końca pierwszego tygodnia lutego znajduje się w pobliżu Wenus na południowo-zachodnim niebie, później zachodzi jednak coraz szybciej, by z końcem lutego skryć się w promieniach zachodzącego Słońca. Wszystkie te planety są widoczne bez instrumentów optycznych – nawet przy dość silnym zanieczyszczeniu światłem. Tej zimy na niebie ponad horyzontem znajdują się też najdalsze planety czyli Uran i Neptun, ale do ich dostrzeżenia potrzebny jest teleskop lub lornetka (Uran bywa widoczny gołym okiem, ale wymaga specyficznego ustawienia planet, świetnych warunków atmosferycznych i dobrego wzroku.)

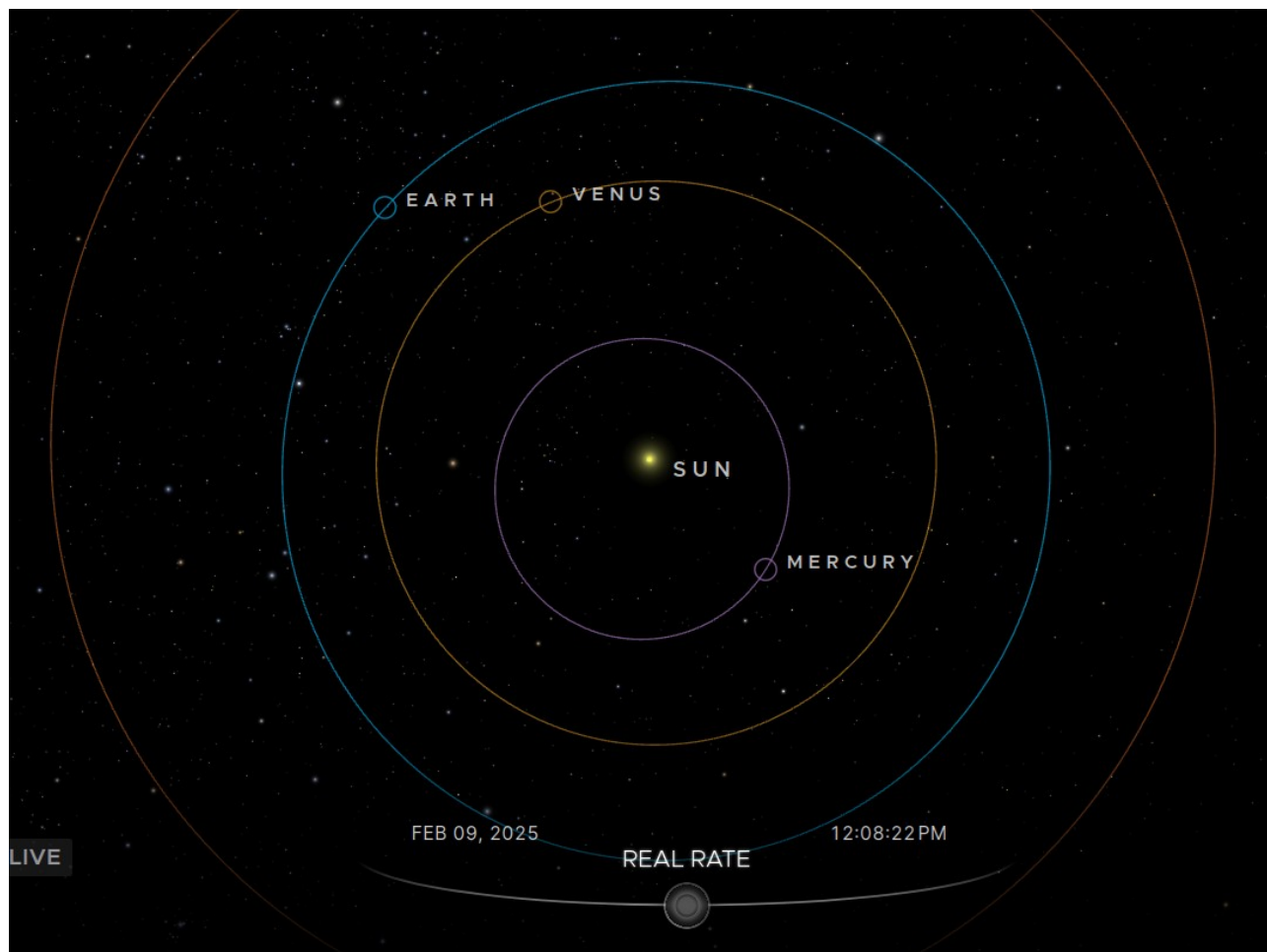
Dlaczego tak dobrze widać tej zimy Wenus, Marsa i Jowisza? W pierwszej połowie stycznia Wenus była w elongacji wschodniej, czyli największej odległości na jaką na niebie oddala się od Słońca. Gdy Wenus osiąga maksymalną elongację wschodnią, jest najlepiej widoczna na niebie wieczorem po zachodzie Słońca. Przy maksymalnej elongacji zachodniej widać ją rano, przed wschodem. W elongacji Wenus staje się jaśniejsza i łatwiejsza do obserwacji. Z kolei planeta w opozycji, jaką był całkiem niedawno Mars, jest widoczna przez całą noc. Opozycja to moment, gdy planeta zewnętrzna (czyli taka, która krąży dalej od Słońca niż Ziemia, np. Mars lub Jowisz) znajduje się dla mieszkańców Ziemi dokładnie po przeciwnej stronie nieba niż Słońce. Wtedy jest najbliżej nas, jest najjaśniejsza i najlepiej widoczna – to najlepszy czas na jej obserwacje. Mars znalazł się w opozycji 16 stycznia 2025 roku. Jowisz, obecnie widoczny na niebie przez większą część nocy, był w niej też dość niedawno, 18 grudnia 2024 roku.

Planety zewnętrzne mogą także znaleźć się w kwadraturze (położeniu, w którym linia łącząca taką planetę z Ziemią tworzy kąt prosty z linią łączącą Ziemię ze Słońcem), a wszystkie planety są od czasu do czasu w koniunkcji ze Słońcem. Planety wewnętrzne mogą być przy tym w koniunkcji dolnej (planeta znajduje się wtedy bliżej Ziemi niż Słońce) lub górnej (planeta znajduje się za Słońcem i jest dla nas niewidoczna). Planety zewnętrzne nie mogą z oczywistej geometrii znaleźć się między Ziemią a Słońcem, zatem bywają po prostu w koniunkcji, znajdując się wówczas najdalej od nas, za Słońcem. Jedną z tegorocznych koniunkcji górnych Merkurego, planety z końcem stycznia niewidocznej na niebie, ma miejsce 9 lutego. Czas najlepszej widoczności Merkurego na wieczornym niebie, czyli jego elongacja, przypada z kolei dopiero na pierwszą połowę marca 2025. Saturn, który tej zimy zachodzi coraz wcześniej podążając za Słońcem, też niebawem znajdzie się w koniunkcji.



Rysunek 1. Geometria położen planet wewnętrznych i zewnętrznych względem Słońca i Ziemi. Źródło: Wikipedia.

Podczas koniunkcji dolnej planety wewnętrznej, gdy jednocześnie planeta ta znajduje się blisko jednego z węzłów swojej orbity, przecinając płaszczyznę ekliptyki, czyli pozornej drogi Słońca na niebie, można też obserwować zjawisko przejścia (tranzytu) planety na tle tarczy Słońca. Tranzyty są jednak rzadkie: w przypadku Merkurego mają miejsce trzynastokrotnie w ciągu stulecia, a Wenus tylko kilka razy na stulecie¹.



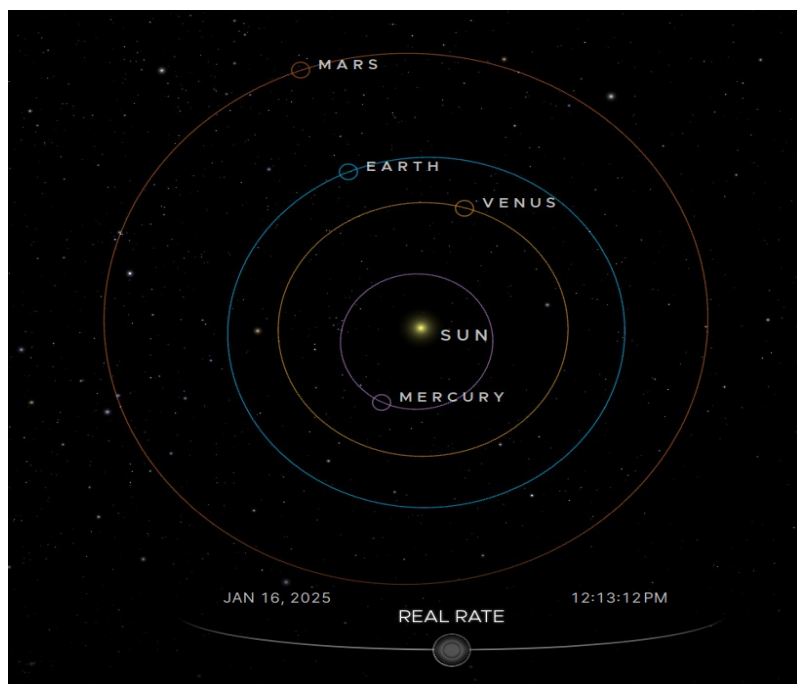
Rysunek 2. Położenie planet wewnętrznych w Układzie Słonecznym 9 lutego 2025. Widzimy, że Merkury, będący wówczas w koniunkcji górnej ze Słońcem, znajduje się z nim oraz z Ziemią niemal na jednej linii jednocześnie będąc dla obserwatorów z Ziemi za Słońcem. Źródło: eyes.nasa.gov.

