



Jak otrzymać benzen?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Wirtualne laboratorium - I
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jak otrzymać benzen?

Benzen jest najprostszym związkiem aromatycznym.

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

Związki aromatyczne należą do obszernej grupy związków chemicznych. Swoją nazwę zawdzięczają badaczom, którzy pozyskiwali je z roślin. Charakteryzowały się głównie zapachem – stąd ich nazwa. Najprostszym z nich jest benzen. W tym materiale poznasz metody jego otrzymywania.

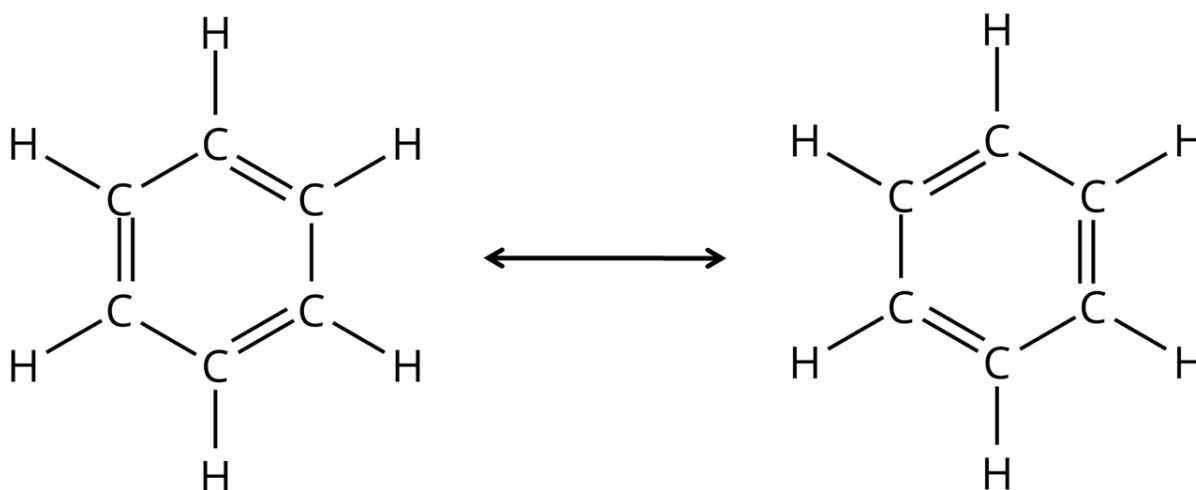
Twoje cele

- Przedstawisz wzór benzenu.
- Zaproponujesz metody otrzymywania benzenu.
- Napiszesz równania reakcji otrzymywania benzenu.

Przeczytaj

Benzen

Cząsteczka benzenu zbudowana jest z sześciu połączonych ze sobą atomów węgla. Do każdego atomu węgla przyłączony jest atom wodoru.



Struktury rezonansowe benzenu

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

W cząsteczce benzenu występują zdelokalizowane wiązania π , które znajdują się między atomami węgla w pierścieniu. Powstają w wyniku rozmycia się chmury elektronowej w okolicy pierścienia, gdzie jest zlokalizowanych sześć elektronów π , po jednym od każdego atomu węgla, wchodzącego w skład pierścienia. Delokalizacja tych wiązań jest jedną z charakterystycznych cech [związków aromatycznych](#).

Poza wyżej wymienioną właściwością, związki aromatyczne muszą wykazywać również kilka innych cech: są cykliczne, pierścień odznacza się płaską budową

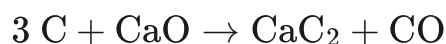
(orbitalom walencyjnym atomów węgla budującym pierścień przypisujemy więc hybrydyzację sp^2), a ponadto dla tych związków musi zostać spełniona **reguła Hückla**. Według niej związki aromatyczne to takie, które spełniają zasadę $4n + 2$ zdelokalizowanych elektronów π , gdzie n jest liczbą naturalną lub zerem. Cząsteczka benzenu posiada sześć elektronów π . Oznacza to, że $4n + 2 = 6$, czyli $n = 1$.

Otrzymywanie benzenu

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

Otrzymywanie benzenu z węgla i odczynników nieorganicznych

Możliwą metodą otrzymywania benzenu jest ciąg przemian rozpoczynający się od reakcji węgla ze związkiem nieorganicznym. Przykładem może być reakcja węgla i wapna palonego (CaO) prowadząca do otrzymania acetylenku wapnia (węglika wapnia) CaC_2 i tlenku węgla(II).



