

<i>Rodzaj dokumentu:</i>	<b>Sprawozdanie za rok 2024</b>
<i>Egzamin:</i>	<b>Egzamin maturalny</b>
<i>Przedmiot:</i>	<b>Chemia</b>
<i>Poziom:</i>	<b>Poziom rozszerzony</b>
<i>Termin egzaminu:</i>	16 maja 2024 r.
<i>Data publikacji dokumentu:</i>	20 września 2024 r.

**Opracowanie**

dr inż. Anna Jedynak-Koczuk (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Aleksandra Grabowska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Ewa Głuchowska (Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie)  
dr Michał Kobyłka (Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu)

**Redakcja**

dr Wioletta Kozak (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Opracowanie techniczne**

Andrzej Kaptur (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Współpraca**

Beata Dobrosielska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Agata Wiśniewska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Pracownie ds. Analiz Wyników Egzaminacyjnych okręgowych komisji egzaminacyjnych

**Centralna Komisja Egzaminacyjna**  
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa  
tel. 22 536 65 00, fax 22 536 65 04  
e-mail: sekretariat@cke.gov.pl  
www.cke.gov.pl

**Spis treści**

Opis arkusza maturalnego .....	4
Dane dotyczące populacji zdających .....	5
Przebieg egzaminu .....	6
Podstawowe dane statystyczne .....	7
Komentarz .....	21
Wnioski i rekomendacje .....	53

## Opis arkusza egzaminu maturalnego

W roku szkolnym 2023/2024 egzamin maturalny z chemii został przeprowadzany na podstawie wymagań egzaminacyjnych określonych w rozporządzeniu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 10 czerwca 2022 r.<sup>1</sup>

Arkusz egzaminacyjny z chemii zawierał 30 zadań otwartych i zamkniętych, spośród których dziewięć zadań składało się z dwóch części, a dwa – z trzech części. Łącznie w arkuszu znalazły się 43 polecenia różnego typu, które sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w trzech obszarach wymagań: pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji (4 polecenia, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 4 punkty), rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów (6 poleceń, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 8 punktów) oraz opanowanie czynności praktycznych (1 polecenie, za rozwiązanie którego można było otrzymać 1 punkt). 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 (25 poleceń, za rozwiązanie których można było otrzymać łącznie 38 punktów), a także rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów oraz opanowanie czynności praktycznych (3 polecenia, za rozwiązanie których można było otrzymać 4 punkty). Cztery polecenia w arkuszu sprawdzały umiejętności we wszystkich trzech obszarach, a za ich rozwiązanie można było otrzymać 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 60 punktów.

---

<sup>1</sup> Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 10 czerwca 2022 r. w sprawie wymagań egzaminacyjnych dla egzaminu maturalnego przeprowadzanego w roku szkolnym 2022/2023 i 2023/2024 (D.U. poz. 1246).

## Dane dotyczące populacji zdających

**TABELA 1.** ZDAJĄCY ROZWIĄZUJĄCY ZADANIA W ARKUSZU STANDARDOWYM\*

Liczba zdających (Formuła 2023)		20 512
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	z liceów ogólnokształcących	18 448
	z techników	2 055
	z branżowych szkół II stopnia	9
	ze szkół na wsi	394
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	2 713
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	7 039
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	10 366
	ze szkół publicznych	18 888
	ze szkół niepublicznych	1 624
	kobiety	14 944
	mężczyźni	5 568
	bez dysleksji rozwojowej	18 060
	z dysleksją rozwojową	2 452
<b>Obywatele Ukrainy<sup>2</sup></b>	<b>13</b>	

\* Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 50 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	223
	słabowidzący	27
	niewidomi	1
	słabosłyszący	39
	niesłyszący	5
	z niepełnosprawnością ruchową spowodowaną mózgowym porażeniem dziecięcym	6
	z zaburzeniem widzenia barw	19
	<b>Ogółem</b>	<b>320</b>

<sup>2</sup> Dz.U. z 2024 r. poz. 167, z późn. zm.

## Przebieg egzaminu

TABELA 3. INFORMACJE DOTYCZĄCE PRZEBIEGU EGZAMINU

Termin egzaminu		16 maja 2024	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		180 minut	
Liczba szkół		2 197	
Liczba zespołów egzaminatorów		43	
Liczba egzaminatorów		641	
Liczba obserwatorów <sup>3</sup> (§ 8 ust. 1)		43	
Liczba unieważnień <sup>4</sup>	w przypadku:		
	art. 44zzv pkt 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
	art. 44zzv pkt 2	wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	4
	art. 44zzv pkt 3	zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu egzaminu	0
	art. 44zzw ust. 1	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	2
	art. 44zzy ust. 7	stwierdzenie naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu maturalnego	2
	art. 44zzy ust. 10	niemożność ustalenia wyniku (np. zaginięcie karty odpowiedzi)	0
Liczba wglądów <sup>4</sup> (art. 44zzz)		4917	

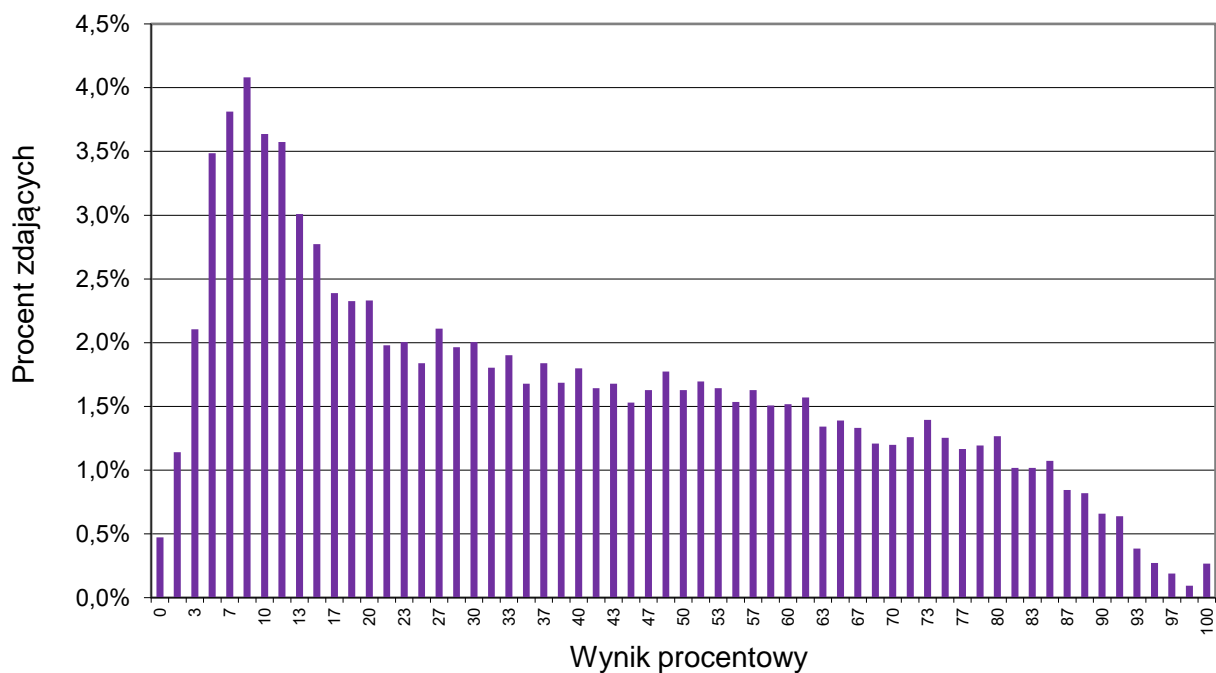
<sup>3</sup> Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 sierpnia 2022 r. w sprawie egzaminu maturalnego (D.U. z 2024 r. poz. 302).

<sup>4</sup> Ustawa z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (Dz.U. z 2024 r. poz. 750 z późn. zm.).

## 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 (%)
<b>ogółem</b>	<b>20 512</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>26</b>
w tym:							
z liceów ogólnokształcących	18 448	0	100	37	12	40	26
z techników	2 055	0	100	8	8	15	16
z branżowych szkół II stopnia	9	–	–	–	–	–	–

\* 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 egzaminacyjne 2024			
Nr zad.	Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe	Poziom wykonania zadania (%)
1.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>II. Budowa atomu. Zdający:</p> <p>1) [...] stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka [...];</p> <p>2) stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych;</p> <p>4) określa przynależność pierwiastków do bloków konfiguracyjnych: s, p i d układu okresowego [...].</p> <p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający:</p> <p>4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w [...] cząsteczce związku nieorganicznego [...].</p>	51
1.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>II. Budowa atomu. Zdający:</p> <p>1) interpretuje wartości liczb kwantowych [...]; stosuje pojęcia: powłoka, podpowłoka [...];</p> <p>2) stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych;</p> <p>3) pisze konfiguracje elektronowe atomów pierwiastków do <math>Z=38</math> [...], uwzględniając przynależność elektronów do podpowłok (zapisy konfiguracji: pełne, skrócone i schematy klatkowe).</p>	32
1.3.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...];</p> <p>6) stosuje poprawną terminologię.</p>	<p>VII. Systematyka związków nieorganicznych. Zdający:</p> <p>4) opisuje typowe właściwości chemiczne tlenków pierwiastków o liczbach atomowych od 1 do 20 oraz Cr [...], w tym zachowanie wobec wody [...] i zasad; pisze odpowiednie równania reakcji w formie cząsteczkowej i jonowej.</p> <p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający:</p> <p>3) na podstawie konfiguracji elektronowej atomów przewiduje typowe stopnie utlenienia pierwiastków;</p> <p>4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w [...] cząsteczce związku nieorganicznego [...].</p>	36



2.1.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający:</p> <p>3) pisze równania naturalnych przemian promieniotwórczych (<math>\alpha</math>, <math>\beta^-</math>) oraz sztucznych reakcji jądrowych.</p>	41
2.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający:</p> <p>3) pisze równania naturalnych przemian promieniotwórczych (<math>\alpha</math>, <math>\beta^-</math>) oraz sztucznych reakcji jądrowych.</p>	61
3.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p>	<p>III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Zdający:</p> <p>6) opisuje i przewiduje wpływ rodzaju wiązania (jonowe [...]) [...] na właściwości fizyczne substancji nieorganicznych [...].</p>	82
4.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>1) opisuje właściwości substancji [...];</p> <p>4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.</p>	<p>III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Zdający:</p> <p>6) opisuje i przewiduje wpływ rodzaju wiązania (jonowe [...]) [...] na właściwości fizyczne substancji nieorganicznych [...];</p> <p>7) porównuje właściwości fizyczne substancji tworzących kryształy jonowe [...].</p>	17
5.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę [...] do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Zdający:</p> <p>3) wyjaśnia tworzenie orbitali zhybrydowanych zgodnie z modelem hybrydyzacji, opisuje ich wzajemne ułożenie w przestrzeni;</p> <p>4) rozpoznaje typ hybrydyzacji (<math>sp</math>, <math>sp^2</math>, <math>sp^3</math>) orbitali walencyjnych atomu centralnego w cząsteczkach związków nieorganicznych [...]; przewiduje budowę przestrzenną drobin metodą VSEPR [...].</p>	69
6.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>3) konstruuje wykresy, tabele i schematy na podstawie dostępnych informacji.</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający:</p> <p>1) definiuje [...] szybkość reakcji (jako zmianę stężenia reagenta w czasie).</p> <p>V. Roztwory. Zdający:</p> <p>2) wykonuje obliczenia związane [...] z zastosowaniem pojęć: stężenie [...] molowe [...].</p>	56

6.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 1) definiuje [...] szybkość reakcji (jako zmianę stężenia reagenta w czasie); 2) przewiduje wpływ: stężenia (ciśnienia) substratów, [...] i temperatury na szybkość reakcji [...].</p>	50
7.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>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.</p>	<p>V. Roztwory. Zdający: 2) wykonuje obliczenia związane z przygotowaniem, rozcieńczaniem [...] roztworów z zastosowaniem pojęć: stężenie [...] molowe [...].</p> <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 6) przewiduje odczyn roztworu po reakcji substancji zmieszanych w ilościach [...] niestechiometrycznych; 9) pisze równania reakcji: zobojętniania [...].</p>	10
8.	<p>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.</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający: 6) wykazuje się znajomością i rozumieniem pojęć: stan równowagi dynamicznej i stała równowagi [...].</p> <p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 3) interpretuje wartości [...] <math>K_s</math>; 4) wykonuje obliczenia z zastosowaniem pojęć: [...] iloczyn rozpuszczalności [...].</p>	10
9.1.	<p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne [...], formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 8) uzasadnia przyczynę kwasowego odczynu wodnych roztworów kwasów, zasadowego odczynu wodnych roztworów niektórych wodorotlenków (zasad) i amoniaku oraz odczynu niektórych wodnych roztworów soli zgodnie z teorią Brønsteda–Lowry'ego [...].</p>	53