Koniunkcje i parady planet

Planety mogą być również w koniunkcji ze sobą, a także z gwiazdami i Księżycem. Koniunkcja planet to moment, gdy dwie planety (lub planeta i inne ciało niebieskie) są bardzo blisko siebie na niebie, gdy patrzymy na nie z Ziemi. Wyglądają wtedy, jakby były tuż obok, choć w rzeczywistości dzieli je ogromna odległość. Istnieje także mniej formalny termin – parada planet. To zjawisko, gdy kilka planet ustawia się pozornie w linii na wieczornym lub porannym niebie. Widowiskowa parada planet ma miejsce w tym roku

¹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Tranzyt_Wenus

w styczniu i lutym. Z końcem stycznia i na początku lutego wieczorami możemy dostrzec nieuzbrojonym okiem 5 planet naszego układu, a z pomocą dużej lornetki lub teleskopu – nawet 7 wliczając też Urana i Neptuna. Widok wieczornego nieba nad Warszawą przedstawiony jest na Rysunku 4 (z innych miejsc w Polsce będzie on bardzo podobny).



Rysunek 3. Położenie planet 16 stycznia 2025. Widać, że Mars był wówczas w opozycji do Słońca. Źródło: eyes.nasa.gov.



Rysunek 4. Planety widoczne ponad horyzontem wczesnym wieczorem 1 lutego 2025. Źródło: Stellarium

Filtry astronomiczne

Filtry są używane do selekcji wybranych długości fal światła, dzięki czemu astronomowie mogą badać obiekty kosmiczne. Umieszcza się je w teleskopach, między wpadającym do nich światłem niosącym informację o danym obiekcie a wyjściem teleskopu i znajdującym się w nim odbiorniku (kamera cyfrowa, klisza fotograficzna, ludzkie oko). Filtry przepuszczające tylko część docierającego do tego odbiornika światła pozwalają m.in. na badanie składu chemicznego gwiazd oraz ocenę temperatur planet. Istnieją też filtry umożliwiające eliminację zakłóceń mających źródło na Ziemi, w tym zanieczyszczenia światłem, pozwalając na uzyskanie wyraźniejszych, bardziej szczegółowych obrazów².

Filtry nie tylko ułatwiają badania astronomiczne, ale i pomagają w astrofotografii, poprawiając kontrasty na zdjęciach ciał niebieskich. W praktyce są to zwykłe „szkiełka” zakładane na teleskop celem przepuszczenia lub zablokowania odpowiedniego fragmentu widma elektromagnetycznego. Nie musi być to koniecznie światło widzialne – niektóre filtry są czułe na promieniowanie ultrafioletowe lub podczerwień.



Rysunek 5. Filtry astronomiczne systemu LRGB. Źródło: Baader Planetarium

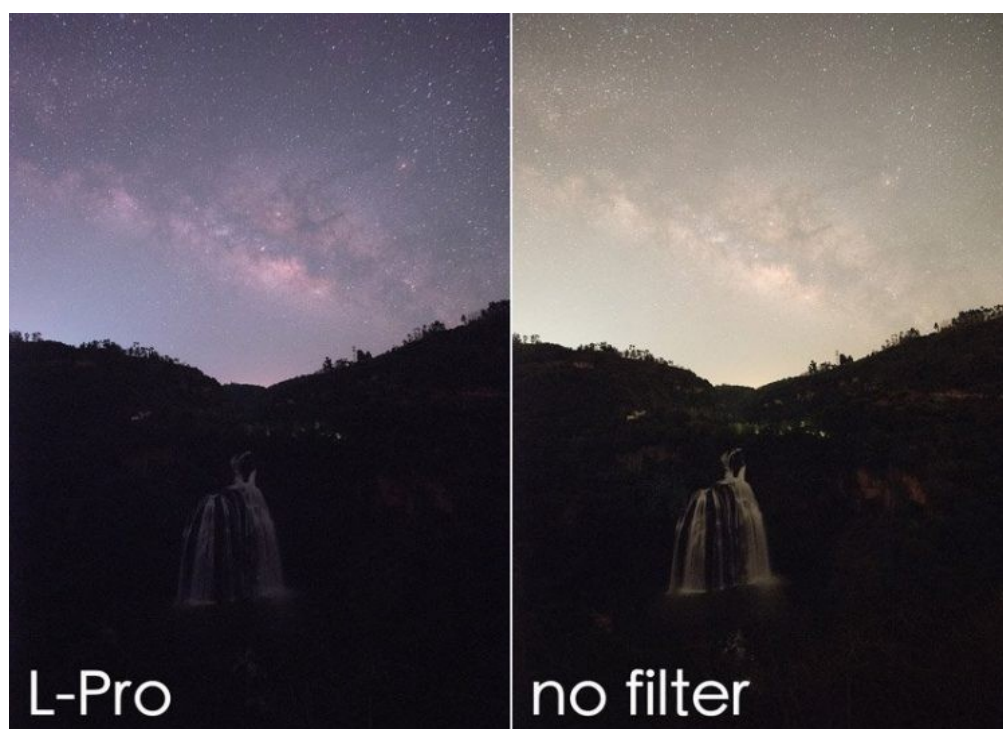
Filtry szerokopasmowe

Filtry używane w astronomii³ dzielą się przede wszystkim na szerokopasmowe i wąskopasmowe. Filtry szerokopasmowe przepuszczają bardzo szerokie pasma (zakresy długości) światła, usuwając z nich jedynie pozostałe fragmenty. Wąskopasmowe działają

² <https://astronet.pl/obserwacje/poradnik/filtry-w-astrofotografii/>

³ <http://www.wygasz.edu.pl/index.php/filtry-w-astronomii.html>

przeciwnie: umożliwiają selekcję bardzo wąskich, pojedynczych części widma elektromagnetycznego. Odpowiednio dobrane filtry szerokopasmowe mogą usunąć lub zredukować skutki zanieczyszczenia światłem, blokując na przykład zakres światła typowy dla lamp sodowych. Z kolei popularne filtry szerokopasmowe systemu LRGB (Luminance, Red, Green, Blue) są powszechnie używane w astrofotografii. Filtr *Luminance* (L) przepuszcza szeroki zakres światła, dając szczegółowy obraz o wysokiej rozdzielczości, a filtry *Red* (R), *Green* (G), i *Blue* (B) przepuszczają odpowiednio czerwone, zielone i niebieskie światło, pozwalając na odwzorowanie kolorów różnych obiektów. Łącząc ze sobą dane z tych filtrów, czyli w praktyce nakładając na siebie i mieszając różne barwy światła widzialnego emitowanego przez różne obszary obiektów astronomicznych, możemy uzyskać realistyczne obrazy kosmosu, które pokazują strukturę i barwy galaktyk, mgławic, planet oraz gwiazd. W ten sposób powstają barwne zdjęcia nieba, które znamy m.in. z serwisów NASA⁴, ESA czy JWST⁵.



Rysunek 6. Porównanie zdjęć Drogi Mlecznej wykonanych z filtrem blokującym zanieczyszczenie świetlne (po lewej) i bez tego filtra (po prawej). Źródło: Optolong/AstroNET.

Filtry wąskopasmowe

Filtry wąskopasmowe przepuszczają jedynie wąski zakres długości fal światła, czyli konkretne, wybrane w określonym celu linie emisyjne. Są przy tym skuteczne przy obserwacjach z miejsc zanieczyszczonych światłem, bo blokują większość światła miejskiej łuny. Dzięki nim powstają też piękne, szczegółowe obrazy mgławic. Najczęściej stosowane filtry wąskopasmowe to:

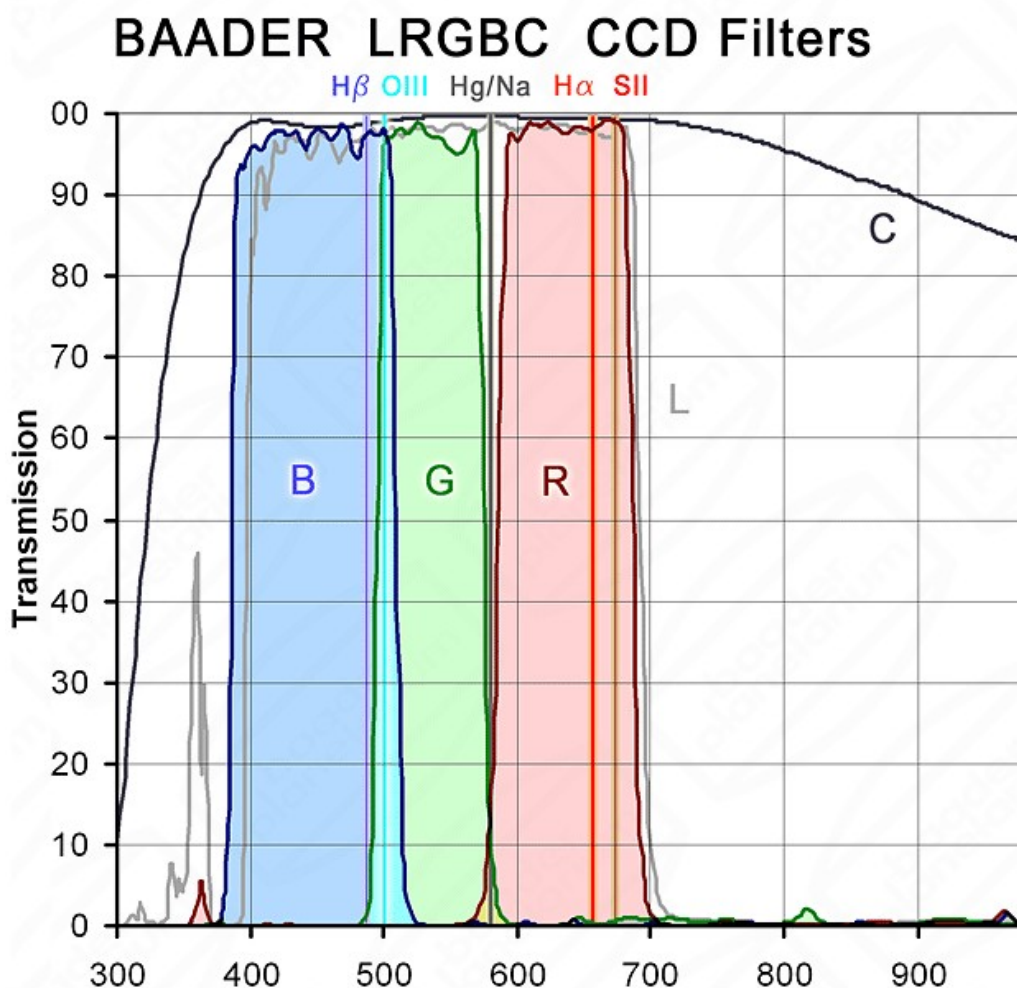
⁴ <http://apod.pl/apod/astropix.html>

⁵ <https://webbtelescope.org/home>

- **H-alpha (H α)** – przepuszcza światło o długości fali 656,3 nm emitowane przez zjonizowany wodór. Ta linia emisyjna powstaje, gdy elektron w atomie wodoru spada z trzeciego na drugi poziom energii. W astronomii jest szczególnie istotna, ponieważ emituje ją wiele mgławic. Można ją też wykorzystać w celu obserwacji atmosfery Słońca.
- **Oxygen III (OIII)** – przepuszcza światło o długości fali 500,7 nm związanej ze zjonizowanym tlenem, ukazuje piękno mgławic.
- **Sulfur II (SII)** – przepuszcza światło o długości fali 672,4 nm emitowane przez zjonizowaną siarkę. Ta linia emisyjna jest obecna w świetle mgławic planetarnych i emisyjnych oraz pozostałości po wybuchach supernowych.

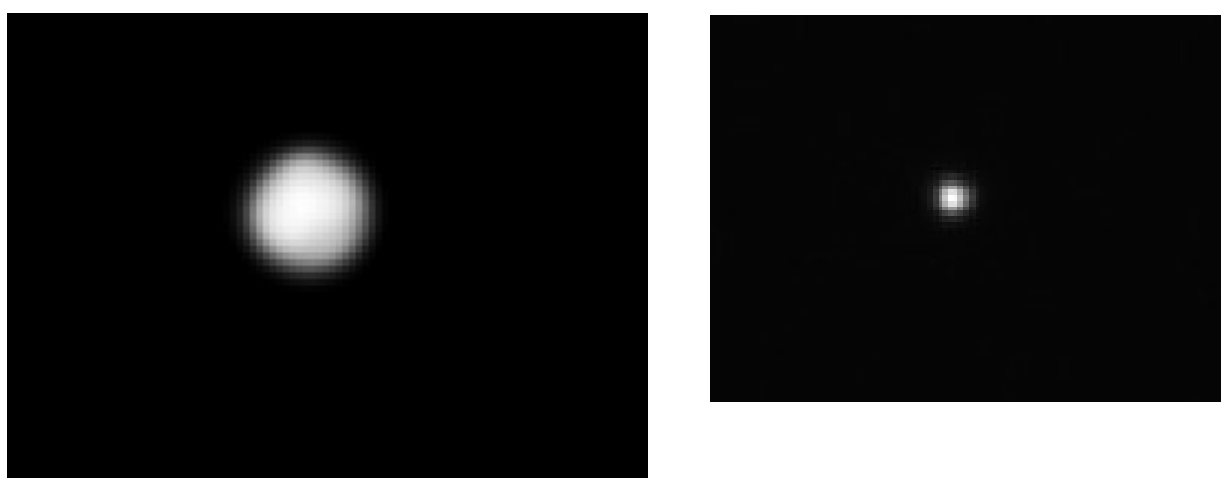
Popularny jest też system **filtrów Strömgrena**, używany m.in. do badania gwiazd, w tym porównania gwiazd gorących z chłodnymi. Składa się z czterech wąskopasmowych filtrów oznaczonych literami **u, v, b i y**, które mierzą jasność w różnych zakresach długości fal:

- **u** (ultrafiolet) – filtruje emisję w ultrafiolecie, czuły na linie wodoru i metaliczność gwiazd
- **v** (fiolet) – obejmuje długości fal bliskie fioletowi, dostarcza informacji o zawartości metali (przy czym w nomenklaturze astronomicznej metalem jest wszystko oprócz wodoru i helu) w gwiazdach
- **b** (niebieski) – mierzy jasność w niebieskiej części widma, wykrywa gorące gwiazdy
- **y** (żółty) – odpowiada barwie zielonożółtej, wykorzystywany m.in. do kalibracji.



Rysunek 7. Zakresy przepuszczalności filtrów szerokopasmowych systemu LRGB oznaczonych odpowiednimi literami oraz filtrów wąskopasmowych przepuszczających m.in. linie wodoru ($H\beta$ i $H\alpha$), tlenu ($OIII$) i siarki (SII). Na dole podana jest długość fali światła w nanometrach. Źródło: Cloudy Nights.

Ze względu na ich zdolność eliminacji zanieczyszczenia światłem i wpływu ziemskiej atmosfery filtry Strömgrena można też wykorzystać do fotografowania planet Układu Słonecznego. Zdjęcia te mogą wydawać się nieco nietypowe, bo planety mają na nich inne niż widoczne gołym okiem kolory. Obrazy rejestrowane w filtrach Strömgrena (i wielu innych filtrach) są monochromatyczne, co oznacza, że każde pasmo (np. u, v, b, y) rejestruje jasność obiektów w odcieniach szarości, odpowiadających intensywności docierającego z danego obiektu światła na danej długości fali. Aby utworzyć z nich ostatecznie barwny obraz, każdemu filtrowi przypisuje się odpowiedni kolor, a następnie łączy ze sobą dane rejestrowane różnych pasmach przepuszczalności. Dopiero dzięki temu powstają kolorowe zdjęcia kosmosu.



Rysunek 8. Monochromatyczne zdjęcia Marsa w opozycji (po lewej) i Urana (po prawej) z 16 stycznia 2025 zarejestrowane w filtrze wąskopasmowym y. Źródło: OAUJ/ Teleskop CDK500

Redukcja zdjęć astronomicznych

Dane rejestrowane przez duże, profesjonalne teleskopy optyczne są obarczone różnymi błędami i wadami, które biorą się nie tylko z zanieczyszczenia światłem. Obraz odległych obiektów jest zwykle „zaszumiony” przez ciepło samego detektora i kamery, a także naturalne zanieczyszczenia pojawiające się na elementach optycznych. Możemy je usunąć lub przynajmniej **zredukować** (stąd pochodzi termin: redukcja danych), wykonując, a następnie odejmując od właściwych zdjęć nieba odpowiednie zdjęcia (klatki) kalibracyjne. Można wyróżnić ich trzy rodzaje:

- Zdjęcia (klatki) **bias** to zdjęcia wykonane przy zakrytym obiektywie i krótkim czasie ekspozycji, rejestrujące stan początkowy pikseli matrycy kamery cyfrowej, w którym zawiera się szum odczytu wynikający z pracy kamery,
- Zdjęcia ciemne **dark** to zdjęcia wykonane z zakrytym obiektywem i tym samym czasem

naświetlania co właściwe zdjęcia nieba. Zbierają informację o tym, jak wiele sygnału pojawiło się w tym czasie w pikselach matrycy kamery bez rejestracji światła wpadającego przez obiektyw, w tym szum termiczny matrycy,

- Zdjęcia **flatfield** (nazywane też *flatami*) to zdjęcia równomiernie oświetlonej powierzchni. Robi się je, aby uzyskać zapis poziomu tłumienia dochodzącego z kosmosu światła przez wszystko to, co znajduje się na drodze od obiektywu teleskopu do detektora kamery. Rejestrują m.in. pociemnienia brzegowe i rozmaite zanieczyszczenia, w tym pył.

Redukcja obrazów nieba za pomocą biasów, darków i flatów to proces poprawiania jakości obrazów poprzez eliminację zakłóceń wynikających z działania samego detektora. Po zastosowaniu tych korekt zdjęcia stają się dokładniejsze i gotowe do analizy naukowej.

Kompozycje barwne

Technika kompozycji barwnych polega na tworzeniu obrazów wielokolorowych na bazie monochromatycznych obrazów składowych. Można na przykład złożyć razem, czyli dodać do siebie, obrazy nieba zarejestrowane w świetle czerwonym, zielonym i niebieskim, lub w ultrafiolecie i podczerwieni. Znana z wyświetlaczy komputerowych technika RGB pozwala z kolei z trzech barwnych składowych (kanałów) obrazu uzyskać zrozumiały dla naszego mózgu obraz kolorowy. Astronomiczne kompozycje o barwach zbliżonych do naturalnych powstają, gdy bazowym długościom rejestrowanego na poszczególnych zdjęciach światła przepuszczanego przez dany filtr przyporządkujemy odpowiadające im zakresy widzialnych dla nas fragmentów widma – określone barwy. Przykładowo, obrazowi rejestrowanemu w paśmie czerwonym przypiszemy zakres widma zawierający światło czerwone, a zielonym – zakres widma zawierający światło zielone. Takie kompozycje barwne wykorzystywane są powszechnie do składania i analizy danych astronomicznych.

