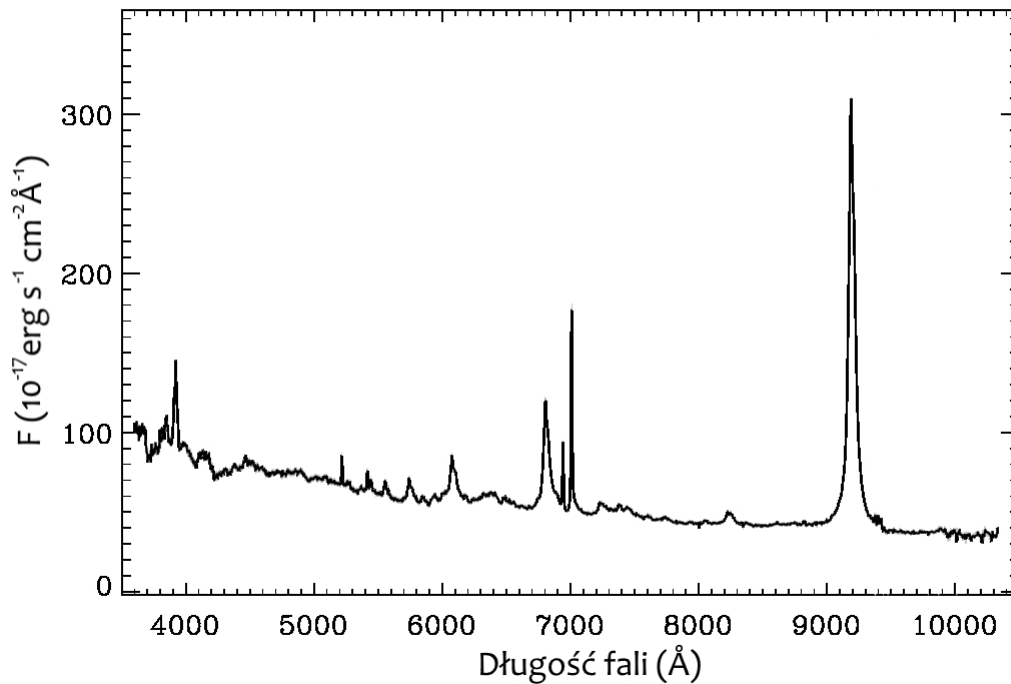


Wybrane stałe fizyczne i astrofizyczne:

stała grawitacji	$G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
jednostka astronomiczna	$1 \text{ au} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$
stała Hubble'a	$H = 70 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$
masa Ziemi	$M_{\oplus} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
średni promień Ziemi	$R_{\oplus} = 6,371 \times 10^6 \text{ m}$
masa Słońca	$M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
średni promień Słońca	$R_{\odot} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$
jasność obserwowana Słońca	$m_{\odot} = -26,74^{\text{m}}$
jasność absolutna Słońca	$M_{\odot} = 4,83^{\text{m}}$
wielka półoś orbity Marsa	$r_M = 1,52 \text{ au}$

Seria II (planetarium i analiza danych)

4. Kwazary to obiekty emitujące ogromne ilości promieniowania elektromagnetycznego. Na poniższym wykresie przedstawiono widmo takiego obiektu, wykonane w ramach przeglądu nieba Sloan Digital Sky Survey (SDSS) – wybrany kwazar oznaczono jako SDSS J005205.57+003538.1.



Rysunek 1: Widmo kwazara SDSS J005205.57+003538.1. Źródło: SDSS.

Oś X przedstawia długości odbieranych fal światła w angstrmach ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-1} \text{ nm}$), zaś oś Y wartość proporcjonalną do natężenia promieniowania kwazara odbieranego przez nas w konkretnej długości fali.

Charakterystyczne wąskie przedziały długości, w których obiekt promieniuje zdecydowanie bardziej intensywnie w porównaniu do tła (typowych wartości odnotowywanych w okolicy), nazywa się liniami emisyjnymi – na ich podstawie można m.in. ustalać skład chemiczny wybranego obiektu.

Zgodnie z prawem Hubble’a, im dalej znajduje się obiekt, tym szybciej się od nas oddala w wyniku rozszerzania się wszechświata. Prędkość ta powoduje, że, z naszej perspektywy, światło emitowane przez obiekt zmienia długość fali (analogicznie do efektu Dopplera dla fal dźwiękowych). Powoduje to wydłużenie długości fal emitowanych przez dany obiekt przez czynnik z zależny od szybkości oddalania się obiektu v_r od obserwatora. Dla prędkości v_r istotnie mniejszych od prędkości światła w próżni c i obiektu w odległości d od Ziemi:

$$z = \frac{v_r}{c}, \quad v_r = Hd$$

Zarazem przesunięcie ku czerwieni z definiujemy w zależności od długości fali obserwowanej (rejestrowanej) przez przyrządy pomiarowe λ_o oraz długości fali emitowanej oryginalnie przez obiekt (układ laboratoryjny) λ_e , zgodnie ze wzorem:

$$z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e}$$

Korzystając z wykresu dopasuj co najmniej 3 linie widmowe widoczne na widmie SDSS J005205.57+003538.1, oblicz ich przesunięcie ku czerwieni oraz oszacuj odległość od Ziemi do kwazara.

