

I ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА
ПЕДАГОГОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК «ДНК НАУКИ»

2021 г.

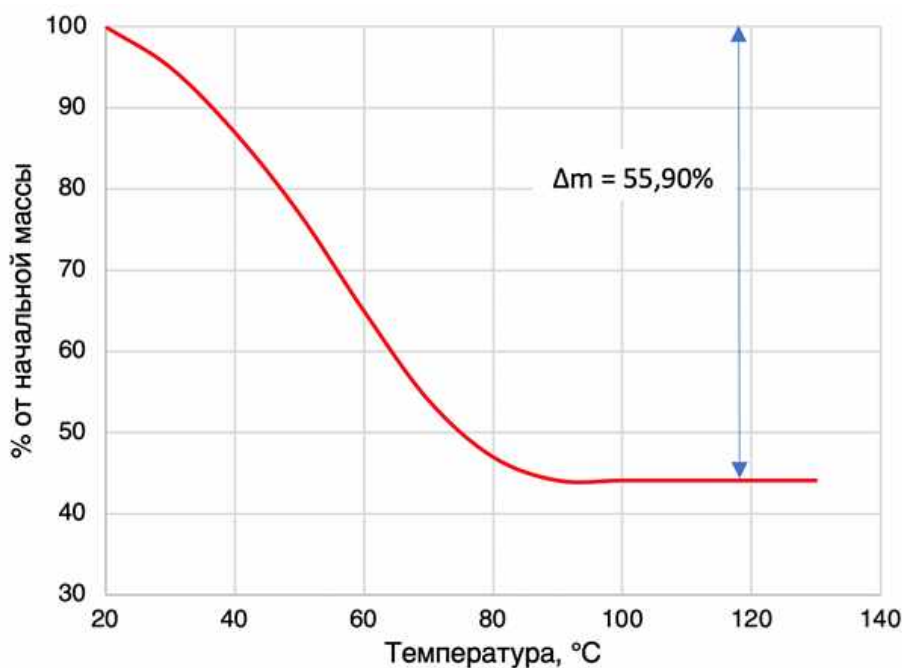
2-й ЭТАП

В этой части Олимпиады Вам предложены задания по химии.

Задача № 1

Термогравиметрический анализ (ТГА) – один из современных методов, позволяющих определить состав вещества. Термогравиметрический анализатор непрерывно измеряет массу образца при его равномерном нагревании. Температура обычно повышается с постоянной скоростью, а сама реакция при нагревании может происходить в различных средах – как на воздухе, так и в инертных атмосферах. Термогравиметрические данные, как правило, представляют в виде графика зависимости массы или процента от начальной массы от температуры.

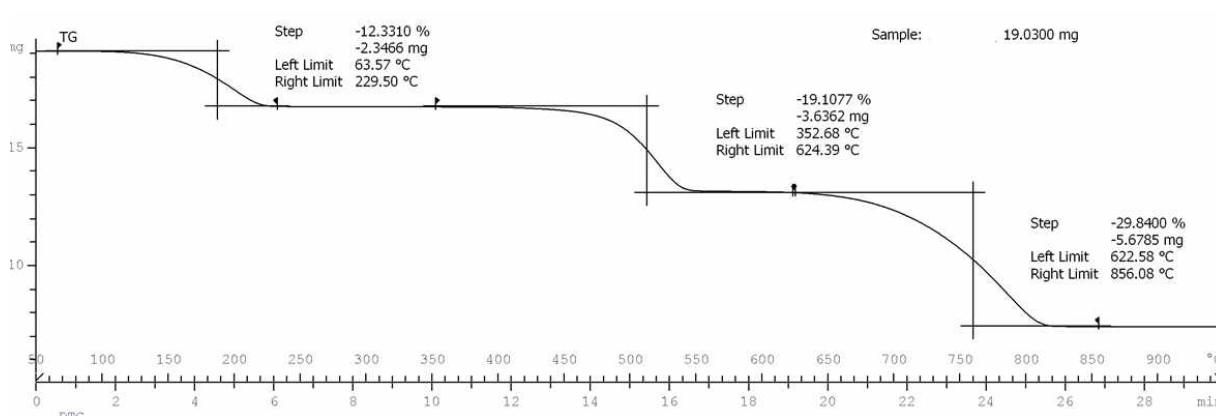
Ниже приведен пример графика ТГА для кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.



