

**Задание 1. (автор Н.В. Рубан).**

1. Сумма массовых долей углерода, водорода и азота в **A** составит:

$w(C+H+N) = 44,4 + 3,7 + 51,9 = 100$, следовательно, кислород не входит в состав **A**.

Пусть масса **A** составляет 135 г (1 моль), в таком случае количество моль элементов составит:

$n(C) = m/M = (w \cdot m(A)/100\%) / M(C) = (135 \cdot 44,4/100)/12 = 5$ моль;

$n(H) = m/M = (135 \cdot 3,7/100)/1 = 5$ моль; $n(N) = m/M = (135 \cdot 51,9/100)/14 = 5$ моль.

Таким образом, 1 моль **A** содержит 5 моль **C**, **H** и **N**. Брутто-формула **A**: $C_5H_5N_5$.

Сумма массовых долей углерода, водорода и азота в **Г** составит:

$w(C+H+N) = 39,7 + 3,3 + 46,3 = 89,3\%$.

Следовательно, массовая доля кислорода в **Г** составит: $w(O) = 100 - 89,3 = 10,7\%$.

Пусть масса **Г** составляет 151 г (1 моль), в таком случае количество моль элементов составит:

$n(C) = m/M = (w \cdot m(\Gamma)/100\%) / M(C) = (151 \cdot 39,7/100)/12 = 5$ моль;

$n(H) = m/M = (151 \cdot 3,3/100)/1 = 5$ моль; $n(N) = m/M = (151 \cdot 46,3/100)/14 = 5$ моль.

$n(O) = m/M = (151 \cdot 10,7/100)/16 = 1$ моль. Таким образом, 1 моль **Г** содержит 5 моль **C**, **H**, **N** и 1 моль **O**.

Брутто-формула **Г**: $C_5H_5N_5O$.

Сумма массовых долей углерода, водорода и азота в **Ц** составит:

$w(C+H+N) = 43,2 + 4,5 + 37,8 = 85,5\% \Rightarrow w(O) = 100 - 85,5 = 14,5\%$.

Пусть масса **Ц** составляет 111 г (1 моль), в таком случае количество моль элементов составит:

$n(C) = m/M = (w \cdot m(\Pi)/100\%) / M(C) = 4$ моль; $n(H) = m/M = 5$ моль; $n(N) = m/M = 3$ моль.

$n(O) = m/M = 1$ моль. Таким образом, 1 моль **Ц** содержит 4 моль **C**, 5 моль **H**, 3 моль **N** и 1 моль **O**.

Брутто-формула **Ц**: $C_4H_5N_3O$.

Сумма массовых долей углерода, водорода и азота в **У** составит:

$w(C+H+N) = 42,8 + 3,6 + 25,0 = 71,4\% \Rightarrow w(O) = 100 - 71,4 = 28,6\%$

Пусть масса **У** составляет 112 г (1 моль), в таком случае количество моль элементов составит:

$n(C) = m/M = (w \cdot m(Y)/100\%) / M(C) = 4$ моль; $n(H) = m/M = 4$ моль; $n(N) = m/M = 2$ моль.

$n(O) = m/M = 2$ моль. Таким образом, 1 моль **Ц** содержит 4 моль **C**, 4 моль **H**, 2 моль **N** и 2 моль **O**.

Брутто-формула **У**: $C_4H_4N_2O_2$.

2. Комплементарная последовательность: **A-Ц-У-Ц-Ц-Г-У-А-Ц-А-А-Ц-Г-А-У-Ц-У-У.**

3. За один цикл ПЦР из 1 молекулы РНК получится 2 молекулы. После второго цикла концентрация молекул РНК вируса составит 4, после 3-го – 8, после 4-го – 16 и т. д. Таким образом: $C(\text{РНК SARS-Cov-2}) = 2^n \geq 1000$.

Если прологарифмировать указанное выражение по основанию 2 получим: $n \geq (\lg_2 1000 = 9,966) \sim 10$ циклов.

Можно получить то же число 10 подбором: $2^9 = 512 < 1000 < 2^{10} = 1024$.

4. Минимальное количество молекул $X_{\min} \cdot 2^{40} \geq 3,5 \cdot 10^{12} \Rightarrow X_{\min} \geq (3,5 \cdot 10^{12} / 2^{40} = 3,18) \sim 4$ молекулы РНК вируса.

5. Будем считать, что концентрации вирусов у Лёши и Васи ($C_{\text{Лёши}}$ и $C_{\text{Васи}}$) в момент обнаружения оказались примерно равны. Тогда $C_{\text{Лёши}} \cdot 2^{10} \approx C_{\text{Васи}} \cdot 2^{35}$. Отсюда $C_{\text{Лёши}} / C_{\text{Васи}} \approx 2^{35} / 2^{10} = 2^{25} = 3,35 \cdot 10^7$ раз. В мазке Лёши концентрация молекул РНК SARS-Cov-2 была больше в $3,35 \cdot 10^7$ раз.

