

ЗАДАНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

8 Класс

В 3 пробирках находятся вода, раствор гидроксида натрия, раствор соляной кислоты. Как, используя только фенолфталеин, определить содержимое пробирок? Можно ли применить предложенный Вами вариант решения, если будет необходимо различить растворы другой щелочи и кислоты?

ЗАДАНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

9 Класс

В отдельных не подписанных пробирках имеются хлорид аммония, карбонат калия, карбонат кальция и сульфат калия. Как, не используя других реактивов, кроме воды и индикаторов, идентифицировать эти вещества?

ЗАДАНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

10 Класс

Даны растворы: FeCl_3 , гидрохинона, пирокатехина, резорцина, молочной кислоты, глицина.

Не используя других реактивов, определите содержимое склянок. Напишите уравнения всех проведенных реакций.

ЗАДАНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

11 Класс

Даны растворы: CuSO_4 , NaOH , HCl , сахарозы, глюкозы, глицина, уксусной кислоты, этанола, глицерин.

Не используя других реактивов, определите содержимое пробирок. Напишите уравнения всех проведенных реакций.

Председатель оргкомитета
Открытой олимпиады Северо-Кавказского
федерального университета «45 параллель»,
проректор по образовательной деятельности



 В.А. Иванов

**Критерии оценивания
практического тура**

заключительного этапа

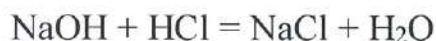
олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального

университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

8 класс

Фенолфталеин – индикатор, который окрашивается в малиновый цвет в растворе щелочи. После прибавления к аликвотам, отобраным из каждой пробирки, определяем раствор NaOH по малиновому окрашиванию. Следующий этап определения – к части окрашенного раствора NaOH добавляем пробы из оставшихся пробирок. Если в пробирке вода – ничего не происходит. Если кислота – раствор обесцветится в результате протекания реакции нейтрализации:



Да, можно. Фенолфталеин – индикатор на щелочную среду, а не на конкретное соединение.

Определение 3-х соединений 3x4 = 12 баллов

Уравнение реакции нейтрализации 5 баллов

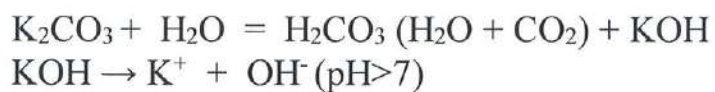
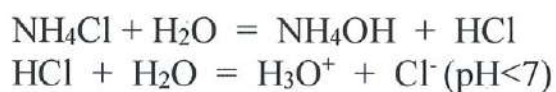
Ответ на вопрос 3 балла

Итого 20 баллов

9 класс

Идентификация основана на взаимодействии указанных веществ с водой. Во все 4 пробирки наливаем воду. Вещество, не растворяющееся в воде – это CaCO₃. В трёх остальных произошло растворение. Образовавшиеся растворы проверяем индикатором (например, универсальной бумагой). Индикатор окрасился в красный цвет – в пробирке NH₄Cl (кислая среда, гидролиз по катиону). Индикатор окрасился в зелёный цвет – в пробирке K₂CO₃ (щелочная среда, гидролиз по аниону). Индикатор не изменил цвет – в пробирке K₂SO₄ (соль не подвергается гидролизу, т.к. образована сильным основанием и сильной кислотой).

Уравнения гидролиза:



Определение 4-х соединений 4x3 = 12 баллов
2 уравнения гидролиза 2x4 = 8 баллов

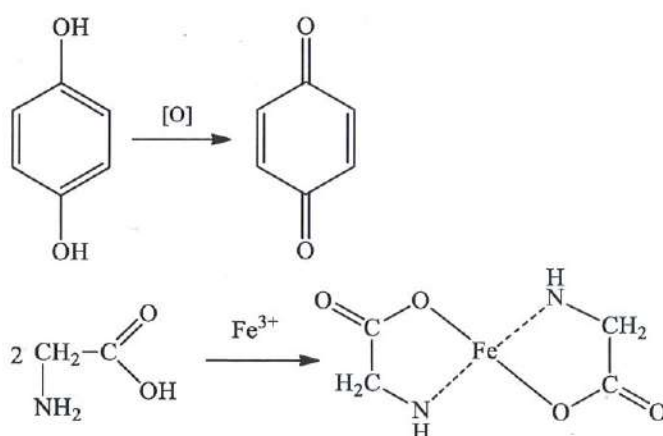
Итого 20 баллов

10 класс

Фенолы, окси- и аминокислоты дают с Fe^{3+} окрашенные комплексы:

В пробирки наливаем по 1 мл исследуемых растворов и 1-2 капли раствора хлорида железа. Наблюдаем:

Пирокатехин о-диоксибензол		зеленое
Резорцин м-диоксибензол		фиолетовое
Гидрохинон п-диоксибензол		зеленое, быстро переходящее в желтое, вследствие окисления гидрохинона в хинон.
Молочная кислота 2-оксипропионовая кислота		желто-зеленое
Глицин Аминоуксусная кислота		красно-бурое



Система оценивания:

Правильное определение веществ – 6 баллов

Планирование анализа и описание результатов – 6 баллов

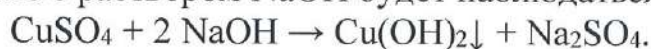
Правильное написание структуры комплекса и схема реакции – 7 баллов.

Итого 20 баллов.

11 класс

Раствор CuSO_4 определяется по характерному голубому окрашиванию.

Прилив этот раствор к небольшому количеству остальных образцов, только с раствором NaOH будет наблюдаться образование голубого осадка.

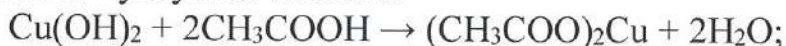


Полученный осадок гидроксида меди можно использовать для определения органических веществ.

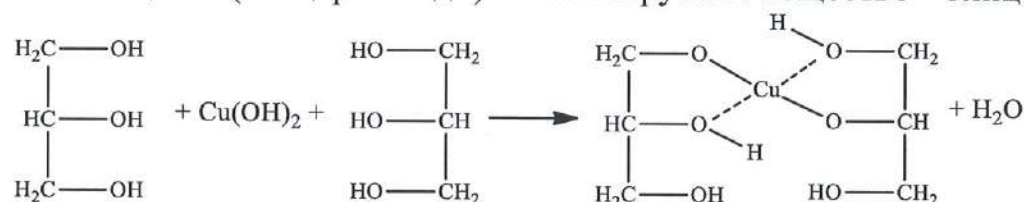
Для проведения анализа берется 1-2 капли сульфата меди и 1-2 мл щелочи. К полученному осадку гидроксида меди (II) приливают исследуемые растворы (всего пять пробирок).

Наблюдаем:

- В пробирке, в которой произошло полное растворение осадка и раствор приобрел светло-голубое окрашивание – ацетат меди. Анализируемое вещество – уксусная кислота:



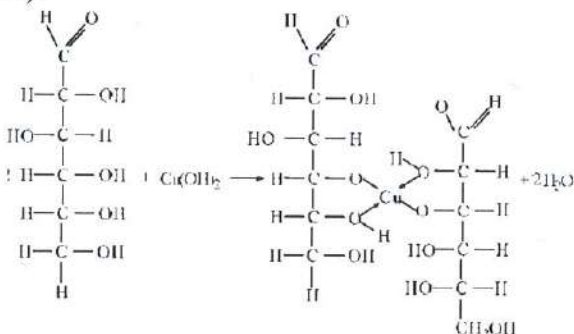
- пробирке, в которой голубой осадок растворяется и образуется раствор ярко-синего цвета (глицерат меди). Анализируемое вещество – глицерин:

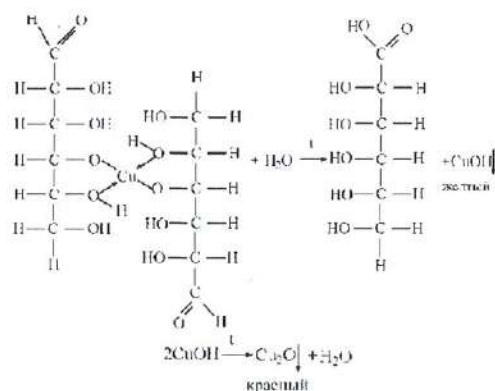


Оставшиеся три пробирки, в которых произошло незначительное углубление окраски поочередно доводим до кипения и отставляем в штативе.