Исходя из имеющихся данных, рассчитайте количество x молекул воды в составе кристаллогидрата. Ответ округляйте до целых.

Ответ: 10

Задача № 2 (1 верный ответ=2 баллам, всё задание=6 баллов)



На рисунке выше* представлена термогравиметрическая кривая соли X, представляющей собой кристаллогидрат. Если выделившийся на стадии II газ привести к н.у., то он будет занимать объем, равный 2,9087 мл. Газ, выделившийся на стадии III, имеет тот же качественный состав.

Определите составы газов, выделившихся на стадиях II и III. В ответ запишите их формулы, используя буквы латинского алфавита (например, NO₂).

Газ_{II} _____

Ответ: CO

Газ_{III} _____

Ответ: CO₂

Соль какого металла подвергли разложению? В ответ введите порядковый номер этого металла. _____

Ответ: 20

Задача № 3

На фотографии изображен изумруд – один из минералов, содержащих элемент X.



В таблице приведены массовые доли элементов, входящих в его состав (в том числе элемента X). В расчетах атомные массы элементов округляли до целых.

Элемент	X	Al	Si	O
Массовая доля, %	5,028	10,056	31,285	53,631

С помощью расчетов определите неизвестный элемент X.

Варианты ответа

Уран

Никель

Бериллий

Хром

Литий

Ответ: Бериллий

Задача № 4

Ниже представлен фрагмент параграфа одного из учебников. После текста представлены 5 вопросов. Установите соответствие между вопросом и его типом: для каждого пункта, обозначенного буквой, выберите пункт, обозначенный цифрой.

Химические свойства алканов

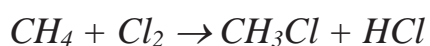
*Раньше алканы называли парафинами. Это название происходит от латинского *parum affinis* («малое сродство») и говорит о химической инертности этих соединений. Действительно, при комнатной температуре алканы не реагируют даже с концентрированными растворами кислот и щелочей, не обесцвечивают бромную воду и раствор перманганата калия. Они не вступают в реакции присоединения, так как каждый атом углерода уже связан с четырьмя другими атомами. Такая инертность алканов объясняется высокой прочностью малополярных ковалентных связей C-C и C-H, которые могут расщепляться гомолитически только под действием свободных радикалов. Поэтому для алканов характерны радикальные реакции, в которых атомы водорода замещаются на другие атомы или группы атомов.*

Среди реакций радикального замещения, протекающих с разрывом связей C-H, лучше всего изучено галогенирование. Фтор реагирует с

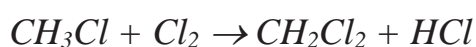
углеводородами со взрывом, а химической активности иода оказывается недостаточно для взаимодействия, поэтому на практике осуществляют лишь хлорирование и бромирование.

Реакции галогенирования алканов протекают при нагревании или освещении, а также в присутствии органических пероксидов, которые вызывают образование свободных радикалов.

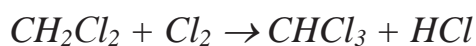
При взаимодействии метана с хлором на свету в результате последовательного замещения атомов водорода в молекуле метана на атомы хлора образуется смесь продуктов хлорирования.



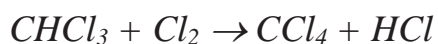
хлорметан



дихлорметан



трихлорметан



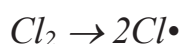
тетрахлорметан

Хлорирование алканов, таким образом, приводит к образованию смеси различных продуктов, т.е. характеризуется низкой селективностью (избирательностью). Это свойственно и многим другим реакциям, протекающим через образование свободных радикалов.

Хлорметан используется для получения силиконовых полимеров. Дихлорметан, трихлорметан (хлороформ) и тетрахлорметан находят широкое применение в тонком органическом синтезе. Хлороформ и тетрахлорметан раньше использовали для синтеза фторхлоруглеродов (фреонов) — хладагентов, однако сегодня такие хладагенты не применяют, так как они разрушают озоновый слой атмосферы.