6. $m_{\text{раствора}} = p \cdot V = 100 \cdot 1,018 = 101,8$ г. $w(\text{Трис}) = (m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}) \cdot 100\% = 6,05 \cdot 100\% / 101,8 = 5,94\%$.

$w(\text{MgCl}_2) = (m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}) \cdot 100\% = 0,143 \cdot 100\% / 101,8 = 0,14\%$.

$w(\text{KCl}) = (m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}) \cdot 100\% = 3,72 \cdot 100\% / 101,8 = 3,65\%$.

$w(\text{TWEEN 20}) = (m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}) \cdot 100\% = 1,108 \cdot 100\% / 101,8 = 1,09\%$.

7. COVID-19 – CoronaVirus Disease 2019

Система оценивания:

1. Расчет брутто-формул A , Г , Ц , У по 2 б.	2*4 = 8 б.
2. Верно составленная последовательность 2 б., с одной ошибкой 1 б., с двумя и более ошибками 0 б.	2 б.
3. Расчет числа циклов 3 б.	3 б.
4. Расчет и вывод о 4-х молекулах 3 б. (3,2 молекулы 2 б.)	3 б.
5. Расчет соотношения концентраций 3 б.	3 б.

6. Расчет массовых долей по 2 б.	2*4 = 8 б.
7. Расшифровка аббревиатуры 1 б.	1 б.
Всего:	28 баллов.

Задание 2. (автор А.С. Чубаров).

1. В задаче описаны свойства перекиси (пероксида) водорода – H_2O_2 (А). H_2O_2 можно отнести к одному из следующих классов соединений (в зависимости от типа реакций): пероксиды (пероксосоединения), окислители, восстановители, слабые кислоты, лиганды. Перекись водорода является довольно известным антисептиком и используется чаще всего для обработки порезов, ссадин, царапин, промывания гнойных ран для удаления гноя и инфекции. Обладает слабо выраженным кровоостанавливающим эффектом.

2. В 1 л 30 % раствора $m_{\text{чист}}(H_2O_2) = 1000 \times 1,112 \times 0,3 = 333,6$ г; $m(3\% H_2O_2) = 333,6/0,03 = 11120$ г, $V(3\% H_2O_2) = 11120/1,009/1000 = 11,0$ л.

3. Рассчитаем массы компонентов в 100 г антисептика: $m_{\text{спирта}} = 100 \times 0,73 = 73$ г; $m_{\text{глицерина}} = 100 \times 0,02 = 2$ г; $m_{H_2O_2} = 100 \times 0,00143 = 0,143$ г. $V_{\text{спирта}(96\%)} = (73/0,96)/0,8014 = 95$ мл; $V_{\text{глицерина}(98\%)} = (2/0,98)/1,2558 = 1,63$ мл; $V_{\text{перекиси}(30\%)} = (0,143/0,3)/1,112 = 0,43$ мл; $m_{\text{воды}} = 100 - 73/0,96 - 2/0,98 - 0,143/0,3 = 21,4$ г; $V_{\text{воды}} = 21,4$ мл. Напиток «Водка» содержит всего 40 об. % спирта, что заметно меньше, чем содержание спирта в антисептике, поэтому приготовить антисептик на основе «Водки» не получится.

4. Катализаторы разложения – MnO_2 , $NaOH$, платиновые металлы (палладий, платина и др.), большинство кислот, KI , соединения меди, железа, кобальта, большинство солей d-элементов, фермент каталаза.

Уравнение реакции [1]: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. Две причины видимого бурного протекания реакции:

1) Выделение газа, что приводит к бурлению смеси; 2) Разогрев реакционной смеси за счет выделяющегося тепла вызывает резкое возрастание давления кислорода и водяного пара над раствором. Резкий рост давления в реакционном сосуде приводит к выбросу бурлящей смеси.

5. $Q_{\text{реакции [1]}} = 2Q_{\text{обр}}(H_2O_{\text{ж}}) - 2Q_{\text{обр}}(H_2O_2) = 2 \times 285,8 - 2 \times 187,8 = 196,0$ кДж/моль.

$n(H_2O_2) = 1,009 \times 100 \times 0,03/34 = 0,089$ моль; выделилось $Q = 196 \times 0,089/2 = 8,72$ кДж.

$Q = Cm\Delta t$, тогда $\Delta t = 8720/(4,18 \times 100) = 20,9$ °С. Температура раствора составит $25 + 20,9 = 45,9$ °С.

6. Уравнения реакций: [2] $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$; [3] $Mn(OH)_2 + H_2O_2 = MnO_2 + 2H_2O$;

[4] $SO_2 + H_2O_2 = H_2SO_4$; [5] $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 = 2Fe(OH)_3$; [6] $2KI + H_2O_2 = I_2 + 2KOH$.

7. Реакции № [7] в задании не оказалось из-за ошибки в нумерации.

