



Odmiany alotropowe węgla pierwiastkowego
i innych pierwiastków chemicznych

Odmiany alotropowe węgla pierwiastkowego i innych pierwiastków chemicznych

Czy wiesz, że węgiel to niezwykle pierwiastek? Jak to możliwe, że grafit w ołówku i diamenty w najdroższej biżuterii są zbudowane z tego samego pierwiastka?

W czym tkwi fenomen najtwardszych minerałów w przyrodzie? Co wspólnego mają węgiel i piłka nożna? Czy wiesz, czym jest grafen i dlaczego tak dużo mówi się o nim w ostatnich latach?

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- definicję pierwiastka chemicznego jako substancji składającej się wyłącznie z atomów posiadających jednakową liczbę protonów w jądrze np.: C, O, S, P;
- znaczenie węgla w chemii organicznej i nieorganicznej;
- strukturę elektronową atomu węgla.

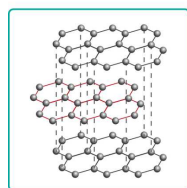
Nauczysz się

- wyjaśniać, na czym polega zjawisko alotropii;
- wymieniać odmiany alotropowe węgla, opisywać ich budowę, właściwości i zastosowania;
- uzasadniać zależność właściwości i zastosowania diamentu, grafitu, fullerenów, grafenu, cyklokarbonu od ich budowy wewnętrznej;
- wymieniać inne pierwiastki, które mogą występować pod postaciami różnych odmian alotropowych.

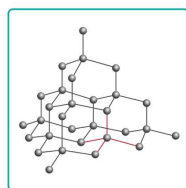
1. Pojęcie alotropia

Niektóre pierwiastki chemiczne, głównie niemetale, występują w różnych postaciach, które mają odmienne właściwości fizyczne i różną aktywność chemiczną. Postaci te zwane [odmianami alotropowymi](#) różnią się budową sieci krystalicznej (np. diament, grafit, fullereny, grafen) i/lub liczbą atomów w cząsteczce (np. O_2 – ditlen, O_3 – tritlen, czyli ozon, O_4 – tetratlen, czyli tlen czerwony). To zjawisko nazywa się [alotropią](#), od greckiego: *allos* (inny) i *tropos* (rodzaj).

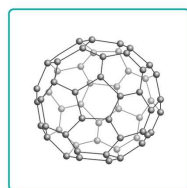
Alotropia węgla



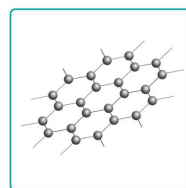
grafit



diament

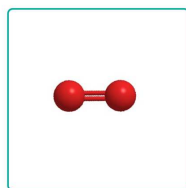


fullereny

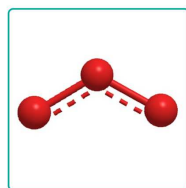


grafen

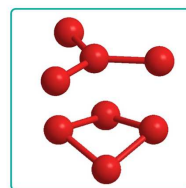
Alotropia tlenu



O_2



O_3



O_4

Alotropia węgla i tlenu

Źródło: Dariusz Adryan, dostępny w internecie: epodreczniki.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Zaznacz, które nazwy dotyczą odmian alotropowych.

☐ metan

☐ deuter

☐ ozon

☐ tryt

☐ diament

☐ węgiel ^{13}C

☐ tlen czerwony

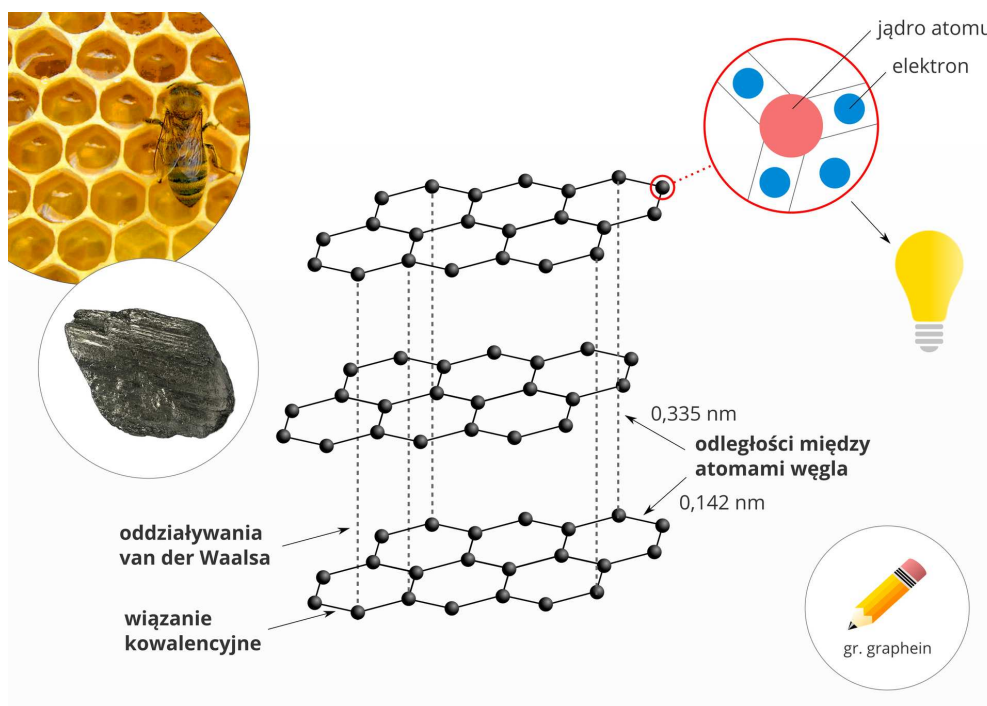
☐ grafit

Innym ważnym pojęciem jest [anizotropia](#). Dotyczy ona zmiany właściwości danej substancji w zależności od kierunku, w którym się je bada. Dotyczy między innymi przewodnictwa elektrycznego i cieplnego, łupliwości, właściwości optycznych. Substancje wykazujące anizotropię jednych właściwości fizycznych, mogą nie wykazywać anizotropii innych właściwości, np. optycznych.

2. Grafit – węgiel, którym można pisać

[Grafit](#) jest zbudowany z płaskich warstw ułożonych jedna nad drugą. Każda warstwa przypomina strukturę plastra miodu. Atomy węgla są ułożone w regularne sześciokąty o wspólnych bokach. W obrębie każdej warstwy atomy są połączone silnymi wiązaniami kowalencyjnymi z trzema sąsiednimi atomami tego pierwiastka.

Natomiast między warstwami występują tylko słabe oddziaływania (van der Waalsa), dlatego kryształy grafitu są miękkie i łatwo dają się łupać. Odległości między płaszczyznami są niemal 2,5 razy większe niż długości wiązań między atomami węgla w pierścieniach, stąd siła wiązań między warstwami jest mała. Dlatego poszczególne warstwy grafitu stosunkowo łatwo się rozdzielają, co wykorzystujemy za każdym razem, przyciskając ołówek do kartki papieru.



Struktura grafitu

Źródło: ClierFreeVectorImages, Grażyna Makles, Krzysztof Jaworski, Panigrahi, derived from Ian Mawle, PragmaticFix, Rob Lavinsky, Subhashish, dostępny w internecie: <https://pixabay.com>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 2

Zaznacz zdanie prawdziwe.

☐

Odległość pomiędzy atomami w jednej warstwie grafenu jest większa niż odległość pomiędzy warstwami.

☐

Odległość pomiędzy atomami w jednej warstwie grafitu jest mniejsza niż odległość pomiędzy warstwami.

☐

Odległość pomiędzy atomami w jednej warstwie grafenu jest mniejsza niż odległość pomiędzy warstwami.

☐

Odległość pomiędzy atomami w jednej warstwie grafitu jest większa niż odległość pomiędzy warstwami.

