



<i>Rodzaj dokumentu:</i>	Sprawozdanie za rok 2025
<i>Egzamin:</i>	Egzamin maturalny
<i>Przedmiot:</i>	Chemia
<i>Poziom:</i>	Poziom rozszerzony
<i>Termin egzaminu:</i>	16 maja 2025 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	19 września 2025 r.

Sprawozdanie zostało opracowane przez Centralną Komisję Egzaminacyjną we współpracy z Okręgową Komisją Egzaminacyjną w Warszawie.

Centralna Komisja Egzaminacyjna

ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa

tel. 22 536 65 00

www.cke.gov.pl sekretariat@cke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie (województwo mazowieckie)

ul. Józefa Bema 87, 01-233 Warszawa

tel. 22 457 03 35

www.oke.waw.pl info@oke.waw.pl

Spis treści

Opis arkusza egzaminu maturalnego	4
Dane dotyczące populacji zdających	5
Przebieg egzaminu	6
Podstawowe dane statystyczne	7
Komentarz	21
Wnioski i rekomendacje	59

Opis arkusza egzaminu maturalnego

W roku szkolnym 2024/2025 egzamin maturalny z chemii został przeprowadzony zgodnie z wymaganiami podstawy programowej określonymi w rozporządzeniu Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r.¹

Arkusz egzaminacyjny z chemii zawierał 29 zadań otwartych i zamkniętych, spośród których dziewięć zadań składało się z dwóch części, a dwa – z trzech części. Łącznie w arkuszu znalazły się 42 różnego typu polecenia. Spośród tych poleceń trzynastie sprawdzało wiadomości oraz umiejętności tylko z jednego obszaru wymagań tj.

- 2 polecenia, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 3 punkty – obszar I (pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji)
- 11 poleceń, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 13 punktów – obszar II (rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów).

W arkuszu egzaminacyjnym znalazły się także zadania, które jednocześnie sprawdzały wiadomości i umiejętności w dwóch obszarach wymagań ogólnych: pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji oraz rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów (20 poleceń, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 30 punktów), a także rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów oraz opanowanie czynności praktycznych (6 poleceń, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 9 punktów). Trzy polecenia w arkuszu sprawdzały umiejętności we wszystkich trzech obszarach, a za ich rozwiązanie można było otrzymać łącznie 5 punktów.

Podczas rozwiązywania zadań zdający mogli korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, z linijki oraz z kalkulatora naukowego.

Za rozwiązanie wszystkich zadań zdający mógł otrzymać maksymalnie 60 punktów.

¹ Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. z 2024 r. poz. 1019).

Dane dotyczące populacji zdających

TABELA 1. ZDAJĄCY ROZWIĄZUJĄCY ZADANIA W ARKUSZU STANDARDOWYM*

Liczba zdających (Formuła 2023)		3 786
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	z liceów ogólnokształcących	3 604
	z techników	180
	z branżowych szkół II stopnia	2
	ze szkół na wsi	54
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	402
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	799
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	2 531
	ze szkół publicznych	3 176
	ze szkół niepublicznych	610
	kobiety	2 847
	mężczyźni	939
	bez dysleksji rozwojowej	3 226
	z dysleksją rozwojową	560
	obywatele Ukrainy ²	5

* Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 15 osób – laureatów i finalistów Olimpiady Chemicznej.

TABELA 2. ZDAJĄCY ROZWIĄZUJĄCY ZADANIA W ARKUSZACH DOSTOSOWANYCH

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	110
	słabowidzący	8
	niewidomi	0
	słabosłyszący	7
	nieśłyszący	0
	z niepełnosprawnością ruchową spowodowaną mózgowym porażeniem dziecięcym	1
	z zaburzeniem widzenia barw	1
	Ogółem	127

² Zdający – obywatele Ukrainy przystąpili do egzaminu maturalnego na podstawie § 3c ust. 1 rozporządzenia Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 marca 2022 r. w sprawie organizacji kształcenia, wychowania i opieki dzieci i młodzieży będących obywatelami Ukrainy (Dz.U. z 2023 r. poz. 2094 z późn. zm.).

Przebieg egzaminu

TABELA 3. INFORMACJE DOTYCZĄCE PRZEBIEGU EGZAMINU

Termin egzaminu			16 maja 2025
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego			180 minut
Liczba szkół			372
Liczba zespołów egzaminatorów			5
Liczba egzaminatorów-weryfikatorów			5
Liczba egzaminatorów			104
Liczba obserwatorów ³ (§ 8 ust. 1)			10
Liczba unieważnień ⁴	w przypadku:		
	art. 44zzv pkt 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	11
	art. 44zzv pkt 2	wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	1
	art. 44zzv pkt 3	zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu egzaminu	0
	art. 44zzw ust. 1	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	9
	art. 44zzy ust. 7	stwierdzenie naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu maturalnego	1
	art. 44zzy ust. 10	niemożność ustalenia wyniku (np. zaginięcie karty odpowiedzi)	0
Liczba wglądów ⁴ (art. 44zzz)			1 102

³ Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 sierpnia 2022 r. w sprawie egzaminu maturalnego (D.U. z 2024 r. poz. 302, z późn. zm.).

⁴ Ustawa z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (Dz.U. z 2025 r. poz. 881).

Podstawowe dane statystyczne

Wyniki zdających

WYKRES 1. ROZKŁAD WYNIKÓW ZDAJĄCYCH

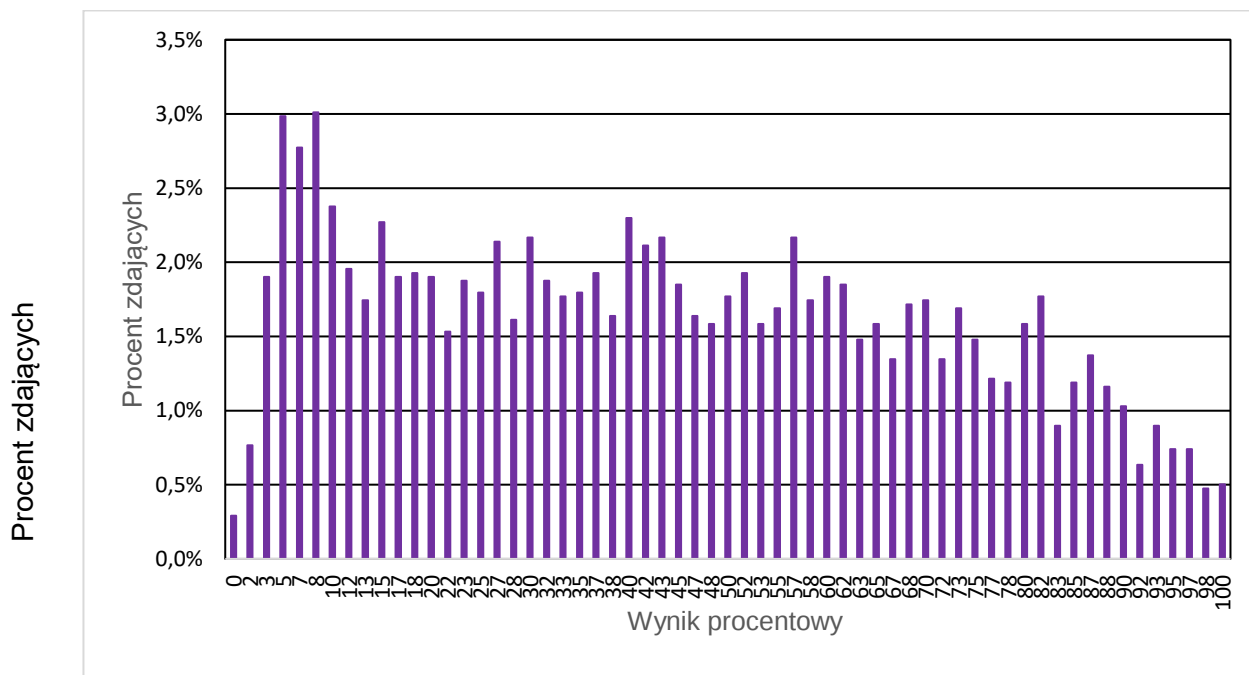


TABELA 4. WYNIKI ZDAJĄCYCH – PARAMETRY STATYSTYCZNE*

Zdający	Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
ogółem	3 786	0	100	42	8	44	27
w tym:							
z liceów ogólnokształcących	3 604	0	100	43	8	45	27
z techników	180	0	87	10	7	15	16
z branżowych szkół II stopnia	2	–	–	–	–	–	–

* Dane dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów. Parametry statystyczne są podane dla grup liczących 30 lub więcej zdających.

Poziom wykonania zadań

TABELA 5. POZIOM WYKONANIA ZADAŃ

Wymagania podstawy programowej ⁴			
Nr zad.	Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe	Poziom wykonania zadania (%)
1.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	II. Budowa atomu. Zdający: 2) stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych; 4) określa przynależność pierwiastków do bloków konfiguracyjnych: s, p i d układu okresowego [...].	61
1.2.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 6) stosuje poprawną terminologię.	II. Budowa atomu. Zdający: 1) interpretuje wartości liczb kwantowych; opisuje stan elektronu w atomie za pomocą liczb kwantowych; stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka [...].	52
1.3.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	II. Budowa atomu. Zdający: 1) [...] stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka [...]; 2) stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych; 3) pisze konfiguracje elektronowe atomów pierwiastków do $Z=38$ oraz ich jonów o podanym ładunku, uwzględniając przynależność elektronów do podpowłok (zapisy konfiguracji: pełne [...]).	65

⁴Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. z 2024 r. poz. 1019).

2.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 4) pisze równania [...] sztucznych reakcji jądrowych.	76
2.2.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 4) pisze równania [...] sztucznych reakcji jądrowych.	60
3.1.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający: 4) opisuje typowe właściwości chemiczne tlenków pierwiastków [...], w tym zachowanie wobec wody [...]; pisze odpowiednie równania reakcji w formie cząsteczkowej [...].	43
3.2.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne [...], formułuje wnioski [...].	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie cząsteczkowej i jonowej).	28
4.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 5) ustala wzór empiryczny i rzeczywisty związku chemicznego (nieorganicznego [...]) na podstawie jego składu i masy molowej.	48

5.1.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 6) stosuje poprawną terminologię.	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie cząsteczkowej [...]). X. Metale, niemetale i ich związki. Zdający: 10) analizuje i porównuje właściwości [...] chemiczne fluorowców.	45
5.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł.	III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Zdający: 2) pisze wzory elektronowe typowych cząsteczek związków kowalencyjnych [...]; 4) [...] przewiduje budowę przestrzenną drobin metodą VSEPR; określa kształt drobin [...].	41
6.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne [...], formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.	VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający: 3) pisze równania reakcji otrzymywania tlenków pierwiastków o liczbach atomowej od 1 do 30 ([...] rozkład [...] wodorotlenków, np. $\text{Cu}(\text{OH})_2$); 7) projektuje i przeprowadza doświadczenie pozwalające otrzymać różnymi metodami: wodorotlenki [...] i sole [...].	53
7.1.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski [...].	VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający: 8) projektuje [...] doświadczenie, którego przebieg pozwoli wykazać charakter chemiczny wodorotlenku (zasadowy, amfoteryczny); wnioskuje o charakterze chemicznym wodorotlenku na podstawie wyników doświadczenia [...].	68

7.2.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski [...].	VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający: 3) pisze równania reakcji otrzymywania tlenków pierwiastków o liczbach atomowych od 1 do 30 ([...] rozkład [...] wodorotlenków, np. $\text{Cu}(\text{OH})_2$); 8) projektuje [...] doświadczenie, którego przebieg pozwoli wykazać charakter chemiczny wodorotlenku (zasadowy, amfoteryczny); wnioskuje o charakterze chemicznym wodorotlenku na podstawie wyników doświadczenia; pisze odpowiednie równania reakcji potwierdzające charakter chemiczny wodorotlenków (w tym równania reakcji otrzymywania hydroksokompleksów).	51
8.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów [...] po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym. V. Roztwory. Zdający: 2) wykonuje obliczenia [...] z zastosowaniem pojęć: stężenie [...] molowe [...]. VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 3) interpretuje wartości pK_w, pH [...]; 4) wykonuje obliczenia z zastosowaniem pojęć: [...] pH, iloczyn jonowy wody [...].	29
9.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 6) stosuje poprawną terminologię. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.	VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający: 9) opisuje typowe właściwości chemiczne kwasów, w tym zachowanie wobec metali [...]; projektuje [...] odpowiednie doświadczenia; pisze odpowiednie równania reakcji. X. Metale, niemetale i ich związki. Zdający: 5) pisze równania reakcji ilustrujące typowe właściwości chemiczne metali wobec [...] kwasów nieutleniających ([...] Zn [...]), przewiduje i opisuje przebieg reakcji [...] stężonego kwasu azotowego(V) z [...] Ag.	39

10.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 2) przewiduje wpływ: stężenia (ciśnienia) substratów [...] i temperatury na szybkość reakcji [...]; 6) wykazuje się znajomością i rozumieniem pojęć: stan równowagi dynamicznej i stała równowagi [...]; 8) [...] stosuje regułę Le Chateliera-Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury [...] i ciśnienia na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej.	74
10.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 2) przewiduje wpływ: stężenia (ciśnienia) substratów [...] na szybkość reakcji [...]; 3) [...] na podstawie danych doświadczalnych ilustrujących związki między stężeniem substratu a szybkością reakcji określa rząd reakcji i pisze równanie kinetyczne.	28
11.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 6) stosuje poprawną terminologię. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.	VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 7) klasyfikuje substancje jako kwasy lub zasady zgodnie z teorią Brønsteda-Lowry'ego; wskazuje sprzężone pary kwas – zasada; 8) uzasadnia przyczynę [...] odczynu niektórych wodnych roztworów soli zgodnie z teorią Brønsteda-Lowry'ego; pisze odpowiednie równania reakcji.	42

12.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) [...] formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.	VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 3) interpretuje wartości [...] pH, K_a, K_b [...]; 4) wykonuje obliczenia z zastosowaniem pojęć: stała dysocjacji [...], pH [...].	15
13.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), objętości gazów w warunkach normalnych, po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym; 8) stosuje do obliczeń równanie Clapeyrona. IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 6) wykazuje się znajomością i rozumieniem pojęć: stan równowagi dynamicznej i stała równowagi; pisze wyrażenie na stałą równowagi danej reakcji; 7) oblicza wartość stałej równowagi reakcji odwracalnej; oblicza stężenia równowagowe albo stężenia początkowe reagentów.	14
14.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 2) wskazuje utleniacz, reduktor, proces utleniania i redukcji w podanej reakcji; 6) przewiduje kierunek przebiegu reakcji utleniania-redukcji na podstawie wartości potencjałów standardowych półogniw; pisze odpowiednie równana reakcji. IX. Elektrochemia. Ogniwa. Zdający: 1) stosuje pojęcia: [...] potencjał standardowy półogniwa [...], SEM.	50

14.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 6) przewiduje kierunek przebiegu reakcji utleniania-redukcji na podstawie wartości potencjałów standardowych półogniów; pisze odpowiednie równania reakcji. IX. Elektrochemia. Ogniwa. Zdający: 1) stosuje pojęcia: półogniwo, anoda, katoda, ogniwo galwaniczne, klucz elektrolityczny, potencjał standardowy półogniwa [...], SEM; 2) pisze i rysuje schemat ogniwa odwracalnego i nieodwracalnego; 3) pisze równania reakcji zachodzących na elektrodach [...] ogniwa galwanicznego [...]; projektuje ogniwo, w którym zachodzi dana reakcja chemiczna; pisze schemat tego ogniwa.	31
15.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 1) stosuje pojęcia: [...] mol [...]; 7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), objętości gazów w warunkach normalnych, po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym. IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 9) stosuje pojęcie standardowej entalpii przemiany; interpretuje zapis $\Delta H < 0$ i $\Delta H > 0$; [...]. XIII. Węglowodory. Zdający: 2) opisuje właściwości chemiczne alkanów na przykładzie reakcji: spalania [...]; pisze odpowiednie równania reakcji.	17
16.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.	I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 1) stosuje pojęcia: [...] mol [...]; 7) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów (stechiometria wzorów i równań chemicznych), objętości gazów w warunkach normalnych, po zmieszaniu substratów w stosunku stechiometrycznym i niestechiometrycznym. IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 9) [...] określa efekt energetyczny reakcji chemicznej na podstawie wartości entalpii.	47

