

**Задание 1. «Буратино и углекислый газ».**

Отчаявшись пробудить в Буратино интерес к учебе простыми наставлениями, Мальвина, Артемон и Пьеро решили провести для деревянного мальчика демонстрационный урок естествознания, включив в него элементы математики, физики и химии. Пробравшись в лабораторию известного любителя естествознания Дуремара, друзья обнаружили там баллон с углекислым газом, ведро с известковой водой, весы, посуду, шланги и прочее оборудование.



Умелец Артемон присоединил к баллону с углекислым газом резиновый шланг со стеклянной трубкой, опустил трубку в воду и так отрегулировал подачу газа, что каждую секунду из трубки в воду выходило три пузырька газа. «Видишь, Буратино, скорость подачи газа через нашу трубку составляет ровно 3 пузырька в секунду», – довольно сказал пес. «Не путай меня, скорость измеряется в километрах в час, я это знаю точно», – гордо заявил Буратино, легко обгоняющий любую из кукол на своих деревянных ногах. «Скорость бывает самая разная, – вмешался в их диалог зануда Пьеро. – Например, скорость подачи газа можно измерять как в пузырьках, так и в объемах газа, в числе его молекул или атомов, в граммах, и даже в молях газа, прошедших через трубку в единицу времени».

1. Помогите Пьеро вразумить Буратино, вычислите скорость прохождения углекислого газа через трубку в других единицах: а) миллилитрах в секунду; б) молекулах в секунду; в) атомах в минуту; г) граммах в час; д) молях газа в сутки.

**Примечание: один моль любого газа в условиях эксперимента ( $p = 1$  атм,  $t = 20$  °С) занимает объем 24,0 л, диаметр пузырька примите равным 0,5 см, объем шара равен  $4/3\pi r^3$ .**

Пока друзья спорили, Мальвина взяла сухую коническую колбу с пробкой общим объемом 0,36 л и взвесила ее. Вынула стеклянную трубку из воды, тщательно высушила ее полотенцем и опустила на дно колбы, начав пропускать в нее газ из баллона. «А что, Буратино, – загадочно улыбнулась Мальвина, – сможешь посчитать, сколько времени я собралась пропускать газ в эту колбу?» Буратино обиженно засопел и засел за расчеты, потратив на них неоправданно много времени. Каково же было его удивление, когда он оторвал голову от записей и увидел, что газ по-прежнему пропускают в колбу, несмотря на то, что времени прошло даже больше, чем получилось в его расчетах. Мальвина проверила расчеты и похвалила Буратино, но нудный Пьеро отказался прекращать эксперимент. Он аккуратно вынул трубку, закрыл колбу пробкой и взвесил ее. Записав массу, он снова опустил трубку в колбу и продолжил пропускать газ, каждые 3-4 мин вынимая трубку, закрывая колбу пробкой и снова взвешивая ее. Буратино даже проснулся, когда Пьеро громко и радостно закричал: «Вот, теперь достаточно!»

2. Вычислите минимальное время, за которое колба может полностью заполниться углекислым газом. Почему на практике эксперимент проводят заметно дольше и сколько раз взвешивают колбу с газом? Почему не обходятся одним взвешиванием?

3. Рассчитайте массу колбы с пробкой, полностью заполненной углекислым газом, если известно, что пустая колба с воздухом, закрытая пробкой, весит 412,555 г.

После того, как Пьеро, наконец, оторвался от колбы, Мальвина зажгла свечу, поднесла к ней колбу, вынула пробку и перевернула колбу над свечой. «Ух, ты», – оживился Буратино.

4. Что наблюдали друзья в этом опыте и какова причина этого эффекта?

Затем Артемон опустил трубку от баллона с газом в небольшую стеклянную колбочку, содержащую 100 мл известковой воды. «Стало совсем интересно», – удивился Буратино и подошел поближе к колбе, чтобы внимательно наблюдать за происходящим внутри нее чудом. Решив совсем заинтриговать его, лукавый Пьеро отвлек Буратино, предложив закончить уравнение реакции гидроксида кальция с углекислым газом. Несчастный Буратино лишь недоуменно таранился на набор непонятных символов, обозначающих реагенты. «А, может, ты и не видел ничего?» – расхохотался Артемон, возвращая внимание Буратино к реакционной колбе, в которой происходило что-то уж совсем непонятное. Дождавшись окончания превращений, восторженный Буратино сказал, что он тоже хочет ощущать себя

волшебником, поэтому обязательно начнет изучать химию. В ответ его друзья добродушно улыбнулись и пообещали помочь ему с этим делом (а также с математикой, физикой и другими науками, без которых изучение химии определено невозможно).

5. Какие эффекты Буратино наблюдал в колбе с известковой водой при длительном пропускании через нее углекислого газа? Напишите уравнения реакций.

6. В 1 л известковой воды содержится 1,6 г гашеной извести. Сколько времени Артемону надо было пропускать углекислый газ в колбочку для максимального проявления первого эффекта? Какое минимальное время потребуется, чтобы увидеть окончание второго эффекта?

Пора уже продемонстрировать Буратино и Ваш высокий класс. Попробуйте самостоятельно выполнить пункты 7 и 8 задания, не дожидаясь подсказок от наших героев.

7. Из перечисленного списка веществ: оксид бария, уголь (при нагревании), соляная кислота, оксид азота(II), хлор, аммиак (водный раствор), оксид натрия, оксид меди(II), хлорид кальция (водный раствор), металлический магний (при нагревании), гидроксид цезия, сера (при нагревании): а) Выберите и укажите вещества, с которыми углекислый газ не реагирует; б) Выберите и укажите вещества, с которыми углекислый газ реагирует, и напишите уравнения реакций.

