



**Sprawozdanie**  
**z egzaminu maturalnego 2014**  
**- województwo dolnośląskie**

**CHEMIA**

**Opracowanie**

Aleksandra Grabowska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Joanna Toczko (Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie)  
Małgorzata Wałęsa (Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu)

**Opieka merytoryczna**

dr Marcin Smolik (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
dr Wioletta Kozak (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Opracowanie techniczne**

Bartosz Kowalewski (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Współpraca**

Beata Dobrosielska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Agata Wiśniewska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Wydział Badań i Analiz Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej we Wrocławiu

**Centralna Komisja Egzaminacyjna**

ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa  
tel. 022 536 65 00, fax 022 536 65 04  
e-mail: ckesekr@cke.edu.pl  
[www.cke.edu.pl](http://www.cke.edu.pl)

**Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu**

ul. Tadeusza Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław  
tel. 71-785-18-52, fax 71-785-18-66  
e-mail: sekretariat@oke.wroc.pl  
[www.oke.wroc.pl](http://www.oke.wroc.pl)

## Poziom podstawowy

### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z chemii na poziomie podstawowym składał się z trzydziestu zadań, spośród których 24 były zadaniami otwartymi, a 6 – zadaniami zamkniętymi typu prawda-falsz lub na dobieranie; 4 zadania złożone były z dwóch podpunktów. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w trzech obszarach: wiadomości i rozumienia (16 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 25 punktów), korzystania z informacji (8 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 16 punktów) oraz tworzenia informacji (6 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 9 punktów). Do większości zadań dołączony był materiał źródłowy w formie tekstu, tabeli, rysunku, wzorów chemicznych, schematu układu okresowego pierwiastków, schematu przemian chemicznych lub schematu przebiegu doświadczenia. Zadania występowały pojedynczo albo w wiązkach tematycznych skupionych wokół wspólnego materiału źródłowego. Za rozwiązanie wszystkich zadań zdający mógł otrzymać 50 punktów.

### 2. Dane dotyczące populacji zdających

Tabela 1. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym

Liczba zdających		519
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu w wersji standardowej	z liceów ogólnokształcących	446
	z liceów profilowanych	6
	z techników	66
	z liceów uzupełniających	
	z techników uzupełniających	1
	ze szkół publicznych	503
	ze szkół niepublicznych	16
	ze szkół na wsi	11
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	106
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	201
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	201
	kobiety	327
	mężczyźni	192

Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

Tabela 2. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach w wersji dostosowanej	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	1
	słabowidzący	0
	niewidomi	0
	słabosłyszący	0
	nieśłyszący	0
	<b>Ogółem</b>	<b>1</b>

Do egzaminu przystąpili również absolwenci z lat ubiegłych, którzy dotychczas nie uzyskali świadectwa dojrzałości, oraz tacy, którzy uzyskali świadectwo dojrzałości we wcześniejszych latach, a w maju 2014 r. przystąpili ponownie do egzaminu maturalnego w celu podwyższenia wyniku egzaminacyjnego albo uzyskania wyniku z chemii jako nowego przedmiotu dodatkowego.

### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 3. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

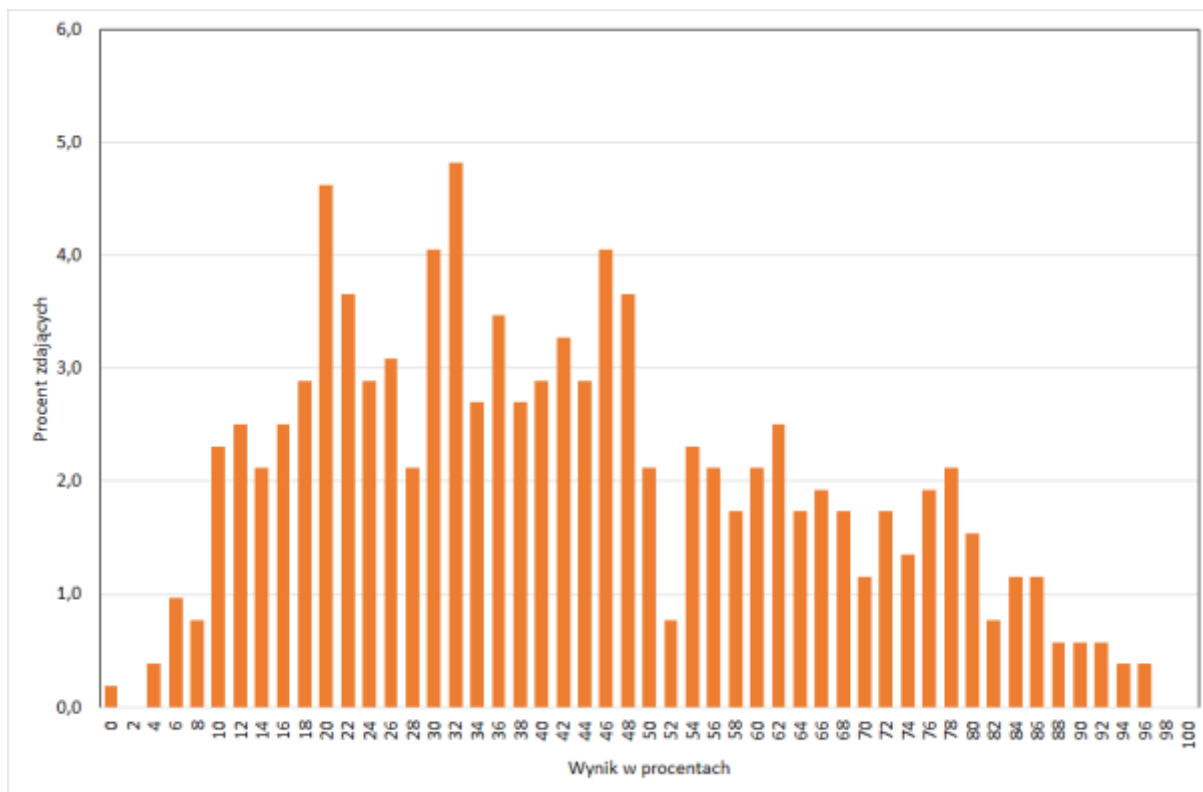
Termin egzaminu		16 maja 2014 r.	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		120 minut	
Liczba szkół		150	
Liczba zespołów egzaminatorów*		4	
Liczba egzaminatorów*		92	
Liczba obserwatorów <sup>1</sup> (§ 143)		1	
Liczba unieważnień <sup>1</sup>	w przypadku:		
	§ 99 ust. 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
		wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	0
		zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu części egzaminu w sposób utrudniający pracę pozostałym zdającym	0
	§ 99 ust. 2	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	
§ 146 ust. 3	stwierdzenia naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	0	
Liczba wglądów <sup>1</sup> (§ 107)		2	

\* Dane dotyczą obu poziomów egzaminu (podstawowego i rozszerzonego) łącznie.

<sup>1</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków i sposobu oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (Dz.U. nr 83, poz. 562, ze zm.)

