

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.06-01-23.01-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 10 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

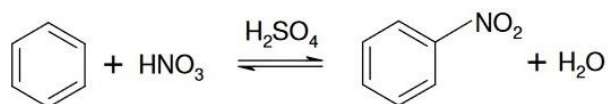
## Zadanie egzaminacyjne

Opracuj dokumentację dotyczącą produkcji nitrobenzenu metodą okresową. W tym celu wypełnij kartę technologiczną – Tabela 1. Uzupełnij opis uproszczonego schematu ideowego procesu – Tabela 2 oraz opis uproszczonego schematu instalacji – Tabela 3.

Sporządź zapotrzebowanie na surowce niezbędne do produkcji nitrobenzenu oraz oblicz masy otrzymanych produktów – Tabela 4. Określ skład procentowy mieszaniny nitrującej – Tabela 5. Sporządź wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 6.

### Skrócony opis procesu technologicznego produkcji nitrobenzenu metodą okresową

Proces produkcji nitrobenzenu metodą okresową polega na wprowadzeniu grupy nitrowej ( $-\text{NO}_2$ ) do cząsteczki benzenu. Środkiem nitrującym jest mieszanina składająca się z kwasu azotowego(V) i środka odwadniającego, którym jest kwas siarkowy(VI). Ilość kwasu siarkowego(VI) w mieszaninie musi być taka, aby wraz z zakończeniem procesu nitrowania nie został on rozcieńczony poniżej określonego stężenia, niezbędnego do wiązania wody. Metoda oparta jest na reakcji przedstawionej równaniem



Do nitratora zaopatrzonego w sprawnie działające mieszadło i systemy chłodzące wprowadza się całość benzenu poddawanego nitrowaniu. Następnie uruchamia się mieszadło oraz przepływ wody chłodzącej przez płaszcz i węzownicę. Dopiero potem można zacząć powolne dozowanie mieszaniny nitrującej, z taką prędkością, aby temperatura mieszaniny reakcyjnej nie przekroczyła  $30^\circ\text{C}$ . W czasie dozowania bardzo ważne jest mieszanie zawartości nitratora, gdyż mieszanina nitrująca tworzy z benzenem dwie odrębne fazy ciekłe, które należy możliwie najlepiej wymieszać. Równomierne dozowanie mieszanki nitrującej i jej natychmiastowe rozprowadzenie w masie ciekłego benzenu uniemożliwia miejscowe nagromadzenie reagentów i pozwala uniknąć miejscowych przegrzań, które mogłyby powstać. Operacja trwa kilka godzin. Po dodaniu całej ilości mieszaniny nitrującej rozpoczyna się proces właściwy – podnosi się temperaturę w nitratorze do  $70\div 80^\circ\text{C}$  i prowadzi proces nitrowania jeszcze przez 2+3 godziny cały czas mieszając zawartość reaktora. W trakcie prowadzenia procesu systematycznie prowadzi się analizy kontrolne. W pobranych próbkach po rozwarstwieniu oznacza się między innymi gęstość kwasu ponitracyjnego i zawartość w nim nieprzereagowanego kwasu azotowego(V). Proces uważa się za zakończony, gdy gęstość kwasu ponitracyjnego osiągnie wartość  $1620 \text{ kg/m}^3$ , a zawartość  $\text{HNO}_3$  nie przekracza 1% (m/m). Wsad nitratora spuszcza się wtedy do separatora, w którym następuje oddzielenie surowego nitrobenzenu od kwasu ponitracyjnego. Oddzielony kwas ponitracyjny kieruje się do denitracji i zatężania, a surowy nitrobenzen do mieszalnika, gdzie najpierw przemywa się go wodą, a następnie roztworem sody, aż do całkowitego zobojętnienia. Po rozdzieleniu faz przemyty i zobojętniony nitrobenzen przedestylowuje się pod zmniejszonym ciśnieniem w kolumnie destylacyjnej. Otrzymany nitrobenzen powinien być jasnożółtą, przezroczystą cieczą o gęstości mieszczącej się w przedziale  $1200\div 1205 \text{ kg/m}^3$ , temperaturze krzepnięcia nie niższej niż  $5,4^\circ\text{C}$  i temperaturze wrzenia  $207,5^\circ\text{C}$ .

