



Przykładowy program nauczania do umiejętności dodatkowej (DUZ) dla zawodu technik technologii chemicznej 311603

Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym

Oś priorytetowa II. Efektywne polityki publiczne dla rynku pracy, gospodarki i edukacji

Działanie 2.15 Kształcenie i szkolenie zawodowe dostosowane do potrzeb zmieniającej się gospodarki

Konkurs nr POWR.02.15.00-IP.02-00-001/21 Opracowanie programów nauczania do umiejętności dodatkowych dla zawodów (DUZ) – II Etap (DUZ II)

PUBLIKACJA BEZPŁATNA

2022



Spis treści

Przykładowy program nauczania do umiejętności dodatkowej (DUZ) dla zawodu technik technologii chemicznej 311603 Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym

1. Założenia ogólne	4
1.1. Opis dodatkowej umiejętności zawodowej	4
1.2. Uzasadnienie ujęcia w programie nauczania zawodu dodatkowej umiejętności zawodowej, odnoszące się do potrzeb na rynku pracy	5
2. Założenia organizacyjne	7
2.1. Liczba godzin przewidzianych na realizację programu dodatkowej umiejętności zawodowej	7
2.2. Wymagane kwalifikacje osób prowadzących zajęcia w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej	8
2.3. Wyposażenie dydaktyczne niezbędne do realizacji programu dodatkowej umiejętności zawodowej	9
3. Cele kształcenia – zadania zawodowe – określone dla dodatkowej umiejętności zawodowej	9
4. Wykaz efektów kształcenia określonych dla dodatkowej umiejętności zawodowej wraz z kryteriami ich weryfikacji	10
5. Plan nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej – Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym	13
6. Program nauczania przedmiotów wyodrębnionych w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej	13
6.1. Przedmiot: Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	13
6.1.1. Cele ogólne przedmiotu	14
6.1.2. Cele operacyjne przedmiotu	14
6.1.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia	15
6.1.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu	17
6.2. Przedmiot: Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne	18
6.2.1. Cele ogólne przedmiotu	19
6.2.2. Cele operacyjne przedmiotu	19
6.2.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia	20
6.2.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu	21
6.3. Przedmiot: Komputerowa symulacja procesów technologicznych	22
6.3.1. Cele ogólne przedmiotu	22
6.3.2. Cele operacyjne przedmiotu	23
6.3.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia	24
6.3.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu	25
7. Ewaluacja programu nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej	26
7.1. Obszary ewaluacji	26
7.1.1. Cel ewaluacji	26
7.1.2. Pytania badawcze do procesu ewaluacji:	27

7.1.3. Główne kryteria ewaluacji:	27
7.2. Przykładowe narzędzia ewaluacji	28
7.3. Wzór kwestionariusza ankiety dla ucznia/nauczyciela/pracodawcy	29
8. Wykaz proponowanej literatury	34
8.1. Podręczniki i publikacje naukowe	34
8.2 Witryny internetowe	35
8.3 Zalecenia, normy, noty aplikacyjne	35

1. Założenia ogólne

Zmiany w szkolnictwie i kształceniu zawodowym wprowadzane w Polsce od 1 września 2019 r. między innymi odzwierciedlają zapotrzebowanie na ściślejszą współpracę systemu kształcenia i edukacji ze środowiskiem branżowym. Szczególnie ważne są zmiany w założeniach dotyczących kształcenia branżowego, które mają ułatwić reagowanie systemu kształcenia na aktualne zapotrzebowanie branż, zmieniające się technologie, potrzeby kompetencyjne i pojawiające się kwalifikacje rynkowe.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 3 kwietnia 2019 roku w sprawie ramowych planów nauczania dla szkół publicznych, uczniowie technikum i branżowej szkoły I stopnia oraz słuchacze szkoły policealnej w ramach obowiązkowych zajęć edukacyjnych mogą realizować kształcenie w zakresie dodatkowych umiejętności zawodowych.

Godziny stanowiące różnicę między sumą godzin obowiązkowych zajęć edukacyjnych z zakresu kształcenia zawodowego określoną w ramowym planie nauczania dla danego typu szkoły a minimalną liczbą godzin kształcenia zawodowego dla kwalifikacji wyodrębnionych w zawodzie określoną w podstawie programowej kształcenia w zawodzie szkolnictwa branżowego przeznacza się na:

- 1) zwiększenie liczby godzin obowiązkowych zajęć edukacyjnych z zakresu kształcenia w zawodzie lub
- 2) realizację obowiązkowych zajęć edukacyjnych:
- 3) przygotowujących uczniów do uzyskania dodatkowych umiejętności zawodowych związanych z nauczaniem zawodem lub
- 4) przygotowujących uczniów do uzyskania kwalifikacji rynkowej funkcjonującej w Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji, związanej z nauczaniem zawodem lub
- 5) przygotowujących uczniów do uzyskania dodatkowych uprawnień zawodowych przydatnych do wykonywania nauczanego zawodu lub
- 6) uzgodnionych z pracodawcą, których treści nauczania ustalone w formie efektów kształcenia są przydatne do wykonywania nauczanego zawodu.

Dodatkowe umiejętności zawodowe to treści nauczania, które mogą być przydatne do wykonywania zawodu, a wykraczają poza zakres podstawy programowej kształcenia w zawodzie szkolnictwa branżowego. Dodatkowe umiejętności zawodowe mogą być dodawane, zmieniane lub wykreślone na wnioski ministrów właściwych dla zawodów. Dodatkowe umiejętności zawodowe mogą być opracowane jako propozycja przewidziana dla kształcenia w jednym lub wielu zawodach w ramach określonej branży oraz dodawane, zmieniane lub wykreślone na wnioski ministrów właściwych dla zawodów. Dodatkowe umiejętności zawodowe są zajęciami edukacyjnymi przewidywanymi dla ostatnich klas szkół oferujących kształcenie zawodowe, to jest czwartej i piątej klasy technikum lub drugiej i trzeciej klasy branżowej szkoły I stopnia.

1.1. Opis dodatkowej umiejętności zawodowej

Technik technologii chemicznej, który zrealizuje w ramach kształcenia program dodatkowych umiejętności zawodowych w zakresie modelowania procesów chemicznych z użyciem programów komputerowych (symulatorów procesowych), w szczególności powinien być przygotowany do wykonywania następujących zadań zawodowych: wykonywanie komputerowych symulacji procesu technologicznego dla projektowanych, nowych instalacji przemysłowych w celu sprawdzenia m.in. ich sprawności energetycznej, wykonywania komputerowych symulacji procesu technologicznego dla istniejących instalacji w celu optymalizacji procesu technologicznego; wykonywania

komputerowych symulacji procesów chemicznych w pracach naukowych i badawczo-rozwojowych. Współczesny przemysł chemiczny to w coraz większym stopniu zaawansowane technologie i coraz bardziej złożone i skomplikowane instalacje. W przemyśle oprócz produktu finalnego coraz większy nacisk kładzie się na zmniejszenie energochłonności, zwiększenie sprawności energetycznej procesu, obniżenie ilości marnowanego ciepła oraz surowców, zmniejszenie lub wyeliminowanie odpadów (zero waste technologies). Bez względu na stopień złożoności każdy proces technologiczny w przemyśle chemicznym może być przedstawiony jako zespół operacji jednostkowych i procesów jednostkowych powiązanych ze sobą strumieniami materiałowymi. Współczesna inżynieria chemiczna w coraz szerszym zakresie wykorzystuje metody elektronicznej techniki obliczeniowej. Do najszybciej rozwijających się i zarazem najczęściej stosowanych sposobów komputerowego wspomaganie inżynierii chemicznej należą pakiety programowe, dla których dla których stosuje się ogólne określenie „chemiczne symulatory procesowe”. Zazwyczaj są to złożone, wielomodułowe, profesjonalne pakiety programowe służące do matematycznego modelowania (symulacji) całych procesów technologicznych. Jednym z takich symulatorów jest zalecany w tym programie nauczania pakiet ChemCAD firmy Chemstations Inc., przeznaczony do modelowania złożonych instalacji chemicznych. Na rynku dostępne są również inne pakiety programowe, o zbliżonej funkcjonalności, nie mniej jednak ChemCAD wydaje się być liderem wśród tego typu oprogramowania. Złożone instalacje chemiczne są w nim odwzorowane jako zespół prostych, podstawowych urządzeń odpowiednio powiązanych ze sobą. Aparaty i urządzenia, w których przebiegają operacje i procesy jednostkowe, przedstawione są w nim za pomocą symboli graficznych, identyfikujących rodzaj przedstawianego obiektu, lecz z pominięciem szczegółów konstrukcji i bez zachowania proporcji do rzeczywistych rozmiarów. Linie strumieni materiałowych ukazują ruch materiałów i kolejność ich przerobu w poszczególnych etapach badanego procesu. W symulatorach procesowych uzyskuje się poszukiwane lub projektowane wartości parametrów procesowych, możliwa jest również optymalizacja parametrów procesu w kierunku poprawy wskaźników ekonomicznych produkcji. Podstawą ilościowej oceny zużycia surowców i energii oraz wydajności produktów w danym procesie jest jego bilans materiałowy i energetyczny. Dlatego pierwszym, istotnym celem obliczeń symulacyjnych jest zbilansowanie masy i energii dla całego procesu poprzez wykonanie bilansów dla wszystkich aparatów i urządzeń umieszczonych w jego schemacie. Symulatory procesowe oferują użytkownikowi ułatwione wykorzystanie metod inżynierii chemicznej, możliwość posłużenia się schematami graficznymi, obszerne własne bazy danych i biblioteki metod rachunkowych, sprawne programy liczące oraz systemy końcowego opracowania wyników, nie mniej jednak do prawidłowego konstruowania modelu oraz właściwej interpretacji wyników niezbędna jest poszerzona wiedza z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego, podstaw chemii fizycznej w szczególności kinetyki reakcji chemicznych oraz podstaw znajomości podstawowych elementów instalacji chemicznych w tym reaktorów. Wykorzystanie potencjału obliczeniowego komputerów pozwala z jednej strony na minimalizację ilości doświadczeń prowadzonych w celu optymalizacji procesu, z drugiej strony w przypadku procesów nieznanymi, niebezpiecznymi pozwala na znaczącą poprawę bezpieczeństwa eksperymentatorów. Technik technologii chemicznej, który nabeździe dodatkową umiejętność zawodową w zakresie wykorzystania symulatorów procesowych, będzie dysponował unikalną wiedzą i umiejętnościami z zakresu projektowania i optymalizacji funkcjonowanie produkcyjnych instalacji w przemyśle chemicznym, co pozwoli mu na znalezienie zatrudnienia zarówno w sektorze produkcyjnym jak i w zespołach naukowo-badawczych.