Grafit jest odmianą węgla o czarnoszarej barwie i połysku, który przypomina połysk metaliczny. Jest bardzo miękki (twardość grafitu w [skali Mohsa](#) wynosi 1), podatny na ścieranie i łupliwy. Ma doskonałe właściwości smarne, jest tłusty w dotyku i wytrzymały na wysokie temperatury. Wykazuje wysoką odporność mechaniczną na ściskanie i niewielką – na rozciąganie. Ponadto grafit i wyroby grafitowe nie rozpuszczają się w wodzie, charakteryzują się małą aktywnością chemiczną, łatwością składowania i utylizacji oraz brakiem negatywnego wpływu na środowisko. Dzięki tym cechom zyskał on miano materiału nowoczesnego, a zarazem ekologicznego.

Doświadczenie 1

Problem badawczy:

Czy grafit przewodzi prąd elektryczny i ciepło?

Hipoteza:

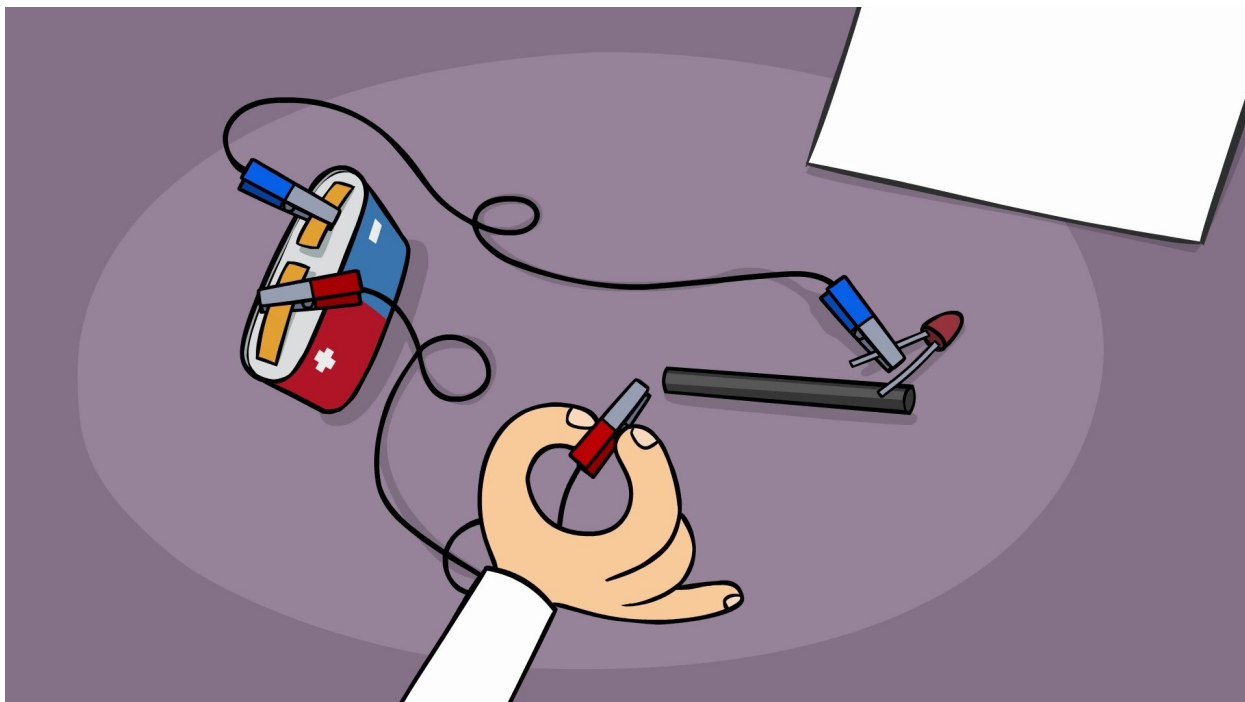
Grafit to odmiana alotropowa węgla, która przewodzi prąd elektryczny i ciepło.

Co będzie potrzebne:

- pręcik grafitowy z ołówka,
 - dioda typu LED,
 - przewody z zaciskami typu krokodylki,
 - bateria 9V,
 - kartka papieru,
 - ołówek,
 - palnik spirytusowy,
 - termometr,
 - szczypce.
-

Instrukcja:

1. Zbuduj obwód elektryczny składający się z baterii, diody, przewodów elektrycznych zakończonych krokodylkami. Umieść w nim pręcik grafitowy z ołówka. Sprawdź, czy po zamknięciu obwodu płynie prąd elektryczny.
2. Na kartce papieru narysuj grubą kreskę ołówkiem (najlepiej miękkim --- typu "B"). Na tak narysowanej kresce połóż krokodylki wcześniej zmontowanego obwodu elektrycznego. Czy dioda się zaświeciła?
3. Jeden koniec pręcika grafitowego umieść w płomieniu palnika i ogrzewaj przez około 2 minuty. Po tym czasie zmierz temperaturę drugiego końca pręcika, przykładając do niego termometr. Zwróć też uwagę na to, jak szybko grafit się ochładza.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1RoZYbwTa07Y>

Film pt. *Badanie przewodnictwa elektrycznego i cieplnego grafitu*

Źródło: Tomorrow Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film ukazuje doświadczenie, w którym zbadano, czy grafit dobrze przewodzi prąd elektryczny oraz ciepło.

Polecenie 3

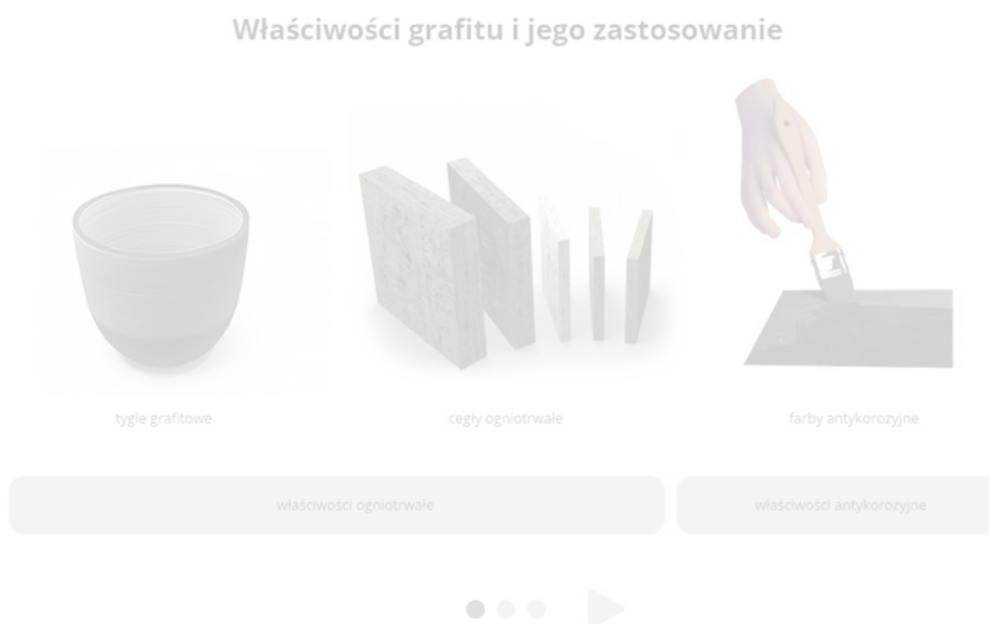
Napisz obserwacje i wnioski do przeprowadzonego doświadczenia.

Obserwacje:

Wnioski:

Ten bardzo niepozorny [minerał](#) ma różnorodne zastosowanie w życiu codziennym. Już w średniowieczu używano go do pisania i wyrobu tygli stosowanych w pracowniach alchemików. Dzisiaj również piszemy ołówkami, których rysiki są grafitowe i nadal wytwarza się z niego tygle oraz materiały ogniotrwałe (np. cegły, bloki węglowe,

betony grafitowe). Ponadto, odmianę tę wykorzystuje się do produkcji: szczotek węglowych, klocków hamulcowych w samochodach, suchych smarów, farb antykorozyjnych, elektrod używanych do elektrolitycznego otrzymywania metali oraz elektrod do produkcji baterii, moderatorów (prętów spowalniających neutrony) w reaktorach atomowych i materiałów konstrukcyjnych, np. kompozytów grafitowych (te znalazły zastosowanie do produkcji rakiet tenisowych i elementów bolidów Formuły 1).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Ddz3uqFCY>

Właściwości i zastosowanie grafitu

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 4

Zaznacz, które odpowiedzi dotyczą właściwości grafitu.

