



Jak powstają poliestry?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Poliestry stosowane są m.in. do produkcji butelek. Recykling, któremu zostają poddawane, pozwala na ich ponowne wykorzystanie.

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

Czy to możliwe, że ubrania, które obecnie masz na sobie, były wcześniej plastikowymi butelkami? Oczywiście! Co więcej, mogą z nich być również wyprodukowane meble i dywany w Twoim domu. Poliestry to polimery, stosowane do produkcji m.in. butelek, różnych opakowań, włókien, naczyń, niewielkich kształtek i tekstyliów. Recykling, któremu zostają poddawane, pozwala na ich ponowne wykorzystanie. Czy wiesz, jak nazywa się ten proces? A może znasz przykłady poliestrów stosowanych przy produkcji butelek? Czy wiesz, w jaki sposób powstają?

Twoje cele

- Poznasz pojęcia poliestru, polimeryzacji, polikondensacji.
- Poznasz rodzaje polikondensacji i porównasz je ze sobą pod kątem różnic środowiska reakcji oraz budowy substratów.
- Zapiszesz równania reakcji tworzenia poliestrów.

Przeczytaj

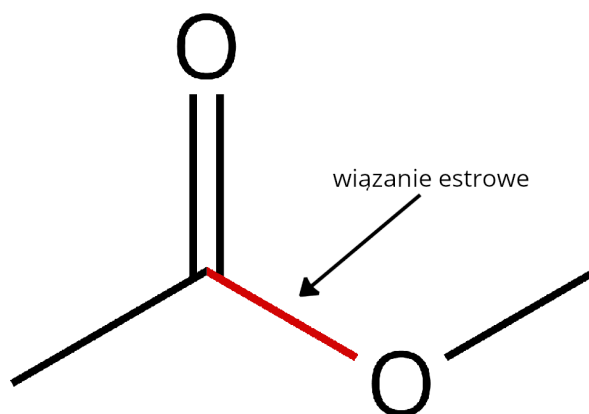
Recykling odpadów

Jest to proces przekształcania odpadów (np. butelek z PET-u) w nowe, przydatne materiały i/lub przedmioty. Stanowi obecnie jeden z najbardziej kluczowych aspektów operacji przemysłowych, który pozwala na osiągnięcie dużych zysków oraz wpływa na ochronę środowiska naturalnego. Stosowanie recyklingu jest konieczne do odpadów produkowanych z **polimerów**, które nie ulegają **biodegradacji**. Polimery takie to wielkocząsteczkowe związki – do ich produkcji stosuje się petrochemikalia. Zasoby ropopochodne (petrochemikalia) stanowią źródła nieodnawialne, których światowe zasoby są na wyczerpaniu. Większość **monomerów**, stanowiących substraty syntezy polimerów do produkcji tworzyw sztucznych (np.: eten, propen, chloroeten, etenylobenzen i tereftalan etylenu), pochodzi z produktów petrochemicznych i nie jest podatna na biodegradację, co czyni je materiałami kandydującymi do recyklingu.

Podział polimerów

Polimery, ze względu na budowę, dzielą się na organiczne i nieorganiczne (np. silikon). Wśród polimerów organicznych wyróżnia się: poliolefiny, polimery winylowe, polietery, poliamidy, poliuretany, poliwęglany, biopolimery (np. polipeptydy) oraz **poliestry**.

Poliestry to polimery, które posiadają wiązania estrowe w łańcuchach głównych.



