

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**
Oznaczenie 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.06-01-23.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2023

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 13 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 opisu procesu technologicznego oraz wykazu danych technologicznych opracuj kartę technologiczną procesu produkcji kwasu tereftalowego (kwasu benzeno-1,4-dikarboksylowego) – Tabela 1. Uzupełnij informacje związane ze schematem ideowym procesu – Tabela 2. Korzystając z opisu procesu technologicznego produkcji kwasu tereftalowego, uzupełnij informacje dotyczące uproszczonego schematu instalacji – Tabela 3.

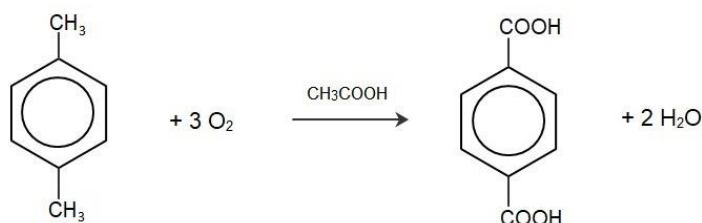
Na podstawie wykazu danych technologicznych wykonaj obliczenia dotyczące dobowego zapotrzebowania na surowce, katalizator i rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 4. Uzupełnij wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 5.

Na podstawie wyciągu z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej uzupełnij wykaz indywidualnych środków ochrony oraz wypisz sposoby udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym – Tabela 6.

Opis procesu technologicznego produkcji kwasu tereftalowego z *p*-ksylenu

Chemizm procesu

Kwas tereftalowy otrzymuje się metodą katalitycznego utlenienia *p*-ksylenu. Reakcja główna tego procesu zachodzi zgodnie z równaniem



Utlenianie *p*-ksylenu (1,4-dimetylobenzenu) do kwasu tereftalowego jest procesem katalitycznym w układzie homogenicznym prowadzonym w roztworze kwasu octowego, w którym rozpuszczony jest katalizator np. octan kobaltu i promotor reakcji, np. bromek sodu. Tak dobrany katalizator i promotor reakcji powodują nie tylko zwiększenie jej szybkości, ale również uzyskanie pożądanego produktu (duża selektywność). Podczas utleniania *p*-ksylenu najpierw powstaje aldehyd, a następnie kwas *p*-toluilowy (kwas 4-metylobenzenokarboksylowy). Utlenianie kolejnej grupy metylowej przebiega bardzo wolno z uwagi na obecność grupy karboksylowej. W celu przyspieszenia tej reakcji do procesu dodawany jest katalizator i promotor reakcji.

Proces ten nie może być prowadzony w fazie gazowej, ponieważ w przypadku zastosowania wysokiej temperatury istnieje ryzyko rozkładu nietrwałego kwasu tereftalowego. Jako czynnik utleniający może być wykorzystane powietrze lub tlen.

Przebieg procesu utleniania *p*-ksylenu do kwasu tereftalowego

Proces prowadzony jest w roztworze kwasu octowego, w którym dobrze rozpuszcza się *p*-ksylen, katalizator i promotor. W kwasie tym rozpuszczają się również produkty reakcji ubocznych. Powstały kwas tereftalowy nie jest rozpuszczalny w kwasie octowym i w miarę powstawania wytrąca się w mieszaninie reakcyjnej. Do reaktora, wykonanego z wysokojakościowej stali stopowej, doprowadzany jest *p*-ksylen oraz recyrkulujący roztwór katalizatora i promotora w kwasie octowym. Do dolnej części reaktora wprowadzane jest powietrze, jako czynnik utleniający. Powietrze musi być wprowadzone w takim nadmiarze, aby nie została przekroczona dolna granicy wybuchowości *p*-ksylenu (1,1% objętościowych). Ciepło reakcji utleniania odbierane jest w procesie odparowania *p*-ksylenu i kwasu octowego. Dodatkowo prowadzi się chłodzenie wodą doprowadzaną do wężownicy reaktora.

