

## W pogoni za brązowym karłem

Autor tekstu: Agnieszka Dutka

Czym jest tajemniczy obiekt zwany brązowym karłem? Jest masywniejszy niż planeta, ale jednocześnie jego masa jest o wiele mniejsza niż masa najmniejszej gwiazdy. Można go obrazowo porównać do niecałkiem uformowanej, jakby nieudanej gwiazdy. Często uważa się brązowe karły za ogniwo pośrednie pomiędzy gwiazdami a planetami, a konkretnie planetami olbrzymami takimi jak nasz Jowisz.

W jądrze gwiazd zachodzą procesy wyzwalające olbrzymie ilości energii podczas przemiany wodoru w hel. Aby ten proces w ogóle zaistniał temperatura jądra gwiazdy musi osiągnąć przynajmniej 3 miliony stopni kelvina. Temperatura jądra wzrasta wraz z ciśnieniem grawitacyjnym, tak więc minimalna masa obiektu to jakieś 75-80 razy więcej od masy Jowisza [1], czyli około 7-8% masy naszego Słońca. Jeśli masa protogwiazdy jest mniejsza od owego minimum, gaz w jej centrum nigdy nie będzie na tyle gorący ani gęsty, aby zapoczątkować procesy nuklearne. W ten naprawdę bardzo uproszczony sposób powstaje brązowy karzeł. Aż do ostatniej dekady brązowe karły istniały w zasadzie jako obiekty teoretyczne. Z powodu bowiem bardzo słabego światła jakie emitują były bardzo trudne do zaobserwowania. Lecz sukcesywnie naukowcy zdołali opracować specjalne metody badawcze ułatwiające namierzanie tych kosmicznych „stworzeń”.

W 1963 roku astronom Shiv Kumar z Uniwersytetu Virginia wysunął teoretyczne założenie, iż ten sam proces grawitacyjnego kurczenia się, który formuje gwiazdy z obłoków pyłu i gazu, powinien także ukształtować i mniejsze obiekty. Te hipotetyczne ciała zostały ochrzczone mianem czarnych gwiazd lub gwiazd podczerwonych. Miano brązowego karła nadał im w 1975 roku astrofizyk Jill C. Tarter. Nazwa jest myląca, ponieważ brązowe karły w rzeczywistości emitują światło czerwone, lecz nazwa czerwony karzeł odnosiła się już do gwiazd o masie mniejszej niż połowa masy Słońca.