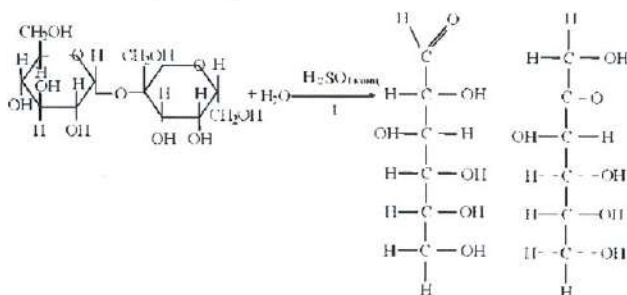
Наблюдаем:

В пробирке с глюкозой раствор начнет обесцвечиваться и будет наблюдаться выпадение осадка, сначала желтый (CuOH), потом красный (Cu_2O):

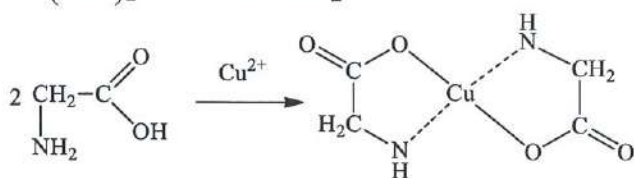
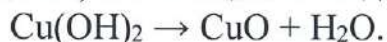




- с сахарозой цвет раствора не изменяется (в некоторых при стоянии может наблюдаться слабое изменение окраски, вследствие частичного гидролиза сахарозы).



- в пробирке, к которой был добавлен глицин выпадает черный осадок CuO. Неустойчивый в щелочной среде комплекс глицина с медью при нагревании разрушается до CuO без окислительно-восстановительного процесса, т.к. глицин не содержит легко-окисляющихся групп.



Система оценивания:

Правильное определение веществ – 5 баллов

Планирование анализа и описание результатов – 3 баллов

Правильное написание уравнений реакций – 7 баллов

Написание структурных формул комплексов – 5 баллов.

Итого 20 баллов.

Председатель оргкомитета
Открытой олимпиады Северо-Кавказского
федерального университета «45 параллель»,
проректор по образовательной деятельности



В.А. Иванов

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

8 Класс

Задание 1.

Напишите по два уравнения реакций, которые соответствуют предлагаемым схемам:

- 1) Тв. \rightarrow Тв. + Тв.
- 2) Тв. + Тв. \rightarrow Тв.
- 3) Тв. + Тв. \rightarrow Тв. + Тв.
- 4) Тв. \rightarrow Газ + Тв.
- 5) Тв. \rightarrow Газ + Газ

Задание 2.

Сплав двух металлов, отличающихся атомными номерами на единицу, массой 8,45 г сожгли в кислороде объемом 4,48 л. Предложите три возможных состава сплава, учитывая, что кислород израсходовался полностью, а один из вариантов сплава может растворяться в воде с выделением газа X и смеси веществ Y1 + Y2. Напишите уравнения всех указанных реакций.

Задание 3.

Бесцветный очень токсичный газ А проявляет подобные галогенам химические свойства. В частности, его можно получить реакцией, аналогичной реакции Cu^{2+} с иодид-ионами. При взаимодействии газа А с раствором щелочи образуются вещества В и С. Вещество В может образовывать прочные окрашенные комплексы с ионами переходных металлов. Например, с ионами железа известны соединения D, E и F с желтой, красной и синей окраской, соответственно.

Расшифруйте вещества А – F.

Напишите реакции получения веществ А – F и взаимодействия иодид-ионов с двухвалентной медью.

Какие тривиальные названия имеют вещества D – F?

Задание 4.

Растворимость Na_2CO_3 при 80 °С составляет 45,1 г/100г воды, а при 20 °С – 21,8 г/100г воды. Определите, какая масса десятиводного кристаллогидрата выпадет в осадок, если охладить 150 г насыщенного раствора соды от 80 °С до 20 °С.

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

9 Класс

Задание 1.

Неизвестный металл А растворили в соляной кислоте (реакция 1). Полученный хлорид обработали избытком газа, молекула которого изоэлектронна молекуле N_2 , под давлением (реакция 2). Продукт данной реакции разлагается при нагревании (реакция 3), а при взаимодействии с концентрированной серной кислотой выделяется смесь двух газов и раствор после реакции имеет бледно-розовую окраску (реакция 4). При растворении оксидов некоторых редкоземельных элементов, в которых металл находится в высшей степени окисления, в серной кислоте в присутствии продукта реакции 4 и пиррофосфата натрия раствор окрашивается в насыщенный малиновый цвет (реакция 5). Этот же продукт можно получить восстановлением интенсивно окрашенной соли металла А, находящегося в высшей степени окисления, в присутствии пиррофосфата натрия (реакция 6).

- 1) Расшифруйте неизвестные вещества.
- 2) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
- 3) Опишите строение продукта реакции 2.

Задание 2.

В сосуде объемом 5.00 л при температуре 18 °С и давлении 386.90 кПа находится газовая смесь массой 36.13 г, состоящая из двух оксидов (содержат 36.36 и 72.72 % кислорода) и соединения азота с углеродом (содержание углерода 46.15 %, относительная плотность по воздуху 1.79). Определите:

- 1) качественный состав газовой смеси и ее среднюю молярную массу;
- 2) на сколько градусов необходимо повысить температуру, чтобы давление в сосуде возросло до 5 атм.;
- 3) парциальное давление каждого газа при данной температуре, если смесь газов прореагировала с 530мл 3,78 %-ого раствора NaOH ($\rho = 1.041 \text{ г/см}^3$).

Задание 3.

Для очистки растворимых в воде солей используется различие в их растворимости при различных температурах. Для каустической соды растворимость в широком диапазоне температур приведена в таблице.

Растворимость, г Na ₂ CO ₃ на 100 г H ₂ O										
t, °C	0	10	20	25	30	40	50	60	80	100
Раст-ть,	7	12,2	21,8	29,4	39,7	48,8	47,3	46,4	45,1	44,7

Рассчитайте, какую минимальную массу каустической соды, содержащей 92,00 % десятиводного кристаллогидрата и нерастворимые примеси, а также воды следует взять, чтобы получить 5,00 г очищенного Na₂CO₃·10H₂O.

Каким объемом 0,1 М соляной кислоты можно нейтрализовать оставшийся после отделения осадка раствор с использованием метилового оранжевого, как индикатора? Будет ли отличаться объем израсходованной кислоты, если в качестве индикатора применять фенолфталеин? (Переходы окраски фенолфталеина и метилового оранжевого лежат в области 3,1 – 4,4 и 8 – 10 единиц pH, соответственно).

Задание 4.

Вещество А представляет собой кристаллогидрат неизвестной соли. При нагревании до 200 °С вещество А обезвоживается и теряет 29,6 % массы с образованием соли Б. При дальнейшем нагревании соли Б до 400 °С наблюдается ее разложение, причем в среде аргона наблюдается эндотермический эффект реакции разложения, а в воздушной среде – экзотермический. В обоих условиях продуктом разложения является соль В, причем ее масса составляет 54,9 % от массы вещества А, и газ Г1. При более сильном нагревании (около 750°С) соли В выделяется газ Г2 и образуется вещество Д (30,8% от массы А), которое интенсивно реагирует с водой.

- 1) Определите неизвестные вещества. Напишите уравнения всех указанных реакций.
- 2) Объясните различие в тепловых эффектах при разложении в-ва Б в среде аргона и воздуха.

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

10 Класс

Задание 1.

В аналитической лаборатории проводили оценку канцерогенности мяса по результатам определения концентрации бенз[а]пирена в продукте. (Для контроля были отобраны образцы мяса разных торговых марок по 1 кг. Анализ проводили с использованием газового хроматографа с селективным детектором. В качестве аналитического сигнала (сигнал, выдаваемый прибором при анализе пробы) используется площадь пика. В ходе исследования получены следующие результаты аналитического сигнала (АС) для одного исследуемого образца: 238, 253, 264, 245, 256, 240, 261.

Для расчета концентрации в образцах использовали следующие данные.

С _{БАП} , нг/мл	0,05	0,1	0,5	1	1,5	0,05
АС	55	108	541	1035	1562	55

1) Определите концентрацию бенз[а]пирена в образце в мкг/кг. Если известно, что пробоподготовка образца следующая: к 2 г образца добавляют 500 мкл экстрагирующего растворителя, затем полученный экстракт переносят в пробирку, добавляют 3 мл воды и 50 мкл хлороформа. Впоследствии, полученную смесь центрифугируют и отбирают 50 мкл хлороформа для анализа. Получают соответствующий аналитический сигнал компонента в хлороформном экстракте пробы.

2) Рассчитайте стандартную неопределенность (U) полученных результатов измерений по данной методике, если известно, что для расчета неопределённости применяют следующие две формулы. Для расчета абсолютной стандартной неопределенности $U = \sqrt{S_{V_{\text{колбы}}}^2 + S_{V_{\text{пипетки}}}^2 + \dots}$ и относительной $\frac{U}{R} = \sqrt{\left(\frac{S_{V1}}{V1}\right)^2 + \left(\frac{S_{V2}}{V2}\right)^2 + \dots}$, R – результат анализа. При расчете стандартной неопределенности результатов измерений необходимо учесть погрешность (s) каждого элемента анализа, в том числе оценить случайную погрешность – обычно для этого используют формулу стандартного отклонения:

$$s(x) = \sqrt{V(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Погрешность применяемой посуды представлены в таблице.