Utlenianie *p*-ksylenu w reaktorze prowadzi się w temperaturze ok. 150°C oraz pod ciśnieniem 1,53 MPa wobec katalizatora, którym jest octan kobaltu. Katalizator użyty jest w ilości 0,4% masowych w stosunku do *p*-ksylenu. Promotorem użytym do tego procesu jest bromek sodu. Do reaktora zawracany jest strumień nieprzereagowanego *p*-ksylenu i kwas octowy, odbierany z górnej części reaktora i kierowany poprzez

chłodnicę do separatora. W separatorze następuje oddzielenie roztworu *p*-ksylenu i kwasu octowego od gazów wydmuchowych. Proces ten przebiega w temperaturze ok. 60°C i pod ciśnieniem 0,1 MPa. Temperatura gazów wydmuchowych wychodzących z separatora wynosi 40°C.

Z dolnej części reaktora odbierana jest zawiesina kwasu tereftalowego w kwasie octowym z rozpuszczonym katalizatorem. Otrzymaną zawiesinę kieruje się poprzez zbiornik pośredni do wirówki. Z wirówki odbiera się kryształy surowego kwasu tereftalowego, które poddaje się przekryształowaniu i innym procesom oczyszczania.

Filtrat z wirówki kierowany jest do kolumny, w której oddestylowuje się wodę, a pozostałość stanowiącą roztwór katalizatora w kwasie octowym zawraca się do reaktora. Część tego roztworu kieruje się do kolejnej kolumny w celu oddzielenia smolistych pozostałości, które gromadzą się w trakcie wielokrotnego cyrkulowania roztworu. Zregenerowany kwas octowy odbierany z góry kolumny dołącza się do strumienia zawracanego do reaktora.

Wykaz danych technologicznych niezbędnych do wykonania obliczeń dotyczących zapotrzebowania na surowce, katalizator oraz rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego

- wydajność godzinowa instalacji do produkcji 96%-owego kwasu tereftalowego: 1 t/godzinę
- wskaźnik zużycia katalizatora: 0,08 kg na 1 t produktu (96%-owego)
- zawartość tlenu w powietrzu: 21% objętościowych
- wskaźnik zużycia kwasu octowego: 33 kg na 1 t produktu (96%-owego)
- wydajność procesu: 99%

$$M_{\text{kwasu tereftalowego}} = 166 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{p-ksylenu}} = 106 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

***W obliczeniach zastosuj dla gazów warunki normalne
Wyniki obliczeń podaj z dokładnością do liczb całkowitych***

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenię podlegać będzie 6 rezultatów:

- karta technologiczna procesu – Tabela 1,
- opis uproszczonego schematu ideowego produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 2,
- opis schematu instalacji do produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 3,
- dobowe zapotrzebowanie na surowce, katalizator i rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego - zestawienie obliczeń i wyników – Tabela 4,
- wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 5,
- wykaz indywidualnych środków ochrony i sposobów udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym – Tabela 6.

Wyciąg z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej

	KARTA CHARAKTERYSTYKI NIEBEZPIECZNEJ SUBSTANCJI	
Nazwa:	K W A S T E R E F T A L O W Y	

1. IDENTYFIKACJA SUBSTANCJI CHEMICZNEJ

Nazwa produktu: Kwas tereftalowy

Synonimy: Terephthalic acid, Kwas 1,4-benzenodikarboksylowy, PTA

(...) 3. IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ

3.1 Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Nie jest substancją lub mieszaniną niebezpieczną zgodnie z rozporządzeniem (WE) 1272/2008. Ta substancja nie została sklasyfikowana jako niebezpieczna zgodnie z dyrektywą 67/548/EWG.

3.2 Elementy oznakowania

Produkt nie wymaga oznakowania zgodnie z dyrektywami UE lub odpowiadającymi im przepisami krajowymi.