☐ podatność na ścieranie

☐ odporność na ścieranie

☐ odporność na ściskanie

☐ właściwości ogniotrwałe

☐ dobre przewodnictwo elektryczne

☐ słabe przewodnictwo cieplne

Ciekawostka

Co wspólnego mają ołów i ołówek?

Dzisiaj mamy wiele różnych przyborów, których używamy do pisania na papierze.

Dawniej, gdy nie znano jeszcze grafitu i ołówków do pisania wykorzystywano kawałki ołowiu, który przestał być używany w 1564 roku. Legenda głosi, że pewnego dnia na północy Anglii straszna burza poprzewracała ogromne drzewa, odkrywając duże pokłady czarnej substancji pod ich korzeniami. Wyglądała ona jak węgiel, ale się nie paliła. Pasterze zorientowali się, że jest to idealny materiał do znakowania owiec. I tak odkryto grafit, jednak nazwa ołówek pozostała.

Współczesny ołówek jest pręcikiem wykonanym najczęściej nie tylko z grafitu, lecz również z kaolinu, umieszczonego w oprawie drewnianej lub z tworzywa sztucznego. Podczas pisania grafit ściera się, pozostawiając ślad na powierzchni, np. papieru. Twardość oraz odcień rysika ołówka zależą od proporcji pomiędzy grafitem a gliną kaolinową. Im więcej grafitu, tym ciemniejszy oraz bardziej miękki jest ołówek. Większa ilość kaolinu sprawia, że ołówek jest twardszy i jaśniejszy. Ołówek 9B ma wkład z czystego grafitu. W ołówkach piszących w różnych kolorach nie stosuje się w ogóle grafitu, tylko produkuje się je z mieszanki wosku, kaolinu i barwników. Ołówek z gumką opatentowano dopiero w 1858 roku.

Europejski system oznaczania twardości ołówków używa liter:
H (hard - twardy), **F** (firm - trwały, mocny) oraz **B** (black - czarny)



ołówki bardzo twarde

ołówki o średniej twardości

ołówki bardzo miękkie

ołówki stosowane
do rysunku technicznego



ołówki stosowane
do rysunku artystycznego



Twardość ołówków

Źródło: Krzysztof Jaworski, Dmgerman, Grażyna Makles, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>,
licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 5

Dopasuj podane elementy do odpowiedniej twardości ołówka.

ołówki bardzo twarde

rysunek artystyczny

B, 2B—9B

ołówki o średniej twardości

należy użyć gumki
kautczukowej

HB

należy użyć gumki kreślarskiej

ołówki bardzo miękkie

H, 2H—9H

rysunek techniczny

zawiera zbliżoną ilość glinki
kaolinowej i grafitu

F

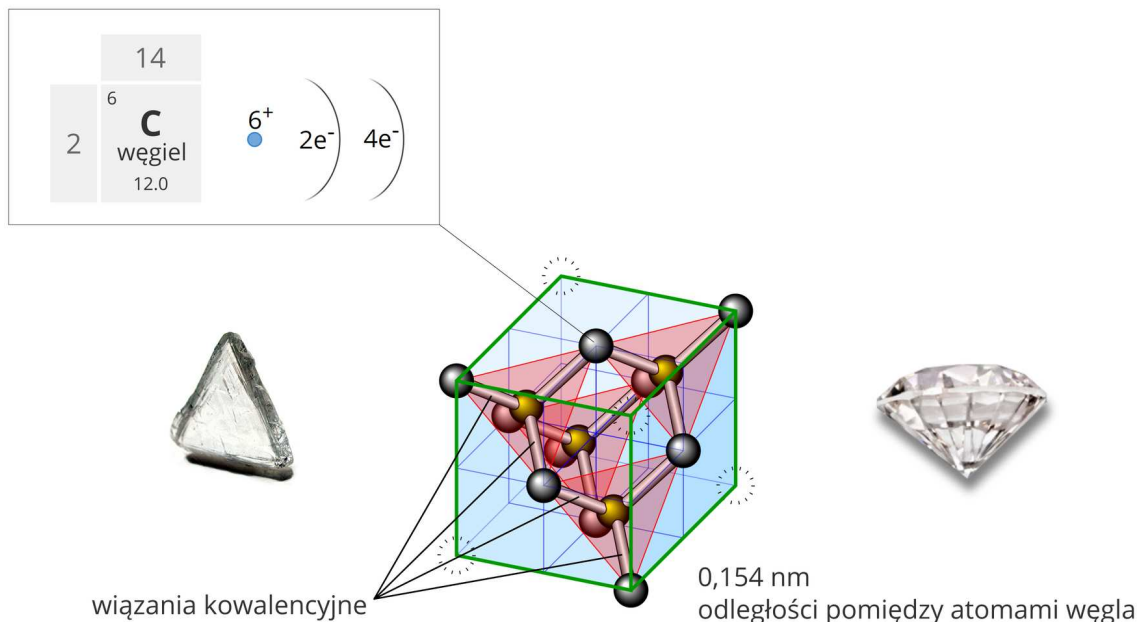
zawiera więcej grafitu

zawiera więcej glinki
kaolinowej

3. Diament – symbol bogactwa, piękna i oczarowania

Od stuleci diamenty zachwycają ludzi swoim doskonałym pięknem, rzadkością występowania i niezwykłymi właściwościami. [Diament](#) zbudowany jest z atomów węgla tworzących regularną sieć przestrzenną, o kształcie czworościanu foremnego (tetraedru), w której każdy atom łączy się z czterema innymi atomami węgla.

Równomiernie rozłożone, mocne wiązania kowalencyjne wpływają na bardzo dużą twardość tej odmiany alotropowej (w [skali Mohsa](#) twardość diamentu wynosi 10).



Budowa diamentu

Źródło: Krzysztof Jaworski, Rob Lavinsky, Washington Diamonds Corporation/Inbal-Tania Studio, Cmglee, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 6

Zaznacz zdania prawdziwe.

- ☐ Każdy atom węgla jest połączony z czterema innymi atomami.
- ☐ Każdy atom węgla jest połączony z trzema innymi atomami.
- ☐ Odległość pomiędzy atomami węgla w diamentcie wynosi 0,154 nm.
- ☐ Odległość pomiędzy atomami węgla w diamentcie wynosi 0,254 nm.