Погрешность используемой посуды:

Название посуды	Пипетка на 1 мл	Пипетка на 0,2 мл	Пипетка на 5 мл
Погрешность	0,05	0,002	0,2

Погрешность весов и прибора взять равной 0,05% и 0,5% соответственно

3) Представьте результаты анализа в виде $(X \pm X \cdot U)$, мкг/кг.

Задание 2.

Даны брутто-формулы следующих соединений: $C_5H_{10}O$, C_5H_5N , C_6H_{10} , C_7H_8 , C_8H_8 . Известно, что в молекуле каждого соединения имеется один шестичленный цикл. Напишите структурные формулы всех пяти соединений и укажите те вещества, которые будут обесцвечивать раствор хлора в четыреххлористом углероде. Запишите схемы возможных реакций хлорирования.

Задание 3.

Как средство первой помощи в медицине иногда используются охлаждающие и согревающие пакеты одноразового действия. Они представляют собой пакет содержащий сухую соль и мешочек с водой. При встряхивании или легком ударе пакет с водой разрывается, и температура пакета повышается или понижается. Объясните с чем это связано

У Вас в наличии соли $CaCl_2$, Na_2SO_4 , NH_4NO_3 , $NaNO_3$. Какую из этих солей лучше использовать в охлаждающем пакете, а какую – в согревающем. Ответ подтвердите расчетами, если количества соли и воды составляют 50 г и 100 мл соответственно.

Привести термохимические уравнения.

Справочные данные:

Вещество	$\Delta H_f^0_{298}$ (кДж/моль)
$CaCl_2$	-794,96
$(NH_4)_2SO_4$	-1180,26
$NaNO_3$	-466,68
NH_4NO_3	-365,56
$BaCl_2$	-860,1
$Ba^+_{(aq)}$	-537,64
$Ca^+_{(aq)}$	-542,96
$Cl^-_{(aq)}$	-167,16
$Na^+_{(aq)}$	-240,12
$NH_4^+_{(aq)}$	-132,51
$NO_3^-_{(aq)}$	-205,57
$SO_4^{2-}_{(aq)}$	-909,27

Задание 4.

Установите соединение состава C_9H_{10} . При проведении некоторых манипуляций было обнаружено следующее:

а) при действии на это ароматическое соединений избытка раствора брома в тетрахлорметане образуется дибромпроизводное;

б) бромирование этого вещества эквимольным количеством брома на свету дает монобромпроизводное;

в) бромирование эквимолярным количеством брома в темноте при добавлении кислоты Льюиса приводит к образованию трех монобромпроизводных.

Предложите структурную формулу этого вещества и продуктов бромирования. Напишите схемы соответствующих реакций, используя структурные формулы соединений.

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2024-2025 года

11 Класс

Задание 1.

В природоохранное агентство поступила жалоба от местных жителей об ухудшении качества воды в реке А. По руслу реки установлено два завода согласно схеме, представленной на рисунке.

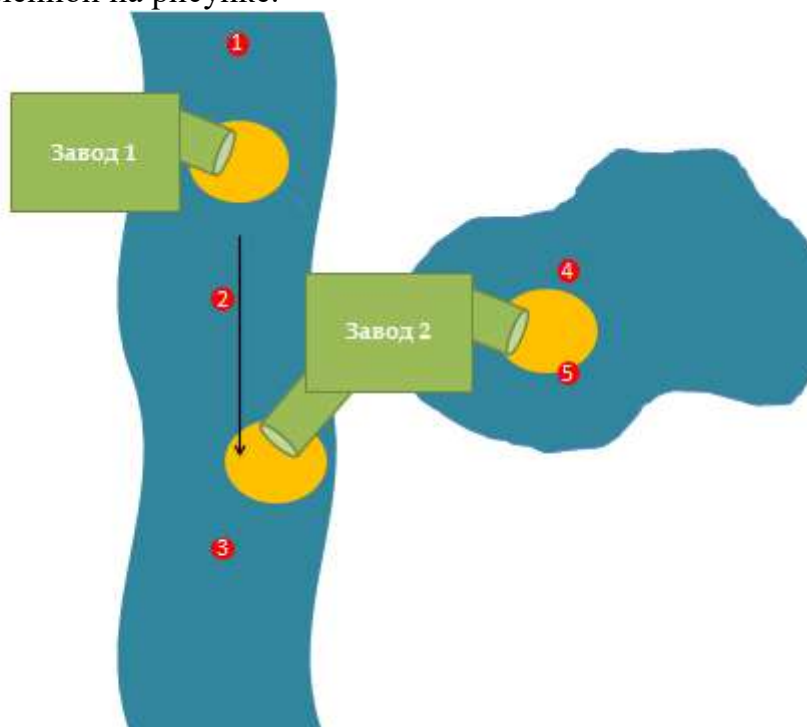


Рисунок – Точки отбора проб на исследуемой территории (желтым цветом выделены места сброса промышленных отходов)

Сотрудники экологического центра подготовили план детального исследования территории. В качестве показателей загрязнения выбрали несколько синтетических соединений: ПХБ-105, ПХБ-156, ПХБ-157, ПХБ-167. Результаты измерений по точкам занесли в журнал.

Номер точки	Показатель загрязнения и его концентрация в нг/л			
	ПХБ-105	ПХБ-126	ПХБ-157	ПХБ-169
1	1,5	0,84	1,2	2,3
2	110	65	72	58
3	105	60	71	45
4	2,5	2,4	1,0	1,8
5	3,0	3,1	1,5	2,6

Токсичность смеси устанавливают по значению общего показателя токсичности, рассчитываемого по формуле:

$TEQ = \sum TEF \cdot C_{PCBS}$, где TEF – индивидуальный коэффициент токсичности, C_{PCBS} – концентрация индивидуального соединения. Индивидуальные коэффициенты токсичности приведены ниже в таблице.

Соединение	TEF
ПХБ-105	0,0003
ПХБ-126	0,1
ПХБ-157	0,0003
ПХБ-169	0,03

По результатам суммарной токсичности загрязненность воды характеризуют следующим образом.

TEQ	Загрязненность
<0,5	слабая загрязненность
0,5 – 5	умеренная
> 5	высокая

С учетом приведенной информации:

- 1) Установите токсичность смеси ПХБ в каждой исследуемой точке.
- 2) Охарактеризуйте степень загрязненности реки А.
- 3) Возможно ли с высокой вероятностью установить источник загрязнения реки А? Какой завод скорее всего наносит вред окружающей среде, в частности, реке А.

Задание 2.

В среднем, человек массой 60 кг проходя 5 км, расходует около 210 ккал.

Сколько глюкозы (масса) должно окислиться в организме, чтобы человек мог пройти это расстояние, если считать, что при окислении глюкозы кислородом 40% выделяемой энергии выделяется в виде теплоты.

Постоянство температуры тела поддерживается, в частности, процессом испарения воды с поверхности кожи, объясните почему. Какая масса воды должно испариться с поверхности тела, чтобы температура оставалась постоянной.

Рассчитайте теплоту образования глюкозы по известным теплотам сгорания соответствующих простых и сложных веществ.

Напишите термохимические уравнения всех описанных реакций.

Справочные данные 1 кал = 4,184 Дж.

$\Delta H_{298}^{cf}(C) = -393,51$ кДж/моль

$\Delta H_{298}^{cf}(H) = -285,83$ кДж/моль

$\Delta H_{298}^{cf}(C_6H_{12}O_6) = -2816$ кДж/моль

Удельная теплота испарения воды 2260 Дж/г.

Задание 3.

При инвентаризации на химическом складе была обнаружена склянка с неизвестным веществом, на этикетке которой значилась только брутто-формула $C_8H_9O_2N$. Сотрудники лаборатории органической химии провели с этим соединением серию опытов. Вот, что удалось выяснить:

а) при действии на это соединение восстановителя (железо в присутствии конц. соляной кислоты) образуется соединение $C_8H_{12}NBr$;

б) бромирование этого вещества в присутствии кислоты Льюиса приводит к образованию смеси двух изомеров состава $C_8H_8O_2NBr$;

в) окисление этого неизвестного соединения кислым раствором перманганата калия приводит к веществу $C_8H_5O_6N$.

Установите структурную формулу вещества, обнаруженного на складе. Ответ обоснуйте. Напишите схемы соответствующих реакций, используя структурные формулы соединений.

Задание 4.

Определенное количество глюкозы было подвергнуто спиртовому брожению. При этом выделилось столько же углекислого газа, сколько его образуется при полном сгорании 240 г уксусной кислоты. Определите массу глюкозы, если известно, что выход в реакции брожения составляет 93% от теоретически возможного.

Председатель оргкомитета
Открытой олимпиады Северо-Кавказского
федерального университета «45 параллель»
проректор по образовательной деятельности



 В.А. Иванов

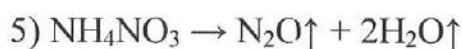
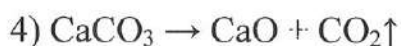
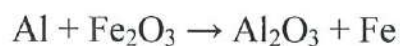
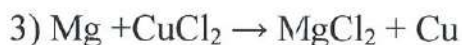
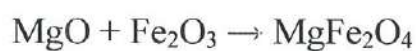
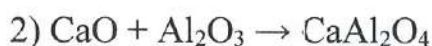
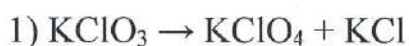
**Критерии оценивания
заключительного этапа
теоретического тура**

**Открытой олимпиады Северо-Кавказского федерального университета
«45 параллель» среди учащихся образовательных организаций по химии
2024-2025 года**

8 класс

Задание 1.