1.2. Uzasadnienie ujęcia w programie nauczania zawodu dodatkowej umiejętności zawodowej, odnoszące się do potrzeb na rynku pracy

„Sektor chemiczny to jedna z kluczowych gałęzi polskiego przemysłu. Produkcja to ponad 340 mld zł, co stanowi około 17 % całkowitej polskiej produkcji przemysłowej. Zatrudnieni w tym sektorze w 2021 r to ponad 330 tys. pracowników. Wg analiz Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego to jedna z najdynamiczniej rozwijających się gałęzi polskiej gospodarki.”¹ Specyfika polskiego sektora chemicznego to stosunkowo wąska grupa dużych, zatrudniających ponad 1000 pracowników, przedsiębiorstw

¹ https://pipc.org.pl/wp-content/uploads/2022/11/Przemysl-chemiczny-w-Polsce_2021.pdf dostęp 12.03.2023

skupionych m.in. w Grupie Orlen, Grupie AzotyGrupie Ciech, PCC Rokita, Grupie Synthos oraz ponad 10 tys. mniejszych podmiotów. Wg raportu GUS w 2021 roku w dziale „Produkcja chemikaliów i innych wyrobów chemicznych” na ogólną liczbę 770 podmiotów zaledwie 10 podmiotów zatrudniało ponad 1 tys. pracowników, natomiast 695 podmiotów to firmy z sektora MSP, podobnie w dziale „Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych” na ogólną liczbę 2361 podmiotów zaledwie 12 zatrudniało ponad 1 tys. pracowników, natomiast 2185 podmiotów to sektor MSP2. W dużych przedsiębiorstwach funkcjonują duże, wyspecjalizowane zespoły zajmujące pracami badawczo-rozwojowymi, często określane mianem dział R&D. Utrzymywanie działów R&D jest dosyć drogie, dlatego niewiele firm w Polsce może sobie pozwolić na funkcjonowanie takich zespołów. Alternatywą dla kosztownych działów R&D mogą być wyspecjalizowane, niewielkie zespoły dysponujące możliwościami modelowania i optymalizacji procesów chemicznych z wykorzystaniem specjalistycznych symulatorów procesowych. Tego rodzaju trend dość powszechnie widoczny jest np. w energetyce i z czasem zapewne przełoży się na inne gałęzie gospodarki.

„Ogromnym wyzwaniem dla przedsiębiorstw sektora chemicznego jest pozyskanie wykwalifikowanych pracowników zdolnych do realizowania zadań zawodowych na coraz bardziej zautomatyzowanych liniach produkcyjnych. Kadry dla sektora chemicznego są przygotowywane poprzez edukację w technikach, szkołach branżowych pierwszego i drugiego stopnia, kształcenie na poziomie wyższym oraz poprzez zawodową edukację ustawiczną.

Sektor chemiczny wyróżnia także znaczny udział inwestycji obejmujących modernizację istniejących instalacji, zastosowanie nowych specjalistycznych urządzeń i linii procesowych. To powoduje zapotrzebowanie na rozwijanie kompetencji związanych z ich obsługą. Obszarem pracy chemików są także laboratoria chemiczne, gdzie prowadzona jest analiza jakości stosowanych reagentów oraz kontrola i ocena pracy procesów technologicznych a także prace badawczo-rozwojowe. Są one wyposażone w coraz nowocześniejszą aparaturę. To wymaga rozwoju kompetencji związanych zarówno z przygotowaniem specjalistycznych aparatów i urządzeń, ich obsługą oraz opracowaniem uzyskanych wyników, wyniki uzyskane za pomocą symulatorów procesowych mogą być pomocne w np. wpływu zanieczyszczeń substratów na jakość finalnego produktu”³.

Obecnie znaczna część nakładów w sektorze chemicznym przeznaczana jest na poprawę efektywności ekonomicznej procesów produkcyjnych. Obecny kryzys energetyczny spowoduje znaczący wzrost zainteresowania działaniami optymalizującymi, zmniejszającym konsumpcję energii w procesie. Tego rodzaju działania oferują m.in. operatorzy symulatorów procesowych. Sektor chemiczny podlega zróżnicowanym procesom wynikającym z postępu technologicznego, ochrony środowiska i wymogów bezpieczeństwa. To powoduje, że niezwykle istotne jest pozyskanie wiedzy o potrzebach kwalifikacyjno-zawodowych w sektorze i systematyczne uaktualnianie tej wiedzy.

Ze względu na zróżnicowanie sektora eksperci Sektorowej Rady ds. Kompetencji Sektora Chemicznego przeprowadzili wywiady – konsultacje z przedstawicielami przedsiębiorstw i organizacji branżowych. Szczególną uwagę zwrócono na informacje pozyskane od zróżnicowanych branżowo przedstawicieli przemysłu

„Kompleksowo prowadzone działania konsultacyjne wśród pracodawców reprezentatywnych dla poszczególnych gałęzi sektora chemicznego wskazały na bardzo duże zapotrzebowanie na specjalistyczne kwalifikacje/kompetencje w branży chemicznej. W ramach konsultacji eksperci Rady przeprowadzili szereg wywiadów

² Rocznik Statystyczny Przemysłu 2022, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2022, Red. Dominik Rozkrut

³ [<https://www.parp.gov.pl/storage/grants/documents/311/Rekomendacja-Rady-ds.-kompetencji-w-sektorze-chemii.pdf> dostęp 5.03.2022]

z pracodawcami, zostały opracowane specjalistyczne ankiety, których wyniki poddano szczegółowej analizie, a następnie opracowania te ponownie poddano ocenie merytorycznej przez pracodawców”⁴..

2. Założenia organizacyjne

2.1. Liczba godzin przewidzianych na realizację programu dodatkowej umiejętności zawodowej

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 16 maja 2019 r. w sprawie podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz dodatkowych umiejętności zawodowych w zakresie wybranych zawodów szkolnictwa branżowego dla zawodu Technik technologii chemicznej 311603 wyodrębniono dwie kwalifikacje:

- CHM.02. Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego;
- CHM.06. Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym.

Minimalna liczba godzin kształcenia zawodowego dla tych kwalifikacji została podana w Tabeli nr 1.

Tabela 1 Minimalna liczba godzin kształcenia zawodowego dla kwalifikacji wyodrębnionych w zawodzie Technik technologii chemicznej

Numer kwalifikacji	Nazwa kwalifikacji	Minimalna ilość godzin dla kwalifikacji
CHM.02.	Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego	790
CHM.06.	Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym	530

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 3 kwietnia 2019 roku w sprawie ramowych planów nauczania dla publicznych szkół (Dz. U. 2019, poz. 639 z późn. zm.) w 5-letnim technikum łączna liczba godzin przeznaczona na kształcenie zawodowe w tygodniu wynosi 56.

Do obliczeń przyjmuje się, że średnio w każdym roku jest 30 tygodni, co daje razem 1680 godzin w całym okresie nauczania na kształcenie zawodowe w technikum. Różnica godzin między sumą godzin obowiązkowych zajęć edukacyjnych z zakresu kształcenia zawodowego określoną w ramowym planie nauczania dla danego typu szkoły, a minimalną liczbą godzin kształcenia zawodowego dla kwalifikacji wyodrębnionych w zawodzie Technik technologii chemicznej 311603 (dla obydwu wyodrębnionych w zawodzie kwalifikacji: CHM.02. Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego oraz CHM.06. Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym) wynosi 1680 godz. - (790 godz. + 530 godz.) = 360 godz. Jest to liczba godzin, która może być przeznaczona na zajęcia w ramach dodatkowych umiejętności zawodowych.

Wskazany zestaw efektów kształcenia w ramach niniejszego programu dodatkowych umiejętności zawodowych zaplanowano na minimum:

- liczba godzin – 100 (teoretyczne zajęcia zawodowe)

⁴ [<https://www.parp.gov.pl/storage/grants/documents/311/Rekomendacja-Rady-ds.-kompetencji-w-sektorze-chemii.pdf> dostęp 5.03.2022]

- liczba godzin – 100 (zajęcia praktyczne – ćwiczenia z symulatorem procesowym)
- czas trwania – 2 lata, klasa 4 i 5.

Okres nauczania w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej (DUZ) wynosi 2 lata, zaczyna się w czwartej klasie i kończy w klasie piątej. Proponowana tygodniowa liczba to 4-8 godzin zajęć teoretycznych i zajęć praktycznych.

Zajęcia powinny odbywać się w grupach klasowych z możliwością podziału na mniejsze zespoły (2-3 osobowe) do realizacji wybranych zadań i ćwiczeń, liczba uczestników uzależniona jest od możliwości sprzętowych szkoły. Sale dydaktyczne powinny być wyposażone zgodnie z wytycznymi programu.

Zaleca się samodzielne wykonywanie przez uczestników programu, ćwiczeń praktycznych, projektowych symulujących rzeczywiste procesy chemiczne.

Zajęcia powinny być prowadzone z wykorzystaniem różnych form pracy aktywizującej uczniów np. praca w grupach, metoda projektu, metoda tekstu przewodniego i inne.

2.2. Wymagane kwalifikacje osób prowadzących zajęcia w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej

Wymagania kwalifikacyjne osób prowadzących zajęcia w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej określają przepisy Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 24 lipca 2020 roku w sprawie szczegółowych kwalifikacji wymaganych od nauczycieli (Dz.U. z 2020 r. poz. 1289).