3.3 Inne zagrożenia

Ta substancja/mieszanina nie zawiera składników uważanych albo za trwałe, podlegające bioakumulacji i toksyczne, albo bardzo trwałe i podlegające bardzo silnej bioakumulacji na poziomie 0,1% bądź powyżej. Pali się w środowisku pożaru. Może tworzyć z powietrzem wybuchowe obłoki pyłowe. Wybuch może być inicjowany otwartym płomieniem lub wysokoenergetycznym wyładowaniem elektrostatycznym.

(...) 4. ŚRODKI PIERWSZEJ POMOCY

4.1 Opis środków pierwszej pomocy

Kontakt z oczami	Zanieczyszczone oczy płukać, przy szeroko rozwartych powiekach, ciągłym strumieniem wody przez około 15 minut. W razie potrzeby zapewnić poszkodowanemu konsultację okulistyczną. UWAGA: Nie stosować zbyt silnego strumienia wody, aby nie uszkodzić rogówki.
Przez drogi oddechowe	Osobie nieprzytomnej nie podawać niczego doustnie i nie prowokować wymiotów. Personelowi medycznemu udzielającemu pomocy pokazać kartę charakterystyki.
Przez przewód pokarmowy	Wypłukać usta wodą, następnie podać poszkodowanemu do wypicia wodę lub wodę z solą i próbować sprowokować wymioty. W razie połknięcia większych ilości PTA zapewnić pomoc lekarską.
Kontakt ze skórą	Zdjąć zanieczyszczoną odzież. Zanieczyszczoną skórę zmywać dokładnie letnią wodą z mydłem. W razie potrzeby skonsultować się z lekarzem.

(...) 7. POSTĘPOWANIE Z SUBSTANCJAMI I MIESZANINAMI ORAZ ICH MAGAZYNOWANIE

7.1 Środki ostrożności dotyczące bezpiecznego postępowania.

Zapobieganie zatruciom: Unikać wdychania pyłu; unikać zanieczyszczenia oczu; pracować w dobrze wentylowanych pomieszczeniach. Przestrzegać podstawowych zasad higieny: nie jeść, nie pić, nie palić tytoniu na stanowisku pracy, każdorazowo po zakończeniu pracy myć ręce wodą z mydłem, nie dopuszczać do zanieczyszczenia ubrania. Zanieczyszczone ubranie uprać przed ponownym użyciem. Stosować środki ochrony indywidualnej zgodnie z informacjami zamieszczonymi w sekcji 8 karty charakterystyki. Zapewnić łatwy dostęp do sprzętu ratunkowego (na wypadek pożaru, uwolnienia itp.).

Zapobieganie pożarom i wybuchom: unikać czynności powodujących pylenie PTA, wyeliminować źródła zapłonu - ugasić otwarty ogień, nie palić tytoniu i odzieży z tkanin podatnych na elektryzację, chronić zbiorniki przed nagraniem.

7.2. Warunki bezpiecznego magazynowania, w tym informacje dotyczące wszelkich wzajemnych niezgodności.

Magazynować we właściwie oznakowanych opakowaniach producenta, w pomieszczeniach wyposażonych w instalację wentylacyjną. Przechowywać z dala od silnych utleniaczy i innych materiałów, z którymi może reagować niebezpiecznie (zob. sekcja 10 karty charakterystyki). Na terenie magazynu przestrzegać zakazu palenia tytoniu i używania otwartego ognia. UWAGA: Opróżnione, nieoczyszczone opakowania mogą zawierać pozostałości produktu (pył) podatne do tworzenia obłoków pyłowych - zagrożenie pożarowe/wybuchowe. Zachować ostrożność. Nieoczyszczonych naczyń/zbiorników nie wolno: ciąć, wiercić, szlifować, spawać ani wykonywać tych czynności w ich pobliżu.

8. KONTROLA NARAŻENIA/ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ

(...) 8.2 Kontrola narażenia

8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli

Zalecane są wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy w celu utrzymania stężenia pyłu w powietrzu poniżej ustalonych wartości dopuszczalnych stężeń. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwia kontrolę emisji pyłu u źródła i zapobiega rozprzestrzenianiu się na stanowiska pracy znajdujące się w jego zasięgu.

