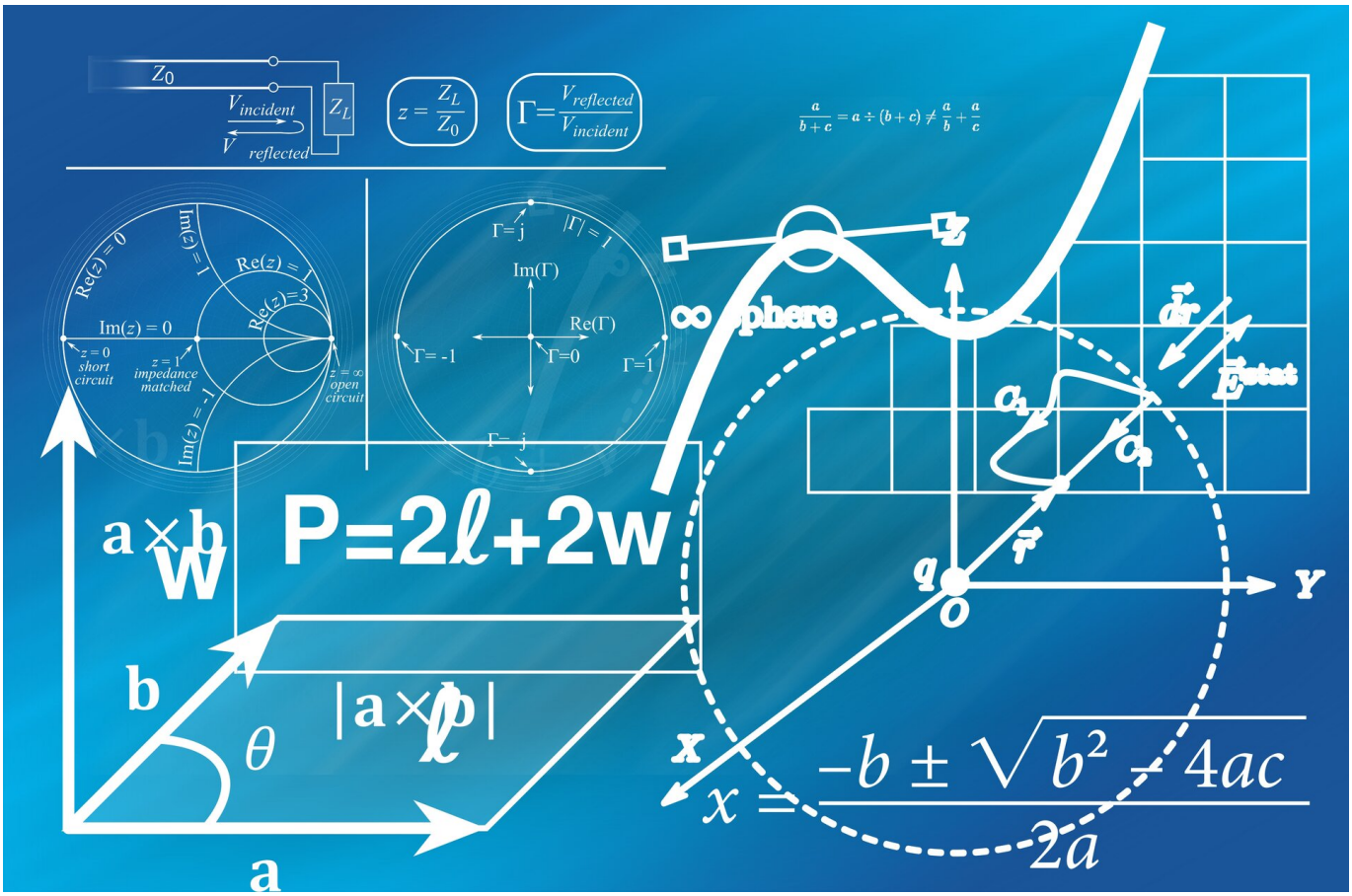


Jak zmieniają się promienie atomów i jonów w układzie okresowym?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Czy wiesz, jak zmieniają się promienie atomowe i jonowe w układzie okresowym pierwiastków?
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Wiesz już na pewno, że atomy poszczególnych pierwiastków są różne – mają np. inne liczby protonów w jądrze. Oznacza to zatem, że mają także różne liczby elektronów w chmurze elektronowej otaczającej jądro. Można przypuszczać, że rozmiar atomu jest związany z liczbą protonów i elektronów. Ale czy istnieją dowody na poparcie tych przypuszczeń? A jeśli tak, to czy istnieje wzorzec, który może pomóc Ci przewidzieć rozmiar atomu dla dowolnego pierwiastka układu okresowego lub jonów?

Twoje cele

- Zidentyfikujesz i opiszesz ogólne tendencje zmian promieni atomów i jonów pierwiastków w układzie okresowym.