Возможные варианты решения.



Существует множество альтернативных примеров

1	Правильно написаны уравнения реакций	5x3 = 15 баллов
2	Правильно расставлены коэффициенты	5x1 = 5 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — **20 баллов**

Задание 2.

Решение:

Сначала найдем среднюю молярную массу металлов по закону эквивалентов, учитывая, что эквивалентный объем кислорода равен $\frac{22,4\text{л/моль}}{4} = 5,6\text{л/моль}$:

$$\frac{8,45\text{г}}{x} = \frac{4,48\text{л}}{5,6\text{л/моль}}$$

$$\text{Откуда } x = \frac{8,45\text{г} \times 5,6\text{л/моль}}{4,48\text{л}} = 10,6 \text{ г/моль.}$$

Очевидно, что полученное значение должно лежать между молярными массами эквивалента металлов, входящих в сплав.

Учитывая, что металлы расположены рядом в периодической системе наиболее вероятным будет отличие их эквивалентов на единицу. Тогда перебором возможных вариантов находим, что при комбинации $z_1 = 2$ и $z_2 = 3$ найденная значение средней молярной массы эквивалента лежит между величинами для магния ($M_E(\text{Mg}) = 24/2 = 12 \text{ г/моль}$) и алюминия ($M_E(\text{Al}) = 27/3 = 9 \text{ г/моль}$).

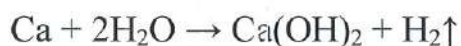
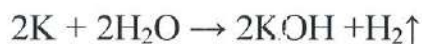
При $z_1 = 4$ и $z_2 = 5$ условиям задачи удовлетворяет комбинация титан ($M_E(\text{Mg}) = 48/4 = 12 \text{ г/моль}$) и ванадий ($M_E(\text{V}) = 51/5 = 10,2 \text{ г/моль}$).

Третий вариант может быть найден, если учесть, что при сгорании в кислороде щелочных металлов продуктами будут пероксиды и супероксиды. Тогда эквивалент щелочного металла будет равен 2 для натрия в случае образования пероксида Na_2O_2 и 4 для калия при образовании супероксида. В таком случае сплав калия с кальцием также удовлетворяет условию задачи:

$$M_E(\text{K}) = 39/4 = 9,75 \text{ г/моль}$$

$$M_E(\text{Ca}) = 40/2 = 20 \text{ г/моль.}$$

Данный сплав может реагировать с водой согласно реакциям:



Вещества KOH и Ca(OH)_2 – Y_1 и Y_2 , а водород – это газ X .

Рассчитаем состав сплавов.

В первом сплаве масса магния пусть будет равна x , тогда алюминия – $(8,45-x)$. Согласно закону эквивалентов:

$$n(\text{Mg}) + n(\text{Al}) = n(\text{O}_2)$$

$$\frac{m(\text{Mg})}{M_E(\text{Mg})} + \frac{m(\text{Al})}{M_E(\text{Al})} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_E(\text{O}_2)}$$

$$x/12 + (8,45-x)/9 = 4,48/5,6$$

$$x + 11,27 - 1,33x = 9,6$$

$$0,33x = 1,67$$

$$x = 5,06 \text{ г} - \text{масса магния.}$$

Масса алюминия $8,45 - 5,06 = 3,39$ г.

Аналогично находим состав других сплавов:

Пусть масса титана равна x , а ванадия – $(8,45-x)$. Согласно закону эквивалентов:

$$n(\text{Ti}) + n(\text{V}) = n(\text{O}_2)$$

$$\frac{m(\text{Ti})}{M_E(\text{Ti})} + \frac{m(\text{V})}{M_E(\text{V})} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_E(\text{O}_2)}$$

$$x/12 + (8,45-x)/10,2 = 4,48/5,6$$

$$x + 9,94 - 1,18x = 9,6$$

$$0,18x = 0,34$$

$$x = 1,89 \text{ г} - \text{масса титана.}$$

Масса ванадия $8,45 - 1,89 = 6,56$ г.

Пусть масса калия равна x , а кальция – $(8,45-x)$. Согласно закону эквивалентов:

$$n(\text{K}) + n(\text{Ca}) = n(\text{O}_2)$$

$$\frac{m(\text{K})}{M_E(\text{K})} + \frac{m(\text{Ca})}{M_E(\text{Ca})} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_E(\text{O}_2)}$$

$$x/9,75 + (8,45-x)/20 = 4,48/5,6$$

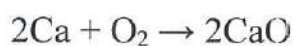
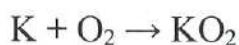
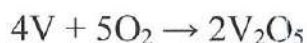
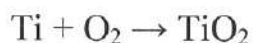
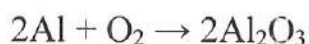
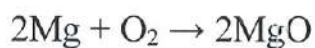
$$2,05x + 8,45 - x = 16$$

$$1,05x = 7.55$$

$$x = 7.19 \text{ г} - \text{масса калия.}$$

Масса кальция $8,45 - 7,19 = 1.26 \text{ г}$.

Реакции окисления:



1	Правильно определены три возможных состава сплава с приведением расчетов	3x4 = 12 баллов
2	Правильно написаны уравнения реакций	8x0,5 = 8 баллов
3	Правильно расставлены коэффициенты	8x0,5 = 4 балла

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 3.

Решение:

Токсичный газ А очевидно относится к псевдогалогенам, поскольку имеет подобные им свойства. Простейший представитель псевдогалогенов — дициан C_2N_2 . Его можно получить окислением цианида калия ионами Cu^{2+} :

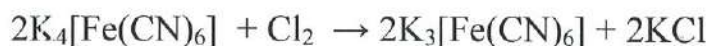


С раствором щелочи дициан диспропорционирует:



Вещество В – KCN, С – KCNO.

С железом образуются прочные комплексы, тривиальные названия которых: желтая кровяная соль $K_4[Fe(CN)_6]$ – вещество D, красная кровяная соль $K_3[Fe(CN)_6]$ – вещество E, берлинская лазурь $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ($KFe[Fe(CN)_6]$) – вещество F.



1	Определены вещества А – F	6x1 = 6 баллов
2	Правильно написаны уравнения реакций	6x1,5 = 9 баллов
3	Приведены тривиальные названия D – F	3x1,5 = 4,5 балла
4	Приведено отнесение к псевдогалогенам	0,5 балла

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 4.

Решение:

Найдем массовые доли безводного карбоната натрия в насыщенных растворах и десятиводном карбонате:

$$\omega_{80} = 45,1/(45,1+100) = 0,311$$

$$\omega_{20} = 21,8/(21,8+100) = 0,179$$

$$\omega_{кр} = M(Na_2CO_3)/M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 106/286 = 0.371.$$

Условием материального баланса будет равенство массы безводного карбоната натрия в насыщенном растворе при 80°C (m_{80}) и суммы масс карбоната в кристаллогидрате ($m_{кр}$) и насыщенном растворе при 20 °C (m_{20}).

$$m_{80}(Na_2CO_3) = m_{20}(Na_2CO_3) + m_{кр}(Na_2CO_3)$$

Используя массовые доли и массу всего раствора (m) получим:

$$m \cdot \omega_{80} = m_{20} \cdot \omega_{20} + m_{кр} \cdot \omega_{кр}$$

Поскольку $m = m_{20} + m_{кр}$, $m_{20} = m - m_{кр}$.

$$\text{Тогда: } m \cdot \omega_{80} = (m - m_{кр}) \cdot \omega_{20} + m_{кр} \cdot \omega_{кр}$$

$$m \cdot \omega_{80} = m \cdot \omega_{20} - m_{\text{кр}} \cdot \omega_{20} + m_{\text{кр}} \cdot \omega_{\text{кр}}$$

$$m \cdot \omega_{80} = m \cdot \omega_{20} + m_{\text{кр}} \cdot (\omega_{\text{кр}} - \omega_{20})$$

$$m_{\text{кр}} = (m \cdot \omega_{80} - m \cdot \omega_{20}) / (\omega_{\text{кр}} - \omega_{20})$$

$$m_{\text{кр}} = 150 \cdot (0,311 - 0,179) / (0,371 - 0,179) = 103,1 \text{ г.}$$

1	Найдены массовые доли безводного карбоната натрия в насыщенных растворах и десятиводном карбонате	12 баллов
2	Определено, какая масса десятиводного кристаллогидрата выпадет в осадок	8 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

9 класс

Задание 1.