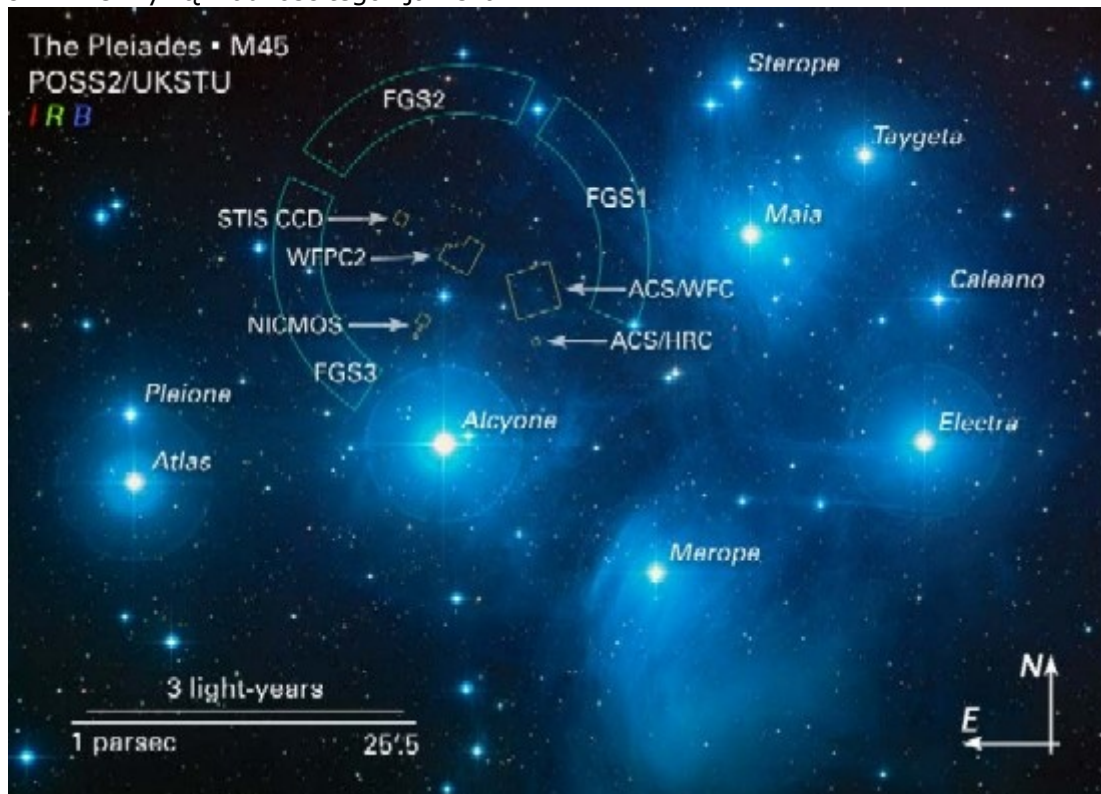
Od połowy lat 80-tych naukowcy intensywnie poszukują odpowiedzi na pytanie jak częstym są zjawiskiem o ile w ogóle istnieją. Trudność w obserwacji tych obiektów związana jest z bardzo słabym światłem jakie emitują. W typowej gwieździe zachodzą procesy termojądrowe, które jeśli już raz zaistnieją, utrzymują wielkość gwiazdy i jej jasność w stałej wielkości na ogół przez miliardy lat. Brązowy karzeł nie jest jednak w stanie podtrzymać fuzji wodoru i jego jasność stopniowo ulega osłabieniu w miarę jak obiekt kurczy się i starzeje. Światło z takiej gwiazdy znajduje się głównie w podczerwonej partii spektrum. Ponieważ brązowe karły są słabsze od gwiazd i ich światło wraz z upływem czasu ulega dalszemu osłabieniu niektórzy naukowcy sądzili, iż są to główne ogniwa ciemnej materii, czyli tajemniczej niewidzialnej masy znacznie przewyższającej masę widocznych obiektów wszechświata.

Jak wobec tego prowadzić obserwacje takich słabych punktów o ile rzeczywiście istnieją? Więcej niż połowa gwiazd w naszej galaktyce to gwiazdy podwójne. Są to dwie gwiazdy okrążające wspólnie dla nich centrum grawitacji. Spodziewano się, że niektóre gwiazdy widziane jako gwiazdy pojedyncze (np. Słońce) mogą w rzeczywistości posiadać brązowego karła jako towarzyszącą gwiazdę. Jedną z zalet tego założenia jest możliwość skoncentrowania się na małych obszarach nieba znajdujących się w pobliżu owych pojedynczych obiektów. Znacznym ułatwieniem jest też zastosowanie metody używanej przy poszukiwaniach planet z poza Układu Słonecznego. Badacze obserwują ich okresowe wpływy na ruchy gwiazd macierzystych. Ponieważ karzeł posiada większą masę niż planeta, może okazać się obiektem łatwiejszym do wykrycia. Oba te sposoby nie dały jednak oczekiwanych rezultatów. Odkrywane obiekty, o których sądzono iż są owymi niedokończonymi gwiazdami, okazywały się bardzo małymi gwiazdami względnie planetami gigantami.

Inna teoria opierała się na założeniu, że obiekty te są o wiele jaśniejsze w czasie swojej młodości, wobec tego należy ich poszukiwać w młodych gromadach gwiazdnych. Gwiazdy w takiej grupie uformowały się w tym samym czasie, lecz mają różny okres życia. Najbardziej masywne z nich żyją tylko przez kilka milionów lat zanim skończy się ich paliwo wodorowe, natomiast gwiazdy o mniejszej masie świecą nawet miliardy lat. Podstawową metodą do określenia wieku owej gromady jest znalezienie najbardziej masywnej gwiazdy głównego ciągu. [2] Jej wiek to jednocześnie wiek całego skupiska.