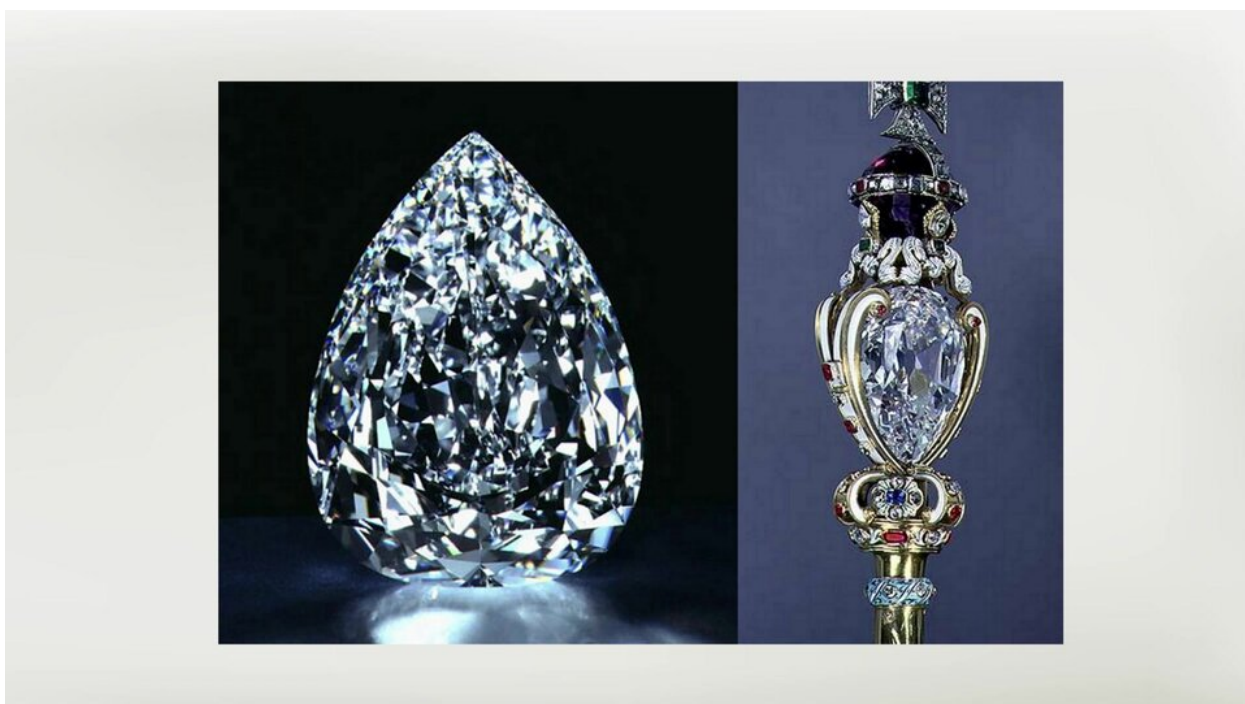
Ciekawostka

Cullinan – największy diament świata

Znaleziono go 25 czerwca 1905 r. w Republice Południowej Afryki. Miał wymiary 10x6x5 cm i ważył 3106 [karatów](#), czyli 621,2 g. Pierwotnie był on najprawdopodobniej jeszcze większy. Kamień został ofiarowany królowi Edwardowi VII na jego 66. urodziny. Na polecenie króla 10 lutego 1908 r. roku

znany amsterdamski szlifierz po trzech miesiącach oglądania kamienia zdecydował się podzielić diament na dwie części.

Umieścił precyzyjnie ostrze w najlepiej wybranym punkcie, uderzył młotkiem i ostrze pękło, lecz kamień pozostał nienaruszony. Przy drugim uderzeniu diament pękł tak, jak przewidywał szlifierz, jednak on sam zemdłał na skutek ogromnego stresu wywołanego możliwością uszkodzenia tego wyjątkowego cudu natury. Z Cullinanu uzyskano 9 dużych kamieni i 96 mniejszych o łącznej masie 1063,65 karata, co stanowi 34,25% masy początkowej i oznacza stratę sięgającą 65%. Kamienie szlifowano wiele miesięcy.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R19rD2MuEWCWX](https://www.youtube.com/watch?v=R19rD2MuEWCWX)

Film pt. *Najciekawsze diamenty świata*

Źródło: Ahnode, Baburshafiq, Caricato da Ayswaryak, Chris 73, CsvBibra, Dave Fischer, Jeffrey Beall, Joschenbacher, Magnus Manske, Materialschemist, Odder tarafından yüklendi, Staselnik, Tomorrow Sp. z o.o., Washington Diamonds Corporation/Inbal-Tania Studio, X rudi, Zscout370, deror_avi, dorothy.voorhees, <https://commons.wikimedia.org>, <https://www.flickr.com>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film ukazuje jak powstały diamenty, przedstawia sposoby i miejsca ich wydobywania, a także prezentuje najsłynniejsze diamenty świata.

Polecenie 7

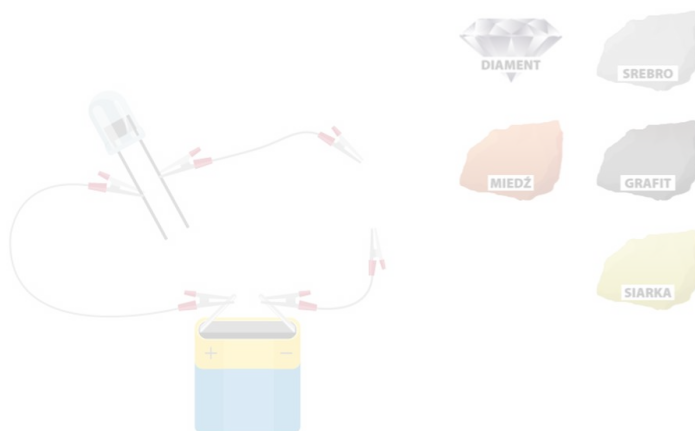
Oceń prawdziwość podanych zdań. Zaznacz PRAWDA, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub FAŁSZ – jeśli jest fałszywe.

	PRAWDA	FAŁSZ
Diamenty powstają w ekstremalnych warunkach. Konieczne jest wysokie ciśnienie i wysoka temperatura	☐	☐
Najbardziej znane złoża diamentów na świecie znajdują się między innymi w Południowej Afryce.	☐	☐
Największy znaleziony diament miał masę ponad kilograma.	☐	☐

Diamenty w stanie czystym tworzą z reguły bezbarwne, przezroczyste kryształy. Ponieważ często w ich sieci krystalicznej występują jony innych pierwiastków, np.: boru, azotu, manganu, żelaza, zdecydowana większość wydobywanych kamieni jest zabarwiona. Wyróżnia się diamenty o barwie: żółtej, czerwonej, niebieskiej, fioletowej. Znane są nawet czarne diamenty, tak zwane karbonado. Diamenty są wykorzystywane do cięcia szkła, ze względu na ich największą twardość wśród wszystkich ziemskich [minerałów](#). Obliczono, że diament o masie 1 [karata](#) – 0,2 g – wystarczyłby na przecięcie tafli szkła o długości większej niż odległość z Ziemi do Księżyca. O wyjątkowości diamentów wśród innych minerałów decyduje fascynująca gra światła. Po oszlifowaniu powstają, tak zwane, brylanty, które silnie załamują światło, a także mocno je rozszczepiają.

Polecenie 8

Wykorzystując poniższą aplikację, porównaj przewodnictwo elektryczne diamentu i kilku innych minerałów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Ddz3uqFCY>

Badanie przewodnictwa elektrycznego wybranych materiałów

Źródło: Michał Szymczak, Anita Mowczan, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 9

Zaznacz, które z substancji przewodzą prąd elektryczny.

☐ miedź

☐ srebro

☐ siarka

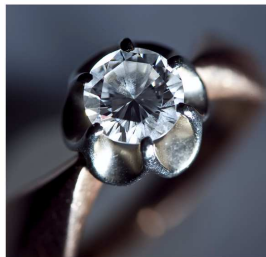
☐ diament

☐ grafit

Diament ze względu na swoją budowę nie przewodzi prądu elektrycznego, ale jest bardzo dobrym przewodnikiem ciepła. Jest bierny chemicznie. Słowo diament pochodzi od greckiego *adamas*, co oznacza niezwyciężony, ponieważ jest to materiał bardzo twardy, czyli odporny na odkształcenia plastyczne powstałe na niewielkiej powierzchni materiału, wskutek mechanicznego wciskania w nią ciała, które jest bardziej twarde. Jest jednak materiałem kruchym, co oznacza, że po zastosowaniu odpowiednio dużej siły zewnętrznej może pękać. Przy ogrzaniu go do temperatury 1100 K spala się.