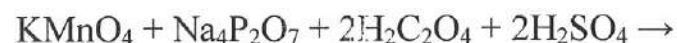
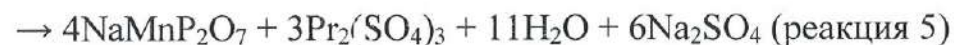
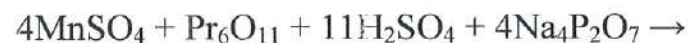
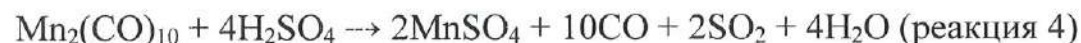
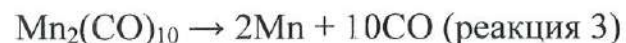
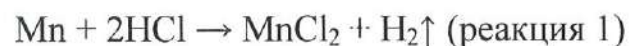
Решение:

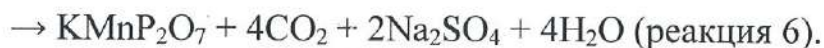
При растворении металла в соляной кислоте продуктами будут хлорид металла и водород. Молекуле N_2 изоэлектронной является только CO , поэтому реакция 2 представляет собой образование карбонила металла. Карбонилы металлов при нагревании разлагаются на металл и CO (реакция 3).

При взаимодействии карбонила с концентрированной серной кислотой образуется сульфат металла, причем поскольку выделяется два газа, серная кислота восстанавливается до SO_2 . Розовая окраска раствора сульфата позволяет предположить, что металл – кобальт или марганец.

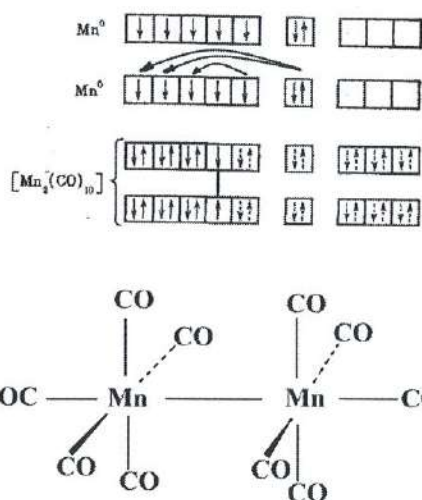
Оксиды редкоземельных элементов в высшей степени окисления (+4) являются сильными окислителями, значит изменение окраски раствора сульфата связано с окислением катиона металла. Стабильными высшими оксидами могут быть CeO_2 , Pr_6O_{11} и Tb_4O_7 . Насыщенный малиновый цвет может относиться к перманганат-иону или комплексу Mn^{3+} (поскольку в условии указан пирофосфат, который может выступать в качестве лиганда), но не к кобальту.

Металл в высшей степени может образовывать анион, при восстановлении которого получается ион металла в промежуточной степени окисления. Единственным подходящим металлом является марганец.





В реакции 2 образуется декакарбонилдимарганец, который имеет димерное строение. Валентные электроны атома марганца спариваются под действием поля лигандов, однако один электрон остается неспаренным. Пустые валентные орбитали марганца участвуют в образовании связей по донорно-акцепторному механизму с молекулами CO. Оставшийся неспаренный электрон образует связь по механизму спаривания с другой молекулой-радикалом с образованием димера.



1	Расшифрованы неизвестные вещества	6x1 =6 баллов
2	Написаны уравнения всех упомянутых реакций	6x2 =12 баллов
3	Описано строение продукта реакции 2	2 балла

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 2.

Решение:

По уравнению Менделеева-Клапейрона найдем среднюю молярную массу газовой смеси:

$$pV = \frac{m}{M_{\text{ср}}} RT$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{mRT}{pV} = \frac{36.13\text{г} * 8,314\left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}\right) * 291\text{К}}{5,00\text{л} * 386,90\text{кПа}} = 45,2\text{г/моль}$$

Определим формулы компонентов смеси по закону эквивалентов:

$$1) 36,36/8 = (100-36,36)/x_1$$

$x_1 = 14$ г/моль при $z = 1$ это азот, формула оксида N_2O .

$$2) 72,72/8 = (100-72,72)/x_2$$

$x_2 = 3$ г/моль при $z = 4$ это углерод, формула оксида CO_2 .

$$3) n(\text{C}) : n(\text{N}) = 46.15/12 : (100-46.15)/14 = 3.85 : 3.85 = 1 : 1.$$

Простейшая формула CN .

$$M = 1.79 \cdot 29\text{г/моль} = 52 \text{ г/моль}$$

$52/26 = 2$ – истинная формула $(\text{CN})_2$ – дициан.

Для нахождения температуры, при которой давление увеличится на 5 атм воспользуемся законом Шарля:

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

Примем, что $T_2 = 291 + x$, тогда

$$386.90/291 = 506.625/(291+x)$$

$$112587.9 + 386.90x = 147427.875$$

$$x = 90.0.$$

Чтобы давление возросло до 5 атм (506,625 кПа) температуру необходимо поднять на 90 К.

Поскольку молярные массы оксидов азота(I) и углерода (IV) одинаковы (44 г/моль), определить содержание каждого оксида из средней молярной массы не возможно, однако, можно определить их общее содержание. Пусть мольная доля дициана равна x , а смеси оксидов – $(1-x)$. Тогда

$$M_{\text{ср}} = M((\text{CN})_2) \cdot x((\text{CN})_2) + M(\text{окс.}) \cdot (1 - x((\text{CN})_2))$$

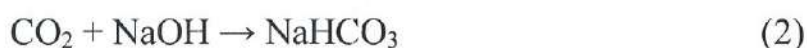
$$52x + 44(1-x) = 45.2$$

$$52x + 44 - 44x = 45.2$$

$$8x = 1.2$$

$x = 0.15$ – мольная доля дициана.

Для нахождения количественного состава оксидов рассмотрим реакции, происходящие с раствором NaOH. Из всех компонентов смеси N_2O не реагирует с щелочью.



Количество вещества газов составляет

$$n = 36.13/45.2 = 0.80 \text{ моль}$$

$$n((CN)_2) = n \cdot \chi((CN)_2) = 0.80 \cdot 0.15 = 0.12 \text{ моль.}$$

Общее количество вещества щелочи найдем через молярную концентрацию:

$$C_M = 10\rho\omega/M = 10 \cdot 1.041 \cdot 3.78/40 = 0.98 \text{ моль/л.}$$

$$n(NaOH) = C_M \cdot V = 0.98 \cdot 0.53 \text{ л} = 0.52 \text{ моль.}$$

Из 0,52 моль по первой реакции расходуется $0,12 \cdot 2 = 0,24$ моль гидроксида натрия.

Оставшееся количество NaOH реагирует по реакции 2 с диоксидом углерода.

$$\text{Тогда } n(CO_2) = n(NaOH)_{\text{ост}} = 0,52 - 0,24 = 0,28 \text{ моль.}$$

$$n(N_2O) = n - (n(CO_2) + n((CN)_2)) = 0.80 - (0.28 + 0.12) = 0.40 \text{ моль.}$$

Найдем парциальные давления газов:

$$p(N_2O) = 0.4/0.8 \cdot 386.90 = 193.45 \text{ кПа}$$

$$p(CO_2) = 0.28/0.8 \cdot 386.90 = 135.42 \text{ кПа}$$

$$p((CN)_2) = 0.12/0.8 \cdot 386.90 = 58.03 \text{ кПа}$$

1	Определен качественный состав газовой смеси и ее средняя молярная масса	10 баллов
2	Вычислено на сколько градусов необходимо повысить температуру, чтобы давление в сосуде возросло до 5	5 баллов

	атм.	
3	Определено парциальное давление каждого газа	5 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 3.

Решение:

Минимальная масса каустической соды необходимая для очистки будет соответствовать наибольшей разнице в концентрации насыщенных растворов. Согласно таблице, такая разница достигается при растворении соды при 100 °С и последующем охлаждении до 0 °С.

Найдем массовые доли карбоната натрия в кристаллогидрате и растворах при 100 и 0 °С:

$$\omega_{100} = 44,7/144,7 = 0,309$$

$$\omega_0 = 7/107 = 0,065$$

$$\omega_{кр} = (23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3) / (23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + 10 \cdot 18) = 0,371.$$

Для нахождения необходимой массы раствора при 100 °С воспользуемся «правилом креста», который является выражением материального баланса:

$$\begin{array}{rcc} 0,371 & 0,244 & - & 5\text{г} \\ & 0,309 & & \\ 0,065 & 0,062 & - & m - 5\text{г} \end{array}$$

$$\frac{0.244}{0.062} = \frac{5}{m - 5}$$

где m – масса раствора, приготовленного при 100 °С.

$$0,244m - 1,22 = 0,31$$

$$0,244m = 1,53$$

$$m = 6,27\text{г.}$$

Найдем массу безводного карбоната натрия, необходимую для приготовления насыщенного при 100 °С раствора:

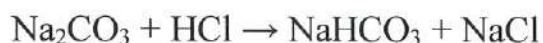
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 6.27 \cdot 0.309 = 1.94 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1.94 / 0.371 = 5.23 \text{ г}$$

$$m_{\text{соды}} = 5.23 / 0.92 = 5.68 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 6.27 - 5.23 = 1.04 \text{ г.}$$

Нейтрализация раствора каустической соды соляной кислотой происходит в две стадии – сначала образуется гидрокарбонат (переход в слабощелочной среде), потом происходит полная нейтрализация в слабокислой среде. При использовании метилового оранжевого в качестве индикатора фиксируется только первая стадия с образованием гидрокарбоната.

