

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**
Symbol kwalifikacji: **CHM.06**
Numer zadania: **01**
Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

CHM.06-01-24.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
 - swój numer PESEL*,
 - oznaczenie kwalifikacji,
 - numer zadania,
 - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Zadanie egzaminacyjne

Na podstawie zamieszczonego opisu procesu technologicznego oraz wykazu danych technologicznych opracuj dokumentację związaną z produkcją etylobenzenu.

W tym celu wypełnij kartę technologiczną procesu alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej – Tabela 1. Uzupełnij informacje związane ze schematem ideowym procesu – Tabela 2. Uzupełnij informacje dotyczące schematu instalacji – Tabela 3. Wykonaj obliczenia dotyczące godzinowego zapotrzebowania na surowce do produkcji etylobenzenu – Tabela 4. Uzupełnij wykaz wartości parametrów pracy reaktora wraz z jednostką – Tabela 5.

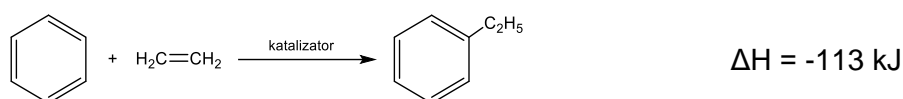
Na podstawie zamieszczonych wyciągów z kart charakterystyk substancji niebezpiecznych dokonaj doboru środków ochrony indywidualnej pracowników mających kontakt z etylenem oraz benzenem – Tabela 6.

Opis procesu technologicznego alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej

Podstawy procesu

Nowoczesną technologią produkcji etylobenzenu jest alkilowanie benzenu etylenem, które prowadzi się w fazie gazowej z zastosowaniem katalizatora zeolitowego ZSM-5. Jest to metoda *Mobil-Badger*.

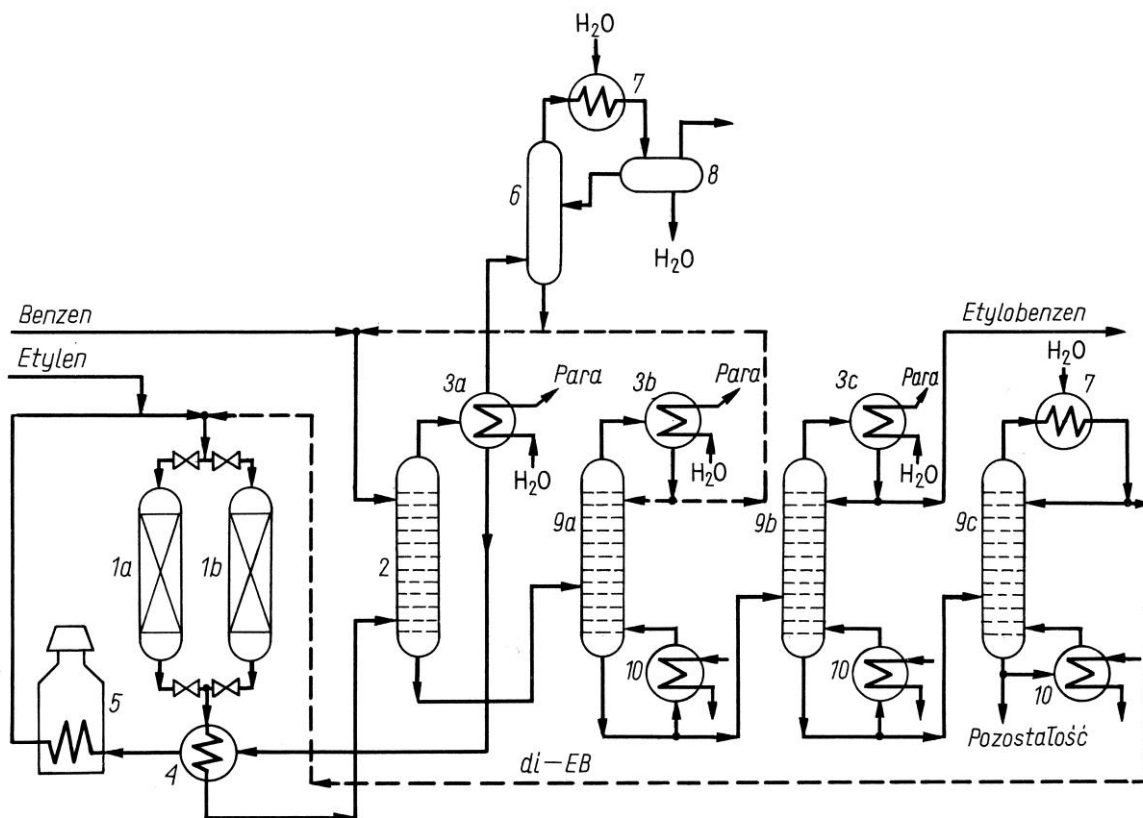
Proces ten przebiega zgodnie z reakcją przedstawioną równaniem