Właściwości diamentu a jego zastosowanie

wysoki współczynnik
załamania światła



duża twardość



Właściwości diamentu a jego zastosowanie

Źródło: Junkyardsparkle, Krzysztof Jaworski, Mark Hunter, barsen, blickpixel, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com>, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, dostępny w internecie: <https://pixabay.com>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Brylanty nie od jubilera, czyli syntetyczne diamenty

Pod każdą szerokością geograficzną diament wzbudza emocje i jest utożsamiany z prestiżem, bogactwem i luksusem. Grecy uważali, że jego kryształy to łzy bogów. Rzymianie zaś wierzyli, że to okruchy gwiazd. Dla Indian był talizmanem chroniącym przed chorobą. Królowie liczyli, że diament osłoni ich podczas bitwy. Nic dziwnego, że od wieków ludzie marzyli o tym, żeby skraść tajemnicę naturze i nauczyć się wytwarzać diamenty. Udało się to po raz pierwszy 15 lutego 1953 r. szwedzkiej firmie elektroenergetycznej ASEA. Stworzono warunki laboratoryjne

podobne do tych, jakie występują głęboko pod powierzchnią Ziemi. Dzięki zastosowaniu olbrzymiego ciśnienia, tzn. 100000 atmosfer, w wysokiej temperaturze około 3000 K i w obecności metali, które pełnią rolę katalizatorów, przeprowadzono reakcję przemiany grafitu w diament. Diamenty syntetyczne nie różnią się praktycznie niczym od diamentów naturalnych – cechują się tą samą strukturą, barwą i właściwościami. Trudności z ich odróżnieniem od diamentów naturalnych mają nawet jubilerzy. Niestety, nie zmniejszyło to ceny diamentów. Syntetyczne diamenty są za małe, żeby oprawiać je w szlachetne kruszce. Największe mają tylko około 1 do 2 [karatów](#), a koszt ich wytwarzania jest bardzo wysoki. W kwestii klejnotów jesteśmy zdani na to, co oferuje nam natura.



Syntetyczne diamenty

Diament syntetyczny

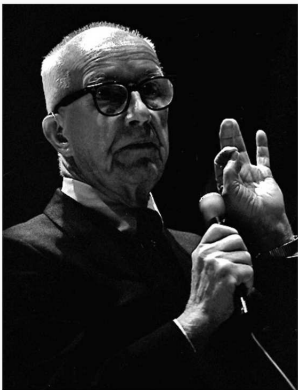
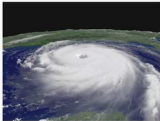
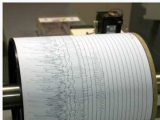
Źródło: Tomorrow Sp. z o. o. , Roman Köhler, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 10

Omów różnice między diamentem i grafitem.

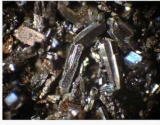
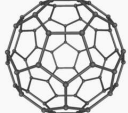
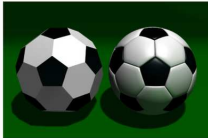
4. Fullereny – najbardziej fascynująca postać węgla

W 1985 roku eksperyment naukowców Harolda Kroto, Richarda Smalleya i Roberta Curla doprowadził do odkrycia kolejnej odmiany alotropowej węgla – [fullerenów](#). Są to cząsteczki zbudowane z parzystej liczby: od 28 do około 1500 atomów węgla, które tworzą zamkniętą bryłę. Najbardziej popularny, fullerene C_{60} , wyglądem przypomina piłkę futbolową i jest zbudowany z 60 atomów, które tworzą 12 pierścieni pięcioatomowych i 20 pierścieni sześćcioatomowych. Takie struktury geodezyjne, przypominające cząsteczki C_{60} , konstruował niegdyś R. Buckminster Fuller i właśnie od nazwiska tego amerykańskiego architekta, matematyka i filozofa powstała nazwa tej odmiany. Odkrycie to ukazało zupełnie nowe oblicze węgla – pierwiastka, który wydawał się dotąd doskonale znany. Oprócz fullerenów właściwych otrzymano ponadto nanorurki i nanocebulki.

Architekt, stosujący kopuły geodezyjne	Jeśli kopuła ma promień 7,5 m, może wytrzymać następujące obciążenia:
	 wiatr, wiejący z prędkością 200 km/h
	 nacisk, wynoszący 6 ton
	 trzęsienia ziemi o sile 6,5 stopnia w skali Richtera
Richard Buckminster Fuller	

Kopuły geodezyjne — wynalazca i właściwości materiałów.

Źródło: Alpha six, Douglas A. Lockard, Dyfunctional, Edgy01 (Dan Lindsay), Grażyna Makles, Janwikifoto, Jochen Gschnaller, Krzysztof Jaworski, Maksim, Mstroek, NASA Goddard Photo and Video, Oak Ridge National Laboratory, Randi Hausken, Z22, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com>, dostępny w internecie: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Seismogram_at_Weston_Observatory.JPG, dostępny w internecie: <https://en.wikipedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Odkrywcy fullerenów	Właściwości fullerenów
 Harold Kroto	 czarne ciała stałe o połysku, który przypomina połysk metaliczny
 Richard E. Smalley	 nie rozpuszczają się w wodzie, rozpuszczają się w rozpuszczalnikach aromatycznych, np. w benzenie, toluenie
 Robert F. Curl	 są mało aktywne chemicznie, ale można umieszczać w ich strukturze inne pierwiastki niż wodór i węgiel
	reagują z litowcami tworząc związki typu XnC_{90} , będące izolatorami, półprzewodnikami, przewodnikami, nadprzewodnikami

Odkrywczy fullerenów i właściwości tych materiałów.

Źródło: Alpha six, Douglas A. Lockard, Dyfunctional, Edgy01 (Dan Lindsay), Grażyna Makles, Janwikifoto, Jochen Gschnaller, Krzysztof Jaworski, Maksim, Mstroek, NASA Goddard Photo and Video, Oak Ridge National Laboratory, Randi Hausken, Z22, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com>, dostępny w internecie: <https://en.wikipedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 11

Wstaw wybrane elementy w tekst tak, aby utworzyć prawdziwe zdania.

Ze względu na swój kształt kopuła geodezyjna jest bardzo wytrzymała i nadaje się do budowania budynków, które muszą znosić duże obciążenia. Kopuła o promieniu 7,5 m może wytrzymać wiatr, wiejący z prędkością , nacisk (na przykład pokrywy śnieżnej) do oraz trzęsienie ziemi o sile w skali Richtera. Fullereny są cząsteczkami o kulistym kształcie, podobnie jak kopuły geodezyjne są bardzo wytrzymałe. Substancje te są ciałami stałymi o połysku, który . W wodzie są , natomiast w rozpuszczalnikach aromatycznych.

10 ton	przypomina połysk metaliczny	rozpuszczają się	100 km/h	200 km/h
6 ton	nie rozpuszczają się	10	250 km/h	6,5
nierozpuszczalne	7 ton	czarnymi	rozpuszczalne	białymi

Właściwości fullerenów a ich zastosowanie

w medycynie



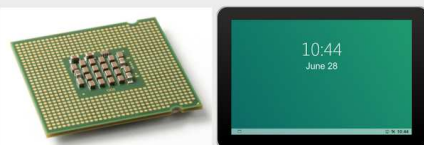
w życiu codziennym



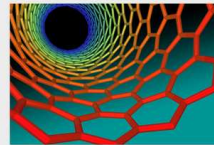
w elektrotechnice i katalizie



w nanotechnologii



w elektronice polimerowej



Właściwości fullerenów a ich zastosowanie

Fullereny stosuje się w medycynie (np.: produkcja kosmetyków niszczących wolne rodniki, nośniki leków np. blokujących aktywne centra wirusa HIV); w życiu codziennym (np.: wzmocnienie folii aluminiowej, wydłużanie trwałości żywności, produkcja materiałów fotoprzewodzących stosowanych w drukarkach); w elektrotechnice i katalizie (np. stabilizatory paliw lotniczych, diody, katalizatory); w nanotechnologii (np. układy mikroelektroniczne); w elektronice polimerowej (np. fotoogniwa polimerowe)

Źródło: Eepelitelooop, Eric Gaba, Jonathan Palombo Photography, Krzysztof Jaworski, OpenClipartVectors, Pezibear, epSos.de, ghutchis, stevepb, stux, valco, Решила Вонасах, dostępny w internecie: <https://pixabay.com>, dostępny w internecie: <http://pl.wikipedia.org>, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 12

Zaznacz zastosowania fullerenów w codziennym życiu.