8. Приведите один лабораторный способ получения углекислого газа (уравнение реакции) и два примера его использования для народнохозяйственных нужд.

## 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 и кислород (здесь и далее в задаче масс. %).

1. Установите химическую формулу магнетита (ответ подтвердите расчетом). Какой класс неорганических веществ он представляет?

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 тех же двух элементов, что и минерал пирит, 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.

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»). Рассчитайте содержание CaO в чистых мета- и ортосиликатах кальция. Напишите уравнения реакций, происходящих при обработке ортосиликата кальция 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» (мелкодробленый кокс, в основном состоящий из углерода). 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 SiO<sub>2</sub> в массовых процентах.



6. Напишите уравнение реакции термического разложения карбоната кальция. Вычислите массу известняка, содержащего 100 % карбоната кальция, которую нужно добавить к 100 кг концентрата, содержащего 0,3 % CaO и 5,0 % SiO<sub>2</sub>, для получения агломерата с основностью  $B = 1,7$ . В расчёте примите, что во время процесса агломерации масса самого концентрата не меняется, а карбонат кальция разлагается полностью.

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 счет которого в агломерационной машине поддерживается нужная температура.

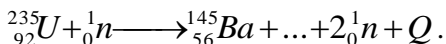
### Задание 3. «Водородная бомба».

«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:



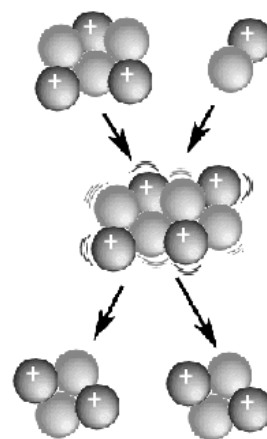
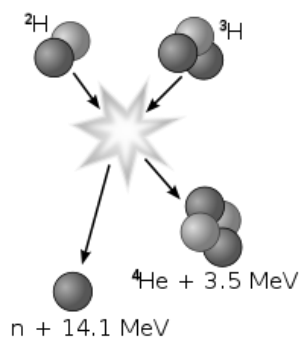
Спустя 7 лет в США было испытано еще более мощное, т. н. термоядерное взрывное устройство. Основным источником энергии в нем служила именно та реакция, которая постоянно происходит в недрах Солнца, причем это уже не распад, а синтез более тяжелого ядра из двух легких. Еще через год советские ученые, опередив американцев, первыми 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  $X$  ( ${}^6_3\text{Li}^2\text{H}$ ). 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]. Однако при облучении быстрыми нейтронами изотоп  ${}^6_3\text{Li}$  превращается в изотоп  ${}^3_1\text{H}$ , который в условиях крайне высоких давлений и температур дает «солнечную» термоядерную реакцию с имеющимся «под рукой» ядром  ${}^2_1\text{H}$ . Необходимые для протекания этих двух последовательных реакций условия (свободные  ${}^1_0n$ , высокие  $t$  и  $p$ ) создавались подрывом ядерного заряда в ограниченном объеме.

1. Вставьте символ ядра, пропущенного в цепной реакции деления  ${}^{235}\text{U}$ . Во сколько раз мощность «царь-бомбы» превысила мощность взрыва над Хиросимой?

2. Приведите собственные названия изотопов  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  и  ${}^3_1\text{H}$ , а также символы изотопов  ${}^2_1\text{H}$  и  ${}^3_1\text{H}$ .



- Установите формулы газа **Y** и жидкости **Z**. Приведите названия веществ **X**, **Y** и **Z**.
- Напишите уравнения реакций [1] – [5].
- Напишите уравнение термоядерной реакции, являющейся основным источником энергии Солнца, а также суммарное уравнение реакции, происходящей с веществом  ${}^6_3\text{Li}^2\text{H}$  во время взрыва боеприпаса. Если ничего не получается, еще раз перечитайте условие и внимательно посмотрите на иллюстрации к задаче.
- Как называются частицы  ${}^4_2\text{He}$ , выделяющиеся в ядерных реакциях? Какими, по Вашему мнению, химическими свойствами они обладают?
- 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 Баскервиль».**

Одно из самых громких дел частного детектива, вымышленного сэром Артуром Конан Дойлем, называлось «собака Баскервиль». 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 %.



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

Известно, что элемент **X** может образовывать несколько аллотропных модификаций, одной из которых является вещество **A**.

- Назовите три самые известные аллотропные модификации элемента **X**. Какая из них является наиболее химически активной?

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.

- 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.

- 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.

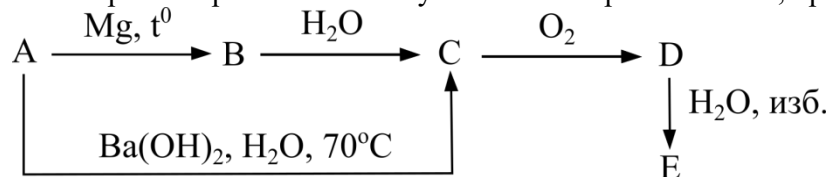
Данные для оценки: морду пса можно считать кругом с радиусом 10 см, минимальная толщина слоя **A** на морде – 0,1 см, плотность **A** составляет 1,82 г/см<sup>3</sup>. Так же можно считать, что пёс слизет за один час как минимум 10 % вещества **A**, находящегося у него на морде.

- 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.

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

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



- Напишите формулы веществ **B-E** и уравнения всех реакций, приведенных на схеме. Дополнительно известно, что бинарное вещество **C** содержит элемент **X** в его низшей степени окисления, а вещества **D** и **E** — в высшей.

- Изобразите структурные формулы веществ **D** и **E**.

- Как зовут детектива, который расследовал дело о «собаке Баскервиль»?