Zadanie 5. Jądro atomowe a gwiazda neutronowa *(12 pkt)*

5.1 *(2 pkt)*

Zapisz dwie cechy sił jądrowych.

1. *Krótkozasięgowe.* .....

2. *Niezależne od ładunku.* .....

5.2 ***(3 pkt)***

Wykaż, że średnia gęstość materii jądrowej jest niezależna od liczby masowej. Wykorzystaj założenia podane poniżej.

1. Jądro atomowe można traktować jako kulę (objętość kuli $V = \frac{4}{3}\pi R^3$).
2. Empiryczny wzór określający promień jądra atomowego ma postać

   $R = r\sqrt[3]{A}$, gdzie $r = 1{,}2 \cdot 10^{-15}$ m, zaś A jest liczbą masową.
3. Masę jądra atomu można szacować jako iloczyn liczby masowej i masy neutronu.

$$\left.\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} \\ V &= \frac{4}{3}\pi R^3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad \rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}; \quad \rho = \frac{3m}{4\pi R^3},$$

$m = Am_n \quad gdzie \quad m_n - masa \ \ neutronu$

$$\rho = \frac{3Am_n}{4\pi R^3}$$

$$\rho = \frac{3Am_n}{4\pi\left(r\sqrt[3]{A}\right)^3}$$

$$\rho = \frac{3Am_n}{4\pi r^3 A}$$

$$\rho = \frac{3m_n}{4\pi r^3}$$

Masywne gwiazdy w końcowym etapie ewolucji odrzucają zewnętrzne warstwy materii i zapadając się mogą tworzyć gwiazdy neutronowe. Jeśli masa zapadającej się części gwiazdy jest dostatecznie duża to powstaje „czarna dziura". Czarna dziura to obiekt astronomiczny, który tak silnie oddziałuje grawitacyjnie na swoje otoczenie, że żaden rodzaj materii ani energii nie może jej opuścić.

5.3 ***(3 pkt)***

Oszacuj promień gwiazdy neutronowej o masie $12{,}56\cdot10^{29}$ kg i średniej gęstości równej $3\cdot10^{17}$ kg/m^3.

$$\left.\begin{aligned}\rho &= \frac{M}{V}\\ V &= \frac{4}{3}\pi R^3\end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad \rho = \frac{3M}{4\pi R^3}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3\cdot12{,}56\cdot10^{29}\,\text{kg}}{4\cdot3{,}14\cdot3\cdot10^{17}\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}; \qquad R = \sqrt[3]{\frac{3\cdot12{,}56\cdot10^{29}}{12{,}56\cdot3\cdot10^{17}}\,\text{m}^3}; \qquad R = \sqrt[3]{10^{12}\,\text{m}^3}; \qquad R = 10^4\,\text{m}$$

5.4 ***(4 pkt)***

Masywna gwiazda w wyniku ewolucji utworzyła obiekt o masie $12{,}56\cdot10^{29}$ kg i promieniu 1 km. Oszacuj wartość drugiej prędkości kosmicznej dla tego obiektu. Oceń, czy ten obiekt może być „czarną dziurą". Odpowiedź uzasadnij.

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2\cdot6{,}67\cdot10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}\cdot12{,}56\cdot10^{29}\,\text{kg}}{1000\,\text{m}}}$$

$$v_{II} = \sqrt{16{,}76\cdot10^{-16}}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \qquad v_{II} \approx 4{,}09\cdot10^{8}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Otrzymany wynik ($4{,}1\cdot10^8$ m/s) jest większy od prędkości światła w próżni.

Opisana w treści zadania gwiazda może być „czarną dziurą".

Ponieważ wartość drugiej prędkości kosmicznej dla tego obiektu przekracza prędkość światła w próżni, zatem nawet fotony nie mogą opuścić tej gwiazdy.