W momencie zlokalizowania młodej gromady gwiazdnej i określeniu jej wieku obserwacje

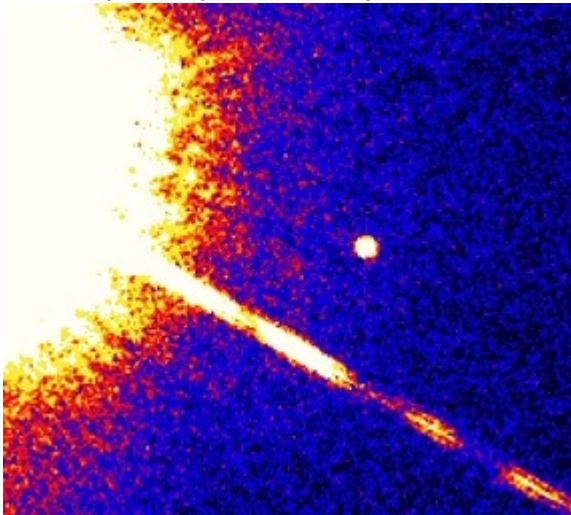
koncentrują się na najslabszych, czerwonych czyli chłodnych obiektach. Teoria zakłada że spodziewana temperatura powierzchni i jasność obiektów różnych mas pokrywa się z odpowiednim wiekiem gwiazdy, stąd mierząc odpowiednie parametry można oszacować masę. Badania objęły przede wszystkim młode gwiazdne gromady takie jak obszar formowania się gwiazd w konstelacji Byka i najjaśniejszą gromadę gwiazd, Plejady. Zwane inaczej Siedmioma Siostrami lub M45 są najbliższą nas tzw. otwartą gromadą. Zawierają ponad 3000 obiektów na przestrzeni 13 lat świetlnych. Ważną cechą gwiazd wchodzących w skład takiej gromady jest to, iż uformowały się mniej więcej w tym samym czasie z tego samego obłoku gazowego. I co jest szczególnie interesujące wszystkie zlokalizowane są prawie w tej samej odległości od nas. Gwiazdy tworzące to skupisko to głównie niebieskie olbrzymy. Mimo początkowych nadziei poszukiwania nie dały wiarygodnych rezultatów. Większość kandydatów do miana brązowego karła okazała się albo czerwonym gigantem zlokalizowanym tysiące lat za gromadą, względnie gwiazdami o bardzo małej masie znajdującymi się za lub z przodu skupiska. Wszystkie te niepowodzenia utwierdziły wiarę uczonych w niezwykle rzadkość tego zjawiska.



W 1992 roku grupa naukowców opracowała nową metodę pozwalającą rozróżniać gwiazdy o małej masie od brązowych karłów. Zaproponował ją Rafael Rebolo, Eduardo L. Martin i Antonio Magazzu z Instytutu Astrofizyki z hiszpańskich Wysp Kanaryjskich. Nowa metoda otrzymała miano testu litu. Wykorzystuje ona fakt, że poniżej masy wynoszącej około 60 mas Jowisza brązowy karzeł nigdy nie spełni warunków potrzebnych do fuzji litu wewnątrz swojego jądra. Ta nuklearna reakcja zachodzi w nieco niższej temperaturze niż przemiana wodoru, zatem gwiazdy bardzo szybko spalają wszelkie zapasy litu jakie początkowo posiadały. W czasie tej reakcji proton zderza się z izotopem litu 7, który ulega następnie rozszczepieniu na dwa atomy helu. Nawet gwiazdy o małej masie spalą cały swój lit w przeciągu około 100 milionów lat, zaś większość nawet masywnych brązowych karłów zachowa go na zawsze. Tak więc obecność litu w spektrum miałaby świadczyć o bardzo niskiej masie obiektu. Linie spektrum wytworzone przez lit są znacznie wyraźniejsze w chłodnych, czerwonych obiektach.

