

**Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий**

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ**

---

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА**

**ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА**

**возрастной группы (11 класс) муниципального этапа  
всероссийской олимпиады школьников по химии**

**2024-2025 учебный год**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (11 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

### Задача 11-1 (Автор: Кузнецов П.Д)

Химическая кинетика изучает, как быстро происходят химические реакции и какие факторы влияют на скорость этих процессов. Понимание кинетики важно не только для теоретической химии, но и для практических приложений в таких областях, как фармацевтика, биохимия и материаловедение. В данной задаче мы рассмотрим общие методы описания скорости.

Реакции классифицируются по порядкам. Порядок в элементарной реакции показывает зависимость скорости от концентрации.

Нулевой порядок описывается зависимостью  $t(C)$ :  $t = 1/k \cdot (C_0 - C)$ , где  $t$  - время (секунда),  $k$  - константа скорости,  $C_0$  - начальная концентрация,  $C$  - концентрация вещества, оставшегося после реакции в течении времени.

1. Определите размерность  $k$  в реакции 0 порядка, если размерность  $t$  - секунды,  $\Delta C$  - мольл

Первый порядок описывается зависимостью:  $C = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$

2. Выразите  $t$  из данного уравнения, получив зависимость вида  $t(C)$ , определите период полураспада для реакции первого порядка

*Подсказка:* Период полураспада это время за которое  $C = 0,5C_0$

Реакции  $n$  порядка описываются зависимостью:  $k \cdot t = 1/n - 1 \cdot (1/C^{n-1} - 1/C_0^{n-1})$ , где  $n$  - номера порядка

3. Выразите зависимость  $C(t)$  для реакции 3 порядка.

4. После введения ибупрофена его концентрация стала 0.002 мольл. Через 2 часа концентрация стала 0.001 мольл. Предположим, что данный процесс подчиняется уравнению первого порядка. Рассчитайте время через которое из организма будет выведено 80% ибупрофена.

### РЕШЕНИЕ:

1.  $k = \text{моль}/(\text{л} \cdot \text{с})$

2.  $\ln(C/C_0) = -kt$

Подставим  $C = 0.5C_0$

$t = \ln(2)/k$

3.  $k \cdot t = 1/(n-1) \cdot (1/C^{n-1} - 1/C_0^{n-1})$

$k \cdot t \cdot (n-1) = (1/C^{n-1} - 1/C_0^{n-1})$

$k \cdot t \cdot (n-1) + 1/C_0^{n-1} = 1/C^{n-1}$

$C^{n-1} = 1/(k \cdot t \cdot (n-1) + 1/C_0^{n-1})$

$C^2 = 1/(k \cdot t \cdot (n-1) + 1/C_0^2)$

$C = \sqrt{1/(k \cdot t \cdot (n-1) + 1/C_0^2)}$

4.  $t = \ln(2)/k$  - время полураспада

$$k = \ln(2)/2$$

$$\ln(20/100) = -(\ln(2)/2) \cdot t$$

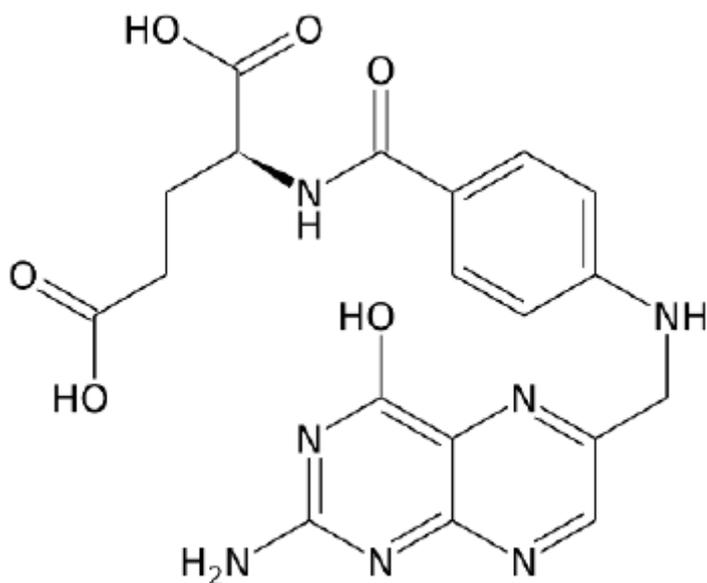
$$t = 4.64 \text{ часа}$$

### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Размерность	4
2	Вывод формулы	5
3	Вывод формулы	5
4	Расчет	6
ИТОГО		20