☐

leki blokujące wirusa HIV

☐

nośniki leków

☐

materiały szlifierskie

☐

stabilizatory paliw lotniczych

☐

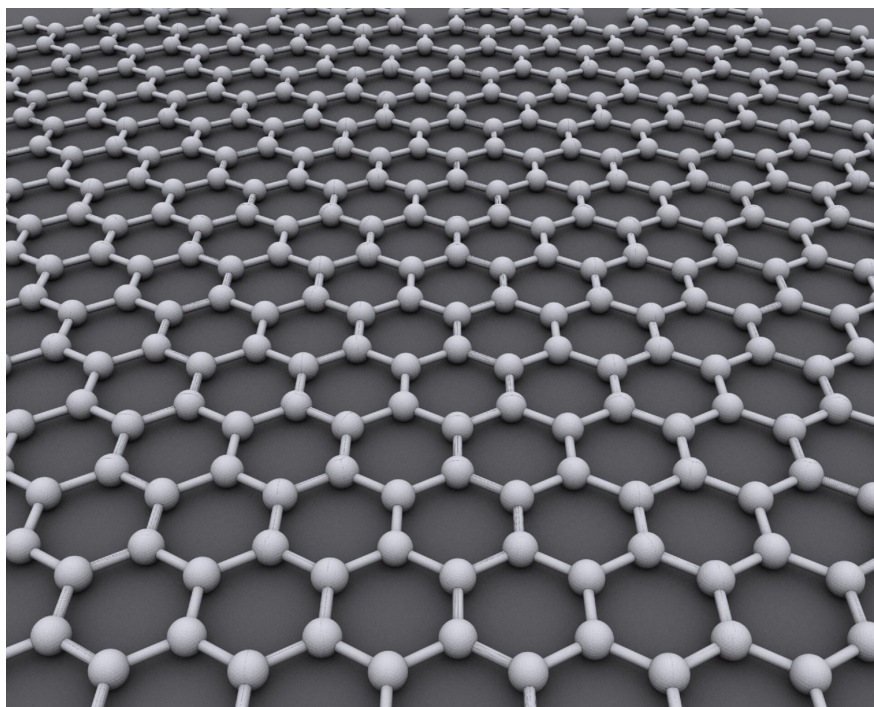
produkcja materiałów fotoprzewodzących stosowanych w drukarkach

☐

produkcja tuszu do drukarek

5. Grafen – droga do miniaturyzacji

Niezwykłą odmianą węgla jest też [grafen](#), czyli warstwa grafitu o grubości jednego atomu. Ponieważ warstwa grafenu jest niezmiernie cienka, nanosi się go na inne materiały, którym nadaje on niezwykle właściwości. Grafen został uzyskany w 2004 roku przez Andre Geima i Kostya Novoselova. Udało się im oddzielić pojedynczą warstwę grafenu, przyklejając taśmę samoprzylepną do powierzchni grafitu. Za to doświadczenie zostali uhonorowani Nagrodą Nobla.



Grafen

Źródło: AlexanderAIUS, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Jest to niezwykle obiecująca substancja. Okazało się bowiem, że nowo odkryta forma węgla jest jedną z najwytrzymalszych i zarazem najbardziej rozciągliwym znanym materiałem. To znakomity przewodnik ciepła – dziesięciokrotnie lepszy od srebra. Podobnie jak grafit jest również bardzo dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego, ale jeśli przyłączy się do niego atomy wodoru, to tworzy nowy materiał, zwany grafanem, będący doskonałym izolatorem. W porównaniu ze stalą nowy materiał ma od pięciu do sześciu razy mniejszą gęstość, jest dwukrotnie twardszy, trzynastokrotnie

bardziej elastyczny i stukrotnie bardziej wytrzymały na rozciąganie. Jego wiązania atomowe są tak ściśle, że nie przepuszcza on nawet bakterii.

Grafen jest jak współczesny kamień filozoficzny – podobnie rozbudza nadzieje i wyobraźnię, tyle że potrafimy go produkować. Jego historia jest związana z naszym krajem, ponieważ to właśnie polskim naukowcom zawdzięczamy opracowanie technologii przemysłowego otrzymywania tej niezwykłej substancji. Obecnie to najdroższy materiał, ale ze względu na swoje doskonałe właściwości z pewnością zastąpi w przyszłości krzem.



Właściwości grafenu a perspektywy związane z jego zastosowaniem

Źródło: Tomorrow Sp. z o. o., Radoslavkk, Kilinkie, Asim18, Ashley Pomeroy, Zinglife, Arcturus, Tsukuba2000, dostępny w internecie: <http://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 13

Połącz w pary właściwość grafenu wraz z jego potencjalnym zastosowaniem.

właściwości bakteriobójcze

obwody półprzewodnikowe

lepsze przewodnictwo niż krzem

ekrany

przezroczystość, elastyczność

opakowania żywności, opatrunki

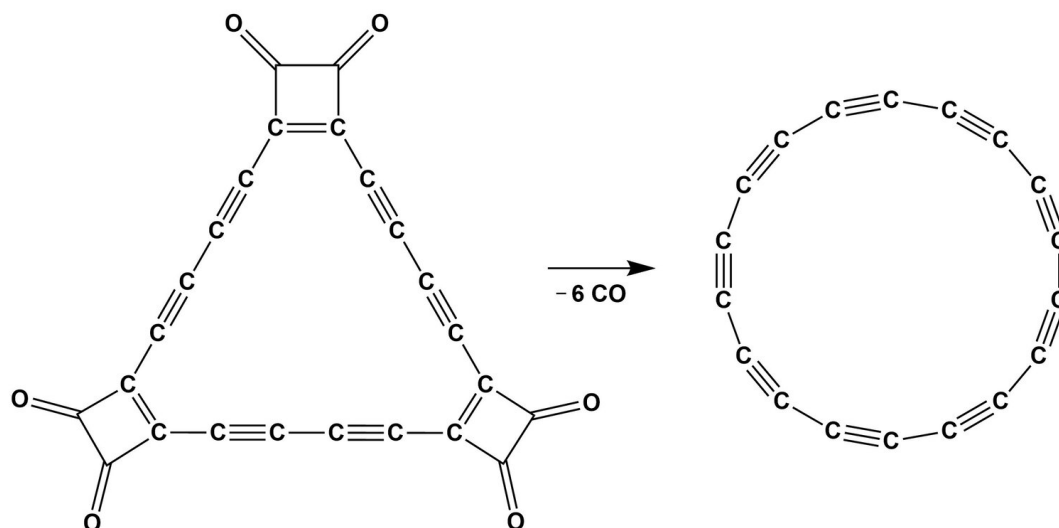
wytrzymałość

materiał do budowy pojazdów
samolotów

6. Cyklokarbon

Cyklokarbon C_{18} zwany inaczej cyklo[18]karbonem, cyklooktadekawęglem, cyklo[18]węglem jest alotropową odmianą węgla o strukturze cząsteczkowej – pierścieniem złożonym z 18 atomów węgla, w którym naprzemiennie występują wiązania potrójne i pojedyncze.

Po raz pierwszy jego istnienie w formie gazowej potwierdzono w 1989 roku, w fazie stałej otrzymano go w 2019 roku. Metoda syntezy, jaką wykorzystano, jest interesująca. W pierwszej kolejności otrzymano związek zwany tlenkiem cyklokarbonu: $C_{24}O_6$, który naniesiono na powierzchnię chlorku sodu w temperaturze $-268^{\circ}C$. Następnie, stosując zaawansowany [mikroskop sił atomowych](#), usunięto pojedyncze cząsteczki tlenku węgla(II). W ten sposób otrzymano pojedynczą cząsteczkę cyklokarbonu.



Schemat syntezy cyklokarbonu

Źródło: Michał Sobkowski, dostępny w internecie: pl.wikipedia.org, domena publiczna.