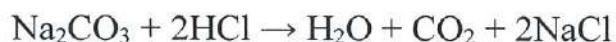


$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1.94 / 106 = 0.0183 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.0183 \text{ моль}$$

$$V(\text{HCl}) = 0.0183 / 0.1 = 0.183 \text{ л.}$$

При использовании фенолфталеина реакция проходит до образования углекислого газа, а количество соляной кислоты, ушедшее на нейтрализацию будет больше в два раза :



1	Определена минимальная масса каустической соды	4 балла
2	Определен объем 0,1 М соляной кислоты с использованием метилового оранжевого	5 баллов
3	Определен объем 0,1 М соляной кислоты с использованием фенолфталеина	5 баллов
4	Правильно приведены уравнения реакций	2x3=6 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 4.

Решение:

При термическом разложении солей продукт реакции зависит от активности металла. Соли наиболее активных металлов (щелочных) при

термолизе или не разлагаются, или образуют другие соли, соответственно, с водой реагировать не будут. Металлы средней активности разлагаются до оксидов, из которых реагировать с водой будут только оксиды лития, щелочноземельных металлов и лантана. Соли неактивных металлов разлагаются до металла, который не реагирует с водой, и смеси газов. Таким образом, неизвестная соль может быть образована Li, Ca, Sr, Ba, La.

По термическим эффектам термолиза можно предположить, что экзотермический эффект в атмосфере воздуха обусловлен окислением газа Г1, поскольку в инертной среде процесс эндотермичен. Можно предположить, что газ Г1 – CO, а Г2 – CO₂. В таком случае на последнем этапе термолиза происходит разложение карбоната до оксида и углекислого газа. По закону эквивалентов:

$$E(\text{CO}_3^{2-}) = (12+48)/2 = 30 \text{ г/моль}$$

$$\text{Тогда } 54,9/(x + 30) = 30,8/(x + 8)$$

$$54,9x + 439,2 = 30,8x + 924$$

$$24,1x = 484,8$$

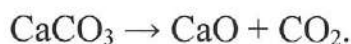
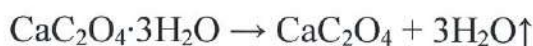
$$x = 20$$

При $z = 2$ металл – Ca, а вещество В – CaCO₃.

Определим, сколько моль CO и воды приходится на 1 моль CaCO₃:

$$n(\text{CaCO}_3) : n(\text{CO}) : n(\text{H}_2\text{O}) = 54,9/100 : 15,5/28 : 29,6/18 = 0,549 : 0,55 : 1,64 = 1 : 1 : 3.$$

Соответственно формула вещества А – CaC₂O₄·3H₂O (трехводный оксалат кальция).



Разложение оксалата – процесс эндотермический, что и наблюдается в среде аргона. При разложении на воздухе выделяющийся CO сразу окисляется кислородом до CO₂, обеспечивая выделение энергии и положительный тепловой эффект реакции.

1	Определены неизвестные вещества	6x1,5=9 баллов
2	Написаны уравнения всех реакций	3x2=6 баллов
3	Объяснено различие в тепловых эффектах при разложении в-ва Б в среде аргона и воздуха	5 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — **20 баллов**

10 класс

Задание 1.

Решение:

1. Определить среднее значение результатов измерений – 251. Для расчета концентрации необходимо по имеющимся данным построить градуировочный график.

Графически определить концентрацию бенз[а]пирена в экстракте = 0,24 нг/мл.

Конечный объем экстрагента 50 мкл, содержание бенз[а]пирен 0,24 нг/мл · 0,05 мл = 0,012 нг.

Концентрация на кг образца: $C_{PCBS} = 0,012 \text{ нг} / 2 \text{ нг} = 0,024 \text{ нг/г} = 0,024 \text{ мкг/кг}$.

2. Необходимо правильно выбрать способ расчета стандартной неопределенности между абсолютной и относительной. Поскольку в расчет неопределенности входят различные величины, необходимо воспользоваться формулой для расчета стандартной относительной неопределенности:

$$\frac{U}{R} = \sqrt{\left(\frac{0,05}{0,500}\right)^2 + \left(\frac{0,002}{0,05}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1,255}{251}\right)^2 + \left(\frac{0,001}{2}\right)^2 + \left(\frac{10}{251}\right)^2} = 0,018$$

$$U = 0,024 \cdot 0,018 = 0,0004$$

3. Результат измерений: $(0,0240 \pm 0,0004) \text{ мкг/кг}$

Критерии оценивания:

1) Верно рассчитана концентрация бенз[а]пирена в мясе – 8 баллов.

Допущена ошибка в расчетах, но ход решения верный – 3,5 балла.

Верно посчитана концентрация в экстракте, но допущены ошибки при пересчете на кг образца (иные подобные ошибки) – 1,5 балла.

2) Верно посчитана неопределенность, учтены все этапы – 7 баллов.

Верно посчитана неопределенность, но учтены не все этапы – 4 балла.

Допущены ошибки (неверно учтена погрешность, не умножена погрешность на среднее значение и т.д.) – 2 балла

3) Результат измерений представлен верно – 5 баллов

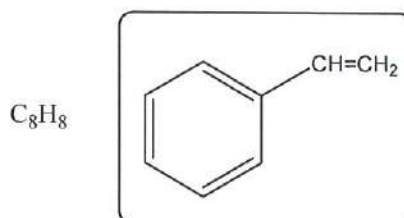
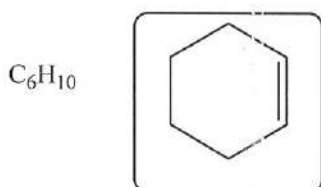
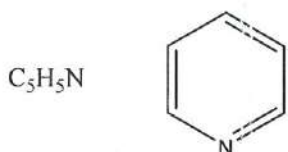
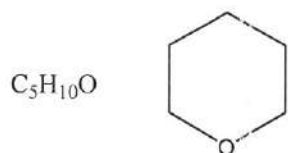
Допущена ошибка в представлении результата – 1,5 балла.

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 2.

Решение:

Структурные формулы представленных соединений, содержащих шестичленный цикл следующие:

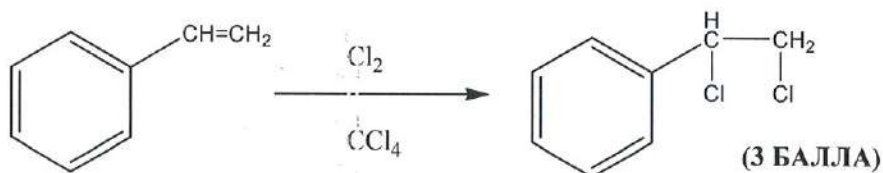
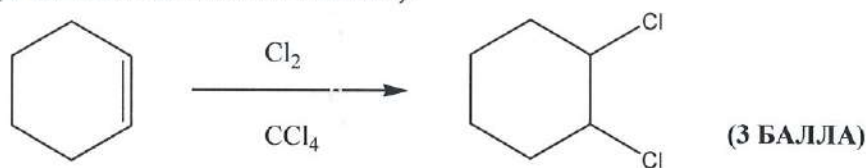


Критерии оценивания:

10 БАЛЛОВ (по 2 БАЛЛА за каждую правильно приведенную структурную формулу).

Очевидно, что раствор хлора в CCl_4 будут обесцвечивать те, которые содержат двойные связи (не входящие в состав ароматического кольца). Это соединения C_6H_{10} и C_8H_8

(4 БАЛЛ за обоснование).



Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 3.

Решение:

Теплота (энтальпия) растворения – это количество теплоты, которое выделяется при растворении одного моль веществ в таком объеме воды, дальнейшее прибавление которой не вызывает изменения теплового эффекта.