- Wyjaśnisz, jak zmieniają się promienie atomowe w zależności od położenia pierwiastka w układzie okresowym.
- Porównasz wielkości promieni atomowych z promieniami jonowymi poszczególnych pierwiastków.

Przeczytaj

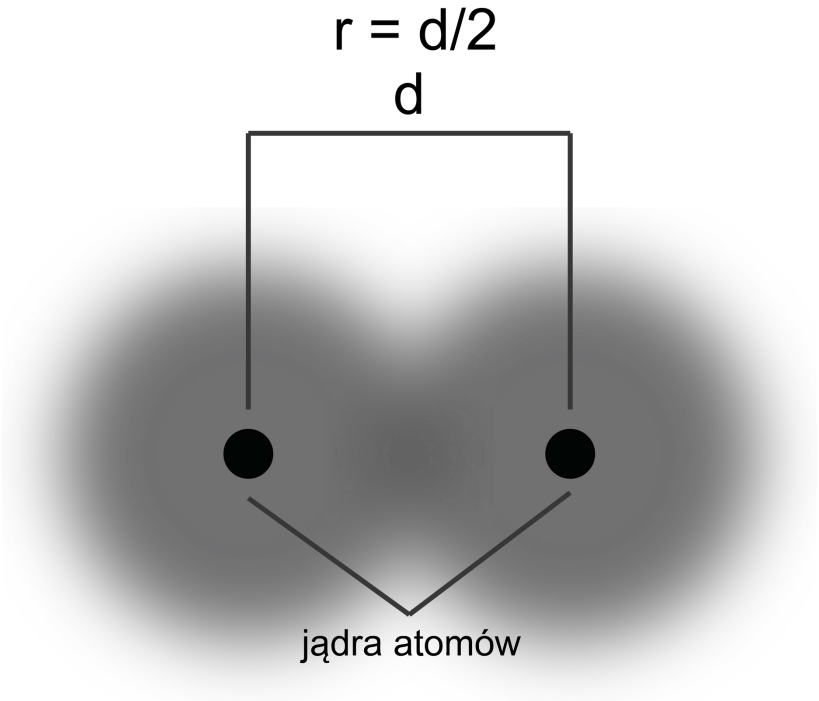
Czym są promienie atomowe i jonowe oraz jak się zmieniają w układzie okresowym pierwiastków?

Rozmiar atomu jest jedną z wielkości fizycznych, dzięki którym możliwe jest przedstawienie zmian właściwości chemicznych pierwiastków w zależności od położenia w układzie okresowym. Wielkość atomów jest ważna przy próbie wyjaśnienia zachowania atomów, cząsteczek lub jonów. Jednym ze sposobów wyrażania wielkości atomów jest promień atomowy. Za rozmiar atomu lub jonu odpowiada głównie rozmiar chmury elektronowej. Pomimo, że w naszym postrzeganiu sam atom jest bardzo mały to porównując rozmiar jądra atomowego do rozmiaru samego atomu może zauważyć, że rozmiar atom jest nieporównywalnie większy od rozmiaru jego jądra (ok. 10^5 razy mniejszych od rozmiarów atomu).