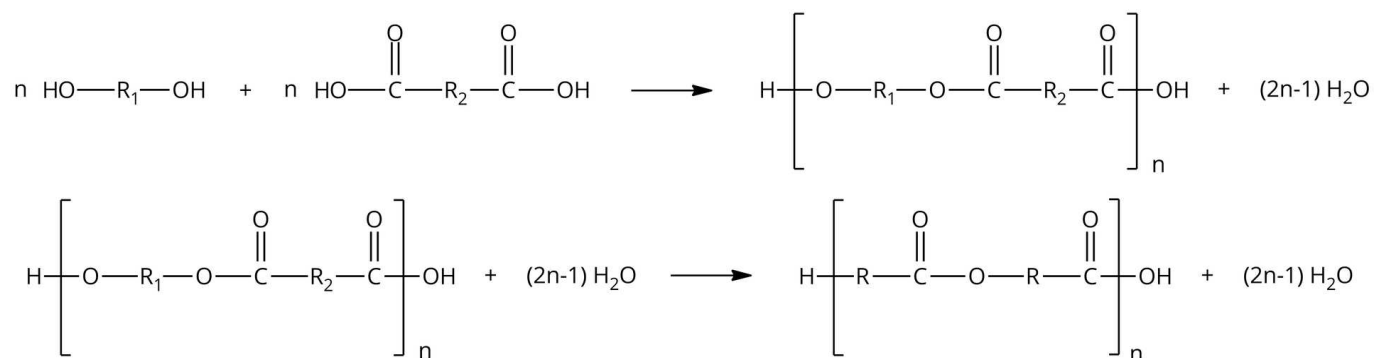
Grupa estrowa występująca w łańcuchach głównych poliestrów z zaznaczonym wiązaniem estrowym

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

Wśród nich wyróżnia się:

Otrzymywanie poliestrów

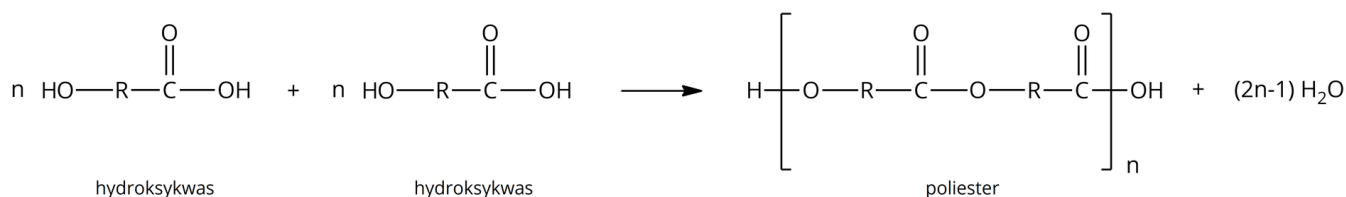
Poliestry można otrzymać w wyniku **polikondensacji**. Jest to reakcja, w której udział biorą monomery z przynajmniej dwoma grupami funkcyjnymi. Dzięki niej powstaje polimer i produkt uboczny, np. woda. Poliestry można otrzymać w wyniku kilku rodzajów polikondensacji: homopolikondensacji, heteropolikondensacji, polikondensacji w wyniku transestryfikacji oraz polikondensacji na granicy faz. Dla dwóch różnych monomerów, posiadających dwie takie same grupy funkcyjne, możliwa jest heteropolikondensacja.



Przykład reakcji heteropolikondensacji

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

Natomiast o homopolikondensacji mowa jest wówczas, gdy reagują takie same monomery o dwóch różnych grupach funkcyjnych, np. hydroksykwasy:



Przykład reakcji homopolikondensacji

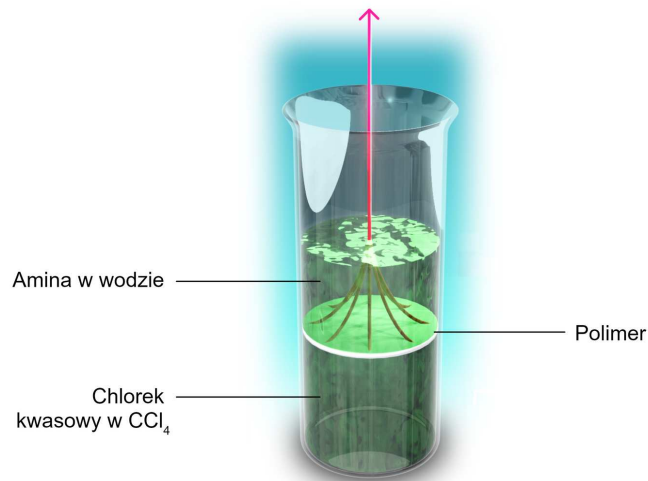
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polikondensacja przez wymianę estrową