17.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł; 4) konstruuje [...] schematy [...]. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 6) stosuje poprawną terminologię.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 2) stosuje pojęcia: [...] rzędowość w związkach organicznych, izomeria konstytucyjna (szkieletowa, położenia, grup funkcyjnych) [...]. XIII. Węglowodory. Zdający: 3) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: [...] addycji: [...] H_2O [...]; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne) [...].	49
17.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł; 3) konstruuje [...] schematy [...]. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]; 6) stosuje poprawną terminologię.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 2) stosuje pojęcia: [...] rzędowość w związkach organicznych, izomeria konstytucyjna (szkieletowa, położenia, grup funkcyjnych) [...]. XIII. Węglowodory. Zdający: 3) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: [...] addycji: [...] HBr, H_2O [...]; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne) [...].	63
18.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja, eliminacja, substytucja, polimeryzacja, kondensacja) i mechanizm reakcji (elektrofilowy, nukleofilowy, rodnikowy); wyjaśnia mechanizmy reakcji; pisze odpowiednie równania reakcji.	59
19.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja, eliminacja, substytucja, polimeryzacja, kondensacja) i mechanizm reakcji (elektrofilowy, nukleofilowy, rodnikowy); wyjaśnia mechanizmy reakcji; pisze odpowiednie równania reakcji. XIII. Węglowodory. Zdający: 2) opisuje właściwości chemiczne alkanów na przykładzie reakcji: [...] substytucji atomu (lub atomów) wodoru przez atom (lub atomy) chloru albo bromu przy udziale światła; pisze odpowiednie równania reakcji.	50

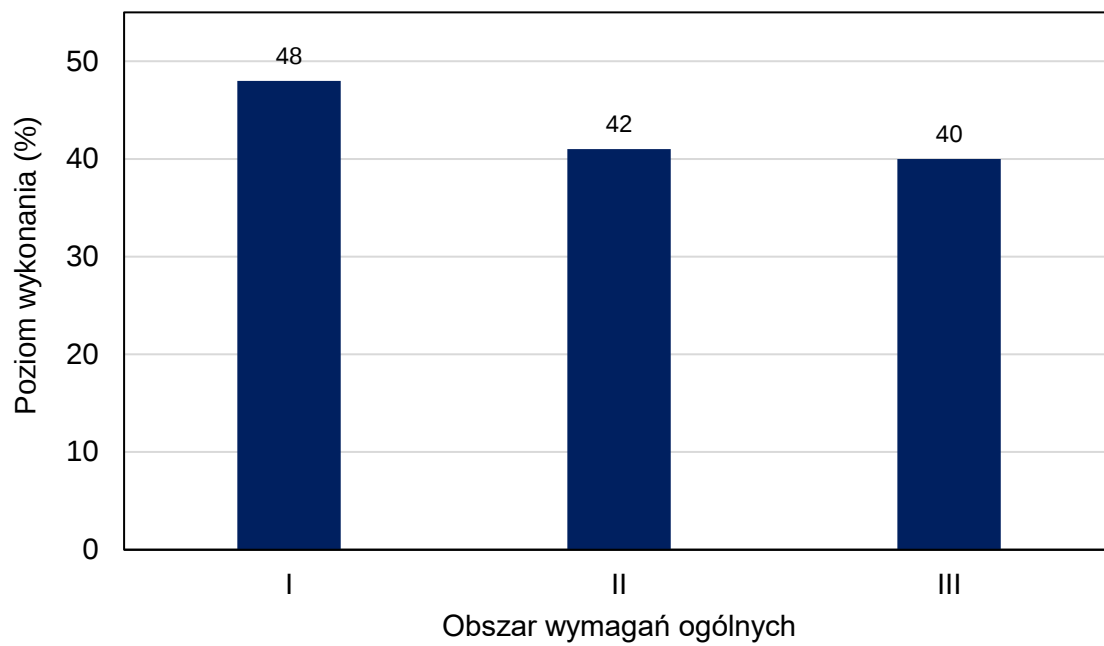
20.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 1) [...] na podstawie nazw systematycznych [...] rysuje ich wzory strukturalne i półstrukturalne (grupowe). XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 1) wskazuje grupę karboksylową i resztę kwasową we wzorach kwasów karboksylowych (alifatycznych i aromatycznych).	76
21.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł; 3) konstruuje [...] schematy na podstawie dostępnych informacji.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 1) [...] na podstawie nazw systematycznych rysuje ich wzory strukturalne i półstrukturalne (grupowe). XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Zdający: 1) opisuje podobieństwa i różnice w budowie cząsteczek aldehydów i ketonów (położenie grupy karbonylowej).	64
22.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 6) stosuje poprawną terminologię.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 5) wyjaśnia zjawisko izomerii optycznej; wskazuje centrum stereogeniczne (asymetryczny atom węgla) [...]; ocenia, czy cząsteczka [...] jest chiralna. XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Zdający: 1) [...]; wskazuje wzory alkoholi pierwszo-, drugo-, i trzeciorzędowych.	33
23.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych.	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w [...] cząsteczce związku [...] organicznego; 5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego [...].	77

24.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 1) na podstawie [...] właściwości fizykochemicznych klasyfikuje dany związek chemiczny do: [...] związków jednofunkcyjnych ([...] estrów [...]) [...]; 6) analizuje zmiany właściwości fizycznych [...]. XVII. Estry i tłuszcze. Zdający: 9) [...] prezentuje informacje o właściwościach fizycznych [...] estrów [...].	54
25.1.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 5) [...] rysuje wzory w projekcji Fischera izomerów optycznych: enancjomerów [...]. XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 8) [...] prezentuje informacje o budowie [...] hydroksykwasów [...].	59
25.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XIII. Węglowodory. Zdający: 6) [...] rysuje wzór polimeru powstającego z monomeru o podanym wzorze lub nazwie [...]. XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 8) [...] prezentuje informacje o [...] możliwości tworzenia [...] estrów międzycząsteczkowych ([...] poliestry) [...].	16
26.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje [...] doświadczenia chemiczne [...], formułuje [...] wyjaśnienia.	XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 4) opisuje właściwości chemiczne kwasów karboksylowych na podstawie reakcji tworzenia: soli [...]; pisze odpowiednie równania reakcji; projektuje i przeprowadza doświadczenia pozwalające otrzymywać sole kwasów karboksylowych (w reakcjach kwasów z: metalami, tlenkami metali, wodorotlenkami metali i solami kwasów o mniejszej mocy).	23

27.1.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Zdający: 6) opisuje właściwości chemiczne fenoli na podstawie reakcji z: sodem, wodorotlenkiem sodu [...]; pisze odpowiednie równania reakcji dla fenolu (benzenolu, hydroksybenzenu) [...].	54
27.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Zdający: 6) opisuje właściwości chemiczne fenoli na podstawie reakcji z: sodem, wodorotlenkiem sodu, bromem, kwasem azotowym(V); pisze odpowiednie równania reakcji dla benzenolu (fenolu, hydroksybenzenu) i jego pochodnych; projektuje i przeprowadza doświadczenie, którego przebieg pozwoli odróżnić alkohol od fenolu; na podstawie wyników doświadczenia klasyfikuje substancję do alkoholi lub fenoli. XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 4) porównuje i wyjaśnia przyczynę zasadowych właściwości [...] amin; pisze odpowiednie równania reakcji.	53
27.3.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...]. III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje i przeprowadza doświadczenia chemiczne [...], formułuje [...] wnioski [...].	VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 1) stosuje pojęcia: stopień utlenienia, utleniacz, reduktor, utlenianie, redukcja; 4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w [...] cząsteczce związku [...] organicznego. XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 4) porównuje i wyjaśnia przyczynę zasadowych właściwości [...] amin; pisze odpowiednie równania reakcji.	22

28.1.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu [...]; pisze odpowiednie równania reakcji. XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 6) [...] wyjaśnia, co oznacza, że aminokwasy białkowe są α-aminokwasami [...].	53
28.2.	I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł. II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej.	XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu [...]; pisze odpowiednie równania reakcji. XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 6) [...] wyjaśnia, co oznacza, że aminokwasy białkowe są α-aminokwasami [...].	12
29.	II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].	XX. Cukry. Zdający: 1) dokonuje podziału cukrów na proste i złożone, klasyfikuje cukry proste ze względu na grupę funkcyjną i liczbę atomów węgla w cząsteczce; wyjaśnia, co oznacza, że naturalne monosacharydy należą do szeregu konfiguracyjnego D; 3) [...] rysuje wzory taflowe (Hawortha) anomerów α i β glukozy i fruktozy [...].	62

WYKRES 2. POZIOM WYKONANIA ZADAŃ W OBSZARZE WYMAGAŃ OGÓLNYCH



Komentarz

W maju 2025 roku do egzaminu maturalnego z chemii w **Formule 2023** absolwenci szkół ponadpodstawowych przystąpili po raz kolejny. Egzamin był przeprowadzony na poziomie rozszerzonym i okazał się dla zdających trudny. Średni wynik, jaki osiągnęli tegoroczni maturzyści, to 44 %.

Analiza jakościowa zadań

Egzamin maturalny z chemii sprawdzał, w jakim stopniu maturzyści spełnili wymagania egzaminacyjne z zakresu tego przedmiotu dla III etapu edukacyjnego. Zadania w arkuszu egzaminacyjnym sprawdzały różne wymagania ogólne i szczegółowe. Odnosiły się do różnorodnych materiałów źródłowych oraz badały m.in. umiejętności złożone, w tym umiejętność myślenia naukowego, projektowania doświadczeń i interpretacji ich wyników oraz analizy informacji i oceny wiarygodności uzyskanych danych. W tegorocznym arkuszu znalazła się także grupa zadań sprawdzających elementarne, typowe umiejętności chemiczne, np. pisanie wzorów sumarycznych i równań prostych reakcji albo ustalanie, czy opisana przemiana może zostać sklasyfikowana jako reakcja utleniania-redukcji.

Arkusz egzaminacyjny z chemii zawierał 29 zadań (42 polecenia). Wśród nich nie było zadań bardzo łatwych, a tylko trzy były łatwe. Zdecydowana większość zadań okazała się dla zdających umiarkowanie trudna albo trudna. Pięć zadań było zadaniami bardzo trudnymi.

Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najłabiej

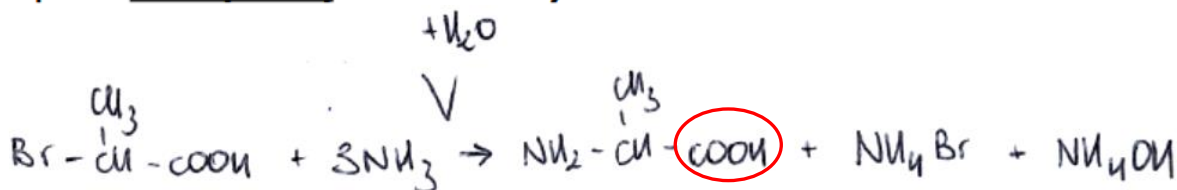
Najtrudniejsze w całym arkuszu okazało się **zadanie 28.2.** (poziom wykonania – 12%). Sprawdzało ono opanowanie umiejętności odnoszących się do związków organicznych zawierających azot. Zadanie zostało poprzedzone wstępem, w którym przedstawiono opis metody otrzymywania α -aminokwasów. Dodatkowo w informacji wstępnej zamieszczono schemat przemian prowadzących od kwasu propanowego do soli amonowej tego kwasu (związek B). Na podstawie zamieszczonych informacji zdający mieli zapisać równanie reakcji otrzymywania związku B. Równanie reakcji należało napisać w formie jonowej. Najczęstszymi błędami piszących było zapisywanie wymaganego równania w formie cząsteczkowej (przykłady 1.–4.) oraz pomijanie informacji, że proces prowadzi do otrzymania soli amonowej kwasu karboksylowego (przykłady 1., 2., 5. i 6.), a substraty reagują w stosunku molowym $n_A : n_{\text{NH}_3} = 1 : 3$ – przykład 5. W swoich pracach zdający często pisali błędne równania, co wynikało z pomijania praw zachowania masy i ładunku (przykład 7.).

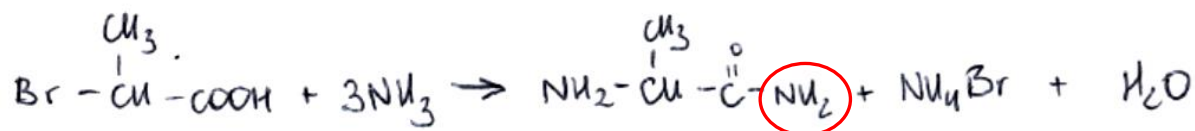
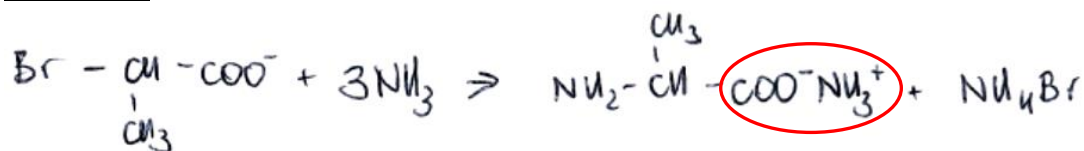
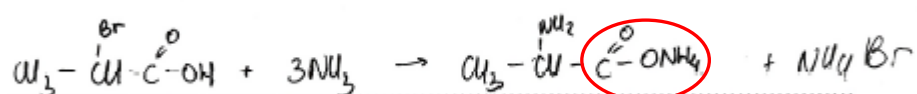
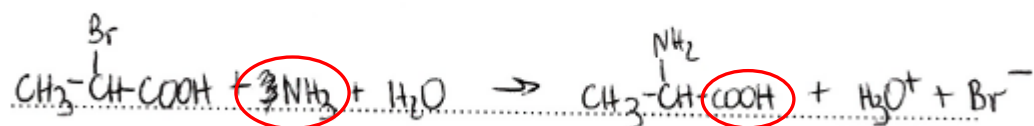
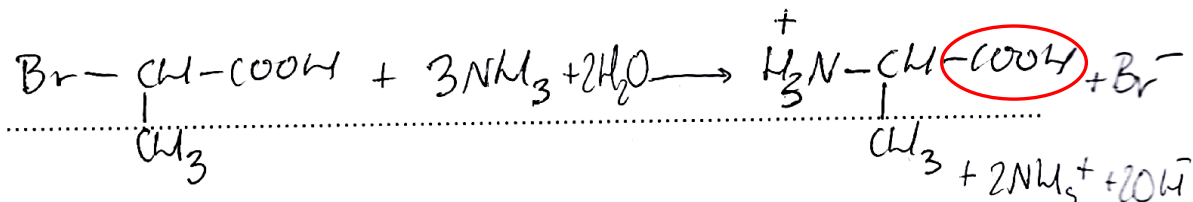
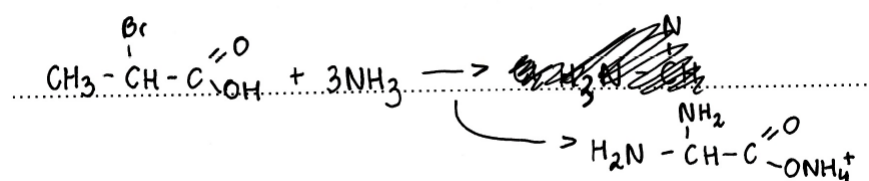
Przykład 1.

Zadanie 28.2. (0–1)

Związek A reaguje z amoniakiem w stosunku molowym $n_A : n_{\text{NH}_3} = 1 : 3$ (reakcja 2.).

Napisz w **formie jonowej** równanie reakcji 2.



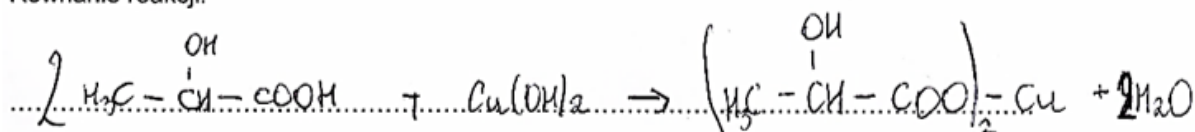
Przykład 2.Przykład 3.Przykład 4.Przykład 5.Przykład 6.Przykład 7.

Duża część maturzystów nie potrafiła zapisać poprawnego równania reakcji lub pomijała to zadanie. W takich rozwiązaniach zdający pisali poprawny numer próbówki, ale w równaniu reakcji popełniali błąd merytoryczny; według piszących produkt reakcji (sól) nie jest związkiem jonowym, na co wskazuje zaznaczanie wiązanie kowalencyjne – przykład 8.

Przykład 8.

Rozstrzygnięcie: III

Równanie reakcji:



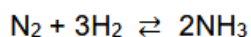
Bardzo trudnym zadaniem (poziom wykonania – 14 %) okazało się **zadanie 13**. Rozwiązanie tego zadania polegało na obliczeniu wartości stężeniowej stałej równowagi reakcji syntezy amoniaku w temperaturze T . Piszący, uwzględniając dane zamieszczone w treści zadania tj. początkowe stężenia substratów, azotu $0,20 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i wodoru $0,60 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, powinni ustalić równowagowe stężenia reagentów – N_2 , H_2 i NH_3 – w chwili, gdy w reaktorze o stałej pojemności panowało stałe ciśnienie równe 75 % początkowej wartości, a następnie z ich pomocą wyznaczyć wartość stałej K .

