

fizyka gwiazd i galaktyk

lista 3

1. Luhman 16A to brązowy karzeł o masie około $0.045 M_{\odot}$, temperaturze efektywnej 1350 K i mocy promieniowania $2.14 \cdot 10^{-5} L_{\odot}$. Oszacuj, jak długo będzie mogła ta gwiazda świecić, zanim zapadanie jej zostanie powstrzymane przez ciśnienie zdegenerowanych elektronów. Graniczny promień brązowego karła, przy którym nastąpi zatrzymanie kolapsu, wynosi w przybliżeniu $R \approx 9 \cdot 10^6 \cdot M^{-1/3} [\text{m}]$, gdzie M jest wyrażone w masach Słońca.
2. W układzie podwójnym zawierającym białego karła i zwykłą gwiazdę zachodzi przepływ masy w tempie $10^{-8} M_{\odot}/\text{rok}$ trwający 100 lat. Oblicz ile energii wydzieli się w wyniku syntezy $\text{H} \rightarrow \text{He}$, jeśli syntezie ulegnie cały wodór zawarty masie, która spłynęła na białego karła? Jeśli synteza trwać będzie około 1 miesiąca, to jaka będzie jasność tego układu. Porównaj wydzieloną energię termojądrową z energią grawitacyjną wydzielaną przy spływie materii i wyciągnij wnioski.
3. Herkules X-1 stosunkowo silne źródło rentgenowskie o mocy rzędu 10^{37} erg/s i maksimum emisji przypadającym na energię około 20 keV . Wyznacz rozmiar obszaru emitującego promieniowanie X w tym źródle. Wyciągnij wnioski odnośnie budowy i procesów zachodzących w Herkulesie X-1 (wskazówka: układ podwójny z przepływem masy).
4. Pokaż, że w przybliżeniu moc promieniowania dysku akrecyjnego z obszaru pomiędzy odległością r_1 a r_2 od jego środka wynosi:

$$L = \frac{\dot{m}}{2} \left(\frac{GM}{r_2} - \frac{GM}{r_1} \right)$$

gdzie $\dot{m}$ jest tempem akrecji masy, M masą obiektu w centrum dysku (np. białego karła). Wyznacz L dla przypadku tempa akrecji wynoszącego $10^{-8} M_{\odot}/\text{rok}$, $M=1M_{\odot}$ oraz $r_1=10^{11} \text{ cm}$, $r_2=10^9 \text{ cm}$ (wewnętrzny i zewnętrzny kraniec dysku). Podaj wyrażenie na średnią temperaturę efektywną dysku i wylicz ją dla podanego przypadku. Oszacuj temperaturę efektywną dysku przy jego wewnętrznej i zewnętrznej krawędzi. Na jakiej długości fali przypadnie emisja w tych temperaturach?

5. W układach półrozdzielonych zawierających białe karły zachodzi zjawisko transferu masy ze składnika będącego gwiazdą np. ciągu głównego na białego karła. We wzbogaconej w wodór otoczce białego karła może dojść do zainicjowania reakcji termojądrowych (gdy masa wodoru osiągnie $10^{-5} M_{\odot}$), co obserwujemy jako zjawisko wybuchu gwiazdy nowej. W początkowej fazie wybuchu gorąca plazma szybko ekspandując świeci jak ciało doskonale czarne. Załóż, że masa jest odrzucana ze stałym tempem i stałą prędkością. Jaka jest gęstość ekspandującej otoczki jako funkcja odległości od białego karła? Zakładając, że współczynnik ekstynkcji jest stały wyznacz maksymalny rozmiar otoczki świecącej jak rozszerzająca się fotosfera (przyjmij głębokość optyczną $2/3$). Przyjmując prędkość ekspansji 1000 km/s , średni współczynnik ekstynkcji $\kappa=0.4 \text{ cm}^2/\text{g}$ i tempo wyrzutu masy $\dot{m}=5 \times 10^{-5} M_{\odot}/\text{rok}$ oblicz maksymalny rozmiar ekspandującej fotosfery i porównaj z typowymi rozmiarami białego karła.
6. Załóż, że średnia jasność gwiazdy o masie $1M_{\odot}$, po opuszczeniu ciągu głównego, wynosi $20L_{\odot}$. Załóż ponadto, że w trakcie ewolucji na gałęzi czerwonych olbrzymów masa jądra helowego tej gwiazdy wzrasta o $0.3 M_{\odot}$. Oszacuj, ile czasu będzie trwać ewolucja gwiazdy na gałęzi czerwonych olbrzymów? Jakiego ilorazu ilości gwiazd na gałęzi czerwonych olbrzymów do ilości gwiazd na ciągu głównym możemy oczekiwać (dla gwiazd o masie $1 M_{\odot}$)? Jaki będzie względny wkład do jasności całej galaktyki obu tych grup gwiazd?
7. Korzystając z poprzedniego zadania oszacuj czas, jaki gwiazda o masie $1M_{\odot}$ spędzi na „helowym” ciągu głównym (zamiana helu w węgiel w jądrze, tzw. gałąź horyzontalna na wykresie HR). Załóż, że jasność gwiazdy wynosi w tym czasie wynosi $50L_{\odot}$.