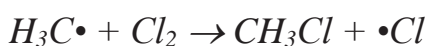
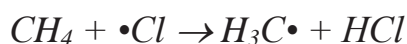
Хлорирование метана в промышленности осуществляют при высокой температуре (400—440 °С). При этом радикалы генерируются за счет термической диссоциации молекул хлора, степень которой возрастает с ростом температуры. Независимо от условий проведения хлорирования реакция протекает в несколько стадий.

На первой стадии под действием света или температуры молекула хлора диссоциирует с образованием двух атомов хлора, каждый из которых имеет по одному неспаренному электрону, т.е. является свободным радикалом.



Эта стадия процесса называется зарождением цепи.

На второй стадии, которая называется развитием цепи, атом хлора отрывает атом водорода от молекулы метана, при этом образуется метильный радикал, который реагирует с молекулой хлора, образуя молекулу хлорметана и атом хлора. Атом хлора вновь атакует молекулу метана, а образовавшийся метильный радикал — молекулу хлора и т.д. Процесс повторяется многократно до тех пор, пока не израсходуется один из реагентов — метан или хлор.



Возможны и другие процессы взаимодействия: два метильных радикала соединяются между собой, образуя молекулу этана, а два атома хлора — молекулу хлора.



В процессе такой рекомбинации образуются неактивные молекулы. Поэтому третья стадия процесса называется обрывом цепи. Обрыв цепи также происходит при столкновении радикалов со стенками сосуда, форма которого влияет на скорость замещения.

Реакции, при которых образуются продукты, вызывающие ее продолжение, называют цепными реакциями. Такие реакции протекают с участием свободных радикалов. Важнейший вклад в изучение цепных химических реакций внес академик Н.Н. Семенов. Его труды были отмечены Нобелевской премией по химии (1956).

Гомологи метана, начиная с пропана, образуют при галогенировании несколько моногалогенопроизводных. Так, при хлорировании пропана на свету образуется смесь примерно равных количеств 1-хлорпропана и 2-хлорпропана.

В то же время при бромировании пропана образуется преимущественно 2-бромпропан. Это определяется строением алкана: легче всего замещаются атомы водорода у третичных, затем — у вторичных и первичных атомов углерода. Такой порядок объясняется значением энергии связи С-Н: оно минимально в случае третичного атома углерода и максимально в случае первичного. Именно поэтому в продуктах бромирования пропана преобладает 2-бромпропан. Такое протекание реакции называют избирательным. Хлор, обладая более высокой реакционной способностью, реагирует с углеводородами менее селективно.

Вопрос	Тип
А) Почему реакции фторирования алканов относят к реакциям, приводящим к разрыву связей С-С?	1) Простой 2) Интерпретационный 3) Творческий 4) Оценочный 5) Практический
Б) Какой тип реакций характерен для алканов?	
В) В реальном эксперименте, помимо получения вещества, остро стоит вопрос его выделения. С этой точки зрения, какой из процессов – хлорирование или бромирование является наиболее предпочтительным?	
Г) Сколько моноклорпроизводных образуется при хлорировании метилбутана?	
Д) Что представлял бы из себя механизм реакции хлорирования, если бы вместо метана в реакцию вступил тетрадейтерометан?	

Ответ: 21543

Задача № 5

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) выделяет три типа результатов освоения программ основного общего образования: личностные, метапредметные и предметные. Сопоставьте планируемые результаты освоения предмета «химия» и результаты освоения программ основного общего образования согласно ФГОС.

А) Развитие опыта экологически ориентированной рефлексивно-оценочной и практической деятельности в жизненных ситуациях	1) Личностные
Б) Формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки	2) Метапредметные
В) Умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач	3) Предметные

Г) Овладение научным подходом к решению различных задач	
---	--

Ответ:

А – 1

Б – 1

В – 2

Г – 3

Задача № 6

В преподавательской деятельности очень важно уметь правильно подбирать задания для проверки формирования того или иного навыка или умения.