Jest to odmiana alotropowa węgla otrzymana stosunkowo niedawno, dlatego też nie są znane jego właściwości takie jak stabilność. Przewiduje się, że cyklokarbon powinien mieć charakter półprzewodnika.

7. Alotropia siarki

Siarka tworzy najwięcej odmian alotropowych wśród pierwiastków – ponad 30, z których najważniejsze to siarka rombowa (S_α) i siarka jednoskośna (S_β). Obie odmiany zbudowane są z pierścieni ośmioatomowych (S_8) różniących się sposobem ułożenia cząsteczek ośmioatomowych w kryształach. Siarka rombowa jest trwała do temperatury $95,6^\circ\text{C}$. W tej temperaturze przekształca się w siarkę jednoskośną. W temperaturze $119,6^\circ\text{C}$ siarka jednoskośna topi się i przechodzi w ruchliwą jasnożółtą ciecz – S_λ . Kiedy temperatura wzrasta, siarka brunatnieje i gęstnieje – powstaje S_μ . Podwyższenie temperatury do poziomu powyżej 200°C powoduje zmniejszenie się lepkości siarki, ciecz staje się znowu łatwo płynna, nie zmieniając już barwy. W temperaturze 445°C siarka wrze, dając pomarańczowe pary składające się z cząsteczek S_8 , które podczas dalszego ogrzewania ulegają dysocjacji na coraz mniejsze drobiny (kolejno w S_6 , S_4 i S_2). Powolne chłodzenie siarki powoduje odwrotną kolejność przemian, aż do otrzymania siarki rombowej. Natomiast gwałtowne chłodzenie stopionej siarki prowadzi do trzymania tak zwanej siarki plastycznej, która ma postać brunatnej masy. Szybko chłodzone pary siarki kondensują w postaci drobnego żółtego proszku, zwanego kwiatem siarczanym.



Siarka rombowa S _α		Siarka jednoskośna S _β
		
		
112,8	Temp. topnienia [°C]	119,3
444,6	Temp. wrzenia [°C]	444,6
2,07	Gęstość [g/cm ³]	1,96
bardzo dobra	Rozpuszczalność w CS ₂	dobra
słabo rozpuszcza się	Rozpuszczalność w alkoholu	dobra
bardzo dobra	Rozpuszczalność w benzynie	dobra

Odmiany alotropowe siarki

Źródło: Krzysztof Jaworski, Dariusz Adryan, dostępny w internecie: epodreczniki.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 14

Dopasuj podane informacje do odpowiedniej odmiany alotropowej siarki.

siarka rombowa

gęstość $2,07 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

gęstość $1,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

siarka jednoskośna

dobrze rozpuszcza się w alkoholu

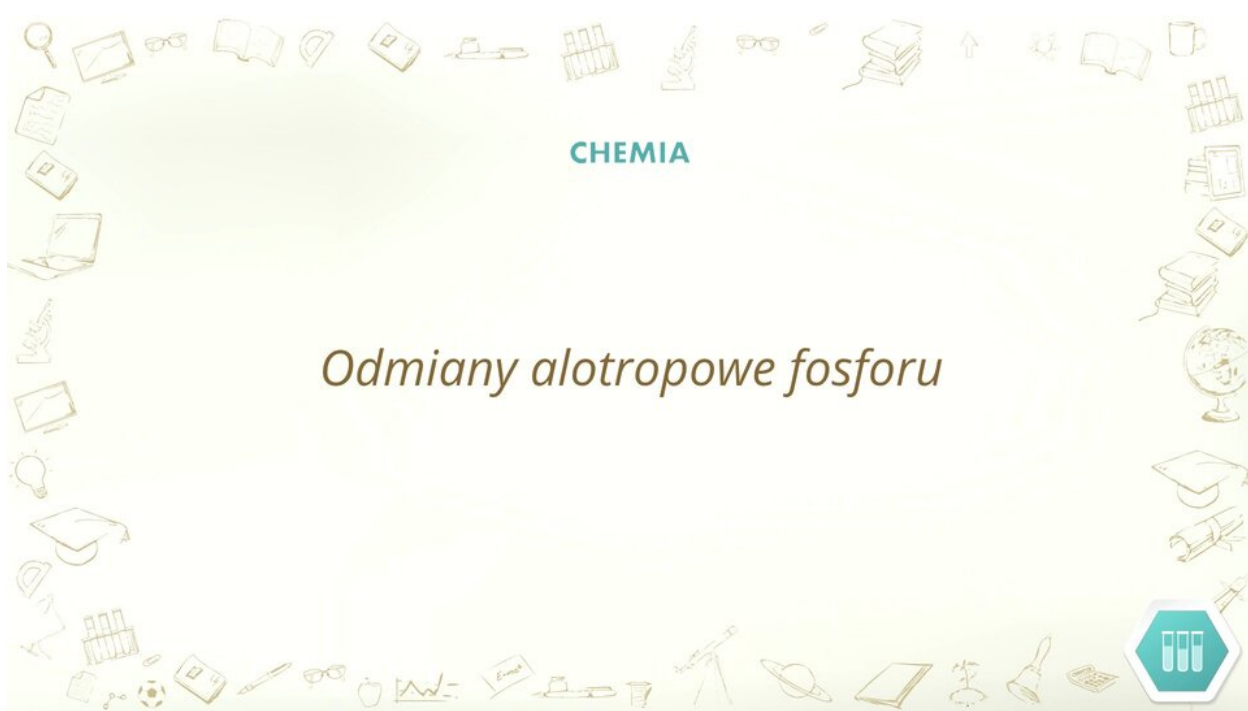
słabo rozpuszcza się w alkoholu

temperatura topnienia
119,38 °C

temperatura topnienia 112,8 °C

8. Alotropia fosforu i innych pierwiastków

Fosfor został odkryty w 1669 roku przez niemieckiego alchemika Henniga Brandta, który poszukując kamienia filozoficznego, prażył zagęszczony mocz z piaskiem bez dostępu powietrza. W trakcie jednej z takich prób Brandt otrzymał substancję, która wzbudzała wielkie zainteresowanie, głównie dlatego że świeciła w ciemności. W ten sposób został odkryty fosfor biały. Dziś wiemy, że fosfor tworzy jeszcze odmiany: czerwoną, fioletową i czarną. Odmiany te różnią się nie tylko niektórymi właściwościami fizycznymi, ale również aktywnością chemiczną. Najbardziej aktywna jest odmiana biała, a całkowicie bierna chemicznie jest odmiana czarna.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R2Qa6lDHaiin7](https://www.youtube.com/watch?v=R2Qa6lDHaiin7)

Film pt. *Odmiany alotropowe fosforu*

Źródło: Tomorrow Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film przedstawia różne odmiany alotropowe fosforu wraz z zdjęciami oraz opisami ich właściwości. Są to: fosfor czarny, fosfor biały, fosfor czerwony i fosfor fioletowy.

Mniej znanymi pierwiastkami występującymi w postaci odmian alotropowych są: tlen, arsen, antymon, cyna, mangan, selen, uran, żelazo.

Polecenie 15

Zaznacz, która z odmian alotropowych fosforu łatwo ulega samozapłonowi.

☐ fosfor fioletowy

☐ fosfor czerwony

☐ fosfor czarny

☐ fosfor biały

Podsumowanie

- Występowanie pierwiastka w odmianach różniących się budową i właściwościami to alotropia.
- Grafit, diament, fullereny i grafen to odmiany alotropowe węgla.
- Grafit ma strukturę warstwową. Jest miękki, dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło. Jest też odporny na wysokie temperatury oraz mało aktywny chemicznie.
- W sieci krystalicznej diamentu każdy atom węgla jest połączony wiązaniami o identycznej długości z czterema innymi atomami tego pierwiastka. Diament jest bardzo twardy, nie przewodzi prądu elektrycznego, ale dobrze przewodzi ciepło. Po oszlifowaniu daje wielobarwne efekty świetlne. Jest bardzo mało aktywny chemicznie.
- Fullereny to cząsteczkowa odmiana węgla. Wykazują właściwości nadprzewodzące i półprzewodnikowe oraz większą aktywność chemiczną w porównaniu do grafitu.
- Grafen to warstwa grafitu o grubości jednego atomu. Jest materiałem bardzo wytrzymałym i elastycznym, najlepiej przewodzącym prąd elektryczny, a po przyłączeniu atomów wodoru staje się izolatorem.