Szczegółowe wymagania osób prowadzących zajęcia to:

- ukończone studia pierwszego stopnia na kierunku (specjalności) zgodnym z nauczaniem przedmiotem oraz przygotowanie pedagogiczne lub
- studia pierwszego stopnia na kierunku, którego efekty kształcenia, obejmują treści nauczanego przedmiotu, wskazane w opisie dla tego przedmiotu, oraz przygotowanie pedagogiczne, lub
- studia drugiego stopnia lub jednolite studia magisterskie, na kierunku (specjalności) innym niż wymieniony w pkt. powyżej, i studia podyplomowe w zakresie nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć oraz posiadanie przygotowania pedagogicznego,

W uzasadnionych przypadkach w szkole, która realizuje dodatkową umiejętność zawodową, może być, za zgodą organu prowadzącego, zatrudniona osoba niebędąca nauczycielem, posiadająca przygotowanie uznane przez dyrektora szkoły za odpowiednie do prowadzenia zajęć w ramach programu Dodatkowych umiejętności zawodowych: Zarządzanie bezpieczeństwem w procesach chemicznych. Osobę, zatrudnia się na zasadach określonych w ustawie z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy (tekst jedn. Dz.U. 2020 poz. 1320 z późn. zm.), z tym, że do tej osoby stosuje się odpowiednio przepisy dotyczące tygodniowego obowiązkowego wymiaru godzin zajęć edukacyjnych nauczycieli oraz ustala się jej wynagrodzenie nie wyższe niż 184% kwoty bazowej, określanej dla nauczycieli corocznie w ustawie budżetowej. Organy prowadzące szkoły mogą upoważniać dyrektorów szkół, w indywidualnych przypadkach, do przyznawania wynagrodzenia w wyższej wysokości.

Osoby prowadzące zajęcia powinny posiadać bardzo dobrą znajomość zagadnień w ramach realizowanego programu Dodatkowych umiejętności zawodowych, w szczególności te związane z:

- termodynamiką i kinetyką reakcji chemicznych,
- przemysłowymi instalacjami chemicznymi, w szczególności reaktorami chemicznymi,

- analizą matematyczną, w szczególności rachunkiem różniczkowym i całkowym,
- modelowaniem procesów chemicznych.

Wskazane jest doświadczenie w pracy zawodowej związanej z wykorzystaniem komputerowych symulatorów procesowych.

Szkoła lub uprawniona placówka oświatowa organizująca zajęcia w ramach dodatkowych umiejętności zawodowych musi zapewnić możliwość szkolenia stacjonarnego, m.in. komputery z dostępem do Internetu, z pakietem programów biurowych oraz specjalistycznym oprogramowaniem umożliwiającym przeprowadzenie zajęć zgodnie z założeniami programu nauczania.

2.3. Wyposażenie dydaktyczne niezbędne do realizacji programu dodatkowej umiejętności zawodowej

Szkoła do prowadzenia kształcenia w zakresie dodatkowej umiejętności zawodowej zapewnia pomieszczenia dydaktyczne z wyposażeniem niezbędnym do osiągnięcia wszystkich efektów kształcenia określonych w programie nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej – „Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym” oraz umożliwić przygotowanie uczniów do wykonywania zadań zawodowych w tym zakresie.

Zajęcia edukacyjne z przedmiotów: Rachunek różniczkowy i całkowy, Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej, Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne powinny być prowadzone w pracowniach wyposażonych w sprzęt audiowizualny (nagłośnienie, rzutnik multimedialny) opcjonalnie może to być interaktywna tablica multimedialna oraz komputery z dostępem do internetu. Liczba stanowisk komputerowych powinna odpowiadać liczbie uczniów (opcjonalnie umożliwiające pracę w grupach 2-osobowych). Nauczyciel powinien dysponować dostępem do komputera z dostępem do internetu drukarki i skanera. Wszystkie komputery powinny posiadać podstawowe oprogramowanie biurowe, w tym edytor tekstu oraz arkusz kalkulacyjny, dodatkowo zalecane jest zainstalowanie oprogramowania specjalistycznego np. MATLAB i Simulink, GeoGebra, umożliwiające wspomaganie procesu uczenia matematyki i chemii fizycznej. Pracownie powinny umożliwiać zespołową pracę uczniów w różnych konfiguracjach organizacyjnych oraz uczenie się uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi. W pracowni powinny znajdować się następujące środki dydaktyczne: pomoce naukowe w postaci makiet i modeli prostych reaktorów chemicznych, przykładowych instalacji do syntez chemicznych, zestawów do demonstracji procesów wymiany i przepływu ciepła, zestawów dydaktycznych przedstawiających przemiany gazowe, zestawów dydaktycznych pokazujących stałość temperatury w trakcie przemiany fazowej (krzepnięcie wody, wrzenie wody) zestawy tablic edukacyjnych z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego, termodynamiki i kinetyki chemicznej karty samooceny, karty pracy dla uczniów, fachowa literatura, czasopisma, filmy i prezentacje multimedialne. Zajęcia praktyczne z zakresu Komputerowa symulacja procesu technologicznego dodatkowo wymaga dostępu do pakietu oprogramowania do komputerowej symulacji procesów chemicznych (zalecany Pakiet ChemCAD) z odpowiednią liczbą licencji, tak aby umożliwić uczniom pracę indywidualną. Tablice multimedialne w pracowniach do komputerowej symulacji procesów chemicznych powinny umożliwiać również pracę grupową zespołów uczniowskich oraz ułatwiać bieżącą weryfikację postępów zdobywania wiedzy.

3. Cele kształcenia – zadania zawodowe – określone dla dodatkowej umiejętności zawodowej

Absolwent szkoły prowadzącej kształcenie w zawodzie technik technologii chemicznej, który w ramach nauczania zawodu zrealizował program dodatkowej umiejętności zawodowej (DUZ): Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym, powinien być przygotowany do wykonywania następujących zadań zawodowych:

- 1) wykonywania komputerowych symulacji dla operacji jednostkowych i procesów jednostkowych;
- 2) wykonywania komputerowych symulacji procesu technologicznego dla istniejących instalacji;

3) wykonywania komputerowych symulacji procesu technologicznego dla projektowanych instalacji

4. Wykaz efektów kształcenia określonych dla dodatkowej umiejętności zawodowej wraz z kryteriami ich weryfikacji

Do wykonywania zadań zawodowych w zakresie dodatkowej umiejętności zawodowej niezbędne jest osiągnięcie niżej wymienionych efektów kształcenia

Tabela 2 Efekty kształcenia i kryteria weryfikacji

Efekty kształcenia	Kryteria weryfikacji
Uczeń:	Uczeń:
1) charakteryzuje przemiany fizyczne i reakcje chemiczne którym towarzyszą efekty energetyczne	1) rozróżnia przemianę fizyczną od reakcji chemicznej 2) definiuje różne formy energii 3) wyjaśnia zerową zasady termodynamiki 4) definiuje parametry intensywne i ekstensywne 5) definiuje pojęcie układu i otoczenia 6) wyjaśnia prawo zachowania energii
2) charakteryzuje zjawiska i procesy wynikające z pierwszej zasady termodynamiki	1) definiuje układ izolowany 2) wyjaśnia pierwszą zasadę termodynamiki 3) wyjaśnia pojęcie funkcje stanu; 4) wyjaśnia pojęcie funkcje procesu chemicznego; 5) definiuje termodynamiczną funkcje stanu - energię wewnętrzną U 6) definiuje termodynamiczną funkcje stanu – entalpię H 7) wyjaśnia procesy przemiany różnych form energii
3) wyznacza efekty energetyczne reakcji chemicznych	1) wyjaśnia na czym polega prawo Hessa 2) definiuje pojęcie standardowej entalpii tworzenia 3) definiuje pojęcie ciepła właściwego 4) definiuje pojęcie ciepła molowego 5) rozróżnia pojęcia ciepła właściwego 6) posługuje się pojęciami ciepła molowego gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości; 7) wyznacza ciepło reakcji w stałej objętości i w stałym ciśnieniu
4) charakteryzuje konsekwencje energetyczne drugiej i trzeciej zasady termodynamiki	1) omawia II zasadę termodynamiki 2) definiuje termodynamiczną funkcję stanu - entropię S 3) definiuje termodynamiczną funkcję stanu – energię swobodną F 4) definiuje termodynamiczną funkcję stanu – entalpię swobodną G 5) omawia III zasadę termodynamiki

Efekty kształcenia Uczeń:	Kryteria weryfikacji Uczeń:
	6) stosuje Prawo Kirchhoffa 7) definiuje pojęcie fazy 8) definiuje pojęcie przemiany fazowej 9) rozróżnia procesy odwracalne i nieodwracalne 10) definiuje procesy samorzutne i niesamorzutne 11) definiuje procesy egzotermiczne i endoergiczne
5) wyjaśnia efekty energetyczne przemian gazu doskonałego	1) objaśnia przemianę izotermiczną 2) objaśnia przemianę izobaryczną 3) objaśnia przemianę izochoryczną 4) objaśnia przemianę adiabatyczną 5) stosuje równanie gazu doskonałego
6) wyjaśnia pojęcia równowagi chemicznej i równowagi fazowej	1) definiuje pojęcie równowagi chemicznej 2) definiuje pojęcie równowagi fazowej 3) wyjaśnia prawo działania mas 4) definiuje pojęcie stopień swobody 5) stosuje regułę faz Gibbsa
7) wyjaśnia mechanizmy transportu masy i energii wewnątrz układu termodynamicznego	1) wyjaśnia zjawisko dyfuzji i termodyfuzji 2) objaśnia mechanizmy wymiany ciepła 3) wyznacza wartości ciepła przepływającego przez przegrody płaskie
8) wyjaśnia mechanizmy wpływające na szybkość reakcji chemicznych	1) omawia metody badania kinetyki reakcji chemicznych 2) wyjaśnia pojęcia szybkości, rzędowości, cząsteczkowości reakcji chemicznej 3) przedstawia podstawowe równania kinetyczne reakcji 4) wyjaśnia wpływ temperatury na szybkość reakcji 5) stosuje równanie Arrheniusa 6) definiuje pojęcie katalizy i katalizatora 7) definiuje energię aktywacji procesu 8) definiuje pojęcie inhibicji i inhibitora
9) opisuje operacje jednostkowe występujące w procesach chemicznych	1) charakteryzuje operacje jednostkowe cieplne, mechaniczne i dyfuzyjne, podaje przykłady 2) charakteryzuje przepływy, mieszanie, filtrowanie 3) charakteryzuje przewodzenie, konwekcję wymuszoną i naturalną 4) charakteryzuje destylację, rektyfikację, ekstrakcję 5) charakteryzuje krystalizację i suszenie

