

ZADANIA TEORETYCZNE, CZĘŚĆ I**(300 punktów za 15 pytań, po 20 punktów za każde)**

Przedstaw swoje rozwiązanie krok po kroku na arkuszach odpowiedzi w sposób pełny, pamiętając o podaniu odpowiedzi końcowej. Kartki na brudnopis mogą być użyte do pomocniczych rachunków, ale nie będą oceniane. Odpowiedzi, w których nie wykazano metody działania otrzymają jedynie część możliwych punktów.

1. Dwie osoby stojące na równiku Ziemi i oddzielone o prawie 180° w długości geograficznej, w tej samej chwili obserwują pozycje Księżyca względem tła gwiazd. Zakładając, że deklinacja Księżyca wynosi zero, narysuj szkic sytuacji i wylicz różnicę w rektascencji mierzonej przez obu obserwatorów.
2. Dnia 2 kwietnia 2008 roku wykorzystano teleskop (10 cm średnicy, $f/10$) w Obserwatorium Bosscha do obserwacji Słońca i znaleziono obszar aktywny (nr. 0987 w spisie NOAA) położony 8° na południe i 40° na zachód od środka tarczy Słońca. Zrobiono zdjęcie obszaru kamerą CCD SBIG ST-8 (1600×1200 pikseli, $9 \mu\text{m} \times 9 \mu\text{m}$ /piksel) na którym jego rozmiar wynosił 5×4 piksele. Według rocznika astronomicznego średnica Słońca wynosiła $32'$. Jak duża jest powierzchnia obszaru aktywnego w jednostkach msh (*millionth of solar hemisphere*, czyli 1×10^{-6} powierzchni półkuli Słońca)?
3. Pełnia Księżyca nastąpiła 19 czerwca 2008 roku o godzinie $00^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ czasu zachodnio-indonezyjskiego (lokalny czas cywilny dla południka 105° E). Wylicz minimalne i maksymalne możliwe długości czasu, przez jaki Księżyc mógł znajdować się nad horyzontem dla obserwatora w Obserwatorium Bosscha (długość geog.: $107^\circ 35' 00'' .0$ E, szerokość geog.: $6^\circ 49' 00'' .0$ S, wysokość n.p.m.: 1300.0 m). Strefa czasowa = UT + $7^{\text{h}} 00^{\text{m}}$.
4. Rozważmy gwiazdę o masie $20 M_\odot$. Przyjmując, że obecnie 20% masy gwiazdy stanowi hel, wylicz pozostały czas palenia helu. Załóż, że moc promieniowania gwiazdy wynosi $100 L_\odot$, z czego 30% dostarcza palenie helu. Masa atomowa węgla ^{12}C wynosi 12.000000 j.m.a.
Proces palenia helu do węgla ma postać: $3 \text{ } ^4\text{He} \longrightarrow \text{ } ^{12}\text{C} + \gamma$.

5. Średnia temperatura relikтового promieniowania tła (CMB) wynosi obecnie $T = 2.73$ K. Wynika stąd wniosek, że źródło CMB ma przesunięcie ku czerwieni $z_{\text{CMB}} = 1100$. Obecnie znane wartości gęstości ciemnej energii (Dark Energy, DE), ciemnej materii (Dark Matter, DM) oraz zwykłej materii (Normal Matter, NM) wynoszą $\rho_{\text{DE}} = 7.1 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{DM}} = 2.4 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$ oraz $\rho_{\text{NM}} = 0.5 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$. Jaki był stosunek gęstości ciemnej materii do gęstości ciemnej energii w chwili emisji CMB, zakładając, że ciemna energia jest energią próżni?
6. Obserwacje radiowe obłoku gazu krążącego wokół czarnej dziury leżącej w centrum Galaktyki wykazują, że promieniowanie pochodzące ze zmianu spinu wodoru (częstotliwość laboratoryjna = 1420.41 MHz) odbierane jest na częstotliwości 1421.23 MHz. Zakładając, że ten obłok leży w odległości 0.2 pc od czarnej dziury i porusza się po orbicie kołowej, wyznacz prędkość obłoku, czy porusza się on w kierunku Ziemi czy w przeciwnym oraz wylicz masę czarnej dziury.
7. Gwiazda ciągu głównego leżąca w odległości 20 pc jest ledwo widoczna przez pewien teleskop komiczny, który potrafi rejestrować światło o wszystkich długościach fali. Podczas swojej ewolucji gwiazda przemieści się do góry wzdłuż gałęzi olbrzymów, a jej temperatura zmniejszy się o czynnik 3 i jej promień wzrośnie 100 razy. Jaka będzie w takiej sytuacji maksymalna odległość z której można będzie przez ten sam teleskop (ledwo) zobaczyć gwiazdę?
8. Siły grawitacyjne Słońca i Księżyca powodują podnoszenie się i opadanie powierzchni mórz. Niech φ oznacza różnicę długości geograficznej punktów A i B leżących na równiku, z których jeden (A) znajduje się na powierzchni morza. Wyprowadź poziome przyspieszenie wody w punkcie A spowodowane przyciąganiem Księżyca w chwili, gdy Księżyc znajduje się nad punktem B z punktu widzenia obserwatorów na Ziemi (wyraż wynik jako funkcję φ , promienia Ziemi R i odległości Ziemia-Księżyc r).
9. Promieniowanie dochodzące od Słońca na Ziemię musi przejść przez atmosferę ziemską zanim trafi na powierzchnię. Również Ziemia promieniuje w otaczającą ją przestrzeń, i także to promieniowanie musi przejść przez atmosferę zanim trafi w kosmos. W ogólności przepuszczalność [transmittance] t_1 atmosfery Ziemi dla promieniowania słonecznego jest wyższa niż w przypadku promieniowania

pochodzącego z Ziemi (t_2). Przymając, że $T_{\text{eff } \odot}$ to temperatura efektywna Słońca, $R_{\odot}$ to promień Słońca, $r_{\oplus}$ oznacza promień Ziemi, a x odległość pomiędzy Słońcem a Ziemią, wyprowadź temperaturę powierzchni Ziemi jako funkcję wyżej wymienionych parametrów.