#### 4. Podstawowe dane statystyczne

##### Wyniki zdających



Wykres 1. Rozkład wyników zdających

Tabela 4. Wyniki zdających – parametry statystyczne

Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
519	0	96	40	32	42,7	22,2

Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

## Poziom wykonania zadań

Tabela 5. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Obszar standardów	Sprawdzana umiejętność	Poziom wykonania zadania (%)
1.	Wiadomości i rozumienie	Znajomość i rozumienie pojęć związanych z budową atomu i układem okresowym pierwiastków	37
2.	Wiadomości i rozumienie	Podanie typowych właściwości chemicznych wymienionych pierwiastków	53
3a	Wiadomości i rozumienie	Określenie na podstawie zapisu ${}^A_Z E$ liczby cząstek elementarnych w atomie i jonie oraz składu jądra atomowego	56
3b	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie konfiguracji elektronowej atomów pierwiastków o $Z = 1 \div 20$	51
4a	Wiadomości i rozumienie	Zastosowanie prawa zachowania masy, prawa zachowania ładunku oraz zasady bilansu elektronowego do uzgodnienia równań reakcji zapisanych cząsteczkowo Zapisanie równań prostych reakcji utleniania-redukcji	56
4b	Wiadomości i rozumienie	Znajomość i rozumienie pojęć: utleniacz, reduktor	55
5.	Korzystanie z informacji	Odczytanie i interpretacja informacji z układu okresowego pierwiastków	78
6.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równania reakcji chemicznej na podstawie słownego opisu przemiany	34
7.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równania reakcji chemicznej na podstawie słownego opisu przemiany	23
8a	Tworzenie informacji	Zaprojektowanie doświadczenia ilustrującego różnice w aktywności metali	60
8b			24
9.	Tworzenie informacji	Analiza, interpretacja, porównanie danych zawartych w tablicach chemicznych i opracowaniach naukowych lub popularnonaukowych	54
10.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie wzorów elektronowych związków kowalencyjnych	42
11.	Korzystanie z informacji	Wykonanie obliczeń związanych ze stężeniem procentowym roztworu – obliczenie masy substancji	34
12.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	83
13.	Wiadomości i rozumienie	Opisanie typowych właściwości substancji chemicznych	82
14.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań reakcji ilustrujących metody otrzymywania kwasów	63
15.	Tworzenie informacji	Wyjaśnienie zależności przyczynowo-skutkowych zachodzących w zakresie podobieństw i różnic we właściwościach pierwiastków, zależności między budową substancji a jej właściwościami oraz przemian chemicznych	35
16.	Korzystanie z informacji	Wykonanie obliczeń chemicznych z zastosowaniem pojęć: mol, masa molowa	25
17a	Korzystanie z informacji	Zapisanie obserwacji wynikających z prezentowanych doświadczeń	25
17b	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równania reakcji chemicznej na podstawie graficznego opisu przemiany	44
18.	Wiadomości i rozumienie	Opisanie typowych właściwości chemicznych tlenków najważniejszych pierwiastków, w tym zachowanie wobec wody Opisanie typowych właściwości wodoroków niemetali, w tym zachowanie wobec wody	47

19.	Wiadomości i rozumienie	Napisanie równań typowych reakcji otrzymywania soli	20
20.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	29
21.	Wiadomości i rozumienie	Narysowanie wzorów izomerów dla węglowodorów zawierających do 6 atomów węgla i wiązania różnej krotności	41
22.	Korzystanie z informacji	Uzupełnienie brakujących danych na podstawie informacji podanych w formie schematów procesów chemicznych	34
23.	Korzystanie z informacji	Wykonanie obliczeń chemicznych z zastosowaniem pojęć: mol, masa molowa i objętość molowa gazów	32
24.	Wiadomości i rozumienie	Posługiwanie się poprawną nomenklaturą jednofunkcyjnych pochodnych węglowodorów (estry)	27
25.	Korzystanie z informacji	Selekcja i analiza informacji podanych w formie schematów procesów chemicznych	19
26.	Wiadomości i rozumienie	Utworzenie wzorów tripeptydów powstających z podanych aminokwasów	13
27.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań reakcji, jakim ulegają pochodne wielofunkcyjne ze względu na posiadanie określonych grup funkcyjnych (najprostsze aminokwasy)	45
28.	Wiadomości i rozumienie	Opisanie typowych właściwości poszczególnych grup węglowodorów	68
29.	Korzystanie z informacji	Obliczenie stężenia molowego roztworu	34
30.	Tworzenie informacji	Sformułowanie wniosku o typie pochodnej na podstawie opisu wyników reakcji identyfikacyjnych	64

## Poziom rozszerzony

### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z chemii na poziomie rozszerzonym składał się z trzydziestu dziewięciu zadań, spośród których 28 było zadaniami otwartymi, a 11 – zadaniami zamkniętymi typu prawda-falsz lub na dobieranie; 4 zadania złożone były z dwóch podpunktów. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w trzech obszarach: wiadomości i rozumienia (15 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 22 punkty), korzystania z informacji (14 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 25 punktów) oraz tworzenia informacji (10 zadań, za których rozwiązanie można było otrzymać łącznie 13 punktów). Do wszystkich zadań dołączony był materiał źródłowy w formie tekstu, tabeli, rysunku, wykresu, wzorów chemicznych, schematu układu okresowego pierwiastków, schematu przemian chemicznych lub schematu przebiegu doświadczenia. Zadania występowały pojedynczo albo w wiązках tematycznych skupionych wokół wspólnego materiału źródłowego. Za rozwiązanie wszystkich zadań zdający mógł otrzymać 60 punktów.

### 2. Dane dotyczące populacji zdających

Tabela 1. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym

Liczba zdających		1 450
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu w wersji standardowej	z liceów ogólnokształcących	1 437
	z liceów profilowanych	3
	z techników	10
	z liceów uzupełniających	0
	z techników uzupełniających	0
	ze szkół publicznych	1 398
	ze szkół niepublicznych	52
	ze szkół na wsi	1
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	121
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	485
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	843
	kobiety	999
	mężczyźni	451

Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 2 osoby – laureatów i finalistów Olimpiady Chemicznej.

Tabela 2. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach w wersji dostosowanej	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	1
	słabowidzący	1
	niewidomi	0
	słabosłyszący	5
	niesłyszący	1
	<b>Ogółem</b>	<b>8</b>

Do egzaminu przystąpili również absolwenci z lat ubiegłych, którzy w maju 2014 r. przystąpili ponownie do egzaminu maturalnego w celu podwyższenia wyniku egzaminacyjnego albo uzyskania wyniku z chemii jako nowego przedmiotu dodatkowego.



### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 3. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