Na kolejnym etapie acetylenek wapnia reaguje z wodą. W reakcji tej wydziela się etyn.



Ostatnim krokiem jest opisana wcześniej trimeryzacja etynu w podwyższonej temperaturze i pod odpowiednim ciśnieniem, z zastosowaniem katalizatora, prowadząca do otrzymania benzenu.

Podsumowanie

Jak widzisz, istnieje wiele metod otrzymywania benzenu. Wykorzystanie jednej z nich zależy od wydajności procesu chemicznego, a także od możliwości laboratorium. Należy jednak pamiętać, że benzen jest substancją rakotwórczą, mutagenną

i niebezpieczną. Podczas pracy z tym związkami należy zachować szczególną ostrożność.

Słownik

związki aromatyczne

cykliczne węglowodory (areny) i niektóre ich pochodne, mające płaskie pierścienie z układem zdelokalizowanych wiązań π , dla których spełniona jest reguła Hückla

reguła Hückla

reguła aromatyczności; charakter aromatyczny (aromatyczność) mogą przejawiać te polieny, posiadające zdelokalizowane wiązania π , w których liczba elektronów π wynosi $4n + 2$, gdzie n jest liczbą naturalną lub zerem; reguła ta, wynikająca z zastosowania reguły Hunda do orbitali molekularnych w pierścieniowych układach sprzężonych, została sformułowana w 1931 roku przez E. A. Hückla

katalizator

(gr. *katálysis* „rozłożenie”) substancja, która zwiększa szybkość reakcji chemicznej, nie naruszając stanu końcowej równowagi i właściwości termodynamicznych układu; katalizator nie zużywa się w trakcie reakcji, jego ilość po ukończeniu reakcji jest zatem taka sama jak przed jej rozpoczęciem

destylacja

(łac. *destillatio* „ściekanie kroplami”) proces fizykochemiczny polegający na przeprowadzeniu poprzez ogrzanie substancji ciekłych w stan pary, skropleniu par przez oziębienie i następnie zebraniu skroplonych par (destylatu); metoda rozdziału mieszanin, której podstawą są różnice w wartościach temperatur wrzenia ich składników

Bibliografia

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Kraków 2020.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

Mastalerz P., *Chemia organiczna*, Wrocław 2000.

McMurry J., *Chemia Organiczna*, cz. 3, Warszawa 2007.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, t. 1, Warszawa 2010, wyd. 5.

Baeyer A., *Ueber die Reduction aromatischer Verbindungen mittelst Zinkstaub*, „Justus Liebigs Annalen der Chemie” 1866, nr 4, s. 257-356, online:
<https://doi.org/10.1002/jlac.18661400306> (dostęp: 01.06.2021).

Fernelius W. C., Watt W. G., *Reactions of Solutions of Metals in Liquid Ammonia*, „Chem. Rev.” 1937, t. 20, nr 2, s. 195-258, online: <https://doi.org/10.1021/cr60066a003> (dostęp: 01.06.2021).

Wirtualne laboratorium – I

Laboratorium 1

Na podstawie poniższych informacji wykonaj niezbędne obliczenia i przeprowadź eksperyment w laboratorium chemicznym. Wyliczone wartości uzupełnij i sprawdź w umieszczonym zadaniu. Zapoznaj się z problemem badawczym i zweryfikuj własną hipotezę. W formularzu zanotuj swoje obserwacje i wyniki, a następnie zapisz wnioski.