9.2.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych.</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający:</p> <p>2) projektuje doświadczenia chemiczne [...] formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia.</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający:</p> <p>8) uzasadnia przyczynę kwasowego odczynu wodnych roztworów kwasów, zasadowego odczynu wodnych roztworów niektórych wodorotlenków (zasad) i amoniaku oraz odczynu niektórych wodnych roztworów soli zgodnie z teorią Brønsteda–Lowry'ego [...].</p>	52
10.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.</p>	<p>V. Roztwory. Zdający:</p> <p>2) wykonuje obliczenia związane z przygotowaniem, rozcieńczaniem zatażeniem roztworów z zastosowaniem pojęć: stężenie procentowe lub molowe [...].</p>	29
11.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający:</p> <p>4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w jonie i cząsteczce związku nieorganicznego [...];</p> <p>5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie [...] jonowej).</p>	50
12.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający:</p> <p>6) przewiduje kierunek przebiegu reakcji utleniania-redukcji na podstawie wartości potencjałów standardowych półogniw; pisze odpowiednie równania reakcji.</p> <p>IX. Elektrochemia. Ogniwa. Zdający:</p> <p>1) stosuje pojęcia: półogniwo, anoda, katoda, ogniwo galwaniczne, klucz elektrolityczny, potencjał standardowy półogniwa [...] SEM;</p> <p>2) pisze równania reakcji zachodzących na elektrodach [...] ogniwa galwanicznego [...]; projektuje ogniwo, w którym zachodzi dana reakcja chemiczna; pisze schemat tego ogniwa.</p>	4

12.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 6) przewiduje kierunek przebiegu reakcji utleniania-redukcji na podstawie wartości potencjałów standardowych półogniw; pisze odpowiednie równania reakcji.</p> <p>IX. Elektrochemia. Ogniwa. Zdający: 1) stosuje pojęcia: półogniwo, anoda, katoda, ogniwo galwaniczne, klucz elektrolityczny, potencjał standardowy półogniwa [...] SEM; 2) pisze równania reakcji zachodzących na elektrodach [...] ogniwa galwanicznego [...]; projektuje ogniwo, w którym zachodzi dana reakcja chemiczna; pisze schemat tego ogniwa.</p>	34
13.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>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; 8) wymienia czynniki, które wpływają na stan równowagi reakcji [...]; stosuje regułę Le Chateliera–Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury [...] i ciśnienia na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej.</p>	54
13.2.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie formułuje [...] wnioski oraz wyjaśnienia.</p>	<p>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.</p>	23
14.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu ([...] eliminacja [...]) [...]; wyjaśnia mechanizm reakcji [...].</p> <p>XIII. Węglowodory. Zdający: 4) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: [...] addycji: [...] H<sub>2</sub>O [...]; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne) [...].</p>	28

15.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XII. Węglowodory. Zdający: 4) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: [...] addycji: [...] H<sub>2</sub>O [...]; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne) [...].</p>	34
16.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XIII. Węglowodory. Zdający: 1) podaje nazwy systematyczne węglodorów ([...] alkenu [...]) na podstawie wzorów [...] półstrukturalnych (grupowych) [...].</p> <p>XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Zdający: 2) [...] rysuje wzory strukturalne lub półstrukturalne (grupowe).</p>	47
16.2	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 5) porównuje moc elektrolitów na podstawie wartości ich stałych dysocjacji.</p> <p>XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 3) opisuje właściwości chemiczne kwasów karboksylowych na podstawie reakcji tworzenia: soli, [...]; pisze odpowiednie równania reakcji [...].</p>	40

17.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie formułuje [...] wnioski oraz wyjaśnienia.</p>	<p>XIII. Węglowodory. Zdający: 8) [...] wyjaśnia, dlaczego benzen, w przeciwieństwie do alkenów i alkinów, nie odbarwia [...] wodnego roztworu manganianu(VII) potasu; 10) [...] na podstawie wyników przeprowadzonych doświadczeń wnioskuje o rodzaju węglowodoru [...].</p> <p>XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Zdający: 9) planuje ciągi przemian pozwalających otrzymać alkohol [...] z odpowiedniego węglowodoru [...].</p>	14
17.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie formułuje [...] wnioski oraz wyjaśnienia.</p>	<p>XIII. Węglowodory. Zdający: 9) opisuje właściwości chemiczne węglowodorów aromatycznych na przykładzie reakcji: [...] nitrowania, [...]; pisze odpowiednie równania reakcji dla benzenu [...]; 10) [...] na podstawie wyników przeprowadzonych doświadczeń wnioskuje o rodzaju węglowodoru [...].</p>	45
18.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę [...] do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XIII. Węglowodory. Zdający: 7) ustala wzór monomeru, z którego został otrzymany polimer o podanej strukturze; [...]; pisze odpowiednie równania reakcji.</p>	39

19.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...];</p> <p>7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.. chemicznych.</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający:</p> <p>5) dokonuje interpretacji jakościowej i ilościowej równania reakcji w ujęciu molowym, masowym [...];</p> <p>6) wykonuje obliczenia, z uwzględnieniem wydajności reakcji, dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów [...].</p>	19
20.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający:</p> <p>7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja [...] substytucja [...]) [...]; wyjaśnia mechanizm reakcji [...].</p>	69
20.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający:</p> <p>7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu ([...] substytucja [...]) [...]; wyjaśnia mechanizm reakcji [...].</p>	26
20.3.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający:</p> <p>8) [...] stosuje regułę Le Chateliera–Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury [...] na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej.</p>	39

21.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne [...] formułuje [...] wnioski [...].</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 5) porównuje moc elektrolitów na podstawie wartości ich stałych dysocjacji.</p> <p>XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 5) opisuje czynniki wpływające na moc kwasów karboksylowych ([...] obecność polarnych podstawników).</p>	49
21.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) pozyskuje przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) projektuje doświadczenia chemiczne [...] formułuje [...] wnioski [...].</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 5) porównuje moc elektrolitów na podstawie wartości ich stałych dysocjacji.</p> <p>XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 5) opisuje czynniki wpływające na moc kwasów karboksylowych ([...] obecność polarnych podstawników).</p>	60
22.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych; 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 1) wskazuje grupę karboksylową [...] we wzorach kwasów karboksylowych ([...] aromatycznych) [...]; 3) opisuje właściwości chemiczne kwasów karboksylowych [...]; pisze odpowiednie równania reakcji [...].</p>	56

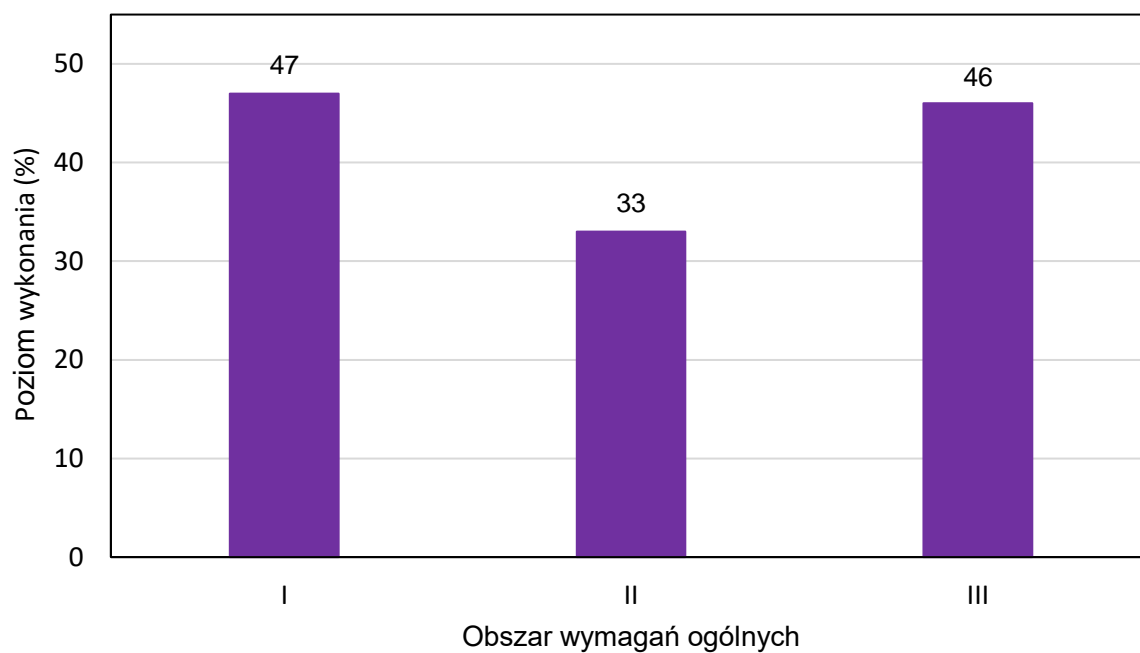


23.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>1) [...] wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;</p> <p>5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Zdający:</p> <p>8) wymienia czynniki, które wpływają na stan równowagi reakcji [...].</p> <p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający:</p> <p>1) na podstawie wzoru [...] półstrukturalnego (grupowego) [...] klasyfikuje dany związek chemiczny do: [...] estrów [...].</p> <p>XVII. Estry i tłuszcze. Zdający:</p> <p>1) opisuje strukturę cząsteczek estrów i wiązania estrowego.</p>	18
24.1.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>3) konstruuje [...] schematy na podstawie dostępnych informacji.</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający:</p> <p>1) na podstawie wzoru [...] półstrukturalnego (grupowego) [...] klasyfikuje dany związek chemiczny do: [...] estrów [...].</p> <p>XIII. Węglowodory. Zdający:</p> <p>4) opisuje właściwości chemiczne alkenów na przykładzie reakcji: [...] addycji: [...] H<sub>2</sub>O [...]; przewiduje produkty reakcji przyłączenia cząsteczek niesymetrycznych do niesymetrycznych alkenów na podstawie reguły Markownikowa (produkty główne i uboczne) [...].</p> <p>XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole. Zdający:</p> <p>9) planuje ciągi przemian pozwalających otrzymać alkohol [...] z odpowiedniego węglowodoru [...].</p> <p>XVI. Estry i tłuszcze. Zdający:</p> <p>6) planuje ciągi przemian chemicznych wiążące ze sobą właściwości poznanych węglowodorów i ich pochodnych [...].</p>	49
24.2.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający:</p> <p>1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający:</p> <p>1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych.</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający:</p> <p>7) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja [...] substytucja [...] kondensacja) i mechanizm reakcji (elektrofilowy, nukleofilowy, rodnikowy); wyjaśnia mechanizmy reakcji [...].</p>	55

25.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>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 [...]; 7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.</p>	<p>I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Zdający: 1) stosuje pojęcia: [...] mol [...]; 4) ustala wzór empiryczny i rzeczywisty związku chemicznego ([...] organicznego) na podstawie jego składu [...] i masy molowej; 5) dokonuje interpretacji jakościowej i ilościowej równania reakcji w ujęciu molowym, masowym i objętościowym (dla gazów); 6) wykonuje obliczenia [...] dotyczące: liczby moli oraz mas substratów i produktów [...]; 8) stosuje do obliczeń równanie Clapeyrona.</p> <p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 1) na podstawie [...] opisu budowy lub właściwości fizykochemicznych klasyfikuje dany związek chemiczny do: [...] związków jednofunkcyjnych ([...] aldehydów, [...] kwasów karboksylowych [...]) [...].</p> <p>XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony. Zdający: 3) [...] na podstawie wyników doświadczenia klasyfikuje substancję do aldehydów lub ketonów [...].</p> <p>XVI. Kwasy karboksylowe. Zdający: 3) opisuje właściwości chemiczne kwasów karboksylowych na podstawie reakcji tworzenia: soli [...]; pisze odpowiednie równania reakcji [...].</p>	14
26.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 7) klasyfikuje substancje jako kwasy lub zasady zgodnie z teorią Brønsteda–Lowry’ego; wskazuje sprzężone pary kwas – zasada.</p> <p>XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 5) pisze równania reakcji otrzymywania [...] amin aromatycznych [...].</p>	61
27.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Zdający: 4) oblicza stopnie utlenienia pierwiastków w jonie i cząsteczce związku [...] organicznego.</p> <p>XIII. Węglowodory. Zdający: 9) opisuje właściwości chemiczne węglowodorów aromatycznych na przykładzie reakcji [...] z [...] Br<sub>2</sub> [...] w obecności światła [...]; pisze odpowiednie równania reakcji dla [...] metylobenzenu (tolenu) [...].</p>	33

28.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>VI. Reakcje w roztworach wodnych. Zdający: 3) interpretuje wartości [...] pH [...].</p> <p>XVIII. Związki organiczne zawierające azot. Zdający: 11) opisuje właściwości kwasowo-zasadowe aminokwasów oraz mechanizm powstawania jonów obojnych.</p>	42
29.	<p>I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Zdający: 1) [...] przetwarza informacje z różnorodnych źródeł [...].</p> <p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych [...].</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 2) stosuje pojęcia: [...] stereoizomeria ([...] izomeria optyczna); rozpoznaje i klasyfikuje izomery.</p> <p>XIX. Cukry. Zdający: 1) [...] klasyfikuje cukry proste ze względu na grupę funkcyjną i liczbę atomów węgla w cząsteczce [...]; 2) zapisuje wzory łańcuchowe w projekcji Fischera [...]; 5) planuje ciąg przemian pozwalających przekształcić cukry w inne związki organiczne [...].</p>	16
30.	<p>II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Zdający: 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych.</p> <p>III. Opanowanie czynności praktycznych. Zdający: 2) [...] formułuje wnioski [...].</p>	<p>XII. Wstęp do chemii organicznej. Zdający: 5) [...] rysuje wzory w projekcji Fischera izomerów optycznych [...].</p> <p>XIX. Cukry. Zdający: 1) [...] klasyfikuje cukry proste ze względu na grupę funkcyjną i liczbę atomów węgla w cząsteczce [...]; 2) zapisuje wzory łańcuchowe w projekcji Fischera [...]; 5) planuje ciąg przemian pozwalających przekształcić cukry w inne związki organiczne [...].</p>	46

**WYKRES 2.** POZIOM WYKONANIA ZADAŃ W OBSZARZE WYMAGAŃ OGÓLNYCH



## Komentarz

W maju 2024 roku do egzaminu maturalnego z chemii w **Formule 2023** absolwenci liceum przystąpili po raz drugi, zaś absolwenci technikum po raz pierwszy. Egzamin był przeprowadzony na poziomie rozszerzonym i okazał się dla zdających trudny. Średni wynik, jaki osiągnęli tegoroczni maturzyści, to 38%.

