

LXV OLIMPIADA ASTRONOMICZNA 2021/2022

Laureaci LXV Olimpiady Astronomicznej 2021/22:

1. Maciej Pilarczyk – XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie
2. Aleksander Waczyński – XXII LO im. Ignacego Domeyki w Warszawie
3. Jakub Dunikowski – V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie
4. Maksymilian Wdowiarz-Bilski – V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie
4. Julia Tokarska – V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie
6. Olaf Krupiński – XIII Liceum Ogólnokształcące w Szczecinie.
7. Weronika Bednarek - XIII Liceum Ogólnokształcące w Szczecinie.
7. Paweł Ptaszek - XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie

Zadania pierwszej serii I etapu.

1. Oszacuj, o ile wielkości gwiazdowych zmieniłaby się jasność Saturna, gdyby nagle „zniknął” jego pierścień? W obliczeniach:

- przyjmij, że Saturn i jego pierścień identycznie odbijają światło słoneczne, jednorodnie je rozpraszając,
- pomini wpływ szczeliny Cassiniego oraz słabych pierścieni wewnętrznych,
- załóż, że do zdarzenia doszło w takim położeniu pierścienia względem planety jak przedstawiono to na poniższym rysunku.



2. Komety są zbudowane z drobnych odłamków skalno-lodowych oraz pyłu. Kiedy znajdują się w pobliżu Słońca, lód w zewnętrznych warstwach jądra komety ulega sublimacji, a uwolniony gaz i pył tworzą rozrzedzoną atmosferę (zwaną koma).

Wiedząc, że temperatury sublimacji: wody, dwutlenku węgla i tlenku węgla wynoszą odpowiednio: 180 K, 80 K i 25 K, przedyskutuj w jakich odległościach od Słońca kształtuje się koma.

3. ZADANIE TESTOWE – wybierz poprawne odpowiedzi:

I. Okres precesji osi ziemskiej wynosi w przybliżeniu 26 000 lat. Około 13 000 lat temu

- a) Gwiazda Polarna (α UMi) znajdowała się w pobliżu południowego bieguna niebieskiego,
- b) Syriusz (α CMa) znajdował się na północnej półkuli nieba,
- c) Syriusz nie był widoczny z obszarów Europy centralnej,
- d) zwrotniki Raka i Koziorożca były zamienione miejscami.

II. Sondy kosmiczne opuszczające Układ Słoneczny znajdują się obecnie w odległościach od 50 do 150 j.a od Słońca. Z odległości 100 j.a od Słońca z ich pokładów:

- a) jasność powierzchniowa Słońca jest podobna do obserwowanej z Ziemi,
- b) jasność powierzchniowa Słońca jest mniejsza około 100 razy,
- c) średnica kątowa Słońca jest mniejsza około 10 razy,
- d) widoma wielkość gwiazdowa Słońca spadła o około 5 magnitudo.

III. Przypadkowe przejście jednej z gwiazd przez Obłok Oorta, spowoduje:

- a) silne zaburzenie Obłoku – część znajdujących się tam komet zostanie skierowana w stronę Słońca, część wyrzucona w przestrzeń międzygwiazdową, część „porwana” przez przelatującą gwiazdę,
- b) masowe zderzenia komet z gwiazdą i w efekcie znaczącą zmianę orbity gwiazdy,

- c) masowe zderzenia komet z gwiazdą i w efekcie znaczącą zmianę statusu ewolucyjnego gwiazdy,
- d) zaniedbywalnie małe zaburzenia w Obłoku Oorta.

IV. Gdyby miejsce Ziemi zajęła gwiazda taka, jak Słońce i obie gwiazdy obiegały się po orbitach kołowych, a ich wzajemna odległość wynosiła 1 au, to okres obiegu wyniósłby:

- a) 1 rok,
- b) około 258 dni,
- c) około 183 dni,
- d) około 91 dni.

V. Gdyby Ziemia obiegała w wystarczającej odległości Betelgezę, a nie Słońce, to:

- a) Syriusz (α CMa) nie byłby widoczny gołym okiem,
- b) układ gwiazdozbiorów uległby jedynie drobnym zmianom,
- c) Droga Mleczna widziana gołym okiem wyglądałaby niemal identycznie, jak widzimy ją obecnie,
- d) jasność galaktyki M31 uległaby dostrzegalnej zmianie.

VI. Temperatury efektywne jasnych olbrzymów typu widmowego M są 8 do 10 razy niższe niż temperatury gwiazd ciągu głównego typów O - B, natomiast jasności bolometryczne obu grup są podobne. Na tej podstawie można wnioskować, że stosunek rozmiarów liniowych nadolbrzymów do gwiazd ciągu głównego typu O wynosi w przybliżeniu:

- a) 2.8 – 3.2,
- b) 8 – 10,
- c) 64 – 100,
- d) 512 – 1000.

VII. Pomiar odległości i prędkości względnej Wenus można dokonać wysyłając impuls radiowy i mierząc częstość radiową sygnału echa oraz czas jego nadejścia. Jeżeli Wenus w chwili pomiaru zbliża się do Ziemi z prędkością 3 km/s, jaka będzie względna zmiana częstości sygnału odebranego w stosunku do wysłanego:

- a) -0,00001,
- b) 0, gdyż przy padaniu i odbiciu sygnału od Wenus efekty Dopplera się znoszą,
- c) 0,00001,
- d) 0,00002.