Znacząca większość maturzystów w swoich rozwiązaniach miała problem ze zinterpretowaniem związku między ciśnieniem panującym w reaktorze a stężeniem reagentów – przykład 9. Jeśli ten postęp został wykonany, to w rozwiązaniu pojawiały się błędy obliczeniowe, np. błędna interpretacja stechiometrii reakcji syntezy amoniaku (przykład 10.), albo nieprawidłowe wyrażenie pozwalające wyznaczyć stałą równowagi (przykład 11.). Zdający tym samym popełniali błąd merytoryczny. Nierzadko pojawiały się błędy wynikające z założenia, że w reakcji uczestniczy po 25 % każdego z substratów (przykład 12.) lub tylko 25 % jednego z reagentów np. azotu (przykład 13.). Pojawiały się również odpowiedzi, w których zdający zakładali zmianę objętości reaktora – objętość rosła lub malała o 25 % (przykład 14.).

Przykład 9.**Zadanie 13. (0–2)**

W celu wyznaczenia stężeniowej stałej równowagi syntezy amoniaku w temperaturze T do reaktora o stałej pojemności wprowadzono azot i wodór. Początkowe stężenie azotu było równe $0,20 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, a początkowe stężenie wodoru wynosiło $0,60 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

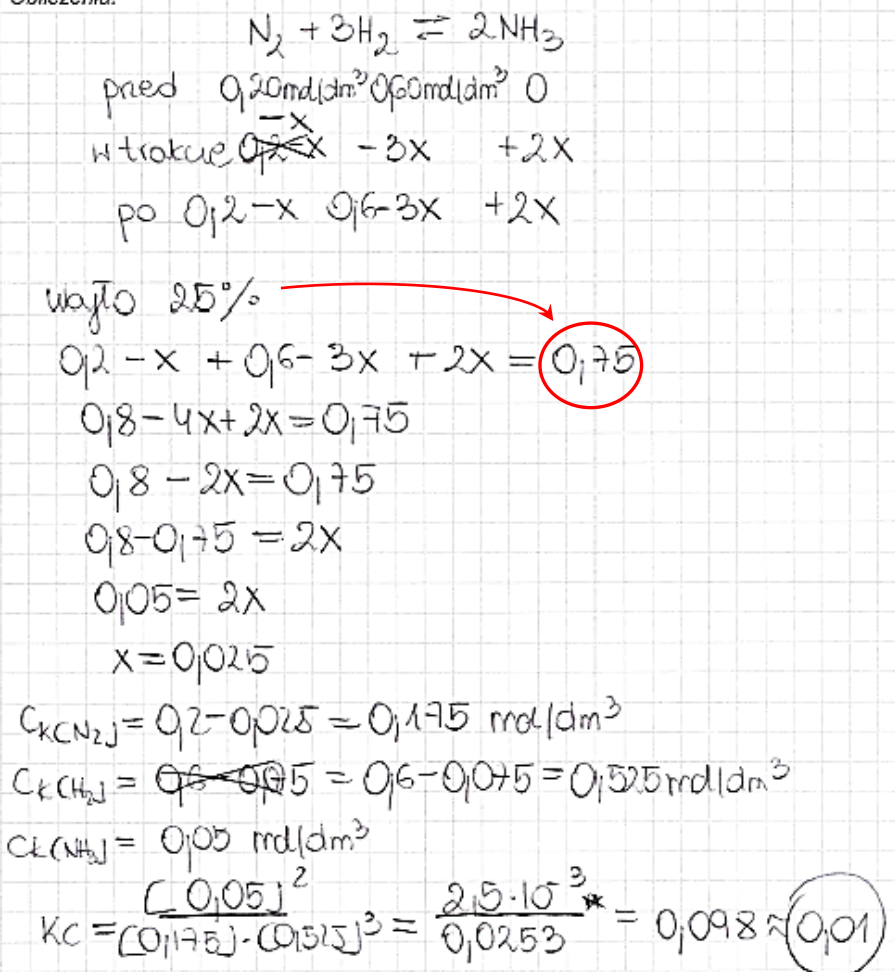
Następnie reaktor zamknięto i utrzymywano stałą temperaturę T . W reaktorze zaszła reakcja opisana poniższym równaniem.



Po pewnym czasie stwierdzono, że ciśnienie w reaktorze obniżyło się do 75 % początkowej wartości i już się nie zmieniało.

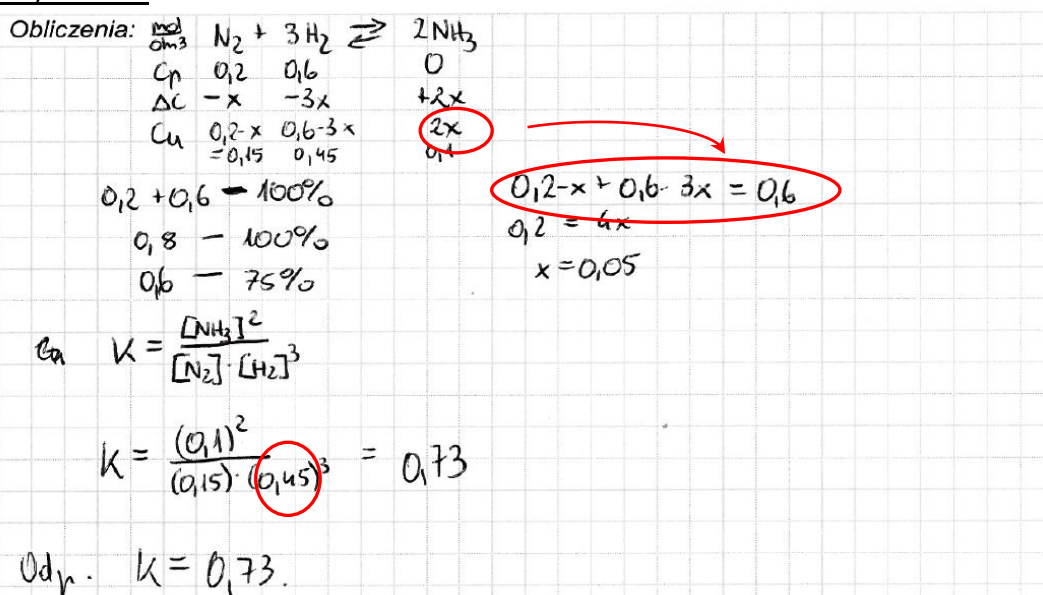
Oblicz stężeniową stałą równowagi syntezy amoniaku w temperaturze T .

Obliczenia:



Przykład 10.

Obliczenia:



Przykład 11.

Obliczenia:

	N_2	$+ 3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$	
$C_{początkowe}$	$0,2 \frac{mol}{dm^3}$	$0,6 \frac{mol}{dm^3}$		0	
$C_{w reakcji}$	$-x$	$-3x$		$+2x$	
$C_{równowagowe}$	$0,2-x$	$0,6-3x$		$2x$	

Jeżeli η zmalała o 25%, to 0,25% musiało też zmaleć stężenie gazów, bo są to wartości odwrotnie proporcjonalne.

Sumaryczne c początkowe gazów $= 0,2 + 0,6 = 0,8 \frac{mol}{dm^3}$

$$\frac{3}{4} \cdot 0,8 = 0,2 - x + 0,6 - 3x + 2x$$

$$0,6 = 0,8 - 2x$$

$$2x = 0,2$$

$$x = 0,1 \frac{mol}{dm^3}$$

w równowadze:

$$[N_2] = 0,2 - 0,1 = 0,1 \frac{mol}{dm^3}$$

$$[H_2] = 0,6 - 0,3 = 0,3 \frac{mol}{dm^3}$$

$$[NH_3] = 0,2 \frac{mol}{dm^3}$$

$$K = \frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2} = \frac{0,1 \cdot (0,3)^3}{(0,2)^2} = 0,0675$$

Przykład 12.

ciężnienie zmniejszyło się o 25%

25% $\times$ 0,20

$$\frac{0,20}{x} = \frac{100\%}{25\%}$$

$$x = 0,05 \leftarrow \text{tyle przereagowało } N_2$$

$$\frac{0,60}{y} = \frac{100\%}{25\%}$$

$$y = 0,15 \leftarrow \text{tyle przereagowało } H_2$$

(cm)

N_2	$+ 3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
0,20	0,60		-
-0,05	-0,15		+0,1
0,15	0,45		0,1

$$K = \frac{0,1^2}{0,15 \cdot 0,45^3} = \frac{0,01}{0,0137} = 0,73$$

adp

Przykład 13.

Obliczenia:

$$C_{mN} = 0,2 \text{ mol/dm}^3$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$C_{mH} = 0,6 \text{ mol/dm}^3$$

$$n = 3 \text{ mol}$$

~~Handwritten scribbles~~

$$0,2 - 100\%$$

$$x - 75\%$$

$$x = \frac{0,2 \cdot 75}{100} = 0,15$$

	N_2	H_2	NH_3
pol.	0,2	0,6	—
prer.	-0,15	-0,15	—
kon.	0,05	0,45	0,15

$$K = \frac{[0,15]^2}{[0,05] \cdot [0,45]^3} = 4,94$$

Przykład 14.

Obliczenia:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$$

~~Handwritten scribbles~~

$$\downarrow p = \uparrow V$$

$$\downarrow p \text{ o } 25\% = \uparrow V \text{ o } 25\%$$

 N_2 po $\uparrow V$:

$$n = 0,2 \text{ mol}$$

$$V = 1,25 \text{ dm}^3$$

$$C = \frac{0,2}{1,25} = 0,16 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

 H_2 po $\uparrow V$:

$$n = 0,6 \text{ mol}$$

$$V = 1,25 \text{ dm}^3$$

$$C = \frac{0,6}{1,25} = 0,48$$

	N_2	$3H_2$	$2NH_3$
Mrp	0,2	0,6	0
ΔR	-x	-3x	+2x
Mrk	0,2-x	0,6-3x	2x
	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	0,16	0,48	2 \cdot 0,04 = 0,08

$$0,2 - x = 0,16$$

$$x = 0,04$$

$$K = \frac{(0,08)^2}{0,16 \cdot (0,48)^3} = \frac{0,0064}{0,018} = 0,356$$

$$\text{Odp.: } K = 0,356$$

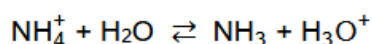
Zbliżony poziom trudności miało **zadanie 12.** (poziom wykonania – 15 %), w którym zdający mieli obliczyć pH roztworu o objętości 100 cm³ powstałego przez rozpuszczenie 0,1 g chlorku amonu w wodzie. W informacji wstępnej podano równanie reakcji, zgodnie z którym kation amonowy ulegał hydrolizie z utworzeniem kationu hydroniowego. Na podstawie wykonanych obliczeń należało dokonać wyboru zdjęcia, które przedstawiało zawartość probówki z otrzymanym roztworem i dodanym do niego wskaźnikiem – błękitem bromotymolowym.

Duża grupa maturzystów podjęła się rozwiązania tego zadania, niestety wielu zdających błędnie obliczyło wartość pH, czego przyczyną były błędy rachunkowe (w przeważającej większości wynikały one z niewłaściwego zapisu wyniku w postaci wykładniczej), albo błędy nieuwagi – przykłady 15. i 16. Czasami zdający nie dokonywali wyboru zdjęcia (przykład 15.).

Przykład 15.

Zadanie 12. (0–3)

Próbkę chlorku amonu o masie 0,10 g rozpuszczono w wodzie i otrzymano 100 cm³ roztworu. W powstałym roztworze kationy amonowe w pewnym stopniu ulegają przemianie zgodnie z poniższym równaniem.



Niewielką objętość przygotowanego roztworu umieszczono w probówce, do której dodano kilka kropeł błękitu bromotymolowego.

Oblicz pH otrzymanego roztworu. Wynik podaj w zaokrągleniu do jednego miejsca po przecinku. Następnie wybierz zdjęcie, na którym przedstawiono wygląd zawartości probówki po dodaniu do niej wskaźnika, i zaznacz literę A, B albo C.

Obliczenia:

$$m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,1 \text{ g}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,87 \cdot 10^{-3}$$

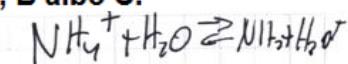
$$V = 0,1 \text{ dm}^3$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = 0,0187 \text{ mol/dm}^3$$

$$K_b = 1,78 \cdot 10^{-5}$$

$$K_a \cdot K_b = 10^{-14}$$

$$K_a = 5,62 \cdot 10^{-10}$$



$$[\text{NH}_3] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{NH}_4^+]}$$

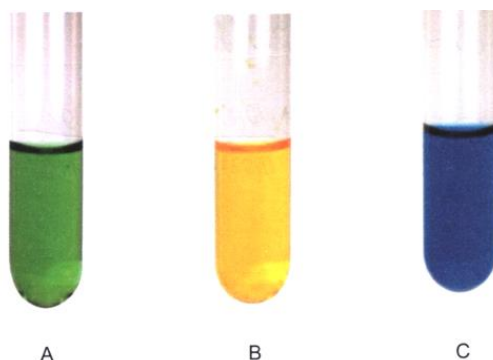
$$5,62 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,0187}$$

$$\frac{C_0}{K_a} \geq 400$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 1,05 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,02 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}_3\text{O}^+] = 5,0$$

Przykład 16.

NH_4Cl
 $m = 0,1 \text{ g}$ $M = 53,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
 $v = 0,1 \text{ dm}^3$ $\Rightarrow n = 1,9 \cdot 10^{-3} = 0,0019 \text{ mola}$

$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

P	0,019	-	-	-
Δ	-x	-	+x	+x
K	0,019-x	-	x	x

$K_{\text{b}} \text{NH}_3 = 1,78 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{NH}_3][\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_4^+]}$
 $K_{\text{a}} \cdot K_{\text{b}} = 10^{-14}$
 $K_{\text{a}} \cdot 1,78 \cdot 10^{-5} = 10^{-14}$
 $K_{\text{a}} = 5,62 \cdot 10^{-10}$

$\text{pH} = -\log 0,019 = 1,72$

$\frac{0,0019}{0,1} = 0,019 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$5,62 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,019 - x}$
 $5,62 \cdot 10^{-10} (0,019 - x) = x^2$

$1,0678 \cdot 10^{-11} - 5,62 \cdot 10^{-10} x = x^2$
 $x^2 + 5,62 \cdot 10^{-10} x - 1,0678 \cdot 10^{-11} = 0$
 $\Delta = b^2 - 4ac = 1,94$ $\sqrt{\Delta} = 1,39$

$x_1 = 0,69$
 $x_2 = -0,69$
 $x_1 = \frac{-b - 1,39}{2} = -0,695$
 $x_2 = 0,7$

A $\text{pH} = 7$
 B $\text{pH} < 7$
 C zas.

Pojawiały się też prace, w których ostateczna odpowiedź została zapisana niezgodnie z poleceniem (przykład 17.) – wynik powinien być zapisany w zaokrągleniu do jednego miejsca po przecinku.

Przykład 17.

Obliczenia:

$$\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$$

$n = 1,87 \cdot 10^{-3}$
 $V = 0,1 \text{ dm}^3$

$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$K_b = 1,78 \cdot 10^{-5}$$

$$K_w = K_a \cdot K_b$$

$$\frac{K_w}{K_b} = K_a$$

$$K_a = \frac{10^{-14}}{1,78 \cdot 10^{-5}} = 5,62 \cdot 10^{-10}$$

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 3,24 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{5,49}}$$

$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 14 + 4 \cdot 35,5 = 158,5 \text{ g/mol}$
 $n = \frac{0,1}{158,5} = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$C_{\text{NH}_4^+} = \frac{1,87 \cdot 10^{-3}}{0,1}$
 $C_{\text{NH}_4^+} = 0,0187$

	NH_4^+	NH_3	H_3O^+
CP	0,0187	0	0
DC	-x	x	x
CK	0,0187	x	x

$$5,62 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{(0,0187 - x)}$$

$$1,054 \cdot 10^{-11} - 5,62 \cdot 10^{-10} x - x^2 = 0$$

$$x^2 + 5,62 \cdot 10^{-10} x - 1,054 \cdot 10^{-11} = 0$$

$$x_1 = 3,24 \cdot 10^{-6}$$


A



B



C

Jednak najczęściej popełnianymi błędami było pominięcie stałej dysocjacji jonu amonowego, co stanowi błąd merytoryczny (przykład 18.) i zastosowanie stałej dysocjacji kwasowej amoniaku jako stałej dysocjacji kwasowej kationu amonowego (przykład 19.). Oddzielną grupę rozwiązań stanowią te, w których zdający przyjmowali założenie 100 % wydajności reakcji hydrolizy kationu amonowego (przykład 18. i 20.).

Przykład 18.