Przy użyciu nowego 10-cio metrowego teleskopu Keck na Mauna Kea na Hawajach [3] astronomowie znów skupili się na Plejadach, które, jak wykazały obliczenia, liczą sobie jakieś 120 milionów lat, czyli są bardzo młodą gromadą gwiazdną. Badając spektrum na obecność litu, znaleziono brązowego karła oznaczonego symbolem PPI 15. W tej samej gromadzie gwiazdnej wykryto również nawet znacznie słabsze obiekty niż PPI 15: Teide 1 oraz Calar 3. Oba obiekty posiadają masę prawie poniżej 60 mas jowiańskich i wyraźną obecność litu w spektrum.

Podobna metoda została zastosowana również przy badaniu obiektu towarzyszącego gwiazdzie Gliese 229A. Zalicza się ona do kategorii czerwonych karłów i sama jako taka emituje dosyć słabe światło. Obiekt ten został odkryty przez zastosowanie specjalnego instrumentu blokującego większość światła z Gliese 229A, co umożliwiło zaobserwowanie mniejszej i słabszej około 1000 razy gwiazdy towarzyszącej. Co więcej, w badanym spektrum zostały wykryte ślady metanu, który co prawda jest pospolity w atmosferze planet olbrzymów, lecz gwiazdy są obiektami zbyt gorącymi, aby mógł się uformować. Jego wyraźna obecność w spektrum Gliese 229B [4] stanowiła potwierdzenie hipotezy, iż nie jest to gwiazda lecz prawdopodobnie brązowy karzeł. Oprócz metanu można również zauważyć obecność wody w postaci bardzo rozgrzanej pary. Zarówno metan jak i woda nie występuje w środowisku przeciętnych gwiazd takich jak Słońce. Większość naukowców uznała Gliese 229B za pierwszego prawdziwego brązowego karła. Jest to obiekt o temperaturze powierzchni oscylującej prawdopodobnie poniżej 1000 stopni kelvina, dla porównania minimalna temperatura powierzchni najsłabszych gwiazd to 1800 stopni. Gliese 229B jest 30-40 razy masywniejsza niż Jowisz i prawdopodobnie liczy sobie kilka miliardów lat czyli znajduje się obecnie w fazie schyłkowej.



Stosując odpowiednie pomiary naukowcy zdołali obliczyć prawdopodobną liczbę brązowych karłów. Jak wynika z tych obliczeń, w samej tylko Drodze Mlecznej może być ich nawet prawie 100 miliardów. Jednakże początkowe nadzieje związane z tajemnicą ciemnej materii rozwiały się. Brązowe karły, mimo iż występowałyby dosyć licznie we wszechświecie, z racji swojej niewielkiej masy nie stanowią liczącej się wielkości potrzebnej do wytłumaczenia zjawiska ciemnej materii. Wraz z białymi karłami i czarnymi dziurami mogą stanowić jakiś niewielki ułamek ciemnej materii. Przypuszczalnie jednak cała reszta jest całkowicie nowym, nieznanym nam rodzajem materii, której na razie nie umiemy wykryć. Niektórzy naukowcy spekulują, że może być to materia z innych wymiarów.

W jaki sposób powstają i jaki jest ich cykl życia? Prawdopodobnie zarówno brązowy karzeł jak i typowa gwiazda formują się podczas grawitacyjnego zapadnięcia się międzygwiazdowego obłoku pyłowo-gazowego. Obłoki takie zawierają w większości wodór i hel, lecz mogą też posiadać niewielkie ilości deuteru i litu. Pierwiastki te są pozostałościami nuklearnych reakcji jakie odbywały się kilka minut po Wielkim Wybuchu. W miarę jak kształtują się owe obiekty, ich jądra stają się coraz gorętsze i gęściejsze, aż w końcu temperatura jądra umożliwi zapoczątkowanie przemiany deuteru w hel. Ten proces może przebiegać w brązowym karle gdyż temperatura niezbędna do niego jest niższa od temperatury wymaganej do fuzji wodoru. Niższa może być również masa obiektu. Efektem tych reakcji jest energia i światło jakie zaczyna emitować gwiazda. Jednocześnie zostaje zahamowany proces grawitacyjnego zagęszczania się. Jednakże po kilku milionach lat cały deuter ulega wyczerpaniu i rozpoczyna się ponowny proces kurczenia się. Zaczyna się też fuzja litu w młodych gwiazdach i brązowych karłach masywniejszych 60 razy więcej niż Jowisz.

