

# Fizyka współczesna i astronomia – 3F

## Stałe i przeliczniki, które mogą się przydać:

Energia stanu podstawowego w atomie wodoru:  $-13,6 \text{ eV}$

Stała Plancka:  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$        $1 \text{ e} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masa izotopu  $^{12}\text{C}$ :  $12 \text{ u}$        $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

Masa izotopu  $^{14}\text{C}$ :  $14,00324 \text{ u}$        $1 \text{ g} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ u}$

Masa protonu       $1,00728 \text{ u} = 938,3 \text{ MeV}/c^2$

Masa neutronu       $1,00866 \text{ u} = 939,6 \text{ MeV}/c^2$

Masa elektronu       $0,00055 \text{ u} = 0,511 \text{ MeV}/c^2$

Masa Słońca  $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$       Prędkość światła:  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- 1 Spoczywający atom wodoru wyemitował foton o energii  $10,2 \text{ eV}$ .
  - 1.1 [1 pkt] Jakiego przejścia dokonał przy tym elektron tego atomu (podaj poziomy energetyczne i kierunek przejścia)?
  - 1.2 [3 pkt] Oblicz prędkość, z jaką porusza się atom po emisji fotonu.
  - 1.3 [2 pkt] Oblicz długość fali fotonu. Jaki to zakres promieniowania?
- 2 Na płytkę miedzianą pada światło monochromatyczne, którego każdy foton ma energię  $10,2 \text{ eV}$ . Praca wyjścia dla miedzi wynosi  $4,5 \text{ eV}$ .
  - 2.1 [2 pkt] Jaką maksymalną prędkość będą miały wybite elektrony?
  - 2.2 [1 pkt] Ile wynosi w tym przypadku napięcie hamowania?

- 3 Pewna planetoida krąży wokół Słońca z okresem  $T = 1 \text{ rok}$  po orbicie eliptycznej, położonej w tej samej płaszczyźnie co orbita Ziemi. Pewnego razu, gdy planetoida była w peryhelium, można było ją zaobserwować jako ciemną plamkę na tle Słońca.
  - 3.1 [1 pkt] Wykonaj schematyczny rysunek orbit Ziemi i planetoidy. Zaznacz potencjalne miejsca, gdzie ciała te mogłyby się zderzyć. Przyjmij, że Ziemia ma orbitę kołową. Parametry nieokreślone treścią zadania przyjmij dowolne.
  - 3.2 [2 pkt] Uzasadnij, dlaczego (o ile nie zmieniają się parametry orbit) planetoida nigdy nie uderzy w Ziemię.
- 4 Izotop węgla  $^{14}\text{C}$  stanowi niewielką część naturalnie występującego na Ziemi węgla. Jeden taki atom przypada na każde  $10^{12}$  atomów izotopu  $^{12}\text{C}$ . Wartość ta pozostaje stała, mimo że izotop  $^{14}\text{C}$  jest  $\beta$ -promieniotwórczy, ze stosunkowo krótkim (w porównaniu z czasem geologicznym) okresem połowicznego zaniku – wynosi on  $5730 \text{ lat}$ . Dzieje się tak dzięki wychwytywaniu wysokoenergetycznych neutronów pochodzenia kosmicznego przez jądra azotu  $^{14}\text{N}$  występującego w naszej atmosferze.
  - 4.a [2 pkt] Zapisz dwie reakcje jądrowe, o których jest mowa w tekście.
  - 4.b [3 pkt] Oblicz energię, jaka jest uwalniana przy pojedynczym rozpadzie jądra  $^{14}\text{C}$ , jeżeli masa izotopowa produktu tego rozpadu to  $14,00307 \text{ u}$ .
  - 4.c [1 pkt] Węgiel  $^{14}\text{C}$  jest wykorzystywany m.in. do datowania znalezisk archeologicznych. Wyjaśnij, dlaczego w takich znaleziskach ubywa tego izotopu, mimo że jego zawartość na całej planecie jest stała.
  - 4.d [2 pkt] Określ z dokładnością do tysiąca lat wiek znaleziska, w którym izotop  $^{14}\text{C}$  stanowi  $1/10^{15}$  całego węgla.

