

Jan Czochralski - Polak, który zmienił świat

Jan Czochralski urodził się 23 października 1885 roku w Kcyni, małym miasteczku na Pałukach, niedaleko Bydgoszczy, w szanowanej, wielodzietnej rodzinie stolarskiej. Był ósmym dzieckiem z dziesięciorga. Rodzinne strony opuścił mając zaledwie 16 lat, pod wpływem ojca, któremu nie podobały się ryzykowne chemiczne eksperymenty syna. Przeniósł się do Krotoszyna, gdzie podjął pracę w aptece. W 1904 roku wyjechał do Berlina i tu szybko trafił do laboratoriów koncernu Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft (AEG). Pracuje, ale równolegle zdobywa wykształcenie i w 1910 roku otrzymuje tytuł inżyniera chemika na Politechnice Berlińskiej.

W 1916 roku Czochralski dokonał odkrycia, które po latach okaże się jego największym osiągnięciem: opracowuje metodę pomiaru szybkości krystalizacji metali. Wtedy interesująca wyłącznie dla metaloznawców, obecnie jest powszechnie stosowana w produkcji kryształów, zwłaszcza półprzewodnikowych. W 1924 roku światło dzienne ujrzał inny ważny wynalazek Czochralskiego: bezcynowy stop, świetnie nadający się na panewki do produkcji łożysk kolejowych (znany później jako bahmetal lub metal B). Patent natychmiast kupiła kolej niemiecka. Dzięki metalowi B można było zwiększyć prędkości jazdy pociągów i w znacznym stopniu rozwinąć kolejnictwo w Niemczech, Polsce, Stanach Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i ZSRR.

Za sukcesami szły rozgłos i pieniądze. W 1925 roku Czochralski został przewodniczącym Zarządu Głównego Niemieckiego Towarzystwa Metaloznawczego. Sława dotarła do USA. Polskim uczonym zainteresował się Henry Ford, założyciel słynnego koncernu samochodowego. Zaprosił on Czochralskiego do zwiedzenia swoich fabryk, po czym zaproponował objęcie stanowiska dyrektora w nowopowstałej fabryce duraluminium. Mimo kuszącej oferty Czochralski odmówił. W 1928 roku, wskutek prośb prezydenta Polski i wybitnego chemika Ignacego Mościckiego, Czochralski wrócił na stałe do ojczyzny. Objął stanowisko profesora kontraktowego Politechniki Warszawskiej, a w listopadzie 1929 roku został jej doktorem honoris causa. W kolejnym roku z rąk prezydenta Polski przyjął tytuł profesora zwyczajnego. Zrzekł się obywatelstwa niemieckiego, lecz procedura nie została formalnie zakończona.





fot. Archiwum UM w Kcyni

W 1932 roku Czochralski zakupił neoklasycystyczny pałacyk w Warszawie przy ul. Nabelaka, który stał się miejscem przyjęć osób ze sfer rządowych i artystycznych. Stałymi bywalcami byli tu m.in. Ludwik Solski, Karol Roztworowski i Kornel Makuszyński. Tymczasem na Politechnice Warszawskiej, w ramach Wydziału Chemicznego, Czochralski zajął się organizowaniem Zakładu Metalurgii i Metaloznawstwa. W czasie wojny kierował Zakładem Badań Materiałów, jednym z ośmiu zakładów utworzonych na Politechnice za zgodą okupanta. Zakład pomógł przetrwać wielu polskim naukowcom, ale wykonywał prace także dla Wehrmachtu. Sam Czochralski w czasie wojny wielokrotnie wykorzystywał swoje koneksje i dobrą sytuację materialną by ratować nie tylko naukowców i artystów przed represjami ze strony hitlerowskich Niemiec. W pomoc zaangażowana była cała rodzina, zwłaszcza najstarsza córka Leonia.