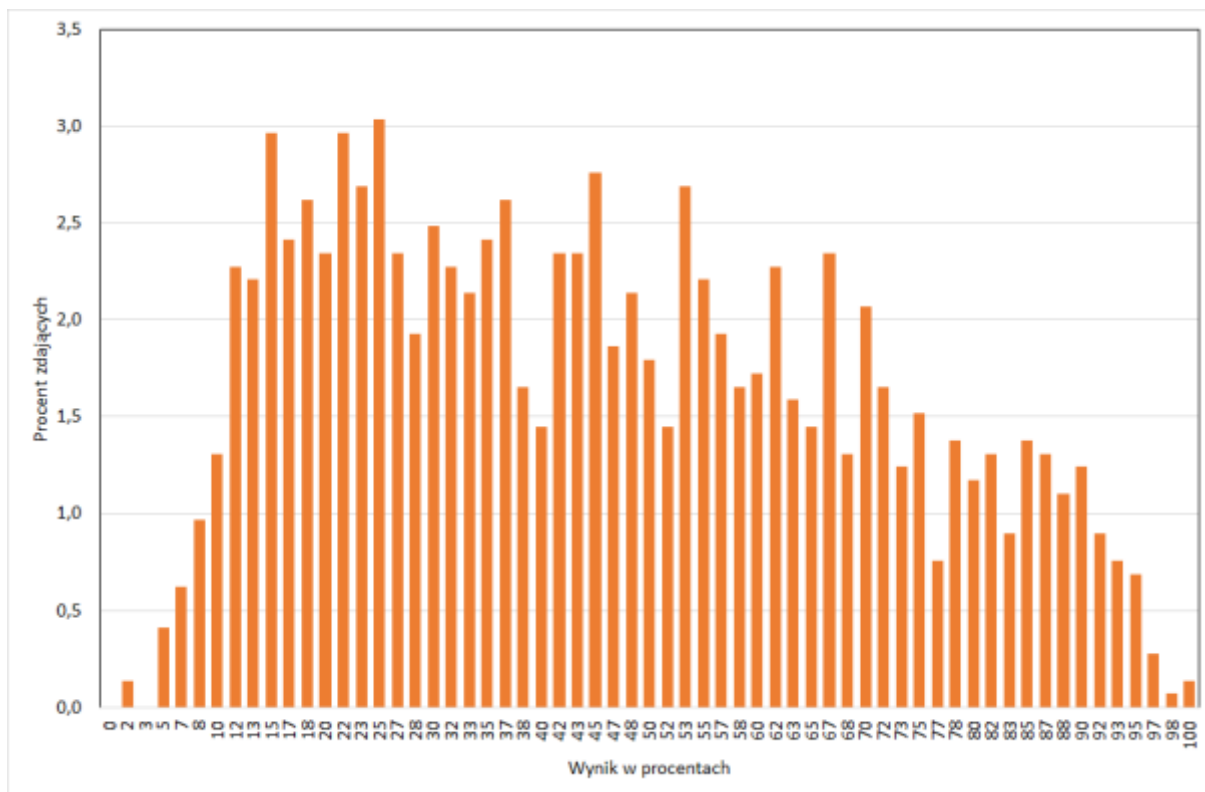
Termin egzaminu		16 maja 2014 r.	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		150 minut	
Liczba szkół		117	
Liczba zespołów egzaminatorów*		4	
Liczba egzaminatorów*		92	
Liczba obserwatorów <sup>1</sup> (§ 143)		3	
Liczba unieważnień <sup>1</sup>	w przypadku:		
	§ 99 ust. 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
		wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	
		zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu części egzaminu w sposób utrudniający pracę pozostałym zdającym	0
	§ 99 ust. 2	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
§ 146 ust. 3	stwierdzenia naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	0	
Liczba wglądów <sup>1</sup> (§ 107)		300	

\* Dane dotyczą obu poziomów egzaminu (podstawowego i rozszerzonego) łącznie.

<sup>1</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków i sposobu oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (Dz.U. nr 83, poz. 562, ze zm.)

#### 4. Podstawowe dane statystyczne

##### Wyniki zdających



Wykres 2. Rozkład wyników zdających

Tabela 4. Wyniki zdających – parametry statystyczne

Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
1450	2	100	43	25	45,5	23,9

Dane w tabeli dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

**Poziom wykonania zadań**

Tabela 5. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Obszar standardów	Sprawdzana umiejętność	Poziom wykonania zadania (%)
1.	Korzystanie z informacji	Odczytanie i interpretacja informacji z układu okresowego pierwiastków	51
2.	Korzystanie z informacji	Odczytanie i interpretacja informacji z układu okresowego pierwiastków	53
3a	Wiadomości i rozumienie	Znajomość i rozumienie pojęć związanych z budową atomu i układem okresowym pierwiastków	6
3b			66
4.	Korzystanie z informacji	Obliczenie średniej masy atomowej pierwiastka na podstawie procentowego składu izotopowego	70
5.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań sztucznych reakcji jądrowych i przewidywanie ich produktów	69
6.	Wiadomości i rozumienie	Określenie pozostałych liczb kwantowych związanych z główną liczbą kwantową $n = 1, 2, 3$ i opisanie stanu elektronu w atomie za pomocą liczb kwantowych	65
7.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równania reakcji chemicznej na podstawie słownego lub graficznego opisu przemiany	16
8.	Korzystanie z informacji	Obliczenie stężenia molowego roztworu	31
9.	Tworzenie informacji	Wyjaśnienie właściwości substancji wynikających ze struktury elektronowej drobin	32
10.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	40
11.	Korzystanie z informacji	Selekcja i analiza informacji podanych w formie tekstów o tematyce chemicznej	62
12.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań reakcji ilustrujących właściwości związków organicznych w zależności od rodzaju grupy funkcyjnej w cząsteczce	29
13.	Korzystanie z informacji	Zastosowanie prawa Hessa do obliczeń efektów energetycznych przemian	63
14.	Wiadomości i rozumienie	Posługiwanie się poprawną nomenklaturą najważniejszych dwufunkcyjnych pochodnych węglowodorów	66
15.	Wiadomości i rozumienie	Narysowanie wzorów izomerów różnego typu dla typowych wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów	72
16.	Tworzenie informacji	Analiza, interpretacja, porównanie danych zawartych w tablicach chemicznych i opracowaniach naukowych lub popularnonaukowych	38
17a	Wiadomości i rozumienie	Zakwalifikowanie przemian chemicznych ze względu na efekty energetyczne (reakcje egzo i endotermiczne)	56
17b	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań reakcji ilustrujących zachowanie kwasów w typowych reakcjach z solami innych kwasów	49
18.	Korzystanie z informacji	Wykonanie obliczeń chemicznych z zastosowaniem pojęć: mol, masa molowa Obliczenie stężenia procentowego roztworu	30
19.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równania reakcji chemicznej na podstawie słownego opisu przemiany	32
20.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie równań reakcji dysocjacji kwasów (z uwzględnieniem dysocjacji wielostopniowej)	52
21.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	52

22.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	41
23.	Wiadomości i rozumienie	Określenie na podstawie różnicy elektroujemności i liczby elektronów walencyjnych atomów łączących się pierwiastków rodzaju wiązania Określenie kształtu prostych cząsteczek związków nieorganicznych i organicznych, wskazanie, które z nich są polarne, a które są niepolarne	65
24.	Korzystanie z informacji	Zapisanie obserwacji wynikających z prezentowanych doświadczeń	38
25.	Wiadomości i rozumienie	Wskazanie utleniacza, reduktora, procesu utleniania i procesu redukcji	58
26.	Wiadomości i rozumienie	Zapisanie w formie równań procesów utlenienia i redukcji	28
27a	Korzystanie z informacji	Uzupełnienie brakujących danych na podstawie informacji podanych w formie tekstów o tematyce chemicznej	37
27b			47
28.	Korzystanie z informacji	Zastosowanie praw elektrolizy do obliczenia ilości produktów reakcji elektrodowych	29
29.	Korzystanie z informacji	Uzupełnienie brakujących danych na podstawie informacji podanych w formie schematów procesów chemicznych	46
30.	Tworzenie informacji	Uogólnienie i sformułowanie wniosku	61
31.	Wiadomości i rozumienie	Znajomość i rozumienie pojęć: szybkość reakcji chemicznej, równanie kinetyczne	44
32.	Korzystanie z informacji	Obliczenie stężeń równowagowych reagentów	27
33.	Tworzenie informacji	Określenie, jak zmieni się położenie stanu równowagi reakcji chemicznej po zmianie stężenia dowolnego reagenta	40
34.	Korzystanie z informacji	Uzupełnienie brakujących danych na podstawie informacji podanych w formie schematów procesów chemicznych	50
35.	Wiadomości i rozumienie	Utworzenie wzorów tripeptydów powstających z podanych aminokwasów	44
36.	Korzystanie z informacji	Selekcja i analiza informacji podanych w formie tekstów o tematyce chemicznej i tablic	59
37a	Tworzenie informacji	Zaprojektowanie doświadczenia pozwalającego na identyfikację węglowodorów różnych typów na podstawie ich właściwości fizykochemicznych	57
37b			46
38.	Tworzenie informacji	Wybranie informacji, które są niezbędne do uzasadniania własnego poglądu	67
39.	Tworzenie informacji	Wyjaśnienie zależności przyczynowo-skutkowych w zakresie przemian chemicznych	35

## Komentarz

### 1. Analiza jakościowa zadań

#### Poziom podstawowy

W arkuszu na poziomie podstawowym większość zadań okazała się trudna, nieco mniej było zadań umiarkowanie trudnych, trzy zadania były łatwe, a jedno – bardzo trudne. Do łatwych zaliczyć można zadania 5., 12., i 13., zaś do bardzo trudnych i trudnych zadania 1., 6., 7., 8b, 10., 11., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23., 24., 25., 26., 27. i 29.