VIII. W gromadach kulistych nie obserwujemy gwiazd wczesnych typów widmowych ponieważ:

- a) takie gwiazdy zostały wyrzucone poza gromady wskutek oddziaływań grawitacyjnych,
- b) gwiazdy wczesnych typach widmowych ewoluują szybko i w ogromnej większości zakończyły swoją ewolucję jako białe karły, gwiazdy neutronowe lub czarne dziury,
- c) gwiazdy wczesnych typów widmowych są zbyt słabe i można je dostrzec wyłącznie przez największe teleskopy,
- d) gwiazdy wczesnych typów wskutek licznych zderzeń we wczesnych etapach ewolucji gromady uległy rozpadowi na mniejsze fragmenty, które stały się budulcem dla mniej masywnych gwiazd późnych typów.

- IX.** Promieniem czarnej dziury o masie M nazywany jest promień Schwarzschilda $R_s = 2GM/c^2$, gdzie: G to stała grawitacji, c – prędkość światła. Stosując dynamikę newtonowską, prędkość obiektu spadającego swobodnie na czarną dziurę z nieskończoności w momencie przekraczania promienia R_s :
- zbliża się do zera,
 - osiąga połowę prędkości światła,
 - osiąga prędkość światła,
 - nie może dojść do takiej sytuacji.
- X.** W wyniku ekspansji Wszechświata średnia gęstość materii spada w czasie. Model stanu stacjonarnego Wszechświata zakładał, że gęstość materii nie zmienia się w czasie. Wymagało to założenia, że materia jest nieustannie kreowana z niczego. Przyjmując, że obecna gęstość materii wynosi 1 atom wodoru na metr sześcienny, ile dodatkowych atomów wodoru powinno się pojawić na każdy istniejący obecnie atom w czasie, gdy odległości we Wszechświecie ulegną podwojeniu:
- 1,
 - 2,
 - 3,
 - 7.

ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Za pomocą nieruchomego aparatu cyfrowego wykonaj serię zdjęć gwiazdy zmiennej Algol (β Persei) wraz z okolicznymi gwiazdami porównania. Dobierz tak warunki ekspozycji, aby zilustrowane zostały zmiany jasności tej gwiazdy.

Do rozwiązania dołącz dwa zdjęcia, w formacie cyfrowym (o maksymalnym rozmiarze 4MB) wykonane w okolicy maksimum oraz w okolicy minimum jasności Algola wraz z ich opisem.

Wskazówka: <http://www.astropical.space/algol.php>

2. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można nadesłać opracowane wyniki innych, własnych obserwacji, przeprowadzonych w bieżącym roku.

INTERNETOWE ZADANIE OBSERWACYJNE

3. Na podstawie obrazów powierzchni Słońca, pobranych ze strony internetowej: https://sdo.gsfc.nasa.gov/assets/img/latest/latest_4096_HMI.jpg, przeprowadź serię obserwacji położenia dowolnie wybranej plamy, w celu wyznaczenia okresu obrotu fotosfery słonecznej na szerokości heliograficznej obserwowanej plamy.

Zadania drugiej serii I etapu

4. Zjawisko superksiężycy występuje w sytuacji, gdy Księżyc w pełni znajduje się na swojej orbicie w pobliżu punktu perygeum. Wtedy, obserwowana z Ziemi tarcza naszego naturalnego satelity ma największe rozmiary kątowe. O wiele rzadziej dochodzi do sytuacji, w której zjawisko superksiężycy następuje w pobliżu momentu peryhelium Ziemi – wtedy możemy mówić o *super superksiężycu*, bo dodatkowo Księżyc świeci najjaśniej. Przez analogię możemy również mówić o zjawisku *mini miniksiężycy*.

Korzystając z informacji zamieszczonych w Rocznikach Astronomicznych Instytutu Geodezji i Kartografii z lat 2002-2021, znajdź daty ekstremalnych zjawisk: *super superksiężycy* i *mini miniksiężycy*, które miały miejsce w Twoim dotychczasowym życiu.

Wskazówka: Roczniki są udostępnione w wersji elektronicznej na oficjalnej stronie IGiK: <http://www.igik.edu.pl/pl/rocznik-astronomiczny,s-1> (wystarczy kliknąć w dany rocznik, by pod tekstem znaleźć link do odpowiedniego pliku),

5. Jest druga połowa XXI wieku. Astronauci prowadzą badania magnetosfery Jowisza z pokładu statku kosmicznego krążącego wokół planety w płaszczyźnie wokółsłonecznej orbity Jowisza, po elipsie o wielkiej półosi $a_s = 75$ milionów kilometrów i mimośrodku $e_s = 0,16$.

Astronauci obserwują liczne całkowite zaćmienia Słońca przez planetę. Czy mogą również zaobserwować zaćmienie obrączkowe?

Wyszukaj wartości liczbowe potrzebne do uzasadnienia odpowiedzi.

6. Jakie powinny być parametry wokółsłonecznej orbity sondy kosmicznej, aby obserwowane położenie gwiazdy Proxima Centauri, wynikające z paralaksy, w ciągu pełnego okresu orbitalnego układało się w okrąg o takim samym promieniu, jak w odpowiadającym okręgu wynikający z efektu aberracji światła. Oblicz kątowne średnice tych okręgów i opisz jak wyglądałby sumaryczny efekt obu zjawisk.

7. W załączonych plikach (.ods lub .csv) zebrano podstawowe dane dotyczące 31 173 pobliskich gwiazd, znajdujących się w odległości mniejszej niż 50 pc od Słońca: współrzędne równikowe, paralaksy, ruchy własne oraz średnie jasności i kolory. Ta lista została sporządzona w oparciu o dane z europejskiej misji kosmicznej Gaia, której celem jest wykonanie precyzyjnych pomiarów pozycji, odległości i prędkości prawie dwóch miliardów gwiazd Drogi Mlecznej.

Na podstawie załączonych danych sporządź diagram Hertzsprunga-Russella w celu wybrania tych białych karłów, które znajdują się w odległościach mniejszej niż 50 pc od Słońca, a następnie przedyskutuj, jak dyspersja ich prędkości tangencjalnych zależy od ich jasności absolutnej, czyli od wieku tych białych karłów.