Proces ten przebiega w dwóch etapach. W pierwszym zachodzi transestryfikacja estru z alkoholem (obydwa te związki muszą mieć przynajmniej dwie grupy funkcyjne – alkohol często stosuje się w nadmiarze w celu przesunięcia stanu równowagi w kierunku produktów). W drugim etapie następuje polikondensacja powstałego w pierwszym etapie estru, w efekcie czego tworzy się polimer. Alkohol stanowi produkt uboczny pierwszego i drugiego etapu. Przykład otrzymywania PET-u w wyniku tego procesu został przedstawiony poniżej.

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

Polikondensacja na granicy faz polega na prowadzeniu reakcji na granicy rozdziału dwóch niemieszających się ze sobą rozpuszczalników (np. wody i dichlorometanu). Metoda ta zakłada, że jeden z reagentów rozpuszcza się w wodzie, a drugi w rozpuszczalniku organicznym. Jest ona stosowana w przypadku monomerów lub polimerów ulegających rozkładowi w stanie stopionym. W jej wyniku małowczątkowe produkty uboczne, jak np. NaCl, przechodzą do warstwy wodnej, a polimer zostaje usuwany ze środowiska reakcji lub przechodzi do warstwy organicznej (jeśli jest w niej rozpuszczalny). Reakcja przebiega szybko, można prowadzić ją w niskiej temperaturze, a otrzymywane produkty stanowią polimery o dużym ciężarze cząsteczkowym.



Międzyfazowe przędzenie nici poliamidu 6. 10 na granicy faz z roztworów: woda-diamina (heksano-1,6-diamina) i tetrachlorek węgla-dichlorek kwasu sebacynowego

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

Przykład 1

Otrzymywanie poliwęglanu z bisfenolanu A disodu i fosgenu.:

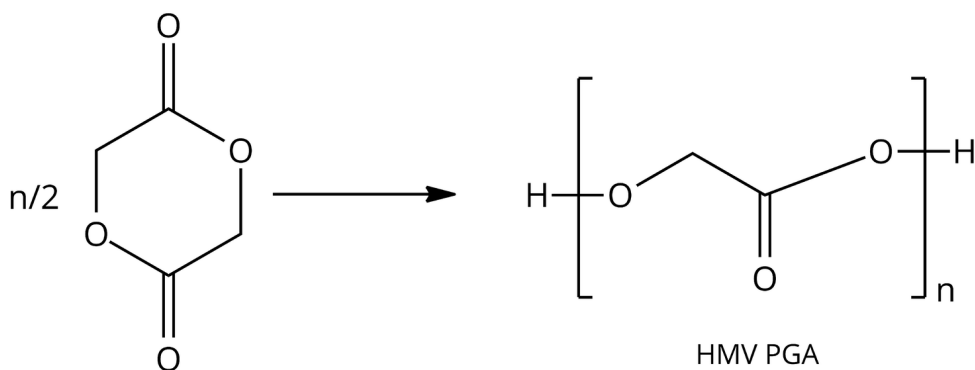


Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W celu przesunięcia położenia stanu równowagi, podczas przeprowadzania polikondensacji, usuwa się powstający produkt uboczny. Stosuje się w tym celu np.:

- intensywne mieszanie;
- przepływ gazu inertnego (np. N_2);
- obniżone ciśnienie, próżnię;
- wysoką temperaturę.

Ponadto poliestry alifatyczne otrzymuje się w wyniku polimeryzacji z otwarciem pierścienia (ROP). Jest to metatetyczna polimeryzacja np. cyklicznych diestrów (laktydów), laktonów.



Polimeryzacja gliolidu (ROP – Ring Opening Polymerization)

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

Jednym z poliestrów, produkowanych na szeroką skalę, jest PET – poli(tereftalan etylenu). Polimer ten został opatentowany w 1941 roku przez British Calico Printers. W głównej mierze stosowany jest do produkcji włókien, które z kolei używane są przy wyrobie różnych rodzajów tekstyliów. Symbol na metkach materiałów „poliester” oznacza, że zostały one wyprodukowane z PET-u.