Najłatwiejsze okazały się zadania 12. i 13., których poziom wykonania wyniósł odpowiednio 83% i 82%. Oba te zadania wchodziły w skład wiązki tematycznej poświęconej rozpuszczalności w wodzie dwóch gazów – tlenu i tlenku siarki(IV). Zadanie 12. sprawdzało umiejętność uogólniania i formułowania wniosków na podstawie analizy zamieszczonych w tabeli danych liczbowych, a zadanie 13. wymagało określenia odczynu wodnych roztworów wymienionych gazów. Wyniki egzaminu pokazują, że zdający bardzo dobrze opanowali te umiejętności, przy czym, o ile zadanie 12. wymagało jedynie odczytania i interpretacji danych przedstawionych w formie tabelarycznej, o tyle w rozwiązaniu zadania 13. należało już wykazać się znajomością właściwości chemicznych tlenu i tlenku siarki(IV).

Zadanie 5. (poziom wykonania: 78%) wymagało elementarnej umiejętności odczytania informacji z układu okresowego pierwiastków. Prawie co piąty zdający popełnił w jego rozwiązaniu błędy, które polegały głównie na zamianie numeru grupy i numeru okresu albo błędnym określeniu numeru okresu (w układzie okresowym, z którego można korzystać w czasie egzaminu, grupy są ponumerowane, a okresy – nie).

Jednym z umiarkowanie trudnych było zadanie 28. o poziomie wykonania 68%. Wymagało ono wybrania spośród trzech aminokwasów – o podanych w informacji do wiązki zadań wzorach – tego, który ulega reakcji nitrowania. Zdający musieli zatem wiedzieć, dla jakiej grupy węglowodorów reakcja ta jest charakterystyczna, a następnie odszukać we wzorach aminokwasów fragment pochodzący od węglowodoru należącego do tej grupy.

Zadaniem zdecydowanie najtrudniejszym w całym arkuszu okazało się zadanie 26. Poziom jego wykonania wyniósł zaledwie 13%. Wymagało ono nie tylko umiejętności zapisania wzoru tripeptydu utworzonego z aminokwasów o podanych wzorach, a więc umiejętności tworzenia wzorów peptydów, ale także wykorzystania zamieszczonej we wprowadzeniu do zadania informacji o tym, co oznacza podana w poleceniu sekwencja tego tripeptydu.

Kolejnym pod względem trudności okazało się zadanie 25. (poziom wykonania: 19%) – również z zakresu chemii organicznej. W zadaniu tym przedstawiony był schemat cyklu przemian, jakim ulega metanol i jego pochodne. Zadaniem zdającego było napisanie wzorów półstrukturalnych tych pochodnych. Musiał więc on, posługując się wiedzą o reakcjach typowych dla jednofunkcyjnych pochodnych alkanów, zidentyfikować produkty poszczególnych przemian.

Następne trudne zadania – o zbliżonym poziomie wykonania – wymagały zapisania równania reakcji w formie jonowej. Były to zadania 7., 8b oraz 19. W pierwszym z nich należało napisać równanie reakcji cyny z kwasem solnym, przy czym zdający dysponowali informacją o tym, że w reakcji tej powstaje chlorek cyny(II), w następnym – równanie reakcji wybranego metalu, czyli cynku, z roztworem chlorku cyny(II), a w ostatnim – równanie reakcji kwasu solnego z roztworem wodorotlenku wapnia. O trudności tych zadań zdecydowało wiele czynników, a jednym z nich jest potwierdzający się co roku fakt, że wielu zdających nie rozumie jonowego zapisu równań reakcji. Temu problemowi poświęcona będzie następna część niniejszego opracowania.

Wśród zadań o najniższym poziomie wykonania znalazło się jedno rachunkowe – zadanie 16. (poziom wykonania: 25%). Należało w nim wykorzystać dane o rozpuszczalności tlenku siarki(IV) w wodzie we wskazanej temperaturze, a także wykazać się znajomością pojęcia mola i masy molowej oraz umiejętnością wyciągnięcia wniosku na podstawie porównania otrzymanego wyniku obliczeń z informacją o rozpuszczalności.

### Poziom rozszerzony

W arkuszu na poziomie rozszerzonym większość zadań okazała się umiarkowanie trudna i trudna, jedno – bardzo trudne, a trzy zadania były łatwe. Do łatwych zaliczyć można zadanie 4., 5. i 15. zaś bardzo trudne było zadanie 3a. Niski poziom wykonania osiągnęli zdający także w zadaniu 7. i 32.

Najłatwiejsze okazało się zadanie 15., którego poziom wykonania wyniósł 72%. Zadanie to wymagało napisania półstrukturalnego wzoru trikarboksylowego hydroksykwasu, którego budowa była opisana w informacji do wiązki zadań.

Zadania 4., 5. i 6 dotyczyły galu, ale sprawdzały różne umiejętności. W zadaniu 4. należało obliczyć masę atomową galu, znając skład izotopowy naturalnych izotopów tego pierwiastka. Zadanie rozwiązały bezbłędnie trzy czwarte zdających, a niepoprawne odpowiedzi wynikały najczęściej z błędów obliczeniowych, podawania wyniku z inną niż określona w poleceniu dokładnością, niektórzy zdający podawali wynik w gramach na mol zamiast w unitach albo w ogóle pomijali jednostkę. Zadanie 5. – o zbliżonym poziomie wykonania równym 69% – polegało na uzupełnieniu schematu równania sztucznej przemiany jądrowej, która była opisana we wprowadzeniu do zadania. Błędy zdających polegały na niewłaściwej identyfikacji cząstek subatomowych biorących udział w przemianie lub powstających w jej wyniku. W zadaniu 6. (poziom wykonania: 65%) należało określić typ podpowłoki, do której należy niesparowany elektron atomu galu w stanie podstawowym, oraz wskazać wartości głównej i pobocznej liczby kwantowej opisujących stan tego elektronu. Najwięcej trudności sprawiło określenie wartości pobocznej liczby kwantowej.

Jednym z umiarkowanie trudnych było zadanie 38. o poziomie wykonania 67%. Wymagało ono wskazania przyczyny różnicy wartości punktu izoelektrycznego pI dwóch aminokwasów: kwasu asparaginowego i lizyny. W informacji do wiązki zadań umieszczono wyjaśnienie, czym jest punkt izoelektryczny, oraz wzory czterech aminokwasów, w tym lizyny i kwasu asparaginowego. Większość zdających zauważyła, że przyczyną różnicy pI obu aminokwasów jest różna liczba grup funkcyjnych o charakterze kwasowym i zasadowym, ale nie wszyscy umieli nazwać je poprawnie (grupę aminową nazywano grupą amonową). Nieliczni zdający próbowali wyjaśnić różnicę wartości pI różną budową węglowodorowego szkieletu cząsteczek porównywanych aminokwasów.