Chmury elektronów nie mają wyraźnych granic, więc nie możemy zmierzyć dokładnego promienia atomu. Jednak gdy atomy łączą się ze sobą tworząc cząsteczki, ich centra (jądra) znajdują się wtedy w określonych odległościach od siebie. W celu standaryzacji pomiaru promieni atomowych, mierzy się odległość między jądrami dwóch identycznych atomów połączonych ze sobą.

Promień atomu

Promień atomowy jest zdefiniowany jako połowa odległości pomiędzy jądrami dwóch atomów tego samego pierwiastka, połączonych wiązaniem chemicznym.



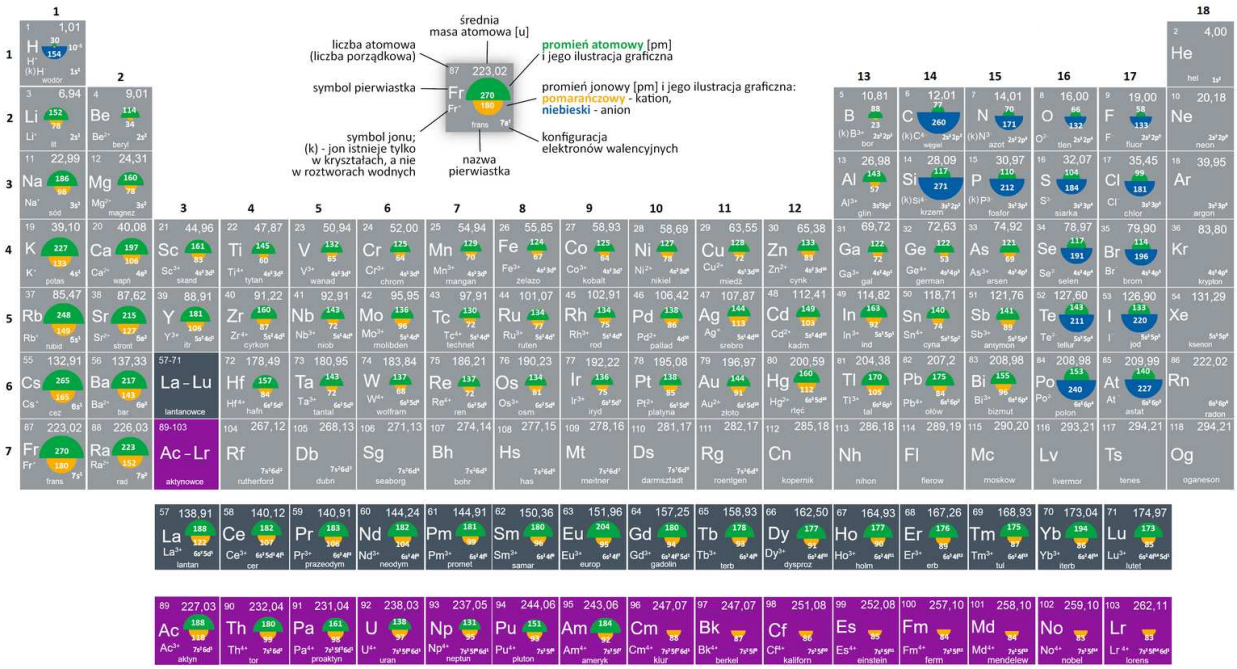
Przybliżenie się dwóch atomów wodoru na odległość *r* i utworzenie wiązania kowalencyjnego (uwspólnianie pary elektronowej) przez te atomy obniża energię układu o 436 $\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{mol}}$ (energia wiązania).
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Jak zmieniają się promienie atomów pierwiastków leżących w tym samym okresie?

Nasze rozważania zawęzimy do pierwiastków usytuowanych w grupach głównych układu okresowego 1., 2. oraz 13.–17. W ramach danego okresu, największe promienie mają te atomy, które rozpoczynają dany okres. Prócz wodoru, są to zatem atomy litowców. Wraz ze wzrostem liczby atomowej dla atomów kolejnych pierwiastków danego okresu, można zaobserwować zapełnianie danej powłoki kolejnymi elektronami. Objawia się to zmniejszeniem promienia atomu w danym okresie. Wynika to stąd, że im większy ładunek jądra (równy liczbie atomowej), tym silniej przyciąga ono elektrony wszystkich powłok (również elektrony znajdujące się na najbardziej zewnętrznej powłoce, która decyduje o wielkości atomu).