Среди предложенных ниже заданий выберите то, которое позволит оценить умение понимать, что практическое применение веществ обусловлено их составом, строением и свойствами.

- 1) Из этилена и любых неорганических реагентов получите ацетон.
- 2) Опишите принцип действия ректификационной колонны в процессе переработки нефти.
- 3) Предложите способ разделения смеси хлорида натрия и фосфата кальция.
- 4) В чем принципиальная разница между обычным каучуком и вулканизированным каучуком?

Ответ: 4

Прочитайте текст к заданиям №7-11.

Одной из классических практических работ по основам физической химии является школьный эксперимент по определению теплового эффекта реакции нейтрализации, протекающей между сильной кислотой и сильным основанием. Серьезным плюсом этой работы является то, что для ее проведения не требуются редкие реактивы или специфическое оборудование. Единственное, чего может не быть в кабинете химии, это калориметры, но их можно попросить у преподавателей физики. Существует мнение, что учащимся очень полезно увидеть, что одно и то же оборудование может быть использовано для проведения как физического, так и химического эксперимента, что способствует формированию у учеников единого взгляда на Природу.

Суть работы сводится к измерению разницы температур растворов щелочи и кислоты до проведения реакции между ними и после. Естественно, после реакции учащиеся измеряют уже температуру полученного раствора. При проведении опытов для облегчения расчетов важно, чтобы растворы кислоты и щелочи изначально имели одинаковую температуру, удобнее всего, чтобы это была комнатная температура. Измерение разницы температур проводят с помощью термометра (точность измерения – до десятых градуса Цельсия), опущенного в легкий пластиковый стакан, в котором проводится реакция. В свою очередь этот стакан должен размещаться в калориметре для минимизации потерь теплоты за счет контакта с воздухом.

Для проведения точных расчетов требуется знание некоторых параметров растворов кислоты и щелочи, а точнее, их концентраций и плотностей. В некоей школе учащиеся работали с 5%-ным (по массе) раствором серной кислоты (плотность 1,0320 г/мл) и 6 М раствором гидроксида натрия (плотность 1,2162 г/см³). Необходимые объемы растворов реагентов учащиеся отмеряли с помощью мерных цилиндров и другой необходимой аналитической посуды. Температура в классе в тот день составляла 22 °С.

Учитель предложил ученикам работать с 5 мл раствора щелочи, а объем раствора серной кислоты посчитать самостоятельно. Количество выделяющейся теплоты можно рассчитать с помощью уравнения теплового баланса, использование которого также способствует формированию и укреплению межпредметных связей между химией и физикой в школе. При использовании этого уравнения необходимо сделать некоторые допущения, сильно не влияющие на результат, например, можно пренебречь теплоемкостями щелочи, кислоты и образующейся соли в растворе. Также нужно принять значение теплоемкости воды, равной 4200 Дж / (кг·град), что является примерным. Уравнение теплового баланса:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t,$$

где Q – количество теплоты, c – теплоемкость, m – масса, Δt – разница температур.

После проведения опыта и необходимых расчетов методически правильным является обсуждение вариаций проведения данной лабораторной работы и того, какие факторы и каким образом могут повлиять на результат эксперимента.

Задача № 7

Выберите все необходимое для безопасного проведения лабораторной работы по теме «Определение теплового эффекта реакции нейтрализации».

- 1) Разбавленная серная кислота
- 2) Калориметр
- 3) Электролизер
- 4) Термометр
- 5) Аппарат Киппа
- 6) Концентрированная серная кислота
- 7) Концентрированный раствор щелочи
- 8) Кристаллизатор
- 9) Пипетка

Запишите ответы **по возрастанию**.

Ответ: 12479

Задача № 8

Определите правильный порядок действий учащегося при проведении лабораторной работы по теме «Определение теплового эффекта реакции нейтрализации».