Wraz z reakcją główną zachodzi szereg reakcji ubocznych, w których powstają wyżej alkilowane pochodne benzenu, takie jak: dietylobenzen, trietylobenzen i tetraetylobenzen. W procesie alkilacji następuje zawracanie strumienia do momentu pozbycia się tych produktów ubocznych. Otrzymany w wyniku alkilacji etylobenzen zawiera tylko śladowe ilości dietylobenzenu i benzenu.

Przebieg procesu

Proces produkcji etylobenzenu metodą Mobil-Badger prowadzony jest w instalacji, której schemat przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat instalacji alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej

Do kolumny wstępnej wprowadza się mieszaninę świeżego i recykulowanego benzenu jako jej orosienie oraz mieszaninę poreakcyjną jako zasilanie dolnej części tej kolumny. Następuje w niej ogrzanie i odparowanie benzenu. Proces ten zachodzi z wykorzystaniem ciepła mieszaniny poreakcyjnej. W pierwszym kotła utylizatorze następuje odzysk ciepła ze strumienia odparowanego benzenu. Ciepło to jest wykorzystywane do produkcji pary niskociśnieniowej.

Pary benzenu wychodzącego z kotła utylizatora pracującego przy kolumnie wstępnej są skraplane w układzie aparatów: separator – chłodnica – oddzielacz i łączone z benzenem recykulowanym.

Zasadniczą część strumienia benzenu wychodzącego z pierwszego kotła przepływa do wymiennika ciepła, w którym ogrzewa się mieszaniną poreakcyjną. Następnie strumień ten jest podgrzewany w piecu. Po ogrzaniu do niezbędnej temperatury benzen miesza się z etylenem i recykulującym dietylobenzenem (di-EB). Tak przygotowana mieszanina jest wprowadzana do reaktora. Reaktor zawiera złożę katalizatora zeolitowego ZSM-5. Katalizator ten charakteryzuje się dużą selektywnością i stosunkowo wolno ulega dezaktywacji. Dezaktywacja polega przede wszystkim na osadzaniu się koksu powstającego w reakcjach ubocznych przebiegających w trakcie wysokotemperaturowego alkilowania. W instalacji przewidziane są dwa reaktory pracujące naprzemiennie. Przybliżony cykl pracy danego reaktora trwa około 7 tygodni. Zakokszowany katalizator usuwa się z reaktora i poddaje się regeneracji przez wypalanie koksu w odrębnej aparaturze. W tym czasie pracuje drugi reaktor.

Proces alkilowania przebiega w fazie gazowej w temperaturze $370\pm 420^{\circ}\text{C}$, pod ciśnieniem $1,5\pm 2\text{ MPa}$.