Obliczenia:

$$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$$

$$\frac{1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ dm}^3} = 0,0187 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ dm}^3} = 0,0187 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

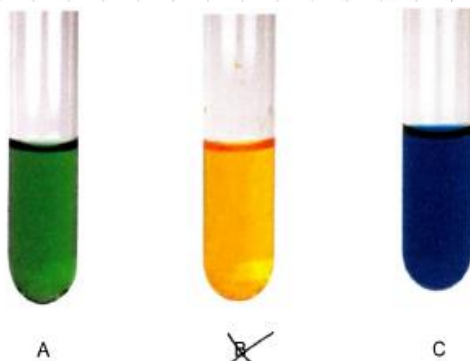
$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\frac{1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ dm}^3} \rightleftharpoons \frac{1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ dm}^3}$$

$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = (14 + 4 \cdot 1 + 35,5) \text{ g/mol} = 53,5 \text{ g/mol}$
 $n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{0,10 \text{ g}}{53,5 \text{ g/mol}} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$\text{pH} = -\log(0,0187) = 1,73 = 1,7$
 $\text{pH} = -\log(0,0187) = 1,73 = 1,7$

Obp. pH roztworu wynosi 1,7.



Przykład 19.

Obliczenia:

$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$$

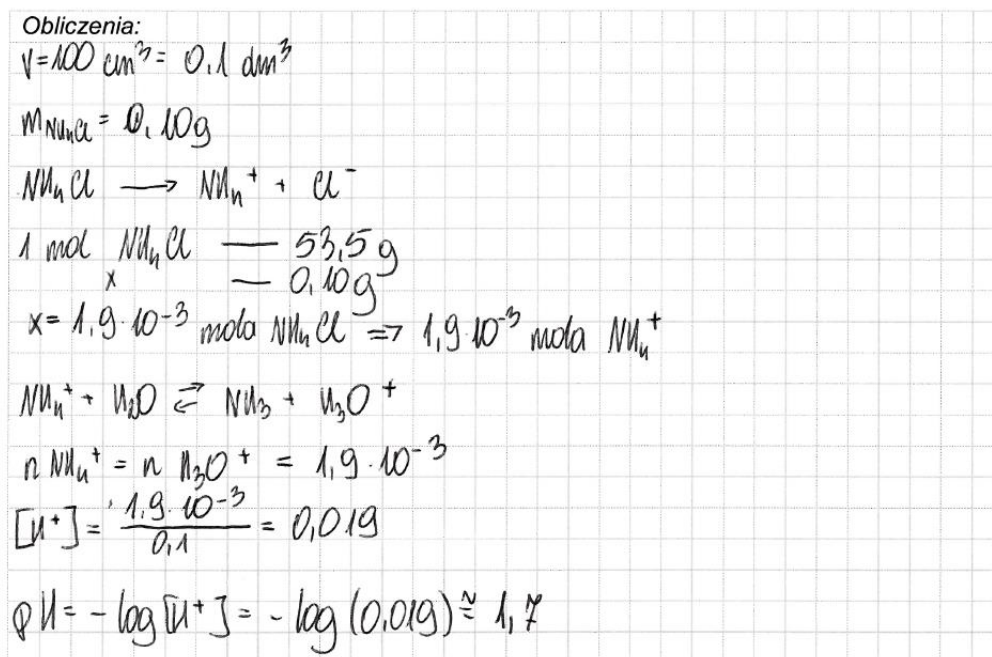
$K_{\text{NH}_3} = 1,78 \cdot 10^{-5}$
 $M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 14 + (4 \cdot 1) + 35,5 = 53,5 \text{ g/mol}$
 $53,5 \text{ g} - 1 \text{ mol}$
 $0,10 \text{ g} - n$
 $n = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 $V = 0,1 \text{ dm}^3 (100 \text{ cm}^3)$
 $C_m = \frac{1,87 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,0187$

$K = \alpha^2 \cdot C_0$
 $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C_0}} = \sqrt{\frac{1,78 \cdot 10^{-5}}{0,0187}} = 0,03$
 $\alpha = 0,03$

$\alpha = \frac{C_2}{C_0}$
 $C_2 = \alpha \cdot C_0$
 $C_2 = 0,03 \cdot 0,0187 = 5,61 \cdot 10^{-4}$

$\text{pH} = -\log(C_2) = 3,25$
 $\text{pH} = 14 - 3,25 = 10,75$

$\frac{C_0}{K} \geq 400$, skrócony wzór

Przykład 20.

A



B



C

Bardzo trudnym zadaniem (poziom wykonania – 16%) było też **zadanie 25.2**. Rozwiązanie tego zadania polegało na napisaniu wzoru półstrukturalnego (grupowego) poli(kwasu mlekowego). W tym celu zdający otrzymali informację, że związek ten powstaje w wyniku polikondensacji kwasu mlekowego (kwasu 2-hydroksypropanowego).

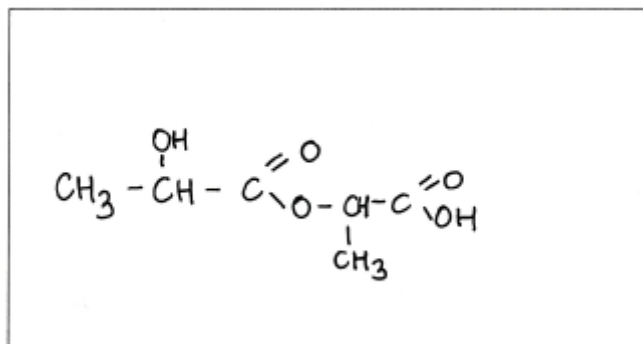
Piszący, korzystając z danych zamieszczonych w treści zadania, proponowali różne wzory wymaganego polimeru. Pojawiające się błędy sugerują, że zdający mylą procesy polimeryzacji i polikondensacji. Najczęściej zamiast wzoru polimeru pojawiał się wzór kondensatu (przykład 21.).

Przykład 21.**Zadanie 25.**

Poli(kwas mlekowy), oznaczany symbolem PLA, jest biodegradowalnym termoplastycznym poliestrem wytwarzanym z surowców naturalnych. Można go otrzymać w reakcji polikondensacji kwasu mlekowego (kwasu 2-hydroksypropanowego).

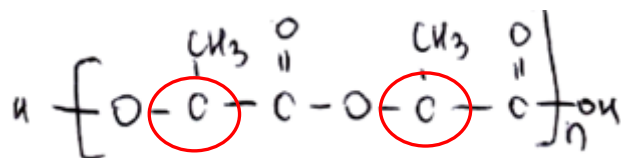
Zadanie 25.2. (0–1)

Napisz wzór półstrukturalny (grupowy) poli(kwasu mlekowego).

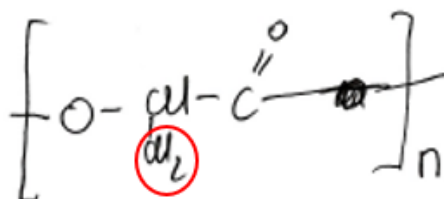


Równie często w odpowiedziach zdających pojawiał się trójwiązalny lub pięciowiązalny atom węgla (przykłady 22., 23. i 24.). Zapis wzorów chemicznych jest bardzo ważnym elementem rozwiązania zadania w arkuszu maturalnym. Zdający nie przywiązują należytej uwagi do sposobu zapisu wzoru – bardzo często wzory są zapisane niestarannie i nierzadko z pominięciem poprawnej wiązalności atomów. Zgodnie z *Ogólnymi zasadami oceniania* we wzorach chemicznych wymagających przedstawienia struktury cząsteczki (wzory strukturalne, szkieletowe, półstrukturalne, grupowe, uproszczone) oceniana jest poprawność wynikającej z ich zapisu wiązalności atomów oraz poprawność przedstawionej sekwencji atomów lub grup atomów. Wzory zapisane w sposób ignorujący wiązalność atomów (np. podstawnik obecny w cząsteczce związku organicznego łączący się wiązaniem z atomem wodoru zamiast z atomem węgla, z którym ten atom wodoru jest związany) oceniane są negatywnie.

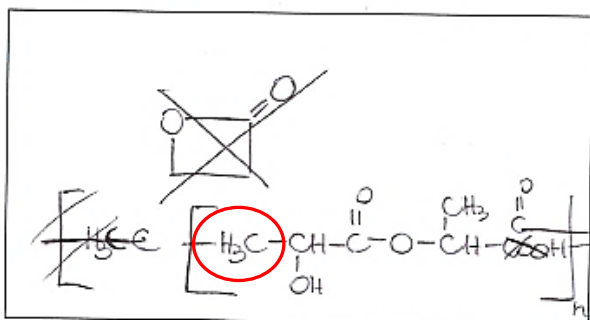
Przykład 22.



Przykład 23.

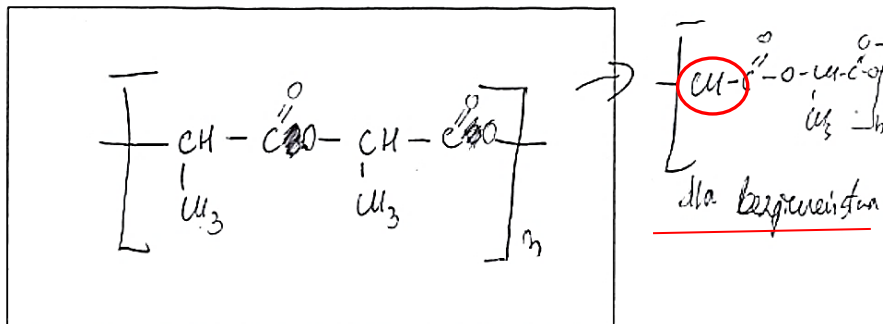


Przykład 24.



Zdarzały się też przypadki, kiedy zdający w celu poprawy czytelności prawidłowo napisanego wzoru zapisywał obok drugi, tyle że z błędem – przykład 25. Zgodnie z ogólnymi zasadami oceniania gdy do jednego polecenia zdający podaje kilka odpowiedzi (spośród których jedna jest poprawna, a inne – błędne), to nie otrzymuje punktów za rozwiązanie zadania.

Przykład 25.



Trochę wyższy poziom trudności miało **zadanie 15.** (poziom wykonania – 17%). To zadanie polegało na obliczeniu energii, która wydziel się do otoczenia w wyniku spalania 1 dm³ letniego LPG (wcześniej przeprowadzonego w stan gazowy). W celu rozwiązania zadania piszący otrzymali informację o składzie ciekłych mieszanin LPG (zimowej i letniej) oraz ich gęstościach. Dodatkowo w zadaniu były zamieszczone wartości standardowych entalpii spalania propanu i butanu – składników gazu LPG. Najpowszechniejszym błędem pojawiającym się w pracach zdających było podawanie wyniku końcowego ze znakiem minus. W ten sposób zdający interpretowali obliczoną wielkość jako entalpię reakcji spalania podanej próbki, a nie jako energię wydzieloną do otoczenia (przykład 26.).

Przykład 26.

Informacja do zadań 15.–16.

Gaz LPG, stosowany do napędu samochodów, jest mieszaniną propanu i butanu. W zbiorniku z LPG panuje ciśnienie p , w którym ta mieszanina jest cieczą. W zależności od pory roku stosuje się dwa rodzaje LPG: zimowy i letni. Skład przykładowych ciekłych mieszanin LPG (w przeliczeniu na stosunek molowy) i odpowiadające im gęstości zestawiono w tabeli.

	Rodzaj mieszaniny	
	zimowy LPG	letni LPG
$n_{\text{propanu}} : n_{\text{butanu}}$	70 : 30	30 : 70
Gęstość, g · cm ⁻³ ($T = 273 \text{ K}$)	0,54	0,56

Standardowe entalpie spalania propanu i butanu podano poniżej.

- $\Delta H_{\text{propan (g)}}^{\circ} = -2219 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{butan (g)}}^{\circ} = -2878 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Zadanie 15. (0–2)

Wykonano doświadczenie. Próbkę $1,0 \text{ dm}^3$ letniego LPG przeprowadzono w stan gazowy i spalono.

Oblicz energię, która wydzieli się do otoczenia w wyniku całkowitego spalania $1,0 \text{ dm}^3$ letniego LPG. Wynik podaj w kilodżulach. Przyjmij, że wartości entalpii spalania węglowodorów są takie same jak w warunkach standardowych. Załóż, że powyższe wartości nie ulegają zmianie wraz ze zmianą temperatury oraz że energia jest wymieniana z otoczeniem wyłącznie na sposób ciepła.

Obliczenia:

$$n_{\text{propan}} = 30 : 70 = n_{\text{butan}}$$

$$\rho = 560 \text{ g/dm}^3$$

$$M_{\text{propan}} = 15 + 14 + 15 = 44 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{butan}} = 15 + 14 + 14 + 15 = 58 \text{ g/mol}$$

$$\frac{m_b}{m_p} = \frac{70 \cdot 58}{30 \cdot 44} = 3,1$$

$$n_{\text{but}} = \frac{136,59 \cdot 3,1}{58} = 7,365 \text{ mol}$$

$$n_{\text{prop}} = \frac{136,59}{44} = 3,1 \text{ mol}$$

$$3,1m + m = 560$$

$$m = 136,59 \text{ g}$$

$$\Delta H_x = \Delta H_s + \Delta H_p$$

$$\Delta H_x = 3,1 \cdot (-2219) + 7,365 \cdot (-2878) = -27211,97 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_x = 3,1 \cdot (-2219) + 7,3 \cdot (-2878) = -27888,3 \text{ kJ}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2}\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$$

Równie częstym błędem zdających w rozwiązywaniu tego zadania była zmiana podanych warunków. Piszący zamiast stosunku molowego składników podanej mieszaniny do rozwiązania zadania używali stosunku masowego składników (przykład 27.) lub wręcz składu procentowego (przykład 28.).

Przykład 27.

Obliczenia:

$$V = 1 \text{ dm}^3$$

$$\rho = 0,56 \text{ g/cm}^3$$

$$m_p = 1000 \cdot 0,56 = 560 \text{ g}$$

$$m_p = 3 \cdot 44 = 132 \text{ g}$$

$$m_b = 7 \cdot 58 = 406 \text{ g}$$

$$m_c = 132 + 406 = 538 \text{ g}$$

$$n_p = \frac{132}{44} = 3$$

$$n_b = \frac{406}{58} = 7$$

Stosunek molowy 3 : 7

$$M_{\text{propan}} = 44$$

$$M_{\text{butan}} = 58$$

$$\begin{aligned}
 538g - 132g \text{ propan} &= 406g \\
 560g - x &= 117,4g \\
 538g - 406g \text{ butanu} &= 132g \\
 560g - y &= 22,6g \\
 n &= \frac{117,4}{44} = 3 \\
 n &= \frac{22,6}{58} = 1 \\
 3C_3H_8 + 15O_2 &\rightarrow 9CO_2 + 12H_2O \\
 7C_4H_{10} + 20O_2 &\rightarrow 28CO_2 + 35H_2O \\
 \frac{30}{70} = \frac{3}{7} \cdot 10 & \quad n = \frac{30}{30} \cdot 100 \\
 n_p &= \frac{132}{56} = 2,4 \\
 n_b &= \frac{406}{56} = 7,25 \\
 560 &= 100x \\
 x &= 5,6g \\
 m_p &= 5,6 \cdot 30 = 168 \quad n = \frac{168}{44} \\
 m_b &= 5,6 \cdot 10 = 56 \\
 \Delta^\circ_{sp} &= 3 \cdot (-2219) + 7 \cdot (-2848) = -6657 - 20146 = -26803 kJ
 \end{aligned}$$

Przykład 28.

Obliczenia: $w_{but} : w_{p} : w_{butan} = 30 : 40$
 $\rho = 0,56 g/cm^3$
 Zakładamy, że mamy 100 mol LPG $\Rightarrow$ 30 mol propanu i 70 mol butanu.
 $d = 0,56 g/cm^3$ $d = 0,56 \frac{g}{cm^3}$ $0,56 \frac{g}{cm^3} \cdot d = 560 g/cm^3$
 $0,56 \frac{g}{cm^3} \Rightarrow 0,56 g \text{ LPG}$ $w \text{ mieszaniny} = 560 g$

$M_{\text{propan}} = 3 \cdot 12 + 8 = 44 \text{ g/mol}$	$M_{\text{butan}} = 4 \cdot 12 + 10 = 58 \text{ g/mol}$
1 mol propanu = 44 g	1 mol butanu = 58 g
30 mol = x g	40 mol = y g
$x = 1320 \text{ g propanu}$	$y = 4000 \text{ g butanu}$
(całkowicie 100 mol LPG)	
440 g - 44 x + 58 y	560 g - 30% - propan
	170% - butan
u: 30 : 40	560 - 100%
uważa	x = 30%
uważa 44 g prop - 2219	168 g propan
168 g	
x = -1882,79 kJ	
58 g butan. - 2848 kJ	560 - 168 = 392 g butan
392 g	
y = -19451 kJ	
ENERGIA = 3824,92 kJ	

Analiza rozwiązania przedstawionego w przykładzie 29. wskazuje, że rozwiązujący zadanie 15. zamiennie używa stosunku molowego i stosunku objętościowego składników spalanej mieszaniny i nie uwzględnia w swoich rozważaniach, że podany skład odnosi się do ciekłej mieszaniny letniego LPG.