- 1) Расчет количества теплоты, выделяющейся при проведении эксперимента
- 2) Расчет теплового эффекта реакции нейтрализации
- 3) Отбор необходимых объемов растворов кислоты и щелочи
- 4) Расчет необходимых для проведения эксперимента объемов растворов кислоты и щелочи
- 5) Измерение разницы температур растворов до реакции и после смешения растворов
- 6) Промывание дистиллированной водой калориметра и подобранных мерных цилиндров для отбора растворов с последующим высушиванием оборудования

Ответ: 4, 6, 3, 5, 1, 2

Задание № 9

Любая практическая работа по химии должна проходить с соблюдением техники безопасности. Установите соответствие между действием по обеспечению безопасной работы или исправлением возникшей внештатной ситуации и собственно такой ситуацией.

Действие	Ситуация
А) Промывание кожи раствором борной кислоты	1) Попадание на кожу раствора серной кислоты
Б) Использование пластиковой посуды при определении теплового эффекта реакции нейтрализации	2) Предотвращение удара электрическим током
В) Использование защитного экрана	3) Попадание на кожу раствора едкого натра
Г) Промывание кожи раствором питьевой соды	4) Предотвращение выхода из строя посуды для проведения эксперимента по определению теплового эффекта реакции нейтрализации
Д) Использование защитных очков	5) Предотвращение попадания растворов в глаза
	6) Предотвращение термического ожога
	7) Экспериментатор осуществляет действия, не обязательные при определении теплового эффекта реакции нейтрализации

Ответ: А-3, Б-4, В-7, Г-1, Д-5

Задача № 10

После проведения эксперимента учитель химии предложил ученикам сформулировать свои идеи насчет того, как можно проводить данную работу и какие погрешности влияют на результат. Высказывания учащихся приведены ниже.

Стена: «Необязательно брать стехиометрические количества реагентов, один можно взять с избытком, а расчет теплового эффекта проводить по недостатку».

Надя: «Если раствор щелочи был приготовлен накануне, то за ночь его концентрация могла измениться, и результат эксперимента будет занижен по сравнению с реальным значением».

Юля: «Если вместо раствора серной кислоты взять соответствующий объем раствора уксусной кислоты, то полученный тепловой эффект будет меньше, чем в случае с серной кислотой».

Саша: «Если оба реагирующих раствора будут разбавленными, то нам не хватит чувствительности приборов для определения теплового эффекта».

Какие из высказываний являются истинными? Перечислите через запятую имена учеников, высказавших верное суждение, в том порядке, в котором они приведены в тексте задания. Если вы считаете, что правы все учащиеся, напишите в ответе слово «все».

Ответ: все

Задача № 11

При проведении лабораторной работы пара учащихся получила значение разницы температур растворов до реакции и после, равное $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рассчитайте, какое значение теплового эффекта реакции нейтрализации (в расчете на 1 моль образующейся воды) вышло у этой пары учеников. При проведении опыта юные экспериментаторы брали 35 мл раствора серной кислоты. Плотность 6 М раствора гидроксида натрия равна 1,2162 г/мл. Массы всех веществ и растворов необходимо считать с точностью до сотых грамма, а выделяющую в ходе реакцию теплоту с точностью до сотых джоуля. Ответ приведите в килоджоулях, округлив до целых.

Ответ: 53 кДж

Задача № 12

Ученики выполняли практическую работу по качественному анализу неизвестных растворов. Задание состояло в следующем: в четырех неподписанных пробирках находятся растворы NaOH, HCl, H₂SO₄ и K₂CO₃. Все растворы выданы в концентрации 0,01 М. Учитель предложил определить неизвестные вещества без дополнительных реагентов путем взаимного смешивания содержимого пробирок, однако ученики не смогли справиться с этим заданием.

Раствор какого одного реагента (в концентрации 0,01 М), доступного в условиях школьной лаборатории, учителю стоило дополнительно выдать ученикам в виде пятой неподписанной пробирки, чтобы ученики смогли решить данную работу? Напишите его брутто-формулу.

Ответ: AgNO₃

Задача № 13

Ниже представлено задание и решение этого задания учеником. Среди предложенных наводящих вопросов выберите тот, который поможет ученику найти ошибку.

Задача.

