**Задание 1. «Волшебный аромат».**

«Нет, Обеликс, я не дам тебе напиток, поскольку ты еще в детстве упал в котел с этим волшебным зельем».

Панорамикс

В хорошо знакомых многим произведениях о борьбе римлян с неуступчивыми галлами главными героями являются Астерикс и его лучший друг Обеликс. Неоднократно этим двум персонажам на помощь приходил друид Панорамикс, искусно варивший чудодейственное зелье с очень приятным ароматом, дающее исключительную силу тому, кто его выпил. Прошло много лет, рецепт приготовления этого зелья был безвозвратно утрачен...



Одним из веществ, придающим тот самый приятный аромат чудодейственному зелью, могло быть соединение **X**, имеющее запах груши. Сегодня волшебники-химики без особых сложностей могут синтезировать это вещество! В лаборатории **X** обычно получают нагреванием изоамилового спирта (3-метилбутанол-1) с безводной (ее называют "ледяной") предельной одноосновной органической кислотой **Y** в присутствии тяжелой маслянистой минеральной кислоты **Z**.

1. Приведите структурные формулы изоамилового спирта, соединения **X** и кислоты **Y**, если известно, что плотность паров **X** по воздуху составляет около 4,5. Ответ подтвердите соответствующими расчетами. Назовите вещества **X** и **Y**.
2. Предложите формулу минеральной кислоты **Z**, которую обычно используют для синтеза **X**. Какова роль этой кислоты в упомянутой реакции?
3. Как называется реакция, описанная выше в качестве способа получения **X**?
4. Почему безводная кислота **Y** называется "ледяной"?

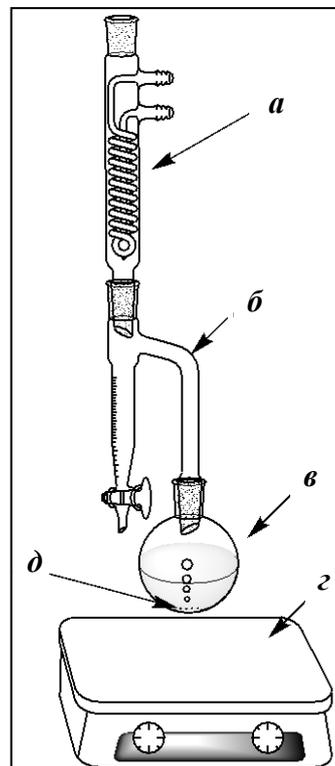
Описанную реакцию получения **X** в лаборатории обычно проводят в установке, изображенной на рисунке справа.

5. Приведите названия отдельных частей изображенной установки (детали **a**, **б**, **в** и **г**), которые обычно используют профессиональные химики. Как называют в химии кусочки пористой керамики **д**, которые добавляют в сосуд **в**. Какую функцию они выполняют?

Для получения **X** в сосуд **в** поместили смесь, состоящую из 163,0 мл изоамилового спирта ($\rho = 0,81 \text{ г/см}^3$), 57,1 мл "ледяной" кислоты **Y** ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$) и ~1 мл минеральной кислоты **Z**. Смесь тщательно перемешали и кипятили в течение ~8 ч. После окончания нагревания в мерной части сосуда **б** собралось 15 мл воды.

6. Рассчитайте выход (в %) и массу **X** (в г), образовавшегося в сосуде **в**.

7. Помимо описанного выше способа получения сложного эфира существует еще много различных методов синтеза соединений данного класса. В качестве исходных веществ могут использоваться соединения, относящиеся к разным классам. Приведите 3 одностадийные схемы синтеза бутилбутирата (бутиловый эфир бутановой кислоты) из 1) хлорангидрида бутановой кислоты, 2) бутаноата калия, 3) метилового эфира бутановой кислоты. В вашем распоряжении есть любые реагенты и катализаторы. Укажите условия протекания данных реакций, если это необходимо.



Задание 2. «Магнитка».

Магнитогорск – город трудовой доблести и славы, являющийся одним из крупнейших мировых центров черной металлургии. Город был основан в 1929 году у подножия горы Магнитной. Одновременно с основанием города началось и строительство Магнитогорского металлургического комбината (ММК), главным источником руды для которого более 50 лет являлась эта гора. Основным полезным минералом месторождения горы Магнитной был магнетит (магнитный железняк), содержащий 72,36 % железа (здесь и далее в задаче масс. %).