**Wykaz danych do wykonania obliczeń dotyczących zapotrzebowania na surowce, ilości otrzymanych produktów oraz składu mieszaniny nitrującej**

- masa benzenu poddanego procesowi nitrowania: 50 kg
- stężenie kwasu azotowego(V): 92% (m/m)
- stężenie kwasu siarkowego(VI): 95% (m/m)
- nadmiar kwasu azotowego w stosunku do ilości stechiometrycznej: 2%
- wydajność procesu: 98%
- masa kwasu siarkowego(VI) 95% wprowadzonego do nitrowania: 43,06 kg

$$M_{C_6H_6} = 78 \text{ g/mol}$$

$$M_{HNO_3} = 63 \text{ g/mol}$$

$$M_{C_6H_5NO_2} = 123 \text{ g/mol}$$

$$M_{H_2O} = 18 \text{ g/mol}$$

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenie podlegać będzie 6 rezultatów:**

- karta technologiczna procesu – Tabela 1,
- opis uproszczonego schematu ideowego produkcji nitrobenzenu metodą okresową – Tabela 2,
- opis uproszczonego schematu instalacji do produkcji nitrobenzenu metodą okresową – Tabela 3,
- zapotrzebowanie na surowce niezbędne do produkcji nitrobenzenu oraz obliczone masy otrzymanych produktów – Tabela 4,
- skład procentowy mieszaniny nitrującej – Tabela 5,
- wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 6.

Tabela 1. Karta technologiczna procesu

| <b>KARTA TECHNOLOGICZNA PROCESU</b><br>(odpowiedzi wpisz w prawej kolumnie)                    |                |
|--|----------------|
| <b>Proces technologiczny</b>   | nazwa procesu: |
| <b>Metoda</b>  |                |
| <b>Równanie reakcji procesu</b>  |                |
| <b>Podstawowe substraty wprowadzane do instalacji</b>  | 1.<br>nazwa    |
|  | 2.<br>nazwa:   |
| <b>Składniki mieszaniny nitrującej</b>   | 1.<br>nazwa:   |
|  | 2.<br>nazwa:   |
| <b>Nadmiar kwasu azotowego(V) w stosunku do ilości stechiometrycznej [%]</b>                   |                |
| <b>Produkt główny</b>  |                |
| <b>Substancje wprowadzane do instalacji w celu przemycia i zubożenia surowego nitrobenzenu</b> | 1.<br>nazwa:   |
|  | 2.<br>nazwa:   |
| <b>Metoda wydzielenia produktu z warstwy organicznej</b>                                       |                |
| <b>Wydajność procesu [%]</b>   |                |