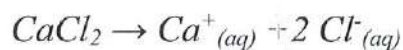
Теплота растворения равна сумме теплоты диссоциации и теплоты гидратации:

$$\Delta H_{\text{раств}} = \Delta H_{\text{дис}} + \Delta H_{\text{гидр}}$$

Теплотой диссоциации называется количество теплоты, которое поглощается при полной диссоциации одного моль вещества. Теплотой гидратации называется количество теплоты, которое выделяется при полной гидратации одного моль вещества. Растворение идет с выделением теплоты, если $\Delta H_{\text{гидр}} > \Delta H_{\text{дис}}$, и с поглощением теплоты, если $\Delta H_{\text{гидр}} < \Delta H_{\text{дис}}$. **(4 балла)**

По закону Гесса можно рассчитать тепловой эффект процесса растворения солей:

$$\Delta H_{\text{раств}} = \Delta H_f^0(катиона) + \Delta H_f^0(аниона) - \Delta H_f^0(соли)$$



$$\Delta H_{\text{раств}} = \Delta H_f^0(Ca^+_{(aq)}) + 2\Delta H_f^0(Cl^-_{(aq)}) - \Delta H_f^0(CaCl_2) =$$

$$= -542,96 + 2 \cdot (-167,16) - (-794,96) = -82,32 \text{ кДж/моль.}$$

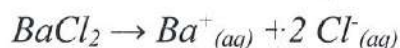
$$n(CaCl_2) = \frac{50}{111} = 0,45 \text{ моль}$$

1 моль - -82,32 кДж

0,45 моль - x

$$x = -82,32 \cdot 0,45 = -37,08 \text{ кДж}$$

Выделяется 37,08 кДж теплоты.



$$\Delta H_{\text{раств}} = \Delta H_f^0(Ba^+_{(aq)}) + 2\Delta H_f^0(Cl^-_{(aq)}) - \Delta H_f^0(BaCl_2) =$$

$$= -537,64 + 2 \cdot (-167,16) - (-860,1) = -11,86 \text{ кДж/моль.}$$

$$n(CaCl_2) = \frac{50}{208} = 0,24 \text{ моль}$$

1 моль - -11,86 кДж

0,24 моль - x

$$x = -11,86 \cdot 0,24 = -2,85 \text{ кДж}$$

Выделяется 2,85 кДж теплоты.



$$\Delta H_{\text{раств}} = 2\Delta H_f^0(NH_4^+_{(aq)}) + \Delta H_f^0(SO_4^{2-}_{(aq)}) - \Delta H_f^0((NH_4)_2SO_4) =$$

$$= 2 \cdot (-132,51) - 909,27 - (-1180,26) = 5,97 \text{ кДж/моль.}$$

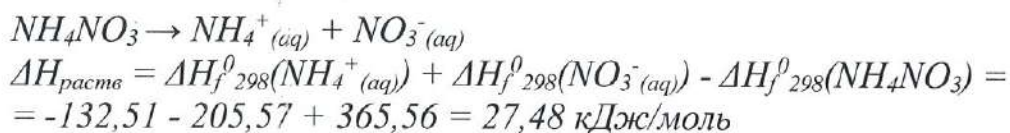
$$n((NH_4)_2SO_4) = \frac{50}{132} = 0,38 \text{ моль}$$

1 моль - 5,97 кДж

0,38 моль - x

$$x = 5,97 \cdot 0,38 = 2,27 \text{ кДж}$$

Поглощается 2,27 кДж теплоты.



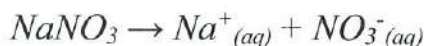
$$n(NH_4NO_3) = \frac{50}{80} = 0,625 \text{ моль}$$

1 моль – 27,48 кДж

0,625 моль – x

$$x = 27,48 \cdot 0,625 = 17,175 \text{ кДж}$$

Поглощается 17,175 кДж теплоты.



$$\Delta H_{\text{раств}} = \Delta H_f^0(Na^+(aq)) + \Delta H_f^0(NO_3^-(aq)) - \Delta H_f^0(NaNO_3) =$$

$$= -240,12 - 205,57 + 466,68 = 20,99 \text{ кДж/моль}$$

$$n(NaNO_3) = \frac{50}{85} = 0,59 \text{ моль.}$$

1 моль – 20,99 кДж

0,59 моль – x

$$x = 20,99 \cdot 0,59 = 12,38 \text{ кДж}$$

Поглощается 12,38 кДж теплоты.

Исходя из тепловых эффектов растворения солей, теплота поглощается при растворении нитратов и сульфата натрия, максимальное количество теплоты поглощается при растворении нитрата аммония, его и следует использовать в охлаждающих пакетах.

Экзотермическим является растворение хлоридов бария и кальция, больше теплоты выделяется при растворении хлорида кальция, следовательно, его можно использовать в согревающих пакетах.

Критерии оценивания:

1. Дано определение теплоты растворения и объяснены причины понижения и повышения температуры 3 – балла.

2. Рассчитаны тепловые эффекты растворения солей, количества вещества и количество теплоты – (по 3 балла за каждую соль) 15 баллов.

3. Выбраны соли – 2 балла.

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 4.

Решение:

При действии брома (в CCl_4) очевидно происходит присоединение по двойной связи (но не в бензольном кольце), и образуется

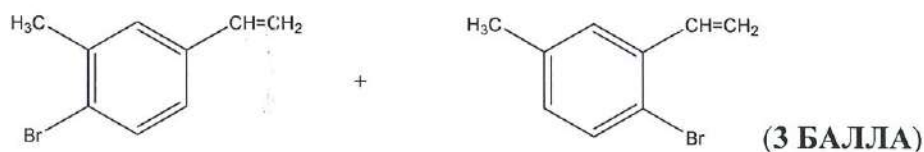
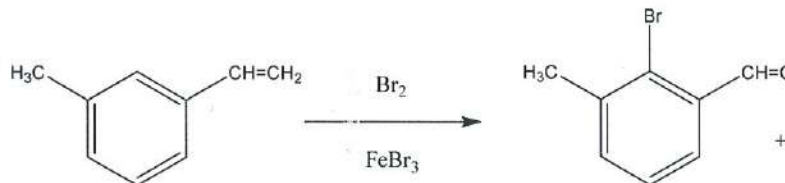
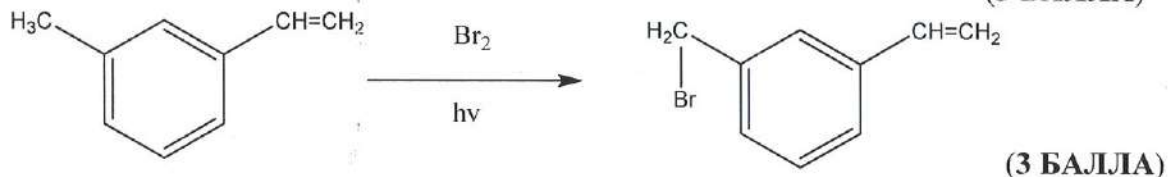
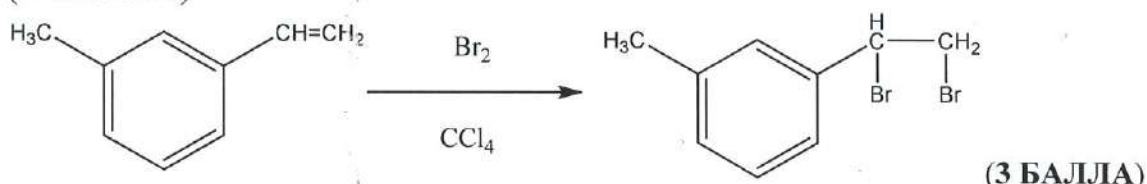
дибромпроизводное. Следовательно, соединение содержит двойную связь. (3 БАЛЛА)

Бромирование на свету по механизму радикального замещения характерно для алканов, следовательно соединение содержит алкильную группу. (3 БАЛЛА)

Бромирование в темноте в присутствии кислот Льюиса - это условие реакции замещения в ароматическом кольце. (3 БАЛЛА)

Можно предположить, что C_9H_{10} - метилвинилбензол $CH_3-C_6H_4-CH=CH_2$.

Только один из трех возможных изомеров (*орто*-, *мета*-, *пара*-) может давать при бромировании в кольцо 3 продукта - это 1-метил-3-винилбензол. Оба заместителя являются ориентантами I рода. Ориентация согласованная. (2 БАЛЛА)



Примечание. Возможные структуры $C_6H_5-CH=CH-CH_3$ и $C_6H_5-C(CH_3)=CH_2$ считаются ошибочными и баллов не добавляют. Они могут вступать в реакции присоединения и радикального замещения, однако в условиях бромирования в кольцо дадут только 2 изомера (*орто*-, *пара*-).

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

11 класс

Задание 1.

Решение:

1) Результаты расчета токсичности смеси в каждой точке

Номер точки	TEF				TEQ
	ПХБ-105	ПХБ-126	ПХБ-157	ПХБ-169	
1	0,00045	0,084	0,00036	0,069	0,15
2	0,033	6,5	0,0216	1,74	8,3
3	0,0315	6	0,0213	1,35	7,4
4	0,00075	0,24	0,0003	0,054	0,30
5	0,0009	0,31	0,00045	0,078	0,40

2) К точкам, характеризующим состояние реки А относятся: 1 – 3. Как видно из приведенных результатов, точка 1 является слабозагрязненной, в то время как 2 и 3 относятся к высоко загрязненным из-за наличия антропогенной деятельности.

3) Однозначно установить является ли только один из заводов источником загрязнения реки А или же оба, по имеющимся данным, сложно. Однако можно предположить, опираясь на результаты точек 4 и 5, что выбросы от завода 2 не вносят существенный вклад в загрязнение реки А, поскольку по результатам токсичности выбросы завода в данный водоем относятся к слабому загрязнению. Таким образом, можно предположить, что основным источником загрязнения является завод 1.