### 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. Ponadto 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 30 zadań (43 polecenia). Wśród nich nie było zadań bardzo łatwych, a tylko jedno było łatwe. Zdecydowana większość zadań okazała się dla zdających umiarkowanie trudna albo trudna. Dziewięć zadań było zadaniami bardzo trudnymi.

### Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najłabiej

Najtrudniejsze w całym arkuszu okazało się **zadanie 12.1.** (poziom wykonania – 4%). Sprawdzało ono opanowanie umiejętności z zakresu elektrochemii. Zadanie zostało poprzedzone wstępem, w którym przedstawiono równania reakcji przebiegających w dwóch półogniwach redoks (A i B). Dodatkowo podano, że w tych półogniwach elementem przewodzącym jest platyna, która nie bierze udziału w reakcji elektrodowej. Na podstawie zamieszczonych informacji zdający mieli zapisać schemat ogniwa galwanicznego, zbudowanego z półogniw A i B, które generuje prąd w warunkach standardowych, oraz napisać, które półogniwo pełni funkcję anody, a które – katody w pracującym ogniwie. Najczęstszym błędem piszących było pomijanie jonów  $H^+$  w zapisie schematu ogniwa (przykład 1.).

#### Przykład 1.

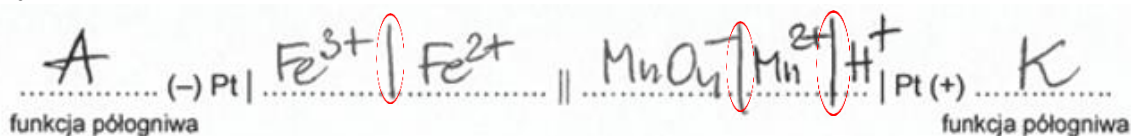
##### Zadanie 12.1. (0–1)

Uzupełnij poniższy zapis, tak aby powstał schemat ogniwa galwanicznego zbudowanego z półogniw A i B, które generuje prąd w warunkach standardowych. Napisz, które półogniwo pełni funkcję anody, a które – katody w pracującym ogniwie.



Duża część maturzystów popełniała błąd, rozdzielając reagenty występujące w tym samym stanie skupienia zamiast przecinkami pojedynczą pionową kreską. Taki zapis oznacza granicę faz (granicę stanów skupienia) i sugeruje, że jony biorące udział w reakcji występują poza roztworem wodnym (przykład 2.).

Przykład 2.



Zdający nie mieli problemu ze wskazaniem anody i katody w utworzonym ogniwie.

Bardzo trudnym zadaniem (poziom wykonania – 10%) okazało się **zadanie 7**. Rozwiązanie tego zadania polegało na obliczeniu objętości wodnego roztworu wodorotlenku baru o stężeniu  $0,020 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , który należy dodać do  $25 \text{ cm}^3$  kwasu solnego o pH równym 1,5, aby otrzymać roztwór o  $\text{pH} = 3,7$ .

Piszący, uwzględniając dane zamieszczone w treści zadania oraz podane równanie reakcji, proponowali różne metody jego rozwiązania. Jednak tylko wąska grupa osób rozwiązała zadanie poprawnie. Wśród poprawnych rozwiązań zadania ciekawą propozycją była metoda, w której zdający zastosowali funkcję logarytmiczną:

$$3,7 = -\log \frac{0,0008 - 0,04x}{0,025 + x}$$

i na tej podstawie wyznaczyli szukaną wielkość objętości (x).

Niestety znacząca większość maturzystów w swoich rozwiązaniach pominęła fakt, że liczba moli jonów wodorotlenkowych jest dwa razy większa niż liczba moli wodorotlenku baru. Tym samym popełnili błąd merytoryczny – przykłady: 3. i 4.

## Przykład 3.

## Zadanie 7. (0-2)

Reakcja kwasu solnego z wodorotlenkiem baru przebiega zgodnie z równaniem:



Oblicz, ile  $\text{cm}^3$  wodnego roztworu wodorotlenku baru o stężeniu molowym równym  $0,020 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  należy dodać do  $25 \text{ cm}^3$  kwasu solnego o  $\text{pH} = 1,5$ , aby otrzymany roztwór miał  $\text{pH}$  równe  $3,7$ . Przyjmij, że objętość powstałego roztworu jest sumą objętości użytych roztworów.

Obliczenia:  $C = \frac{n}{V}$

$$2\text{HCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{BaCl}_2$$

$0,025 \text{ dm}^3$      $0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$   
 $\text{pH} = 1,5$      $V = ? = x \text{ cm}^3$   
 $2$      $1$   
 $0,00079$      $n = 0,02 \cdot x$   
 $x > 0$

otrzymany roztwór:  $\text{pH} = 3,7$   
 $-\log[\text{H}^+] = 3,7$   
 $\log[\text{H}^+] = -3,7$   
 $10^{-3,7} = [\text{H}^+]$   
 $[\text{H}^+] = 0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$   
 ↑  
 nadmiar HCl

$\text{pH}_{\text{HCl}} = 1,5$   
 $-\log[\text{H}^+] = 1,5$   
 $\log[\text{H}^+] = -1,5$   
 $10^{-1,5} = [\text{H}^+]$   
 $[\text{H}^+] = 0,0316 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = c_{\text{HCl}}$

$n_{\text{HCl}} = 0,0316 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,025 \text{ dm}^3 = 0,00079 \text{ mola}$

$0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \frac{0,00079 \text{ mola}}{0,025 \text{ dm}^3 + x} - \frac{n_{\text{Ba}(\text{OH})_2}}{0,025 \text{ dm}^3 + x}$

$0,0002 = \frac{0,00079}{0,025} - \frac{0,02 \cdot x}{0,025 + x}$

$0,0002 = 0,0316 - \frac{0,02x}{0,025 + x}$

$0,0296 = \frac{0,02x}{0,025 + x}$

$0,0296(0,025 + x) = 0,02x$

$0,00074 + 0,0296x = 0,02x$

$0,0002 = \frac{0,00079}{0,025 + 0,001x} - \frac{0,02 \cdot 0,001x}{0,025 + 0,001x}$

$0,0002(0,025 + 0,001x) = 0,00079 - 0,00002x$

$5 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-7}x = 7,9 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-5}x$

$2,02 \cdot 10^{-5}x = 7,85 \cdot 10^{-5}$

$x = 38,86 \text{ cm}^3 \text{ BaCl}_2$

## Przykład 4.

Obliczenia:  $V_{\text{pH} > 3,7} = ? \cdot x$        $V_m = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$        $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,025 \text{ dm}^3$

$\text{pH} > 3,7 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,7} \rightarrow \text{tytułuj}$        $\text{pH} = 1,5 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,5}$

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,025 + x$        $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 7,906 \cdot 10^{-4} \text{ mola}$

$\Delta n = 7,906 \cdot 10^{-4} - 0,02x$

$10^{-3,7} = \frac{7,906 \cdot 10^{-4} - 0,02x}{0,025 + x}$

$4,99816 \cdot 10^{-6} + (1,9953 \cdot 10^{-4})x = 7,906 \cdot 10^{-4} - 0,02x$

$0,02019953x = 7,856 \cdot 10^{-4}$

$x = 0,0389 \text{ [dm}^3\text{]} = \underline{\underline{38,9 \text{ cm}^3}}$



Pojawiały się też prace, w których ostateczna odpowiedź zapisana została z błędną jednostką (przykład 5.). W poniższym rozwiązaniu popełniono jeszcze jeden błąd – błąd metody, osoba pisząca nie uwzględniła stechiometrii zapisanej przez siebie reakcji i zastosowała do obliczeń błędną liczbę moli jonów wodorotlenkowych.

Przykład 5.

Obliczenia:

$$\text{Ba(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

$0,02 \text{ mol}$        $0,025 \text{ dm}^3$   
 $0,31 \cdot 10^{-1}$

$\text{pH} = 1,5$

$$[\text{H}^+] = 0,5 \cdot 10^{-1} = 0,5 \cdot 10^{-1} = 0,31 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

$\text{pH} = 3,7$

$$[\text{H}^+] = 0,7 \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 10^{-3}$$

$0,31 \cdot 10^{-1} \rightarrow 0,2 \cdot 10^{-3}$        $0,31 \cdot 10^{-1} - 0,2 \cdot 10^{-3} = 0,0306 \text{ mol}$

$c_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,02 \text{ mol/dm}^3$

$0,31 \cdot 10^{-1} \cdot 0,025 = 7,75 \cdot 10^{-4}$        $0,02 = \frac{n}{x}$   
 $0,2 \cdot 10^{-3} = \frac{7,75 \cdot 10^{-4}}{0,025 + x}$        $0,02x = n$

$5 \cdot 10^{-6} + 0,2 \cdot 10^{-3} x = 7,75 \cdot 10^{-4} - 0,02x$

$x = 0,037$

$0,0202x = 7,75 \cdot 10^{-4}$   
 $x = 0,04 \text{ dm}^3 = 40 \text{ cm}^3$

**Odp. 40 cm<sup>3</sup>**

Strona 10 z 32

MCHP-R0\_100

Zdarzało się, że w zaproponowanym rozwiązaniu zdający obliczali błędnie liczbę moli jonów  $\text{H}^+$  w roztworze końcowym, mnożąc stężenie tych jonów przez objętość roztworu kwasu solnego, bez uwzględnienia objętości dodanego roztworu wodorotlenku baru. Popełniali oni w ten sposób błąd metody. Prowadziło to do obliczenia błędnej liczby moli kwasu solnego, która przereagowała z wodorotlenkiem baru, a w konsekwencji – do obliczenia nieprawidłowej objętości użytego roztworu  $\text{Ba(OH)}_2$ .

Duża grupa piszących nie doprowadzała rozwiązania do końca. Zapisy zawierały tylko obliczoną liczbę moli jonów  $H^+$  w roztworze kwasu solnego o  $pH = 1,5$  i ustaloną na jej podstawie wartość  $pOH$  roztworu końcowego po dodaniu roztworu  $Ba(OH)_2$  do kwasu solnego. W takich pracach brak było zależności pozwalającej obliczyć liczbę moli jonów wodorowych, które nie zostały zobojętnione, a to skutkowało brakiem możliwości doprowadzenia obliczeń do końca i ustalenia poprawnego wyniku ostatecznego (przykład 6.).

#### Przykład 6.

Obliczenia:

$V = ?$   
 $C = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$   
 $V_{HCl} = 25 \text{ cm}^3 = 0,025 \text{ dm}^3$   
 $pH = 3,7$

$pOH = 14 - 3,7 = 10,3$   
 $pOH = -\log [OH^-] = 10,3$

liczka 1,5

$HA \rightarrow H^+ + A^-$   
 $X \quad X$

$-\log [X] = 1,5$   
 $[X] = 0,0316 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$n_{HCl} = 0,0005 \text{ mol}$   
 $V = 0,025 \text{ dm}^3$   
 $n = 0,025 \text{ dm}^3$

Równie często maturzyści błędnie obliczali liczbę moli niezobojętnionych jonów wodorowych albo poprawnie obliczali tylko liczbę moli jonów  $H^+$  w roztworze kwasu solnego o  $pH = 1,5$  i liczbę moli jonów  $H^+$  w roztworze o  $pH = 3,7$ .

Ten sam poziom trudności miało **zadanie 8.** (poziom wykonania – 10%), w którym zadaniem zdających było uzupełnienie dwóch zdań. W pierwszym zdaniu należało wpisać wartość obliczonego iloczynu stężeń kationów srebra(I) i anionów chlorkowych. Aby uzupełnić drugie zdanie, piszący musieli dokonać interpretacji i porównania wartości iloczynu stężeń jonów z wartością iloczynu rozpuszczalności chlorku srebra(I).