Przykład 29.

Obliczenia:

$$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$$

$$2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$$

$M_{\text{propan}} = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
 $M_{\text{butan}} = 58 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$30 : 40$ - stosunki molowy
 $30 : 40$ - stosunki objętościowy
 $3 : 4$ (bo te same warunki ciśnienia)

~~1 mol LPG~~ $\rightarrow$ 0,3 dm³ propan
 0,4 dm³ butan

$$\begin{aligned}
 0,3 \text{ dm}^3 &= 300 \text{ cm}^3 & 0,4 \text{ dm}^3 &= 400 \text{ cm}^3 \\
 300 \cdot 0,56 &= 168 \text{ g} - \text{propan} \\
 400 \cdot 0,56 &= 392 \text{ g} - \text{butan} \\
 n_{\text{propan}} &= \frac{168}{44} = 3,82 \\
 n_{\text{butan}} &= \frac{392}{58} = 6,76 \\
 \left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol propanu} - 2219 \text{ kJ/mol} \\ 3,82 \text{ mol} - x \\ \text{propan} \end{array} \right\} & \begin{array}{l} x = -8476,58 \text{ kJ/mol} \end{array} & \left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol butanu} - 2848 \text{ kJ/mol} \\ 6,76 \text{ mol} - y \\ \text{butan} \end{array} \right\} & \begin{array}{l} y = -19455,28 \text{ kJ/mol} \end{array} \\
 x + y &= (-8476,58) + (-19455,28) = -27931,86 \text{ kJ/mol} \\
 \text{odp. Wydzieli się } & 27931,86 \text{ kJ energii}
 \end{aligned}$$

W rozwiązaniu przedstawionym jako przykład 30. zdający oblicza masę molową mieszaniny, podkreślając to jednostką i popełnia w ten sposób błąd merytoryczny. Taki błąd często występuje w pracach innych zdających.

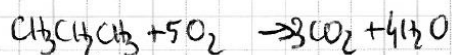
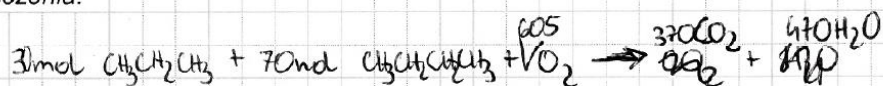
Przykład 30.

$$\begin{aligned}
 \text{Obliczenia:} & \text{letni LPG: } n_{\text{propanu}} : n_{\text{butanu}} = 30 : 70 \quad d = 0,56 \text{ g/cm}^3 \\
 M &= 30 \cdot 44 + 70 \cdot 58 = 5380 \text{ g/mol} \quad d = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d} \\
 V &= \frac{5380}{0,56} = 9607,14 \text{ cm}^3 = 9,61 \text{ dm}^3 \\
 \text{Apalenie } 9,61 \text{ dm}^3: & -2219 \cdot 30 + -2878 \cdot 70 = -268030 \text{ kJ} \\
 \begin{array}{rcl} 9,61 \text{ dm}^3 & \text{---} & -268030 \text{ kJ} \\ 1 \text{ dm}^3 & \text{---} & x \end{array} & \quad x = -27890,74 \text{ kJ} \\
 \text{Odp: Wydzieli się } & 27890,74 \text{ kJ energii}
 \end{aligned}$$

Wśród rozwiązań zadania 15. pojawiły się też takie, w których zdający wykazali się nieznajomością pojęć entalpii reakcji i entalpii tworzenia. W przykładzie 31. pokazano, jak zdający do rozwiązania problemu postawionego w zadaniu wykorzystuje wartości standardowej molowej entalpii tworzenia CO_2 i $\text{H}_2\text{O (g)}$. Taki sposób wyznaczenia energii, która wydziel się w trakcie spalania próbki letniego LPG, to błąd metody. Standardowa molowa entalpia tworzenia to zmiana entalpii (ciepła) towarzysząca reakcji, w której jeden mol czystej substancji – w tym przypadku CO_2 i $\text{H}_2\text{O (g)}$ – powstaje z pierwiastków w warunkach standardowych. W treści zadania piszący otrzymywał informację, że spalono mieszaninę dwóch związków chemicznych.

Przykład 31.

Obliczenia:



$$\Delta H_{\text{CO}_2(\text{g})} = -110,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = -241,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = \frac{-110,5}{3} - \left(\frac{-2219}{3} \right) = 702,83 \text{ kJ}$$

(spalanie propanu)

$$\Delta H = \frac{-110,5}{4} - \left(\frac{-2878}{4} \right) = 691,88 \text{ kJ}$$

(spalanie butanu)

$$30 \cdot 702,83 \text{ kJ} + 70 \cdot 691,88 \text{ kJ} = \underline{68516,5 \text{ kJ}}$$

Odp. Wydzieli się 68516,5 kJ.

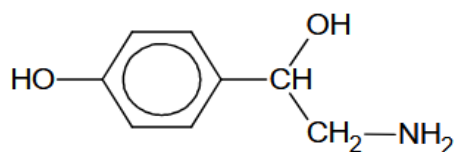
W tegorocznym arkuszu dla zdających bardzo trudne okazały się zadania polegające na napisaniu równań reakcji, np. wymienione już zadanie 28.2., podobnie zadania 27.3., 26. oraz 3.2. lub trudne – zadanie 9.

Zadanie 27.3. było zadaniem otwartym, w którym należało na podstawie opisu doświadczenia oraz właściwości produktów uzupełnić schemat przedstawiający równanie reakcji oktopaminy z kwasem azotowym(III). Sprawdzało ono wiadomości i umiejętności z chemii organicznej – „zdający porównuje i wyjaśnia przyczynę zasadowych właściwości [...] amin; pisze odpowiednie równania reakcji”. Zadanie okazało się dla piszących trudne – poziom wykonania to 22%. O ile ustalenie wzoru produktu nieorganicznego nie nastroczało większych problemów, o tyle wskazanie wzoru produktu organicznego stanowiło bardzo duże wyzwanie. Niemniej zdarzały się prace, w których jako produkt gazowy zdający wskazywali CO albo C₂H₄. Przykłady 32. i 33. są ilustracją błędów pojawiających się w pracach zdających.

Przykład 32.

Zadanie 27.

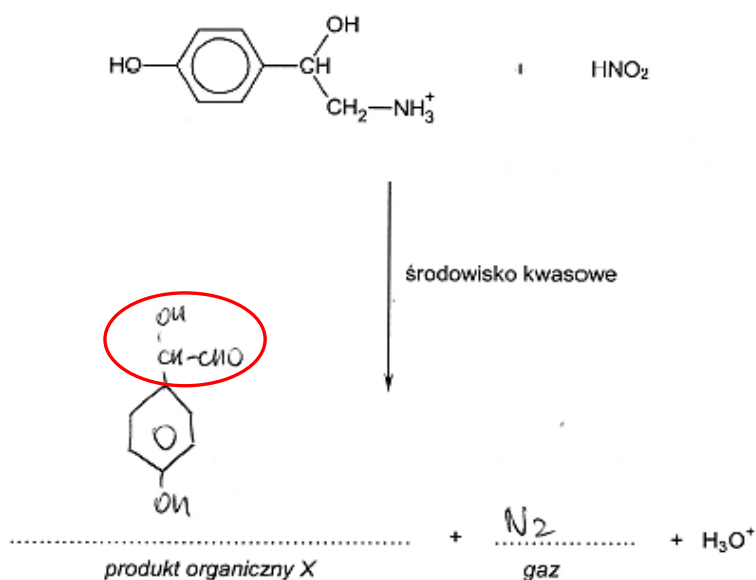
Oktopamina jest hormonem występującym w organizmach bezkręgowców. Jej wzór przedstawiono poniżej.

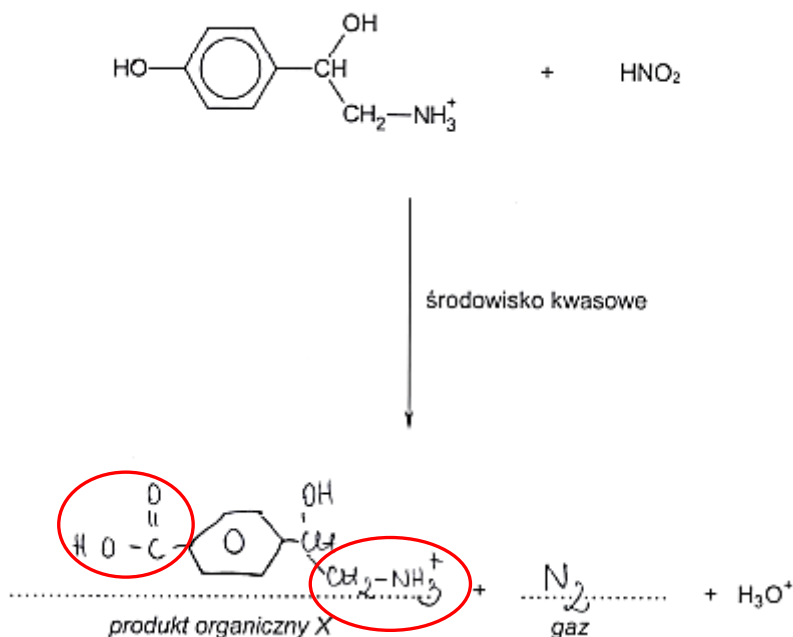
**Zadanie 27.3. (0–1)**

Próbkę oktopaminy wprowadzono do zakwaszonego roztworu azotanu(III) potasu. W wyniku reakcji wydzielł się bezbarwny, niepalny gaz o masie molowej równej $28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Otrzymany w warunkach doświadczenia organiczny produkt X opisanej reakcji – wprowadzony do probówki zawierającej świeżo strącony osad wodorotlenku miedzi(II) i nadmiar zasady – spowodował rozтворzenie osadu i powstanie klarownego roztworu barwy ciemnoniebieskiej (szafirowej).

Uzupełnij schemat tak, aby powstało w formie jonowej skróconej równanie reakcji, w której otrzymano organiczny produkt X. Napisz wzory brakujących produktów.



Przykład 33.

Przykład 33. przedstawia też często występujący w rozwiązaniach tego zadania brak zastosowania prawa zachowania masy i ładunku.

Nieco wyższy poziom wykonania (23%) miało **zadanie 26**. W zadaniu tym należało przeanalizować doświadczenie przeprowadzone w celu identyfikacji trzech związków: glicerolu (propano-1,2,3-triolu), kwasu mlekowego (kwasu 2-hydroksypropanowego) i alanyloglicyloalaniny, a następnie rozstrzygnąć, do której probówki (I, II albo III) wprowadzono kwas mlekowy i zapisać równanie reakcji zachodzącej w tej probówce podczas opisanego doświadczenia. W swoich rozwiązaniach zdający podawali najczęściej poprawne rozstrzygnięcie i błędne równanie reakcji. Dla dużej grupy piszących zaskakująco trudne okazało się zapisanie poprawnego wzoru soli organicznej – produktu roztwarzania wodorotlenku miedzi(II) w kwasie mlekowym – przykłady 34. i 35.

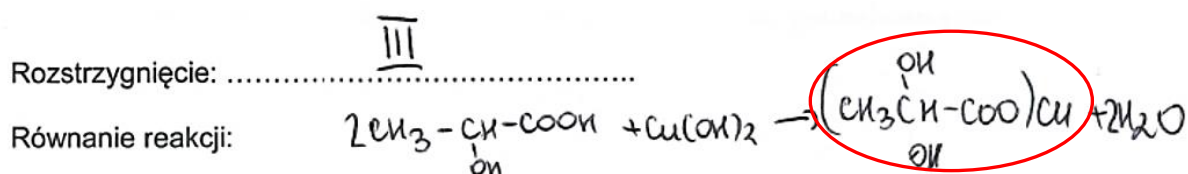
Równie duża grupa zdających nie zastosowała się do polecenia i zapisała równanie reakcji w formie jonowej zamiast w wymaganej formie cząsteczkowej (przykład 36.). Zdarzały się też zapisy równania reakcji, w którym piszący nie dobrał współczynników stechiometrycznych. Taką sytuację pokazuje przykład 37.

Przykład 34.**Zadanie 26. (0–1)**

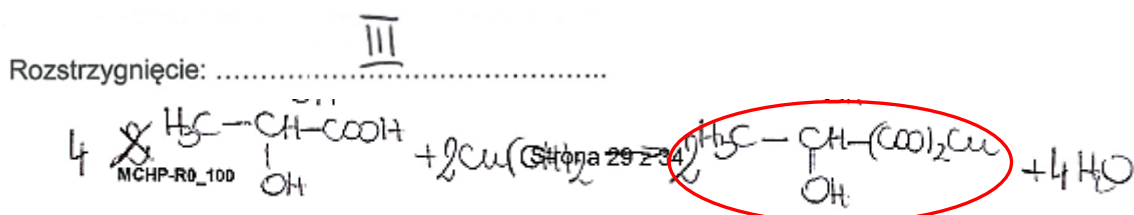
W celu zidentyfikowania wodnych roztworów trzech substancji: glicerolu (propano-1,2,3-triolu), kwasu mlekowego (kwasu 2-hydroksypropanowego) i alanyloglicyloalaniny, przeprowadzono doświadczenie. W trzech probówkach I–III przygotowano świeżo strącony wodorotlenek miedzi(II) i do każdej z nich wprowadzono po jednym z badanych roztworów w nadmiarze. Probówki, wraz z zawartością, energicznie wstrząsnęto i we wszystkich zaobserwowano roztworzenie wodorotlenku miedzi(II). Na poniższych zdjęciach przedstawiono zawartości probówek po zakończeniu doświadczenia.



Rozstrzygnij, do której probówki (I, II albo III) wprowadzono roztwór kwasu mlekowego. Napisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji, która zaszła w tej probówce podczas opisanego doświadczenia.



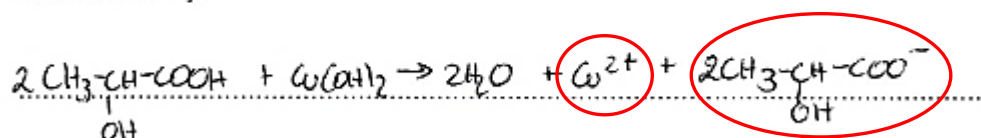
Przykład 35.



Przykład 36.

Rozstrzygnięcie: III

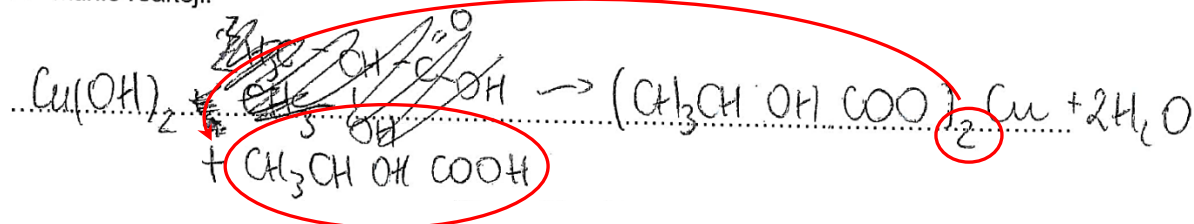
Równanie reakcji:



Przykład 37.

Rozstrzygnięcie: III

Równanie reakcji:



Zadanie 3.2. zostało poprawnie wykonane przez 28% rozwiązujących na egzaminie tegoroczny arkusz. W rozwiązaniu zadania na podstawie analizy danych zamieszczonych w informacji wstępnej do zadań 3.–4. oraz opisu i wyniku przeprowadzonego doświadczenia należało napisać w formie cząsteczkowej równanie reakcji tlenku jodu(V) z tlenkiem węgla(II).

Podobnie jak w zadaniach 28.2. i 26. maturzyści mieli do ustalenia wzory produktów i dobranie współczynników stechiometrycznych w równaniu reakcji.

Zdający w swoich rozwiązaniach bardzo często zapisywali błędne produkty zachodzącej w doświadczeniu przemiany – najczęściej powtarzającym się błędem było zapisanie tlenu jako jednego z produktów (przykłady 38.–40.). Część piszących w swoich rozwiązaniach zmieniała warunki przeprowadzenia doświadczenia (przykład 41.) i wpisywała po stronie substratów wzór wody, co skutkowało ustaleniem błędnych produktów – w podanym przykładzie węgla i kwasu jodowego(VII). Sporadycznie zdarzało się błędne zapisanie wzoru tlenku węgla(II) jako CO_2 zamiast CO – przykład 42.