Wybrane zdjęcia bazowe ciał niebieskich możemy też przetworzyć samodzielnie. Umożliwia to m.in. aplikacja obserwatorium NRAO (National Radio Astronomy Observatory), z której pomocą każdy może stworzyć kompozycje barwne. Narzędzie NRAO jest dostępne online, a utworzony obraz możemy później ściągnąć w wybranej rozdzielczości. Narzędzie można znaleźć pod adresem <https://public.nrao.edu/color/>.

Cel doświadczenia

Celem jest zrozumienie podstawowych zjawisk astronomicznych, jakimi są ruchy planet na niebie. Uczniowie dowiadują się, jak planety poruszają się w Układzie Słonecznym, co pomaga im zrozumieć podstawy mechaniki nieba. Zapoznanie z systemami filtrów astronomicznych pozwala odkryć, jak naukowcy analizują światło obiektów kosmicznych, aby dowiedzieć się więcej o ich składzie i temperaturze, oraz jak powstają barwne zdjęcia. Przekazana jest podstawowa wiedza z zakresu redukcji danych optycznych. Ćwiczenie rozwija umiejętności obserwacyjne, informatyczne i analityczne, uczy technik składania barwnych kompozycji.

Opis wykonania doświadczenia

1. Przejdź na stronę:

<https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home>

To model głównych ciał Układu Słonecznego w czasie rzeczywistym ukazujący ich aktualne położenia względem siebie. Na dole znajduje się opcja zmiany daty. Za pomocą lewego przycisku myszy obraz możesz odwracać i oglądać pod różnymi kątami, także z boku. Sprawdź, gdzie znajdują się poszczególne planety w dniu wykonywania tego doświadczenia. Sprawdź, gdzie znajdują się względem siebie za miesiąc i za pół roku od tego dnia. Sprawdź, kiedy Twoim zdaniem będą miały miejsce dwie najbliższe koniunkcje Saturna ze Słońcem, oraz w jakim mniej więcej dniu będzie kolejna opozycja Marsa względem Słońca.

2. Będąc na stronie eyes.nasa.gov z pkt. 1 przy użyciu myszy lub touchpada zmieniaj swój lokalny punkt widzenia na Układ Słoneczny tak długo, aż wszystkie planety zobaczysz mniej więcej w tej samej płaszczyźnie. Czy wiesz, jak nazywa się ta płaszczyzna? Jeśli nie, sprawdź tę informację w dostępnych źródłach. Co jest konsekwencją istnienia tej płaszczyzny, gdy rozważamy widoczność planet naszego układu na ziemskim niebie? Zastanów się i sprawdź, czy opisane na str. 3 koniunkcje, opozycje i przejścia planet na tle tarczy Słońca byłyby możliwe, gdyby wszystkie planety układu nie krążyły w wyraźnie wyróżnionej płaszczyźnie. Postaraj się samodzielnie znaleźć odpowiedź na pytanie, dlaczego obserwowane z Ziemi Merkury i Wenus nie przechodzą na tle tarczy Słońca podczas każdej swojej koniunkcji dolnej.

3. Korzystając z pogodnej nocy wyjdź (za zgodą opiekunów lub z nimi) na otwarty teren. Przy pomocy wiedzy wyniesionej z tego doświadczenia oraz Stellarium (<https://stellarium-web.org/>) postaraj się zlokalizować na niebie widoczne w danym dniu planety Układu Słonecznego. Które i jak wiele z nich widzisz bez pomocy instrumentów optycznych? Wróć do strony 4 i zamieszczonej tam informacji, że z końcem stycznia i na początku lutego 2025 wieczorem można dostrzec nieuzbrojonym okiem 6 lub 5 planet naszego układu. Które to planety? Czy umiesz je dokładniej wskazać?

4. Do doświadczenia dołączone są obrazy Jowisza wykonane w styczniu 2025 r. w filtrach wąskopasmowych v, b, y. Są one już zredukowane o biasy, darki i flatfieldy. Zapisz je w osobnym katalogu na dysku. Z tabeli poniżej odczytaj, jakim długościom fal światła w nanometrach odpowiada każdy z filtrów. Zobacz, jaka barwa odpowiada danej długości.

Filtry	u	v	b	y
Długość fali [nm]	350	411	467	547

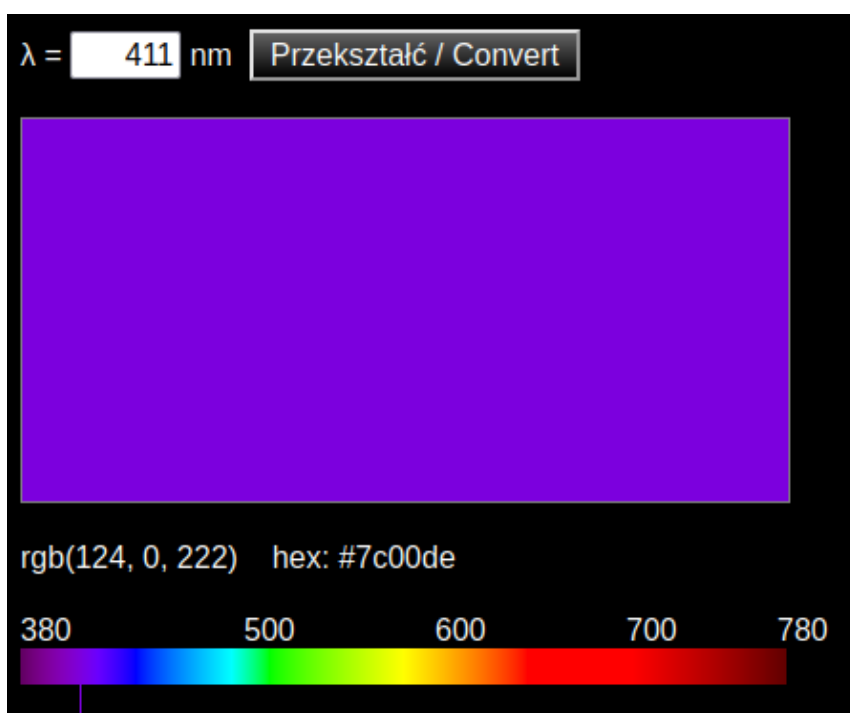
Rysunek 9. Długości fali światła przepuszczalnego dla filtrów wąskopasmowych Strömgrena (Wikipedia)

Przejdź na stronę <https://darekk.com/kalkulator/wavelength-to-rgb> i sprawdź, jakim kodem

kolorów w zrozumiałej dla programów graficznych notacji HTML (hex) odpowiadają podane wyżej długości fali w nm. Zapisz kody odpowiadające przepuszczalnościom filtrów v, b i y.

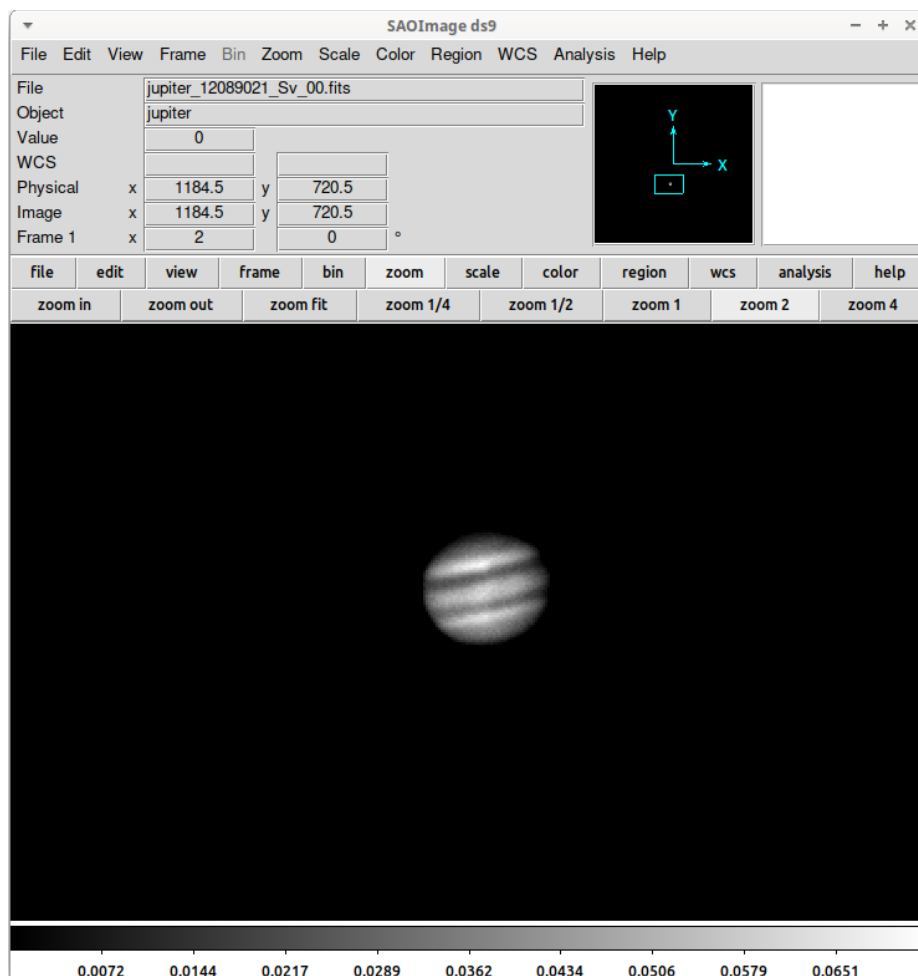
5. Ściągnij i zainstaluj darmowe oprogramowanie SAOImage DS9 ze strony <https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoimageds9/download> oraz darmowy program graficzny GIMP ze strony producenta: <https://www.gimp.org/downloads/>.