Efekty kształcenia	Kryteria weryfikacji
Uczeń:	Uczeń:
	6) charakteryzuje operacje membranowe ciśnieniowe, cieplne i dyfuzyjne, podaje przykłady
10) objaśnia działanie reaktorów stosowanych w przemyśle chemicznym	1) rozróżnia reaktory dla układów homogenicznych i heterogenicznych 2) rozróżnia reaktory ciśnieniowe i bezciśnieniowe 3) objaśnia działanie reaktora periodycznego dla układów homogenicznych 4) objaśnia działanie reaktora rurowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych 5) objaśnia działanie reaktora zbiornikowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych 6) objaśnia działanie reaktora adiabaticznego i autotermicznego 7) objaśnia działanie kaskady reaktorów 8) klasyfikuje rodzaje reaktorów heterogenicznych 9) objaśnia działanie reaktora ze stałym złożem ciała stałego 10) objaśnia działanie reaktora z ruchomym złożem ciała stałego
11) objaśnia zasady sporządzania bilansu materiałowego i energetycznego dla procesu technologicznego	1) stosuje prawo zachowania masy 2) objaśnia zasady sporządzania strumieniowego bilansu materiałowego 3) objaśnia zasady sporządzania składnikowego bilansu materiałowego 4) rozróżnia bilans materiałowy teoretyczny i praktyczny 5) sporządza wykresy strumieniowe 6) stosuje prawo zachowania energii 7) definiuje pojęcie strat cieplnych 8) objaśnia zasady sporządzania bilansu energetycznego dla procesów periodycznych 9) objaśnia zasady sporządzania bilansu energetycznego dla procesów ciągłych
12) charakteryzuje dostępne zasoby i funkcjonalności modułów pakietu oprogramowania do symulacji procesu technologicznego	1) uruchamia oprogramowanie do symulacji procesu technologicznego 2) nawiguje pomiędzy poszczególnymi modułami pakietu oprogramowania 3) korzysta z dostępnych instrukcji i systemów podpowiedzi pakietu oprogramowania 4) opisuje zasoby poszczególnych modułów pakietu oprogramowania 5) określa funkcjonalności poszczególnych modułów pakietu oprogramowania
13) sporządza schematy procesu technologicznego z wykorzystaniem oprogramowania do symulacji	1) tworzy i nazywa pliki dla zadania projektowego 2) identyfikuje symbole graficzne przypisane do urządzeń i operacji jednostkowych 3) rozmieszcza na schemacie urządzenia i strumienie substancji uczestniczących w procesie 4) określa parametry substancji uczestniczących w procesie 5) określa składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu
14) analizuje proces pełnej komputerowej symulacji procesu na podstawie przykładowych symulacji dostępnych w pakiecie	1) uruchamia przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania 2) analizuje metody doboru parametrów procesu użyte w przykładowej symulacji

Efekty kształcenia	Kryteria weryfikacji
Uczeń:	Uczeń:
oprogramowania	3) dokonuje zmian termodynamicznych metod opisu równowag chemicznych w przykładowej symulacji 4) dokonuje zmian termodynamicznych metod opisu równowag fazowych w przykładowej symulacji 5) dokonuje zmian metod obliczania entalpii strumieni materiałowych w przykładowej symulacji 6) dokonuje zmian innych parametrów procesu w przykładowej symulacji
15) przeprowadza komputerowe symulacje prostych i złożonych procesów technologicznych	1) tworzy schemat procesu technologicznego 2) wybiera substancje uczestniczące w procesie 3) wyznacza parametry substancji uczestniczących w procesie 4) wybiera termodynamiczne metody opisu równowag chemicznych 5) wybiera termodynamiczne metody opisu równowag fazowych 6) określa składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu 7) podaje niezbędne parametry aparatów i urządzeń umieszczonych w schemacie 8) wykonuje obliczenia symulacyjne 9) analizuje wyniki obliczeń 10) przygotowuje raporty z wykonanej symulacji

5. Plan nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej – Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym

Tabela 3 Plan nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej

Nazwa przedmiotu/zajęć	Liczba godzin	Uwagi do realizacji (forma zajęć np. wykład, ćwiczenia praktyczne, zajęcia w zakładzie pracy, itp.)
1) Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	40	Zajęcia teoretyczne zawodowe (wykład, ćwiczenia praktyczne)
2) Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne	60	Zajęcia teoretyczne zawodowe (wykład, ćwiczenia praktyczne)
3) Komputerowe symulacje procesów technologicznych	100	Zajęcia praktyczne (ćwiczenia z wykorzystaniem oprogramowania do symulacji procesów technologicznych)
Razem	200	

6. Program nauczania przedmiotów wyodrębnionych w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej

6.1. Przedmiot: Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej

6.1.1. Cele ogólne przedmiotu

Cele ogólne przedmiotu to:

- poznanie prawa zachowania energii, podstaw termodynamiki i zerowej zasady termodynamiki;
- poznanie I, II i III zasady termodynamiki;
- poznanie Prawa Hessa oraz doświadczalnych metod wyznaczania ciepła reakcji;
- poznanie związków między funkcjami termodynamicznymi;
- poznanie Prawa Kirchhoffa, prawa działania mas i reguły faz Gibbsa
- poznanie funkcji termodynamicznych gazu doskonałego;
- poznanie mechanizmów transportu energii i masy wewnątrz układu termodynamicznego;
- poznanie podstaw kinetyki chemicznej oraz metod badania kinetyki reakcji chemicznych;
- poznanie podstawowych równań kinetycznych.

6.1.2. Cele operacyjne przedmiotu

Cele operacyjne przedmiotu to:

- wyjaśnić prawo zachowania energii, zerową zasadę termodynamiki oraz zdefiniować parametry intensywne i ekstensywne;
- wyjaśnić I, II i III zasadę termodynamiki;
- definiować termodynamiczne funkcje stanu - energię wewnętrzną U i entalpię H ;
- wyjaśnić prawo Hessa;
- definiować pojęcie ciepła właściwego i ciepła molowego;
- wyznaczyć ciepło reakcji w stałej objętości i w stałym ciśnieniu;
- definiować termodynamiczną funkcję stanu - entropię S , energię swobodną F i entalpię swobodną G ;
- omówić Prawo Kirchhoffa;

- definiować pojęcie fazy oraz przemiany fazowej;
- wyjaśnić pojęcia równowagi chemicznej i równowagi fazowej;
- wyjaśnić pojęcia procesy odwracalne i nieodwracalne oraz procesy samorzutne i niesamorzutne;
- definiować procesy egzoergiczne i endoergiczne;
- obliczyć standardową entalpie swobodną reakcji;
- objaśnić funkcje termodynamiczne gazu doskonałego, stosować równanie gazu doskonałego;
- definiować pojęcie stopień swobody oraz stosować regułę faz Gibbsa;
- wyjaśnić zjawisko dyfuzji, termodyfuzji oraz mechanizmy wymiany ciepła;
- wyjaśniać pojęcia szybkości, rzędowości, cząsteczkowości reakcji chemicznej;
- wyjaśniać wpływ temperatury na szybkość reakcji;
- definiować pojęcie katalizy i katalizatora oraz inhibicji i inhibitora;
- definiować energię aktywacji procesu.

6.1.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Tabela 4 Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe Uczeń:	Uwagi o realizacji
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Podstawy termodynamiki	4	charakteryzuje przemiany fizyczne i reakcje chemiczne którym towarzyszą efekty energetyczne	1) rozróżnia przemianę fizyczną od reakcji chemicznej 2) definiuje różne formy energii 3) wyjaśnia zerową zasady termodynamiki 4) definiuje parametry intensywne i ekstensywne 5) definiuje pojęcie układu i otoczenia 6) wyjaśnia prawo zachowania energii	Klasa 4
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Pierwsza zasada termodynamiki	4	charakteryzuje zjawiska i procesy wynikające z pierwszej zasady	1) definiuje układ izolowany 2) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki 3) wyjaśnia pojęcie funkcje stanu	Klasa 4

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe Uczeń:	Uwagi o realizacji
			termodynamiki	4) wyjaśnia pojęcie funkcje procesu chemicznego 5) definiuje termodynamiczną funkcje stanu - energię wewnętrzną U 6) definiuje termodynamiczną funkcje stanu – entalpię H 7) wyjaśnia procesy przemiany różnych form energii	
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Prawo Hessa	7	wyznacza efekty energetyczne reakcji chemicznych	1) stosuje prawo Hessa 2) definiuje pojęcie standardowej entalpii tworzenia 3) definiuje pojęcie ciepła właściwego 4) definiuje pojęcie ciepła molowego 5) rozróżnia pojęcia ciepła właściwego 6) posługuje się pojęciami ciepła molowego gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości 7) wyznacza ciepło reakcji w stałej objętości i w stałym ciśnieniu	Klasa 4
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Druga i trzecia zasada termodynamiki	7	charakteryzuje konsekwencje energetyczne drugiej i trzeciej zasady termodynamiki	1) stosuje II i III zasadę termodynamiki 2) definiuje termodynamiczną funkcję stanu: - entropię S 3) definiuje termodynamiczną funkcję stanu – energię swobodną F 4) definiuje termodynamiczną funkcję stanu – entalpię swobodną G 5) stosuje Prawo Kirchhoffa 6) definiuje pojęcie fazy 7) definiuje pojęcie przemiany fazowej 8) definiuje procesy odwracalne i nieodwracalne 9) definiuje procesy samorzutne i niesamorzutne 10) definiuje procesy egzoergiczne i endoergiczne	Klasa 4
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Przemiany gazu doskonałego	3	wyjaśnia efekty energetyczne przemian gazu doskonałego	1) objaśnia przemianę izotermiczną 2) objaśnia przemianę izobaryczną 3) objaśnia przemianę izochoryczną 4) objaśnia przemianę adiabatyczną 5) stosuje równanie gazu doskonałego	Klasa 5
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Statyka chemiczna	5	wyjaśnia pojęcia równowagi chemicznej i równowagi fazowej	1) definiuje pojęcie równowagi chemicznej 2) definiuje pojęcie równowagi fazowej 3) stosuje prawo działania mas 4) definiuje pojęcie stopień swobody	Klasa 5