1. Установите химическую формулу магнетита (ответ подтвердите расчетом). Как называется структурный тип, к которому относится кристаллическая решётка магнетита?

Руда с месторождения поступала на обогатительную фабрику, где она дробилась и обогащалась методом магнитной сепарации. В этом методе в магнитном поле происходит отделение магнитных минералов (магнетита и пирротина) от основной части немагнитных (пустой породы). Известно, что пирротин состоит из двух элементов и содержит 63,57 % железа.

Магнитная фракция обогащения железных руд называется «концентрат», а немагнитная – «хвосты». По результатам химанализа некоторая партия концентрата содержала 60,5 % железа и 0,5 % «вредной примеси» (это тот самый второй элемент пирротина).

2. Считая, что в концентрате нет других веществ, содержащих железо и второй элемент пирротина, вычислите массовые доли пирротина и магнетита в партии концентрата, подвергнутой анализу.

3. Определите расчётом химическую формулу пирротина. К какому классу соединений он относится?

4. Напишите уравнения реакций, происходящих при обработке магнетита и пирротина: а) горячей соляной кислотой; б) горячей концентрированной азотной кислотой; в) хлором в расплаве натриевой щелочи.

На самом деле в концентрат из руды частично переходит и пустая порода, внося в его состав силикаты, алюмосиликаты и другие минералы, содержащие Al, Si, Ca, Mg. В металлургии содержание элементов принято представлять в виде массовых долей их оксидов.

5. Запишите формулы мета- и ортосиликатов кальция, диортосиликата алюминия, метаалюмината магния (этот минерал называется «шпинель»). Напишите уравнения реакций, происходящих при обработке диортосиликата алюминия и метаалюмината магния: а) горячей соляной кислотой; б) избытком горячего раствора натриевой щелочи.

Концентрат представляет собой мелкодисперсный порошок, который без окомкования нельзя загружать в доменную печь. Способ окомкования, который применяется на ММК, называется «агломерация». В процессе агломерации концентрат смешивается с карбонатом кальция и топливом – «коксом» (мелкораздробленный кокс). Полученная смесь (аглошихта) подаётся в агломерационную машину. В машине смесь поджигается с поверхности и за счёт просасывания воздуха сверху вниз спекается во всём объёме в агломерационный «пирог», так как в зоне горения развивается температура более 1100 °С. Пирог при выходе из машины дробится на крупные куски, которые называются «агломерат». В процессе агломерации решаются две задачи: во-первых, получить прочный крупный кусок, во-вторых, получить заданную основность. Основностью агломерата (**В**) называют отношение содержания CaO к содержанию SiO₂ в массовых процентах.

6. Напишите уравнение реакции термического разложения карбоната кальция. Вычислите массу известняка, содержащего 95 % карбоната кальция, которую нужно добавить к 100 кг концентрата, содержащего 0,3 % CaO и 5,0 % SiO₂, для получения агломерата с основностью **В** = 1,7. В расчёте примите, что во время процесса агломерации масса самого концентрата не меняется, а карбонат кальция разлагается полностью. Пустая порода известняка на 50 % состоит из SiO₂.

7. Рассчитайте массу коксика, которую нужно добавить к 100 кг смеси концентрата с известняком, чтобы получить аглошихту с содержанием коксика 4,2 %. Напишите уравнение реакции горения коксика, за счёт которого в агломерационной машине поддерживается нужная температура.

8. Рассчитайте массу агломерата с основностью 1,7, который получится после загрузки в машину 100 кг концентрата и необходимых по расчетам масс известняка и коксика. Известно, что после сгорания коксика остается 12 % золы (неорганические соединения, не участвующие в процессе горения и полностью переходящие в агломерат).

Задание 3. «Водородная бомба».

«Такое оружие может разрабатываться только страной, у которой развиты наука и образование. У России этот потенциал есть».

Из послания В.В. Путина Федеральному собранию 1.03.2018.