6. Zestawy zdjęć Jowisza w filtrach v, b, y po kolei otwieraj w programie DS9. Zacznij od zdjęć w filtrze v, czyli pięciu kolejno wykonanych obrazów z oznaczeniem „Sv” w nazwie.



Rysunek 10. Konwersja długości fali światła na format RGB/hex (darekk.com)

Wybierz zdjęcie, które Twoim zdaniem jest najwyraźniejsze lub zawiera najwięcej ciekawych szczegółów. W tym celu otwieraj wybrane zdjęcia w programie DS9 i ustawiaj parametr Zoom – powiększenie interesującego nas obiektu na zdjęciu (np. opcję zoom 2). Ustaw obraz Jowisza mniej więcej pośrodku pola widzenia.

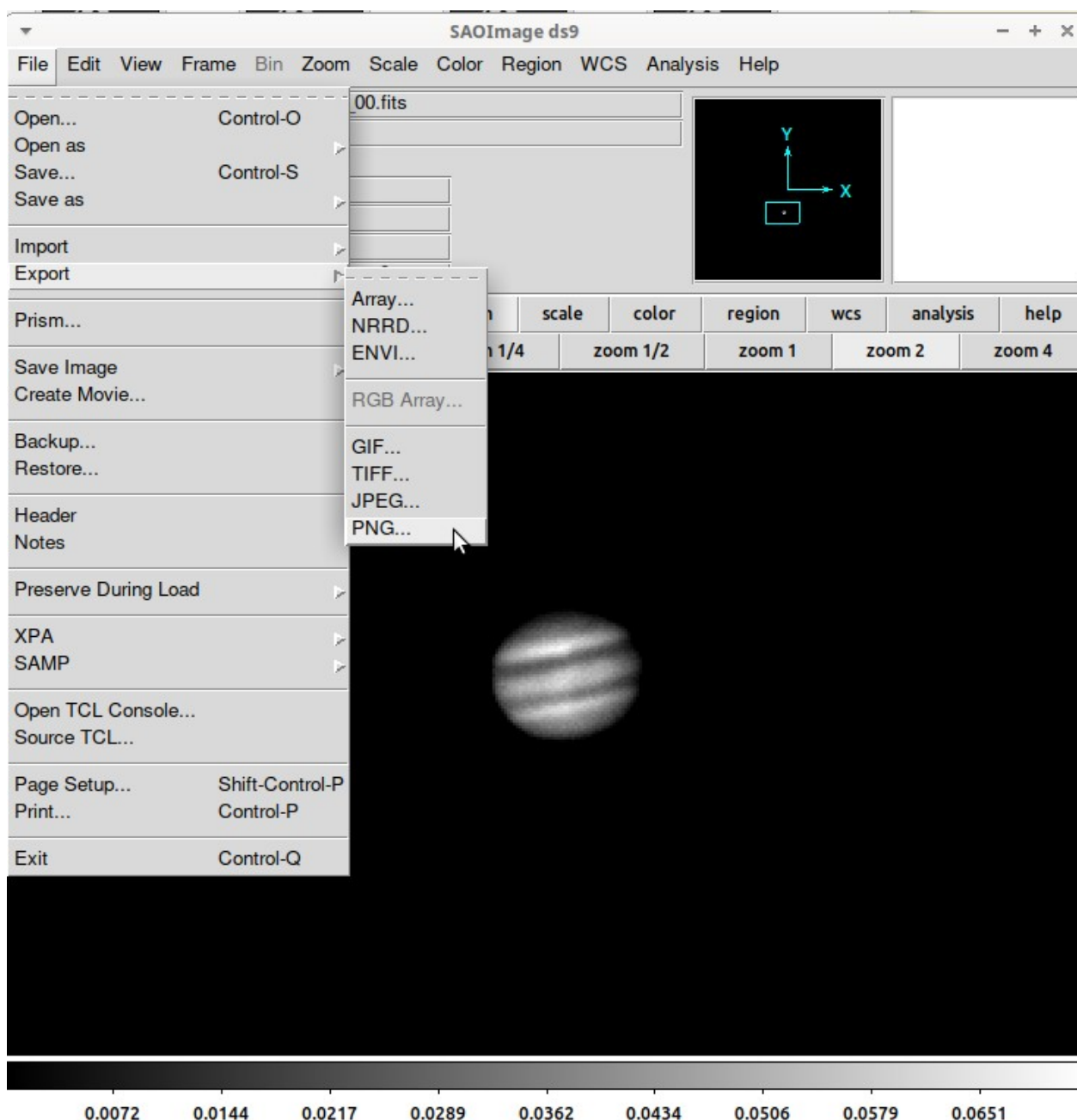


Rysunek 11. Okno DS9 i wybór opcji Zoom (DS9)

7. Zapisz (wyeksportuj) obrazek w formacie .png. Zdjęciu w filtrze v nadaj np. nazwę v.png (Rys. 12)

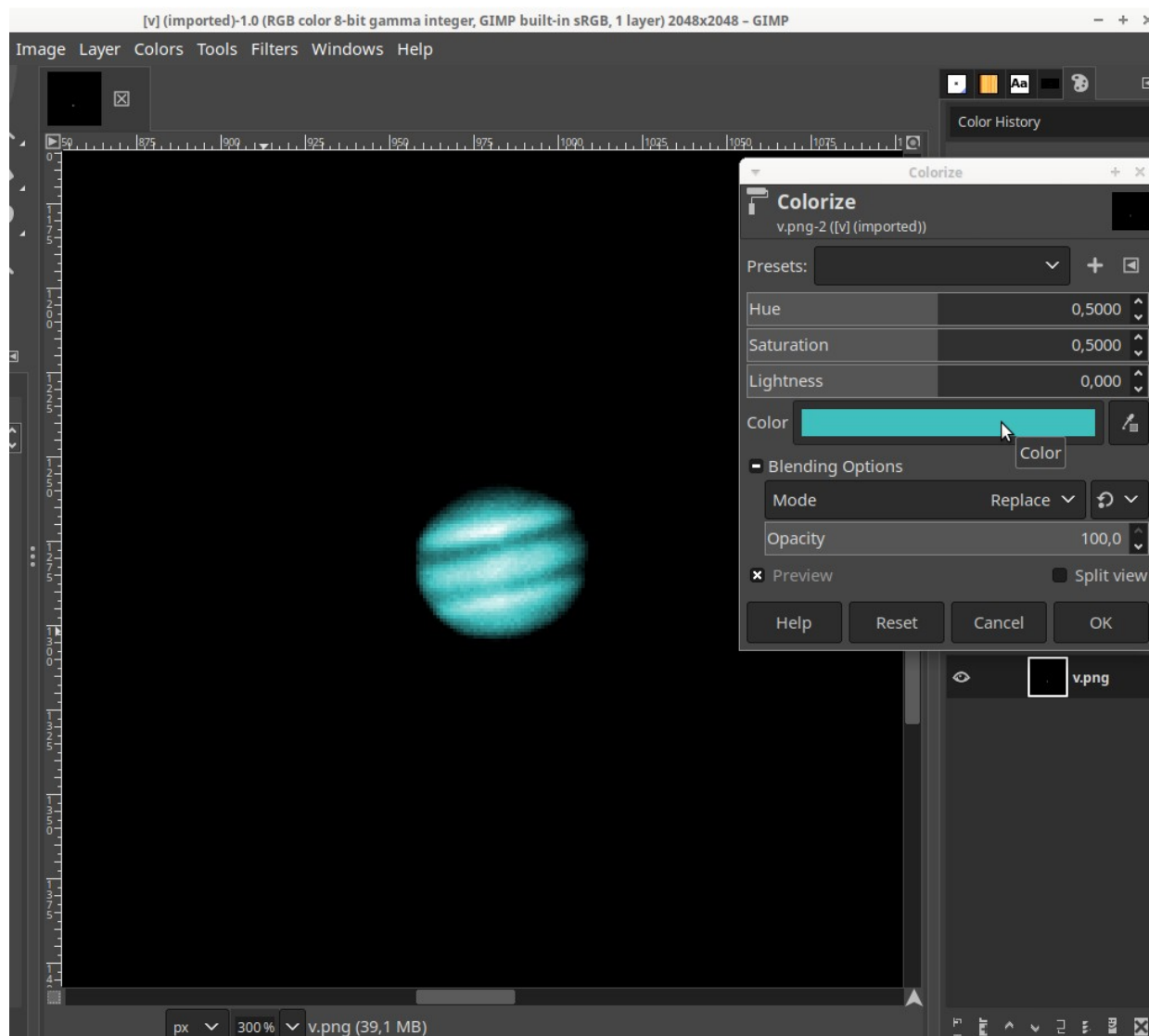
8. Punkty 6-7 powtórz analogicznie w przypadku obrazów zarejestrowanych w filtrach b i y (warto zwrócić uwagę na różnice w jasności poszczególnych części obrazu w zależności od filtra, a także jego rozmycie). Wybrane zdjęcia w filtrach b i y zapisz jako b.png i y.png. Obejrzyj otrzymane obrazy .png i przenieś je lub skopiuj do osobnego katalogu.