### Задача 11-2 (Автор: Кузнецов П.Д)

Фолиевая кислота, также известная как витамин В<sub>9</sub>, является водорастворимым витамином, который играет ключевую роль в метаболизме клеток и синтезе ДНК. Она особенно важна для быстрого деления клеток, что делает её критически необходимой в период беременности, когда формируются ткани и органы плода. Дефицит фолиевой кислоты может привести к серьезным последствиям, таким как анемия и различные пороки развития у новорожденных. Фолиевая кислота содержится в различных продуктах, включая зелёные листовые овощи (шпинат, брокколи), бобовые, цитрусовые фрукты и цельнозерновые продукты.



формула данного витамина.

1. Определите массовую долю кислорода в фолиевой кислоте.
2. Рассчитайте какой объем азота (при н.у.) выделится при сжигании 10г фолиевой кислоты, если считать, что весь азот, находящийся в молекуле при сжигании переходит в N<sub>2</sub>.
3. Рассчитайте какой объем азота (при  $T=350K$ ,  $p=200000Pa$ ) выделится при сжигании 10г фолиевой кислоты, если считать, что весь азот, находящийся в молекуле при сжигании переходит в N<sub>2</sub>.

В лаборатории было сожжено 10 граммов неизвестного органического кислородсодержащего соединения. В результате сгорания образовались 22 грамма углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и 9 граммов воды (H<sub>2</sub>O).

4. Определите молекулярную формулу исходного соединения.

### РЕШЕНИЕ:

1. Определение массовой доли кислорода в фолиевой кислоте

Фолиевая кислота (витамин B9) имеет химическую формулу C<sub>19</sub>H<sub>19</sub>N<sub>7</sub>O<sub>6</sub>.

Чтобы определить массовую долю кислорода, сначала найдем молярную массу фолиевой кислоты:

Теперь считаем молярную массу:

$$M = (19 \times 12.01) + (19 \times 1.008) + (7 \times 14.01) + (6 \times 16.00)$$

$$M = 228.19 + 19.152 + 98.07 + 96.00 = 441.412 \text{ г/моль}$$

Теперь найдем массу кислорода в молекуле:

$$\text{Масса O} = 6 \times 16.00 = 96.00 \text{ г/моль}$$

Теперь рассчитаем массовую долю кислорода:

$$\text{Массовая доля O} = \frac{\text{масса O}}{\text{молярная масс}} = 96.00 / 441.412 \approx 0.217$$

Таким образом, массовая доля кислорода составляет примерно 21.7%. Оценивать верным диапазон 21,5-22

2. Объем азота (при н.у.) выделится при сжигании 10 г фолиевой кислоты

Сначала найдем количество молей фолиевой кислоты в 10 г:

$$n = m / M = 10 \text{ г} / 441.412 \text{ г/моль} \approx 0.0227 \text{ моль}$$

В одной молекуле фолиевой кислоты содержится 7 атомов азота, которые при сжигании превращаются в N<sub>2</sub>. Таким образом, количество молей N<sub>2</sub>:

$$n(\text{N}_2) = 7 / 2 n = 7 / 2 \times 0.0227 = 0.0805 \text{ моль}$$

Теперь рассчитаем объем N<sub>2</sub> при нормальных условиях (н.у.), где 1 моль газа занимает 22.4 л:

$$V(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) \times 22.4 = 0.0805 \times 22.4 \approx 1.80$$

Таким образом, объем азота при н.у. составит примерно 1.80 л.