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe Uczeń:	Uwagi o realizacji
				5) stosuje regułę faz Gibbsa	
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Transport masy i energii w układzie termodynamicznym	3	wyjaśnia mechanizmy transportu masy i energii wewnątrz układu termodynamicznego	1) wyjaśnia zjawisko dyfuzji i termodyfuzji 2) objaśnia mechanizmy wymiany ciepła 3) wyznacza wartości ciepła przepływającego przez przegrody płaskie	Klasa 5
Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej	Kinetyka reakcji chemicznych	7	wyjaśnia mechanizmy wpływające na szybkość reakcji chemicznych	1) stosuje metody badania kinetyki reakcji chemicznych 2) wyjaśnia pojęcia szybkości, rzędowości, cząsteczkowości reakcji chemicznej 3) stosuje podstawowe równania kinetyczne reakcji 4) wyjaśnia wpływ temperatury na szybkość reakcji 5) stosuje równanie Arrheniusa 6) definiuje pojęcie katalizy i katalizatora 7) definiuje energię aktywacji procesu 8) definiuje pojęcie inhibicji i inhibitora	Klasa 5

6.1.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu

Metody nauczania

Metody podające:

- wykłady wprowadzające w tematykę, prezentacje multimedialne.

Metody eksponujące:

- filmy tematyczne.

Metody aktywizujące:

- studium przypadku – np. analiza efektów cieplnych towarzyszących przemianom fazowym,
- studium przypadku – np. przykłady z otaczającej przyrody świadczące o samorzutnym wzroście entropii.

Metody praktyczne:

- ćwiczenia przedmiotowe – np. wykorzystanie środków dydaktycznych przedstawiających przemiany gazowe,

- ćwiczenia przedmiotowe – np. ćwiczenia pokazujące stałość temperatury w trakcie przemiany fazowej (krzepnięcie wody, wrzenie wody).

Obudowa dydaktyczna

Pracownia przedmiotowa powinna umożliwiać zespołową pracę uczniów w różnych konfiguracjach organizacyjnych oraz uczenie się uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.

Pracownia przedmiotowa powinna być wyposażona w: prezentacje multimedialne z termodynamiki i kinetyki reakcji chemicznych. Środki i pomoce dydaktyczne powinny ułatwiać przyswajanie nabytej wiedzy i umiejętności.

Ponadto w pracowni przedmiotowej powinny znajdować się następujące środki dydaktyczne:

- zestawy do demonstracji praw gazowych,
- zestawy do pomiaru temperatury w trakcie przemian fazowych wody (krzepnięcie i wrzenie) i innych substancji,
- zestawy tablic edukacyjnych ilustrujących efekty cieplne reakcji chemicznych i przemian gazowych,
- karty samooceny,
- karty pracy dla uczniów.

Warunki realizacji

Zajęcia edukacyjne z przedmiotu: Podstawy termodynamiki i kinetyki chemicznej, powinny być prowadzone w pracowni wyposażonej w sprzęt audiowizualny (nagłośnienie, rzutnik) oraz komputery z dostępem do internetu. Liczba stanowisk komputerowych powinna być dostosowana do liczby uczniów (opcjonalnie umożliwiające pracę w grupach 2-osobowych). Nauczyciel powinien dysponować komputerem z dostępem do internetu, drukarką i skanerem. Wszystkie komputery powinny posiadać podstawowe oprogramowanie biurowe, w tym edytor tekstu oraz arkusz kalkulacyjny.

Proponowane metody sprawdzania osiągnięć edukacyjnych ucznia

Stopień opanowania wiadomości przez uczniów powinien być sprawdzany w formie prac pisemnych, testów i odpowiedzi ustnych. W przypadku oceny prezentacji należy zwrócić uwagę na zaangażowanie w przygotowanie, podział obowiązków, zakres prac.

Wymagania edukacyjne, metody oraz środki dydaktyczne i formy kształcenia, powinny być odpowiednio dobrane do potrzeb i możliwości uczniów.

6.2. Przedmiot: Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne



6.2.1. Cele ogólne przedmiotu

Cele ogólne przedmiotu to:

- charakteryzowanie operacji jednostkowych klasycznych;
- charakteryzowanie operacji jednostkowych membranowych;
- poznanie typów reaktorów stosowanych dla układów homogenicznych;
- poznanie budowy reaktorów do pracy ciągłej;
- poznanie charakterystyki charakteryzowanie reaktorów do pracy periodycznej;
- poznanie typów reaktorów stosowanych dla układów heterogenicznych;
- nabycie umiejętności sporządzania bilansu materiałowego procesu technologicznego;
- nabycie umiejętności sporządzania bilansu energetycznego procesu technologicznego.

6.2.2. Cele operacyjne przedmiotu

Cele operacyjne przedmiotu to:

- opisać operacje jednostkowe mechaniczne, cieplne i dyfuzyjne;
- rozróżniać operacje membranowe ciśnieniowe, cieplne i dyfuzyjne;
- objaśnić działanie reaktora periodycznego oraz rurowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych;
- objaśnić działanie reaktora zbiornikowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych;
- objaśnić działanie reaktora adiabatyicznego i autotermicznego;
- charakteryzować działanie kaskady reaktorów;
- opisać rodzaje reaktorów heterogenicznych;
- objaśnić działanie reaktora ze stałym i ruchomym złożem ciała stałego;
- definiować zasady sporządzania bilansu materiałowego i energetycznego procesu technologicznego.

6.2.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Tabela 5 Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe	Uwagi o realizacji
Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne	Operacje jednostkowe w procesach chemicznych	24	opisuje operacje jednostkowe występujące w procesach chemicznych	1) objaśnia operacje jednostkowe mechaniczne, podaje przykłady 2) charakteryzuje przepływy, mieszanie, filtrowanie 3) definiuje operacje jednostkowe cieplne, podaje przykłady 4) charakteryzuje przewodzenie, konwekcję wymuszoną i naturalną 5) definiuje operacje jednostkowe dyfuzyjne, podaje przykłady 6) charakteryzuje destylację, rektyfikację, ekstrakcję 7) charakteryzuje krystalizację i suszenie 8) definiuje operacje membranowe ciśnieniowe, podaje przykłady 9) rozróżnia operacje membranowe cieplne, podaje przykłady 10) rozróżnia operacje membranowe dyfuzyjne, podaje przykłady	Klasa 4
Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne	Reaktory chemiczne	24	objaśnia działanie reaktorów stosowanych w przemyśle chemicznym	1) rozróżnia reaktory dla układów homogenicznych i heterogenicznych 2) rozróżnia reaktory ciśnieniowe i bezciśnieniowe 3) objaśnia działanie reaktora periodycznego dla układów homogenicznych 4) objaśnia działanie reaktora rurowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych 5) objaśnia działanie reaktora zbiornikowego do pracy ciągłej dla układów homogenicznych 6) objaśnia działanie reaktora adiabatycznego i autotermicznego 7) objaśnia działanie kaskady reaktorów 8) rozróżnia rodzaje reaktorów heterogenicznych 9) objaśnia działanie reaktora ze stałym złożem ciała stałego 10) objaśnia działanie reaktora z ruchomym złożem ciała stałego	Klasa 5
Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne	Bilans materiałowy i energetyczny dla procesu technologicznego	12	objaśnia zasady sporządzania bilansu materiałowego i energetycznego dla procesu technologicznego	1) stosuje prawo zachowania masy 2) objaśnia zasady sporządzania strumieniowego bilansu materiałowego 3) objaśnia zasady sporządzania składnikowego bilansu materiałowego 4) rozróżnia bilans materiałowy teoretyczny i praktyczny	Klasa 5

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe	Uwagi o realizacji
				5) sporządza wykresy strumieniowe 6) stosuje prawo zachowania energii 7) definiuje pojęcie strat cieplnych 8) objaśnia zasady sporządzania bilansu energetycznego dla procesów periodycznych 9) objaśnia zasady sporządzania bilansu energetycznego dla procesów ciągłych	

6.2.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu

Metody nauczania

Metody podające:

- wykłady wprowadzające w tematykę, prezentacje multimedialne.

Metody eksponujące:

- filmy tematyczne, filmy instruktażowe.

Metody aktywizujące:

- studium przypadku – np. analiza schematów przykładowych procesów technologicznych instalacji,
- studium przypadku – np. analiza przykładowych instalacji przemysłowych w przemyśle chemicznym.

Metody praktyczne:

- ćwiczenia przedmiotowe – np. graficzne przedstawianie procesów chemicznych,
- ćwiczenia przedmiotowe – np. dobór reaktora do wybranego procesu syntezy,
- metoda projektów – np. opracowanie projektu procesu technologicznego dla wybranego procesu syntezy.

Obudowa dydaktyczna

Pracownia przedmiotowa powinna umożliwiać zespołową pracę uczniów w różnych konfiguracjach organizacyjnych oraz uczenie się uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.

Pracownia przedmiotowa powinna być wyposażona w: prezentacje multimedialne z budowy instalacji przemysłowych w przemyśle chemicznym. Środki i pomoce dydaktyczne powinny ułatwiać przyswajanie nabytej wiedzy i umiejętności.

Ponadto w pracowni przedmiotowej powinny znajdować się następujące środki dydaktyczne:

- modele elementów instalacji produkcyjnej (pompy, wymienniki ciepła, kolumny rektyfikacyjne, kolumny destylacyjne, wyparki, suszarki),
- modele reaktorów,
- karty samooceny,
- karty pracy dla uczniów,
- fachowa literatura,
- czasopisma.