Z powodu prac wykonywanych dla Niemców przez zakład kierowany przez Czochralskiego, natychmiast po wojnie profesora oskarżono o współpracę z okupantem. Czochralski na kilka miesięcy trafił do aresztu w Piotrkowie Trybunalskim. Wobec braku dowodów winy dochodzenie umorzono. W obronie poszkodowanego, dając wyraz jego patriotyzmu, wystąpił m.in. Gustaw Olechowski, były konsul Rzeczypospolitej. Mimo niewinności przez prokuraturę czasów stalinowskich, w grudniu 1945 roku władze Politechniki Warszawskiej pozbawiły Czochralskiego tytułu profesorskiego i praktycznie wykluczyły ze środowiska naukowego.



1. „Goście z całego świata przyjeżdżają do Kcyni. Pytają o prof. Czochralskiego”, Gazeta Pomorska, fot. Anna Duda-Nowicka, Urząd Miasta w Kcyni

W sierpniu 1945 roku upokorzony Czochralski wrócił do Kcyni. Założył tu małą firmę chemiczną BION, zajmującą się m.in. produkcją pasty do butów, soli peklującej i płynu do trwałej ondulacji. Po brutalnej rewizji, przeprowadzonej w jego willi w Kcyni przez Urząd Bezpieczeństwa, Jan Czochralski doznaje ataku serca i 22 kwietnia 1953 roku umiera w szpitalu w Poznaniu.

Prof. Jan Czochralski był autorem lub współautorem ponad 120 publikacji naukowych, wielu wynalazków i patentów. Do dziś jest najczęściej cytowanym polskim uczonym. Jego największym osiągnięciem okazała się jednak metoda wytwarzania monokryształów. Można przypuszczać, że gdyby prof. Czochralski żył kilkanaście lat dłużej i doczekał rozkwitu elektroniki półprzewodnikowej, z ogromnym prawdopodobieństwem Polska miałaby drugiego noblistę w — najbardziej prestiżowych — naukach ścisłych.

Starania o rehabilitację prof. Czochralskiego podejmowano na Politechnice Warszawskiej kilkakrotnie. Dopiero dokumenty odnalezione w 2011 roku pozwoliły jednoznacznie potwierdzić współpracę prof. Czochralskiego nie z okupantem, a z wywiadem Komendy Głównej Armii Krajowej. W tej sytuacji senat Politechniki Warszawskiej uchwałą z 29 czerwca 2011 roku — po 66 latach... — całkowicie zrehabilitował prof. Czochralskiego.

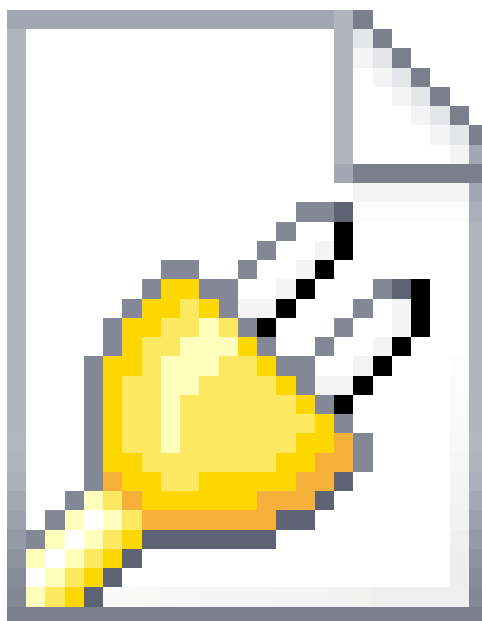


[Uczniowie bydgoskiego Elektronika wzięli udział](http://bydgoszcz24.pl/arttykul/zywa-pamiec-o-janie-czochralskim-w-elektroniku) (<http://bydgoszcz24.pl/arttykul/zywa-pamiec-o-janie-czochralskim-w-elektroniku>) w ogólnopolskim flashmobie "Pokaż kryształ Czochralskiego"



Celem akcji „Pokaż kryształ Czochralskiego” jest uhonorowanie wybitnego polskiego uczonego prof. Jana Czochralskiego i zobrazowanie, jak fundamentalnie ważne dla naszego życia są monokryształy wytwarzane metodą Czochralskiego. Jednocześnie akcja ma uświadomić Polakom, że jesteśmy narodem wybitnych intelektualistów, ludzi pokroju Kopernika, Skłodowskiej-Curie, Łukasiewicza, Funka czy właśnie Czochralskiego, których geniusz zmienił losy całej cywilizacji. (Jarosław Chrostowski)