9. Przejdź do katalogu, w którym są trzy otrzymane pliki. Wybierz pierwszy z nich (w filtrze v) i otwórz za pomocą programu GIMP (GNU Image Manipulation Program). Jest to darmowy odpowiednik zawierający większość funkcji, jakie posiadają komercyjne programy takie jak Adobe Photoshop. **Uwaga**, do „kolorowania” monochromatycznych zdjęć obiektów nieba możesz też użyć innego, ulubionego programu graficznego, np. Photoshop lub Canva. Upewnij się tylko, że ma on opcję nadawania wybranych barw obrazom. Poniższa część instrukcji będzie natomiast dotyczyła poleceń programu GIMP.



Rysunek 12. Okno DS9 i zapis do formatu .png (DS9)

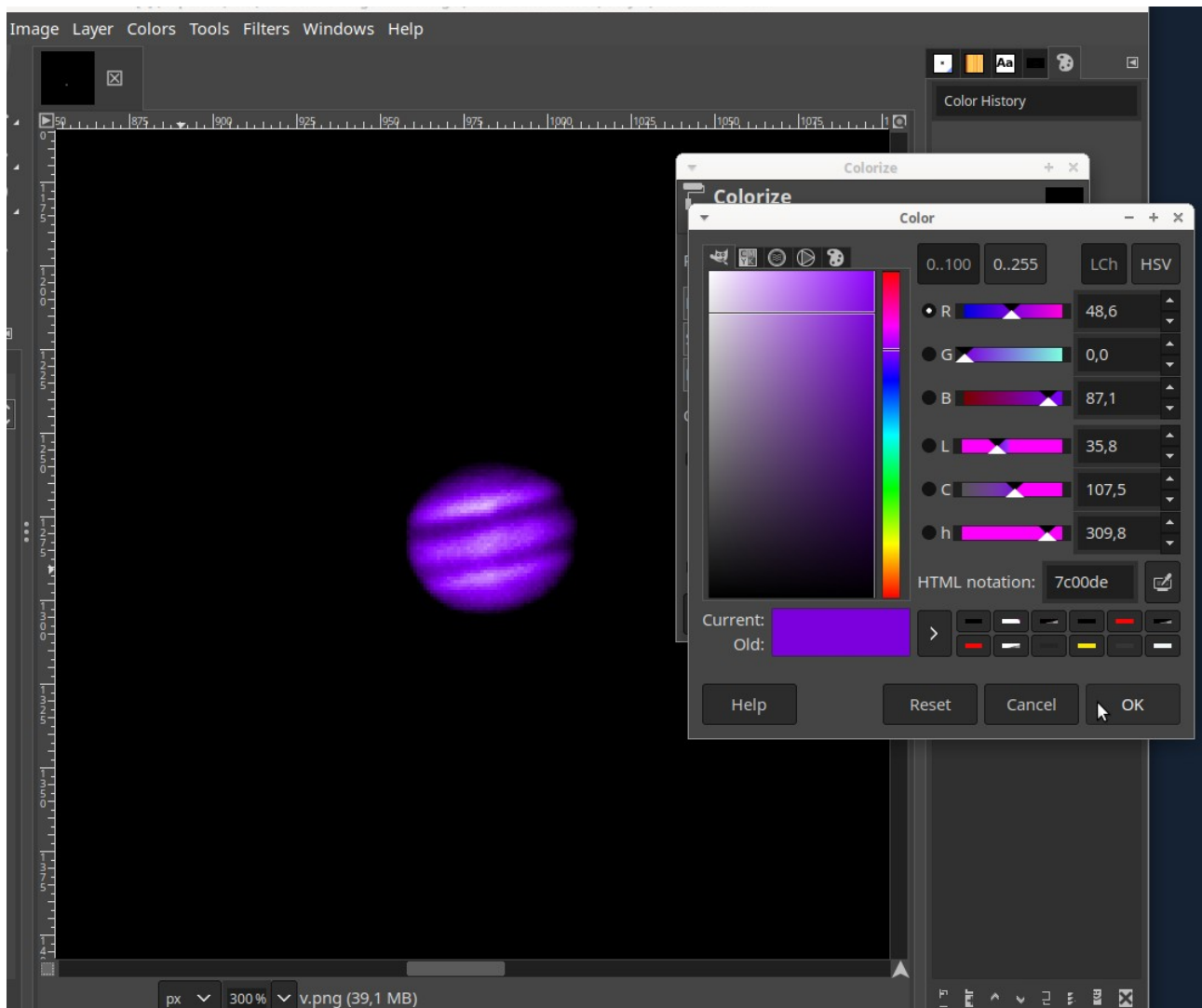
10. Nadaj obrazowi v.png kolor odpowiedni dla zdjęcia wykonanego w teleskopowym filtrze v – w tym celu możemy się posłużyć notacjami HTML wyznaczonymi w pkt. 4. Odczytaj wartość koloru (hex) dla danej długości fali światła (Rys. 10). W programie GIMP, mając otwarte zdjęcie Jowisza w filtrze v, w menu górnym wybierz narzędzie *Colors* → *Colorize* (w starszych wersjach GIMP opcja może występować pod nazwą *Colorify*). Po pojawieniu się okna dialogowego kliknij w pasek domyślnej barwy i wybierz nowy kolor wpisując jego odczytaną wcześniej wartość hex w pole oznaczone „HTML notation”. Zatwierdź przyciskiem OK i zapisz otrzymany obraz barwny, np. poleceniem: *File* → *Overwrite v.png*.



Rysunek 13. GIMP – nadawanie kolorów zdjęciom , edytor barwy

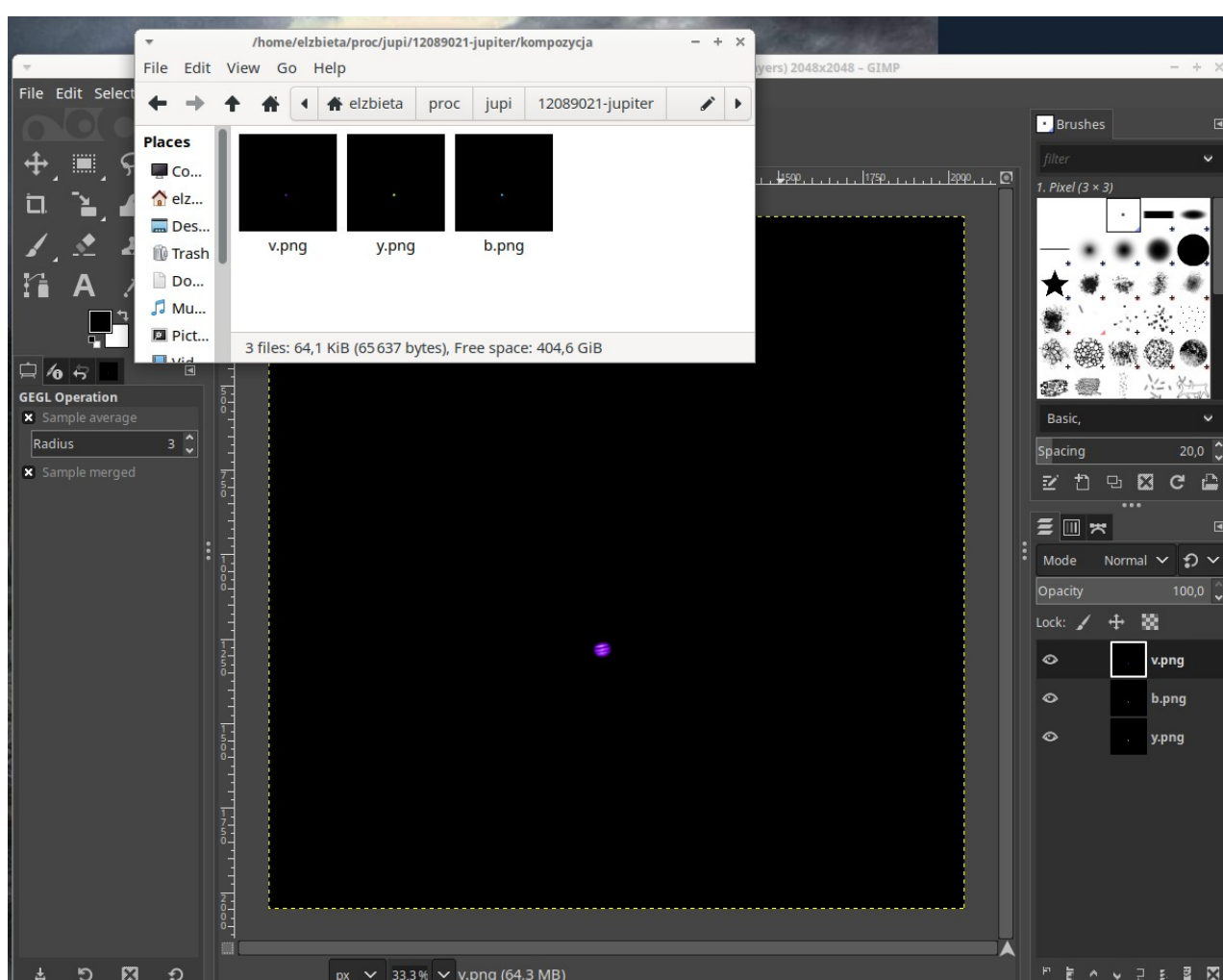
11. Analogicznie nadaj barwy obrazom zarejestrowanym w filtrach b i y. W rezultacie powstaną trzy zdjęcia Jowisza o różnych barwach.