Zadania II etapu

1. Kometa obiega Słońce po orbicie eliptycznej o mimośrodzie $e = 0,96$, natomiast odstęp czasu między jej kolejnymi przejściami przez peryhelium wynosi: $T = 164,7$ lat.

Oblicz jak długo, podczas jednego okrążenia Słońca, kometa jest obiektem transneptunowym, tzn. długość jej promienia wodzącego jest większa od średniej odległości Neptuna od Słońca, wynoszącej 30,05 au.

2. Zakładając symetrię sferyczną rozkładu ciemnej materii w Galaktyce, wyznacz jej gęstość w pobliżu Słońca wiedząc, że prędkość gwiazd w obiegu wokół centrum Galaktyki jest w przybliżeniu stała i wynosi 220 km/s. W obliczeniach przyjmij, że odległość Słońca od centrum Galaktyki wynosi 26 tysięcy lat świetlnych oraz pomin wpływ materii barionowej na ruch gwiazd.

Oblicz, jakie rozmiary miałyby kulista planetoida o gęstości $2,5 \text{ g/cm}^3$ i masie równej ciemnej materii znajdującej się w objętości sześcienniej jednostki astronomicznej (tzn. 1 au^3).

3. Według teorii opisujących powstawanie struktur we Wszechświecie mniejsze galaktyki łączą się ze sobą, tworząc coraz większe obiekty. W centrach większości galaktyk znajdują się supermasywne czarne dziury o masach od 10^6 do nawet $10^{10} M_\odot$. Przypuszcza się, że wskutek oddziaływań między galaktykami, supermasywne czarne dziury również się łączą, emitując przy tym promieniowanie grawitacyjne.

To promieniowanie można wykryć dzięki precyzyjnym obserwacjom pulsarów milisekundowych. Przechodząca między obserwatorem a pulsarem fala grawitacyjna, powoduje zmianę odległości między nimi, a w konsekwencji zmianę momentów zarejestrowania pulsów radiowych. Obecnie prowadzonych jest kilka eksperymentów mających na celu wykrycie fal grawitacyjnych od takich źródeł.

Jakie są typowe częstotliwości fal grawitacyjnych powstałych w trakcie łączenia się supermasywnych czarnych dziur? Z jaką dokładnością należy mierzyć momenty przyjścia pulsów radiowych, żeby wykryć układy podwójne supermasywnych czarnych dziur?

Dla uproszczenia rozważ układ dwóch identycznych, supermasywnych czarnych dziur o masach $5,0 \cdot 10^8 M_\odot$, znajdujący się w odległości 100 Mpc od Ziemi. Taki układ zaczyna emitować silne promieniowanie grawitacyjne, kiedy odległość między czarnymi dziurami jest rzędu 200 au.

Wskazówki:

1) Fala grawitacyjna przechodząca pomiędzy dwoma punktami powoduje zmianę odległości między nimi, której wartość zależy od ich ustawienia względem źródła fali. W rozważanym przypadku maksymalna zmiana odległości jest rzędu $h\lambda$, gdzie h jest tzw. bezwymiarową amplitudą fali grawitacyjnej, a λ – długością fali grawitacyjnej.

2) Bezwymiarowa amplituda fal grawitacyjnych emitowanych przez układ podwójny o masach składników M_1 i M_2 wynosi:

$$h = \frac{2G}{c^2 D} \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} \left(\frac{V}{c} \right)^2$$

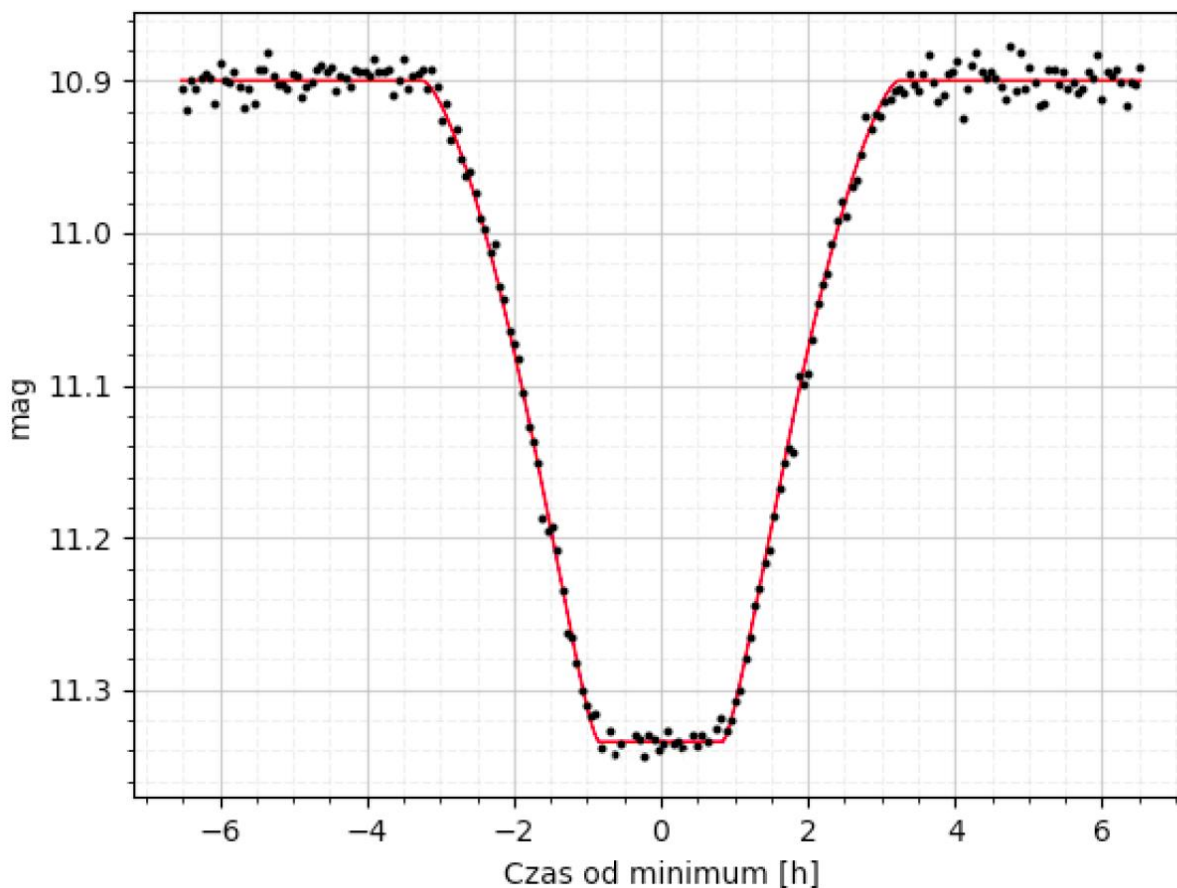
gdzie D jest odległością do układu, a V prędkością orbitalną składników.