Duża grupa maturzystów podjęła się rozwiązania tego zadania, niestety większość z nich błędnie obliczyła wartość iloczynu stężeń jonów, o których mowa w zadaniu. Najczęściej wynikało to z nieuwzględnienia zmiany objętości roztworów dwóch soli po ich zmieszaniu – przykład 7. Często zdający wpisywali w pierwszym zdaniu błędną wartość iloczynu stężenia jonów, która wynikała z błędu rachunkowego lub zapisywali niepoprawną jednostkę iloczynu stężenia jonów, co skutkowało nieprzyznaniem punktów.

## Przykład 7.

**Zadanie 8. (0–2)**

Zmieszano równe objętości dwóch wodnych roztworów: azotanu(V) srebra(I) o stężeniu  $c_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  i chlorku potasu o stężeniu  $c_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Podczas doświadczenia utrzymywano temperaturę równą  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Uzupełnij poniższe zdania. Wpisz wartość iloczynu stężeń kationów srebra(I) i anionów chlorkowych po zmieszaniu roztworów oraz wybierz i zaznacz jedną odpowiedź spośród podanych w każdym nawiasie.**

Iloczyn stężeń kationów srebra(I) i anionów chlorkowych w otrzymanej mieszaninie jest równy .....  $2 \cdot 10^{-10}$  ..... Jego wartość jest (mniejsza / większa) od wartości iloczynu rozpuszczalności chlorku srebra(I), dlatego osad tej soli się (nie wytrąci / wytrąci).

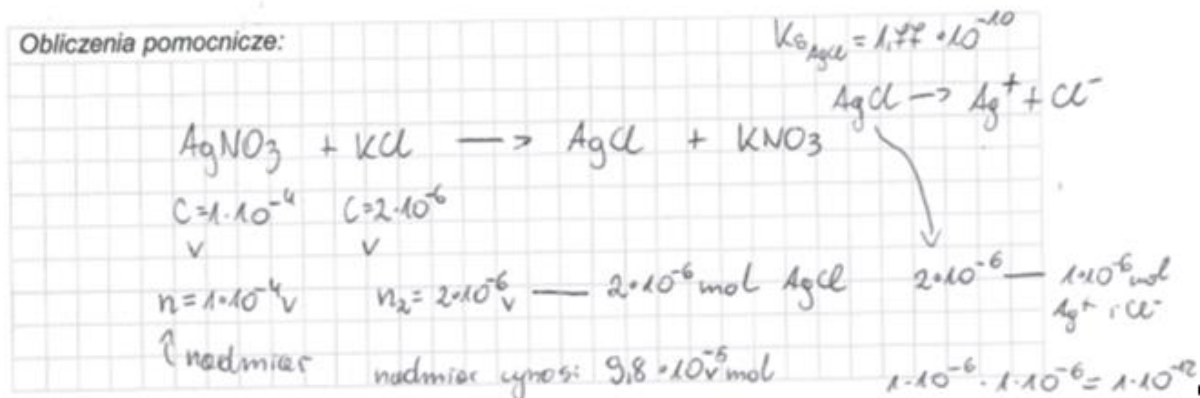
Obliczenia pomocnicze:

$\text{AgNO}_3$	+	$\text{KCl}$	$\rightarrow$	$\text{AgCl}$	+	$\text{KNO}_3$
$0,0001 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$		$0,000002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$				
$1 \text{ dm}^3$		$1 \text{ dm}^3$				
		$1,77 \cdot 10^{-10}$		$0,9 \dots 177$		
		$2 \cdot 10^{-10}$		$00 \dots 2$		

Zaprezentowane w przykładzie 8. rozwiązanie zawiera poprawnie uzupełnione zdanie drugie, ale dokonano go na podstawie błędnie obliczonej wartości iloczynu stężeń jonów.

**Przykład 8.**


Iloczyn stężeń kationów srebra(I) i anionów chlorkowych w otrzymanej mieszaninie jest równy .....  $1 \cdot 10^{-12}$  ..... Jego wartość jest (mniejsza / większa) od wartości iloczynu rozpuszczalności chlorku srebra(I), dlatego osad tej soli się (nie wytrąci / wytrąci).



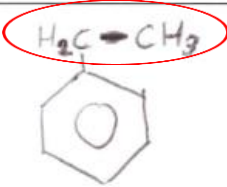
**Zadanie 17.1.** było zadaniem otwartym krótkiej odpowiedzi, w którym zdający na podstawie wyników doświadczeń mieli ustalić wzór sumaryczny związku manganu, który powstał w wyniku reakcji zachodzącej w pierwszym etapie doświadczenia, oraz wzór półstrukturalny organicznego produktu tej przemiany. Sprawdzało ono wiadomości i umiejętności z chemii organicznej. Zadanie było dla piszących bardzo trudne – poziom wykonania 14%. O ile ustalenie wzoru produktu nieorganicznego właściwie nie nastroczało problemów, o tyle wskazanie wzoru produktu organicznego stanowiło bardzo duże wyzwanie. Każdy z poniższych przykładów stanowi ilustrację błędów pojawiających się w pracach zdających (przykłady 9.–11.).

**Przykład 9.****Zadanie 17.1. (0–1)**

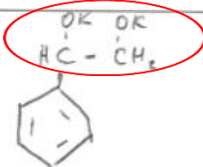
Napisz wzór sumaryczny związku manganu, który powstał w wyniku reakcji zachodzącej w pierwszym etapie doświadczenia, oraz wzór półstrukturalny (grupowy) lub uproszczony organicznego produktu tej przemiany.

Wzór związku manganu	Wzór produktu organicznego
$MnO_2$	$HC-CHO$ 

Przykład 10.

Wzór związku manganu	Wzór produktu organicznego
$MnO_2$	

Przykład 11.

Wzór związku manganu	Wzór produktu organicznego
$Mn_2O_3$	

Bardzo trudne dla zdających było też **zadanie 25**, sprawdzające umiejętność samodzielnego rozwiązywania złożonego problemu. Wykonało je 14% wszystkich piszących. W rozwiązaniu tego zadania należało przedstawić tok rozumowania prowadzący do ustalenia – na podstawie obliczeń – wzoru elementarnego i sumarycznego. W następnej kolejności należało ustalić wzory półstrukturalne związków X, Y i Q z zastosowaniem uzyskanych wyników obliczeń i informacji o budowie i właściwościach związków. Zadanie sprawdzało, jak zdający łączą różne umiejętności i szczegółowo zostało omówione w temacie *Zagadnienie pod lupą*. Za poprawne rozwiązanie tego zadania zdający mogli uzyskać 4 punkty.

Nieco wyższy poziom wykonania (16%) miało **zadanie 29**. Wykorzystując swoją wiedzę i podane we wstępie do zadania informacje, rozwiązujący mieli przeanalizować przedstawiony problem dotyczący porównania produktów degradacji Ruffa dwóch cukrów – mannozy i glukozy oraz zapisać jego rozstrzygnięcie i uzasadnienie. W swoich rozwiązaniach zdający podawali najczęściej poprawne rozstrzygnięcie i błędne uzasadnienie, w którym z reguły odwoływali się do skrócenia łańcucha przez usunięcie węgla C-2. Dla dużej grupy piszących zaskakująco trudna okazała się interpretacja schematu zamieszczonego we wstępie i połączenie go z informacją o powstawaniu tlenku węgla(IV) w trakcie procesu utleniania produktu pośredniego (kwasu aldonowego) – przykłady 12.–14.

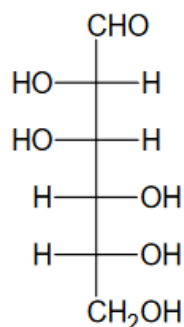


## Przykład 12.

**Zadanie 29. (0–1)**

Rozstrzygnij, czy degradacja Ruffa D-mannozy prowadzi do otrzymania tej samej aldopentozy, co degradacja Ruffa D-glukozy. Odpowiedź uzasadnij. W uzasadnieniu porównaj budowę cząsteczek obu aldoheksoz.

Wzór D-mannozy:



Rozstrzygnięcie: tak

Uzasadnienie: D-mannoza różni się budową od D-glukozy tylko przy tym atomie węgla, który zostanie odłączony. Później po odłączeniu tego atomu węgla w obu przypadkach powstanie D-arabinoza.

## Przykład 13.

Rozstrzygnięcie: TAK

Uzasadnienie: Właściwy podstawnik w D-glukozy i D-mannozy różni się tylko przy 2 atomie węgla, a to on zostaje usunięty w podczas degradacji Ruffa.

## Przykład 14.

Rozstrzygnięcie: Tak

Uzasadnienie: Jedyny regiel, który różni się w wzorach zostanie zdegradowany w reakcji Ruffa.

Liczna grupa maturzystów nie poradziła sobie ze sformułowaniem odpowiedzi poprawnej merytorycznie, w której przedstawiony byłby właściwy związek przyczynowo-skutkowy. Oprócz poprawności merytorycznej ocenie podlegała też poprawność posługiwania się nomenklaturą chemiczną, umiejętne odwołanie się do materiału źródłowego oraz spójność, logika i klarowność toku rozumowania. W swoich uzasadnieniach piszący w sposób niejasny lub częściowo niezrozumiały argumentowali swoje rozstrzygnięcia (przykład 15.).

Przykład 15.Rozstrzygnięcie: TakUzasadnienie: Obie aldoheksozy są zbudowane z takiej samej ilości atomów węgla, dlatego w wyniku degradacji Ruffa powstaną dwa takie same związki

**Zadanie 4.** poprawnie wykonało 17% spośród pracujących z tegorocznym arkuszem. W rozwiązaniu zadania na podstawie analizy danych zamieszczonych w informacji wstępnej do zadań 3.–4. należało wyjaśnić, dlaczego pomimo zbliżonych rozmiarów jonów, energia sieciowa tlenku magnezu różni się znacznie od energii sieciowej fluorku litu. Podobnie jak w zadaniu 29. maturzyści w sposób jednoznaczny powinni wykazać zależność wartości energii sieciowej od wartości (bezwzględnej) ładunku elektrostatycznego jonów tworzących MgO i LiF (a nawet dokładniej – od iloczynu wartości ładunków jonów).

Maturzyści w swoich rozwiązaniach bardzo często zapisywali błędne wyjaśnienie, ponieważ mieli problemy ze sformułowaniem odpowiedzi poprawnej merytorycznie (przykład 16. i 17.). Zdający używali błędnych sformułowań, np. „jony MgO”. Tlenek magnezu tak jak i fluorek litu to związki jonowe zbudowane z kationów i anionów: MgO – z  $Mg^{2+}$  i  $O^{2-}$ , a LiF – z  $Li^+$  i  $F^-$ , i substancje te ładunku nie mają. Nierzadko w wypowiedziach piszący odwoływali się do pojęcia elektronów walencyjnych albo do elektroujemności i prezentowali błędne wyjaśnienie postawionej w poleceniu kwestii (przykład 17.).

Przykład 16.**Zadanie 4. (0–1)**

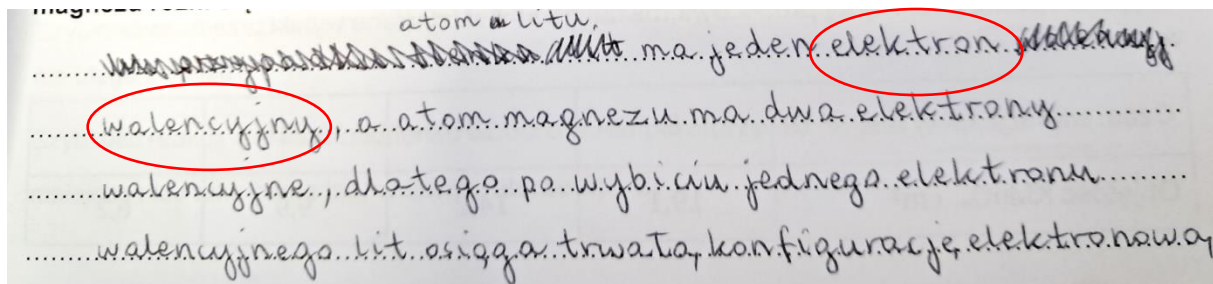
W poniższej tabeli przedstawiono wartości energii sieciowej dwóch związków oraz promieni tworzących je jonów.

Wzór związku	Energia sieciowa, $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	Promień kationu, pm	Promień anionu, pm
MgO	3934	76	140
LiF	1033	72	133

Na podstawie: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2018.

Wyjaśnij, dlaczego – mimo zbliżonych rozmiarów jonów – energia sieciowa tlenku magnezu różni się znacznie od energii sieciowej fluorku litu.

..... Ponieważ jony MgO mają inny ładunek niż jony LiF.....  
 ..... Li jest obdarzone ładunkiem  $+1$ , F ładunkiem  $-1$ , a Mg.....  
 ..... jest obdarzone ładunkiem  $+2$ , a O jest obdarzone ładunkiem.....  
 .....  $-2$ .....