Metka tkaniny składającej się z poliestru

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

Po za tym polimer ten znajduje zastosowanie przy produkcji butelek, opakowań, obudów, worków, woreczków, folii, filmów fotograficznych, taśm i różnych kształtek.

Ciekawostka

Dom Futuro to okrągły dom przypominający latający spodek, zaprojektowany przez Matti Suuronen (lata 60. i 70. XX wieku). Czy wiesz, że ta ceniona przez kolekcjonerów ciekawostka mieszkalna jest zbudowana wyłącznie z polimerów? Dokładnie z trzech jego rodzajów: poliestru wzmocnionego włóknem szklanym, poliuretanów i poli(metakrylanu metylu).



Dom futuro w Monachium

Źródło: dostępny w internecie: www.de.m.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 2.0.

Słownik

polimeryzacja

reakcja łączenia się małych cząsteczek, zawierających wiązania podwójne-monomerów, w duże związki-polimery (łańcuchowe lub sieciowe), które posiadają wielokrotnie większe masy cząsteczkowe; do jej przeprowadzenia stosuje się katalizatory i czasem także wysokie ciśnienie

polikondensacja

reakcja, której ulegają monomery z przynajmniej dwoma grupami funkcyjnymi; przebiega stopniowo, a w wyniku jej przebiegu powstaje polimer oraz produkt uboczny (np. woda, metanol, glikol)

mer

najmniejszy powtarzający się w polimerze fragment jego łańcucha

monomer

(gr. *mónos* „jedyń”, *méros* „część”) związek, którego cząsteczki mogą ulegać polimeryzacji

oligomer

jednostka strukturalna, przejściowa (przed polimerem właściwym), złożona z jednakowych merów w liczbie od 1000 do 10000

polimer

związek wielocząsteczkowy, w postaci łańcucha lub sieci powtarzających się merów, w liczbie od 10000 do 1000000 i więcej

poliestry

polimery, które posiadają wiązania estrowe w łańcuchach głównych

biodegradacja

biochemiczny rozkład związków organicznych na proste związki nieorganiczne, na skutek działania saprobiontów (np. bakterii, grzybów)

Bibliografia

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

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Związki organiczne zawierające azot oraz wielofunkcyjne pochodne węglowodorów. Repetytorium i zadania*, Kraków 2021.

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

Rabek J., *Współczesna wiedza o polimerach*, Warszawa 2013.

orkowska-Lelek U., *Polimery*, online:

http://www.chemia.odlew.agh.edu.pl/dydaktyka/Dokumenty/ChO_IMiR/Lab_niestacjonarne/polimery_teorii.pdf,
dostęp: 27.07.2021.

Białk W., *POLIESTRY NASYCONÉ poliestry alifatyczne, są polimerami o niewielkim znaczeniu praktycznym i technologicznym, poliestry aromatyczne, w przeciwieństwie*, online: <https://slideplayer.pl/slide/59220/>,
dostęp: 27.07.2021.

Gawdzik B., *Polimery – czyli wszystko, co nas otacza...*, online:

<http://www.polimery.umcs.lublin.pl/HTML/akt/prezentacja2010.pdf>,
dostęp: 27.07.2021.

Film samouczek

Polecenie 1

Czy wiesz, w jaki sposób powstają poliestry? Zapoznaj się z poniższym filmem, a następnie rozwiąż zadania.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DCDE1xSo7>

Film samouczek pt. „Jak powstają poliestry?”

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

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy powstawania poliestrów.

Polecenie 2

Podaj, jaka metoda otrzymywania poliestrów prowadzi do otrzymania produktu ubocznego w postaci wody?

Polecenie 3

Wymień, jakie czynniki przesuwają położenie stanu równowagi na korzyść produktu w polikondensacji na granicy faz?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłową odpowiedź.

Poliestry to polimery, których łańcuchy główne zbudowane są z:

☐ grup karbonylowych.

☐ grup estrowych.