3) Dla fal grawitacyjnych, zależność między częstotliwością a długością fali jest taka sama jak dla fal elektromagnetycznych.

4. Załączony wykres przedstawia fragment krzywej jasności gwiazdy zmiennej zaćmieniowej, obejmujący jedno z jej minimów jasności.

Przyjmując, że składniki tej gwiazdy zmiennej zaćmieniowej są gwiazdami ciągu głównego wieku zerowego, ich orbity są okręgami, a obserwator znajduje się w płaszczyźnie ich obiegu, udowodnij, które z minimów jasności (główne czy wtórne) przedstawione jest na załączonym wykresie

Wykres do zadania 4



LXV Olimpiada Astronomiczna 2021/2022

Zadania III etapu

1) Towarzysz V723 Mon

V723 Mon jest pobliskim (ok. 460 PC), jasnym czerwonym olbrzymem, którego krzywa blasku przypomina sinusoidę o okresie 29,9674 dnia. Na podstawie wielobarwnej fotometrii tej gwiazdy stwierdzono, że jej temperatura efektywna wynosi 4440 K, a jej moc promieniowania to $173 L_{\odot}$.

Zauważono, że prędkość radialna czerwonego olbrzyma również ulega okresowym, sinusoidalnym zmianom o amplitudzie 65,15 km/s, jednak w widmie nie zaobserwowano linii absorpcyjnych od drugiego składnika. (Wiadomo, że gdyby towarzysz był gwiazdą ciągu głównego o masie większej niż $0,8 M_{\odot}$ to byłby widoczny w widmie).

Na podstawie kształtu linii absorpcyjnych w widmie olbrzyma, zmierzono przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni gwiazdy równe $0,50 \text{ m/s}^2$ oraz rzut prędkości rotacji na kierunek patrzenia równy 17,9 km/s. Oblicz masę niewidocznego towarzysza.

Przedyskutuj czym może być ten obiekt? Przyjmij, że okres obrotu olbrzyma jest zsynchronizowany z okresem orbitalnym oraz że jego oś obrotu jest prostopadła do płaszczyzny orbity.

2) Jasność planetoidy

W roku 2021, na ekliptyce w pobliżu gwiazdy Regulus (długość ekliptyczna $\lambda \approx 150^\circ$) zaobserwowano pewną planetoidę o okresie obiegu $P=5$ lat dokładnie w czasie jej opozycji. Planetoida nie wykazywała wtedy żadnych zmian jasności. Planetoida ma kształt trójosiowej elipsoidy o osiach $a=2b$ oraz $b=c$, oraz obraca się wokół osi b . Nachylenie osi b do ekliptyki wynosi 0° , a okres obrotu wokół niej wynosi kilka godzin. Przyjmij, że orbity Ziemi i planetoidy są kołowe i współpłaszczyznowe, oraz że powierzchnia planetoidy jest jednorodna.

- Podaj datę najbliższej nocy po opozycji, gdy obserwowane mogą być maksymalne zmiany obserwowanej jasności planetoidy i oszacuj amplitudę tych zmian.
- Oszacuj przez ile dni po opozycji można będzie obserwować planetoidę na niebie i kiedy nastąpi jej heliakalny wschód?
- Wyznacz również kolejną datę, gdy zmiany jasności znowu znikną.
- Jak bardzo zmienia się jasność planetoidy w czasie trwania całego sezonu obserwacyjnego
- Jaka jest obserwowana jasność w opozycji jeśli $b=10\text{km}$ a albedo jej powierzchni to 30%