12. Otwórz utworzony w jednym z poprzednich kroków obraz v.png w nowym oknie programu GIMP. Powiększ go za pomocą narzędzia Zoom (lupa) i wyśrodkuj. Sprawdź, czy widoczne jest okno dialogowe o nazwie *Layers* (jeśli nie, uruchom je wybierając z menu górnego: *Windows* → *Dockable Dialogs* → *Layers*). Mając otwarty plik v.png oraz otwarty osobno na ekranie katalog z kolorowymi zdjęciami w formacie .png przenoś kolejno myszką do okna dialogowego *Layers* (np. „podnosząc” je w katalogu i „upuszczając” w tym docelowym oknie) obrazy barwne b.png i y.png. Ostatecznie w oknie warstw (*Layers*) powinny być trzy warstwy – obrazy barwne v, b i y.



Rysunek 14. GIMP – nadawanie kolorów zdjęciom, notacja HTML

13. Kliknij w pierwszą widoczną warstwę od góry – np. v.png. Nadaj jej rozwinięty w oknie *Layers* (u góry) parametr *Mode: Addition*. Widoczny w oknie podgląd zdjęcia Jowisza powinien się zmienić – być jaśniejszy i bardziej „pełny”. Jest on teraz złożeniem dwóch pierwszych obrazów. Tę samą operację wykonaj dla warstwy kolejnej, np. b.png (w razie potrzeby wcześniej przesun i zmień kolejność warstw w oknie *Layers*). Nasz barwny obraz jest teraz złożeniem (dodaniem) trzech obrazów w poszczególnych filtrach.

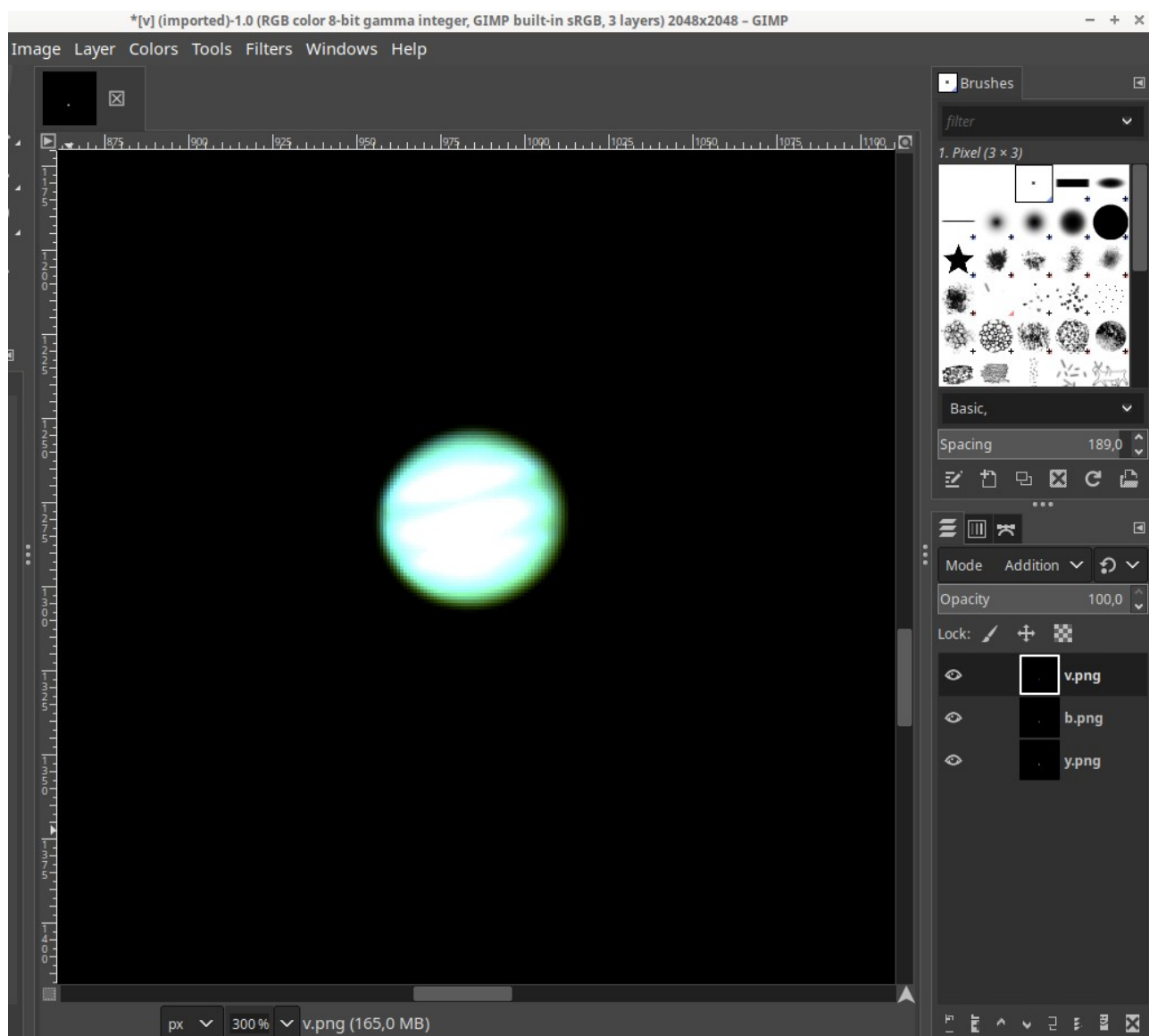


Rysunek 15. Okno GIMP i trzy wczytane warstwy (w prawym dolnym rogu)

14. Zdjęcie będące kompozycją barwną w filtrach v, b i y możemy jeszcze cyfrowo wyostrzyć za pomocą GIMP (lub innego oprogramowania graficznego). W GIMP wejdź w tym celu do menu *Colors* → *Brightness-Contrast*. Przykładowo, zmniejsz jasność obrazka i zwiększ kontrast o 10 (warto jednak samodzielnie poeksperymentować z różnymi, także innymi parametrami oraz filtrami graficznymi!). Gotowe zdjęcie zapisz na przykład jako jowisz.png.

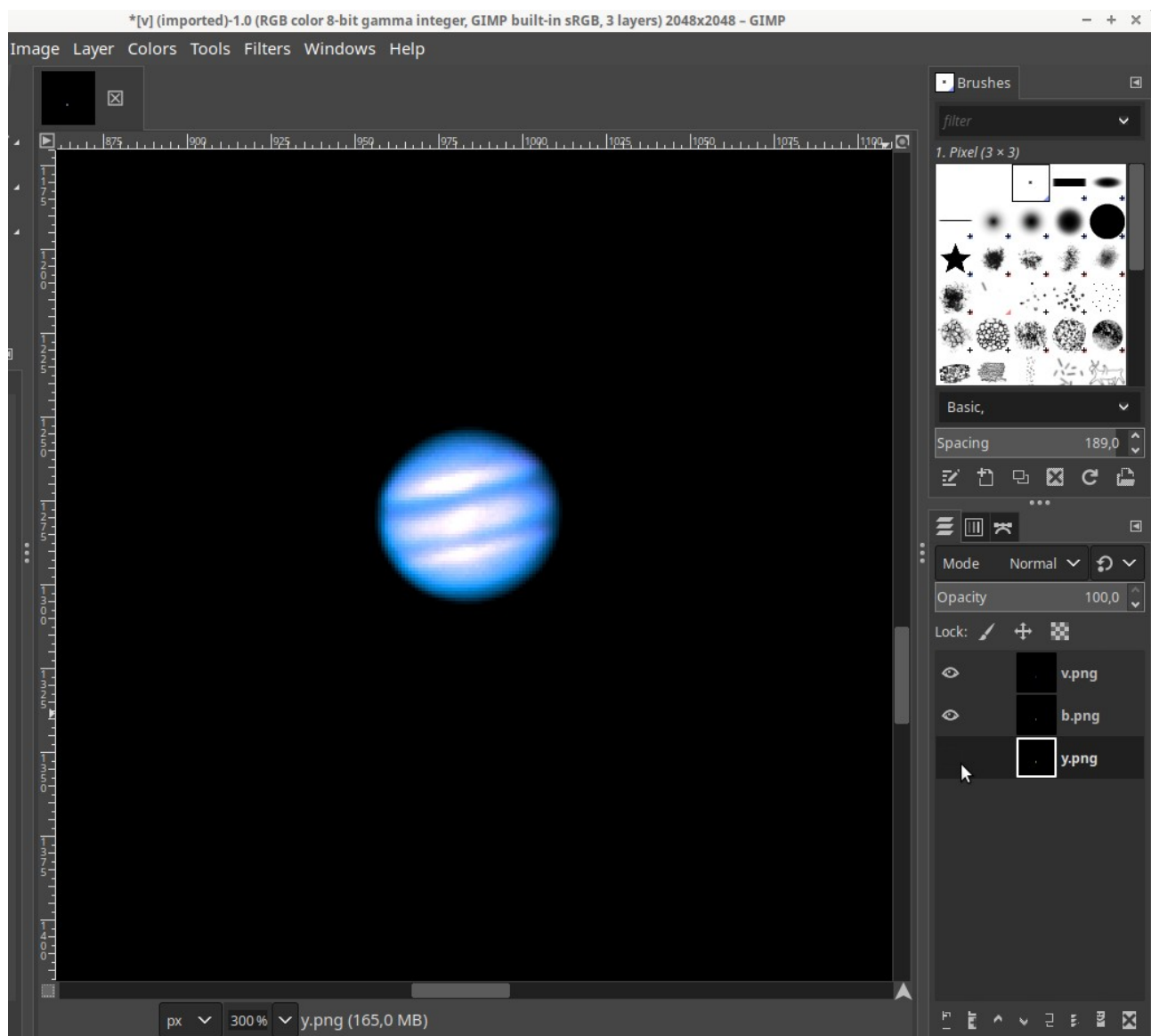
15. (Opcjonalnie) Nietrudno zauważyć, że zdjęcie – złożenie zdjęć w trzech filtrach jest nieco prześwietlone. Możesz również wyłączyć wybrany z filtrów (np. y) i obejrzeć, jak Jowisz wyglądałby w złożeniu dwóch pasm – v i b. Ilustruje to rysunek 17. Wybraną warstwę można wyłączyć, klikając w znajdujący się przy niej w oknie *Layers* symbol oka.