3. Объем азота (при  $T=350K$ ,  $p=200000Pa$ ) выделится при сжигании 10 г фолиевой кислоты

Используем уравнение Менделеева-Клапейрона:

Владимирская область

$$pV = nRT$$

Сначала найдем количество молей  $N_2$ , как и в предыдущем пункте:

$$n(N_2) = 0.0805 \text{ моль}$$

Теперь подставим значения в уравнение:

$$V = nRT / p = 0.0805 \times 8.314 \times 350 / 200000$$

Вычислим:

$$\begin{aligned} V &= 0.0805 \times 8.314 \times 350 / 200000 \\ &= 233.478 / 200000 \\ &\approx 1.1674 \text{ л} \end{aligned}$$

Таким образом, объем азота при  $T=350 \text{ К}$ ,  $p=200000 \text{ Па}$  составит примерно 1.17 л.

Принимать верным любой ответ в диапазоне 1,15-1.18

4.

$$n(C) = 22/44 = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(H) = 2 \times (9/18) = 1 \text{ моль}$$

$$n(O) = (10 - 6 - 1) / 16 = 0.1875 \text{ моль}$$

Теперь исходя из соотношения молей получаем, что вещество -  $C_8H_{16}O_3$

#### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Массовая доля	4
2	Объем азота	5
3	Объем азота	5
4	Расчет формулы	6
ИТОГО		20

### Задача 11-3 (Автор: Кузнецов П.Д)

В современной органической химии абсолютно невозможно провести ни один синтез без реакций кросс-сочетания, катализируемых металлами платиновой группы, ведь неспроста множество ученых получили за это Нобелевские премии. Существует множество вариаций данного типа реакций, но все они имеют одну цель-формирование нового углеродного скелета.

Одна из самых популярных реакций-реакция Соногаширы



Рис.Схема реакции Соногаширы, где Hal-любой галоген.

Но однажды американский химик-органик Ричард Хек задумался о том, что есть одна проблема всех реакций кросс-сочетания - необходимость алкина и был разработан новый тип реакции

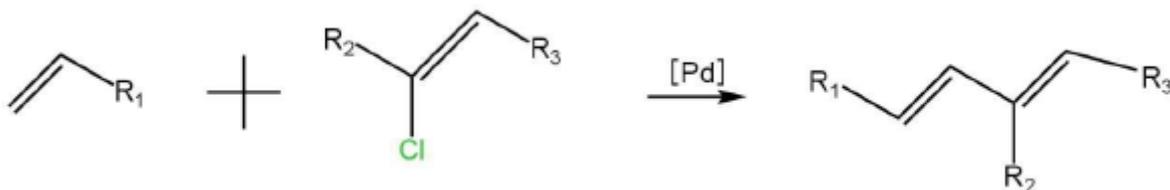
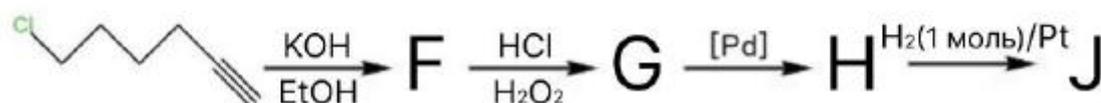
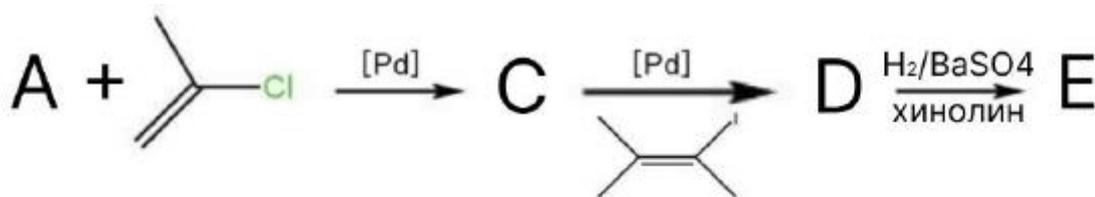