Mieszaninę poreakcyjną ochłodzoną w wymienniku ciepła i w kolumnie wstępnej wprowadza się do pierwszej kolumny rektyfikacyjnej, w której oddestylowuje się benzen. Pary benzenu z kolumny rektyfikacyjnej kierowane są do skraplacza pełniącego rolę kotła utylizatora, w którym wytwarza się parę niskociśnieniową. Skroplony benzen wychodzący ze skraplacza (kotła utylizatora) rozdzielany jest na dwa strumienie, z których jeden zawracany jest do tej kolumny rektyfikacyjnej, a drugi łączy się z porcją świeżego benzenu. Mieszanina ta zawracana jest do kolumny wstępnej. Surowy etylobenzen odbierany z dołu pierwszej kolumny rektyfikacyjnej kieruje się do następnej kolumny rektyfikacyjnej. Oddestylowuje się w niej etylobenzen od dietylobenzenów i ciężkich pozostałości. Gotowy etylobenzen kieruje się przez kocioł utylizator do zbiorników magazynowych lub bezpośrednio do instancji produkującej styren.

Dietylobenzeny i ciężkie pozostałości kierowane są do kolejnej kolumny rektyfikacyjnej w celu oddzielenia dietylobenzenów, które są zawracane do reaktora.

Proces alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej charakteryzuje się dużą efektywnością energetyczną, wszystkie kolumny rektyfikacyjne są wyposażone w pogrzewacze parowe w których energia cieplna wykorzystywana jest z kotłów utylizatorów.

Wykaz danych technologicznych

Do obliczeń przyjmij, że

- masa otrzymanego etylobenzenu wynosi 67 t/h
- czystość benzenu wynosi 100%
- czystość produktu finalnego wynosi 100%
- wydajność procesu wynosi 98,5%
- czystość etylenu kierowanego do syntezy wynosi 99,9%

Objętość 1 mola gazu doskonałego w warunkach normalnych ($t = 0^{\circ}\text{C}$ oraz $p = 1013,25\text{ hPa}$) wynosi:

$$V = 22,41 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

Gęstość benzenu w temperaturze 20°C wynosi: $d = 0,880 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$M_{\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_6} = 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_5(\text{C}_2\text{H}_5)} = 106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – etylen

Nazwa: ETEN

Sekcja 1. Identyfikacja substancji chemicznej




Nazwa produktu: eten
Wzór chemiczny: C₂H₄
Synonimy: etylen

(...) Sekcja 2. Identyfikacja zagrożeń

2.1. Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 1272/2008 (CLP).

(...) 2.2 Elementy oznakowania

Piktogramy zagrożenia	 GHS02	 GHS04	 GHS07
Hasło ostrzegawcze	NIEBEZPIECZEŃSTWO		
Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia	H220 Skrajnie łatwopalna ciecz i pary. H280 Zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem. H336 Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy.		
Zwroty wskazujące środki ostrożności	P210 Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Palenie wzbronione. P261 Unikać wdychania pyłu/ dymu/gazu/mgły/par/ rozpylonej cieczy. P304+P340 W PRZYPADKU DOSTANIA SIĘ DO DRÓG ODDECHOWYCH: wyprowadzić lub wynieść poszkodowanego na świeże powietrze i zapewnić mu warunki do swobodnego oddychania. P377 W przypadku płonienia wyciekającego gazu: Nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku. P381 W przypadku wycieku wyeliminować wszystkie źródła zapłonu. P410+P403 Chronić przed światłem słonecznym. Przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu.		

(...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia/środki ochrony indywidualnej

8.2. Kontrola narażenia

Techniczne środki kontroli

Wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy są zalecane w celu utrzymania stężenia etylenu w powietrzu poniżej ustalonych wartości dopuszczalnych stężeń. Wentylacja ogólna lub miejscowa i instalacja elektryczna w wykonaniu przeciwwybuchowym. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwia kontrolę emisji gazu u źródła i zapobiega jego rozprzestrzenianiu się na stanowiska pracy znajdujące się w jego zasięgu.