- Odmiany alotropowe węgla znajdują wiele ważnych zastosowań, między innymi w elektronice, medycynie, przemyśle.

Praca domowa

Polecenie 16.1

Oficjalne odkrycie nanorurek węglowych przypisuje się Japończykowi — Sumio Iijimie, który w 1991 roku ogłosił ich istnienie. Wyjaśnij, czym są te struktury i do czego już zostały wykorzystywane.

Polecenie 16.2

Nanotechnologia to technologia i produkcja bardzo małych przedmiotów na poziomie najmniejszych cząstek materii. Przyjęło się zaliczać do nanotechnologii działania na cząsteczkach mniejszych niż 100 nm. Nanos w języku greckim znaczy karzeł.

Natomiast w systemie metrycznym przedrostek nano odnosi się do jednej miliardowej części. Tak więc nanometr to miliardowa część metra, co jest równe w przybliżeniu stutysięcznej części średnicy ludzkiego włosa. Oblicz, jaką średnicę ma włos ludzki w metrach. Jaką grubość miałby włos, gdyby powiększyć go 1000 razy?

Słownik

alotropia

zjawisko występowania tego samego pierwiastka chemicznego w kilku odmianach, które różnią się między sobą strukturą krystaliczną lub liczbą atomów w cząsteczce, co powoduje ich odmienne właściwości

anizotropia

zmiany właściwości danej substancji w zależności od kierunku, w którym się je bada; dotyczy między innymi przewodnictwa elektrycznego i cieplnego, łupliwości, właściwości optycznych

grafit

minerał, odmiana alotropowa węgla

diamant

minerał, odmiana alotropowa węgla będąca najtwardszą znaną substancją występującą w przyrodzie

fullereny

cząsteczki węgla składające się z parzystej liczby atomów tworzące zamkniętą, pustą w środku bryłę

grafen

odmiana alotropowa węgla o płaskiej strukturze grubości jednego atomu

karat

jednostka masy używana w jubilerstwie do określania wielkości kamieni szlachetnych, pereł, a także czystości złota; 1 karat to $\frac{1}{24}$ zawartości wagowej złota w stopie

mikroskop sił atomowych

mikroskop, umożliwiający uzyskanie obrazu powierzchni z rozdzielczością rzędu wymiarów pojedynczego atomu dzięki wykorzystaniu sił oddziaływań międzyatomowych

minerał

ciało krystaliczne, będące zbiorem pierwiastków lub związków chemicznych, które powstało w wyniku procesów geologicznych

odmiany alotropowe

odmiany tego samego pierwiastka, różniące się sposobem rozmieszczenia atomów w przestrzeni lub liczbą atomów w cząsteczce, w związku z czym różnią się właściwościami

skala Mohsa

skala twardości minerałów charakteryzująca odporność na zarysowania materiałów twardszych przez materiały bardziej miękkie

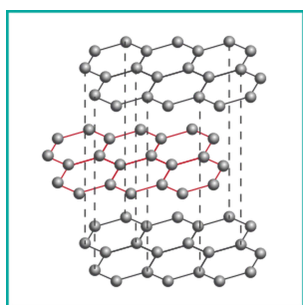
Ćwiczenia

Pokaż ćwiczenia:   

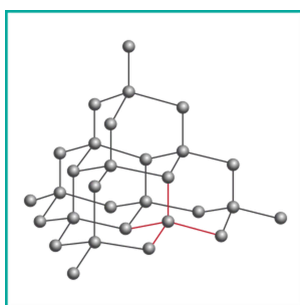
Ćwiczenie 1



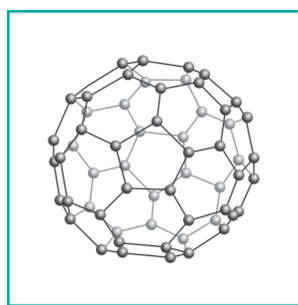
Połącz w pary struktury odmian alotropowych węgla z odpowiadającymi im nazwami



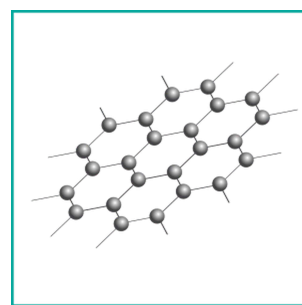
grafen



grafit



fulleren



diament

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz „Prawda”, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub „Fałsz”, jeśli jest fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Diament to najtwardsza substancja ze wszystkich substancji naturalnych.	☐	☐
Grafit jest substancją aktywną chemicznie.	☐	☐
W graficie każdy atom węgla jest połączony mocnymi wiązaniami kowalencyjnymi z czterema innymi atomami węgla.	☐	☐
Grafen to warstwa grafitu o grubości jednego atomu.	☐	☐
Fosfor biały to odmiana alotropowa fosforu, która jest silnie trująca.	☐	☐
Odmiana siarki trwała w warunkach normalnych to siarka rombowa.	☐	☐

Źródło: Grażyna Makles, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 3



Połącz w pary fotografie przedstawionych przedmiotów z nazwami alotropowych odmian węgla, z których powstały.



grafit



diament



grafen



fulleren

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Ćwiczenie 4



Gęstość grafitu wynosi $2,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Oblicz jaką objętość będzie miał grafitowy przedmiot o masie 9 gramów.

☐ 4 cm³

☐ 20,25 cm³

☐ 0,25 cm³

Źródło: Grażyna Makles, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Uzupełnij puste miejsca w zdaniach, wybierając brakujące elementy z listy.

1. Odmiana alotropowa węgla, która przewodzi ciepło, ale nie przewodzi prądu elektrycznego to .

2. jest znakomitym przewodnikiem ciepła, bardzo dobrze przewodzi prąd elektryczny, a może również w odpowiednich warunkach zachowywać się jak izolator.

3. Odmianą węgla, która dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło jest .

4. Odmiana alotropowa węgla, która wykazuje właściwości nadprzewodzące i półprzewodnikowe to .

grafen

grafit

fullereny

diamant

Źródło: Grażyna Makles.

Ćwiczenie 6



Uzupełnij zdania, wstawiając we właściwe miejsca nazwy odmian alotropowych węgla.

Odmiana węgla, która służy do produkcji farb antykorozyjnych to . Do produkcji twardościomierzy jest stosowany . Bandaże stanowiące barierę nie do przebycia dla mikroorganizmów mogą być produkowane z . Ze względu na dobre właściwości smarne jest stosowany między innymi do produkcji suchego smaru.

Źródło: Grażyna Makles, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Przeczytaj fragment tekstu dotyczący nanocebulek i wykonaj polecenie poniżej.

Carbon nano-onions (CNOs) are a member of the fullerene family, they are also called nested nanoparticle. They are nanoscale carbon structure formed by nested carbon spheres. Carbon nano-onions were first discovered by Ugarte in 1992, who obtained them by intense electron irradiation of carbon soot. These structures remain as one of the most exciting and fascinating carbon forms, along with graphene and its derivatives, due to their unique chemical and physical properties. Their low cytotoxicity allows for high applicability in the biomedical field, in particular, nanomedicine.

Wybierz prawidłową odpowiedź.

- ☐ Nanocebulki są płaskimi cząsteczkami.
- ☐ Nanocebulki zostały odkryte w XXI wieku.
- ☐ Nanocebulki mają niską toksyczność i mogą służyć jako nośniki leków.

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, t. 1–2, Warszawa 2012, wyd. 6.

Pazdro K. M., *Chemia. Pierwiastki i związki nieorganiczne*, Warszawa 2012.

Notatnik