Рис.Схема реакции Хека

1. Меняется ли степень окисления углеродов, непосредственно участвующих в реакции кросс-сочетания? **Верный ответ подчеркнуть.**

Да/Нет/Не всегда



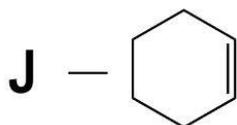
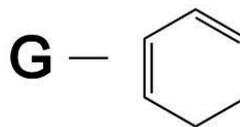
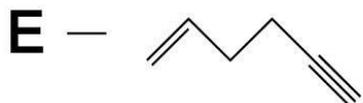
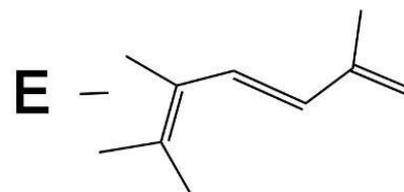
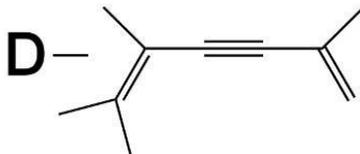
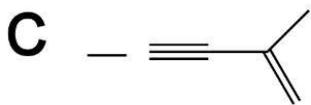
2. Определите вещества А-Н, J. Для органических веществ запишите структурные формулы.

**РЕШЕНИЕ:**

1. Да

Владимирская область

2. A-C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>  
B-CaCl<sub>2</sub>



KingDraw

### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание	Баллы
1	Ответ да	2
2	Вещества А-Н, J (по 2 балла за вещество)	18
ИТОГО		20

### Задача 11-4 (Автор: Кузнецов П.Д)

Металл X, образованный элементом X, относится к числу семи древности, каждый из которых соотносился с известными тогда планетами. Планетой, символизирующей X, была Венера. Известно, что при нагревании 1 г X на воздухе(реакция 1) на выходе образуется черный порошок X1 массой 1,25 г. При растворении этого порошка в концентрированной серной кислоте(реакция 2) образуется X2( ... купорос), который является компонентом реактива Фелинга, а также образует кристаллогидрат ярко-синего цвета. Сам по себе реактив Фелинга используется для качественно это определения альдегидов и восстанавливающих углеводов. Второй компонент помимо X2 - это щелочной раствор тартрата калия. Как известно, гидроксид металла X нерастворим в воде и при попадании щелочи в раствор X2 выпадает голубой осадок X3(реакция 3). Если же растворить X1 в концентрированной HCl и охладить

Владимирская область

раствор в правильном диапазоне температур, можно получить зелено-синий кристаллогидрат X4(реакция 4) с  $w(\text{H}_2\text{O}) = 21,05\%$ , содержащий 2 молекулы воды. Однако если ничего не охлаждать и не выделять кристаллогидрат, а просто пропустить аммиак, раствор окрасится в яркий васильковый цвет, говорящий об образовании X5(реакция 5), который является комплексным соединением. Металл X сохраняет в X5 свою степень окисления, причем она такая же, как и в X2, а его координационное число, то есть число лигандов, которое может координировать вокруг себя металл, равно 4.  $w(\text{NH}_3) = 33,5\%$  в X5. Кроме этого металл X может реагировать с теллуrom(реакция 6) с образованием бинарного соединения X6, формулу которого часто пишут на валентинках и открыточках, чтобы сделать комплимент, соотношение X и теллура в нём 1:1, а  $w(\text{Te}) = 66,5\%$ .

1. Определите металл X и соединения X1-X6, запишите их химические формулы.
2. Запишите уравнения реакций 1-6.
3. Запишите тривиальное название X2, дополнив пропуск в скобках, и укажите формулу того самого синего кристаллогидрата, образуемого X2.
4. Укажите хотя бы 2 способа применения металла X, который ещё с древности использовался самым различным образом.