Zdecydowanie najtrudniejsze w arkuszu na poziomie rozszerzonym okazało się zadanie 3a. Jego poziom wykonania wyniósł 6%. W zadaniu tym przedstawiony był wykres zależności od liczby atomowej  $Z$  pierwiastka pewnej wielkości fizycznej, którą zdający mieli zidentyfikować, podając jej nazwę oraz jednostkę, w jakiej jest wyrażana. W opisie wykresu podkreślone było, że jest to wielkość makroskopowa. Tymczasem większość zdających wskazywała – błędnie – na wyrażaną w unitach masę atomową, która jest wielkością mikroskopową.

Łatwiejsze było zadanie 7. (poziom wykonania: 16%), w którym należało napisać w formie jonowej równania dwóch reakcji z udziałem galu. Reakcje te były opisane we wprowadzeniu do zadania, ponadto przedstawiony był schemat ich przebiegu, w którym podano między innymi wzory jonów kompleksowych galu powstających w wyniku tych reakcji. Najczęstszym błędem w zapisie równania reakcji galu z mocnym kwasem było pominięcie wody jako reagenta tej reakcji, ponieważ schemat tej przemiany uwzględniał powstawanie uwodnionych kationów galu(III). W przypadku reakcji galu z mocną zasadą najczęściej pomijano fakt, że jednym z jej produktów jest wodór.

Zadanie 32. (poziom wykonania: 27%) wymagało obliczenia liczby moli jednego z reagentów w stanie równowagi reakcji estryfikacji, gdy dana jest wartość stałej równowagi tej reakcji oraz

początkowe liczby moli jej substratów. Najczęstszym błędem było pominięcie stężenia wody w wyrażeniu na stałą równowagi, co skutkowało sformułowaniem błędnego równania będącego podstawą obliczenia szukanej liczby moli, lub pominięcie ostatniego etapu rozwiązania i uznanie obliczonej z wyrażenia na stałą równowagi liczby moli kwasu etanowego, który przereagował, za równą liczbie moli tego kwasu pozostałą w mieszaninie reakcyjnej po ustaleniu się stanu równowagi.

## 2. Problem „pod lupą”

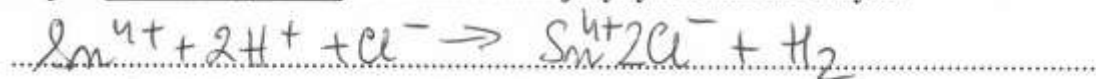
### Poziom podstawowy: Reakcje jonowe i jonowy zapis równania reakcji

Zadania sprawdzające wiadomości i umiejętności związane z reakcjami jonowymi, szczególnie jonowy zapis równania reakcji, sprawiają trudność licznej grupie zdających. W tym roku arkusz na poziomie podstawowym zawierał cztery zadania wymagające napisania równania reakcji w formie jonowej. Trzy spośród nich (7., 8b i 19.) okazały się zadaniami trudnymi o zbliżonym poziomie wykonania około 22%. Zadania 7. i 8b wchodziły w skład jednej wiązki tematycznej.

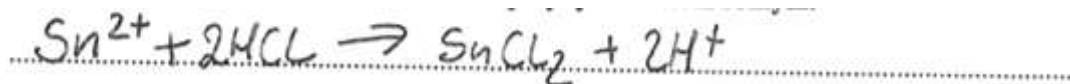
W rozwiązaniach zadania 7. uderza to, że wielu zdających nie odróżnia zapisów:  $Sn$  i  $Sn^{2+}$ ,  $H^+$  i  $H_2$ , pojawiają się nawet takie błędne formy, jak  $H_2^+$ . W konsekwencji przedstawione przez zdających równania reakcji nie spełniają ani prawa zachowania masy, ani prawa zachowania ładunku. Poniżej przedstawiono przykłady błędów popełnionych w tym zadaniu.

Przykład 1.

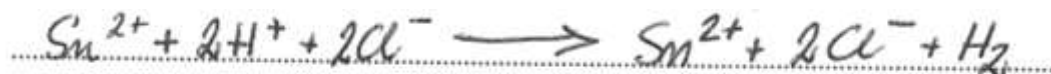
Napisz w formie jonowej równanie reakcji cyny z kwasem solnym.



Przykład 2.



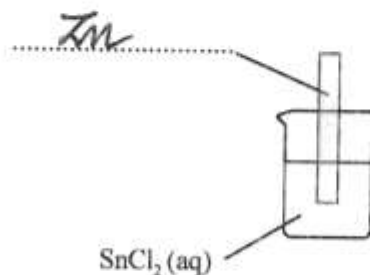
Przykład 3.



W przypadku zadania 8. zwraca uwagę duża dysproporcja poziomu wykonania części a) – 60% i części b) – 24%, co pokazuje, że mniej niż połowa zdających, którzy poprawnie rozwiązali pierwszą część zadania, czyli wybrali odpowiedni metal i poprawnie zapisali jego symbol, umiało napisać równanie reakcji tego metalu z roztworem soli cyny(II). Ilustracje tego problemu zamieszczono poniżej.

Przykład 1.

- a) Wskaż metal (cynk Zn albo miedź Cu), z którego wykonaną blaszkę należy zanurzyć w wodnym roztworze chlorku cyny(II), aby wydzielona się cyna metaliczna. Uzupełnij schemat doświadczenia, wpisując symbol wybranego metalu.

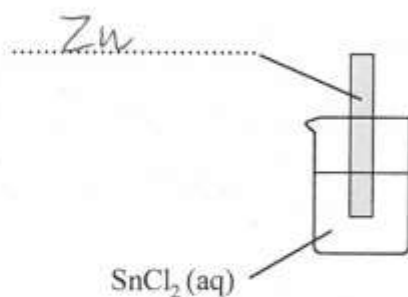


- b) Napisz w formie jonowej równanie reakcji chemicznej, która zachodzi w czasie doświadczenia.

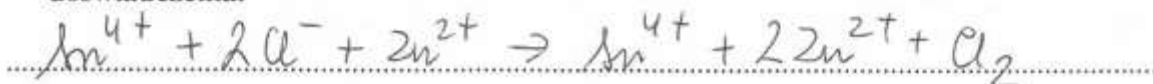


Przykład 2.

- a) Wskaż metal (cynk Zn albo miedź Cu), z którego wykonaną blaszkę należy zanurzyć w wodnym roztworze chlorku cyny(II), aby wydzielona się cyna metaliczna. Uzupełnij schemat doświadczenia, wpisując symbol wybranego metalu.



- b) Napisz w formie jonowej równanie reakcji chemicznej, która zachodzi w czasie doświadczenia.



Podobnie jak w zadaniu 7., błędy popełnione w zadaniu 8b prowadziły do zapisu, w którym masa i ładunek nie były zbilansowane.