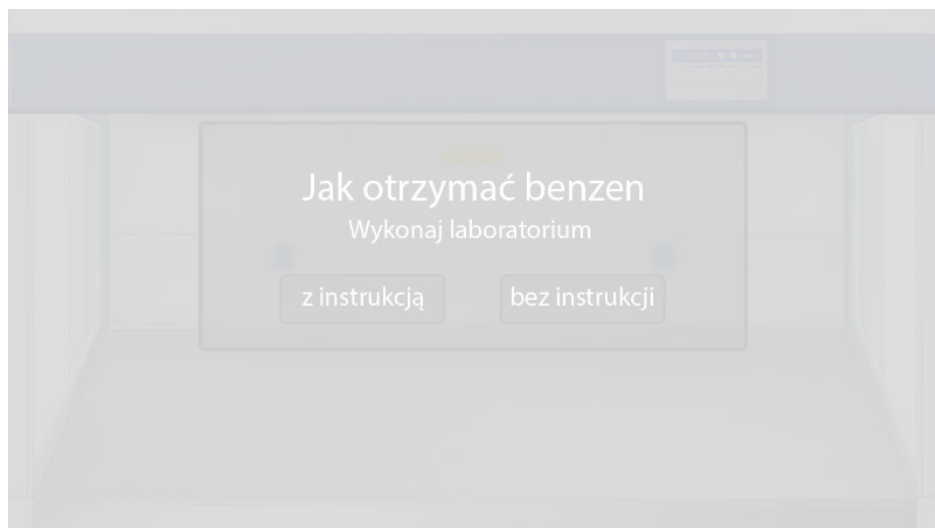
Do kolby okrągłodennej odmierz 2,04 g aniliny ($d = 1,02 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$), a następnie dodaj 0,0679 mola kwasu chlorowodorowego ($M = 36,46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$, $C = 35\%$, $d = 1,16 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$). Następnie odważ 0,023 mola azotanu (III) sodu $M = 69,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ i rozpuść w $3,5 \text{ cm}^3$ wody. W kolejnym etapie odmierz 1,44 g kwasu fosforowego(I) ($d = 1,21 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $C = 50\%$) i dodaj go do uzyskanej w kolbie okrągłodennej mieszaniny. Po zakończeniu reakcji, przeprowadź destylację prostą powstałego roztworu zwracając uwagę na temperaturę, w której destylują poszczególne składniki roztworu.

Ważne!

Na podstawie licznych badań, benzen został uznany za substancję rakotwórczą. W jego przypadku nie ma czegoś takiego, jak bezpieczny poziom narażenia – nawet niewielkie ilości tej substancji mogą wyrządzić szkody naszemu organizmowi.

W przedstawionym niżej laboratorium zastosowano metodę otrzymywania benzenu, która składa się z dwóch etapów. W pierwszym etapie zastosowano reakcję diazowania. W wyniku reakcji aminy aromatycznej (anilina) z kwasem azotowym(III) (który został otrzymany w reakcji azotanu(III) sodu z kwasem solnym) otrzymano sól diazoniową. Sole diazoniowe to grupa związków organicznych o wzorze ogólnym $\text{ArN}_2^+ \text{X}^-$. Reakcja ta wymaga zastosowania odpowiednich warunków, aby mogła przebiec prawidłowo. Aromatyczne sole diazoniowe są trwałe w temperaturze od 0 do 5°C , dlatego reakcja prowadzona jest w łaźni lodowej. Należy użyć nadmiaru kwasu solnego. Zapewnia on odpowiednie pH reakcji, które jest niezbędne do ustabilizowania soli diazoniowych.

Dopiero po otrzymaniu soli diazoniowej można przejść do kolejnego etapu reakcji – otrzymywania benzenu.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dw0pQFlsD>

Wirtualne laboratorium pt. *Jak otrzymać benzen?*

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe stwierdzenie. Może być więcej niż jedna poprawna odpowiedź.

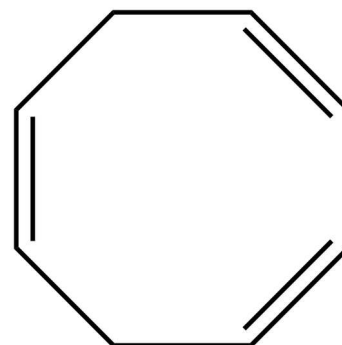
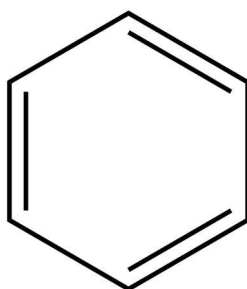
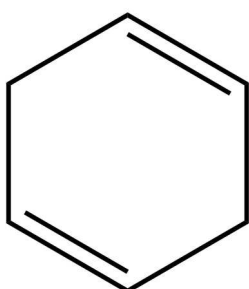
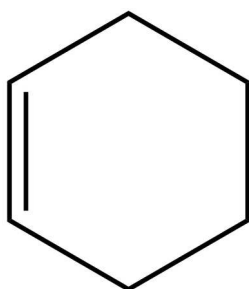
Reakcja trimeryzacji:

- przeprowadzana jest z zastosowaniem katalizatora
- polega na połączeniu ze sobą trzech cząsteczek acetylenu
- polega na połączeniu ze sobą czterech cząsteczek acetylenu
- przeprowadzana jest w niskiej temperaturze oraz pod odpowiednim ciśnieniem
- przeprowadzana jest w podwyższonej temperaturze oraz pod odpowiednim ciśnieniem

Ćwiczenie 2



Zaznacz poprawny wzór szkieletowy benzenu.