#### РЕШЕНИЕ:

Как известно, из семи металлов древности, именно меди соответствует Венера, знание данного факта помогает сразу и без расчетов определить металл, но к этому можно прийти и расчетным путем. При нагревании металла на воздухе образуется оксид этого металла  $\text{X}_2\text{O}_x$  причем в 1,25г X1 1г составляет сам металл X и  $\omega(\text{O})=0,25:1,25 = 0,2$  или 20%.  $\omega(\text{O})= 16x/(2*M(\text{X}) + 16x)$ , где x - количество атомов кислорода в соединении. Из данного выражения можно вывести еще более удобное для подбора  $M(\text{X}) = (16x/\omega(\text{O}) - 16x)*0,5$ .

(1)  $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$  и X1 - CuO, оксид меди(II)

В реакции 2, при растворении CuO в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется сульфат меди или "медный купорос" -  $\text{CuSO}_4$ , который может образовывать ярко-синий пятиводный кристаллогидрат  $\text{CuSO}_4*5\text{H}_2\text{O}$ , и является одним из компонентов реактива Фелинга

(2)  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  и X2 -  $\text{CuSO}_4$

При реакции солей меди с щелочами выпадает голубой осадок гидроксида меди:

(3)  $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$  и X3 -  $\text{Cu}(\text{OH})_2$

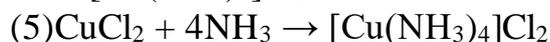
$M(\text{кристаллогидрата})=(M(\text{H}_2\text{O})*2)/\omega(\text{H}_2\text{O}) = 18\text{г/моль}*2/ 0,2104 = 171,1 \text{ г/моль}$ , так как мы растворяем оксид меди в HCl, логично предположить, что это кристаллогидрат хлорида меди. Подтвердим расчетами:

$M(\text{кристаллогидрата}) - 2*M(\text{H}_2\text{O}) - 2*M(\text{Cl}) = (171,1 - 2*18 - 35,5*2)\text{г/моль} = 64,1 \text{ г/моль} = M(\text{Cu})$ , то есть X4 -  $\text{CuCl}_2*2\text{H}_2\text{O}$

(4)  $\text{CuO} + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuCl}_2*2\text{H}_2\text{O}$

Если мы не выделяем кристаллогидрат, у нас просто есть раствор хлорида меди, через который мы пропускаем аммиак либо добавляем раствор аммиака, после чего образуется амминокомплекс меди(II), к которому можно прийти и

расчетным путем. По условию медь сохраняет свою степень окисления, то есть в комплексе содержится Cu(II). Так как координационное число у меди 4, как и было разъяснено в условии, лигандов тоже 4, то есть в комплексе 4 молекулы аммиака. По массовой доле аммиака можем вычислить молярную массу комплекса -  $M(X5) = M(NH_3) \cdot 4 / \omega(NH_3) = 17 \text{ г/моль} \cdot 4 / 0,335 = 202,98 \text{ г/моль}$ .  $202,98 - 17 \cdot 4 - 64 = 70,98 \text{ г/моль}$ , что соответствует 2 атомам хлора в молекуле, и это логично, ведь в комплексе содержится именно Cu(II).



Из описания X6 можно понять, что X6 - CuTe, так как Cu:Te = 1:1. Для подтверждения вычислим молярную массу:  $M(X6) = M(Te) / \omega(Te) = 127,6 \text{ г/моль} / 0,665 = 191,88 \text{ г/моль}$

$(191,88 - 127,6) \text{ г/моль} = 64,28 \text{ г/моль}$ , что соответствует меди.



3. медный купорос; кристаллогидрат -  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

4. Из меди делают провода, электроды, ее добавляют в сплавы, из которых потом делают различные металлоконструкции, часто медь используют в архитектурных сооружениях. Засчитываются любые 2 разумных примера применения и использования меди.

#### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	X и соединения X1-X6(по 1б за каждую формулу)	7
2	Уравнения реакций 1-6(по 1б за каждое уравнение)	12
3	Тривиальное название и формула(по 0,25б за формулу и название)	0,5
4	Применение(по 0,25б за за каждый пример)	0,5
ИТОГО		20

#### Задача 11-5 (Автор: Кузнецов П.Д)

Титрование — это аналитический метод, используемый для определения концентрации вещества в растворе. В процессе титрования один раствор (титрант) добавляется к другому раствору (анализируемому) до достижения точки эквивалентности, когда реакция между реагентами завершена, эквивалентности определяется с помощью индикатора, который изменяет цвет при достижении определенного pH, позволяя визуально определить момент, когда количество добавленного титранта соответствует количеству анализируемого вещества.

Вы работаете в школьной лаборатории и получили задание концентрацию соляной кислоты (HCl) в образце 100мл, используя раствор NaOH с концентрацией 0.15 моль/л. Вам необходимо провести кислотно-основное титрование и использовать фенолфталеин в качестве индикатора. Для титрования вы взяли из 100мл HCl только 10мл. На титрование ушло 13мл

NaOH.

1. Определите какое вещество является титрантом в нашем случае, а какое анализируемым раствором.
2. При титровании мы взяли раствор HCl, добавили туда индикатор и стали добавлять NaOH, в один момент весь HCl прореагировал (точка эквивалентности) и после добавления еще одной капли щелочи раствор изменил цвет. Определите цвет раствора.
3. Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе титрования
4. Определите количество вещества NaOH, которое потребовалось для титрования, зная концентрацию и объем, ушедший в результате титрования.
5. Определите количество вещества HCl, которое было в выданном растворе.
6. Определите концентрацию HCl в выданном растворе.
7. Какие еще три индикатора можно использовать при данном титровании.
8. Почему для титрования нужно использовать бюретку, а не пипетку Пастера.

**РЕШЕНИЕ:**

1. Определите титрант и анализируемый раствор.

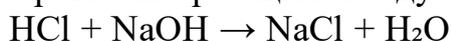
Титрант: раствор NaOH (щелочь), который мы добавляем в процессе титрования.  
Анализируемый раствор: раствор HCl (соляная кислота), концентрацию которого мы хотим определить.

2. Определите цвет раствора в точке эквивалентности.

При достижении точки эквивалентности в процессе титрования HCl и NaOH с использованием фенолфталеина, цвет раствора изменится на розовый. Фенолфталеин меняет цвет на фиолетовый при pH выше 8.2, что происходит после полного нейтрализования кислоты.

3. Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе титрования.

Уравнение реакции между соляной кислотой и гидроксидом натрия:



4. Определите количество вещества NaOH, которое потребовалось для титрования.

$$V(\text{NaOH}) = 13 \text{ мл} = 0.013 \text{ л}$$

Теперь можем рассчитать количество вещества NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0.15 \text{ моль/л} \cdot 0.013 \text{ л} = 0.00195 \text{ моль}$$

5. Определите количество вещества HCl, которое было в выданном растворе. Согласно уравнению реакции, соотношение между HCl и NaOH равно 1:1. Таким образом, количество вещества HCl будет равно количеству вещества NaOH:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = 0.00195 \text{ моль}$$

6. Определите концентрацию HCl в выданном растворе.

Теперь можем рассчитать концентрацию HCl в исходном растворе, который составляет 100 мл (или 0.1 л):

$$C(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) / V(\text{HCl}) = 0.00195 \text{ моль} / 0.01 \text{ л} = 0.195 \text{ моль/л}$$

7. Метилловый красный, метилловый оранжевый, лакмус (оценить любые логичные ответы) Балл выставляется в случае, если указаны три примера. Если 2 и меньше-

выставляется нулевая оценка

8. Из-за низкой точности пипетки Пастера она не может быть использована.

### Оценивание

№	Содержание критерия	Баллы
1	Определение титранта и анализируемого раствора	2
2	Определение цвета	2
3	Уравнение реакции	2
4	Расчет количества вещества	5
5	Расчет количества вещества	2
6	Расчет концентрации	5
7	Примеры индикаторов	1
8	Объяснение	1
ИТОГО		20