Jak zmieniają się promienie atomów pierwiastków leżących w tej samej grupie?

W grupach głównych promienie atomowe kolejnych pierwiastków rosną w dół grupy. Łatwo to zrozumieć biorąc pod uwagę wielkość chmury elektronowej atomów pierwiastków. Poruszając się w dół grupy, atomy kolejnych pierwiastków rozmieszczają elektrony na coraz bardziej oddalonych od jądra powłokach elektronowych, np. beryl rozmieszcza elektrony na dwóch powłokach, magnez już na trzech, wapń na czterech, stront na pięciu, a bar na sześciu. Skoro elektrony zajmują coraz bardziej oddalone od jądra powłoki, rośnie zatem rozmiar chmury elektronowej, a w konsekwencji także promień atomowy.



Wartości promieni atomowych i jonowych pierwiastków

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie K. Pazdro, A. Rola–Noworyta, Chemia Repetytorium dla przyszłych maturzystów i studentów, Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro, Warszawa 2014, licencja: CC BY-SA 3.0.

Podsumowując dyskusję dotyczącą promieni poszczególnych atomów, można powiedzieć, że promieniem atomowy rośnie w układzie okresowym (w grupach głównych) w lewo i w dół, a zatem w stronę atomu fransu.

Promienie jonowe pierwiastków

> **Promień jonowy**
>
> odległość najbardziej oddalonych elektronów od jądra atomu, w przypadku jonów utworzonych z jednego atomu, lub też od geometrycznego centrum jonów, złożonych z większej liczby atomów.

W wyniku oderwania elektronu lub elektronów, atom przechodzi w kation (jon o ładunku dodatnim), ponieważ liczba elektronów na powłokach jest mniejsza od liczby protonów w jądrze. Dokładnie można to zobrazować, zapisując konfigurację elektronową atomu pierwiastka oraz jego kationów:

- konfiguracja elektronowa:

$$_{26}\mathrm{Fe}\text{: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$$

Atom żelaza w czasie jonizacji oddaje najpierw elektrony z podpowłoki $4s$. Po oddaniu obu elektronów powstaje kation dwudodatni:

- konfiguracja elektronowa:

$$_{26}\mathrm{Fe}^{2+}\text{: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$$

Jeśli Fe^{2+} ulega dalszej jonizacji, to kolejny elektron jest usuwany już z podpowłoki $3d$. Powstaje w ten sposób kation trójdodatni:

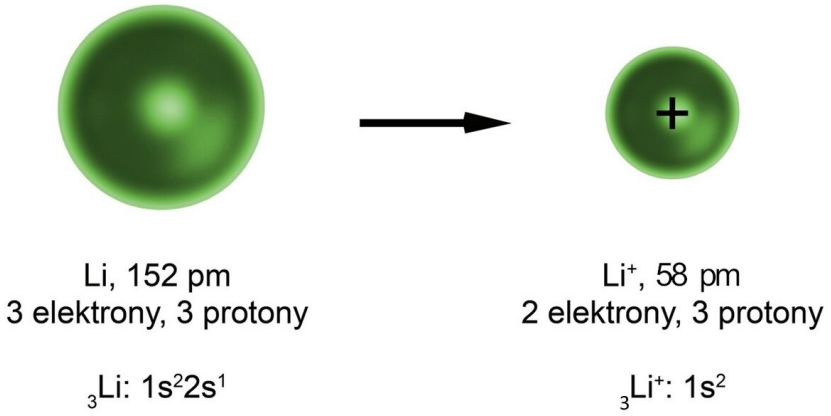
- konfiguracja elektronowa:

$$_{26}\mathrm{Fe}^{3+}\text{: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$$