☐ grup etylenowych.

☐ grup alkoksylowych.

Ćwiczenie 2



Dopasuj pojęcia do ich właściwych definicji.

Proces przekształcania odpadów z tworzyw sztucznych w nowe, przydatne materiały i/lub przedmioty., Polimer stosowany masowo do produkcji włókien syntetycznych i opakowań., Proces biochemicznego rozkładu związków organicznych na związki nieorganiczne, w wyniku działania saprobiontów., Reakcja łączenia się monomerów w wielocząsteczkowe związki, zwane polimerami (łańcuchowe lub sieciowe), które posiadają wielokrotnie większe masy cząsteczkowe., Reakcja łączenia się monomerów, zawierających przynajmniej dwie grupy funkcyjne, przebiega stopniowo, w wyniku przebiegu której powstaje polimer oraz produkt uboczny (np. woda, metanol, glikol)

Definicja	Pojęcie
Proces przekształcania odpadów z tworzyw sztucznych w nowe, przydatne materiały i/lub przedmioty.	
Polimer stosowany masowo do produkcji włókien syntetycznych i opakowań.	
Proces biochemicznego rozkładu związków organicznych na związki nieorganiczne, w wyniku działania saprobiontów.	
Reakcja łączenia się monomerów w wielocząsteczkowe związki, zwane polimerami (łańcuchowe lub sieciowe), które posiadają wielokrotnie większe masy cząsteczkowe.	

Reakcja łączenia się monomerów, zawierających przynajmniej dwie grupy funkcyjne, przebiega stopniowo, w wyniku przebiegu której powstaje polimer oraz produkt uboczny (np. woda, metanol, glikol)	
--	--

Ćwiczenie 3



Wskaż prawidłową odpowiedź.

Z jakim polimerem związane jest oznaczenie na wskazanej fotografii?



☐ PADC

☐ PGA

☐ PP

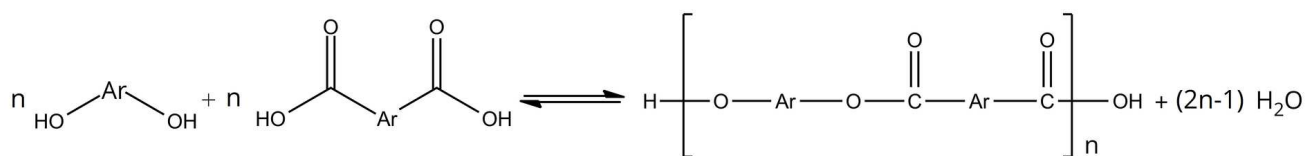
☐ PET

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

Ćwiczenie 4

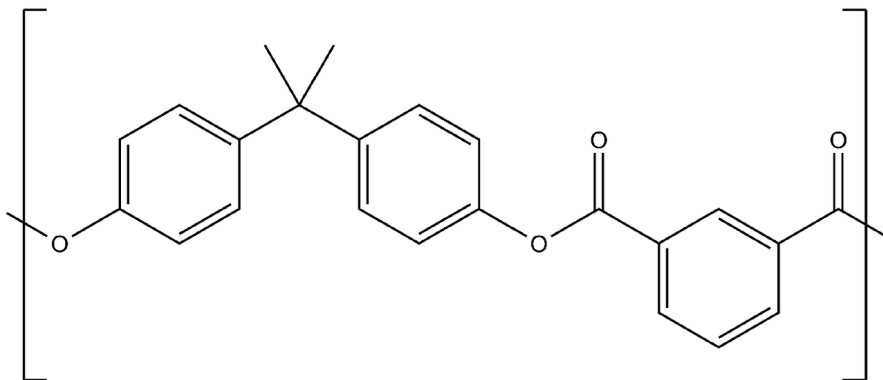


Poliakrylany można otrzymać w wyniku podanej poniżej reakcji.



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

Na podstawie tej reakcji, zapisz i podaj nazwy substratów, jakie są potrzebne do otrzymania polimeru, którego fragment łańcucha przedstawiono poniżej.