Do najczęściej obserwowanych widm emisyjnych kwazarów należą (dane ustalone w układzie laboratoryjnym): $H\alpha$ (6565 Å), O III (5008 Å), O III (4960 Å), $H\beta$ (4863 Å), $H\gamma$ (4342 Å), $H\delta$ (4103 Å), Mg II (2799 Å).

Uwaga. Nie wszystkie wymienione linie widmowe muszą znajdować się w widmie. Ich występowanie zależy m.in. od składu chemicznego kwazara.

5. Zadanie pod sztucznym niebem planetarium

Znajdujesz się pod sztucznym niebem planetarium. Zostaną na nim wyświetlone dwa scenariusze. Do dyspozycji masz czerwoną latarkę, kartę odpowiedzi, podkładkę oraz przybory do pisania. Do rozwiązania drugiego scenariusza dodatkowo otrzymasz obrotową mapę nieba. Oba scenariusze odbywają się w XXI wieku.

Podając nazwy gwiazdozbiorów możesz używać nazw polskich, łacińskich lub trzyliterowych skrótów IAU. W przypadku zadań, w których nie prosimy o opisanie metody wystarczy podać wyłącznie odpowiedź.

Scenariusz 1 Znajdujesz się w Chorzowie. Dwukrotnie wyświetlony zostanie ten sam przelot Międzynarodowej Stacji Kosmicznej w czasie rzeczywistym, trwający około 5 minut.

- Oszacuj maksymalną jasność obserwowaną ISS w trakcie przelotu.
- Zapisz 5 gwiazdozbiorów, przez które przelatuje widoczna ISS.
- Przez który gwiazdozbiór przelatuje ISS, gdy przestaje być widoczna?

Scenariusz 2 Znajdujesz się na północnej półkuli. W ciągu 12 minut zobaczysz niebo z trzech przyspieszonych dób. Możesz używać mapy nieba, którą ci dostarczono. Na podstawie obserwacji:

- Określ szerokość geograficzną miejsca, w którym się znajdujesz. Opisz użytą metodę lub przedstaw rachunki.
- Określ, w jakim gwiazdozbiorze znajduje się Księżyc.
- Określ (z dokładnością do 15 dni) datę dzienną (dzień i miesiąc, bez roku). Opisz użytą metodę lub przedstaw rachunki.

Wskazówka: wykorzystaj znajomość fazy Księżyca i odpowiedź z podpunktu b)

- Oszacuj elongację planety zewnętrznej widocznej w gwiazdozbiorze Byka (Tau).

Odtwarzanie scenariuszy w domu W celu przygotowania się do finału OAJ przedstawiamy sposób na odtworzenie podanych scenariuszy w domu. Proponujemy użycie bezpłatnej, open source-owej aplikacji *Stellarium* (<https://stellarium.org/>). W celu imitacji warunków panujących w planetarium:

- na dolnym panelu: wyłączamy punkty kardynalne, podpisy planet, gwiazdozbiorów, linie i granice gwiazdozbiorów
- w lewym panelu, w oknie *Sky and viewing options window* (domyślnie przycisk F4) wyłączamy podpisy gwiazd i potencjalnie zmniejszamy jasność Drogi Mlecznej
- znacznie oddalamy widok, żeby widzieć większość lub całe niebo.
- datę wybieramy w oknie *Date/time window* (F5), a lokalizację w *Location window* (F6), dostępnych w lewym panelu.
- Informacje dodatkowe, niepotrzebne do realizacji powyższych scenariuszy: W oknie *Sky and viewing options window* możemy dodatkowo zmienić projekcję, a w zakładce *Markings* możemy wyświetlić istotne punkty/koła wielkie/siatki współrzędnych na niebie, takie jak bieguny niebieskie, południk lokalny, siatka równikowa/horyzontalna czy ekliptyka (nie będą one jednak wyświetlone przy rozwiązywaniu zadania planetarnego). Z kolei w oknie *Configuration window* (F2) możemy pobrać dodatkowe katalogi gwiazd, dodając ciemniejsze gwiazdy do symulacji.

W celu odtworzenia pierwszego scenariusza proponujemy wybranie daty 18.01.2025 i godziny 17:56 w Chorzowie. Po chwili powinniśmy zobaczyć wejście ISS ponad horyzont z kierunku południowego zachodu. ISS przestaje być widoczna około 18:02:30. Inne przeloty ISS, również te obserwowane z innych miejsc na świecie, też dobrymi przykładami - ich daty można sprawdzić na stronie <https://www.heavens-above.com/PassSummary.aspx>.

Zasadniczo scenariusz drugi można odtworzyć wybierając dowolne miejsce na Ziemi i prawie dowolną datę. W wersji przez nas zaplanowanej proponujemy wybór daty tak, by pełnia Księżyca wypadła w pierwszej dobie scenariusza (tak jest najprościej). Gwiazdozbiór Byka w podpunkcie d) nie jest szczególnie, a wyznaczenie elongacji w tym scenariuszu jest możliwe dla dowolnej planety, która w nocy znajduje się nad horyzontem. Polecamy przeciwiczenie tego zadania na różnych szerokościach geograficznych i przy różnych datach.