Promienie jonowe kationów są mniejsze od promienia atomu, od którego pochodzą te jony. Im większy ładunek dodatni ma kation (im więcej elektronów oddał), tym jego promień jest mniejszy. Dlaczego? Można to wyjaśnić, biorąc pod uwagę dwie poniższe informacje:

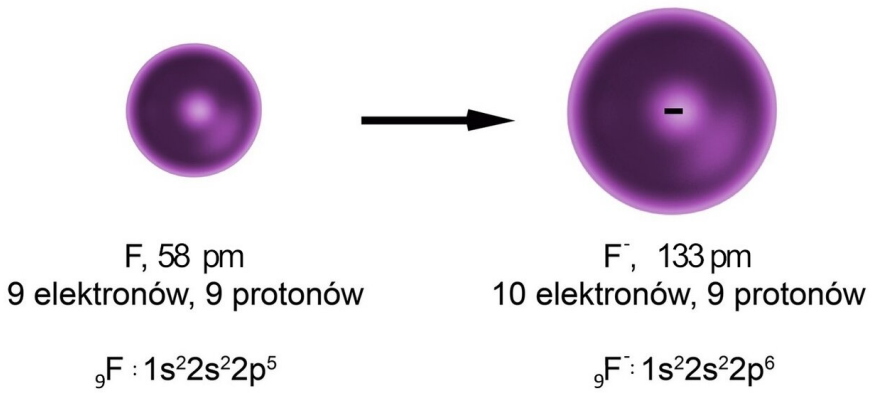
- usuwanie elektronów z powłok elektronowych może prowadzić do utraty najbardziej zewnętrznych powłok elektronowych, a więc do zmniejszenia rozmiaru chmury elektronowej;
- utrata elektronu oznacza, że w drobinie jest więcej protonów niż elektronów. Im więcej elektronów zostanie usuniętych z powłok, tym z większą siłą jądro atomowe (którego ładunek dodatni przecież nie zmienia się) będzie przyciągać elektrony, które pozostały jeszcze w chmurze elektronowej.

> Podsumowując – jeżeli porównujemy wielkość atomu żelaza i jego jonów, to:
>
> $$\mathrm{Fe} > \mathrm{Fe}^{2+} > \mathrm{Fe}^{3+}$$



Atom litu traci elektron, dlatego promień kationu litu jest mniejszy od promienia atomu litu.
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Odwrotną zależność można zaobserwować dla anionów (jonów o ładunku ujemnym), powstałych w wyniku przyłączenia elektronów do atomu. Promienie jonowe anionów są większe niż atom, z którego pochodzą. Im większy ładunek ujemny posiada dany anion, tym jego promień jest większy. Elektrony są dodawane do zewnętrznej powłoki elektronowej zwiększającej rozmiar chmury elektronowej, a zatem również promień. Ponadto, ze wzrostem ujemnego ładunku anionu, jądro o stałym i niezmienny ładunku dodatnim musi przyciągać i utrzymywać coraz większą liczbę elektronów. W konsekwencji elektrony te są przyciągane słabiej, co również wpływa na rozmiar chmury elektronowej.



Atom fluoru zyskuje elektron, dlatego promień anionu fluorkowego jest większy od promienia atomu fluoru.
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Podobnie jak w przypadku promienia atomowego, promienie jonowe jonów o tym samym ładunku są coraz większe dla kolejnych pierwiastków danej grupy układu okresowego.

Słownik

promień atomu

zdefiniowany jako połowa odległości pomiędzy jądrami dwóch atomów tego samego pierwiastka, połączonych wiązaniem chemicznym.