Przykład 17.**Zadania, z którymi zdający poradzili sobie najlepiej**

Najłatwieszym dla zdających okazało się **zadanie 3**. (poziom wykonania – 82%). Rozwiązanie tego zadania polegało na dokonaniu poprawnego wyboru jednej z podanych odpowiedzi. Sprawdzało ono umiejętność analizy i przetwarzania podanych wartości liczbowych energii sieciowej oraz wartości temperatur topnienia. W tym zadaniu maturzysta musiał się odwołać do wiedzy z zakresu wpływu rodzaju wiązania na właściwości fizyczne substancji nieorganicznej. Błędne odpowiedzi wynikały z niedokładnej analizy informacji wprowadzającej albo z niewystarczającej wiedzy z zakresu wpływu rodzaju wiązania na właściwości substancji.

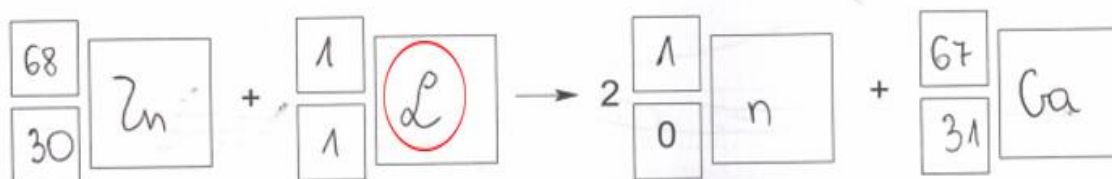
Umiarkowaną trudność sprawiło zdającym **zadanie 5**. – poziom wykonania 69%. Ponad 2/3 ogółu zdających nie miało problemu z ustaleniem liczby koordynacyjnej atomu germanu w podanej odmianie krystalicznej  $\text{GeO}_2$  oraz z określeniem typu hybrydyzacji dla drugiej z wymienionych struktur.

Podobnie umiarkowanie trudne okazało się dla piszących **zadanie 2.2**. (poziom wykonania – 61%), które polegało na uzupełnieniu schematu równania reakcji otrzymywania izotopu galu  $^{67}\text{Ga}$  w wyniku bombardowania izotopu cynku  $^{68}\text{Zn}$ . Nieco ponad 1/3 zdających miała problem z analizą informacji i zapisem równania reakcji. Wynikał on głównie z braku prawidłowej identyfikacji cząstek użytych do bombardowania jąder cynku – przykład 18.

Przykład 18.**Zadanie 2.2. (0–1)**

Izotop  $^{67}\text{Ga}$  otrzymuje się w wyniku bombardowania izotopu cynku  $^{68}\text{Zn}$  pewnymi cząstkami. W reakcji jednego jądra  $^{68}\text{Zn}$  z jedną taką cząstką powstają dwa neutrony i jedno jądro  $^{67}\text{Ga}$ .

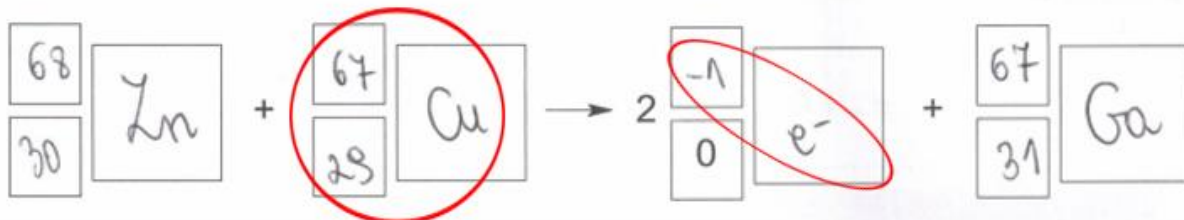
Napisz równanie opisanej przemiany, której ulega jądro izotopu  $^{68}\text{Zn}$ . Uzupełnij wszystkie pola w poniższym schemacie.





Zdarzały się też rozwiązania, w których zdający nie dokonali poprawnej interpretacji informacji wstępnej i popełniali błąd, wpisując w produktach przemiany elektrony (przykład 19.).

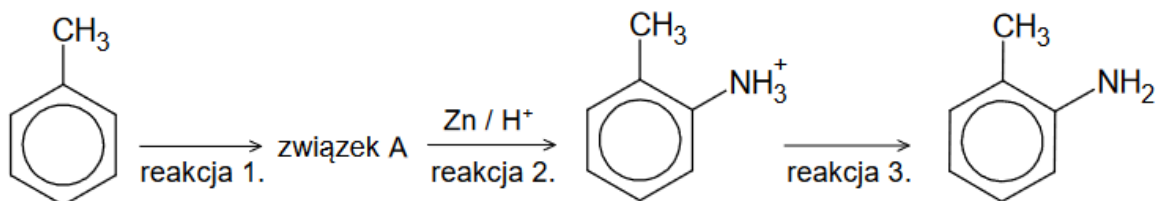
Przykład 19.



Ten sam poziom wykonania miało **zadanie 26**. Dla dużej grupy piszących uzupełnienie schematu równania reakcji i jednocześnie zastosowanie definicji kwasu i zasady Brønsteda (w odniesieniu do przedstawionej informacji wstępnej) nie stanowiło problemu. Jednak pojawiły się też rozwiązania, w których zdający błędnie zapisywali sprzężoną parę zasada 2 – kwas 2 (przykład 20.).

Przykład 20.

Przeprowadzono reakcje zgodnie ze schematem:



**Zadanie 26. (0–1)**

**Wpisz do schematu wzory odpowiednich drobin, tak aby powstało równanie reakcji 3. w formie jonowej skróconej. Zastosuj definicję kwasu i zasady Brønsteda.**



## Zagadnienie „pod lupą”

### Zadanie problemowe

W tegorocznym arkuszu maturalnym znalazło się zadanie problemowe, za którego poprawne rozwiązanie można było otrzymać 4 punkty. Zadania tego rodzaju są nowością – pojawiają się w arkuszach dopiero od roku 2023. Ich wprowadzenie poprzedzone zostało stosowną zapowiedzią w *Informatorze o egzaminie maturalnym z chemii od roku szkolnego 2022/2023*<sup>4</sup> oraz przedstawieniem przykładowych zadań problemowych w tym dokumencie. Zadania tego typu znajdowały się również w arkuszu pokazowym<sup>5</sup> (marzec 2022), w arkuszu diagnostycznym<sup>6</sup> (grudzień 2022) oraz przygotowanym przez CKE materiale dodatkowym. – *Zbiorze zadań problemowych z chemii*<sup>7</sup> Dało to maturzystom możliwość zapoznania się z różnorodnymi zadaniami problemowymi.

Zadania problemowe konstruowane są w taki sposób, że kładą nacisk na myślenie analityczne i mają na celu, w pierwszej kolejności, sprawdzić umiejętności rozumowania i wnioskowania chemicznego w połączeniu z wykorzystaniem odpowiedniego aparatu matematycznego do opisu i analizy zjawisk i procesów. Tego typu zadania wymagają przeanalizowania postawionego problemu w sytuacjach nietypowych. Nie ma więc przy ich rozwiązywaniu mowy o zwykłym dopasowaniu zapamiętanego wcześniej schematu rozwiązania. Takie zadania promują myślenie naukowe oraz umiejętność wykorzystania wiedzy o charakterze naukowym i jej integracji do identyfikowania i rozwiązywania problemów.

Spośród 20 512 zdających, którzy rozwiązywali zadania egzaminacyjne w terminie głównym w sesji majowej, za zadanie 25. – zadanie problemowe, 1, 2, 3 lub 4 punkty otrzymało tylko 20,5% maturzystów. Zadanie to okazało się więc trudne, przy czym można zaobserwować wyraźną korelację pomiędzy wynikiem egzaminu a liczbą punktów uzyskaną za to zadanie. Poziom wykonania dla ogółu zdających to 14%, a dla najlepszych maturzystów, którzy uzyskali wyniki egzaminu z chemii wyższe od 75%, poziom wykonania tego zadania wyniósł 77%.

Aby otrzymać za to zadanie 4 punkty, trzeba było, na podstawie obliczeń, ustalić wzór elementarny i rzeczywisty trzech związków organicznych X, Y i Q, które są względem siebie izomerami. W następnej kolejności, korzystając z analizy tekstu i fotografii przedstawiających wynik doświadczeń i opis budowy związków, należało ustalić wzory półstrukturalne (grupowe) związków X i Y. W zadaniu wymagane było też napisanie w formie cząsteczkowej równania reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu. W istocie, aby uzyskać komplet punktów, zdający musieli przeanalizować wieloetapowy i wielowątkowy problem. Jego pierwszym i w gruncie rzeczy najważniejszym elementem było rozwiązanie części obliczeniowej.

Rozwiązanie problemu rachunkowego tego zadania polega – podobnie jak zadania obliczeniowego (rachunkowego), w którym oceniana jest metoda – na przedstawieniu toku

<sup>4</sup> [https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN\\_MATURALNY\\_OD\\_2023/Informatory/Informator\\_EM2023\\_chemia.pdf](https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN_MATURALNY_OD_2023/Informatory/Informator_EM2023_chemia.pdf)

<sup>5</sup> [https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN\\_MATURALNY\\_OD\\_2023/materialy\\_dodatkowe/pokazowe/Chemia/MCHP-R0-100-2203.pdf](https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN_MATURALNY_OD_2023/materialy_dodatkowe/pokazowe/Chemia/MCHP-R0-100-2203.pdf)

<sup>6</sup> [https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN\\_MATURALNY\\_OD\\_2023/materialy\\_dodatkowe/diagnostyczne\\_12/chemia/MCHP-R0-100-2212.pdf](https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN_MATURALNY_OD_2023/materialy_dodatkowe/diagnostyczne_12/chemia/MCHP-R0-100-2212.pdf)

<sup>7</sup> [https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN\\_MATURALNY\\_OD\\_2023/materialy\\_dodatkowe/chemia/Zbi%C3%B3r%20zada%C5%84%20problemowych%20z%20chemii.pdf](https://cke.gov.pl/images/EGZAMIN_MATURALNY_OD_2023/materialy_dodatkowe/chemia/Zbi%C3%B3r%20zada%C5%84%20problemowych%20z%20chemii.pdf)

rozumowania wiążącego dane z szukaną. Zadania wymagające takiego działania występują w arkuszu egzaminacyjnym każdego roku. Ich obecność wynika wprost z zapisów podstawy programowej (wymagań egzaminacyjnych). Aby poprawnie rozwiązać takie zadanie – które jest przecież w swojej naturze złożonym problemem chemicznym i często także matematycznym – należy wykorzystać i zintegrować różne elementy wiedzy, zdobyte w całym procesie edukacji. Następnie należy powiązać je i odpowiednio przetworzyć, wykorzystując dostępny zasób narzędzi matematycznych pozwalających zbudować niezbędny model wiążący poprawnie wielkości dane z wielkością szukaną. Zadanie rachunkowe jako element złożonego zadania problemowego, nie powinna zatem nikogo dziwić – jego obecność jest wpisana w założenia tego rodzaju zadań.

W dalszej części, po ustaleniu wzoru elementarnego i rzeczywistego związków, należało przeanalizować opis budowy związków (np. informację o chiralności ich cząsteczek, obecności grup funkcyjnych czy o odczynie wodnego roztworu związków). Ponadto w informacji do zadania znalazły się barwne ilustracje przedstawiające wyniki eksperymentów z udziałem związku X. Na podstawie tych danych zdający mieli ustalić poprawne wzory półstrukturalne związków X, Y i Q. W rozwiązaniu zadania oczekiwano również napisania równania reakcji izomeru Q z wodorotlenkiem sodu. Ta część zadania obejmowała swoim zakresem wiadomości i umiejętności z zakresu chemii organicznej takie jak izomeria, alkohole wielowodorotlenowe, aldehydy, kwasy karboksylowe, chiralność i w swojej istocie była także złożonym zagadnieniem, które wymagało od zdających wykonania wielu operacji myślowych.

Komplet punktów za zadanie problemowe otrzymało ok. 5,5% ogółu maturzystów, co jest potwierdzeniem, że zadanie to nie było zadaniem łatwym. Przedstawione poniżej przykłady 21. i 22. to rozwiązania ocenione na 4 punkty.

W pierwszym rozwiązaniu (przykład 21.), które można by uznać za rozwiązanie modelowe, zdający poprawnie ustalił wzór elementarny związku, dalej wykorzystał informacje o masie molowej izomerów w celu zidentyfikowania wzoru sumarycznego związków. Następnie, po analizie pozostałych informacji, podał poprawne wzory półstrukturalne izomerów X i Y oraz napisał poprawne równanie reakcji izomeru Q z wodorotlenkiem sodu we właściwej formie.

