

## XLIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II

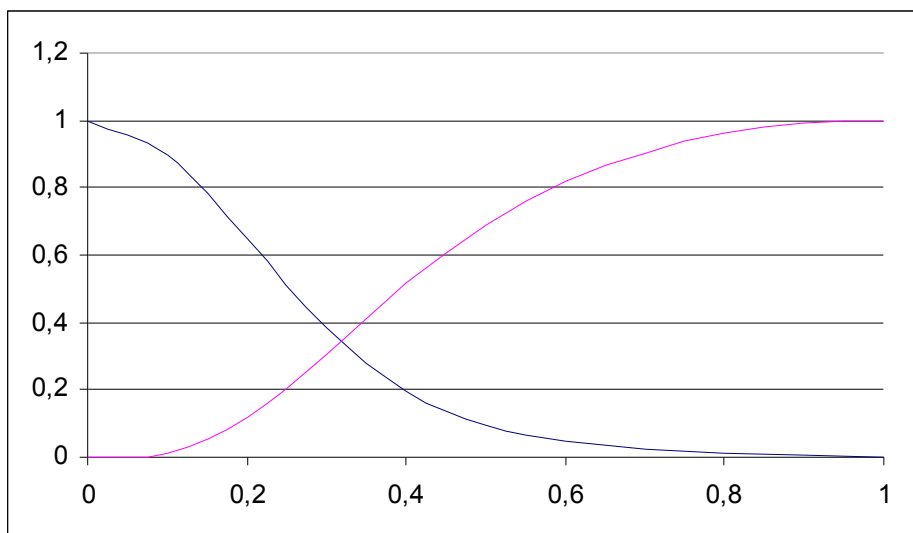
### Zadania teoretyczne

#### ZADANIE T1

Gwiazdę podobną do naszego Słońca można uważać za kulę gorącego gazu. Temperatura i gęstość tego gazu przyjmują największe wartości w centrum gwiazdy. Zakładamy, że jedynym czynnikiem powstrzymującym gwiazdę przed zapadnięciem się pod wpływem sił grawitacji jest ciśnienie gazu (równowaga „hydrostatyczna”). Rozważmy gwiazdę, której masa i promień wynoszą odpowiednio  $M = 1,2 \cdot 10^{30}$  kg i  $R = 4,5 \cdot 10^8$  m. Oznaczamy przez  $\rho(r)$  gęstość gazu w odległości  $r$  od środka gwiazdy, a przez  $\rho_0 = \rho(0)$  – gęstość gazu w centrum. Niech  $m(r)$  oznacza masę zawartą wewnątrz sfery o promieniu  $r$ .

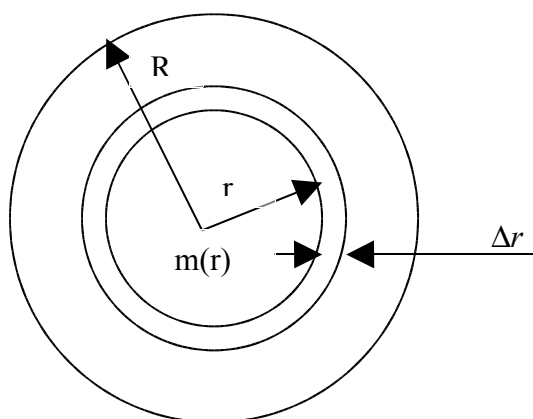
Zgodnie z dobrym teoretycznym modelem otrzymuje się następujące dane (tabela I i ryc. 1)

$r/R$	$\rho(r)/\rho_0$	$m(r)/M$
0	1,000	0
0,1	0,897	0,014
0,2	0,649	0,116
0,3	0,385	0,305
0,4	0,199	0,515
0,5	0,096	0,691
0,6	0,046	0,817
0,7	0,024	0,904
0,8	0,011	0,961
0,9	0,003	0,991
1,0	0	1,000



1. Wykorzystując powyższe dane liczbowe wyznacz gęstość  $\rho_0$  w środku gwiazdy w  $\text{kg/m}^3$  (zastosuj rozsądne przybliżenia bez zgadywania wzoru matematycznego  $\rho = \rho(r)$ ).

2a. Podaj przyrost ciśnienia gazu  $p$  [ $p = p(r)$ ] pomiędzy  $r$  i  $r + \Delta r$  (ryc. 2) w zależności od  $m(r)$ ,  $\rho(r)$  i stałej grawitacji  $G$ .



Ryc. 2

2b. Korzystając z wyniku otrzymanego w punkcie 2a oraz danych liczbowych wyznacz ciśnienie  $p_0$  w  $\text{N/m}^2$  (Pa) w centrum gwiazdy [zastosuj przybliżenia podobnie jak w punkcie 1].

3. Załóż, że mamy do czynienia z młodą gwiazdą składającą się całkowicie z wodoru, który jest w pobliżu centrum całkowicie zjonizowany. Zjonizowany wodór można traktować jako mieszaninę dwóch gazów doskonałych. Masa jednego mola protonów wynosi 1 g, a masa jednego mola elektronów wynosi w przybliżeniu 0 g. Wyznacz temperaturę  $T_0$  w centrum gwiazdy. Stała grawitacji  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ , stała gazowa  $R_{\text{gaz}} = 8,31 \text{ J/molK}$ .

*Uwaga!* W rozważaniach możesz skorzystać z papieru milimetrowego.

Źródło:  
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”  
Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szcz.pl](http://www.of.szcz.pl)