3) Masa kwazara

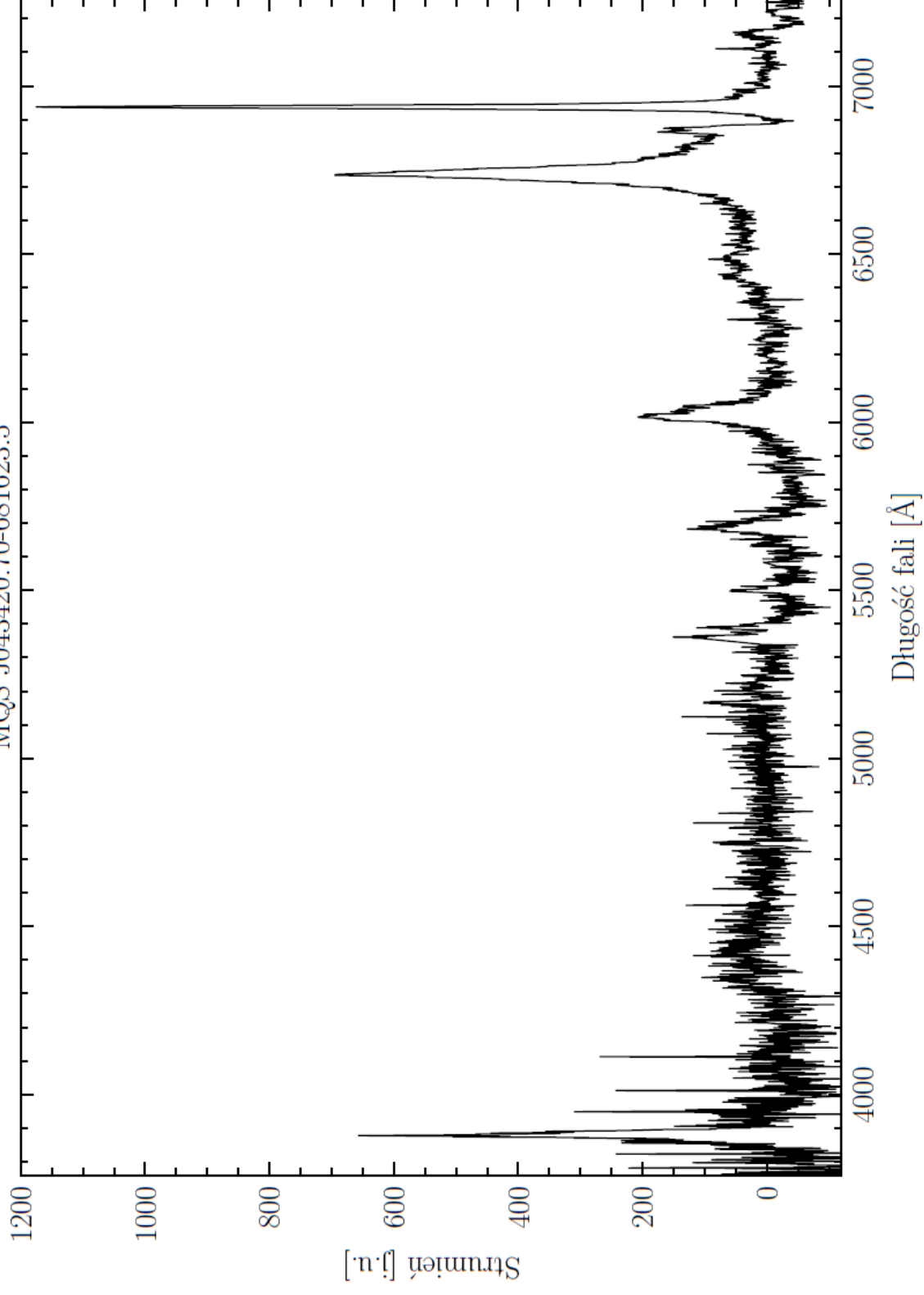
Załączone rysunki przedstawiają widmo kwazara MQS J043420.70-681623.5 odkrytego przez astronomów z Uniwersytetu Warszawskiego w ramach projektu Magellanic Quasars Survey. Szerokie linie emisyjne w widmie tego kwazara powstają w obłokach gazu znajdujących się w pewnej odległości od centralnej czarnej dziury.

Jasność tego kwazara ulega zmianom - wiadomo, że zmiany natężenia szerokich linii emisyjnych są opóźnione o 50 ± 5 dni w stosunku do zmian jasności kontinuum (które jest emitowane z centralnych części dysku akrecyjnego otaczającego czarną dziurę).

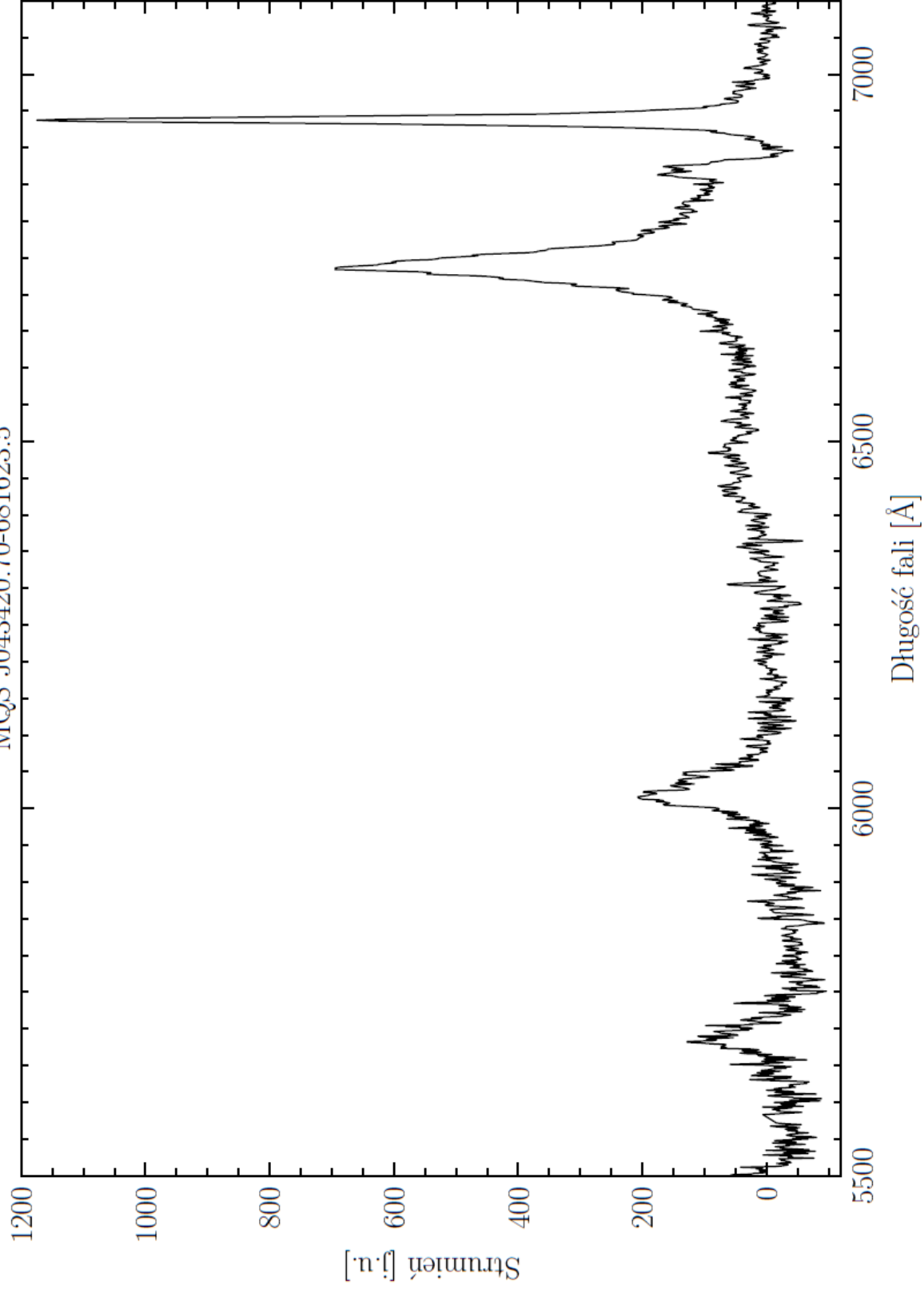
Na podstawie załączonych danych oblicz przesunięcie ku czerwieni kwazara i oszacuj jego masę.