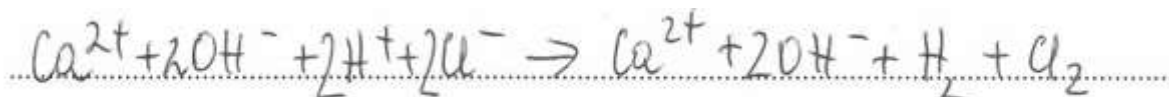
Zadanie 19. również stanowiło element wiązki tematycznej. Porównanie poziomów wykonania zadań 18. i 19. pokazuje, że grupa zdających, którzy umieli poprawnie określić odczyn otrzymanych roztworów (poziom wykonania: 47%) jest znacznie liczniejsza od tej, którą stanowiły osoby



poprawnie piszące równanie reakcji zachodzącej po zmieszaniu wybranych roztworów (poziom wykonania 20%). Można przypuszczać, że zdający nie skojarzyli faktu mieszania roztworu o odczynie kwasowym z roztworem o odczynie zasadowym, a więc że po ich zmieszaniu zachodzi reakcja zobojętniania, która powinna być dobrze znana. Tymczasem błędy, jakie popełnili, pisząc równanie tej reakcji, wskazują, że wielu z nich nie rozumie, na czym ta reakcja polega. Niektóre błędne odpowiedzi sugerowały nawet, że w wyniku reakcji wytrąca się osad chlorku wapnia:



albo wydziela się chlorowodór lub chlor:



Analiza błędów popełnionych przez zdających w powyżej wymienionych zadaniach prowadzi do wniosku, że osoby decydujące się na zdawanie egzaminu maturalnego z chemii na poziomie podstawowym mają problemy:

- 1) ze zrozumieniem podstawowych pojęć chemicznych oraz chemicznej symboliki: szczególną trudność sprawia im odróżnienie współczynników stechiometrycznych określających liczbę cząstek (atomów, cząsteczek, jonów) od współczynników określających liczbę atomów w cząsteczce oraz rozumienie zapisów określających ładunek jonu
- 2) ze zrozumieniem, na czym polegają reakcje jonowe: zdający nie dostrzegają tego, że w reakcjach jonowych stan pewnych cząstek (atomów, cząsteczek, jonów) ulega zmianie, np. kationy i aniony łączą się w cząsteczki albo tworzą kryształy, które nie rozpuszczają się w wodzie, a jonowy zapis równań takich reakcji ma na celu zmiany te zilustrować.

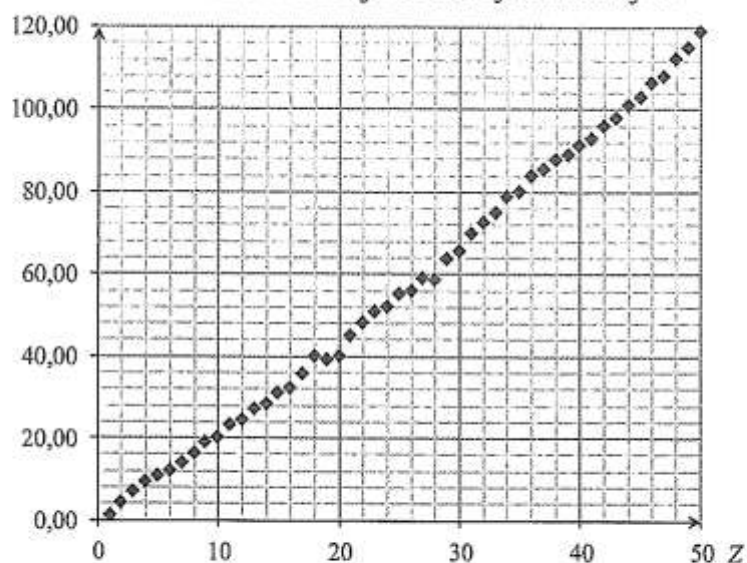
Opisane problemy to zagadnienia poruszane na początku nauki chemii – w gimnazjum. Jeżeli na tym etapie edukacji uczeń ich nie zrozumiał, będzie miał problemy ze zrozumieniem wielu zjawisk zachodzących w przyrodzie, a równań reakcji jonowych będzie musiał uczyć się na pamięć. Tak więc nauka chemii – zamiast pomagać w rozumieniu przyrody i rozwijaniu samodzielnego myślenia – stanie się zbiorem niezrozumiałych faktów, które można jedynie zapamiętać.

## Poziom rozszerzony

### Rozumienie sensu stosowanych wielkości fizycznych; wyjaśnianie zależności między budową substancji a jej właściwościami i formułowanie wypowiedzi słownych

Najniższy poziom wykonania odnotowano w przypadku zadania 3a. Większość błędnych odpowiedzi polegała na wskazaniu masy atomowej wyrażanej w unitach, która jest wielkością mikroskopową. Kolejnym bardzo częstym błędem była odpowiedź:

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność pewnej makroskopowej wielkości charakteryzującej pierwiastki chemiczne w funkcji ich liczby atomowej  $Z$ .



- a) Opisz oś pionową wykresu, podając nazwę tej wielkości oraz jednostkę, w jakiej jest ona wyrażana.

Opis osi pionowej: ...*A-liczba masowa [u]*.....

Ten błąd jest niepokojący, ponieważ liczba masowa charakteryzuje izotop pierwiastka (większość pierwiastków występuje w przyrodzie w postaci więcej niż jednego izotopu, a więc nie można im przypisać jednej wartości liczby masowej), ponadto jest to wielkość niemianowana. Pojawiały się także inne błędne odpowiedzi, takie jak: *liczba masowa A wyrażana w g/mol lub w gramach, liczba masowa bez jednostki, masa atomowa [A], masa atomowa [g/mol], masa atomowa [g], liczba masowa [g/dm<sup>3</sup>], energia jonizacji [eV], liczba protonów w jądrze bez jednostki, masa pierwiastka [g/mol], średnia masa atomowa [g], powinowactwo elektronowe [eV], promień atomowy [pm], V [dm<sup>3</sup>].*

Problemem dla zdających były również zadania wymagające wyjaśnienia różnego rodzaju zależności. Przykładem zadania badającego umiejętność wyjaśniania właściwości substancji wynikających ze struktury elektronowej drobin było zadanie 9. Poziom wykonania tego zadania wyniósł 32%, co kwalifikuje je do zadań trudnych. Polecenie wymagało narysowania wzoru elektronowego cząsteczki kwasu ortoborowego oraz sformułowania wyjaśnienia, dlaczego kwas ten jest akceptorem jonów wodorotlenkowych. W informacji do wiązki zadań opisano zachowanie kwasu ortoborowego w roztworach wodnych zilustrowane równaniem reakcji.

Większość zdających poprawnie narysowała wzór elektronowy cząsteczki kwasu ortoborowego, jednak część z nich popełniła błędy, starając się udowodnić, że atom boru w cząsteczce kwasu ortoborowego osiąga trwałą konfigurację oktetu elektronowego, i zaznaczając istnienie wolnej pary elektronowej w powłoce walencyjnej boru. Konsekwencją tego błędu było wyjaśnienie zdolności



poprawnego ułożenia wzoru elektronowego cząsteczki kwasu ortoborowego nie są potrzebne żadne inne informacje oprócz tych, które zostały przedstawione we wprowadzeniu do wiązki zadań, oraz tych, które wynikają z położenia boru w układzie okresowym – absolwenci szkół ponadgimnazjalnych nie powinni mieć problemu z określeniem liczby elektronów walencyjnych boru, jednak wielu zdających przyjęło, że ma on tych elektronów pięć, a nie trzy.

Jak się wydaje, drugą przyczyną błędów jest fakt, że w nauczaniu i uczeniu się chemii zbyt małą wagę przywiązuje się do ćwiczenia posługiwania się precyzyjnym językiem chemicznym, wykazywania się umiejętnością argumentowania, wyjaśniania, uzasadniania, dokonywania uogólnień i wyciągania wniosków. Kształcenie umiejętności formułowania trafnych, poprawnych merytorycznie, precyzyjnych, spójnych logicznie i krótkich, ale wyczerpujących odpowiedzi nie jest łatwe w czasach, w których komunikujemy się za pośrednictwem lakonicznych komunikatów, sms-ów, skrótów i obrazków. Jednak język naukowy rządzi się prawami innymi niż język potoczny: wymaga precyzji oraz poprawnego posługiwania się pojęciami, wymaga umiejętności powiązania skutku z przyczyną, logicznego uzasadnienia, wyjaśnienia, sformułowania logicznie uporządkowanej odpowiedzi, ponieważ brak precyzji wypowiedzi jest odzwierciedleniem braku precyzji w rozumowaniu.