W czasie zagęszczania się masy brązowego karła rozpoczyna się proces zwany degeneracją, którego efektem jest między innymi to, iż są to obiekty o rozmiarach Jowisza lecz znacznie od niego gęściejsze. Podczas stopniowego zagęszczania się brązowego karła w jego jądrze rośnie ciśnienie cieplne i przeciwstawia się siłom grawitacyjnym. Wszystkie elektrony zostają uwolnione ze swoich jąder poprzez ciepło, a wiele z nich jest zmuszonych do zajmowania wysokich poziomów energetycznych. Te wszystkie zmiany powodują formę ciśnienia, które jest niewrażliwe na temperaturę. W przypadku gwiazd nie dochodzi do degeneracji jądra. Zamiast tego przemiany wodorowe powodują ciśnienie, które przeciwstawia gwiazdę jej własnej grawitacji. W momencie rozpoczęcia reakcji wodoru zatrzymany zostaje proces zagęszczania i gwiazda osiąga stabilny rozmiar, jasność i temperaturę. Brązowe karły w miarę upływu czasu kurczą się, ochładzają się,

a ich jasność — i tak niewielka — ulega stopniowemu zmniejszeniu.

W jaki sposób odróżnić brązowego karła od typowej planety olbrzyma? Czy istnieje jakaś graniczna masa, poniżej której możemy mówić o planecie? Podstawowym wyznacznikiem wydaje się być sposób formowania się obiektów. Jak już wspomniałam powyżej, gwiazda formuje się z obłoku pyłu i gazu. Wielkie gazowe planety tworzą się z małych odłamków skał i lodu. Z czasem ich jądra przyciągają sporą otoczkę gazową. Oczywiście obserwacje to przeprowadzane były na przykładach z naszego systemu solarnego. Ostatnio jednak odkryto planety giganty znajdujące się poza naszym systemem, odbiegające od typowego wzorca jaki występuje w naszym układzie słonecznym.

Przypuszczalnie najlepszą i najpewniejszą cechą odróżniającą brązowe karły od planet gigantów jest zdolność do przeprowadzania reakcji jądrowych. Graniczną masą przy której następuje przemiana deuteru jest 13 mas jowiańskich. Brązowe karły prawdopodobnie najczęściej występują w systemach binarnych szczególnie jako towarzysze mniej masywnych gwiazd. Spotyka się też podwójne systemy brązowych karłów. Przykładem może być pobliski system gwiazdny Epsilon Indi znajdujący się w stosunkowo niewielkiej odległości od Ziemi około 12 lat świetlnych. Epsilon Indi posiada towarzysza w postaci brązowego karła Epsilon Indi Ba. Ostatnie przeprowadzone przez naukowców badania sugerują, iż obiekt ten również posiada swojego towarzysza, którym jest znacznie mniejszy drugi brązowy karzeł. Nowy obiekt został nazwany Epsilon Indi Bb [5]. Jest on chłodniejszy i mniej masywny niż Epsilon Indi Ba, a co za tym idzie ma bardzo słabą jasność i dlatego jest obiektem trudnym do zaobserwowania. Pomocne do jego namierzenia okazały się badania na absorpcję metanu. Jak już wspomniałam wcześniej, występuje on w chłodnym środowisku jakie posiadają planety i gwiazdy o małej masie. Oba karły zaliczane są do nowo odkrytych typów astronomicznych obiektów tzw. brązowych karłów klasy T. Brązowe karły klasy T posiadają średnicę równą w przybliżeniu średnicy Jowisza, lecz są od niego masywniejsze. Mimo wszystko nie są na tyle masywne, aby wytwarzać energię na drodze przemian jądrowych. Oba z nich promieniują z powodu ciepła wytwarzanego przez zapadająca się do ich wnętrza masę.