Przykład 38.

Informacja do zadań 3.–4.

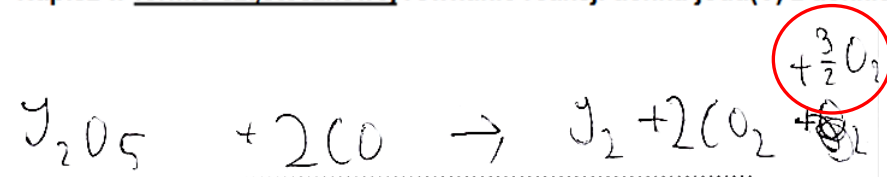
Jod tworzy wiele połączeń z tlenem np. tlenek jodu(V), który jest białym ciałem stałym. W reakcji tego związku z wodą powstaje jednoprotonowy kwas. Opisany tlenek jest stosowany do wykrywania i oznaczania zawartości tlenku węgla(II) w powietrzu.

Zadanie 3.2. (0–1)

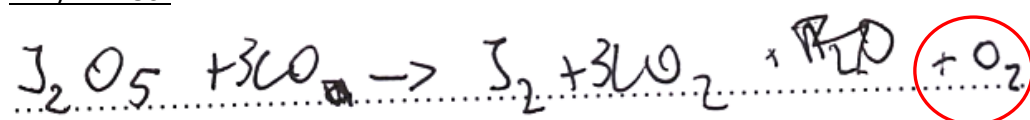
Przeprowadzono doświadczenie. W kolbie ustawionej pod wyciągiem umieszczono tlenek jodu(V), a następnie wprowadzono do niej tlenek węgla(II) i szczelnie ją zamknięto. Wygląd zawartości kolby, w której zachodzi reakcja utleniania-redukcji, przedstawiono na zdjęciu.



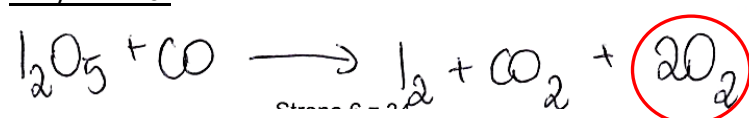
Napisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji tlenku jodu(V) z tlenkiem węgla(II).



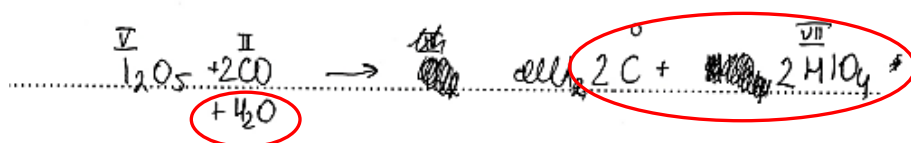
Przykład 39.



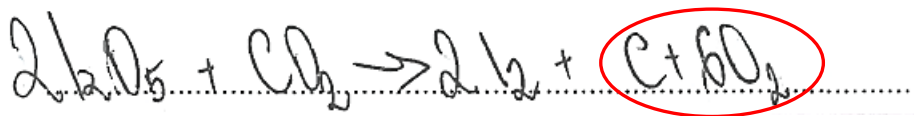
Przykład 40.



Przykład 41.



Przykład 42.



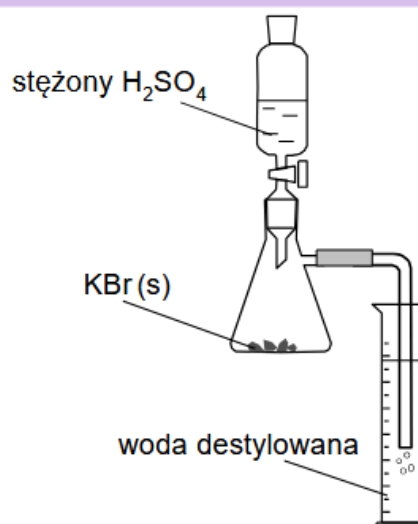
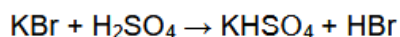
Nieznacznie wyższy poziom wykonania (29%) miało **zadanie 8**. Wykorzystując swoją wiedzę i podane we wstępie do zadania informacje, rozwiązujący mieli obliczyć, jaka część użytego w doświadczeniu KBr uległa reakcji z H_2SO_4 . Przedstawiony problem dotyczył otrzymywania kwasu bromowodorowego i to na podstawie jego objętości oraz objętości użytego do zobojętnienia tego kwasu KOH zdający mieli rozwiązać problem postawiony w poleceniu zadania. W swoich rozwiązaniach maturzyści przyjmowali różne strategie rozwiązania zadania, ale w każdej z nich obliczali liczbę moli otrzymanego HBr i liczbę moli lub masę zużytego w przeprowadzonym procesie KBr. Zdający, którego rozwiązanie przedstawiono w przykładzie 43. wykonał powyższe kroki, jednak nie doprowadził rozwiązania do końca – nie obliczył, jaką częścią początkowej masy KBr był bromek potasu, który przereagował z H_2SO_4 . Takie sytuacje nie były odosobnione.

Przykład 43.

Zadanie 8. (0–2)

W celu otrzymania kwasu bromowodorowego przeprowadzono doświadczenie z użyciem zestawu, który zilustrowano rysunkiem obok.

Do kolby stożkowej zawierającej 9,5 g czystego stałego bromku potasu wprowadzono kroplami pewną ilość stężonego kwasu siarkowego(VI). Zaszła reakcja opisana poniższym równaniem.



W wyniku całkowitego pochłonięcia wydzielonego bromowodoru otrzymano w cylindrze 80 cm^3 kwasu bromowodorowego. Z tego roztworu pobrano próbkę $1,0 \text{ cm}^3$, którą rozcieńczono wodą. Do jej zobojętnienia zużyto $6,9 \text{ cm}^3$ roztworu wodorotlenku potasu o $\text{pH} = 13$.

Oblicz, jaka część użytego w doświadczeniu KBr uległa reakcji z H_2SO_4 . Wynik podaj w procentach.

Obliczenia:

$$M_{\text{HBr}} = 39 + 80 = 119 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{HBr}} = 9,5 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{9,5}{119} = 0,08 \text{ mol} = n_{\text{HBr}}$$

kwas bromowodowy

$$V = 80 \text{ cm}^3 = 0,08 \text{ dm}^3$$

$$\hookrightarrow \text{problema } V = 1 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ dm}^3$$

uOH:

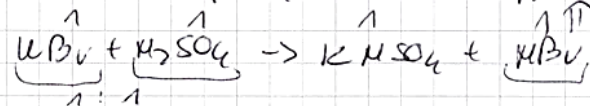
$$\text{pH} = 13 \quad \text{pOH} = 14 - 13 = 1 \quad V = 0,006 \text{ g dm}^3 \quad c_{\text{OH}^-} = \frac{n}{V}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-1} = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \quad n_{\text{OH}^-} = 0,1 \cdot 0,006 \text{ g} = 0,0006 \text{ g}$$

$$0,0006 \text{ g mol} - 80 \text{ cm}^3$$

$$\times - 80 \text{ cm}^3$$

$$\times = 0,0552 \text{ mol H}^+ \text{ w kwasie}$$

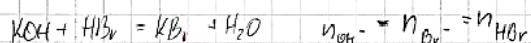


Najczęściej pojawiającym się błędem w rozwiązaniach zadania 8. była niepoprawnie ustalona wartość liczby moli HBr w 80 cm^3 roztworu. Taką sytuację pokazuje przykład 44. Rozwiązujący poprawnie zapisał proporcję pozwalającą wyznaczyć szukaną liczbę moli HBr, ale w obliczeniach popełnił błąd rachunkowy. W konsekwencji tego błędu wynik końcowy jest 18-krotnie mniejszy mimo poprawnych kroków wykonanych w celu ustalenia masy bromku potasu, który przereagował.

Przykład 44.

$$\text{Obliczenia: } \text{pOH} = 14 - 13 = 1 \quad [\text{OH}^-] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad 6,9 \text{ cm}^3 = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

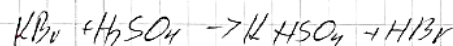
$$n_{\text{OH}^-} = 0,1 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3} = 6,9 \cdot 10^{-4} \text{ mola}$$



$$1 \text{ cm}^3 - 6,9 \cdot 10^{-4} \text{ mola HBr}$$

$$80 \text{ cm}^3 - x$$

$$x = \frac{6,9 \cdot 10^{-4} \cdot 80}{1} = 5,52 \cdot 10^{-2} \text{ mola HBr}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 & & 1 \\ y & & 5,52 \cdot 10^{-2} \end{array}$$

$$y = 5,52 \cdot 10^{-2} \text{ mola KBr}$$

$$M_{\text{KBr}} = 80 + 39 = 119 \text{ g/mol}$$

$$1 - 119 \text{ g}$$

$$z = 0,36 \text{ g}$$

$$100\% - 9,5 \text{ g}$$

$$x\% - 0,36 \text{ g}$$

$$x\% = 3,789\%$$

$$5,52 \cdot 10^{-2} - z$$

$$\text{Odp } 3,789\%$$

Innym częstym błędem pojawiającym się w rozwiązaniach zadania 8. była zmiana polecenia – rozwiązujący obliczali procent masy pozostałego po reakcji z kwasem siarkowym(VI) bromku potasu zamiast procentu masy zużytego w doświadczeniu KBr (przykłady 45. i 46.).

Przykład 45.

Obliczenia:

$m_{KBr} = 9,5g$

$V_{HBr} = 80cm^3 = 0,08dm^3$

$pH = 13$

$pOH = 14 - 13 = 1$

$[OH^-] = 10^{-1} \frac{mol}{dm^3}$

$n_{OH^-} = 10^{-1} \cdot 0,0068 = 6,8 \cdot 10^{-4} mol$

$n_{OH^-} = n_{KOH}$

$n_{KOH} = n_{HBr} = 6,8 \cdot 10^{-4}$

$M_{KBr} = 33 + 80 = 118 \frac{g}{mol}$

$m_{KBr} = 0,0552 \cdot 118 = 6,5688 \approx 6,569g$

$9,5 - 6,569 = 2,931g$

$9,5g - 100\%$

$2,931g - x\%$

$x\% = 30,85\%$

$x = 0,0552 mol HBr$

$80cm^3 \rightarrow 0,08dm^3$

Przykład 46.

Obliczenia:

$KBr + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HBr$

$m = 9,5g$

$M = 118g/mol$

$n = 0,0798 mol$

$V_{HBr} = 6,9cm^3$

KOH

$pH = 13$

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

$v = 1cm^3$

$c = 0,0068 \frac{mol}{dm^3}$

$n = 0,0068 dm^3 \cdot 0,1 = 6,8 \cdot 10^{-4} mol$

$n_{OH^-} = n_{H^+} = 6,8 \cdot 10^{-4} mol$

$[H^+] = \frac{6,8 \cdot 10^{-4}}{0,001} = 0,68 \frac{mol}{dm^3}$

$\Delta m = 9,0798 - 0,0552 = 0,0246 mol$

$\Delta m = 0,0246 \cdot 118 = 2,924 \approx 2,93g$

$\% m_{KBr} = \frac{2,93g}{9,5g} \cdot 100\% = 30,84\%$

$V = 80cm^3$

$c = 0,0068 \frac{mol}{dm^3}$

$n = 0,0068 \cdot 0,08 = 0,000544 mol$

$pH = 13$

$pOH = 14 - 13 = 1$

$[OH^-] = 10^{-1}$

$[OH^-] = 0,1 \frac{mol}{dm^3}$

$c = \frac{n}{V}$

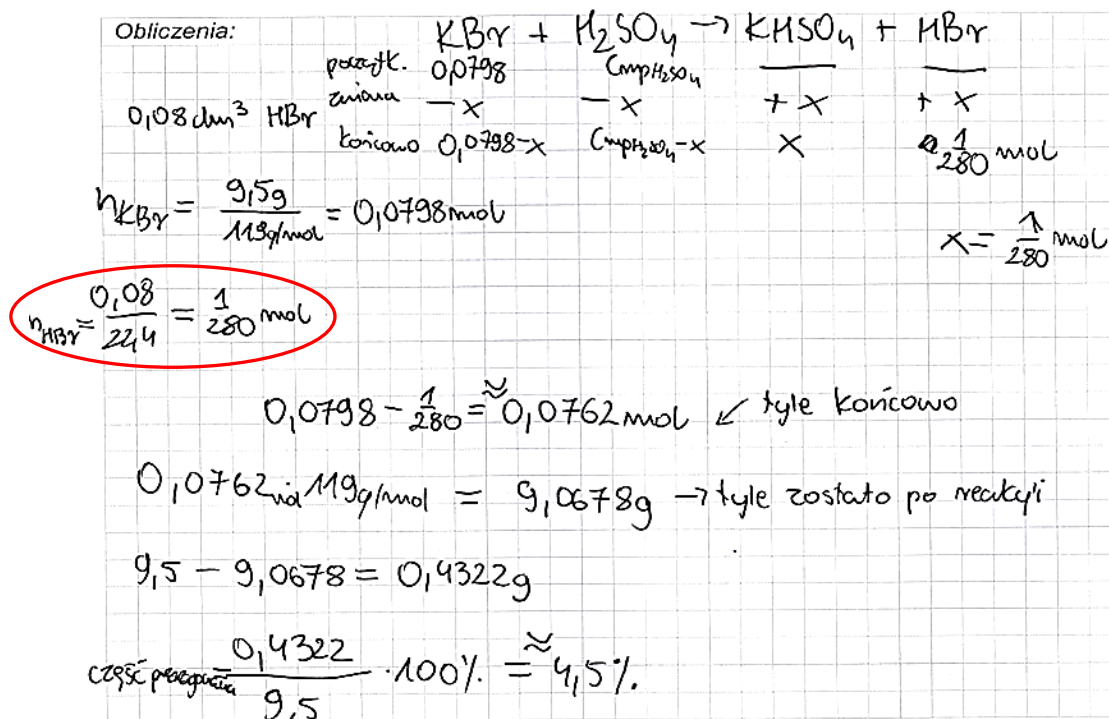
$n = c \cdot V$

$n = \frac{m}{M}$

$m = n \cdot M$

Zdarzały się też rozwiązania, w których zdający dokonali błędnej interpretacji informacji „w wyniku całkowitego pochłonięcia wydzielonego bromowodoru otrzymano w cylindrze 80 cm³ kwasu bromowodorowego”. Podana w tym zdaniu objętość odnosi się do roztworu HBr, a nie do gazowego bromowodoru, jak odczytywali to niektórzy maturzyści. Taka interpretacja podanej wielkości powodowała, że zdający popełniali błąd merytoryczny i za swoje rozwiązanie nie otrzymywali punktów – przykład 47.

Przykład 47.



Równie trudnym dla zdających było **zadanie 10.2.** sprawdzające umiejętność samodzielnego rozwiązywania złożonego problemu. Wykonało je 28 % wszystkich piszących. W rozwiązaniu tego zadania należało przedstawić tok rozumowania prowadzący do obliczenia – na podstawie analizy wykresów – szybkości reakcji i zapisu wyniku z prawidłową jednostką. W tym celu należało ustalić wartości wykładników *a* i *b* w równaniu kinetycznym oraz wartość stałej szybkości reakcji. W następnej kolejności należało obliczyć stężenia równowagowe substratów w warunkach zadania i zastosować je w prawidłowo wyprowadzonym równaniu kinetycznym.

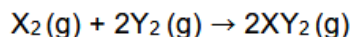
Za poprawne rozwiązanie tego zadania zdający mogli uzyskać 4 punkty, ponieważ zadanie sprawdzało, jak zdający łączą różne umiejętności.

W rozwiązaniu przedstawionym w przykładzie 48. zdający prawidłowo wykonał wszystkie kroki związane z analizą zadania i obliczeniami, ale wartość wyliczonej szybkości reakcji zapisał bez jednostki, dlatego nie otrzymał maksymalnej liczby punktów.

Przykład 48.

Zadanie 10.