8.2.2 Indywidualne środki ochrony

Należy właściwie dobrać odzież ochronną do miejsca pracy, zależnie od stężenia i ilości substancji niebezpiecznych. Odporność odzieży ochronnej na chemikalia powinna być stwierdzona przez odpowiedniego dostawcę.

Ochrona oczu lub twarzy	W normalnych warunkach nie są wymagane. Okulary ochronne w szczelnej obudowie w przypadku zapyłonej atmosfery.
Ochrona skóry	Rękawice ochronne powlekane grubość >0,1mm, odporność na przebicie > 480 min. Ubranie robocze.
Ochrona dróg oddechowych	W normalnych warunkach nie są wymagane; w przypadku możliwości narażenia na pyły, szczególnie przy niedostatecznej wentylacji, stosować zatwierdzone respiratory z odpowiednim filtropochłaniaczem.

Tabela 1. Karta technologiczna procesu

Karta technologiczna procesu (odpowiedzi wpisz w wierszach w prawej kolumnie)	
Nazwa procesu technologicznego	
Metoda procesu technologicznego	
Równanie reakcji utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Nazwa rozpuszczalnika stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Nazwa katalizatora stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Ilość katalizatora w stosunku do <i>p</i> -ksylenu [% masowy]	
Nazwa promotora stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Masa otrzymanego produktu w ciągu godziny [kg]	
Stan skupienia produktu	
Wydajność procesu [%]	