## Przykład 21.

Obliczenia: W związkach X, Y, Q : O, H, C

masa C:  $pV = nRT$   $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293}$

$n = 1,497 \cdot 10^{-3}$   
 $m_C = 0,017964 \text{ g}$

masa H:  $18 \text{ g H}_2\text{O} - 2 \text{ g H}$   
 $0,027 \text{ g} - x$   $x = m_H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ g}$   
 $= 0,003 \text{ g}$

masa O:  $0,045 - 0,003 - 0,018 = 0,024 \text{ g}$

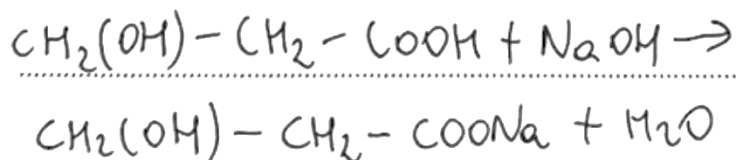
$m_C$	$m_H$	$m_O$	
0,018	0,003	0,024	
<hr/>	<hr/>	<hr/>	
12	1	16	
0,0015	0,003	0,0015	
1	2	1	

$\frac{\text{CH}_2\text{O}}{M_{\text{CH}_2\text{O}} = 30 \text{ g/mol}}$

Wzór sumaryczny związków:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CHO} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



W rozwiązaniu przedstawionym w przykładzie 22. zdający obrał inną strategię rozwiązania problemu, co pozwoliło mu od razu ustalić wzór sumaryczny związków. Wymagany w poleceniu do zadania wzór elementarny został wyznaczony przez zdającego z zastosowaniem otrzymanego na podstawie obliczeń wzoru rzeczywistego (sumarycznego) związków.

## Przykład 22.

Obliczenia:

$M = 90 \text{ g mol}^{-1}$

$C_xH_yO_z$  moli było 1 tlen w 25. -CHO -OH -OH

45 mg  
 $n = 0,0005 \text{ mol}$

27 mg  $H_2O$   
 $n = 0,0015 \text{ mol}$   
 $n_H = 0,003 \text{ mol}$

$CO_2$ :  $pV = nRT$   
 $1013 \cdot 0,036 = n \cdot 8,314 \cdot 293$   
 $n \approx 0,015$   
 $n_C = 0,015 \text{ mol}$   
 $n_O = 0,03 \text{ mol}$

$0,045 \text{ g} - 0,0005 \text{ mol}$   
 $x = 90$

$0,0005 \text{ mol} - 0,0015 \text{ mol C}$   
 $1 \text{ mol} - x$   
 $x = 3$

$0,0005 \text{ mol} - 0,0003 \text{ mol H}$   
 $1 \text{ mol} - x$   
 $x = 6$

$90 = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot 16$   
 $16 \cdot 2 = 48$   
 $2 = 3$

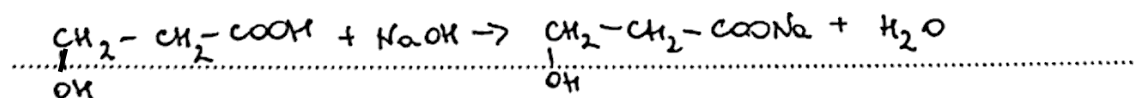
$C_3H_6O_3$  sumaryczny  
 $CH_2O$  elementarny

x - dwie grupy -OH  
koło niebieskie +  
grupa aldehydowa

Wzór sumaryczny związków:  $C_3H_6O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \overset{*}{\text{CH}} - \text{CHO} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \overset{*}{\text{CH}} - \text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Pełna analiza omawianych wyżej rozwiązań (przykład 21. i 22.) wymaga również zwrócenia uwagi na konstrukcję polecenia do zadania 25. („Na podstawie obliczeń ustal wzór elementarny i rzeczywisty (sumaryczny) opisanych związków.”), w którym to zdaniu zdający zostaje jednoznacznie nakierowany na konieczność wykonania obliczeń. W obu powyższych przykładach piszący wykonali obliczenia na podstawie, których ustalili wymagane wzory. Brak tego elementu – zgodnie z uwagą 1. do *Zasad oceniania* zadania: „*Zastosowanie niepoprawnej metody lub brak rozwiązania części rachunkowej zadania powoduje przyznanie 0 punktów.*” – powodował ocenę rozwiązania na 0 punktów. Jeszcze dobitniej opisują taki przypadek *Ogólne zasady oceniania*, w których napisano: „Zdający otrzymuje punkty tylko za poprawne rozwiązania, precyzyjnie odpowiadające poleceniom zawartym w zadaniach”. Czasownik „oblicz” wymaga od zdającego przedstawienia – w sposób zrozumiały dla osoby czytającej rozwiązanie – toku rozumowania prowadzącego od wielkości podanych w treści zadania do wielkości szukanej określonej w poleceniu. Polecenie w tym zadaniu wskazywało na konieczność ustalenia wzorów elementarnego i rzeczywistego na podstawie odpowiednich obliczeń.

Rozwiązanie zaprezentowane jako przykład 23. zostało ocenione na 3 punkty. Piszący – na podstawie obliczeń, a więc zgodnie z poleceniem – ustalił wzór sumaryczny związków, ale nie napisał jego wzoru elementarnego. Brak wzoru elementarnego oznacza brak pełnej realizacji polecenia, za co – zgodnie z zasadami oceniania – nie można otrzymać kompletu punktów. Rozwiązanie takie jak przedstawione w przykładzie 23. nie zawiera błędów merytorycznych, ale jest niepełne.



## Przykład 23.

$36 \text{ cm}^3 = 0,036 \text{ dm}^3$   
 $27 \text{ mg} = 0,027 \text{ g}$   
 $45 \text{ mg} = 0,045 \text{ g}$

Obliczenia:  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
 $0,0005 \text{ mol} \quad \quad \quad 0,0015 \text{ mol} \quad \quad 0,0015 \text{ mol}$   
 $1 \quad \quad \quad 3 \quad \quad 3$

$PV = nRT$   
 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293} = 0,0015 \text{ mol CO}_2$   
 $n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,027}{18} = 0,0015 \text{ mol}$   
 $n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z} = \frac{0,045}{90} = 0,0005 \text{ mol}$

$1 \text{ mol C}_x\text{H}_y\text{O}_z - 3 \text{ mol CO}_2$   
 $x = 3$   
 $1 \text{ mol C}_x\text{H}_y\text{O}_z - 3 \text{ mole H}_2\text{O}$   
 $y = 2 \cdot 3 = 6$   
 ~~$z = 3$~~   $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

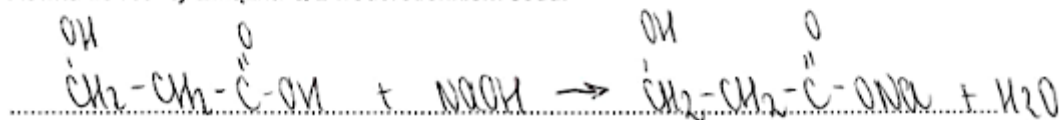
~~Wzór sumaryczny związku X:~~  
 $3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 \cdot 3 = 90$   
 $42 + 16z = 90$   
 $16z = 48$   
 $z = 3$   
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

$\text{H}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$  (X)  
 $\text{H}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  (Y)  
 $\text{H}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  (Q)

Wzór sumaryczny związków:

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O}$ $\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}$	$\text{OH} \quad \text{O}$ $\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{OH}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Od zdających egzamin maturalny, zgodnie z wymogami podstawy programowej (wymaganiami egzaminacyjnymi) oczekuje się znajomości różnicy pomiędzy wzorami elementarnymi i rzeczywistymi. Błędny wzór elementarny, pokazujący nieznaną jego definicji, to jeszcze jeden typowy błąd, który popełniali liczni maturzyści w zadaniu 25. Reprezentatywny przypadek pokazuje przykład 24. Wzór  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  napisany w analizowanym rozwiązaniu nie jest wzorem elementarnym. Zgodnie z definicją, wzorem elementarnym jest wzór chemiczny, który określa tylko rodzaj i stosunek ilościowy pierwiastków tworzących dany związek, nie podaje natomiast rzeczywistego składu atomowego cząsteczki. Rzeczywiste liczby atomów tworzących cząsteczkę (tzw. wzór rzeczywisty) są wielokrotnością liczby atomów występujących we wzorze elementarnym. We wzorze elementarnym indeksy stechiometryczne mają pozostawać zatem w stosunku najprostszych liczb całkowitych. Napisany przez maturzystę wzór  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  można by uznać za elementarny, gdyby zdefiniowano przy nim wartość indeksu  $n$  i napisano, że  $n = 1$ . Bez takiego doprecyzowania można by uznać, że istnieje nieskończenie wiele wzorów elementarnych (dowolna wartość  $n$ ), co jest oczywistą nieprawdą.



## Przykład 24.

Obliczenia:

$$C_x H_y O_z + x + \frac{y}{4} O_2 \rightarrow x CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

$M_{CO_2} = 44 \text{ g/mol}$

$45 \text{ mg} \qquad \qquad \qquad 38 \text{ cm}^3 \qquad \qquad \qquad 27 \text{ mg} = 0,027 \text{ g}$

$$pV = nRT$$

$$n_{CO_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{1013 \text{ hPa} \cdot 0,038 \text{ dm}^3}{83,14 \text{ hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293 \text{ K}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = n_C$$

$$m_C = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 12 \text{ g/mol} = 0,018 \text{ g}$$

$$n_{H_2O} = \frac{0,027 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \qquad n_{H^+} = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 1 \text{ g/mol} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$m_O = 45 \cdot 10^{-3} \text{ g} - 0,018 \text{ g} - 3 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0,024 \text{ g}$$


$$n_O = \frac{0,024 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \qquad n = \frac{50 \text{ g/mol}}{(12+2+16) \text{ g/mol}} = 3$$

$$\frac{n_C}{1,5 \cdot 10^{-3}} : \frac{n_H}{3 \cdot 10^{-3}} : \frac{n_O}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1 : 2 : 1$$

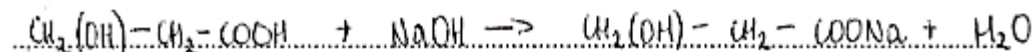
$C_3 H_6 O_3$  sumaryczny

$(CH_2O)_n$  - elementarny

Wzór sumaryczny związków:  $C_3 H_6 O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
 $\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Jeszcze inną, wartość przytoczenia, jest zaprezentowana w przykładzie 25. odpowiedź, za którą piszący otrzymał 3 punkty. W przywołanym rozwiązaniu również brak wzoru elementarnego, ale warto uwagi jest umiejętność połączenia obliczeń (liczby moli atomów węgla i liczby moli cząsteczek wody, bezpośrednio związanej z liczbą moli atomów wodoru) z wnioskami wynikającymi z treści prezentowanych w informacji wprowadzającej.

## Przykład 25.

Obliczenia:  $M = 90$

$$1013 \cdot 0,036 = n \cdot 83,14 \cdot 293 \quad n = 0,0015$$

$$A + O_2 \rightarrow 3H_2O + 3CO_2$$

45mg 27mg 0,045 = 0,027

Powinno 3CO<sub>2</sub> związku zawierają 3 atomy węgla

$$\frac{0,045 - 0,0015}{90 - x} \quad \frac{90 - x}{1}$$

$$x = 3 \text{ mole} \quad x = 54g$$

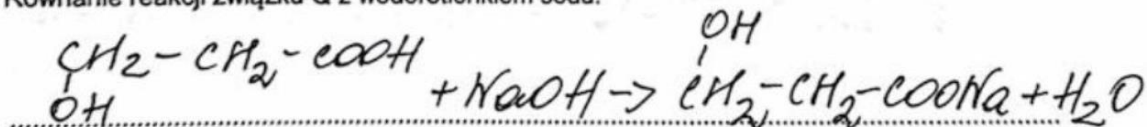
$$\frac{54g}{18g/mol} = 3 \text{ mole}$$

Skoro po oparciu cząsteczki to X musi być aldehydem a skoro bez ograniczeń to musi być alkoholem polihydroksylowym, który posiada grupy -OH przy sąsiednich atomach węgla

Wzór sumaryczny związków:  $C_3H_6O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\   \quad   \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Trzy punkty za rozwiązanie zadania 25. otrzymało około 8,5% wszystkich zdających. Mniej liczną grupę stanowili maturzyści, których rozwiązania egzaminatorzy ocenili na 2 punkty (823 zdających) i 1 punkt (513 zdających) – co stanowi 6,5% ogółu pracujących z arkuszem. Kilka takich rozwiązań ocenionych na 2 lub 1 punkt pokazano poniżej. I tak, przykład 26. (rozwiązanie ocenione na 2 punkty) pokazuje odpowiedź, w której osoba zdająca poprawnie ustaliła wzór sumaryczny związków, ale nie napisała ich wzoru elementarnego. Dodatkowo błędnie napisała równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu – zamiast stechiometrii 1 : 1 piszący zastosował stechiometrię 1 : 2, pomijając fakt braku reaktywności grupy alkoholowej z wodorotlenkiem sodu.