Wskazówka: Najczęściej obserwowane linie emisyjne w widmach kwazarów to (w nawiasie podano laboratoryjną długość fali): $\text{Ly}\alpha$ (1216 Å), C IV (1548 Å), C III (1909 Å), Mg II (2798 Å), He (3970 Å), $\text{H}\delta$ (4102 Å), $\text{H}\gamma$ (4340 Å), $\text{H}\beta$ (4861 Å), $[\text{O III}]$ (4959 Å), $[\text{O III}]$ (5007 Å), oraz $\text{H}\alpha$ (6563 Å).

MQS J043420.70-681623.5



MQS J043420.70-681623.5



Zadanie 4a) Obserwacje Księżyca

- 1) Sprawdź, zgodność ustawienia montażu paralaktycznego teleskopu względem nieba
- 2) Oszacuj, współrzędne równikowe Księżyca (α , δ) w chwili obserwacji.
- 3) Za pomocą stopera zmierz szerokość kątową jasnej części tarczy (θ)
oszacuj kąt fazy Księżyca (ϕ) czyli kąt Słońce-Księżyc-Ziemia.
Przyjmij, że średnica całej tarczy Księżyca to około 30'
- 4) Na mapie Księżyca zaznacz przebieg terminatora.
- 5) Na mapie narysuj położenie aktualnego środka całej tarczy Księżyca czyli punktu na powierzchni nad którym obecnie Ziemia świeci w zenicie. Punkt ten może leżeć w pewnej odległości do Zatoki Centralnej (Sinus Medii) czyli początku układu współrzędnych selenograficznych. Jest efektem tak zwanej libracji księżycowej.

Uwagi. W czasie obserwacji na podświetlanym zegarze będzie wyświetlony aktualny czas gwiazdowy.

Karta odpowiedzi:

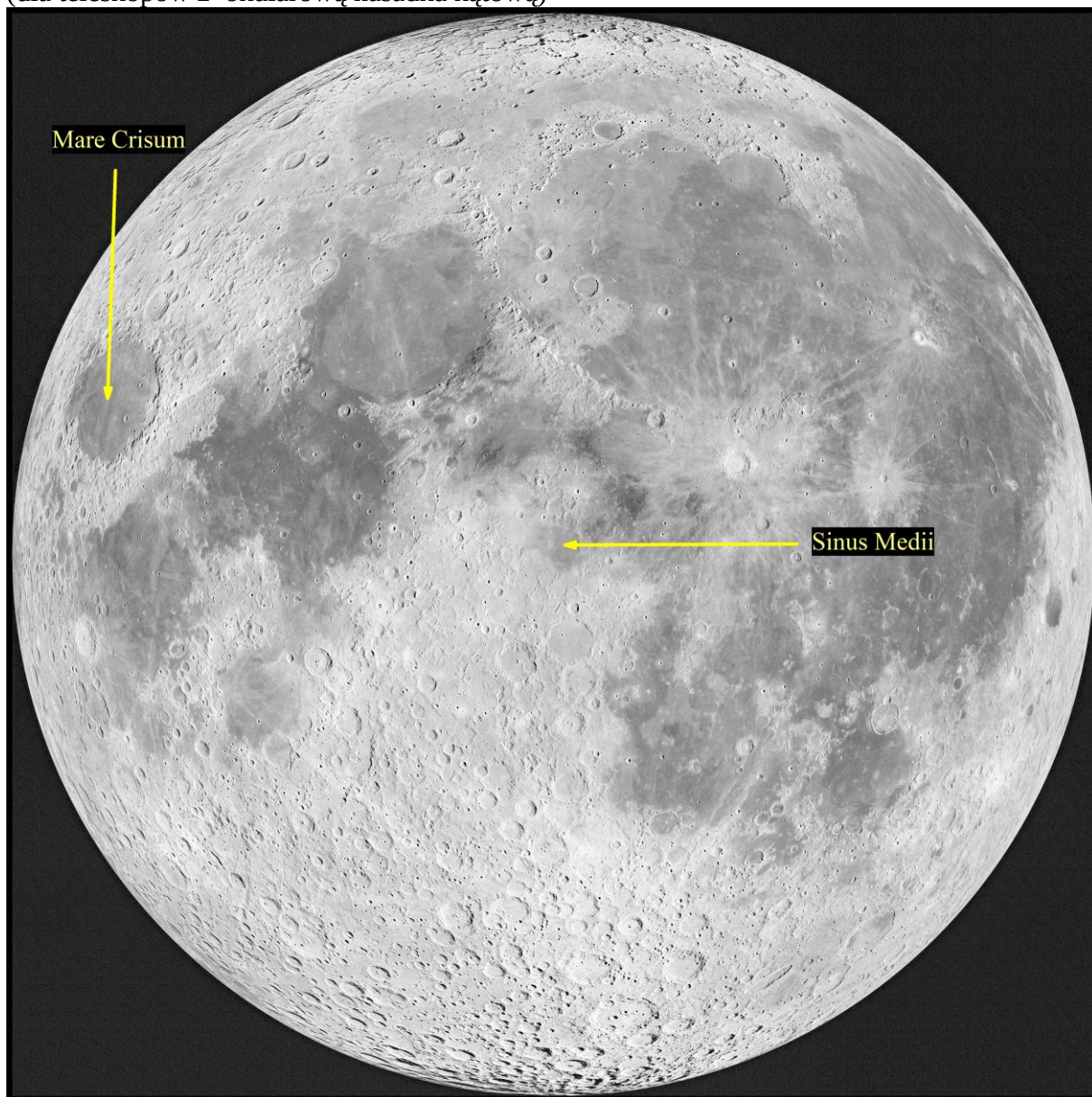
Kod zawodnika _____

Współrzędne Księżyca : $\alpha =$ _____ $\delta =$ _____

Szerokość oświetlonej części tarczy: $\theta =$ _____

Faza Księżyca $\varphi =$ _____

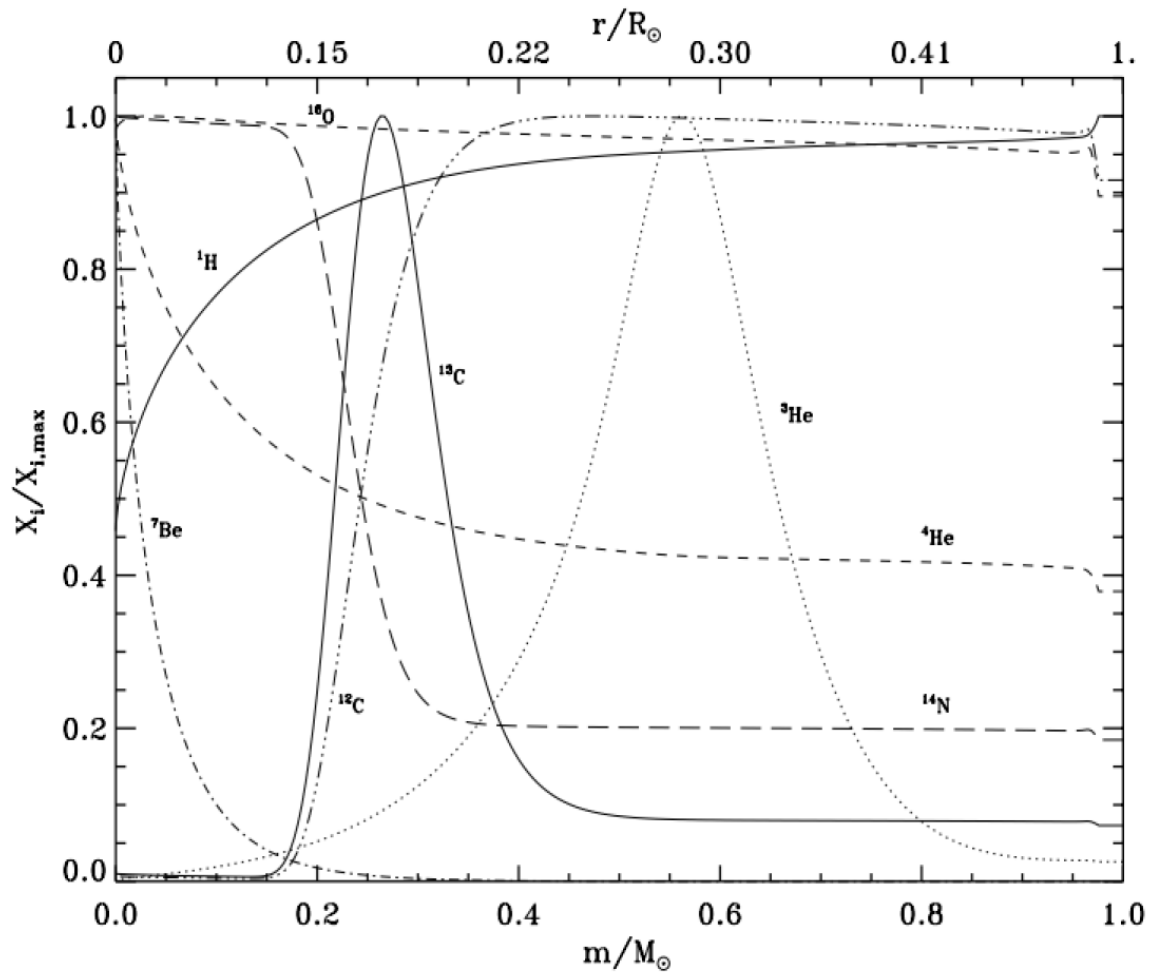
Mapa Księżyca - widok lustrzany
(dla teleskopów z okularową nasadką kątową)



4b) Słońce

Wykres przedstawia zmiany względnej zawartości masowej pierwiastków X_i we wnętrzu Słońca (względna zawartość masowa i -tego pierwiastka w pewnym wolumenie plazmy $X_i = M_i/M_{\text{wszystkich_pierwiastków}}$).