Udoskonalone techniki pozwalają odkrywać coraz to nowe obiekty. W 1998 roku teleskop Hubble namierzył całe roje nowopowstałych brązowych karłów w odległej o 1500 lat świetlnych gromadzie Trapezu w mgławicy Oriona. Przy użyciu aparatu czułego na promieniowanie podczerwone udało się zlokalizować aż 50 takich obiektów. Są to młode gwiazdy, powstałe jakiś milion lat temu i z tego powodu łatwe do wykrycia, gdyż emitują nadal dosyć jasne światło. To odkrycie jest dowodem na liczne występowanie w przestrzeni tych dawniej nader enigmatycznych i rarytasowych obiektów. Przypuszczalnie mogą być tak liczne jak i pospolite gwiazdy. Badania nad tymi obiektami wchodzi jak na razie w fazę początkową. Stanowią nadal astronomiczną zagadkę, nieznany jest bowiem ani sposób ich powstawania, ani ich dokładna ilość, ani też rozmaite procesy zachodzące w czasie życia takich gwiazd. Przypuszczalnie najlepszą metodą badania tych obiektów będą dalsze obserwacje i studia prowadzone nad najmłodszymi grupami gwiazdnymi. W tych rejonach można bowiem prześledzić stopniowy proces narodzin gwiazd, ich ewolucję i wzajemne kontrreakcje.



\*

#### Źródła:

The discovery of brown dwarfs, Gibor Basri, *Scientific American*, vol.14, nr 4.  
Brown dwarfs: A possible missing link between stars and planets, S.R. Kulkarni, *Science*, vol.276, pages 1350-1354, May 1997.  
Brown dwarfs and extrasolar planets, R.Rebolo, E.L.Martin, M.R.Zapatero Osorio, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, vol.134, 1998.  
The backyard astronomer's guide, T.Dickinson, A.Dyer.  
Closest known brown dwarf has a companion, *Space*, September 2003.

Przypisy:

- [ 1 ] Jowisz jest tzw. planetą gigantem w naszym systemie słonecznym. Jest prawie dwa razy masywniejszy niż wszystkie inne planety systemu razem wzięte (dotychczasowo znane). Czasem wraz ze swoimi licznymi księżycami których jak na dzień dzisiejszy jest 63(!) jest nazywany mini-systemem słonecznym. Jego skład pierwiastkowy przypomina małą gwiazdę. Zbudowany głównie z wodoru i helu, posiada atmosferę wodorowo-azotowo-węglową, w której tworzy się amoniak i metan.
- [ 2 ] U gwiazd z głównej sekwencji energia wytwarzana jest poprzez reakcję spalania wodoru w jądrze. W górnej partii znajdują się masywne gwiazdy o wielkości 60 mas solarnych. Dolna część to gwiazdy o małej masie, około 0.08 masy Słońca. Słońce to przeciętna gwiazda, znajdująca się pośrodku.
- [ 3 ] Badania prowadzili między innymi Goeffrey W. Marcy, Gibor Basri, James R. Graham.
- [ 4 ] Odkrycie to zostało dokonane przy użyciu 1,5 metrowego teleskopu w Palomar Observatory przez zespół California Institute of Technology i Johns Hopkins University.
- [ 5 ] Badania przeprowadziła grupa naukowców przy użyciu teleskopu Gemini South Telescope na Cerro Pachon w Chile.

#### **Agnieszka Dutka**

Współredaktorka Nowin naukowych Racjonalisty. Z wykształcenia pedagog. Prowadzi biuro tłumaczeń języka angielskiego. Jej pasje to astronomia, astrofizyka oraz biologia, zwłaszcza paleo. Mieszka w Chicago.

[Pokaż inne teksty autora](#)

(Publikacja: 16-10-2004 Ostatnia zmiana: 13-02-2011)

[Oryginał..](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,3682) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,3682>)

Contents Copyright © 2000-2011 Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2011 Michał Przech

Autorem portalu Racjonalista.pl jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.  
Właścicielami portalu są Mariusz Agnosiewicz oraz Autor.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tego portalu i jakiegokolwiek jego części.

Wszystkie strony tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe, zostały wytworzone i są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tego portalu oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tego portalu i nie korzystać z jego zasobów.

Informacje zawarte na tym portalu przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach

informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów portalu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na portalu. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki prezentuje.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych portalu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do [redakcja@racjonalista.pl](mailto:redakcja@racjonalista.pl)