В своем послании Федеральному собранию президент России Владимир Путин уделил большое внимание вопросам национальной безопасности, укреплению боеспособности Вооруженных сил, оснащению их современным и перспективным вооружением. Верховный главнокомандующий рассказал об успешных испытаниях новейших типов оружия и подчеркнул, что ни у кого нет такого оружия, как у России. «Надеюсь, что сказанное сегодня отрезвит любого агрессора», — добавил он. И действительно, группа сенаторов США уже через несколько дней призвала Госдепартамент незамедлительно приступить к новому раунду переговоров с Москвой по стратегической стабильности, несмотря на имеющиеся разногласия.

Несмотря на то, что самой разрушительной силой вот уже более 70 лет является ядерное оружие, в истории человечества есть только два примера его использования в военных целях. В августе 1945 г США сбросили по одной атомной бомбе на японские города Хиросиму и Нагасаки с целью ускорить капитуляцию Японии во второй мировой войне. Принцип действия этих бомб основан на цепной реакции деления тяжелых атомных ядер на более легкие под действием быстрых нейтронов:



Спустя 7 лет в США было испытано еще более мощное, т. н. термоядерное взрывное устройство. Основным источником энергии в нем служила именно та реакция, которая постоянно происходит в недрах Солнца, причем это уже не распад, а синтез более тяжелого ядра из двух легких. Еще через год советские ученые, опередив американцев, нашли техническое решение, позволившее создать на основе этой реакции и в августе 1953 г испытать настоящую бомбу.

Самой крупной испытанной «водородной бомбой» (чаще всего ее называют именно так) до сих пор остается советская 50-Мт «царь-бомба», взорванная 30.10.1961 на полигоне архипелага Новая Земля. Ударная волна после ее взрыва трижды обогнула земной шар! Для сравнения: бомба, сброшенная на Хиросиму, имела мощность 15 кт.

Для создания водородной бомбы ядерщиками из СССР был использован не сам водород. Действующим компонентом термоядерных боеприпасов являлось *изотопно-чистое* вещество **X** с молярной массой 8,0 г/моль. Оно представляет собой бесцветные нерадиоактивные кристаллы, спокойно реагирует с водой [реакция 1], бурно – с соляной кислотой [2], в обоих случаях выделяется газ **Y** с плотностью по воздуху 0,103. На воздухе **Y** горит [3] с образованием паров **Z**, конденсирующихся в жидкость при температуре чуть выше 100 °С, замерзающую при температуре около 2 °С. Вещество **X** тоже горит [4], окрашивая пламя в красный цвет, при нагревании в вакууме до ~850 °С разлагается [5].

1. Вставьте символ ядра, пропущенного в цепной реакции деления ${}^{235}\text{U}$.

2. Установите состав веществ **X**, **Y** и **Z**, в т. ч. изотопный, ответ подтвердите расчетами. Назовите эти вещества.

3. Напишите уравнения реакций [1] – [5].

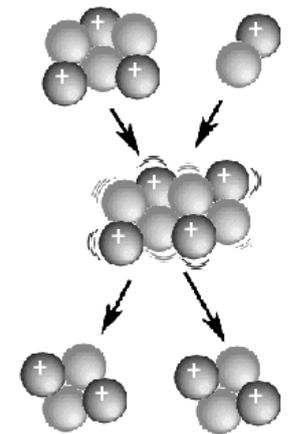
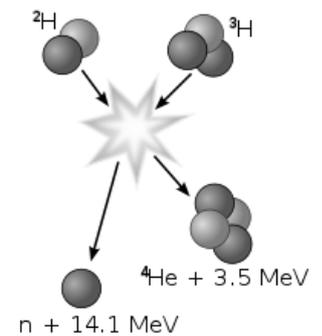
4. Известно, что при нагревании вещество **X** способно реагировать с такими газами, как хлор, аммиак, сернистый газ, диборан и даже азот. Напишите уравнения этих реакций.

5. Термоядерная реакция сама по себе не приводит к радиоактивному заражению местности. Однако для ее инициации требуются крайне высокая температура, огромное давление и источник быстрых нейтронов. Каким путем достигаются эти условия?

6. Напишите уравнение термоядерной реакции, являющейся основным источником энергии Солнца, а также суммарное уравнение реакции, происходящей с веществом **X** во время взрыва боеприпаса.

7. Как называются частицы ${}^4_2\text{He}$, выделяющиеся в ядерных реакциях? Какими, по Вашему мнению, химическими свойствами они обладают?