Ćwiczenie 3



Uzupełnij poniższe zdanie tak, aby było prawdziwe.

Cząsteczkę benzenu możemy zakwalifikować do związków niearomatycznych / aromatycznych, ponieważ ma budowę cykliczną, jest płaska i spełnia regułę Hückla. W cząsteczce benzenu występuje 2 4 6 8 zdelokalizowanych elektronów π .

Ćwiczenie 4



Zapisz równanie reakcji otrzymywania benzenu z kwasu benzoowego. Jaki gaz wydziela się podczas reakcji? Zaproponuj sposób, w jaki go zidentyfikujesz.

Jaki gaz wydziela się podczas reakcji?

W jaki sposób udowodnisz obecność tego gazu?

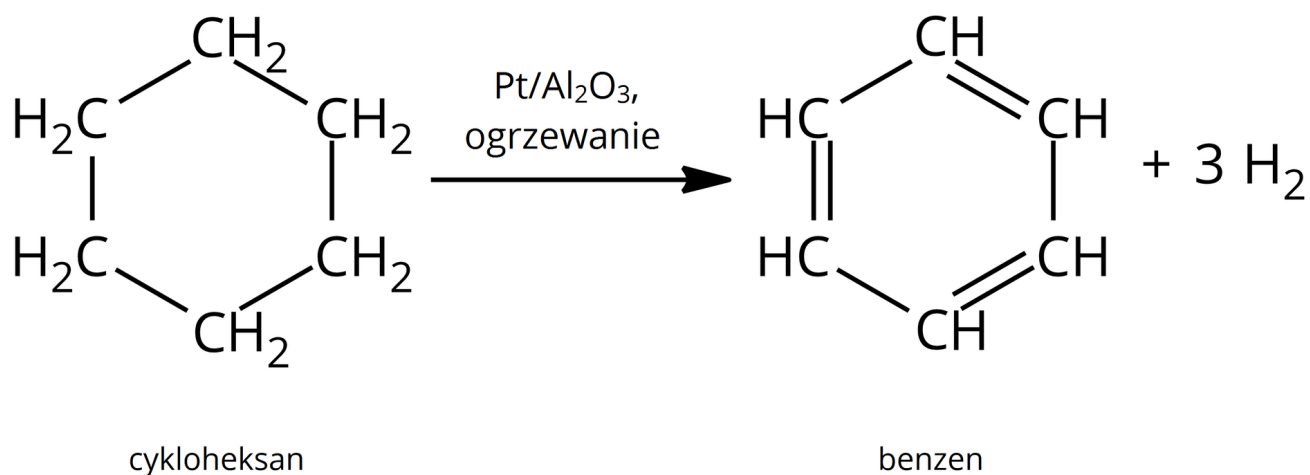
Równanie reakcji zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Podaj nazwę reakcji, opisaną poniższym równaniem, i wyjaśnij, na czym polega.



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

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Oblicz zawartość procentową (w procentach masowych) węgla i wodoru w benzenie. Do obliczeń przyjmij następujące masy molowe:

$$M_{\text{C}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{H}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Podczas prowadzenia reakcji chlorowcopochodnych benzenu w ciekłym amoniaku z metalem pierwszej grupy układu okresowego, oprócz benzenu, może powstać drugorzędowa amina. Zaproponuj równanie opisanej reakcji chemicznej.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Oblicz, ile cząsteczek benzenu powstało w wyniku redukcji w odpowiednich warunkach 4 g fenolu. Załóż, że reakcja przebiegła ze 100% wydajnością. Do obliczeń przyjmij następujące masy molowe:

$$M_{\text{C}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{H}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