### Zadania obliczeniowe

Podobnie jak w latach ubiegłych zadaniami, których rozwiązanie sprawiało trudności zdającym, były zadania obliczeniowe. Arkusz egzaminacyjny na poziomie rozszerzonym zawierał pięć zadań wymagających rozwiązania problemu obliczeniowego. Tylko jedno spośród nich – zadanie 13., w którym należało obliczyć standardową molową entalpię reakcji uwodornienia etenu, osiągnęło poziom wykonania równy 63%, co kwalifikuje je do zadań umiarkowanie trudnych. Cztery pozostałe zadania obliczeniowe: 8., 18., 28. i 32. okazały się dla zdających trudne.

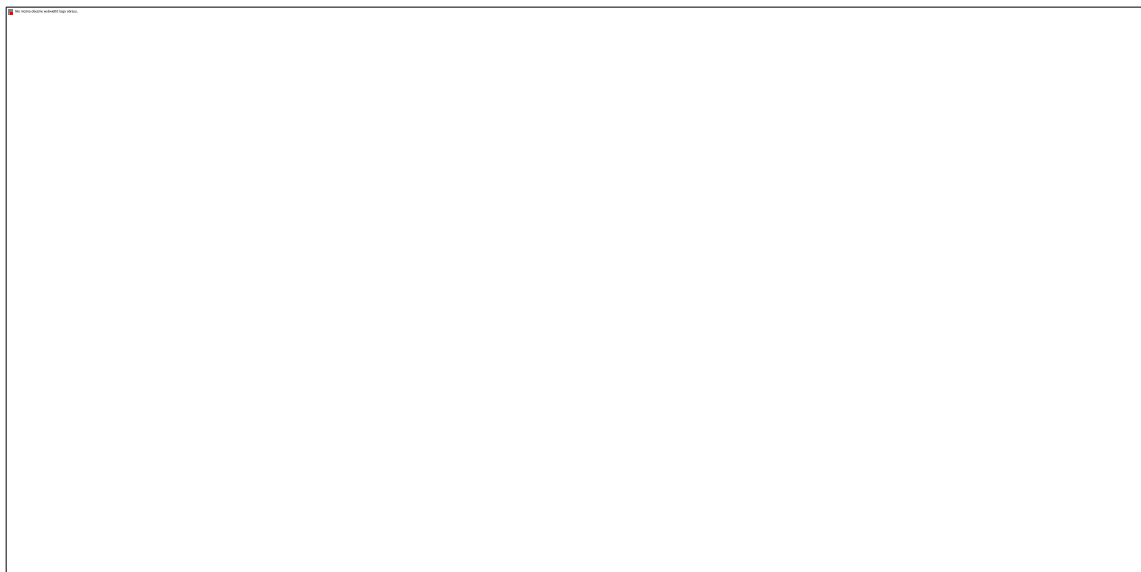
Najtrudniejszym zadaniem obliczeniowym w arkuszu na poziomie rozszerzonym było zadanie 32. (poziom wykonania: 27%). Rozwiązanie zadania było wieloetapowe: aby dojść do wyniku końcowego, należało pokonać następujące etapy: 1) sporządzenie tabeli bilansu materiałowego reagentów (lub opisanie w inny sposób zależności pomiędzy reagentami), 2) zapisanie wyrażenia na stałą równowagi reakcji estryfikacji, 3) rozwiązanie równania kwadratowego, 4) zauważenie, że sens fizyczny ma tylko jeden z otrzymanych pierwiastków  $x = 2/3$  mola, gdyż drugi przyjmuje wartość równą 2 mole, co oznaczałoby, że ubytek substratów jest większy od ich początkowej ilości użytej do reakcji, 5) obliczenie liczby moli kwasu pozostałej w mieszaninie po ustaleniu się stanu równowagi, odejmując od początkowej wartości liczby moli kwasu liczbę moli, która przereagowała.

Najczęstszym błędem popełnianym przez zdających było pominięcie stężenia wody w wyrażeniu na stałą równowagi reakcji estryfikacji:

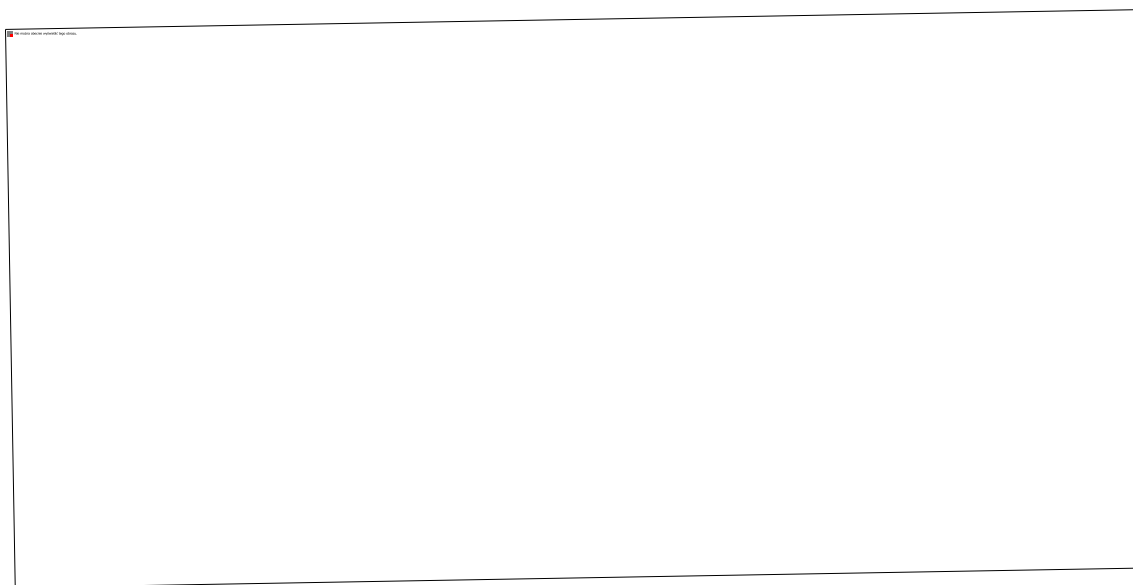
Obliczenia:	$c_0$	$q_{pr}$	
$CH_3COOH$	1	-x	$4(1-2x+x^2) = x$
$C_2H_5OH$	1	-x	$4x^2 - 8x + 4 = x$
$CH_3COOC_2H_5$	0	+x	$4x^2 - 9x + 4 = 0$
			$\Delta = 17 \quad \sqrt{\Delta} \approx 4$
			$x_1 = \frac{9+4}{8} \approx 1,6 \text{ mol}$
			$x_2 = \frac{9-4}{8} \approx 0,6$
			$1 - 0,6 = \underline{0,4}$
$K_1 = \frac{[CH_3COOC_2H_5]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$ $4 = \frac{x}{(1-x)^2}$			
Odpowiedź: 0,4 mola kwasu pozostało w mieszaninie			

lub pominięcie ostatniego etapu rozwiązania zadania i założenie, że obliczona z wyrażenia na stałą równowagi liczba moli kwasu etanowego jest równa liczbie moli tego kwasu pozostałą w mieszaninie reakcyjnej po ustaleniu się stanu równowagi:

Przykład 1.