Uproszczony schemat ideowy procesu produkcji nitrobenzenu metodą okresową

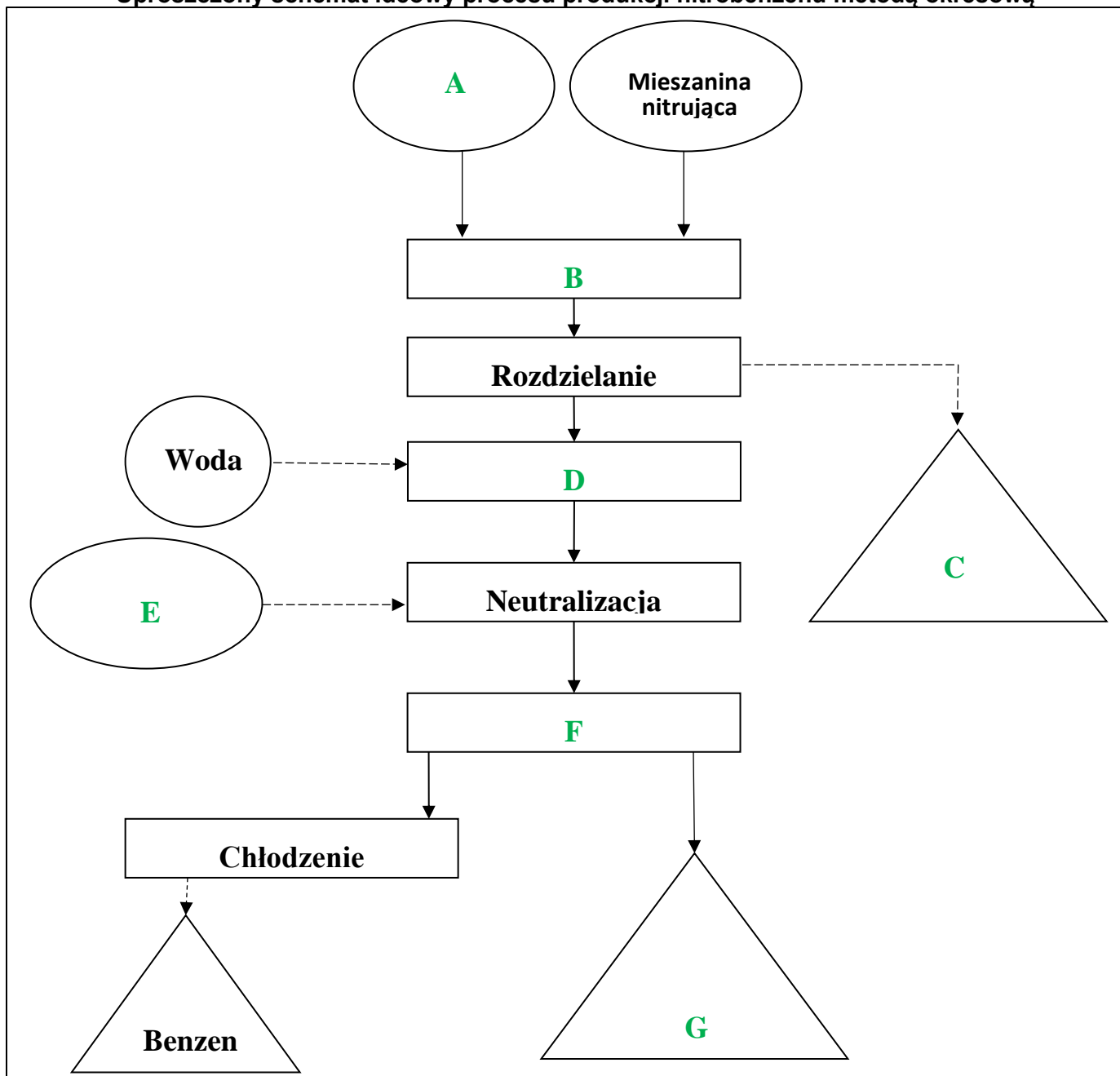


Tabela 2. Opis uproszczonego schematu ideowego produkcji nitrobenzenu metodą okresową

| Oznaczenie na schemacie | Składnik wprowadzany do instalacji / Produkt / Operacja technologiczna |
|-------------------------|--|
| A                       |  |
| B                       |  |
| C                       |  |
| D                       |  |
| E                       |  |
| F                       |  |
| G                       |  |