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

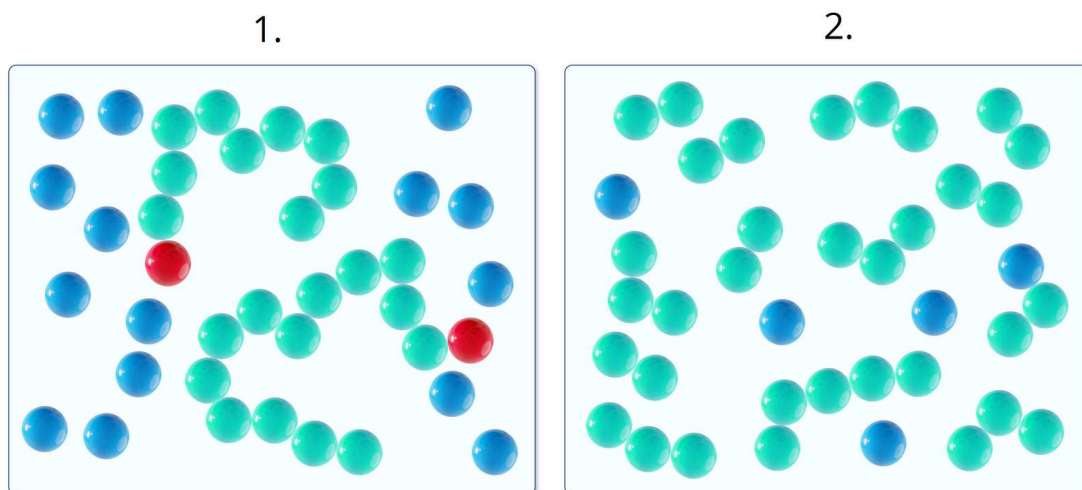
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Na podstawie rysunku, odpowiedz na pytanie. Podpisz odpowiednio rysunki.



Kolor niebieski – wolne mery

Kolor zielony – połączone mery

Kolor czerwony – mer aktywny, odpowiedzialny za propagację (np. mer w formie rodnikowej)

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

Reakcja przedstawiona na rysunku 1: .

Reakcja przedstawiona na rysunku 2: .

Który ze wskazanych schematów dotyczy reakcji łańcuchowej, a który kondensacji?

Ćwiczenie 6



Zapisz wzór poliestru, jaki powstanie w wyniku reakcji glikolu etylenowego i kwasu tereftalowego. Jaka to reakcja? Jak nazywa się ten polimer? Dlaczego omawiana reakcja nie jest reakcją stosowaną w przemyśle do syntezy tego polimeru?

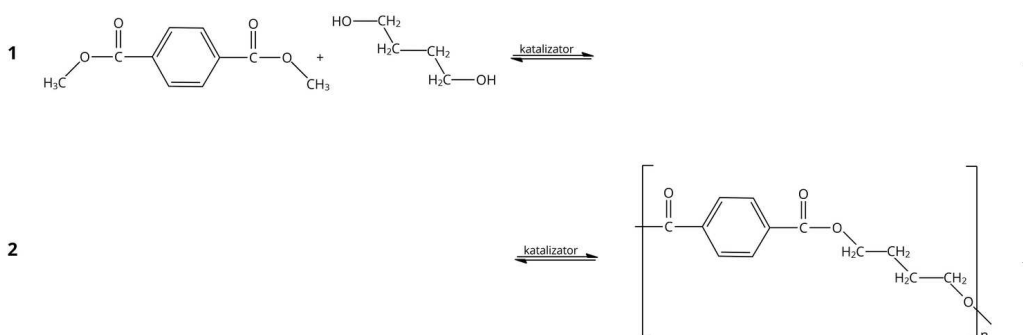
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Przeanalizuj poniższą reakcję polikondensacji i uzupełnij jej reagenty. Jak nazywa się ta reakcja? Co to za poliestr powstały w wyniku tej reakcji?



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

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Rozwiąż zadanie.