pikometr (symbol: pm)

podwielokrotność metra, podstawowej jednostki długości w układzie SI; jeden pikometr równa się 10^{-12} m

grupa układu okresowego

pionowa kolumna w układzie okresowym pierwiastków chemicznych; we współczesnym standardowym układzie okresowym wyróżnia się 18 grup

okres układu okresowego

poziomy rząd w układzie okresowym, w którym jest ich siedem

promień van der Waalsa

odległość najdalszych elektronów od jądra atomowego (w przypadku pojedynczego atomu) lub od geometrycznego środka cząsteczki

chmura elektronowa

fiz. poglądowe pojęcie, używane w kwantowym opisie atomów i cząsteczek, oznaczające obszar, w którym występuje duże prawdopodobieństwo znalezienia elektronów

jądro atomowe

centralna część atomu, o rozmiarach ok. 10^5 razy mniejszych od rozmiarów atomu, skupiająca prawie całą jego masę

Bibliografia

Atkins P., Jones J., *Chemical Principles: The Quest for Insight,* 5th Edition, New York 2009.

Encyklopedia PWN

Penkala T., *Podstawy Chemii Ogólnej,* Warszawa 1982.

Saunders N., Saunders A., *As Chemistry*, Oxford 2007.

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Czy wiesz, jak zmieniają się promienie atomów i jonów pierwiastków w układzie okresowym? Przeanalizuj poniższą grafikę interaktywną. Zwróć uwagę na podane wielkości promieni dla poszczególnych atomów i ich jonów, a także na podane konfiguracje elektronowe atomów pierwiastków. Następnie, w oparciu o grafikę, rozwiąż poniższe zadania.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DzAl2k7U4

Grafika interaktywna pt. *Jak zmieniają się promienie atomów i jonów w układzie okresowym?*

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

Ćwiczenie 1

Uzupełnij luki w poniższym tekście odpowiednimi wyrazami.

W danej grupie układu okresowego, wraz ze wzrostem liczby atomowej, promienie kolejnych atomów _____ oraz promienie jonów o tym samym ładunku _____. Promienie kationów tego samego atomu są _____ od promieni ich atomów, a promienie anionów są _____ od promieni atomów dla tego samego pierwiastka.

większe | większe | także rosną | rosną | także maleją | maleje | maleją | mniejsze | mniejsze

Ćwiczenie 2

Wskaż zdania prawdziwe.

- [ ] Im większy ładunek dodatni ma kation (im więcej elektronów oddał), tym jego promień jest większy.
- [ ] Przy przejściu atomów w ich kationy lub aniony konfiguracja elektronowa ulega zmianie.
- [ ] W ramach danego okresu największe promienie mają te atomy pierwiastków, które rozpoczynają dany okres.
- [ ] Wraz ze wzrostem liczby atomowej atomów kolejnych pierwiastków $3.$ okresu, można zaobserwować zapełnienie trzeciej powłoki kolejnymi elektronami.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Zaznacz prawidłową definicję promienia jonowego.

- To odległość najbardziej oddalonych elektronów od jądra atomu, w przypadku jonów utworzonych z jednego atomu, lub też od geometrycznego centrum jonów, złożonych z parzystej liczby atomów.
- To odległość najbardziej oddalonych elektronów od jądra atomu, w przypadku jonów utworzonych z jednego atomu, lub też od geometrycznego centrum jonów, złożonych z większej liczby atomów.
- To odległość najbliższych elektronów od jądra atomu, w przypadku jonów utworzonych z jednego atomu, lub też od geometrycznego centrum jonów, złożonych z większej liczby atomów.

Ćwiczenie 2

Na podstawie układu okresowego pierwiastków, uszereguj podane pierwiastki wg malejącej wielkości promienia atomowego: Na, C, F, Al, Fr.

- Na
- F
- Al
- Fr
- C

Ćwiczenie 3

Zaznacz właściwe odpowiedzi.

1. W okresach 2-7 największy promień atomowy mają fluorowce ☐ / litowce ☐ / tlenowce ☐ .
2. Biorąc pod uwagę tylko pierwiastki grup głównych układu okresowego, w danym okresie promień rośnie ☐ / maleje ☐ ze wzrostem liczby atomowej.
3. Zwiększająca się liczba powłok elektronowych decyduje o tym, że w grupach głównych obserwuje się wzrost ☐ / zmniejszenie się ☐ promienia atomowego w miarę wzrostu liczby atomowej.