16. (Opcjonalnie) Możesz też poprawić ułożenie poszczególnych warstw – być może na otrzymanym przez Ciebie obrazie wielobarwnym wyraźnie widać, że tarcze Jowisza w poszczególnych barwach nie nachodzą idealnie na siebie. Możesz to zrobić korzystając z opcji przenoszenia warstw dostępnej w menu programu GIMP po lewej stronie (okno wyboru opcji). Postaraj się nałożyć warstwy idealnie tak, by pokrywały się w całości i nie „odstawały” z żadnej strony (przenoszenie warstw pokazuje Rysunek 18).

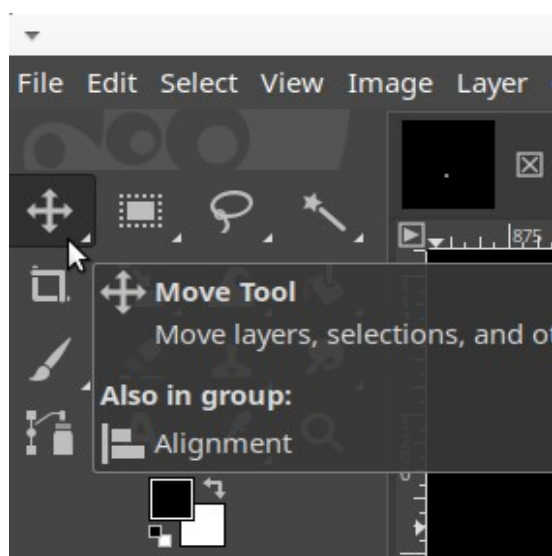


Rysunek 16. Trzy nałożone na siebie warstwy po złożeniu

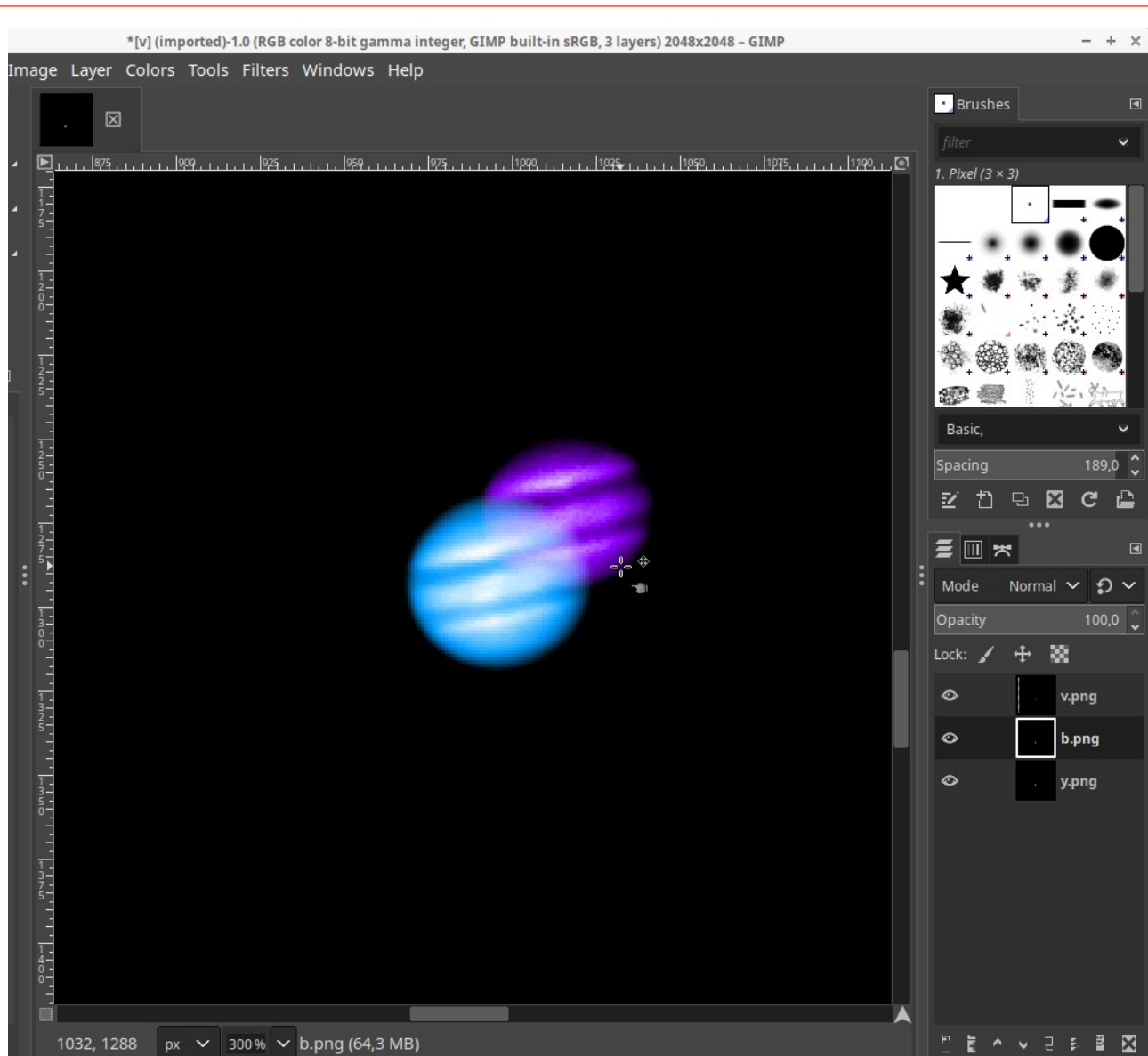
Pamiętaj, że utworzona w tym ćwiczeniu kompozycja barwna nie ma jakości „prasowej”. Aby uczynić ją taką, należałoby jeszcze poddać obróbce wstępne obrazy składowe w poszczególnych filtrach, wyostrzyć je, poprawić kontrasty i użyć szeregu innych opcji, które czasem udostępniają tylko zaawansowane, dedykowane i odpłatne pakiety oprogramowania. Wykonana przez Ciebie ilustracja jest natomiast uproszczoną naukową reprezentacją procesu składnia danych wielobarwnych w obraz wielokanałowy.



Rysunek 17. Tylko dwie nałożone na siebie warstwy po złożeniu – filtry v i b



Rysunek 18. Move – narzędzie do przesuwania warstw w GIMP



Rysunek 19. GIMP – Wyrównywanie warstw

Do przemyślenia

1. Porównaj złożone przez siebie zdjęcie Jowisza w filtrach wąskopasmowych z jego kolorowymi zdjęciami dostępnymi w sieci, np. na stronach APOD.pl, ESA czy JWST. Skąd biorą się znaczne różnice w barwach planety na tych i innych kompozycjach barwnych?
2. Dlaczego w naszej wąskopasmowej kompozycji barwnej nie uwzględnialiśmy także zdjęcia wykonanego w filtrze wąskopasmowym u? Co by się stało, gdybyśmy próbowali je uwzględnić? Jak moglibyśmy je najlepiej przełożyć na barwę widzialną i czy jest to możliwe?

3. Nasza kompozycja na pierwszy rzut oka nie ma wiele wspólnego z tym, w jakich barwach faktycznie widzimy Jowisza na nocnym niebie. Nie jest też złożeniem trzech podstawowych barw (RGB). Wyjaśnij, dlaczego w tym ćwiczeniu nie sfotografowano planety po prostu w filtrach szerokopasmowych, na przykład systemu VBR. Czemu takie obserwacje mogłyby być gorszej jakości? Wskazówka: zdjęcia Jowisza wykonano teleskopem znajdującym się w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

4. W pkt. 16 jest mowa o tym, że poszczególne ekspozycje wykonane w filtrach wąskopasmowych nie są idealnie współliniowe. Wyjaśnij, z czego to wynika, wiedząc, że zdjęcia w tych filtrach robiono tej samej nocy i o bardzo zbliżonej godzinie. Czy i jak moglibyśmy uniknąć tego efektu?

5. Poniżej znajduje się zdjęcie wykonane pogodnej nocy nad Krakowem przy użyciu teleskopu CDK500 i kamery cyfrowej. Celem była rejestracja obrazu widocznych tu gwiazd. Teleskop nie był podczas fotografowania tych gwiazd ustawiony na Księżyc. Zastanów się, za sprawą jakich procesów na zdjęciu widać również zarys tarczy Księżyca. Sprawdź też informacje zamieszczone poniżej w stopce⁶.



⁶ <https://www.gxccd.com/art?id=418&lang=409>