8. Назовите фамилию, имя и отчество советского ученого-физика, одного из создателей первой водородной бомбы, ставшего академиком в 32 года, трижды(!) Героя Социалистического Труда, впоследствии известного правозащитника и лауреата Нобелевской премии мира.



Задание 4. «Собака Баскервилей».

Одно из самых громких дел частного детектива, вымышленного сэром Артуром Конан Дойлем, называлось «собака Баскервилей». Злоумышленник смертельно напугал своего дядю «призраком собаки», измазав морду большого пса светящимся составом. По одной из самых распространенных версий состав являлся ничем иным, как простым веществом **A**, образованным элементом **X**. В природе элемент **X** встречается только в составе минералов. Один из них, фторапатит имеет состав $\text{Ca}_5(\text{XO}_4)_3\text{F}$, массовая доля элемента **X** в нем составляет 18,45 %.



1. Установите элемент **X** (ответ подтвердите расчетом). Почему **X** не встречается в природе в самородном виде?

Простое вещество **A** при взаимодействии с кислородом воздуха медленно окисляется, при этом часть энергии, выделяющейся в реакции, излучается в виде света. Такое явление называется хемилюминесценцией.

2. Напишите уравнение реакции окисления **A** на воздухе. Как бы Вы предложили хранить вещество **A**, чтобы избежать его окисления?

Вещество **A** является крайне ядовитым. Возвращаясь к повести Конан Дойля, смертельная доза **A** для собак составляет 0,05-0,15 г по различным источникам. Разумеется, данные приводятся для пероральной дозы, однако следует помнить, что собака умывается с помощью своего языка.

3. Оцените массу **A**, которая потребуется для покрытия морды собаки и сделайте вывод о возможности применения **A** в качестве светящегося состава без риска для жизни животного.

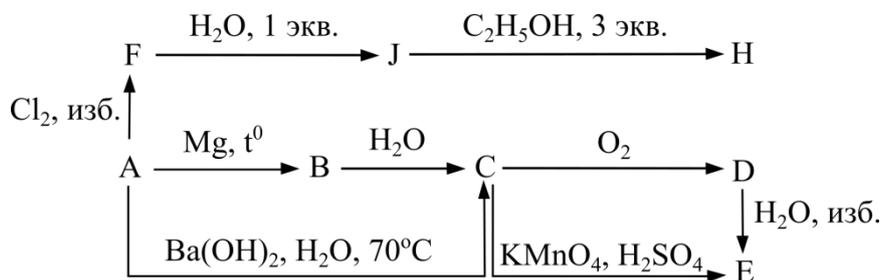
Данные для оценки: морду пса можно считать кругом с радиусом 10 см, минимальная толщина слоя **A** на морде – 0,1 см, плотность **A** составляет 1,82 г/см³. Так же можно считать, что пёс слизет за один час как минимум 10 % вещества **A**, находящегося у него на морде.

4. Считая скорость слизывания равномерной, определите время, за которое собака съест летальную дозу **A** (принять равной 0,15 г). Если, на Ваш взгляд, на морде собаки недостаточно **A**, можете считать, что злоумышленник наносил вещество **A** более толстым слоем (1 см).

Получить вещество **A** можно, прокалив смесь фторапатита, песка и угля.

5. Напишите уравнение реакции получения вещества **A** описанным выше способом.

Химия элемента **X** весьма разнообразна. Небольшую её часть отражает схема, приведённая ниже:



6. Напишите формулы веществ **B-H** и уравнения всех реакций (всего 9), приведенных на схеме.

Вещество **D** способно возгоняться при нагревании с сохранением структуры. Герой нашей задачи, помимо великолепной дедукции, обладал и талантами химика-экспериментатора. Среди его экспериментов мог иметь место и эксперимент по исследованию свойств вещества **D**. Для этого гениальный сыщик поместил 100 мг вещества **D** в вакуумированную ампулу на 20 мл и нагрел до 360 °С. После полного превращения вещества **D** в газ давление в ампуле составило 0,914 атмосферы.

7. К какому типу превращений относится возгонка? Основываясь на результатах эксперимента детектива, изобразите структурную формулу вещества **D** в газовой фазе.

8. Как зовут детектива, который расследовал дело о «собаке Баскервилей»?