Uproszczony schemat ideowy produkcji kwasu tereftalowego

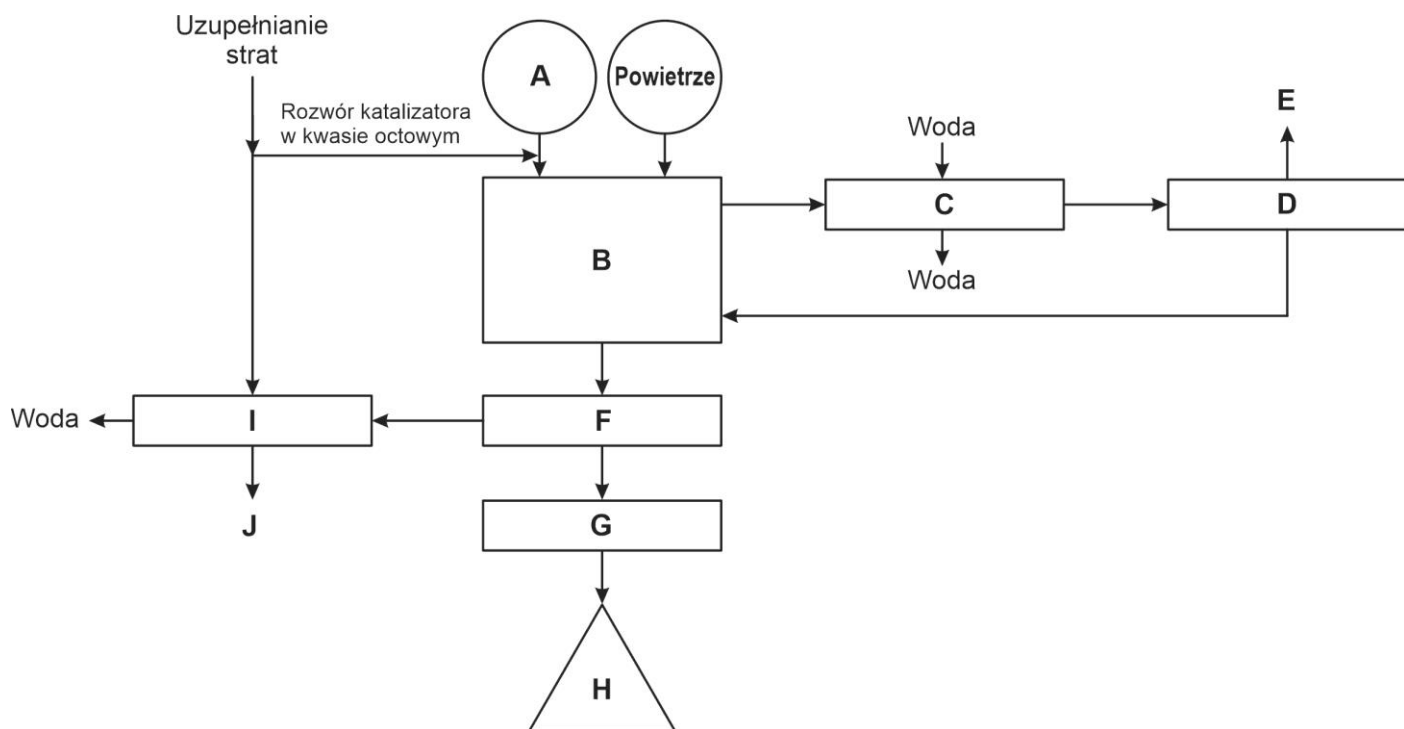


Tabela 2. Opis uproszczonego schematu ideowego produkcji kwasu tereftalowego

Oznaczenie na schemacie	Nazwa (składnik wprowadzany do instalacji/produkt/operacja technologiczna/produkty uboczne procesu)
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