Критерии оценивания:

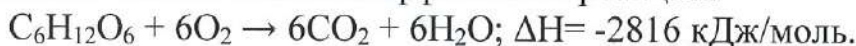
- 1) Верно рассчитана токсичность смеси в каждой точке – 5 баллов.
Допущена ошибка в расчетах, но ход решения верный – 3,5 балла. Допущены ошибки в расчете токсичности – 1,5 балла.
- 2) Верно установлена степень загрязненности – 5 баллов.
Допущены ошибки при оценивании загрязненности – 3,5 балла.
- 3) Верно интерпретированы результаты, выявлен источник загрязнения – 10 баллов.
Достаточная интерпретация результатов, источник выявлен неверно – 5 баллов.
Неверно интерпретированы результаты, источник загрязнения указан верно – 2,5 балла.

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 2.

Решение:

При окислении глюкозы протекает следующая реакция, из справочных данных мы знаем тепловой эффект этой реакции:



Из этого количества $2816 \cdot 0,4 = 1126,4$ кДж расходуется на теплоту, $1689,6$ кДж на движение.

Переведем 210 ккал в Джоули: $210 \cdot 4,184 = 878,64$ кДж.

По пропорции:

1 моль глюкозы - $-1689,6$ кДж

x моль - $878,64$ кДж

$$x = \frac{878,64}{1689,6} = 0,52 \text{ моль}$$

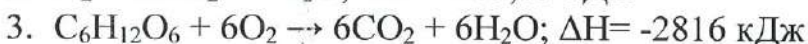
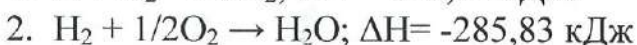
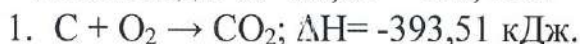
Масса глюкозы: $0,52 \cdot 180 = 93,6$ г.

Испарение жидкостей – это эндотермический процесс, т.к. переход из жидкого в газообразное требует затраты энергии на преодоление межмолекулярного взаимодействия.

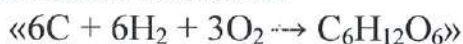
При испарении 1 г воды расходуется 2260 Дж ($2,26$ кДж) энергии, $2,26 \cdot 18 = 40,68$ кДж/моль

Чтобы расходовать выделившуюся энергию необходимо $1126,4 / 40,68 = 27,69$ моль воды.

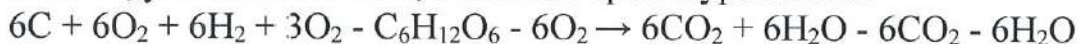
Масса воды $18 \cdot 27,69 = 498,41$ г.



Для нахождения теплоты образования глюкозы воспользуемся следствием из закона Гесса, и, из предложенных реакций, составим реакцию образования глюкозы.



Для этого возьмем уравнение 1 умноженное на 6 и прибавим к нему уравнение 2, умноженное на 6, и вычтем третье уравнение.



Сокращаем члены с противоположными знаками и переносим молекулы с минусом в нужную сторону, получаем искомое уравнение.

То же самое делаем и с тепловыми эффектами реакций:

$$\Delta H_f^0_{298}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -393,51 \cdot 6 + (-285,83 \cdot 6) - (-2816) = 1260,04 \text{ кДж/моль.}$$

Критерии оценивания:

1. Рассчитана масса глюкозы 4 – баллов.

2. Рассчитана масса воды – 5 баллов.

3. Дано объяснения, почему для терморегуляции используется процесс испарения воды – 3 балла.

3. Рассчитана теплота образования глюкозы – 5 баллов.

4. Написаны термохимические уравнения – 3 балла.

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 20 баллов

Задание 3.

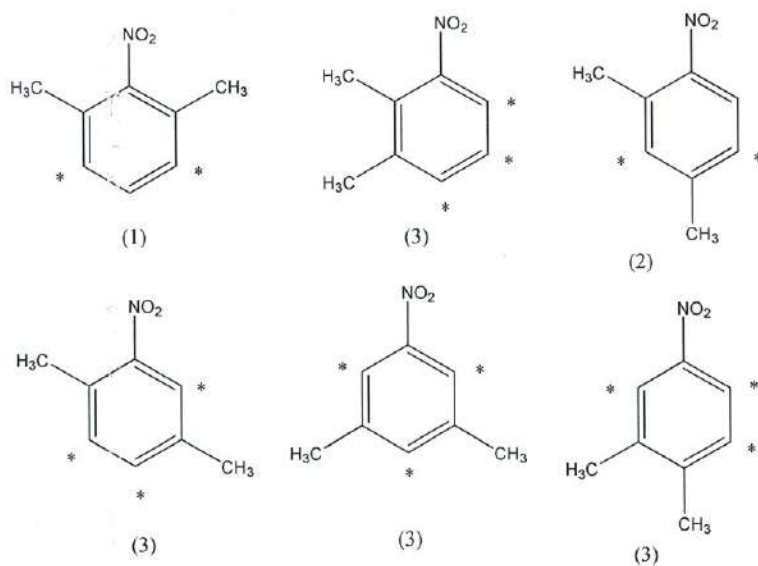
Решение. Критерии оценивания.

Реакция неизвестного соединения с восстановителем ($\text{Fe} + \text{HCl}$) указывает на наличие нитро-группы (3 БАЛЛА).

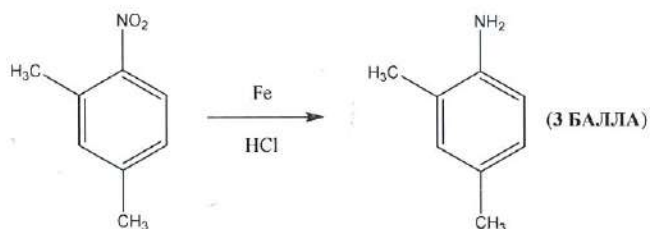
Бромирование его в присутствии кислоты Льюиса – реакция электрофильного замещения в ароматическом ряду. Следовательно – это ароматическое нитросоединение с одной этильной или двумя метильными радикалами в кольце (3 БАЛЛА).

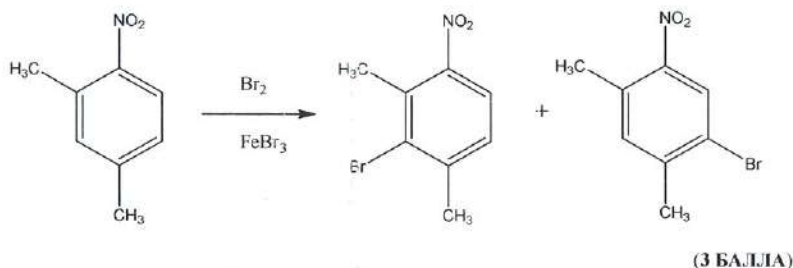
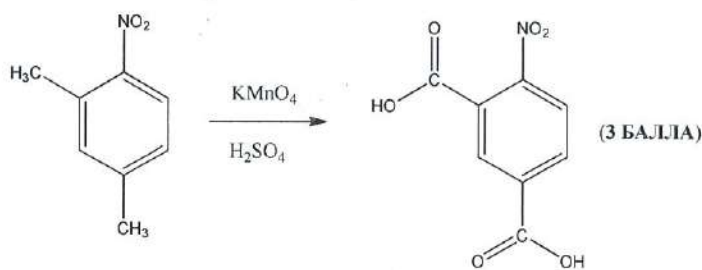
Так как при окислении число атомов кислорода увеличивается на 4, логично предположить два метильных радикала в кольце (3 БАЛЛА).

Итак, $\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$ – диметилнитробензол с различным расположением групп:



В скобках указано количество изомерных продуктов бромирования. Согласно правилам ориентации NO_2 -группа - *мета*-ориентант (II рода), CH_3 -группа - *орто*-, *пара*-ориентант (I рода). При бромировании только 1,3-диметил-4-нитробензол образует смесь двух бромпроизводных (2 БАЛЛА).

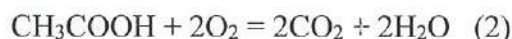




Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — **20 баллов**

Задание 4.

РЕШЕНИЕ



$$m(CH_3COOH) = 120 \text{ г}; n(CH_3COOH) = 240/60 = 4 \text{ моль}$$

$$\text{По уравнению реакции горения } n(CO_2) = 2n(CH_3COOH) = 8 \text{ моль}$$

Так как выход в реакции брожения 93%, то теоретическое количество CO_2 равно:
 $n(CO_2) = 8/0,93 = 8,6 \text{ моль}$

$$\text{По уравнению реакции брожения: } n(C_6H_{12}O_6) = 1/2n(CO_2) = 8,6/2 = 4,3 \text{ моль}$$

$$m(C_6H_{12}O_6) = 180 \cdot 4,3 = 774 \text{ г.}$$

БАЛЛЫ

2,5 балла

2,5 балла

3 балла

3 балла

3 балла

3 балла

3 балла

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание — **20 баллов**

Председатель оргкомитета
 Открытой олимпиады Северо-Кавказского
 федерального университета «45 параллель»
 проректор по образовательной деятельности



В.А. Иванов