W zamkniętym reaktorze zachodzi reakcja opisana równaniem:

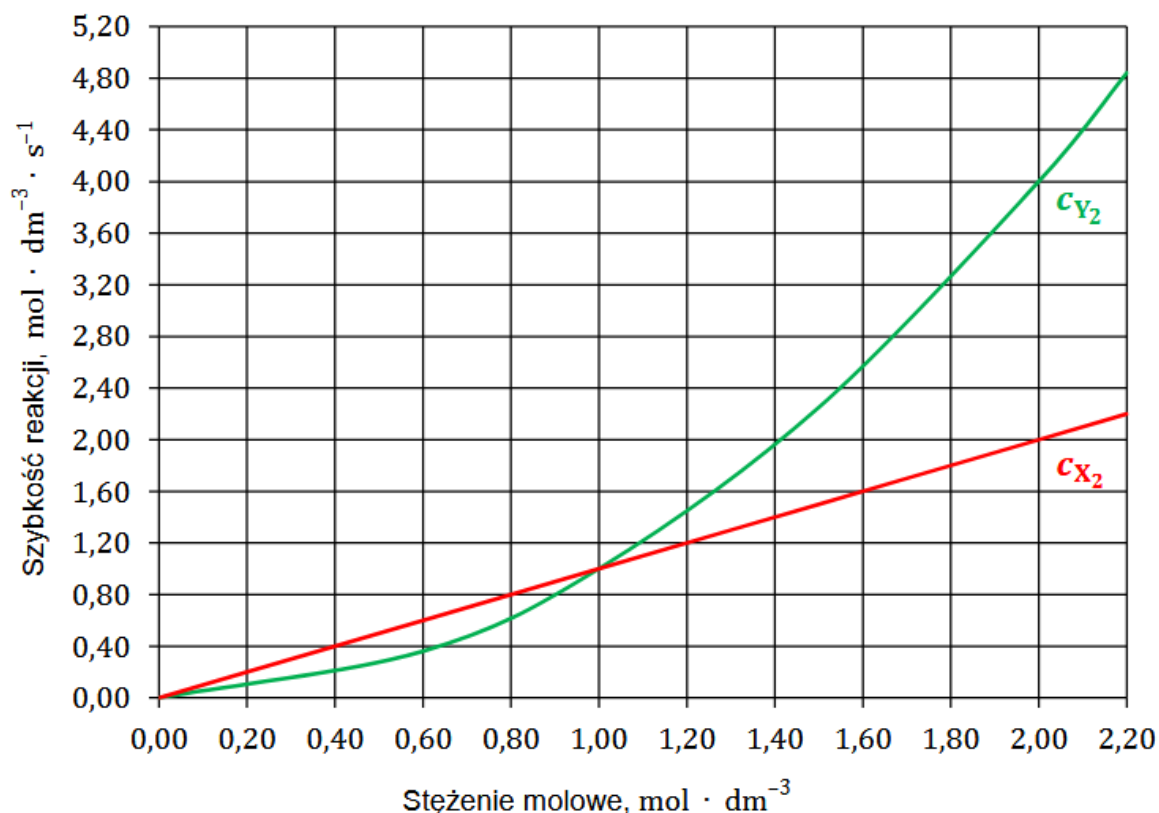


Zależność szybkości tej reakcji od stężenia opisuje poniższe równanie kinetyczne.

$$v = k \cdot c_{\text{X}_2}^a \cdot c_{\text{Y}_2}^b$$

Aby wyznaczyć wykładniki a i b w równaniu kinetycznym, przeprowadzono serię pomiarów: w temperaturze T mierzono zależność szybkości reakcji od stężenia jednego z substratów przy stałym stężeniu drugiego. Na podstawie wyników pomiarów sporządzono poniższe wykresy zależności szybkości reakcji od:

- stężenia substratu X_2 przy stałym stężeniu $c_{\text{Y}_2} = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (linia czerwona)
- stężenia substratu Y_2 przy stałym stężeniu $c_{\text{X}_2} = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (linia zielona).

**Zadanie 10.2. (0–4)**

W reaktorze o pojemności $4,0 \text{ dm}^3$ umieszczono stechiometryczną mieszaninę, zawierającą łącznie $12,0 \text{ mol}$ gazów X_2 i Y_2 , i zainicjowano reakcję syntezy gazu XY_2 . W układzie utrzymywano temperaturę T .

Na podstawie analizy wykresów ustal i napisz wartości wykładników a i b . Następnie oblicz wartość stałej szybkości reakcji k oraz oblicz szybkość tej reakcji w temperaturze T w chwili, gdy w reaktorze znajdowało się łącznie $9,0 \text{ mol}$ wszystkich gazów.

Równanie kinetyczne:

$$v = k \cdot c_{X_2}^{\boxed{1}} \cdot c_{Y_2}^{\boxed{2}} \quad \begin{aligned} [X_2]_k &= \frac{1}{4} = 0,25 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \\ [Y_2]_k &= 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \\ [XY_2] &= 1,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \end{aligned}$$

Obliczenia:

$$[X_2] = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \text{ dla } [Y_2] = 1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \Rightarrow v = 0,8$$

$$-||- = 1,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad -||- \Rightarrow v = 1,2$$

$$a = 1$$

$$1,2^a = 1,2$$

$$a = 1$$

$$[Y_2] = 1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \text{ dla } [X_2] = 1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \Rightarrow v = 1$$

$$-||- = 2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad -||- \Rightarrow v = 4$$

$$b = 2$$

$$2^b = 4$$

$$b = 2$$

$$x + 2x = 12$$

$$3x = 12$$

$$x = 4$$

$$1 = 1^1 \cdot 1^2 \cdot k$$

$$1 = 1 \cdot k$$

$$k = 1$$

$$4 = 1^1 \cdot 2^2 \cdot k$$

$$4 = 1 \cdot 4 \cdot k$$

$$4 = 4k$$

$$k = 1 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{mol}^3 \cdot \text{s}} \right]$$

X_2	$2Y_2$	$2XY_2$
4	8	-
-y	-2y	+2y
4-y	8-2y	+2y

$$4-y + 8-2y + 2y = 9$$

$$8-y = 9$$

$$-y = 1$$

$$y = -1$$

$$12-y = 9$$

$$-y = -3$$

$$y = 3$$

MCHP-R0_100

Strona 15 z 34

$$x + 2x - 2y + 2y = 12$$

$$3x - y = 12$$

$$x - y + 2x - 2y + 2y = 9$$

$$3x - y = 9$$

$$y = -8 + 3x$$

$$3x - (-8 + 3x) = 12$$

$$3x + 8 - 3x = 12$$

$$v = 1 \cdot 0,25^1 \cdot 0,5^2 = 0,0625$$

Często występującym błędem w rozwiązaniach zadania 10.2. był błąd polegający na braku wyznaczenia stężeń równowagowych reagentów w warunkach zadania i zastosowanie do wyznaczenia szybkości reakcji stężeń X_2 i Y_2 odczytanych z wykresu – przykład 49.

Przykład 49.

Równanie kinetyczne:

$$v = k \cdot c_{X_2}^{\boxed{1}} \cdot c_{Y_2}^{\boxed{2}}$$

Obliczenia:

X_2	$2Y_2$	$2XY_2$
Umole	8 moli	
-x	-2x	+2x
4-x	8-2x	+2x
$4-x+8-2x+2x=9$		
$-x=-3 \quad x=3$		

X_2	$2Y_2$	$2XY_2$
1 mol/dm ³	2 mol/dm ³	0

$0,8 = k \cdot (0,8)^x \cdot c_{Y_2}$
 $0,16 = k \cdot (1,16)^x \cdot c_{Y_2}$
 $\frac{1}{2} = \frac{(0,8)^x}{(1,16)^x}$
 $\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^x$
 $x = 1$
 $4 = c_{X_2} \cdot k \cdot (2)^y$
 $2 = c_{X_2} \cdot k \cdot (1,4)^y$
 $2 = \left(\frac{2}{1,4}\right)^y$
 $2 = \left(\frac{10}{7}\right)^y$
 $y = 2$

~~$0,7 = k \cdot (0,8)^y$~~
 ~~$4 = k \cdot (2)^y$~~
 ~~$0,175 = (0,4)^y$~~
 $0,8 = k \cdot (0,8) \cdot 1$
 $0,8 = k \cdot (0,8)$
 $k = 1$

$v = 1 \cdot 1 \cdot 2^2 = 4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$

Równie częstym błędem zdających podczas rozwiązywania tego zadania była niewłaściwa strategia odczytu stężeń X_2 i Y_2 stosowanych do ustalenia wykładników a i b w równaniu kinetycznym. Skutkowało to błędnymi wartościami tych wykładników. W trakcie analizy danych zaprezentowanych do zadania – wykres zależności szybkości od stężenia substratów – zdający nie zwrócili uwagi na charakter zmian szybkości w funkcji stężenia reagenta Y_2 (funkcja kwadratowa). Prowadziło to do nieuprawnionych wniosków i błędnej wartości wykładnika b . Taką sytuację przedstawia przykład 50.

Przykład 50.

Równanie kinetyczne:

$$v = k \cdot c_{X_2}^{\boxed{1}} \cdot c_{Y_2}^{\boxed{1}}$$

Obliczenia:

wykładnik dla substratu X_2 (a)

$$\left(\frac{1,4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{1,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}\right)^a = \frac{2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}}{1,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}}$$

$$\left(\frac{1,4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{1,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}\right)^a = \frac{1,4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}}{1,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}}$$

$$\frac{7}{6}^a = \frac{7}{6}$$

$$a=1$$

$$v = k \cdot c_{X_2} \cdot c_{Y_2} \Rightarrow k = \frac{v}{c_{X_2} \cdot c_{Y_2}}$$

$$k = \frac{1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}}{1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 1 \frac{1}{\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 1 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$$

$$c_{X_2} = \frac{2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{4 \text{ dm}^3} = 0,45 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$c_{Y_2} = \frac{2 \cdot \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ dm}^3}}{4 \text{ dm}^3} = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

c – liczba moli gazowych reagentów

$$c + 2c + 2c = 9 \text{ mol gazu}$$

$$5c = 9 \text{ mol gazu}$$

$$c = \frac{9}{5} \text{ mol}$$

$$v = 1 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}} \cdot 0,45 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,405 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$v = 1 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}} \cdot 0,45 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,405 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

Odp. $a=1$ i $b=1$

$$k = 1 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$$

$$v = 0,405 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

Zdarzało się, że w zaproponowanym rozwiązaniu zdający poprawnie obliczali liczbę moli substratów w stanie równowagi w chwili, gdy w reaktorze znajdowało się łącznie 9 mol wszystkich gazów, ale zmieniali warunki zadania poprzez przyjęcie pojemności reaktora jako 1 dm^3 zamiast podanych w zadaniu 4 dm^3 – w związku z tym błędnie wyznaczeni stężenia X_2 i Y_2 . Prowadziło to do obliczenia błędnej szybkości reakcji (przykład 51.).

Przykład 51.

Równanie kinetyczne:

$$v = k \cdot c_{X_2}^1 \cdot c_{Y_2}^2$$

Obliczenia: $a=1$ $b=2$ $2^x=4$
 $x=2=b$
 $0,85=0,8$
 $y=1$
 $y_0=1$

$V=4 \text{ dm}^3$
 $n_{X_2+Y_2}=12 \text{ mola}$

przy podupieniu
 stężenia
 szybkość
 rośnie 4x

	przed	po
X_2	x	$x-y$
Y_2	$12-x$	$12-x-2y$
XY_2	0	$2y$
Suma	12 moli	9 moli

$x-y+12-x-2y+2y=9$
 $12-y=9$
 $12=9+y$
 $y=3$
 $12 \text{ moli} = 3x$
 $x=4 \text{ mola}$

$C_p = \frac{12}{4} = 3 \text{ mol/dm}^3$
 $C_k = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ mol/dm}^3$
 $\Delta = 3 - 2,25 = 0,75 \text{ mol/dm}^3$
 $x+12-x = 3 \text{ mol/dm}^3$
 $-y-2y+2y = 0,75 \text{ mol/dm}^3$
 $-y = 0,75 \text{ mol/dm}^3$
 $x-y+12-x-2y+2y = 2,25 \text{ mol/dm}^3$

$X_2 + 2Y_2 \rightarrow 2XY_2$

	przed	po
X_2	4	$4-y$
Y_2	8	$8-2y$
XY_2	0	$2y$
Suma	12 moli	9 moli

$4-y+8-2y+2y=9$
 $12-y=9 \Rightarrow 12-9=y \Rightarrow y=3$
 $C_{X_2} = 4-3=1$
 $C_{Y_2} = 8-6=2$
 $C_{XY_2} = 6$
 $V = 1 \cdot 1 \cdot (2)^2 = 4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$

Strona 15 z 34

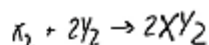
MCHP-R0_100

Pojawiały się też prace, w których zdający w rozwiązaniu zadania ustalali wartość zmiany liczby moli reagentów, ale nie wyznacznali stężenia substratów w stanie równowagi, a tym samym nie byli w stanie obliczyć wymaganej w poleceniu szybkości reakcji – przykład 52.

Przykład 52.

Równanie kinetyczne:

$$v = k \cdot c_{X_2}^1 \cdot c_{Y_2}^2$$



Obliczenia:

$$v = 9 \text{ dm}^3$$

X_2	Y_2	XY_2
x	$12-x$	—
$-y$	$-2y$	$+2y$

$$x - y + 12 - x - 2y + 2y = 9$$

$$-y = -3$$

$$y = 3$$

$$X_2: x = 3,$$

$$Y_2: 12 - x - 6 = 6 - x$$

$$XY_2: 6$$

$$v = k \cdot c_{X_2}^1 \cdot c_{Y_2}^2$$

$$9 = k \cdot 0,8 \cdot 1^2$$

$$0,8 = k \cdot (0,8) \cdot 1^2$$

$$\frac{0,8}{0,8} = k$$

$$k = 1$$

$$k = 1 \cdot \frac{\text{dm}^6}{\text{mol}^2 \cdot \text{s}}$$

$$v = k \cdot \left[\frac{x-3}{4} \right] \cdot \left[\frac{6-x}{4} \right]$$

$$v = 1 \cdot \left[\frac{x-3}{4} \right] \cdot \left[\frac{6-x}{4} \right]$$

Trudnym dla zdających okazało się też **zadanie 9**. Należało w nim na podstawie załączonego materiału barwnego odnoszącego się do wyników doświadczeń, w których działano dwoma kwasami (HCl, HNO₃) na dwa metale (Zn, Ag), zidentyfikować pary reagentów i napisać w formie jonowej skróconej równania reakcji zachodzących w tych układach. To zadanie wykonało 39% piszących. O ile ustalenie reagującej ze sobą pary kwas–zasada nie nastręczało problemów dla większości piszących, o tyle zapisanie równań we właściwej formie już było trudne (przykłady 53. i 54.). Dodatkowo zdarzało się, że zdający błędnie przyporządkowywali równania reakcji do wskazanych doświadczeń (przykład 55.). Nierzadko pojawiały się zapisy, w których rozwiązujący zapominali o bilansie ładunków lub o bilansie atomów (przykłady 56. i 57.).

Przykład 53.**Zadanie 9. (0–2)**

Pod wyciągiem przeprowadzono dwa doświadczenia, których celem było zbadanie przebiegu reakcji metali z kwasami. Użyto poniższych odczynników:

cynk

srebro

kwas solny

kwas azotowy(V)

Każdy z reagentów został użyty tylko raz. Przebieg doświadczeń przedstawiono na poniższych zdjęciach.

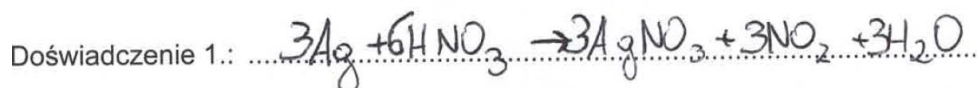
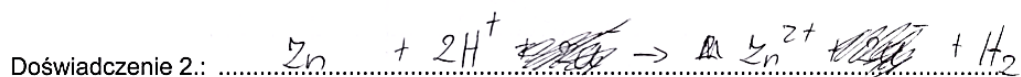
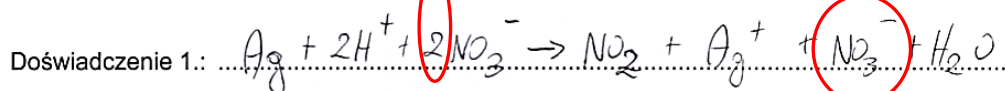
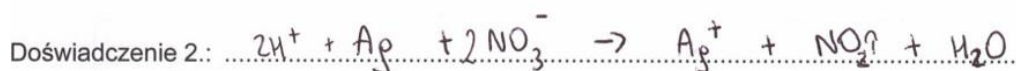
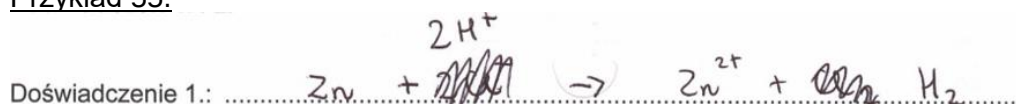
Doświadczenie 1.



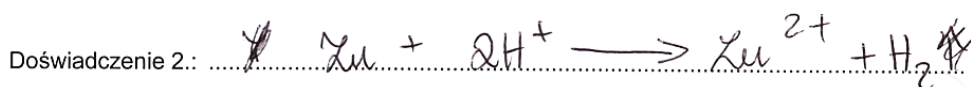
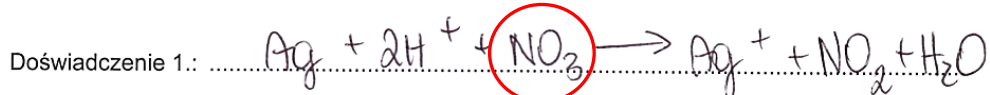
Doświadczenie 2.