Ćwiczenie 4

Wybierz poprawne odpowiedzi.

1. Wybierz atom, który ma większy promień atomu: Na ☐ czy Cl ☐ ?
2. Wybierz atom, który ma większy promień atomu: Ca ☐ czy F ☐ ?
3. Wybierz atom, który ma mniejszy promień atomu: Li ☐ czy Cs ☐ ?

Ćwiczenie 5

Wybierz poprawne określenia dotyczące promieni jonowych.

1. Kation ma promień jonowy mniejszy niż ☐ / większy niż ☐ / taki sam jak ☐ atom macierzysty.
2. Anion ma promień jonowy mniejszy niż ☐ / większy niż ☐ / taki sam jak ☐ atom macierzysty.

Ćwiczenie 6

Wybierz poprawne odpowiedzi.

1. Który z wymienionych atomów/jonów jest większy: atom chloru ☐ / jon chloru z ładunkiem 1^- ☐ ?
2. Który z wymienionych atomów/jonów jest mniejszy: atom litu ☐ / jon litu z ładunkiem 1^+ ☐ ?

Ćwiczenie 7

Wskaż konfigurację elektronową dla Na^+ oraz Mg^{2+} oraz określ liczbę powłok elektronowych dla każdego z jonów.

Konfiguracja elektronowa Na^+: _____ .

Konfiguracja elektronowa Mg^{2+}: _____ .

Liczba powłok Na^+: _____ .

Liczba powłok Mg^{2+}: _____ .

$1s^22s^22p^4$ | 3 | 5 | $1s^22s^22p^6$ | 5 | $1s^22s^12p^6$ | 3 | 2 | 4 | 2 | 4

$1s^22s^22p^5$ | $1s^22s^22p^5$ | $1s^22s^22p^4$ | $1s^22s^22p^6$ | $1s^22s^12p^6$

Odpowiedz, który z promieni jonowych jest większy i uzasadnij dlaczego.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8

Promień atomowy jest zdefiniowany jako połowa odległości między jądrami identycznych atomów, które są ze sobą połączone.

Wyjaśnij, dlaczego promień atomowy zmniejsza się w okresie, a zwiększa w dół grupy.

Ćwiczenie 9

Na podstawie podanych konfiguracji elektronowych, wskaż pierwiastek, którego atomy posiadają większy promień.

1. $_{12}$Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ☐ | $_{20}$Ca: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ ☐
2. $_{12}$Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ☐ | $_{16}$S: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ☐
3. $_{16}$S: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ☐ | $_{34}$Se: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ ☐

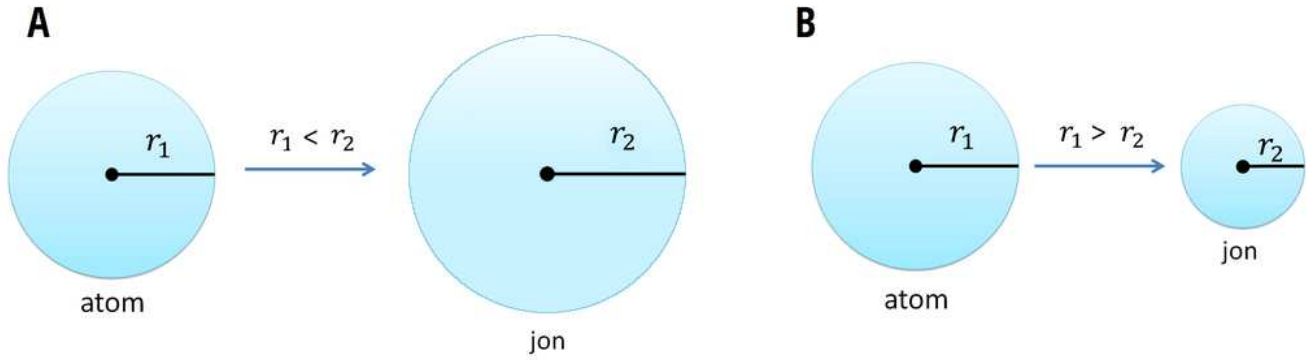
Ćwiczenie 10

Wyjaśnij, dlaczego w 17. grupie układu okresowego promień atomowy wzrasta wraz ze wzrostem liczby atomowej.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 11

Na poniższych rysunkach przedstawiono schemat tworzenia jonów – jonu dodatniego i jonu ujemnego. Który z rysunków dotyczy utworzenia kationu, a który anionu? Odpowiedz i uzasadnij.