## Przykład 26.

Obliczenia:

$$C_x H_y O_z + (x + \frac{y}{2} - z) O_2 \rightarrow x CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

$90g$        $x \cdot 24,047 dm^3$        $18g$   
 $0,045g$        $36,0 cm^3$        $0,027g$   
                   $0,036 dm^3$

$T = 293K$   
 $p = 1013 hPa$   
 $R = 83,14$   
 $n = 1$

$pV = nRT$   
 $V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \cdot 83,14 \cdot 293}{1013} = 24,047 dm^3$

$90g$  związku -  $24,047 \times dm^3$   
 $0,045 - 0,036$   
 $3pH = 1,082 \times$   
 $x = 2,99 \approx 3$   
 ↓  
 w związku są 3 atomy C

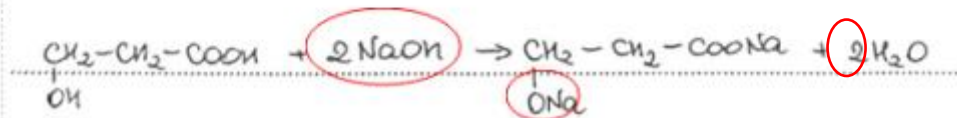
$90g$  związku -  $\frac{y}{2} \cdot 18g H_2O$   
 $0,045 - 0,027$   
 $2,43 = 0,405y$   
 $y = 6 \Rightarrow$  w związku jest 6 atomów H

$M_{x,y,z} = 90 g/mol = 6 \cdot 1 + 3 \cdot 12 + z \cdot 16 \parallel 90 = 42 + 16z \parallel 16z = 48$   
 $z = 3 \Rightarrow$  w związku są 3 atomy O

Wzór sumaryczny związków:  $C_3H_6O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} CH_2 - CH - C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array} \\   \quad   \\ OH \quad OH \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 - CH - COOH \\   \\ OH \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Przykład 27. to rozwiązanie, które oceniono na 2 punkty. W tym przykładzie także brak wzoru elementarnego, ale tym razem, w drugiej części zadania, niezgodnie z poleceniem, zdający napisał równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem potasu, a nie z wodorotlenkiem sodu.

Przykład 27.

Obliczenia:  $C_x H_y O_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

$pV = nRT$

$1013 \cdot 0,036 = 83,14 \cdot 293$

$n = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293} = 1,497 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$36 \text{ cm}^3 = 0,036 \text{ dm}^3$

$n_H = 2n_{H_2O} = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3}$

$10^{-3} \cdot 45 \text{ g} - 3 \cdot 10^{-3}$

$45 \cdot 10^{-3} \text{ g} - 1,497 \cdot 10^{-3} \text{ mol C}$

$90 \text{ g} - x$

$x = 2,994 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx 3$

$27 \cdot 10^{-3} - y$

$18 \text{ g} - 1 \text{ mol}$

$y = \frac{27 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{18} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

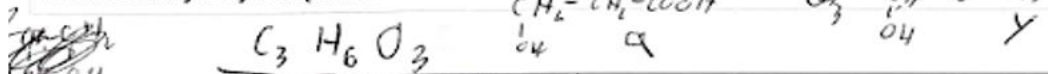
$z = 6$

$3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 42$

$90 - 42 = 48$

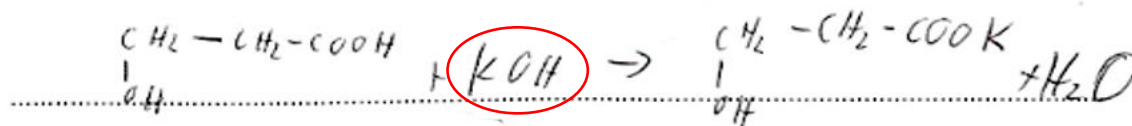
$n_O = \frac{48}{16} = 3$

Wzór sumaryczny związków:



Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{matrix} CH_2 - CH - CHO \\   \quad   \\ OH \quad OH \end{matrix}$	$\begin{matrix} CH_3 - CH - COOH \\   \quad   \\ OH \quad OH \end{matrix}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Zdający zapominali także o bilansie masy, co pokazano w przykładzie 28. Za to rozwiązanie przyznano 2 punkty. Maturzysta nie napisał bowiem wzoru elementarnego związków, a w równaniu reakcji zapomniiał o wodzie – drugim produkcie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu.



## Przykład 28.

Obliczenia:

$$C_x H_y O_z + O_2 \rightarrow X CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

$\begin{matrix} 45 \text{ mg} \\ 90 \text{ g} \end{matrix}$ 
 $\begin{matrix} 36 \text{ cm}^3 \\ \end{matrix}$ 
 $\begin{matrix} 27 \text{ mg} \\ \end{matrix}$

$$n_{H_2O} = \frac{0,027}{18} = 0,0015 \text{ mol}$$

$$n_{CO_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,1 \cdot 293} = \frac{36,468}{24348,3} = 0,0015 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} : n_{CO_2} = 1 : 1 \rightarrow n_H : n_C = 2 : 1$$

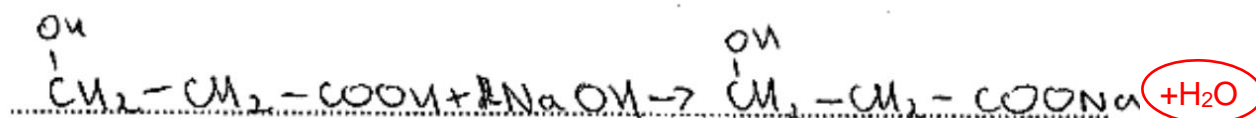
$$n_{C_x H_y O_z} = \frac{0,045}{90} = 0,0005 = 3 \cdot n_C = 6 \cdot n_H$$

$$90 \text{ g} = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16x \quad 48 = 16x \quad x = 3$$

Wzór sumaryczny związków:  $C_3 H_6 O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Rozwiązujący zadanie 25. popełniali też błędy związane z zapisem wzorów związków organicznych. Ilustracją takiego rozwiązania – ocenionego na 1 punkt – jest przykład 29. Osoba zdająca w części pierwszej nie napisała wzoru elementarnego opisanych związków. W części drugiej napisała niepoprawny wzór półstrukturalny związku X i niepoprawny wzór związku Q w równaniu reakcji z wodorotlenkiem sodu. Wzory związków X i Q zawierają fragment: „CH<sub>2</sub>OH–”, który sugeruje istnienie wiązania między atomem węgla i atomem

wodoru z grupy hydroksylowej. Zgodnie z *Ogólnymi zasadami oceniania* (w części dotyczącej notacji chemicznej) jest to zapis nieprawidłowy. W tym zapisie, aby był poprawny grupa hydroksylowa powinna być wzięta w nawias  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}_2\text{-COOH}$ .

### Przykład 29.

Obliczenia:

$$12 \cdot 3 + 6 + 16 \cdot 3 = 90 \checkmark$$

$$12x + 1y + 16z = 90$$

$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

z mińców doświadczenia musi być minimum 3 tleny w związku  
+ związek posiadający grupę  $\text{C}=\text{O}$  i  $\text{OH}$   $\Downarrow$  3 węgle

$$16 \cdot 3 = 48 \quad 12x + y = 42$$

95 ml - 0,045 g  
0,045 g - ? mol  $\Rightarrow$  0,0005 mola

90 - 1  $\setminus$  1-3

27 mg  $\text{H}_2\text{O}$  0,0015 g  $\Rightarrow$  0,0015 mola  $\setminus$  1 mol - 6 moli H w związku

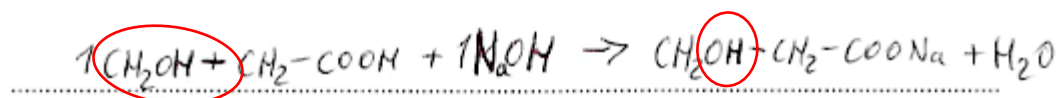
18 g - 1 mol  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

$pV = n \cdot RT \quad \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293} = n \cdot \text{CO}_2 \quad n \approx 1,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$  1 mol - 3 mole  $\text{C}$

Wzór sumaryczny związków:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\text{CH}_2\text{OH}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{H}$	$\text{CH}_3-\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{OH}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Najliczniejsza grupa zdających (blisko 80% wszystkich rozwiązujących arkusz maturalny z chemii) za zadanie 25. nie otrzymała punktów. W tej grupie były osoby, które nie podjęły próby rozwiązania zadania problemowego i w wyniku tego otrzymały za zadanie 0 pkt,

jednak dominującą część grupy stanowili ci, którzy zastosowali niepoprawną metodę rozwiązania. Taką sytuację ilustruje przykład 30.

Przykład 30.

Obliczenia:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_{CO_2} = \frac{1013 \text{ hPa} \cdot 0,056 \text{ dm}^3}{83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293 \text{ K}} = \frac{56,468}{24360,02} = 0,0015 \text{ mola}$$

② Związek  $CO_2$   
 $0,045 \text{ g} \cdot x = 0,0015 \text{ mola} \cdot 44 \text{ g/mol}$   
 $x = 30 \text{ g/mol}$

③ Związek  $CO_2$   
 $30 \text{ g} \cdot x = 1 \text{ mola} \cdot 44 \text{ g/mol}$   
 $x = 5 \text{ mola}$

④ Związek  $H_2O$   
 $0,045 \text{ g} \cdot y = 0,0015 \text{ mola} \cdot 18 \text{ g/mol}$   
 $y = 3 \text{ mola}$

⑤ Związek spalony  $\rightarrow 3 CO_2 + 3 H_2O$   
 3 at. C, 3 at. O

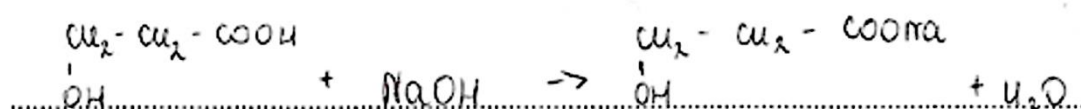
3 · 12 = 36 g  
 30 · 64 = 192 g  $\rightarrow$  6 at. H

$C_3H_6O_3$

Wzór sumaryczny związków:  $C_3H_6O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} \\   \quad   \quad // \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O} \end{array}$	

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Analiza rozwiązania przedstawionego w przykładzie 30. wskazuje, że osoba zdająca ustaliła wzór sumaryczny w pięciu krokach. Poprawnie obliczyła w kroku pierwszym liczbę moli  $CO_2$  i w krokach drugim i trzecim liczbę moli atomów węgla w związkach organicznych. W kroku czwartym ustaliła, że z 1 mola związku organicznego powstaną 3 cząsteczki wody (powinna

napisać 3 mole) i na tej podstawie w kroku piątym wywnioskowała i napisała, że w cząsteczce związku chemicznego są 3 atomy tlenu. I w tym momencie popełniła błąd metody, ponieważ w równaniu reakcji spalania związku organicznego tlen w produktach ( $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ) pochodzi nie tylko ze związku organicznego, ale także jest dostarczany jako substrat reakcji spalania.

Zgodnie z *Ogólnymi zasadami oceniania* w części dotyczącej zadań rachunkowych „poprawność wykonania obliczeń i wynik są oceniane pozytywnie tylko wtedy, gdy została zastosowana poprawna metoda rozwiązania. Ta sama zasada odnosi się do części obliczeniowej, która jest elementem zadania problemowego. Oznacza to, że maksymalną liczbę punktów zdający uzyskuje tylko za taką odpowiedź, na podstawie której można ocenić poprawność jego toku rozumowania. Nieprzedstawienie toku rozumowania skutkuje utratą punktów nawet wtedy, gdy zdający podał poprawne wyniki pośrednie i wynik końcowy”. W rozwiązaniu, przedstawionym jako przykład 31. osoba zdająca obliczyła tylko liczbę moli tlenku węgla(IV), która powstała w wyniku spalania jednego ze związków i nie przedstawiła, na jakiej podstawie ustaliła liczbę atomów węgla, tlenu i wodoru we wzorze sumarycznym cząsteczki. Jej rozwiązanie zostało ocenione na 0 punktów, zgodnie ze wspomnianą już wcześniej uwagą 1., którą można znaleźć w zasadach oceniania tego zadania. Nie ma przy tym znaczenia, czy wzory związków X i Y oraz równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu są poprawne. Analogiczną odpowiedź – w której nie można doszukać się poprawnej metody rozwiązania części rachunkowej zadania – przedstawia przykład 32.

### Przykład 31.

~~X - etanol~~                      Y - kwas karboksy

Obliczenia:

$$\text{C} - \underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$$

$$pV = nRT$$

$$p = 1013 \text{ hPa}$$

$$T = 293 \text{ K}$$

$$R = 83,14$$

$$V = 36 \text{ cm}^3 = 0,036 \text{ dm}^3$$

$$1013 \cdot 0,036 = n \cdot 83,14 \cdot 293$$

$$n = \frac{361,488}{24360,02} = 1,5 \cdot 10^{-3} = \underline{0,0015 \text{ mola}}$$

$$\text{C} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$$

$$\text{C} - \overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\underset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$$

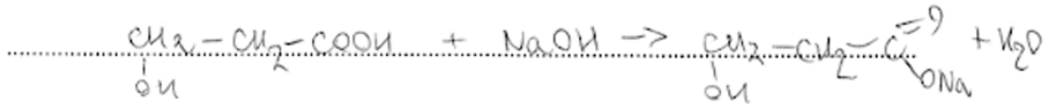
$$M = 12 \cdot 3 + 16 \cdot 3 + 6 = 90$$

Wzór sumaryczny związków:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$



Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Przykład 32.