Indywidualne środki ochrony

Konieczność zastosowania i dobór odpowiednich środków ochrony indywidualnej powinny uwzględniać rodzaj zagrożenia stwarzanego przez produkt, warunków w miejscu pracy oraz sposób postępowania z produktem. Stosować środki ochrony renomowanych producentów. Środki ochrony osobistej powinny spełniać wymagania określone w normach i przepisach.

Ochrona dróg oddechowych	Przy niewielkim przekroczeniu dopuszczalnych stężeń maska przeciwgazowa z pochłaniaczem typu AX; przy wyższych stężeniach gazu aparaty oddechowe z niezależnym dopływem powietrza. W przypadku prac w ograniczonej przestrzeni/niedostatecznej zawartości tlenu w powietrzu/dużej niekontrolowanej emisji/wszystkich okoliczności stosować aparat oddechowy z niezależnym dopływem powietrza.
Ochrona rąk	Nosić rękawice ochronne nieprzepuszczalne (...).
Ochrona oczu	Okulary ochronne w szczelnej obudowie.
Ochrona skóry i ciała	Ubranie ochronne powlekane w wersji antyelektrostatycznej.

Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – benzen

Nazwa: BENZEN

SEKCJA 1. Identyfikacja substancji chemicznej




Nazwa: BENZEN
Wzór chemiczny: C₆H₆
Numer CAS: 71-43-2

(...) SEKCJA 2. Identyfikacja zagrożeń

2.1. Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 1272/2008 (CLP).

(...) 2.2 Elementy oznakowania

Piktogramy zagrożenia	  
	GHS02 GHS08 GHS07
Hasło ostrzegawcze	NIEBEZPIECZEŃSTWO
Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia	H225 Wysoce łatwopalna ciecz i pary. H350 Może powodować raka. H340 Może powodować wady genetyczne. H372 Powoduje uszkodzenie narządów (układ krwiotwórczy) poprzez długotrwałe lub narażenie powtarzane (przez drogi oddechowe i po połknięciu). H304 Połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić śmiercią. H319 Działa drażniąco na oczy. H315 Działa drażniąco na skórę. H412 Działa szkodliwie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
Zwroty wskazujące środki ostrożności	P202 Nie używać przed zapoznaniem się i zrozumieniem wszystkich środków bezpieczeństwa. P210 Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Palenie wzbronione. P243 Podjąć działania zapobiegające wyładowaniom elektrostatycznym. P280 Stosować rękawice ochronne/odzież ochronną/ochronę oczu/ochronę twarzy.

(...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia/środki ochrony indywidualnej

8.1 Parametry dotyczące kontroli

Zalecane procedury monitoringu – metodyka pomiarów:

- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 roku, w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy z późniejszymi zmianami.

8.2 Kontrola narażenia

8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli

Wskazana hermetyzacja procesu.

Wentylacja i instalacja elektryczna w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy są zalecane w celu utrzymania stężenia par w powietrzu poniżej niebezpiecznych wartości. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwi kontrolę emisji u źródła i zapobiegnie rozprzestrzenianiu się na cały obszar pracy.

8.2.2 Indywidualne środki ochrony

Konieczność zastosowania i dobór odpowiednich środków ochrony indywidualnej powinny uwzględniać rodzaj zagrożenia stwarzanego przez produkt, warunki w miejscu pracy oraz sposób postępowania z produktem.

Stosować środki ochrony renomowanych producentów.

Środki ochrony osobistej powinny spełniać wymagania określone w normach i przepisach.