Obliczyć średnią wartość stałej słonecznej przyjmując dla powierzchni Słońca $X_{4\text{He}} = 0.2485$.



5) Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba

Dnia 25 grudnia 2021 wystrzelono w kosmos Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba (JWST). Po dotarciu w okolice drugiego punktu Lagrange'a L_2 teleskop ma obserwować odległe części kosmosu w podczerwieni, zatem instrumenty na pokładzie muszą być utrzymywane w odpowiednio niskiej temperaturze (≤ 40 K).

Niestety, teleskop jest cały czas podgrzewany przez dwa źródła ciepła: światło słoneczne padające na teleskop oraz elektronikę na pokładzie (efekt podgrzewania przez światło z obserwowanych obiektów jest niezerowy, ale znikomy w porównaniu).

Aby sobie z tym poradzić, zaprojektowano osłonę z metalizowanej folii w kształcie deltoidu o przekątnych 14.2 m i 21.2 m. Osłona ma pięć warstw, z których każda odbija 90% docierającego do niej promieniowania. Odstępy pomiędzy warstwami pozwalają odprowadzić na boki ciepło zgromadzone w materiale osłon.

Zwierciadło i detektory umieszczone są w cieniu osłony po stronie przeciwległej od Słońca (tzw. "zimna strona"). Inne systemy teleskopu oraz promienniki (radiatory) odprowadzające ciepło znajdują się po stronie słonecznej osłony (tzw. "ciepła strona"). Promienniki sumarycznie odprowadzają około 2 kW energii cieplnej.

- a) Oblicz średnią temperaturę zewnętrznej warstwy osłony po "cieplej stronie" uwzględniając wpływ Słońca i energii pochodzącej z systemów teleskopu. Pokaż, że energia pochodząca z teleskopu ma mały wpływ na średnią temperaturę. Pomiń wpływ kolejnych warstw.

Punkt Lagrange'a L_2 znajduje się 1.492×10^9 m od Ziemi w kierunku przeciwnym od Słońca. Możesz założyć, że materiał osłony odbija wszystkie długości fali równomiernie oraz, że osłona jest prostopadła do światła padającego ze Słońca.

Uwaga: w mediach podawano wysokie temperatury "cieplej strony", są to wartości maksymalne jakie mogą osiągnąć niektóre miejsca na teleskopie, nie wartość średnia.

- b) Skoryguj średnią temperaturę zewnętrznej warstwy osłony po "cieplej stronie" uwzględniając wpływ sąsiedniej warstwy. Załóż, że warstwy są równoległe.
- c) Oszacuj średnią temperaturę ostatniej warstwy po "zimnej stronie" zakładając, że energia dociera do "zimnej strony" wyłącznie przez osłonę. Opisz inne przyjęte założenia.

Zadanie 6. Planetarium

Uwagi:

Aby rozwiązać zadania 1-3 na ekranie planetarium zobaczysz odtworzenie ruchu nieba z jednej doby na Ziemi,

Po zachodzie Słońca efekty związane z obecnością ziemskiej atmosfery jak i samo Słońce zostaną wyłączone

Następnie (po wschodzie Słońca i po odpowiedniej informacji wyświetlonej na kopule) aby rozwiązać zadanie czwarte przenieśmy się na inne ciało niebieskie w Układzie Słonecznym.

Wszystkie efekty związane z ewentualną atmosferą tego ciała zostaną usunięte

Do rozwiązania zadań 1-3 masz do dyspozycji mapę całego nieba w odwzorowaniu Merkatora **Mapa-1**. Na mapach nie są zaznaczone planety, supernowe oraz ISS.

Nazwy gwiazdozbiorów powinny być pełne w języku polskim bądź łacińskim lub w postaci trzyliterowego skrótu IAU (np. UMa).

Do zadania 4 dołączona jest **Mapa-2**.

Zadanie 6.1 (1punkt)

W trakcie nocy widoczne będą planety. Określ wysokość górowania z dokładnością do pełnych stopni 3 widocznych na niebie planet.

Nazwa planety	Wysokość górowania [stopnie]
1.	
2.	
3.	

Zadanie 6.2 (1,5punktu)

Na niebie widoczny będzie przelot Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Wypisz nazwy sześciu widocznych na niebie gwiazdozbiorów, na tle których ten przelot będzie widoczny.

1.	2.	3.
4.	5.	6.

Zadanie 6.3 (1,5 punktu)

Na niebie znajdują się 3 gwiazdy supernowe zerowej wielkości gwiazdowej, podaj nazwy gwiazdozbiorów, w których się znajdują oraz ich współrzędne równikowe równonocne z dokładnością do pełnych stopni.

Supernowa	Nazwa gwiazdozbioru	RA (J2000)	DA (J2000)
1.			
2.			
3.			

Po wschodzie Słońca i po odpowiedniej informacji wyświetlonej na kopule przenieśmy się na inne ciało niebieskie w Układzie Słonecznym

Zadanie 6.4 (1 punkt)

W ciągu 4 minut zostanie odtworzone 70 godzin na pewnym ciele w Układzie Słonecznym. Co to za ciało? Odpowiedź uzasadnij. Do Twojej dyspozycji jest **Mapa-2**, która prezentuje obraz nieba widziany z danego ciała niebieskiego w połowie prezentowanego okresu.

Nazwa ciała niebieskiego:

--

Uzasadnienie:

--