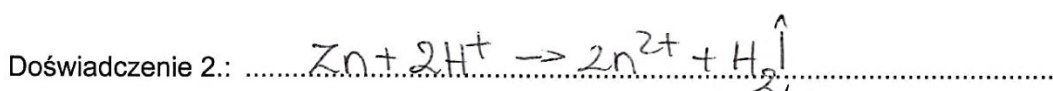
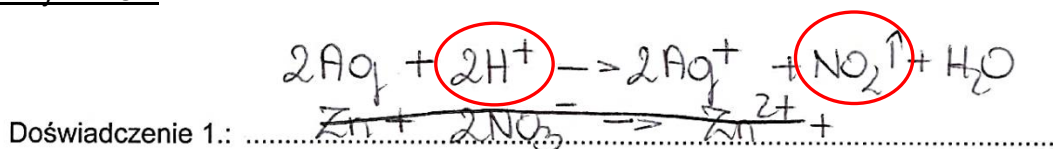
Napisz w formie jonowej skróconej równania reakcji zachodzących podczas doświadczeń 1. i 2.

Przykład 54.Przykład 55.

Przykład 56.



Przykład 57.



Trudnym zadaniem, ale jednocześnie o najwyższej łatwości wśród zadań obliczeniowych, było **zadanie 4.** – poziom wykonania to 48%. W tym zadaniu należało ustalić wzory empiryczny i rzeczywisty jednego z tlenków jodu na podstawie podanego w informacji wstępnej opisu składu tego tlenku. Wśród najczęściej pojawiających się błędów były:

- źle zinterpretowana informacja *w jego wzorze rzeczywistym liczba atomów jodu jest dwa razy większa niż we wzorze empirycznym*
- zamiana miejscami wpisywanych wzorów
- niepoprawna interpretacja stosunku molowego jodu do tlenu (prowadząca do nieprawidłowych wzorów)
- błąd merytoryczny polegający na użyciu do ustalania wzorów empirycznego i rzeczywistego liczby moli cząsteczek jodu i cząsteczek tlenu zamiast liczby moli atomów tych pierwiastków.

Przedstawiają to odpowiednio przykłady 58.–62.

Przykład 58.**Zadanie 4. (0-2)**

W jednym z tlenków jodu masa tlenu stanowi 20,14 % masy tego tlenku. W jego wzorze rzeczywistym liczba atomów jodu jest dwa razy większa niż we wzorze empirycznym.

Na podstawie obliczeń ustal i napisz wzór empiryczny oraz wzór rzeczywisty opisanego tlenku.

Obliczenia:

$$100g - 20,14g = 79,86g \quad 1 \times O_y$$

$$M_I = 126,9 \text{ g/mol} \quad \frac{79,86}{126,9} = \frac{20,14}{16}$$

$$M_O = 16 \text{ g/mol} \quad 0,62 : 1,26$$

$$1 : 2$$

$$IO_2$$

$$1 \cdot 2 = 2$$

$$I_2O_2$$

Wzór empiryczny: IO_2 Wzór rzeczywisty: I_2O_2 **Przykład 59.**

Obliczenia:

$$79,86\% + 20,14\% = 100\%$$

$$1 \times O_y$$

$$\frac{79,86}{20,14} = \frac{127x}{16y}$$

$$79,86\% \cdot 16y = 20,14\% \cdot 127x$$

$$16y = \frac{25,08x}{0,7986}$$

$$104,64 = 127x + 16y$$

$$104,64 = 127x + 21,08x$$

$$83,57 = 148,08x$$

$$x = 0,56$$

$$104,64 = 127 \cdot 0,56 + 16y$$

$$104,64 = 71,12 + 16y$$

$$33,52 = 16y$$

$$y = 2,1$$

$$L: 0,56$$

$$L: 0,56$$

$$L: 1$$

$$O: 1$$

Wzór empiryczny: I_2O_4 Wzór rzeczywisty: IO_2

Przykład 60.

Obliczenia:

$$1 \times O_y$$

$$0,2014 = \frac{16y}{127x + 16y}$$

$$25,6x + 3,2y = 16y$$

$$25,6x = 12,8y \quad |: 12,8$$

$$2x = y$$

$$\textcircled{1_2 O}$$

Wzór empiryczny

Wzór rzeczywisty jest 2 razy większy od, jak widać:

Wzór empiryczny: $1_2 O$ Wzór rzeczywisty: $1_4 O_2$ Przykład 61.

Obliczenia:

 $1 \times O_y$ masa O $\rightarrow 20,14\%$

$$100g - 100\%$$

$$x - 20,14\%$$

$$x = 20,14g \text{ O}$$

$$100 - 20,14 = 79,86g \text{ I}$$

$$n = \frac{79,86}{127} = 0,62882 \text{ mol}$$

$$n = \frac{20,14}{16} = 1,25875 \text{ mol}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1,25875}{0,62882} = \frac{2}{1}$$

stosunek moli

 $1_2 O$ - empirycznyrzeczywisty $\rightarrow$ liczba atomów jodu 2 razywiększe $\rightarrow 2 \cdot 2 = 4$

$$\begin{matrix} 2:1 \\ 4:x \end{matrix} \quad x=2$$

Wzór empiryczny: $1_2 O$ Wzór rzeczywisty: $1_4 O_2$

Przykład 62.

Obliczenia: (1) (2)

100% = 100g

100% - 20,14% - 79,86% jodu

$M_{I_2} = 254 \text{ g/mol}$

$M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$

(3) $n_{O_2} = \frac{20,14}{32 \text{ g/mol}} = 0,63 \text{ mol}$

$n_{I_2} = \frac{79,86}{254 \text{ g/mol}} = 0,31 \text{ mol}$

(4) $n_{O_2} : n_{I_2} = 0,63 : 0,31$

$\downarrow : 0,31$

(5) $2 n_{O_2} : 1 n_{I_2}$

$2 \text{ mole } O_2 : 1 \text{ mole } I_2$

Wzór empiryczny: $\frac{1}{2} O_2 \cdot \frac{1}{1} I_2$

Wzór rzeczywisty: $\frac{1}{4} O_2 \cdot \frac{1}{2} I_2$

Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najlepiej

Najłatwiejszym dla zdających okazało się **zadanie 2.1.** (poziom wykonania – 76%). Rozwiązanie tego zadania polegało na uzupełnieniu schematu równania reakcji rozszczepienia izotopu uranu ^{235}U w wyniku bombardowania jego jąder neutronami. Nieco mniej niż 1/4 zdających miała problem z analizą informacji i zapisem równania reakcji. Wynikał on głównie z braku staranności przy prawidłowym opisie cząstek użytych do bombardowania jąder uranu – przykłady 63. i 64. oraz niepoprawnego bilansu reakcji (przykład 65.).

Przykład 63.**Zadanie 2.**

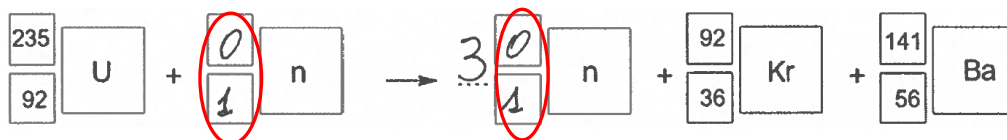
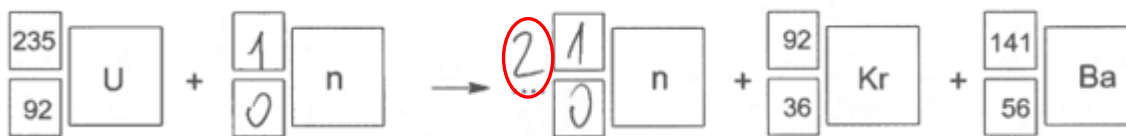
Niektóre ciężkie jądra ulegają reakcjom rozszczepienia. Takie jądra bombardowane neutronami ulegają podziałowi na dwa lżejsze fragmenty. Tej przemianie towarzyszy emisja dwóch lub trzech neutronów.

Zadanie 2.1. (0–1)

W jednej z reakcji rozszczepienia jąder ^{235}U powstają ^{92}Kr oraz ^{141}Ba .

Uzupełnij schemat tak, aby otrzymać równanie opisanej przemiany, która prowadzi do powstania jąder kryptonu i baru.



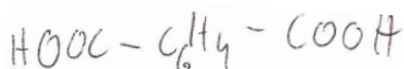
Przykład 64.Przykład 65.

Równie łatwe dla tegorocznych maturzystów było **zadanie 20.**, które polegało na napisaniu poprawnego wzoru półstrukturalnego produktu reakcji katalitycznego utleniania *p*-ksylenu – kwasu tereftalowego (benzeno-1,4-dikarboksylowego). Ponad 3/4 zdających poradziło sobie z podaniem poprawnej odpowiedzi (poziom wykonania – 76 %), choć pojawiły się też wzory błędne – najczęściej zdający zapisywali wzór zaprezentowany w przykładzie 66.

Przykład 66.**Zadanie 20. (0–1)**

W wyniku katalitycznego utlenienia *p*-ksylenu otrzymuje się kwas tereftalowy, czyli kwas benzeno-1,4-dikarboksylowy.

Napisz wzór półstrukturalny (grupowy) lub uproszczony opisanego kwasu.



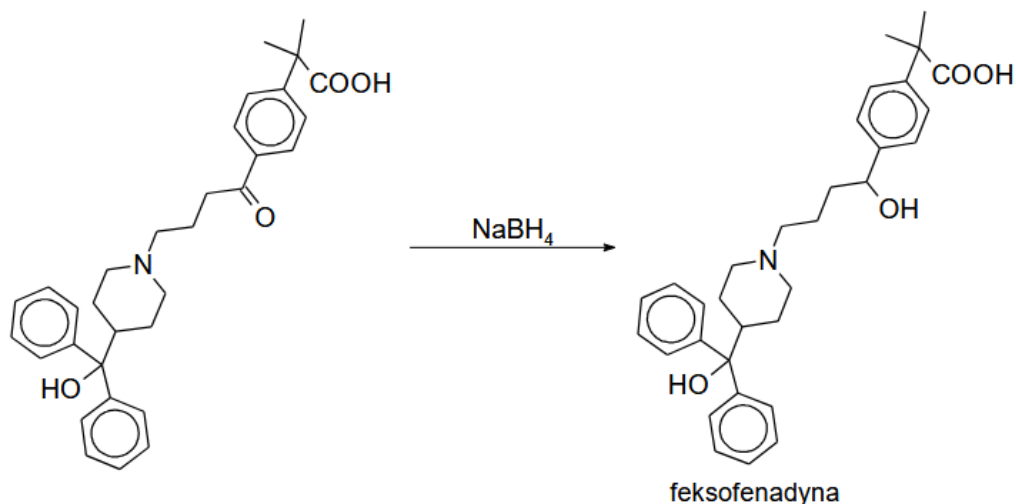
Podobnie łatwe okazało się dla piszących **zadanie 23.** (poziom wykonania – 77 %). Rozwiązanie tego zadania polegało na dokonaniu poprawnego wyboru jednej z podanych odpowiedzi. Sprawdzało ono umiejętność analizy podanego równania reakcji i wzorów substratu i produktu. W tym zadaniu maturzysta musiał się odwołać do wiedzy z zakresu procesów utleniania-redukcji oraz pojęcia hybrydyzacji. Błędne odpowiedzi wynikały z niedokładnej analizy zamieszczonej informacji albo z niewystarczających umiejętności określania stopnia utlenienia atomu węgla w związkach organicznych i ustalania hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla – przykłady 67. i 68.

Przykład 67.**Zadanie 23. (0–2)**

Wzory szkieletowe związków organicznych odzwierciedlają kształt cząsteczek. W tych wzorach pomija się symbole atomów węgla i połączonych z nimi atomów wodoru, a szkielet węglowy rysuje się jako linię łamaną oraz zaznacza – występujące w cząsteczce – wiązania wielokrotne. Zapisuje się symbole podstawników innych niż wodór oraz wzory grup funkcyjnych.

Borowodorek sodu jest stosowany w przemyśle farmaceutycznym do syntezy feksofenadyny – leku przeciwhistaminowego.

Na schemacie przedstawiono za pomocą wzorów szkieletowych końcowy etap syntezy tego związku.



Uzupełnij zdania. Zaznacz jedną odpowiedź spośród podanych w każdym nawiasie.

W reakcji otrzymywania feksofenadyny redukcja jednego mola substratu wymaga udziału (dwóch) / trzech) moli elektronów.

Orbitalom walencyjnym atomu węgla ulegającego redukcji przypisuje się w cząsteczce substratu hybrydyzację (sp / sp^2 / sp^3), a w cząsteczce produktu – hybrydyzację (sp / sp^2 / sp^3).

Przykład 68.

W reakcji otrzymywania feksofenadyny redukcja jednego mola substratu wymaga udziału (dwóch / trzech) moli elektronów.

Orbitalom walencyjnym atomu węgla ulegającego redukcji przypisuje się w cząsteczce substratu hybrydyzację (sp / sp^2 / sp^3), a w cząsteczce produktu – hybrydyzację (sp / sp^2 / sp^3).

Wnioski i rekomendacje

Tegoroczny egzamin maturalny z chemii pisało niespełna dwadzieścia i pół tysiąca maturzystów. Poziom merytoryczny zaprezentowanych odpowiedzi był zróżnicowany. Spora grupa zdających zademonstrowała odpowiedzi przejrzyste, spójne logicznie, trafne i poprawne merytorycznie. Występujące w ich pracach błędy to najczęściej efekt nieuwagi lub braku szczegółowej analizy warunków zadania.

Znaczna część zdających pobieżnie analizowała treści zadań, mało dokładnie czytała informacje i polecenia, a to prowadziło do formułowania wypowiedzi nie na temat. Odpowiedzi nieumiejętnie skonstruowane logicznie, w których był widoczny brak staranności i precyzji przy zapisie rozwiązania problemu, jak również niestarannie zapisane wzory i równania reakcji prowadziły do nieprzyznania przez egzaminatora punktów. Około 40% zdających uzyskało za rozwiązanie zadań w arkuszu 20 punktów lub mniej. Wprawdzie piszący z tego grona podejmowali próby rozwiązania większości zadań w arkuszu, ale ich odpowiedzi zawierały liczne błędy.

Analiza popełnionych błędów pozwala stwierdzić, że liczna grupa maturzystów:

- miała trudności z dokonaniem właściwej analizy informacji opisujących dany proces lub zjawisko
- miała kłopoty z zapisaniem nawet prostych równań reakcji chemicznych
- nie potrafiła sformułować logicznie uporządkowanej odpowiedzi, w tym logicznie uzasadnić swojej oceny
- błędnie interpretowała stechiometrię reakcji chemicznej i stechiometrię wzoru
- nie dołożyła należytej staranności w pisaniu wzorów półstrukturalnych (grupowych) związków organicznych
- posługiwała się niepoprawną terminologią i notacją chemiczną
- popełniała błędy w budowaniu modelu matematycznego w celu rozwiązania problemu obliczeniowego; miała trudności w wykonywaniu prostych i złożonych działań matematycznych oraz w działaniach na jednostkach
- miała duże trudności w posługiwaniu się całością zdobytej wiedzy chemicznej
- wykazywała się brakiem nawyku precyzyjnego zapisywania wykonywanych przekształceń, co prowadziło do błędnych rozwiązań.

Okres nauki oraz przygotowania do egzaminu maturalnego powinien przewidywać czas na ćwiczenie umiejętności formułowania wypowiedzi, dobierania argumentów, dostrzegania zależności przyczynowo-skutkowych. Niezbędne jest, aby zdający biegłe posługiwali się językiem symboli, wzorów i równań chemicznych oraz językiem wyrażeń matematycznych. Konieczne jest też wyćwiczenie nie tylko sprawności rachunkowej, ale również umiejętności oceny, czy otrzymany wynik jest prawdopodobny i ma sens fizyczny. Bardzo ważna jest także nieustanna dbałość o rozumienie przez uczniów sensu formułowanych stwierdzeń, wielkości i pojęć, którymi się posługują, oraz dbałość o umiejętność oceny poprawności własnych sądów. Analiza odpowiedzi i rozwiązań maturzystów, za które nie uzyskali oni maksymalnej liczby punktów, uprawnia do postawienia wniosku, że część opisanych błędów to efekt rozwiązania bardzo dużej liczby zadań i przykładów z pominięciem czasu na refleksję nad podejmowanymi działaniami, znaczeniem stosowanych pojęć oraz sensem wykorzystywanych praw. Jest to element konieczny w pracy, ponieważ umożliwia pogłębienie znajomości przedmiotu oraz lepsze zrozumienie otaczającego świata.