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

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Patrycja Męcik, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak zmieniają się promienie atomów i jonów w układzie okresowym?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego - kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy:

II. Budowa atomu. Uczeń:

3) wskazuje związek między budową elektronową atomu a położeniem pierwiastka w układzie okresowym i jego właściwościami fizycznymi (np. promieniem atomowym, energią jonizacji) i chemicznymi.

Zakres rozszerzony:

II. Budowa atomu. Uczeń:

5) wskazuje związek między budową elektronową atomu a położeniem pierwiastka w układzie okresowym i jego właściwościami fizycznymi (np. promieniem atomowym, energią jonizacji.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- identyfikuje i opisuje ogólne tendencje zmian promieni atomów i jonów pierwiastków w układzie okresowym

- tłumaczy jak zmieniają się promienie atomowe w zależności od położenia pierwiastka w układzie okresowym
- porównuje wielkości promieni atomowych i promieni jonowych dla poszczególnych pierwiastków

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza tekstu źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- metoda JIGSAW;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Czy istnieje reguła, która może pomóc Ci przewidzieć rozmiar atomu i jonu dla dowolnego pierwiastka układu okresowego?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia promień atomowy i promień jonowy.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie analizują tekst w dostępnych źródłach, w tym w e-materiale, dotyczący promieni atomowych i jonowych. Następnie rozpoczyna się praca metodą JIGSAW.

Nauczyciel prosi uczniów, aby odliczyli do pięciu, zapamiętując numer i uczniowie łączą się w grupy złożonych z tych samych numerów. Każdy numer otrzymuje inny zestaw atomów do porównania w czasie do 3 min.: I – sód i tlen; II – magnez i siarka; III – rubid i jod; IV – lit i frans; V – wapń i brom. Każdy uczestnik zostaje ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego. Zadaniem każdej grupy uczniów jest wybranie pierwiastka, którego atom ma większy promień oraz uzasadnienie swojej odpowiedzi.
2. Każda grupa zapoznaje się z informacjami w ramach swojego zagadnienia, korzystając z dostępnych źródeł. Efektem pracy powinno być wspólne opracowanie na podstawie dyskusji oraz uczenia się nawzajem.
3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
4. Eksperci kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert grupy I uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą itd. Uczący uczestnicy przekazują wiedzę pozostałym uczniom. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej (czas ok. 10 min).
5. Eksperci wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy posiadają zbieżne informacje w omawianych kwestiach oraz sporządzają samodzielnie krótką notatkę do zeszytu.
6. Uczniowie w parach analizują medium bazowe, a następnie wykonują ćwiczenia dołączone do niego. Nauczyciel sprawdza przygotowane przez uczniów notatki.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimedium. Podaje polecenia:

- Dlaczego kationy metali mają mniejszy promień niż ich atomy?
- Dlaczego aniony niemetali mają większy promień niż ich atomy?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia:

- Przypomniałem sobie, że...
- Co było łatwe...
- Czego się nauczyłam/łem ...
- Co sprawiło mi trudność...

Praca domowa:

Nauczyciel zleca uczniom do wykonania ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może zostać wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub sprawdzianu wiedzy.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Dlaczego kationy metali mają mniejszy promień niż ich atomy?
- Dlaczego aniony niemetali mają większy promień niż ich atomy?

2. Do pracy metodą JIGSAW nauczyciel zapisuje na kartkach pierwiastki, które uczniowie będą porównywać podczas pracy na lekcji.

- sód i tlen;
- magnez i siarka;
- rubid i jod;
- lit i frans;
- wapń i brom.