Warunki realizacji

Zajęcia edukacyjne z przedmiotu: Operacje jednostkowe i reaktory chemiczne, powinny być prowadzone w pracowni wyposażonej w sprzęt audiowizualny (nagłośnienie, rzutnik) oraz komputery z dostępem do internetu. Liczba stanowisk komputerowych powinna być dostosowana do liczby uczniów (opcjonalnie umożliwiające pracę w grupach 2-osobowych). Nauczyciel powinien dysponować komputerem z dostępem do internetu, drukarką i skanerem. Wszystkie komputery powinny posiadać podstawowe oprogramowanie biurowe, w tym edytor tekstu oraz arkusz kalkulacyjny.

Proponowane metody sprawdzania osiągnięć edukacyjnych ucznia

Stopień opanowania wiadomości przez uczniów powinien być sprawdzany w formie prac pisemnych, testów i odpowiedzi ustnych. W przypadku oceny prezentacji należy zwrócić uwagę na zaangażowanie w przygotowanie, podział obowiązków, zakres prac.

Wymagania edukacyjne, metody oraz środki dydaktyczne i formy kształcenia, powinny być odpowiednio dobrane do potrzeb i możliwości uczniów.

6.3. Przedmiot: Komputerowa symulacja procesów technologicznych

6.3.1. Cele ogólne przedmiotu

Cele ogólne przedmiotu to:

- poznanie funkcjonalności podstawowych modułów pakietu symulacyjnego oraz biblioteki danych termodynamicznych;
- charakteryzowanie elementów graficznych odpowiadających urządzeniom i procesom jednostkowym;
- nabycie umiejętności rozmieszczania na schemacie technologicznym urządzeń i strumieni łączących;

- sposobu nabycie umiejętności wyboru substancji uczestniczących w procesie;
- rozróżnianie dostępnych w programie metod opisu równowag chemicznych i fazowych;
- stosowanie dostępnych w programie metod obliczania entalpii strumieni materiałowych;
- charakteryzowanie sposobu określania składu i parametrów strumieni zasilających wprowadzanych do procesu;
- nabycie umiejętności określania parametrów aparatów i urządzeń umieszczonych w symulacji;
- planowanie sposobu przeprowadzenia obliczeń symulacyjnych oraz analizowanie otrzymanych wyników;
- poznanie zasad i metod optymalizacji parametrów badanego procesu;
- nabycie umiejętności przygotowywania raportu z wykonanej symulacji.

6.3.2. Cele operacyjne przedmiotu

Cele operacyjne przedmiotu to:

- posługiwać się bibliotekami danych dostępnych w pakiecie oprogramowania do symulacji i analizować przykładowe symulacje;
- założyć i nazwać plik dla danego zadania projektowego i utworzyć schemat procesu technologicznego;
- wybrać i określić substancje uczestniczące w procesie;
- wybrać termodynamiczne metody opisu równowag chemicznych i fazowych;
- wybrać metody obliczania entalpii strumieni materiałowych;
- określić składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu;
- podać niezbędne parametry aparatów i urządzeń umieszczonych w schemacie;
- wykonać obliczenia symulacyjne i analizować wyniki obliczeń;
- korygować parametry procesu dla uzyskania optymalnych wyników;
- przygotowywać raporty z wykonanej symulacji.

6.3.3. Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Tabela 6 Materiał nauczania z uwzględnieniem opisu efektów kształcenia

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe Uczeń:	Uwagi o realizacji
Komputerowa symulacja procesu technologicznego	Poznanie zasobów i funkcjonalności pakietu symulacyjnego	10	charakteryzuje dostępne zasoby i funkcjonalności modułów pakietu oprogramowania do symulacji procesu technologicznego	<ol style="list-style-type: none"> 1) uruchamia oprogramowanie do symulacji procesu technologicznego 2) nawiguje pomiędzy poszczególnymi modułami pakietu oprogramowania 3) korzysta z dostępnych instrukcji i systemów podpowiedzi pakietu oprogramowania 4) definiuje zasoby poszczególnych modułów pakietu oprogramowania 5) definiuje funkcjonalności poszczególnych modułów pakietu oprogramowania 	Klasa 4
Komputerowa symulacja procesu technologicznego	Sporządzanie schematów procesu technologicznego	10	sporządza schematy procesu technologicznego z wykorzystaniem oprogramowania do symulacji	<ol style="list-style-type: none"> 1) tworzy i nazywa pliki dla zadania projektowego 2) identyfikuje symbole graficzne przypisane do urządzeń i operacji jednostkowych 3) rozmieszcza na schemacie urządzenia i strumienie substancji uczestniczących w procesie 4) określa parametry substancji uczestniczących w procesie 5) określa składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu 	Klasa 4
Komputerowa symulacja procesu technologicznego	Analiza przykładowych symulacji dostępnych w pakiecie oprogramowania	25	analizuje proces pełnej komputerowej symulacji procesu na podstawie przykładowych symulacji dostępnych w pakiecie oprogramowania	<ol style="list-style-type: none"> 1) uruchamia przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania 2) analizuje metody doboru parametrów procesu użyte w przykładowej symulacji 3) dokonuje zmian termodynamicznych metod opisu równowag chemicznych w przykładowej symulacji 4) dokonuje zmian termodynamicznych metod opisu równowag fazowych w przykładowej symulacji 5) dokonuje zmian metod obliczania entalpii strumieni materiałowych w przykładowej symulacji 	Klasa 5

Dział programowy	Tematy jednostek metodycznych	Liczba godzin	Efekty kształcenia właściwe dla dodatkowych umiejętności zawodowych	Kryteria weryfikacji -wymagania programowe Uczeń:	Uwagi o realizacji
				6) dokonuje zmian innych parametrów procesu w przykładowej symulacji	
Komputerowa symulacja procesu technologicznego	Komputerowe symulacje prostych i złożonych procesów technologicznych	55	przeprowadza komputerowe symulacje prostych i złożonych procesów technologicznych	1) tworzy schemat procesu technologicznego 2) wybiera substancje uczestniczące w procesie 3) określa parametry substancji uczestniczących w procesie 4) wybiera termodynamiczne metody opisu równowag chemicznych 5) wybiera termodynamiczne metody opisu równowag fazowych 6) określa składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu 7) podaje niezbędne parametry aparatów i urządzeń umieszczonych w schemacie 8) wykonuje obliczenia symulacyjne 9) analizuje wyniki obliczeń 10) przygotowuje raporty z wykonanej symulacji	Klasa 5

6.3.4. Procedury osiągnięcia celów kształcenia przedmiotu

Metody nauczania

Metody podające:

- prezentacja multimedialna.

Metody aktywizujące:

- studium przypadku – np. analiza przykładowych symulacji oferowanych w pakiecie oprogramowania.

Metody praktyczne:

- ćwiczenia przedmiotowe – np. przygotowanie schematów dla istniejących, znanych uczniowi instalacji,
- metoda projektów – np. przygotowywanie komputerowych symulacji dla wybranych procesów chemicznych (np. destylacja, rektyfikacja, synteza).

Obudowa dydaktyczna

W zajęciach praktycznych Komputerowe symulacje procesów technologicznych, jako podstawowy środek dydaktyczny powinien być zastosowany pakiet oprogramowania do komputerowych symulacji procesów chemicznych z odpowiednią ilością licencji, tak aby każdy uczeń miał możliwość pracy indywidualnej. Zalecany jest pakiet oprogramowania ChemCAD, ale możliwe jest wykorzystanie innego oprogramowania o funkcjonalności i zawartości baz danych zbliżonej do ChemCAD.

Warunki realizacji

Zajęcia praktyczne Komputerowe symulacje procesów technologicznych, powinny być prowadzone w pracowni wyposażonej w sprzęt audiowizualny (nagłośnienie, rzutnik) oraz komputery z dostępem do internetu. Liczba stanowisk komputerowych powinna być dostosowana do liczby uczniów (opcjonalnie umożliwiające pracę w grupach 2-osobowych w tym wypadku nie jest zalecana). Nauczyciel powinien dysponować komputerem z dostępem do internetu, drukarką i skanerem. Wszystkie komputery powinny posiadać licencjonowane oprogramowanie do komputerowych symulacji procesów chemicznych – Zalecany ChemCAD lub oprogramowanie o funkcjonalności i zawartości baz danych zbliżonej do ChemCAD ponadto edytor tekstu oraz arkusz kalkulacyjny.

Proponowane metody sprawdzania osiągnięć edukacyjnych ucznia

Stopień opanowania wiadomości przez uczniów powinien być sprawdzany w formie prac pisemnych oraz prac projektowych realizowanych z użyciem dedykowanego oprogramowania.

Wymagania edukacyjne, metody oraz środki dydaktyczne i formy kształcenia, powinny być odpowiednio dobrane do potrzeb i możliwości uczniów.

7. Ewaluacja programu nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej

7.1. Obszary ewaluacji

7.1.1. Cel ewaluacji

Określenie jakości i skuteczności realizacji programu nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych Wykorzystanie symulatorów procesowych w przemyśle chemicznym:

- osiągnięcia założonych efektów kształcenia,
- doboru oraz zastosowania form, metod i środków dydaktycznych,
- współpracy z rodzicami oraz pracodawcami,
- wykorzystania bazy techniczno-dydaktycznej szkoły i pracodawców.

7.1.2. Pytania badawcze do procesu ewaluacji:

- 1) W jakim stopniu osiągnięto efekty kształcenia w zakresie dodatkowych umiejętności zawodowych?
- 2) Jakie formy, metody i środki dydaktyczne były skuteczne w osiąganiu efektów kształcenia i potwierdzaniu kryteriów weryfikacji oraz były atrakcyjne dla uczniów?
- 3) W jakim zakresie program nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych był dostosowany do możliwości i potrzeb uczniów?
- 4) Jaki zrealizowano zakres współpracy z pracodawcami w ramach zajęć praktycznych oraz jakie wprowadzono formy tej współpracy?
- 5) W jakim stopniu dostępna baza techniczno-dydaktyczna szkoły oraz pracodawców spełniła warunki dla prawidłowej realizacji programu nauczania dla dodatkowych umiejętności zawodowych?
- 6) Jakie stwierdzono bariery w realizacji programu nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych oraz możliwości jego modernizacji i optymalizacji?
- 7) W jakim stopniu program nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych był dostosowany do potrzeb pracodawców i lokalnego rynku pracy?