Obliczenia:

$45 \text{ mg}$   
 $90 \text{ g/mol}$

$Z + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 $30 \text{ g/mol} \quad 2 \cdot 18 \text{ g/mol}$

$T = 293 \text{ K}$   
 $p = 1013 \text{ hPa}$

$pV = nRT$   
 $n = \frac{pV}{RT}$   
 $n = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293} = 0,0015 \text{ mol}$

$1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g}$   
 $0,07 \text{ mol} = x_1$   
 $x_1 = 3,08$

$1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g}$   
 $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = x_1$   
 $x_1 = 0,044 \text{ g}$

$0,045 \text{ g Z} - 0,044 \text{ g CO}_2 = x_2 = 0,001 \text{ g}$   
 $30 \text{ g Z} - x_2$

$44 \text{ g CO}_2 = 12 \text{ g C}$   
 $3,3 \text{ g CO}_2 = x_3$   
 $x_3 = 24 \text{ g C}$

$Z: \text{C}_2 \text{H}_4 \text{O}_2$   
 $\text{C}_3 \text{H}_6 \text{O}_3$

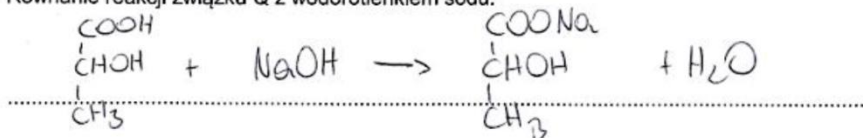
$12 \cdot 3 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 90$

NZÓR OGÓLNY TYCH ZW.  
 $\text{C}_3 \text{H}_6 \text{O}_3 / \text{C}_3(\text{H}_2\text{O})_3$

Wzór sumaryczny związków:

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Zdarzały się, choć raczej rzadko, też takie rozwiązania, które oceniono na 0 punktów, pomimo, że zdający przedstawił poprawne powiązanie danych z wielkością szukaną. Ilustracją takiego rozwiązania jest przykład 33. Osoba zdająca użyła do obliczeń błędnej masy molowej wody – a zgodnie z *Ogólnymi zasadami oceniania*: „Użycie w obliczeniach błędnej wartości masy molowej uznaje się za błąd metody, chyba że zdający przedstawił sposób jej obliczenia – zgodny ze stechiometrią wzoru – jednoznacznie wskazujący na błąd wyłącznie rachunkowy.”

Przykład 33.

Obliczenia:

$$O_2 + C_xH_2O_y \rightarrow CO_2 + H_2O$$

$M = 90 \text{ g/mol}$   
 $m = 0,045 \text{ g}$   
 $m_{H_2O} = 0,027 \text{ g}$   
 $V_{CO_2} = 0,036 \text{ dm}^3$   
 $n_{CO_2} \downarrow$

$1013 \cdot 0,036 = n \cdot 293 \cdot 8314$  (nie to jest  $H_2$  w 1 molu związku)  
 $36,468 = 24360,02n$   
 $n = 1,5 \cdot 10^{-3}$

ile C jest w 1 molu  
 $0,045 - 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 90 = x$   
 $x = 3 \text{ mole}$

$M_{H_2O} = 17 \text{ g}$  (nie to mole)  
 $n = \frac{0,027}{17} = 1,59 \cdot 10^{-3}$   
 $0,045 - 1,59 \cdot 10^{-3} \cdot 90 = x$   
 $x = 3 \text{ mole}$

6 mole  $H_2O$   
 i 3 mole  $O$

Wzór sumaryczny  $C_3H_6O_3$

Wzór sumaryczny związków:  $C_3H_6O_3$

Wzór półstrukturalny związku X	Wzór półstrukturalny związku Y
$\begin{array}{c} CH_2 - CH - CH_2 \\   \quad   \\ OH \quad OH \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 - CH - COOH \\   \\ OH \end{array}$

Równanie reakcji związku Q z wodorotlenkiem sodu:



Należy zwrócić uwagę na jeszcze jeden element pojawiający się w pracach zdających – brak czytelności zapisu. Przykład 34. przedstawia rozwiązanie, w którym piszący podejmuje próbę rozwiązania zadania 25., ale chaos w tworzeniu odpowiedzi i brak czytelności w zapisie spowodowały, że nie doprowadził pracy do końca i uzyskał 0 punktów za to zadanie.

Przykład 34.

$X_1Y_1Z$  - izomer  $C_aH_bO_c$

Obliczenia:  $M = 90 \text{ g/mol}$   $M = 12a + b + 16c = 90$

$5 \cdot 10^{-4} \text{ mola}$   $0,0015 \text{ mol}$   $(0,0015 \text{ mol})$

$C_aH_bO_c + O_2 \rightarrow \frac{b}{2} H_2O + aCO_2$

$27 \text{ mg}$   $36 \text{ cm}^3$

$0,015 \text{ g}$   $(T = 293 \text{ K}$

$18000 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol}$   $p = 1013 \text{ hPa}$ )

$27 \text{ mg} \rightarrow x$   $M_{O_2} = \frac{2a + \frac{b}{2} \cdot c}{2}$

$x = 0,0015 \text{ mola}$   $PV = nRT$

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1013 \cdot 0,036}{83,14 \cdot 293} \approx 1,5 \cdot 10^{-3}$

$= 0,0015 \text{ mola } CO_2$

$0,0015 + 0,0015 - c = 0,0015$

$0,003 + 0,0015 - c = 0,003$

$-c = -0,0015$

$c = 0,0015$

$90 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol}$

$45 \text{ mg} \rightarrow x$

$x = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mola}$

Wzór sumaryczny związków  $C_aH_bO_c$

Podczas tegorocznego egzaminu część zdających rozwiązała zadanie problemowe bezbłędnie, otrzymując za nie komplet punktów. Ich odpowiedzi i rozwiązania cechowały się prostotą, były przejrzyste, spójne logicznie i poprawne merytorycznie. Maturzyści ci pamiętali o poleceniu do zadania i zrealizowali je całkowicie: na podstawie obliczeń ustalali oba wzory (elementarny i sumaryczny) związków, a następnie, na podstawie analizy opisu budowy i fotografii przedstawiających wyniki doświadczenia, ustalali wzory izomerów X i Y oraz napisali równanie reakcji izomeru Q z wodorotlenkiem sodu.

Duża liczba prac zawierała jednak w rozwiązaniach liczne uchybienia i niedoskonałości lub osoby zdające nie uzyskały za swoje rozwiązanie punktów, gdyż nie podjęły próby rozwiązania zadania.

Polecenie do zadania zostało sformułowane w taki sposób, że każdy maturzysta mógł się zorientować – już na poziomie analizy polecenia („Na podstawie obliczeń ustal [...]”) – że pierwszym etapem rozwiązania problemu, jest część rachunkowa taka, z którą maturzysta z pewnością spotkał się w czasie swojej edukacji szkolnej przy rozwiązywaniu zadań obliczeniowych. Ta część zadania, będąca elementem zadania problemowego, mogłaby istnieć samodzielnie w arkuszu i byłaby z pewnością oceniana na 2 punkty. Może właśnie to, że pierwsza część narzuca niejako obliczeniowy charakter całego zadania, jest przyczyną, w której należy doszukiwać się odpowiedzi na pytanie, dlaczego tak znaczna liczba zdających nie podjęła próby rozwiązania zadania 25. Jak wspomniano już wcześniej, poprawne rozwiązanie zadań rachunkowych jest problemem złożonym. Wymaga integracji zarówno wiedzy chemicznej, jak i narzędzi matematycznych. Dopiero staranna i przemyślana selekcja, umiejętne wykorzystanie odpowiednich elementów wiedzy chemicznej i właściwe użycie narzędzi matematycznych oraz pełna kontrola obu elementów na każdym etapie rozwiązania jest gwarantem sukcesu – poprawnego rozwiązania zadania.

Analiza wielu rozwiązań zdających potwierdza to przypuszczenie. Okazuje się, że druga część zadania, związana z ustaleniem wzorów półstrukturalnych związków oraz napisaniem równania reakcji była dla maturzystów znacznie łatwiejsza. Nie oznacza to, że i w tej części osoby zdające nie popełniały błędów, ale nie były one tak liczne, jak błędy związane z częścią obliczeniową zadania.

Analiza rozwiązań prowadzi jeszcze do jednego wniosku o charakterze ogólnym. Wydaje się, że nie wszyscy maturzyści przywiązują uwagę do treści polecenia zadania, które przecież w sposób precyzyjny informuje, czego oczekuje się od zdającego. Wielu maturzystów straciło 1 punkt, gdyż nie napisało wzoru elementarnego związków, co było wymaganym elementem zadania wskazanym w poleceniu.

Szczegółowa analiza rozwiązań zadania problemowego ujawnia w pracach zdających niemal identyczne problemy, z którymi borykają się (każdego roku) maturzyści podczas pracy z arkuszem egzaminacyjnym. Zdający mają trudności z rozwiązywaniem zadań wieloetapowych, które wymagają wykorzystania różnych informacji i powiązania kilku elementów.



## Wnioski i rekomendacje

Do tegorocznego egzaminu maturalnego z chemii przystąpiło nieco ponad dwadzieścia i pół tysiąca maturzystów. Poziom merytoryczny prezentowanych odpowiedzi był zróżnicowany. Prace części zdających były bardzo dobrze napisane, zamieszczone w nich odpowiedzi były przejrzyste, spójne logicznie, trafne i poprawne merytorycznie. Pojawiające się w tych pracach błędy wynikały najczęściej z nieuwagi lub braku szczegółowej analizy warunków zadania.

Duża grupa zdających pobieżnie analizowała treści zadań, niedokładnie czytała informacje i polecenia oraz formułowała odpowiedzi nie na temat. Często pojawiały się niepotrzebne, dodatkowe komentarze i wyjaśnienia niepoprawne merytorycznie. Przyczyną nieprzyznania przez egzaminatora punktów było też nieumiejętne konstruowanie logicznej odpowiedzi, brak staranności i precyzji przy zapisie rozwiązania problemu, niestaranne zapisywanie wzorów i równań reakcji. Ponad połowa zdających uzyskała za rozwiązanie zadań w arkuszu 20 punktów lub mniej. Wprawdzie piszący z tego grona podejmowali próby rozwiązania większości zadań w arkuszu, ale popełniali liczne błędy.

Analiza popełnionych błędów pozwala stwierdzić, że liczna grupa maturzystów:

- miała trudności z dokonaniem właściwej analizy informacji opisujących dany proces lub zjawisko
- nie dostrzegała zależności między prezentowanymi faktami i nie umiała zastosować podanych informacji do rozwiązania problemu, w tym problemu obliczeniowego
- 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 kłopoty z zapisaniem nawet prostych równań reakcji chemicznych
- nie potrafiła sformułować logicznie uporządkowanej odpowiedzi, w tym logicznie uzasadnić swojej oceny
- w swoich odpowiedziach nie uwzględniała wszystkich elementów, których wymagało polecenie
- miała duże trudności w posługiwaniu się całością zdobytej wiedzy chemicznej
- nie mieli nawyku precyzyjnego zapisywania wykonywanych przekształceń, co prowadziło do błędnych rozwiązań.

W trakcie nauki oraz przygotowania do egzaminu maturalnego warto poświęcić czas na ćwiczenie umiejętności formułowania wypowiedzi, dobierania argumentów, dostrzegania zależności przyczynowo-skutkowych. Niezbędną umiejętnością jest także biegłe posługiwanie się językiem symboli, wzorów i równań chemicznych oraz językiem wyrażen matematycznych. Bardzo ważna jest nieustanna dbałość o rozumienie przez uczniów sensu formułowanych stwierdzeń, wielkości i pojęć, którymi się posługują, oraz dbałość o umiejętność oceny poprawności własnych sądów. Koniecznym jest też ćwiczenie biegłości rachunkowej – oraz zdolności oceny, czy uzyskany wynik jest prawdopodobny i ma sens

fizyczny. Analiza odpowiedzi i rozwiązań maturzystów, za które nie uzyskali oni maksymalnej liczby punktów, prowadzi do wniosku, że część opisanych błędów jest skutkiem rozwiązania bardzo dużej liczby zadań i przykładów bez czasu na refleksję o celu podejmowanych działań, znaczeniu stosowanych pojęć oraz o sensie wykorzystywanych praw. Refleksja taka jest konieczna, ponieważ pozwala ona na pogłębienie znajomości przedmiotu i lepsze rozumienie otaczającego świata.