Przykład 2.



Analizując rozwiązanie przedstawione w przykładzie 2., można zauważyć, że zdający nie tylko pominął ostatni etap obliczenia, ale również popełnił błąd rachunkowy. W konsekwencji obliczona liczba moli kwasu w stanie równowagi  $x=1,33$  okazała się większa niż liczba moli kwasu użytego do reakcji. Bardzo często zdarzało się, że zdający nie oceniali realności otrzymanego wyniku liczbowego.

Trzy pozostałe zadania obliczeniowe w arkuszu egzaminacyjnym dla poziomu rozszerzonego (8., 18., 28.) okazały się zadaniami trudnymi o zbliżonym poziomie wykonania równym 31% (zadanie 8.), 30% (zadanie 18.) i 29% (zadanie 28.). Najczęściej popełnianymi błędami było nieuwzględnienie zależności stechiometrycznych reakcji, mylenie ilości pozostałego i zużytego substratu, założenie, że stechiometryczny stosunek molowy reagentów jest równy stosunkowi ich mas.

Rozwiązania wszystkich zadań obliczeniowych pokazują brak umiejętności matematycznych wielu maturzystów. Zdający nie mają nawyku precyzyjnego i poprawnego zapisywania wykonywanych przekształceń, często pomijają jednostki wielkości mianowanych lub przyjmują błędne jednostki,

popołniają błędy w przeliczaniu jednostek, nie stosują matematycznych reguł zaokrągleń wyników liczbowych. Brak staranności i precyzji w zapisie toku rozumowania objawia się również podawaniem wyniku z inną niż określona w poleceniu dokładnością. Istotny wpływ na wynik egzaminu ma uważne czytanie informacji wprowadzających i poleceń do zadań oraz analiza ich treści.

### 3. Wnioski i rekomendacje

Analiza wyników tegorocznego egzaminu maturalnego z chemii pozwala stwierdzić, że – podobnie jak w latach ubiegłych – trudność zadania egzaminacyjnego zależy przede wszystkim od tego, jak bardzo jest ono złożone i nietypowe, a w mniejszym stopniu zależy od jego tematyki czy badanej umiejętności. Zadania wymagające pokonania kilku etapów rozwiązania lub wykorzystania i skojarzenia kilku elementów rokrocznie sprawiają zdającym duże trudności. Najtrudniejsze okazują się zadania, do których rozwiązania niezbędne jest dogłębne zrozumienie analizowanych zjawisk i procesów, odejście od prostego przetwarzania informacji lub wykroczenie poza wyćwiczony w trakcie nauki schemat postępowania. Do zadań łatwych należą na ogół te, które są typowe i mało skomplikowane.

#### Poziom podstawowy

Tegoroczne wyniki egzaminu pokazują, że zdający na ogół dobrze lub bardzo dobrze radzą sobie z wykorzystaniem informacji. Umieją odczytywać i przetwarzać informacje zaprezentowane w formie tekstu, tabeli, rysunku, wzorów chemicznych lub różnego rodzaju schematów.

Trudności sprawiają zadania, w których zdający powinni wykazać się znajomością i rozumieniem praw, pojęć i zjawisk chemicznych oraz umiejętnością zapisywania równań reakcji i wykonywania obliczeń chemicznych. Niepokoi to, że wiele z tych trudności związanych jest z podstawami chemii, można więc przypuszczać, że zrodziły się one w trakcie nauki w gimnazjum, a dalsza edukacja im nie zaradziła. Wydaje się więc zasadne zwrócenie uwagi – już w gimnazjum i na początku nauki chemii w szkole ponadgimnazjalnej – czy uczniowie rozumieją terminologię i symbolikę chemiczną, którą posługują się na lekcjach chemii. Istotne jest, aby uczniowie nie tylko odtwarzali zapamiętane wiadomości, ale rozumieli sens stosowanych pojęć oraz znaczenie używanych symboli.

Ważne jest, aby w procesie kształcenia zwracać uwagę na umiejętność analizy informacji wprowadzających i poleceń zamieszczonych w zadaniach, na przykład poprzez pracę na lekcjach z chemicznymi tekstami źródłowymi.

Ponadto – tak jak w latach ubiegłych – zadania z zakresu chemii organicznej sprawiają zdającym więcej trudności niż zadania z chemii ogólnej i nieorganicznej. Można przypuszczać, że jest to spowodowane brakiem czasu na utwalenie wiadomości i umiejętności z tego zakresu, ponieważ w większości programów nauczania ich kształcenie zaplanowane jest w etapie końcowym.

Warto więc zwrócić uwagę na to, czy uczniowie wybierający chemię jako przedmiot egzaminacyjny, otrzymują w szkole wystarczającą pomoc w przygotowaniu się do tego egzaminu.

#### Poziom rozszerzony

Egzaminatorzy oceniający arkusze egzaminacyjne na poziomie rozszerzonym mieli okazję zapoznać się z wieloma pracami bardzo dobrymi, a nawet wybitnymi.

Podobnie jak w przypadku egzaminu na poziomie podstawowym, zdający egzamin na poziomie rozszerzonym wykazują się na ogół dobrą lub bardzo dobrą umiejętnością korzystania z informacji. Umieją odczytywać i przetwarzać informacje zaprezentowane w różnej formie.

Do najczęstszych przyczyn błędów – tak jak w ubiegłych latach – można zaliczyć niewystarczającą wnikliwą analizę treści zadań oraz automatyzm w ich rozwiązywaniu (dotyczy to szczególnie problemów obliczeniowych), pobieżne czytanie informacji i poleceń, formułowanie odpowiedzi

niespełniających wymagań określonych w poleceniu, np. użycie wzorów sumarycznych zamiast półstrukturalnych bądź grupowych związków organicznych.

Na negatywną ocenę wielu odpowiedzi wpływ miał często brak staranności i precyzji przy zapisie rozwiązania problemu, a także nieumiejętność konstruowania krótkiej i logicznej odpowiedzi, stosowanie zbyt dużych uogólnień i „skrótów myślowych”, niewłaściwe posługiwanie się terminologią chemiczną, formułowanie odpowiedzi niejasnych, niezrozumiałych lub zawierających elementy poprawne i błędne, popełnianie błędów językowych, które prowadzą do błędów merytorycznych. W przypadku niektórych zadań widoczna była trudność w posługiwaniu się całością zdobytej wiedzy chemicznej, np. łączenie wiadomości z różnych działów tematycznych chemii.

Różnorodność popełnionych błędów wynika nie tylko z braku wiedzy, jest też efektem braku ćwiczeń podczas realizacji procesu edukacyjnego: stosowania małej liczby zadań wymagających posługiwania się precyzyjnym językiem chemicznym, wykazywania się umiejętnością argumentowania, wyjaśniania lub uzasadniania oraz dokonywania uogólnień i formułowania wniosków.

W trakcie nauki warto więc poświęcić czas na ćwiczenie umiejętności formułowania wypowiedzi słownych, dobierania argumentów, dostrzegania zależności przyczynowo-skutkowych. Ważną umiejętnością jest także biegłe posługiwanie się językiem symboli, wzorów i równań chemicznych oraz językiem wyrażeń matematycznych. Najważniejsze jest jednak ciągłe dbanie o to, aby uczniowie rozumieli sens formułowanych stwierdzeń, wielkości i pojęć, którymi się posługują, oraz umieli ocenić poprawność własnych sądów.