Z uwagi na uwarunkowania historyczne Czochralski był postacią tragiczną. Wychowanie w rodzinie patriotycznej nie pozwoliło mu na obronę, której skutkiem byłoby pogrążenie wielu innych osób z kręgu opozycji podziemnej Armii Krajowej. W uznaniu ogromnych zasług prof. Czochralskiego i znaczenia społecznego jego wynalazków, sejm Rzeczypospolitej Polskiej ustanowił rok 2013 Rokiem Jana Czochralskiego.



Przepis na monokryształ. Co to jest „metoda Czochralskiego”?

Metoda Czochralskiego polega na bardzo ostrożnym „wyciąganiu” monokryształów z roztopionej substancji za pomocą pręta dotykającego jej powierzchni. Można ją stosować do wszystkich materiałów, których cząsteczki nie rozpadają się podczas podgrzewania i topnienia. Otrzymane dzięki metodzie Czochralskiego monokryształy cechują się wysoką czystością i jednorodnością.

Jak metoda Czochralskiego wygląda w praktyce? Zobaczmy na przykładzie monokryształów krzemu, które każdy z nas ma przy sobie w odtwarzaczach MP3, telefonach komórkowych, zegarkach czy kartach kredytowych.

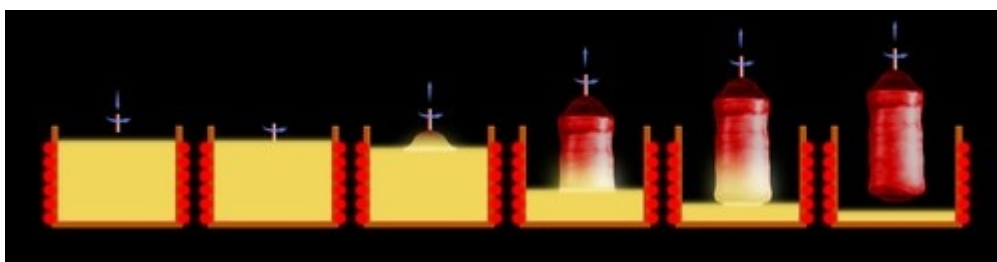
Wytwarzanie monokryształów metodą Czochralskiego odbywa się w piecach do monokryształizacji. We wnętrzu takiego pieca, w atmosferze chemicznie obojętnej argonu, umieszcza się tygiel wykonany z krzemionki, czyli tlenku krzemu (SiO_2). Materiał tygla jest dobrany nieprzypadkowo. Chodzi o to, żeby w wysokiej temperaturze do znajdującego się w tyglu roztopionego krzemu (Si) nie przenikały atomy obcych pierwiastków (w praktyce nawet tlen w krzemionce jest źródłem wielu problemów).



Wnętrze pieca podczas wyciągania monokryształu metodą Czochralskiego. Widoczny tygiel, rozpuszczony materiał i pręt formującego się kryształu. (Źródło: ITME)

Gdy piec nagrzej się do nieco ponad 1400 stopni Celsjusza i krzem w tyglu zmieni się w ciecz, do jej powierzchni zostaje dosunięty cienki pręt z monokryształu krzemu. Pełni on rolę zarodka, wokół którego stopniowo osadzają się atomy cieczy. Dobierając odpowiednio szybkość wyciągania zarodka z wnętrza tygla, prędkość obracania pręta, temperaturę, a nawet skład i ciśnienie atmosfery wewnątrz pieca — można precyzyjnie sterować procesem wzrostu kryształu.