Poli(tereftalan etylu) to polimer, który odzyskuje się w wyniku recyklingu. Już pięć butelek, wykonanych z tego poliestru, pozwala na wyprodukowanie jednego T-shirtu. Wiedząc, że masa jednej butelki wykonanej z tego poliestru waży 38 g, oblicz, ile merów zawiera jeden T-shirt. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

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: Aleksandra Marszałek-Harych, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak powstają poliestry?

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XVI. Kwasy karboksylowe. Uczeń:

11) opisuje budowę hydroksykwasów; wyjaśnia możliwość tworzenia estrów międzycząsteczkowych (laktydy, poliestry) i wewnątrzcząsteczkowych (laktony) przez niektóre hydroksykwasy; pisze odpowiednie równania reakcji; opisuje występowanie i zastosowania hydroksykwasów (np. kwasu mlekowego i salicylowego).

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:

- definiuje pojęcia poliestru, polimeryzacji, polikondensacji;
- wymienia rodzaje polikondensacji i porównuje je ze sobą;
- pisze reakcje tworzenia poliestrów.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film samouczek;
- tarcza strzelnicza.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zainteresowanie i dyskusja. Nauczyciel prosi uczniów o sprawdzenie składu swoich T-shirtów, bluz lub swetrów, które mają na sobie. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: Czy to możliwe, że ubrania, które obecnie masz na sobie, były wcześniej plastikowymi butelkami?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.
3. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się udzielić odpowiedzi na pytania: Co oznacza, że ich ubrania są wykonane z 80% z poliestru? Jakim związkiem chemicznym jest poliester, stosowany do produkcji włókien sztucznych? Czy znacie inne przykłady poliestrów?

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie starają się zastanowić nad kwestiami i ustalić swoje stanowisko: Czym jest recykling? I dlaczego jest ważny? Jakich materiałów dotyczy recykling? Ile ton tworzywo sztucznych pływa w oceanie? Czym jest mikroplastik? Uczniowie mają za zadanie w parach ustalić odpowiedź na dane pytanie, mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Wybrana para odpowiada na pytanie nauczyciela. Pozostali uczniowie weryfikują poprawność ich odpowiedzi.
2. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na cztery grupy, rozdaje arkusze papieru A2/A3, mazaki. Każda z nich ma za zadanie opracować jeden z czterech sposobów otrzymywania poliestrów opisanych w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”:

homopolikondensacja, heteropolikondensacja, polikondensacja w wyniku transestryfikacji oraz polikondensacja na granicy faz (sposób otrzymywania grupom przydziela nauczyciel lub uczniowie losują). Każda grupa ma za zadanie podać dwa przykłady kondensacji tym sposobem. Uczniowie mogą również wesprzeć się filmem edukacyjnym, zawartym w e-materiale. Po wyznaczonym czasie, liderzy grup prezentują na forum klasy efekty pracy. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi oraz wyjaśnia ewentualnie występujące niezrozumiałe kwestie.

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 kwestie, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

Faza podsumowująca:

1. Tarcza strzelnicza. Celem tej metody jest bardzo szybkie uzyskanie informacji zwrotnej. Uczniowie na tarczy strzelniczej zawieszanej w sali lekcyjnej, z użyciem karteczek samoprzylepnych, zaznaczają w skali od 0 do 10 swoje „strzały”. Koło można podzielić na części, w których oceniać można różne aspekty pracy, np. przydatność, atrakcyjność, stopień trudności materiału, zaangażowanie uczniów, zainteresowanie tematem, stopień opanowania zagadnienia wynikający z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji, itp. Nauczyciel może odnieść się do tego ogólnie na podsumowanie.

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.
2. Uczniowie mają za zadanie opisać, w jaki sposób pozbywają się z domu rzeczy przeznaczonych do recyklingu. Mają również za zadanie narysować w zeszytach oznaczenia stosowane do opisu przedmiotów wykonanych z polimerów przeznaczonych do recyklingu.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek pozwala uczniom przyswojenie zapisu reakcji otrzymywania poliestrów.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z tarczą strzelniczą oraz karteczki samoprzylepne dla uczniów oraz arkusze papieru A2/A3, mazaki, glutaki.