На титрование 20 мл раствора, содержащего перекись водорода и серную кислоту, было израсходовано 5,6 мл 0,05 М раствора перманганата калия. Рассчитайте концентрацию перекиси водорода в исходных 20 мл.

Ответ: 0,035 М

Решение ученика.



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,0056 \cdot 0,05 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\text{По закону стехиометрии: } v(\text{H}_2\text{O}_2) = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$C(\text{H}_2\text{O}_2) = 1,26 \cdot 10^{-3} / 0,02 = 0,063 \text{ М}$$

Ответ: 0,063 М

Вопросы:

- 1) Сформулируй еще раз закон стехиометрии.
- 2) Запиши еще раз формулу для расчета молярной концентрации вещества.
- 3) Расставь коэффициенты в реакции методом электронного баланса.
- 4) Пересчитай еще раз молярную концентрацию перекиси водорода.

Ответ: 3

Задание № 14

Одним из типов работ в школьном курсе органической химии является синтез органических соединений. Ниже приведены действия из методики к лабораторной работе по синтезу бромэтана. Расположите их в нужном порядке.

1. Для отделения от примеси диэтилового эфира, образующегося в процессе реакции, к продукту при охлаждении льдом с солью осторожно прилить серную кислоту, пока она не соберется в виде отдельного слоя под бромэтаном.

2. В круглодонную колбу емкостью 100 мл влить 15 мл этилового спирта, добавить 12 мл воды и при постоянном перемешивании и охлаждении (20 °С) постепенно прилить 27 мл H_2SO_4 (конц.). Затем при перемешивании добавить 23 г бромида калия.
3. Бромэтан осторожно перелить в предварительно охлажденную круглодонную колбу емкостью 50 мл. Соединить колбу с дефлегматором, нисходящим холодильником, аллонжем и сухим приемником, охлаждаемым холодной водой.
4. Колбу соединить с дефлегматором и длинным нисходящим холодильником, к которому присоединить аллонж и приемник, в котором находится вода. Аллонж погрузить в воду примерно на 1 см.
5. Осторожно перелить смесь через воронку в сухую делительную воронку, отделить нижний слой кислоты.
6. Колбу нагреть на водяной бане, собрать бромэтан в предварительно взвешенную колбу-приемник.
7. Отделить бромэтан от воды декантацией.

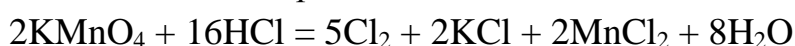
Ответ: 2471536

Задача № 15

Ниже представлены три разных решения следующего задания.

К 41,08 г твердого перманганата калия добавили избыток концентрированного раствора соляной кислоты. Рассчитайте объем (л, н.у.) выделившегося газа.

Решение Марии

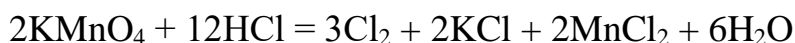


$$v(\text{KMnO}_4) = 41,08/158 = 0,26 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2) = 0,26 \cdot 22,4 = 5,8 \text{ л}$$

Ответ: 5,8 л

Решение Андрея

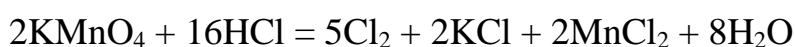


$$v(\text{KMnO}_4) = 41,08/158 = 0,26 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2) = 0,39 \cdot 22,4 = 8,7 \text{ л}$$

Ответ: 8,7 л

Решение Максима



$$v(\text{KMnO}_4) = 158/41,08 = 3,8 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2) = 9,5 \cdot 22,4 = 212,8 \text{ л}$$

Ответ: 212,8 л

Среди предложенных ниже утверждений выберите верные.

- 1) Все ученики владеют умением расставлять коэффициенты в уравнениях химических реакций.
- 2) Максим владеет умением применять закон стехиометрии для решения задач.
- 3) Андрей владеет умением применять закон стехиометрии для решения задач.
- 4) Мария владеет умением применять закон стехиометрии для решения задач.
- 5) Все ученики владеют умением проводить расчеты по химическим формулам.
- 6) Андрей не владеет умением расставлять коэффициенты в уравнениях химических реакций.

Ответ: 236