Rosnący kryształ jest stale ważony za pomocą czułych wag elektronicznych, a specjalne oprogramowanie cały czas monitoruje tempo wzrostu. Jeśli kryształ przyrasta zbyt szybko, można temu zaradzić podwyższając temperaturę pieca, co zmniejsza lepkość cieczy i obniża tempo przyrostu. Specjalny układ chłodzenia zapewnia, że temperatura nie będzie też zbyt wysoka. Sterowane komputerowo silniki krokowe gwarantują z kolei właściwą prędkość wysuwania pręta z tygla, co ma wpływ na średnicę powstającego kryształu. Atomy płynnej substancji w tyglu muszą mieć czas, by trafić we właściwe miejsce w sieci krystalicznej rosnącego zarodka. Jeśli zarodek jest wyciągany zbyt szybko, struktura krystaliczna będzie mieć liczne defekty, a w skrajnych przypadkach może się w ogóle nie wytworzyć.



Metoda Czochralskiego. W odpowiednio dobranej atmosferze, do roztopionego materiału w ogrzewanym tyglu zbliżany jest wolno wirujący pręt z zarodkiem krystalizacji. Gdy po zetknięciu z cieczą warunki się ustabilizują, pręt jest powoli wyciągany. Podczas wyciągania tworzy się kryształ: najpierw stożek, potem właściwa część, wreszcie spód. Gotowy kryształ jest stopniowo chłodzony, po czym wyciągany z pieca. (Źródło: jch)

Kryształy krzemowe rosną bardzo szybko: 1 m kryształu powstaje w zaledwie 30 godzin. Inne półprzewodniki tworzą kryształy wolniej, zwykle w tempie ok. 10 cm na dobę. Z kolei monokryształy tlenkowe przyrastają niewiele ponad 10 cm na tydzień. Nic dziwnego, że przy tak wolnych procesach piece z rosnącymi kryształami są zabezpieczane przed drganiami podłoża i wyposażane w zasilacze, pozwalające zachować ciągłość procesu nawet podczas przerw w dopływie prądu z elektrowni.



Pierwsze kryształy wytworzone przez prof. Czochralskiego przypominały metalowe druty: miały milimetr średnicy i długość do półtora metra. Dziś za pomocą metody Czochralskiego produkuje się

przede wszystkim kryształy z krzemu i związków półprzewodnikowych. Te pierwsze mogą mieć nawet ponad dwa metry długości, średnicę zbliżoną do pół metra i masę kilkuset kilogramów. Inne kryształy są zwykle znacznie mniejsze. Na przykład monokryształy tlenkowe mają do 10 cm długości, a ich średnice nie przekraczają 5 cm. Kryształy ze szczególnie rzadkich i/lub trudnych w obróbce materiałów wymagają hodowania w specjalnie zmodyfikowanych piecach. Małe, lecz niezwykle cenne kryształy Czochralskiego wyciąga się wtedy z... pojedynczych kropelek lewitujących w polu magnetycznym.

Wyhodowany kryształ krzemu jest poddawany obróbce. Najpierw nadaje mu się postać walca o dopasowanej do wymogów linii przemysłowych średnicy, po czym tnie się na płytki. Po wypolerowaniu płytki stają się idealnym materiałem do budowy elementów elektronicznych. W przypadku kryształów krzemu płytki mają zazwyczaj średnice 20-30 cm, a niedługo powinny się one zwiększyć nawet do 45 cm. Przy związkach półprzewodnikowych średnice są mniejsze, od 5 do 15 cm, gdyż kryształy są trudniejsze do wyhodowania.



Różne rodzaje monokryształów wyprodukowanych metodą Czochralskiego, przeznaczonych do zastosowań optycznych. W lewym dolnym rogu widoczne gotowe pręty laserowe. (Źródło: ITME)

Najczystsze chemicznie fragmenty kryształów, o najdoskonalszej strukturze krystalicznej, są wycinane i używane jako zarodki przy wytwarzaniu kolejnych kryształów. Proces otrzymywania kryształów jak najwyższej jakości przypomina więc prawdziwą hodowlę.