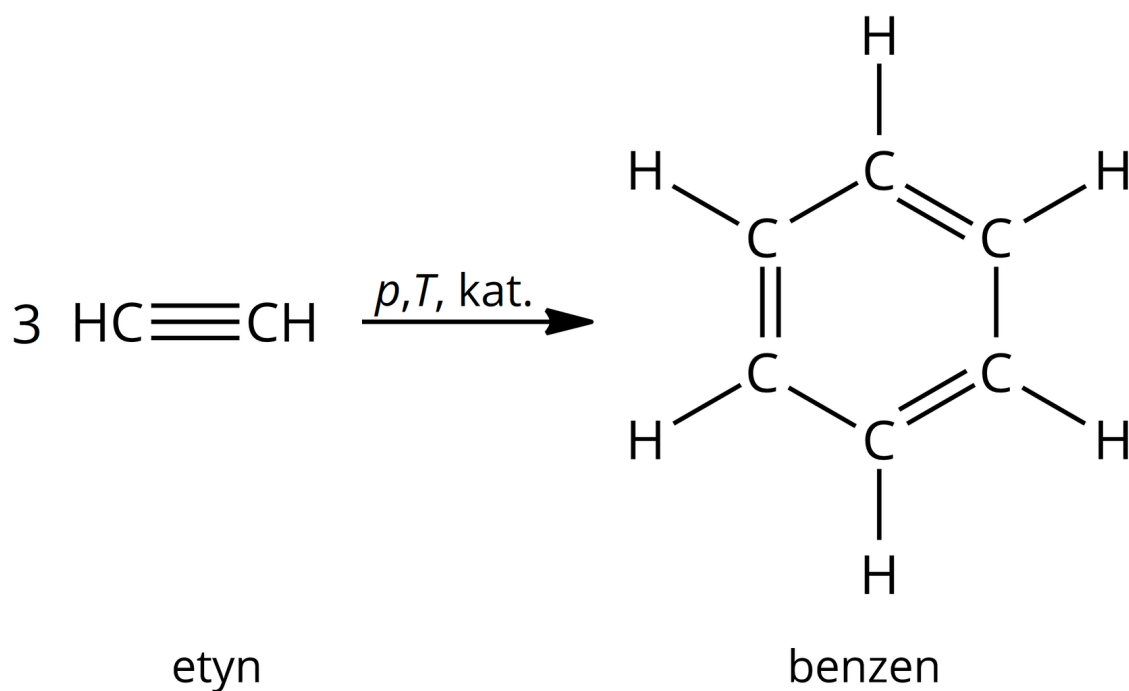
$$M_{\text{O}} = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.



Trimeryzacja etynu przebiega zgodnie z przedstawionym poniżej równaniem reakcji.



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

W wyniku tej reakcji następuje częściowa redukcja wiązania potrójnego węgiel-węgiel i powstaje cząsteczka benzenu.

Zaproponuj wzór półstrukturalny produktu reakcji trimeryzacji heks-3-ynu.



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

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Robert Wróbel, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak otrzymać benzen?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory. Uczeń:

10) planuje ciąg przemian pozwalających otrzymać np. benzen z węgla i dowolnych odczynników nieorganicznych; pisze odpowiednie równania reakcji.

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:

- przedstawia wzór benzenu;
- proponuje metody otrzymywania benzenu;
- pisze równania reakcji otrzymywania benzenu.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- wirtualne laboratorium;

- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika bateria.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/pisak;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: Jak zbudowana jest cząsteczka benzenu? Dlaczego benzen zaliczany jest do związków aromatycznych?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie „W jakich reakcjach chemicznych można otrzymać benzen?”
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli losowo na sześć grup, rozdaje arkusze papieru A4, mazaki. Zadaniem uczniów jest opracowanie wskazanego sposobu otrzymywania benzenu z podaniem równania reakcji chemicznej:

- grupa I – trimeryzacja etynu;
- grupa II – aromatyzacja pierścienia nasyconego;
- grupa III – dekarboksylacja kwasu benzoowego;
- grupa IV – reakcja metalu grupy 1. w ciekłym amoniaku z chlorowcopochodną benzenu;
- grupa V – redukcja fenolu sproszkowanym cynkiem.

Uczniowie w czasie pracy mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, wspiera ich. Po wyznaczonym czasie liderzy grup prezentują efekty pracy. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.

2. Nauczyciel proponuje uczniom pracę w parach z wirtualnym laboratorium. Uczniowie zapoznają się z poleceniem i przeprowadzają doświadczenia w multimediu oraz wykonują ćwiczenia.
3. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu, daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętna osoba z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji, mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają małymi samoprzylepnymi kolorowymi karteczkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują w e-materiale w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji. 2. Opisz cztery zastosowania benzenu.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

WL-S może być wykorzystane podczas lekcji do zobrazowania uczniom metod otrzymywania benzenu. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą medium wykorzystać do samokształcenia, celem nadrobienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz małe kolorowe samoprzylepne karteczki dla uczniów.
2. Nauczyciel przygotowuje arkusze papieru A4, mazaki, glutaki.
3. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - W wyniku jakich reakcji chemicznych można otrzymać benzen?
 - Dlaczego podczas pracy z benzenem w laboratorium należy zachować szczególną ostrożność?