Ochrona oczu lub twarzy	Okulary ochronne w szczelnej obudowie (gogle) w przypadku wykonywania czynności stwarzających ryzyko prysnięcia do oka lub narażenia na działanie par.
Ochrona skóry i ciała	Fartuch lub ubranie ochronne z tkanin powlekanych, odpornych na działanie rozpuszczalników; zalecane w wersji antyelektrostatycznej.
Ochrona dróg oddechowych	W normalnych warunkach, przy dostatecznej wentylacji nie są wymagane. W przypadku niedostatecznej wentylacji stosować zatwierdzony respirator z filtrem typu A. W przypadku prac w ograniczonej przestrzeni/niedostatecznej zawartości tlenu w powietrzu/dużej niekontrolowanej emisji/wszystkich okoliczności, kiedy maska z pochłaniaczem nie daje dostatecznej ochrony stosować izolujący sprzęt ochrony dróg oddechowych.
Ochrona rąk	Nosić rękawice ochronne nieprzepuszczalne, odporne na działanie olejów (np. perbutanu grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min., vitonu grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min., z kauczuku butylowego grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min). Wyboru materiału rękawic należy dokonać z uwzględnieniem zaleceń producenta rękawic w zakresie czasu przebicia, szybkości przenikania i degradacji. Zaleca się regularne zmienianie rękawic i natychmiastową ich wymianę, jeśli wystąpią jakiegokolwiek oznaki ich zużycia, uszkodzenia (rozerwania, przedziurawienia) lub zmiany w wyglądzie (kolorze, elastyczności, kształcie).

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie podlegać będzie 6 rezultatów:

- karta technologiczna procesu alkilowania – Tabela 1,
- opis schematu ideowego procesu alkilowania – Tabela 2,
- opis schematu instalacji alkilowania – Tabela 3,
- godzinowe zapotrzebowanie na surowce do produkcji etylobenzenu – Tabela 4,
- wykaz wartości parametrów pracy reaktora – Tabela 5,
- dobór środków ochrony indywidualnej pracowników – Tabela 6.

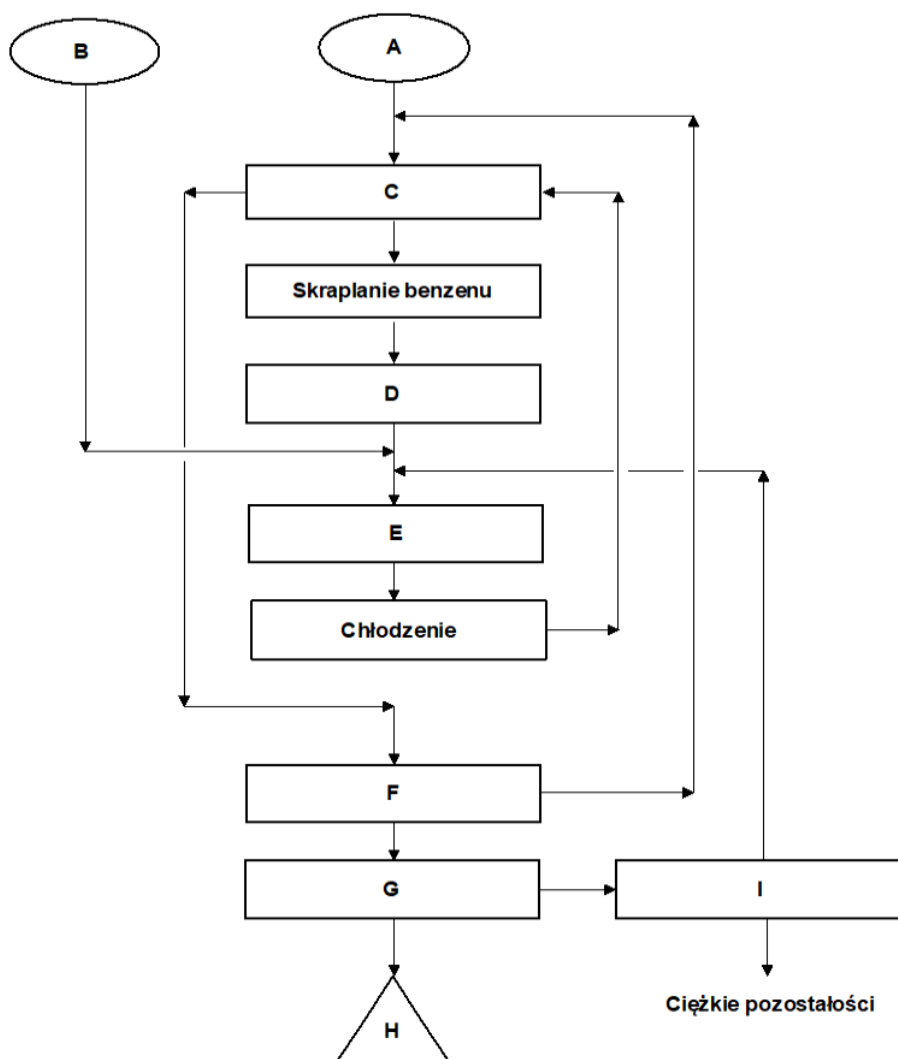
Tabela 1. Karta technologiczna procesu alkilowania