Uproszczony schemat instalacji do produkcji kwasu tereftalowego

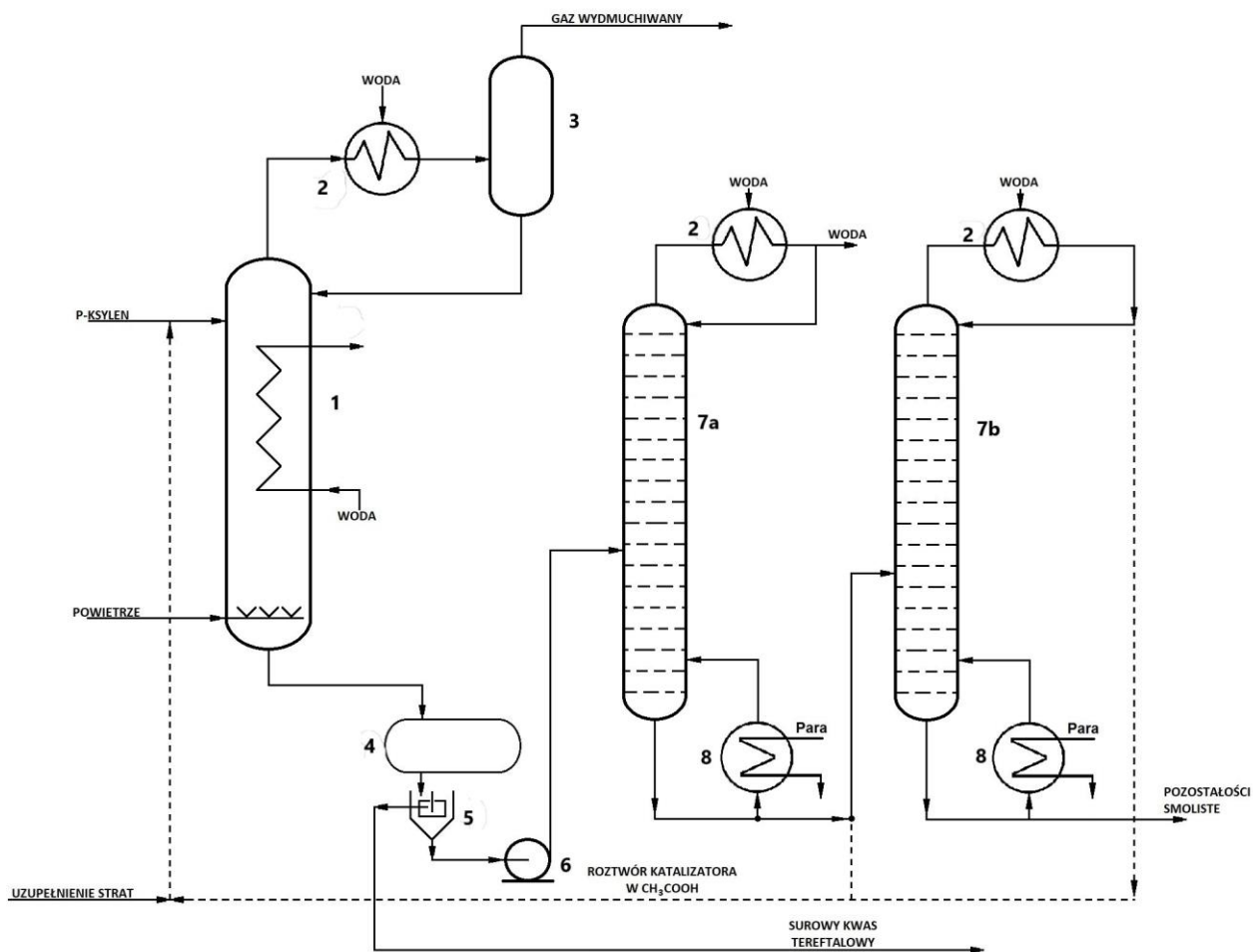


Tabela 3. Opis uproszczonego schematu instalacji do produkcji kwasu tereftalowego
(W pustych polach tabeli wpisz odpowiednio brakującą nazwę urządzenia lub brakujące oznaczenie)

Nazwa	Oznaczenie na uproszczonym schemacie instalacji
Separator	3
Reaktor utleniania	1
Podgrzewacz parowy	8
	7a, 7b
	6
	4
	5
	2

Tabela 4. Zestawienie obliczeń i wyników dotyczących dobowego zapotrzebowania na surowce, katalizator i rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego

Uwaga:

- wyniki obliczeń podaj z dokładnością do liczb całkowitych,
- w kolejnych etapach obliczeń wykorzystuj wartości podawane z dokładnością do liczb całkowitych, wyznaczone w poprzednich etapach obliczeń,
- otrzymane wyniki obliczeń muszą wynikać z zapisanych obliczeń.

<p>1. Masa 100%-owego produktu końcowego uzyskiwanego w ciągu doby [kg] Obliczenia:</p> <p>Wynik:</p>
<p>2. Stechiometryczna (wydajność 100%) masa <i>p</i>-ksylenu [kg] Obliczenia:</p> <p>Wynik:</p>
<p>3. Rzeczywista masa <i>p</i>-ksylenu (wydajność 99%) [kg] Obliczenia:</p> <p>Wynik:</p>

4. Stechiometryczna (wydajność 100%) objętość tlenu [m³]

Obliczenia:

Wynik:

5. Rzeczywista objętość tlenu (wydajność 99%) [m³]

Obliczenia:

Wynik:

6. Objętość powietrza [m³]

Obliczenia:

Wynik:

7. Dobowe zużycie katalizatora [kg]

Obliczenia:

Wynik:

8. Dobowe zużycie kwasu octowego [kg]

Obliczenia:

Wynik:

Tabela 5. Wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli

Miejsce kontroli	Parametr	Jednostka	Wartość
Reaktor	Temperatura	°C	
	Ciśnienie	MPa	
Separator	Temperatura	°C	
	Ciśnienie	MPa	

Tabełę 6. Wykaz indywidualnych środków ochrony i sposobów udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym

Rodzaj zagrożenia	Indywidualne środki ochrony (wymienione zgodnie z kartą charakterystyki)	Sposoby udzielania pierwszej pomocy (wymienione zgodnie z kartą charakterystyki)
Kontakt z oczami		
Kontakt ze skórą		
Kontakt przez drogi oddechowe		

Brudnopis (nie podlega ocenie)