7.1.3. Główne kryteria ewaluacji:

- skuteczność osiągania efektów kształcenia i kryteriów weryfikacji założonych w programie nauczania dla dodatkowych umiejętności zawodowych,
- adekwatność doboru efektów kształcenia oraz form i metod ich realizacji do oczekiwań pracodawców i lokalnego rynku pracy.
- celowość oraz atrakcyjność doboru zastosowanych form i metod nauczania do realizacji zakładanych efektów kształcenia w programie nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych,
- celowość doboru form i metod kształcenia do potrzeb i możliwości uczniów,
- skuteczność współpracy z pracodawcami w ramach procesu kształcenia praktycznego,
- trafność doboru warunków realizacji programu do założonych i kryteriów weryfikacji,
- efektywność i atrakcyjność procesu dydaktycznego.

Tabela 7 Ewaluacja programu nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej

Kryteria ewaluacji	Metoda/technika	Wskaźniki ewaluacji
Skuteczność osiągania efektów kształcenia i kryteriów weryfikacji założonych w programie nauczania dla dodatkowych umiejętności zawodowych.	Analiza arkuszy ocen	Minimum 90% ocen pozytywnych Minimum 40% ocen powyżej 3,0
Adekwatność doboru efektów kształcenia oraz form i metod ich realizacji do oczekiwań pracodawców i lokalnego rynku pracy.	Ankieta wśród pracodawców, 7 stopniowa skala Likerta	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7 powyżej 60%
Celowość oraz atrakcyjność doboru zastosowanych form i metod nauczania do	Ankieta wśród nauczycieli, 7 stopniowa	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7

Kryteria ewaluacji	Metoda/technika	Wskaźniki ewaluacji
realizacji zakładanych efektów kształcenia w programie nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych.	skala Likerta	powyżej 60%
Celowość doboru form i metod kształcenia do potrzeb i możliwości uczniów.	Ankieta wśród nauczycieli, 7 stopniowa skala Likerta	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7 powyżej 60%
Skuteczność współpracy z pracodawcami w ramach procesu kształcenia praktycznego.	Ankieta wśród pracodawców, 7 stopniowa skala Likerta	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7 powyżej 60%
Trafność doboru warunków realizacji programu do założonych i kryteriów weryfikacji,	Ankieta wśród nauczycieli, 7 stopniowa skala Likerta	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7 powyżej 60%
Efektywność i atrakcyjność procesu dydaktycznego.	Ankieta wśród uczniów, 7 stopniowa skala Likerta	suma odpowiedzi tak-6, zdecydowanie tak-7 powyżej 60%

Narzędzia wspomagające proces ewaluacji programu nauczania.

W procesie ewaluacji programu nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych mogą być wykorzystywane:

- analiza dokumentacji z dodatkowych umiejętności zawodowych,
- ankiety dla uczniów,
- ankiety dla nauczycieli,
- arkusze ocen.

Dzięki zrealizowaniu działań dotyczących ewaluacji programu nauczania dodatkowych umiejętności zawodowych, możliwe będzie przeprowadzenie procesu optymalizacji wymagań programowych, efektów kształcenia, kryteriów weryfikacji, bazy techniczno-dydaktycznej oraz stosowanych form i metod nauczania.

7.2. Przykładowe narzędzia ewaluacji

W celu ewaluacji opracowanego programu dodatkowej umiejętności zawodowej można wykorzystać:

- arkusze pomiaru stopnia opanowania przez uczniów poszczególnych kryteriów weryfikacji wypełniane przez uczniów poszczególnych kryteriów weryfikacji wypełniane przez uczniów, nauczycieli oraz pracodawców,
- półroczne ankiety oceny zajęć wypełniane przez uczniów,
- półroczne sprawozdania nauczyciela o charakterze statystycznym sporządzane na podstawie ocen uzyskiwanych przez uczniów podczas testów diagnostycznych oraz ocen otrzymywanych przez nich w trakcie rozwiązywania podczas zajęć, praktycznych zadań zawodowych,
- półroczne arkusze samooceny wypełniane przez nauczycieli,

- półroczne ankiety wypełniane przez interesariuszy zewnętrznych (pracodawców).

W trakcie realizacji programu nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej, należy zapewnić osiągnięcie założonych efektów kształcenia. Ten etap ewaluacji opracowanego programu nauczania, powinien być oparty o ocenę i analizę:

- notatek własnych nauczyciela z zakresu realizacji zajęć,
- notatek z rozmów z interesariuszami zewnętrznymi i wewnętrznymi,
- wniosków zapisanych w arkuszach obserwacji zajęć,
- wniosków wynikających z bieżących ocen osiągnięć uczniów podczas realizacji praktycznych zajęć zawodowych,
- samooceny umiejętności uczniów zamieszczonych w wypełnionych przez nich arkuszach lub kartach pracy własnej.

Proces zapewnienia jakości kształcenia i uzyskania oczekiwanych efektów kształcenia w decydującej mierze zależy od:

- przyjętej koncepcji programu nauczania,
- właściwego doboru metod nauczania,
- proponowanych środków dydaktycznych.

Podczas ewaluacji programu nauczania dodatkowej umiejętności zawodowej nauczyciel powinien wskazać, określić i przeanalizować:

- wiadomości i umiejętności, których opanowanie nie stanowi problemów dla uczniów,
- wiadomości i umiejętności, których opanowanie sprawia problemy uczniom,
- czy środki dydaktyczne i metody są właściwie dobrane.

Omówione działania zapewnią realizację podstawowych wymagań ściśle określonych w programie dodatkowej umiejętności zawodowej.

Przedmiotem badania jest jakość kształcenia zawodowego będąca integralnym elementem realizacji programu dodatkowej umiejętności zawodowej. Celem prezentowanego poniżej narzędzia ewaluacji jest ocena efektywności oraz skuteczności kształcenia uczniów w technikach branży chemicznej. W modelu ankietowania skupiono uwagę na osiągniętych rezultatach kształcenia zawodowego. Przedstawiony model ewaluacji dodatkowej umiejętności zawodowej poprzez ankietowanie, ma pozwolić na ocenę kształcenia i jej realizację i przyrost przyswojenia kluczowych kompetencji zawodowych.

7.3. Wzór kwestionariusza ankiety dla ucznia/nauczyciela/pracodawcy

Proponowane narzędzia do pomiaru w ramach oceny kształcenia dla dodatkowej umiejętności zawodowej

Do proponowanych narzędzi pomiaru w ramach oceny kształcenia dodatkowej umiejętności zawodowej można zaliczyć:

- 1) wstępny arkusz pomiaru, w którym uczeń określi poziom swoich umiejętności „na wejściu” – przed odbyciem kształcenia zawodowego;
- 2) końcowy arkusz pomiaru przeprowadzony po odbyciu kształcenia zawodowego;
- 3) protokół z prac zespołu ds. ewaluacji programu nauczania, w którym zespół ds. ewaluacji określi spostrzeżenia na podstawie analizy wyników badań, wskaże przyrost kompetencji oraz sformułuje wnioski i określi rekomendacje do dalszej pracy.

WSTĘPNY ARKUSZ POMIARU

Szanowni Państwo, drogi uczniu, droga uczennico, ta ankieta jest częścią badań, których wyniki pozwolą ocenić opanowanie umiejętności kształcenia zawodowego.

Imię i nazwisko ucznia:

Zawód:

Data wypełnienia:

Cel kształcenia zawodowego:

- 1) podniesienie poziomu umiejętności i kompetencji w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej;
- 2) poznanie specyfiki pracy na rzeczywistym stanowisku pracy w tym ponoszenie odpowiedzialności za wykonywanie działań na konkretnym stanowisku pracy;
- 3) zdobycie praktycznego doświadczenia zawodowego i podniesienie umiejętności zawodowych z myślą o zyskaniu większych szans na zatrudnienie, ułatwiających podjęcie stałego zatrudnienia oraz poprawienie pozycji na rynku pracy;
- 4) weryfikacja wiedzy teoretycznej poprzez uczestnictwo w kształceniu praktycznym.

System oceniania i ewaluacja (monitorowanie) przebiegu i efektów kształcenia

Legenda

- 1) Nie posiadam danej umiejętności – nie wiem, jak wykonać daną czynność, nigdy tego nie robiłem.
- 2) Uczę się – zaczynam nabywać umiejętność, uczę się podstawowych czynności.
- 3) Potrafię wykonać podstawowe czynności – posiadam już podstawowe umiejętności z danego zakresu, ale nie potrafię jeszcze pracować w pełni samodzielnie.
- 4) Pracuję samodzielnie – jestem w stanie poradzić sobie z większością sytuacji, wymagających danej umiejętności, rzadko potrzebuje wsparcia.
- 5) Uczę innych – opanowałem daną umiejętność na tyle dobrze, że jestem w stanie nauczyć jej innych uczniów/pracowników.

Uwaga: Narzędzie ma charakter uniwersalny, może być stosowane przez ucznia, nauczyciela w technikum i pracodawcę na każdym etapie kształcenia.

Tabela 8 Wstępny arkusz pomiaru

Kompetencje kluczowe (Uczeń potrafi: ...)	ocena 1	ocena 2	ocena 3	ocena 4	ocena 5	Uwagi
• posługiwać się bibliotekami danych dostępnych w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• analizować przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• uruchomić program do symulacji						
• utworzyć schemat procesu technologicznego						
• wybrać i określić substancje uczestniczące w procesie						
• wybrać termodynamiczne metody opisu równowag chemicznych						
• wybrać termodynamiczne metody opisu równowag fazowych						
• wybrać metody obliczania entalpii strumieni materiałowych						
• określić składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu						
• podać niezbędne parametry aparatów i urządzeń umieszczonych w schemacie						
• wykonać obliczenia symulacyjne						
• analizować wyniki obliczeń						
• korygować parametry procesu dla uzyskania optymalnych wyników						
• przygotowywać raporty z wykonanej symulacji						
• posługiwać się bibliotekami danych dostępnych w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• analizować przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania do symulacji						

KOŃCOWY ARKUSZ POMIARU

Szanowni Państwo, drogi uczniu, droga uczennico, ta ankieta jest częścią badań, których wyniki pozwolą ocenić opanowanie umiejętności kształcenia zawodowego.