Metoda Czochralskiego stała się fundamentem współczesnego przemysłu elektronicznego. Ocenia się, że aż 90% urządzeń półprzewodnikowych powstaje właśnie dzięki niej. W Polsce na największą skalę metodę wykorzystuje Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. Znaczenie wynalazku jest ogromne i wciąż wzrasta. Świadczy o tym fakt, że liczba publikacji naukowych odwołujących się do pracy prof. Czochralskiego w ostatniej dekadzie wzrosła niemal dwukrotnie, a liczba cytowań — niemal trzykrotnie. Prof. Czochralski wciąż jest najczęściej cytowanym polskim uczonym.

Cywilizacja monokryształów. Gdzie można znaleźć kryształy wyhodowane metodą Czochralskiego?

Na słowa „metoda Czochralskiego” niejeden lekceważąco wżruszy ramionami. „Też coś! To przecież tylko jakieś tam kryształy!”. Tak, ale bez tych kryształów elektronika nigdy nie stałaby się powszechna. Komputery nadal byłyby maszynami ważącymi tony, zajmującymi całe pokoje, żrącymi prąd godny małych elektrowni i tak drogimi i awaryjnymi, że byłoby ich co najwyżej kilka na kraj. Na szczęście teraz elektronika jest już wszędzie. Mogła stać się popularna, bo dzięki kryształom Czochralskiego wyprodukowanie jednego tranzystora jest dziś tańsze od wydrukowania jednej litery w książce.



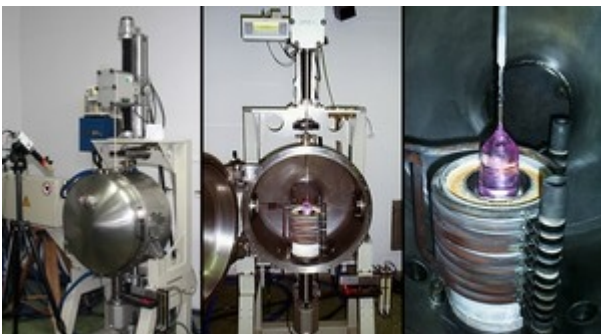
Laboratorium im. prof. Jana Czochralskiego w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. (Źródło: ITME)

Wartość światowego rynku elektroniki i powiązanych z nią usług jest szacowana na wiele bilionów dolarów rocznie. Aż 90% tego rynku funkcjonuje dzięki monokryształom krzemu wytwarzanym metodą Czochralskiego!



Różne rodzaje monokryształów wyprodukowanych metodą Czochralskiego. Widoczne surowe kryształy, częściowo oszlifowane, a także gotowe płytki krzemowe i pręty laserowe. W lewym dolnym rogu przykłady urządzeń elektronicznych działających dzięki monokryształom Czochralskiego. (Źródło: ITME)

Od elektroniki zależy dziś cała cywilizacja. Nasza wygoda, rozrywka, praca, a nawet bezpieczeństwo. Elektronika, a wraz z nią kryształy wyhodowane metodą Czochralskiego, jest w zegarkach, telefonach, odtwarzaczach MP3, nawigacji GPS, w telewizorach, cyfrowych aparatach fotograficznych, kuchenkach mikrofalowych, pralkach i lodówkach, dekodernach telewizyjnych, konsolach do gier, telewizorach, a nawet w naszych kartach kredytowych i rowerach (w diodach świecących ich lamp). Steruje ruchem samochodów i pociągów, utrzymuje w powietrzu samoloty. Pozwala chronić majątek, walczy o zdrowie i życie pacjentów w szpitalach. Lecz przede wszystkim elektronika — a wraz z nią kryształy Czochralskiego — to jądro smartfonów, tabletów, laptopów i wszelkich komputerów, które są siłą napędową niemal każdej dziedziny życia współczesnego człowieka.