Jedną z obecnych zagadek astronomii jest występowanie niezwykle dużej liczby supermasywnych czarnych dziur we wczesnym wszechświecie. Ostatnie badania finansowane między innymi przez NASA sugerują, że takie obiekty mogły powstawać, gdy galaktyki bardzo szybko się formowały.

Do stworzenia galaktyki potrzebne są nie tylko gwiazdy, ale także niewidoczna, silnie oddziałująca grawitacyjnie ciemna materia podtrzymująca jej strukturę. Jeśli w początkowym okresie narodzin galaktyki halo ciemnej materii rośnie bardzo szybko, kształtowanie się gwiazd jest hamowane. Zamiast galaktyki może wtedy powstać masywna czarna dziura. Wówczas gaz, z którego normalnie powstałyby gwiazdy, jest pochłaniany, przez co czarna dziura bardzo szybko zwiększa swoje rozmiary.

Wcześniej uważano, że to intensywne promieniowanie z pobliskich galaktyk jest odpowiedzialne za powstrzymanie procesu formowania się gwiazd w otoczeniu dopiero co kreującej się czarnej dziury. Z przeprowadzonych symulacji wynika jednak, że nie jest ono tutaj głównym czynnikiem. To gwałtowne procesy, jakim jest poddawana materia tworzącej się galaktyki, sprzyjają powstawaniu czarnych dziur oraz skutecznie blokują rodzenie się gwiazd. Co więcej, odkryto, że masywnych czarnych dziur może być we Wszechświecie więcej, niż wcześniej przypuszczano.

<https://news.astronet.pl/index.php/2019/02/03/poczatki-supermasywnych-czarnych-dziur/>

- 5 [1 pkt] Określ prawdziwość poniższych zdań (dla każdego napisz „prawda“ lub „fałsz“ albo skrótowo P lub F):
- 5.1 Według najnowszych badań, główną przyczyną „blokowania“ formowania się nowych gwiazd jest promieniowanie galaktyk.
  - 5.2 Ciemna materia może sprzyjać powstawaniu supermasywnych czarnych dziur.
  - 5.3 W okolicy supermasywnych czarnych dziur rodzi się wiele młodych gwiazd.

6 [2 pkt] Najbliższa nam czarna dziura – V4641 Sagittarii – znajduje się w gwiazdozbiornie Strzelca, w odległości 9,6 kpc od Słońca. Wyznacz kąt paralaksy rocznej dla tego obiektu.

7 [2 pkt] Czarną dziurę definiujemy jako ciało, z którego prędkość ucieczki (II prędkość kosmiczna) przekracza prędkość światła. Jaki promień musiałoby mieć ciało o masie Słońca, żeby być czarną dziurą?

8\* [2 pkt]

W widmie Nowej Łabędzia 1975 (Nova Cygni 1975) zaobserwowano, że linia  $H_{\beta}$  ( $\lambda_{\beta} = 486,1 \text{ nm}$ ) jest przesunięta w kierunku fioletu o  $\Delta\lambda_{\beta} = 4,03 \text{ nm}$ , zaś linia  $H_{\gamma}$  ( $\lambda_{\gamma} = 434,0 \text{ nm}$ ) o  $\Delta\lambda_{\gamma} = 3,62 \text{ nm}$ . Z jaką prędkością poruszały się zewnętrzne części gwiazdy?

9\* [2 pkt]

Oblicz masy składników gwiazdy podwójnej  $\alpha$  Geminorum, przyjmując następujące dane:

- rozmiary kątowe (na niebie) wielkiej półosi orbity  $a'' = 6'',29$ ,
- paralaksa roczna całego układu  $\pi = 0'',072$ ,
- okres obiegu wokół wspólnego środka masy  $T = 420 \text{ lat}$ ,
- stosunek odległości gwiazd od wspólnego środka masy  $a_1/a_2 = 8/7$ .