Imię i nazwisko ucznia:

Zawód:

Data wypełnienia:

Cel kształcenia zawodowego:

- 1) podniesienie poziomu umiejętności i kompetencji w ramach dodatkowej umiejętności zawodowej;
- 2) poznawanie specyfiki pracy na rzeczywistym stanowisku pracy w tym ponoszenie odpowiedzialności za wykonywanie działań na konkretnym stanowisku pracy;
- 3) zdobycie praktycznego doświadczenia zawodowego i podniesienie umiejętności zawodowych z myślą o zyskaniu większych szans na zatrudnienie, ułatwiających podjęcie stałego zatrudnienia oraz poprawienie pozycji na rynku pracy;
- 4) weryfikacja wiedzy teoretycznej poprzez uczestnictwo w kształceniu praktycznym.

System oceniania i ewaluacja (monitorowanie) przebiegu i efektów kształcenia

Legenda

- 1) Nie posiadam danej umiejętności – nie wiem, jak wykonać daną czynność, nigdy tego nie robiłem.
- 2) Uczę się – zaczynam nabywać umiejętność, uczę się podstawowych czynności.
- 3) Potrafię wykonać podstawowe czynności – posiadam już podstawowe umiejętności z danego zakresu, ale nie potrafię jeszcze pracować w pełni samodzielnie.
- 4) Pracuję samodzielnie – jestem w stanie poradzić sobie z większością sytuacji, wymagających danej umiejętności, rzadko potrzebuje wsparcia.
- 5) Uczę innych – opanowałem daną umiejętność na tyle dobrze, że jestem w stanie nauczyć jej innych uczniów/pracowników.

Uwaga: Narzędzie ma charakter uniwersalny, może być stosowane przez ucznia, nauczyciela w technikum i pracodawcę na każdym etapie kształcenia.

Tabela 9 Końcowy arkusz pomiaru

Kompetencje kluczowe (Uczeń potrafi: ...)	ocena 1	ocena 2	ocena 3	ocena 4	ocena 5	Uwagi
• posługiwać się bibliotekami danych dostępnych w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• analizować przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• uruchomić program do symulacji						
• utworzyć schemat procesu technologicznego						
• wybrać i określić substancje uczestniczące w procesie						
• wybrać termodynamiczne metody opisu równowag chemicznych						
• wybrać termodynamiczne metody opisu równowag fazowych						
• wybrać metody obliczania entalpii strumieni materiałowych						
• określić składy strumieni zasilających wprowadzanych do procesu						
• podać niezbędne parametry aparatów i urządzeń umieszczonych w schemacie						
• wykonać obliczenia symulacyjne						
• analizować wyniki obliczeń						
• korygować parametry procesu dla uzyskania optymalnych wyników						
• przygotowywać raporty z wykonanej symulacji						
• posługiwać się bibliotekami danych dostępnych w pakiecie oprogramowania do symulacji						
• analizować przykładowe symulacje dostępne w pakiecie oprogramowania do symulacji						

Protokół z prac zespołu ds. ewaluacji programu nauczania

- 1) Spostrzeżenia po zestawieniu wyników badań, przyrost kompetencji.

- 2) Wnioski po zestawieniu wyników badań.
- 3) Wypracowane rekomendacje do dalszej pracy.

Podpisy członków zespołu

8. Wykaz proponowanej literatury

8.1. Podręczniki i publikacje naukowe

- 1) Bortel E., Koneczny H., Zarys Technologii Chemicznej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992
- 2) Burghardt A., Bartelmus G. Inżynieria Reaktorów Chemicznych, TOM I – Reaktory dla układów homogenicznych, , Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
- 3) Burghardt A., Bartelmus G. Inżynieria Reaktorów Chemicznych, TOM II – Reaktory dla układów heterogenicznych Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
- 4) Ciborowski J.; Podstawy inżynierii chemicznej; Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1965
- 5) Fichtenholz GM, Rachunek różniczkowy i całkowy, t. I,II,III, PWN, Warszawa 2007
- 6) Gewert M. , Skoczylas Z., Analiza Matematyczna 1, Definicje, twierdzenia, wzory, Oficyna Wydawnicza GiS 2006;
- 7) Gewert M. , Skoczylas Z, Analiza Matematyczna 1, Przykłady i zadania, Oficyna Wydawnicza GiS 2006;
- 8) Grzywa E., Molenda J., „Technologia Podstawowych Syntezy Organicznych”, TOM I oraz II, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2008
- 9) Molenda J., „Technologia Chemiczna”, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1971
- 10) Krysicki, Włodarski, Analiza matematyczna w zadaniach I, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015
- 11) Lamperski S. SYMULACJE KOMPUTEROWE W CHEMII Wydział Chemii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, Poznań 2006
- 12) .Palica M., Burghardt A. „Obliczeniowe Zagadnienia Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, , Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009
- 13) Pikoń J. „Aparatura Chemiczna”, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978
- 14) Praca zbiorowa pod redakcją Michała Palicy i Jerzego Raczka,. „Pomoce Projektowe z Inżynierii Chemicznej i Procesowej”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010:
- 15) Praca zbiorowa pod redakcją S. Malinowski, T. Ślebodziński T. Urbański „Technologia Chemiczna Organiczna”, TOM I oraz II, , Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1957
- 16) Praca zbiorowa pod redakcją L. Synoradzkiego i J. Wisiańskiego, „Projektowanie Procesów Technologicznych – Od laboratorium do instalacji przemysłowej”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006 Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Chemii Nieorganicznej



- 17) Schmidt-Szałowski K., Sentek J., Raabe E., Bobryk E., „Podstawy Technologii Chemicznej – Procesy w przemyśle nieorganicznym”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004
- 18) Schmidt-Szałowski K., Sentek J., „Podstawy Technologii Chemicznej – Organizacja procesów produkcyjnych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001
- 19) Serwiński M., „Zasady Inżynierii Chemicznej i Procesowej”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1982
- 20) Szewczyk K.W. „Technologia Biochemiczna”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- 21) Szarawara J., Skrzypek J., Gawdzik A. „Podstawy Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1991
- 22) Tabiś B., „Zasady Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2000
- 23) Tabiś B., Żukowski W., „Przykłady i Zadania z Zakresu Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, - Podręcznik dla studentów studiów technicznych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2000
- 24) Wroński S., Pohorecki R., Siwiński J. 2. „Przykłady obliczeń z termodynamiki i kinetyki procesów inżynierii chemicznej”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 1979

8.2 Witryny internetowe

- [i1] https://www.chemstations.com/content/documents/CHEMCAD_7_User_Guide.pdf Instrukcja do programu CHEMCAD [dostęp 12.03.2022]
- [i2] https://www.chemstations.com/content/documents/CHEMCAD_6_User_Guide_-_online.pdf Instrukcja do programu CHEMCAD [dostęp 15.03.2022]
- [i3] https://www.chemstations.com/content/documents/CHEMCAD_User_Guide.pdf Instrukcja do programu CHEMCAD [dostęp 15.03.2022]
- [i4] <https://www.chemcad.no/brochures/chemcad/ccex-en20062002.pdf> Instrukcja do programu CHEMCAD, [dostęp 15.03.2022]
- [i5] <https://www.chemstations.eu/tutorials/> Instrukcja do programu CHEMCAD [dostęp 15.03.2022]
- [i6] <https://agungk47.files.wordpress.com/2018/04/3-introduction-to-chemcad.pdf> Instrukcja do programu CHEMCAD, [dostęp 15.03.2022]
- [i7] <https://www.parp.gov.pl/storage/grants/documents/311/Rekomendacja-Rady-ds.-kompetencji-w-sektorze-chemii.pdf> Rekomendacje Sektorowej Rady ds. Kompetencji w sektorze chemii [dostęp 5.03.2022]
- [i8] https://pipc.org.pl/wp-content/uploads/2022/11/Przemysl-chemiczny-w-Polsce_2021.pdf Raport Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego dot. Przemysłu chemicznego w Polsce w roku 2021 [dostęp 12.03.2022]

8.3 Zalecenia, normy, noty aplikacyjne

- [z1] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie prostych zbiorników ciśnieniowych Dz.U. 2016 poz. 812

- [z2] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 17 grudnia 2021 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla niektórych urządzeń ciśnieniowych podlegających dozorowi technicznemu (Dz. U. z 2022 r. poz. 68)
- [z3] PN-EN 13445-1:2021-10 Nieogrzewane płomieniem zbiorniki ciśnieniowe -- Część 1: Wymagania ogólne
- [z4] PN-EN 13445-3:2021-10 Nieogrzewane płomieniem zbiorniki ciśnieniowe -- Część 3: Projektowanie
- [z5] PN-EN 13445-4:2021-10 Nieogrzewane płomieniem zbiorniki ciśnieniowe -- Część 4: Wytwarzanie
- [z6] PN-ISO 1928:2020-05 - Paliwa stałe -- Oznaczanie ciepła spalania metodą spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej
- [z7] PN-EN ISO 8497:1999 - Izolacja cieplna -- Określanie właściwości w zakresie przepływu ciepła w stanie ustalonym przez izolacje cieplne przewodów rurowych
- [z8] PN-EN ISO 16812:2019-04 -Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy -- Płaszczowo-rurowe wymienniki ciepła
- [z9] PN-EN ISO 15547-1:2010 Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy -- Płytowe wymienniki ciepła -- Część 1: Płytowo-ramowe wymienniki ciepła
- [z10] PN-EN ISO 15547-2:2011 Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy -- Płytowe wymienniki ciepła -- Część 2: Płytowe uźebrowane aluminiowe lutowane wymienniki ciepła