### Uproszczony schemat instalacji do produkcji nitrobenzenu metodą okresową

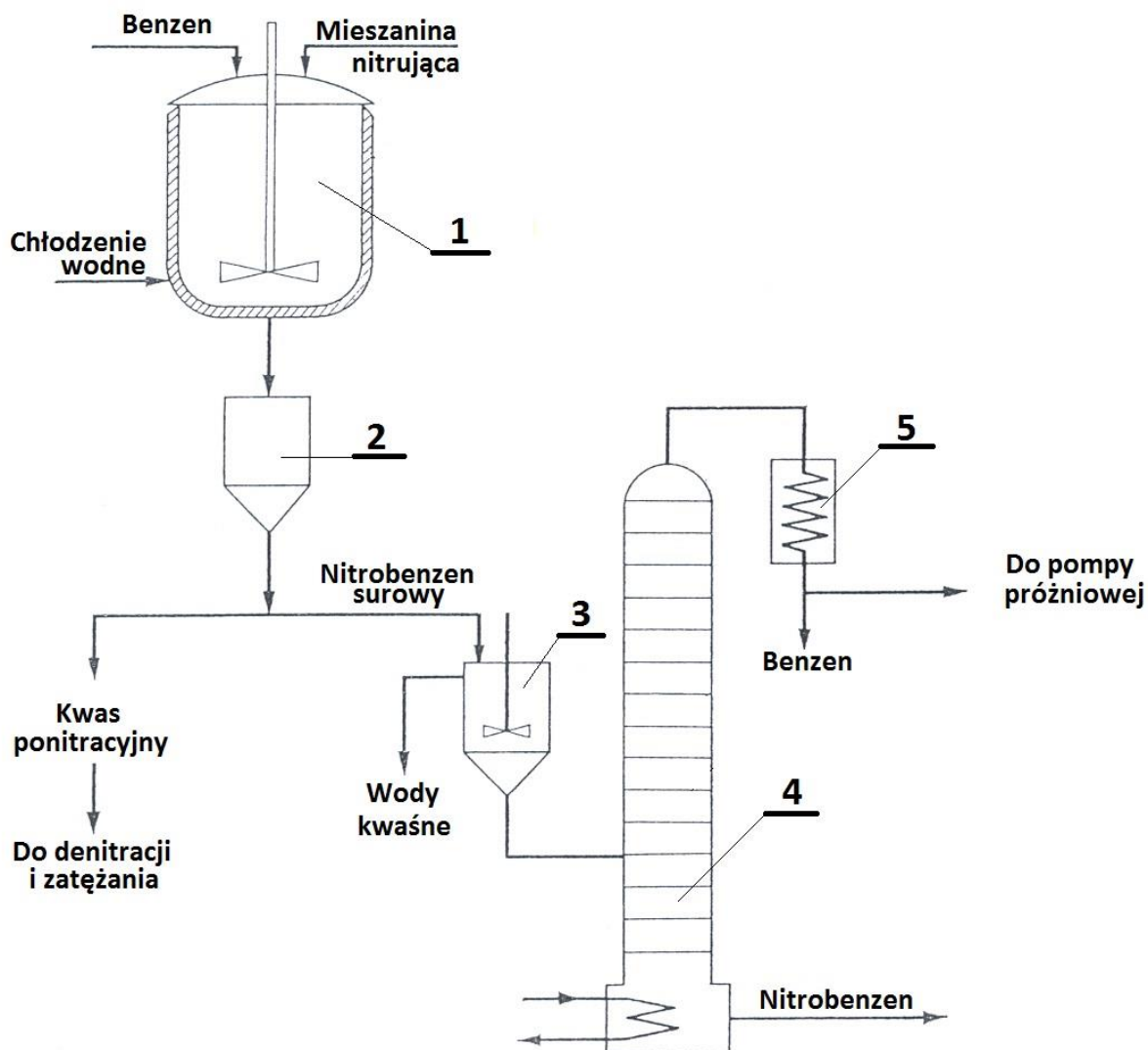


Tabela 3. Opis uproszczonego schematu instalacji do produkcji nitrobenzenu metodą okresową  
(W pustych polach tabeli wpisz odpowiednio brakującą nazwę urządzenia lub brakujące oznaczenie)

| Nazwa urządzenia | Oznaczenie urządzenia na schemacie instalacji |
|------------------|---|
|                  | 4   |
| Mieszalnik       |   |
|                  | 1   |
| Separator        |   |
| Chłodnica        |   |

Tabela 4. Zapotrzebowanie na surowce niezbędne do produkcji nitrobenzenu oraz obliczone masy otrzymanych produktów

| Masa benzenu poddanego nitrowaniu [kg] .....  |  |
|---|--|
| Obliczenia  | Wyniki obliczeń  |
|   | <i>Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku</i> |
| Stechiometryczna masa HNO <sub>3</sub> (100%) potrzebnego do znitrowania benzenu [kg]                             |  |
| Rzeczywista masa potrzebnego kwasu azotowego(V) o określonym stężeniu i z uwzględnieniem założonego nadmiaru [kg] |  |
| Masa wody wprowadzonej razem z kwasem azotowym(V) [kg]  |  |
| Masa wody powstałej w wyniku reakcji nitrowania przy założonej wydajności procesu [kg]                            |  |
| Masa wody wprowadzonej razem z kwasem siarkowym(VI) [kg]  |  |
| Masa otrzymanego nitrobenzenu przy 100% wydajności procesu [kg]   |  |
| Masa otrzymanego nitrobenzenu przy założonej wydajności procesu [kg]  |  |

**Tabela 5. Skład procentowy mieszaniny nitrującej**

| Do mieszaniny nitrującej wprowadzono                            |                     |  |
|---|---------------------|--|
| <i>Wyniki podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku</i> |                     |  |
| Składnik mieszaniny   | Masa składnika [kg] | Masa wody wprowadzonej ze składnikiem [kg] |
| HNO <sub>3</sub> o stężeniu 92%                                 |                     |  |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o stężeniu 95%                   |                     |  |
| Skład mieszaniny nitrującej                                     |                     |  |
| <i>Wyniki podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku</i> |                     |  |
| Składnik  | Masa [kg]           | %  |
| HNO <sub>3</sub> (100%)   |                     |  |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (100%)                           |                     |  |
| H <sub>2</sub> O  |                     |  |
| <b>Mieszanina nitrująca -<br/>razem</b>                         |                     |  |



**Tabela 6. Wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli**

| <b>Punkt kontroli wybranego parametru</b>   | <b>Jednostka</b>  | <b>Wartość lub przedział wartości parametru</b> |
|---|-------------------|---|
| Temperatura w dowolnym punkcie nitratora w trakcie dozowania mieszaniny nitrującej  | °C                |   |
| Temperatura w dowolnym punkcie nitratora w trakcie prowadzenia procesu właściwego   | °C                |   |
| Gęstość kwasu ponitracyjnego w próbce pobranej z nitratora w momencie zakończenia procesu nitrowania                      | kg/m <sup>3</sup> |   |
| Zawartość HNO <sub>3</sub> w kwasie ponitracyjnym w próbce pobranej z nitratora w momencie zakończenia procesu nitrowania | %                 |   |
| Odczyn próbki surowego nitrobenzenu opuszczającego mieszalnik przed skierowaniem do kolumny destylacyjnej                 |                   |   |
| Gęstość próbki nitrobenzenu opuszczającego kolumnę destylacyjną   | kg/m <sup>3</sup> |   |

**Brudnopis (nie podlega ocenie)**