[8] $2KMnO_4 + 3H_2O_2 = 2KOH + 2MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O$; название опыта – «гейзер».

Процесс восстановления пероксида перманганатом протекает сложно, в несколько стадий, и требует катализатора – ионов Mn^{2+} или MnO_2 . Если взять раствор свежеперекристаллизованного (не успевшего подвергнуться разложению) перманганата калия, реакция окисления им пероксида водорода протекает крайне медленно. По мере накопления диоксида марганца ее скорость возрастает, так как образуются нужные каталитические частицы. Это пример автокаталитической реакции.

Система оценивания:

1. Формула H_2O_2 2 б., класс соединений 1 б., использование в быту 1 б.	2+1*2 = 4 б.
2. Расчет объема 2 б.	2 б.
3. Расчет объемов спирта, глицерина и H_2O_2 по 1 б., воды 2 б., использование Водки 1 б.	1*3+2+1 = 6 б.
4. Катализатор (2 шт) по 1 б., уравнение [1] 1 б., две причины бурного протекания реакции по 1 б.	1*2+1+1*2 = 5 б.
5. Расчет теплового эффекта реакции, тепло на 100 г раствора и температура раствора по 2 б.	2*3=6 б.
6. Уравнения 2-6 по 1 б.	1*5 = 5 б.
7. Уравнение 8 1 б., объяснение ускорения реакции 1 б, название опыта 1 б.	1+1+1 = 3 б.
Всего:	28 баллов

Задание 3. (авторы В.А. Воробьев, В.А. Емельянов).

1. Один литр или 1000 см^3 концентрированной соляной кислоты с плотностью $1,174 \text{ г/см}^3$ весят 1174 г, из которых 35 % - хлороводород. Это соответствует $0,35 \times 1174 = 410,9$ г или $410,9/36,5 = 11,26$ молям хлороводорода. Молярная концентрация составляет 11,26 моль/л. Для раствора с плотностью $1,185 \text{ г/см}^3$ и содержанием хлороводорода 38 % молярная концентрация хлороводорода составляет 12,34 моль/л. Интервал концентраций по ГОСТу – 11,26-12,34 моль/л.

2. В 250 мл 3 М (моль/л) соляной кислоты содержится $3 \times 0,25 = 0,75$ моль хлороводорода. Такое количество хлороводорода содержится в $0,75/11,26 = 0,0666$ л или 66,6 мл 11,26 М соляной кислоты либо в $0,75/12,34 = 0,0608$ л или 60,8 мл 12,34 М соляной кислоты.

3. Полученный Игорем раствор соляной кислоты с плотностью $1,045 \text{ г/см}^3$ близок по плотности к 10 % раствору. При увеличении концентрации с 8 % до 10 % плотность увеличивается на $0,009 \text{ г/см}^3$, следовательно, на каждый $0,001 \text{ г/см}^3$ увеличения плотности приходится $0,22 \%$ увеличения концентрации. Следовательно, у Игоря получился $9,33 \%$ раствор. 1 литр такого раствора весит 1045 г , в нем содержится $0,0933 \cdot 1045 = 97,5 \text{ г}$ хлороводорода, что соответствует концентрации $97,5/36,5 = 2,67 \text{ моль/л}$ соляной кислоты.

4. В условии задания сказано, что Игорь перенес $62,5 \text{ мл}$ в колбу на 250 мл и разбавил водой. Так как объем колбы в 4 раза больше перенесенного объема, то в колбе после разбавления концентрация в 4 раза меньше, чем в исходной кислоте. По расчетам концентрация составила $2,67 \text{ моль/л}$, следовательно, концентрация исходной соляной кислоты составляет $4 \cdot 2,67 = 10,69 \text{ моль/л}$. Это значение меньше, чем $11,26 \text{ моль/л}$ по ГОСТу, так как концентрированная соляная кислота дымит на воздухе и со временем хлороводород улетает из концентрированного раствора. (Поскольку в бутылки оставалась всего половина кислоты, скорее всего, бутылки открывали много раз).

5. Уравнения реакций: $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 3\text{H}_2\uparrow + 2\text{AlCl}_3$; $\text{ZnS} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{ZnCl}_2$; $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{O} + \text{CuCl}_2$;
 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + 2\text{FeCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$; $\text{F}_2 + 2\text{HCl} = \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{HF}$;
 $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl} = \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HCl} = \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. Нижняя и верхняя границы молярных концентраций по 2 б.	2+2 = 4 б.
2. Минимальный и максимальный объемы по 2 б.	2+2 = 4 б.
3. Массовая доля 3 б., молярная концентрация 1 б.	3+1 = 4 б.
4. Молярная концентрация $\text{HCl}_{\text{конц}}$ 2 б., объяснение 2 б.	2+2 = 4 б.
5. За уравнения реакций по 1 б	1*9=9 б.
Всего:	25 баллов.