10. Współrzędne składników gwiazdy wizualnie podwójnej μ Sco na dzień 22 sierpnia 2008 są podane w tabeli poniżej

	α (RA)	δ (Dec)
μ Sco 1 (pierwszy)	20 ^h 17 ^m 38 ^s .90	-12° 30' 30"
μ Sco 2 (drugi)	20 ^h 18 ^m 03 ^s .30	-12° 32' 41"

W obserwatorium Bosscha obserwowana jest gwiazda za pomocą refraktora Zeissa, którego obiektyw ma średnicę 600 mm i ogniskową 10 780 mm. Teleskop jest wyposażony w kamerę CCD o rozdzielczości 765×510 . Rozmiar piksela wynosi $9 \mu\text{m} \times 9 \mu\text{m}$.

- Czy można zmieścić oba składniki równocześnie w polu widzenia kamery?
(odpowiedź „TAK” lub „NIE” powinna być poparta rachunkami!)
- Jaki jest kąt pozycyjny drugiego składnika, liczony od kierunku północy)?

11. Poniżej pokazano zdjęcie na kliszy 35 mm obrączkowego zaćmienia Słońca w Dumai, Riau (Indonezja) w dniu 22 sierpnia 1998 roku zrobione przez teleskop o średnicy 10 cm i stosunku ogniskowej do apertury $f/15$. Średnica tarczy Słońca na oryginalnym zdjęciu wynosi 13.817 mm a średnica Księżyca 13.235 mm. Wyznacz odległości Słońca i Księżyca (w km) od Ziemi oraz ułamek tarczy Słońca zakryty przez Księżyc podczas zaćmienia w procentach.

12. Rozważ supernową typu Ia leżącą w odległej galaktyce, której moc promieniowania wynosi $5.8 \times 10^9 L_{\odot}$ w maksimum. Załóżmy, że obserwujesz supernową i odkrywasz że stosunek strumienia dochodzącego światła od supernowej do strumienia od Węgi wynosi 1.6×10^{-7} . Przesunięcie ku czerwieni galaktyki, w której leży supernowa,

wynosi $z = 0.05$. Wylicz odległość do tej galaktyki (w pc) korzystając z danych o supernowej oraz wylicz czas Hubble'a.

13. Podczas podróży statkiem kosmicznym naukowcy na pokładzie mają bliskie spotkanie z nieznanym obiektem, który badają teleskopem. Załóż, że problem jest dwuwymiarowy oraz, że statek znajduje się w punkcie o współrzędnych (0,0). Obiekt ma kształt dysku, którego brzeg można opisać równaniem

$$x^2 + y^2 - 10x - 8y + 40 = 0.$$

Znajdź maksymalną i minimalną wartość $\tan \varphi$, gdzie φ jest kątem nachylenia teleskopu do osi x podczas badania obiektu od jednego brzegu do drugiego.

14. Rozważ Potencjalnie Niebezpieczny Obiekt poruszający się pod wpływem przyciągania Ziemi po orbicie zamkniętej. Przyjmij, że u oznacza odwrotność odległości od obiektu do Ziemi a p wartość jego pędu. Podczas ruchu obiektu, wykres zależności u od p przechodzi przez punkty A i B pokazane w tabeli. Znajdź masę i całkowitą energię obiektu, znajdź postać u jako funkcji zmiennej p i naskicuj wykres przedstawiający kształt krzywej u na przedziale od A do B.

	$p (\times 10^9 \text{ kg m s}^{-1})$	$u (\times 10^{-8} \text{ m}^{-1})$
A	0.052	5.15
B	1.94	194.17

15. Galaktyka NGC 2639 jest przedstawicielem typu Sa ze zmierzoną maksymalną prędkością rotacji $v_{\max} = 324 \text{ km/s}$. Po poprawkach na eksynkcję, jasność widoma w B wynosi $m_B = 12.22$. W pewnej odległości od centrum galaktyki (zwaną R_{25} i wyrażaną w kpc) jej jasność powierzchniowa spada do $25 \text{ mag}_B/\text{arcsec}^2$. Dla galaktyk spiralnych obowiązuje zależność:

$$\log R_{25} = -0.249M_B - 4.00,$$

gdzie M_B jest jasnością absolutną w B . Korzystając z zależności Tully'ego-Fishera dla spirali typu Sa

$$M_B = -9.95 \log v_{\max} + 3.15 \quad (v_{\max} \text{ podany w km/s}),$$

wylicz masę NGC 2639 zawartą wewnątrz koła o promieniu R_{25} . Przyjmując wskaźnik barwy Słońca $(m_{B_\odot} - m_{V_\odot}) = 0.64$, podaj masę NGC 2639 w jednostkach masy Słońca $\mathcal{M}_\odot$ a jej moc promieniowania w paśmie B w jednostkach $L_\odot$.