2. Współczesny piec do hodowania monokryształów metodą Czochralskiego, jego wnętrze i wygląd tygla z zasymulowanym wyciąganiem kryształu szafiru. Zdjęcia z laboratorium im. prof. Jana Czochralskiego w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. (Źródło: ITME)

Elektronika konsumencka korzysta z monokryształów krzemu. Nie są to jedyne kryształy otrzymywane metodą Czochralskiego. Powstają dzięki niej na przykład kryształy piezoelektryczne (w których naprężenia mechaniczne prowadzą do gromadzenia się ładunku elektrycznego) i akustooptyczne (np. z dwutlenku telluru; pod wpływem fal dźwiękowych zmieniają one właściwości światła laserowego). Te z kryształów Czochralskiego, które wykazują tzw. właściwości nieliniowe, są kluczowym elementem wielu układów optycznych, od laserów wielkich mocy po sprzęt przeznaczony do kryptografii kwantowej. Kryształy z fosforu indu znajdują zastosowania w optoelektronice, m.in. przy produkcji laserów półprzewodnikowych i detektorów dalekiej podczerwieni. Kryształy antymonku galu i antymonku indu to z kolei świetne materiały na nie tylko na detektory podczerwieni, ale i ultrafioletu. Zbudowane dzięki nim urządzenia mogą w przyszłości pomagać na przykład strażakom w ocenie rodzaju płonących substancji.



3. Kryształ arsenku galu wyhodowany w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. Widoczny pręt, za pomocą którego kryształ był wyciągany z wnętrza tygla. (Źródło: ITME)

Monokryształy z odpowiednich związków są używane jako podłoża pod wysokotemperaturowe warstwy nadprzewodników lub pod warstwy arsenku galu. Natomiast kryształy samego arsenku galu są postrzegane przez wielu jako następcy krzemu w elektronice. Już dziś wiele urządzeń mikrofalowych i optoelektronicznych działa dzięki kryształom GaAs. Ale metoda Czochralskiego przydaje się także w badaniach nad spintroniką, dziedziną nauki i techniki uważaną za następczynię elektroniki. Nadzieję na zastosowania spintroniczne budzą m.in. monokryształy niektórych związków międzymetalicznych.



4. Monokryształy krzemu i niobianu litu
wyhodowane metodą Czochralskiego. (Źródło:
ITME, jch)

We wskaźnikach laserowych i mikrolaserach są używane m.in. kryształy wanadianu itru domieszkowanego neodymem. Odpowiednio domieszkowane granaty itrowo-glinowe to kluczowy element nowoczesnego sprzętu telekomunikacyjnego. W holografii do zapisywania i wzmacniania obrazu używa się kryształów niobianu wapniowo-barowego. Z fosforu galu wykonuje się soczewki o unikatowych własnościach. Z kolei monokryształy z grupy perwoskitów, domieszkowane jonami ceru, pod wpływem promieniowania gamma generują błyski światła. Własność ta ma kluczowe znaczenie w detektorach tomografów PET, które są jednymi z najdoskonalszych narzędzi obrazowania wnętrza ludzkiego ciała. Natomiast odpowiednio domieszkowane kryształy granatów są świetnym materiałem na lasery medyczne — idealnie sterylne skalpele, dzięki którym można przeprowadzać bezpieczne i niemal bezkrwawe operacje, zarówno chirurgiczne, jak i kosmetyczne.

Dzięki komputerom i internetowi świat staje się globalną wioską. Lecz tak naprawdę przekształca się w nią dzięki kryształom Czochralskiego. Bez nich nie moglibyśmy nawet marzyć o efektywnej interakcji między ludźmi rozszanymi po wszystkich kontynentach — interakcji pozwalającej wspólnie realizować wielkie projekty biznesowe i naukowe, przede wszystkim zaś zdolnej przełamywać uprzedzenia historyczne i ideologiczne. Dzięki metodzie pewnego profesora z Kcyni świat powoli staje się coraz bardziej spójną całością.

Podobna tematyka na: [Jan Czochralski](#), [Polskie Stowarzyszenie Dziennikarzy Naukowych](#), [Strona Roku Czochralskiego](#)

(Publikacja: 27-10-2013)

[Oryginał..](#) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,9377>)

Contents Copyright © 2000-2012 Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2012 Michał Przech

Właścicielem portalu Racjonalista.pl jest Fundacja Wolnej Myśli.

Autorem portalu jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

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 elementy tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe 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