<i>Karta technologiczna procesu alkilowania (odpowiedzi wpisz w prawej kolumnie)</i>	
Nazwa procesu technologicznego	
Nazwa metody	
Równanie reakcji	
Nazwa katalizatora	
Nazwy surowców	1.
	2.
Nazwy produktów ubocznych (należy wymienić trzy produkty uboczne)	1.
	2.
	3.
Sposób regeneracji katalizatora	
Masa otrzymanego produktu [t/h]	
Czystość użytego etylenu [%]	
Wydajność procesu [%]	

Tabela 2. Opis schematu ideowego procesu alkilowania

(skorzystaj z Rysunku 2. – str. 8 arkusza egzaminacyjnego)

Oznaczenie pola na schemacie	Składnik wprowadzany do instalacji / Produkt / Operacja technologiczna
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	



Rysunek 2. Schemat ideowy procesu alkilowania

Tabela 3. Opis schematu instalacji alkilowania
(skorzystaj z Rysunku 1. – str. 2 arkusza egzaminacyjnego)

Aparat/urządzenie/instalacja	Numer na schemacie
Kotły utylizatory	
	1a, 1b
Podgrzewacze parowe	
	8
Wymiennik ciepła	
Kolumna wstępna	
	6
	5
Chłodnice wodne	
Kolumny rektyfikacyjne	

Tabela 4. Godzinowe zapotrzebowanie na surowce do produkcji etylobenzenu

Parametr	Obliczenia	Wynik
<p>Masa etylenu przy założeniu całkowitego przereagowania oraz 100% czystości [kg] <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa etylenu przy założonej wydajności [kg] <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa etylenu przy założonej wydajności i założonej czystości [kg] <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Objętość etylenu przy założonej wydajności i założonej czystości [m³] <i>(W obliczeniach przyjmij występowanie warunków normalnych, wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa benzenu przy założeniu całkowitego przereagowania [kg] <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa benzenu przy założonej wydajności [kg] <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Objętość benzenu przy założonej wydajności [m³] <i>(W obliczeniach przyjmij temperaturę 20 °C, wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		

Tabela 4. Wykaz wartości parametrów pracy reaktora
(wpisz wartość z jednostką)

Parametr	Wartość
Temperatura	
Ciśnienie	

Tabela 5. Dobór środków ochrony indywidualnej pracowników
(dotyczy pracowników mających kontakt z etylenem oraz z benzenem)

Rodzaj ochrony	Środki ochrony indywidualnej przy pracy z etylenem przy niewielkim przekroczeniu dopuszczalnych stężeń	Środki ochrony indywidualnej przy pracy z benzenem przy niedostatecznej wentylacji
Ochrona dróg oddechowych*		
Ochrona oczu		
Ochrona rąk*		dobierz jeden typ rękawic, podaj nazwę materiału, grubość, odporność na przebicie:
Ochrona skóry i ciała		

*Uwaga: konieczne jest dokonanie wyboru

Bрудnopis (nie podlega ocenie)

