

**Задание 1.** (22 б). **11 Великих химиков.***"Посев научный взойдет для жатвы народной".*

Вашему вниманию представлен кроссворд, в котором зашифрованы фамилии 10 Великих химиков, внесших значительный вклад в развитие науки, лабораторной техники, промышленного производства и т.д. Используя подсказки, разгадайте фамилии этих ученых и выполните предложенные задания **а–н** (при написании уравнений реакций с участием органических веществ используйте структурные формулы).



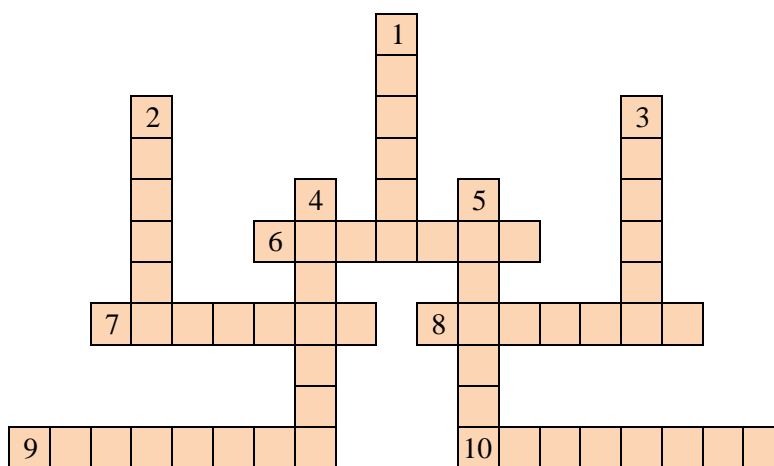
- а)** Назовите фамилию, имя и отчество русского химика, автора эпитафия к задаче, изображенного на приведенной фотографии.

По вертикали:

- 1.** Французский химик, предложивший синтез этанола гидратацией этилена. В 1895-1896 гг. – министр иностранных дел Франции.

- б)** Напишите уравнение реакции гидратации этилена с указанием условий ее проведения.

- в)** Еще один метод получения этанола, известный с давних времен, – брожение продуктов, содержащих глюкозу (виноград, плоды и т. п.) под действием ферментов. Приведите уравнение этой реакции (для глюкозы можно не приводить структурную формулу).



- 2.** Немецкий химик-органик, один из основоположников диенового синтеза, за что в 1950 г. был удостоен Нобелевской премии.

- г)** Напишите уравнение реакции бутадиена-1,3 с этиленом при нагревании.

- д)** Назовите фамилию второго ученого, который также был основоположником диенового синтеза.

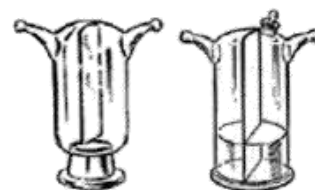
- 3.** Немецкий химик, предложивший получать алканы электролизом растворов солей карбоновых кислот.

- е)** Напишите уравнение реакции, протекающей при электролизе раствора бутирата калия.

- 4.** Немецкий химик, предложивший реактив для проведения «реакции серебряного зеркала».

- ж)** Напишите уравнение «реакции серебряного зеркала» на примере ацетальдегида.

- 5.** Русский химик – академик АН СССР. Сконструировал стеклянные приборы, применяемые для осушки газов (см. рис. справа). Предложил рецептуру стекла для химической посуды.



- з)** Какие из газообразных соединений: углекислый газ, иодоводород, хлор, аммиак – нельзя осушать с помощью концентрированной серной кислоты, а какие нельзя сушить с помощью твердого гидроксида натрия? Ответ обоснуйте, написав уравнения соответствующих реакций.

По горизонтали:

- 6.** Известный русский химик-органик и композитор. Открыл способ получения бромзамещенных углеводов из серебряных солей карбоновых кислот.

- и)** Напишите уравнение реакции *para*-нитробензоата серебра с бромом в CCl_4 .

- 7.** Французский химик-органик, один из авторов метода алкилирования ароматических соединений в присутствии кислот Льюиса.

- к)** Напишите уравнение реакции *tert*-бутилбензола с *n*-пропилхлоридом в присутствии кислоты Льюиса (укажите, какой именно).

- 8.** Русский химик, разработавший первый в мире промышленный способ получения бутадиена-1,3 из этанола.

- л)** Напишите уравнение упомянутой реакции.

- 9.** Шведский химик, автор теории электролитической диссоциации. Лауреат Нобелевской премии 1903 г.

- м)** Приведите по одному примеру сильного и слабого электролита, а также вещества-неэлектролита.

10. Латышский химик. Вывел математическое выражение, связывающее степень диссоциации слабой кислоты с ее константой кислотной диссоциации (впоследствии названное «закон разбавления...»). Лауреат Нобелевской премии по химии в 1909 г.

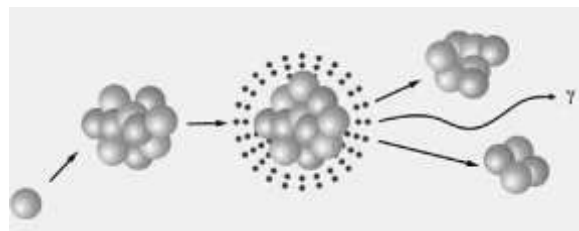
н) Запишите математическое выражение «закона разбавления...», о котором идет речь.

Задание 2. (22 б). **Химический прицел для нейтрона.**

«Что не излечивают лекарства, то излечивает железо, что не излечивает железо, то излечивает огонь».

Гиппократ

Интенсивное деление раковых клеток делает их особенно чувствительными к воздействию радиации, что позволяет использовать радиоактивное излучение для лечения онкологических заболеваний. Стремительное развитие ядерной физики стимулировало многочисленные научные исследования в этом направлении, начатые в 30-х годах XX века. Результаты исследований привели в 1936 г. Г. Лочера к оригинальной идее. Вначале следует ввести в раковые клетки препарат, содержащий стабильный изотоп бора ^{10}B , а затем обработать его потоком тепловых нейтронов невысокой энергии. В итоге атом бора, захватив нейтрон, превращается в нестабильный изотоп [реакция 1], который тут же распадается [2]. Образующиеся при его распаде α -частица (ядро ^4_2He) и ядро стабильного изотопа другого элемента быстро тормозятся и выделяют энергию 2,3 МэВ на длине размера клетки. Быстрое торможение и громадный локальный нагрев приводят к поражению именно той клетки, которая содержала ядро бора.



1. Напишите уравнения ядерных реакций [1] и [2].

При облучении ткани нейтронами, помимо реакций, связанных с захватом нейтрона ядром бора, возможны и ядерные реакции нейтрона с ядрами ^1H и ^{14}N . В первом случае получается одно стабильное ядро [3], а во втором – новое радиоактивное ядро и протон [4]. Хотя эффективность захвата нейтрона этими ядрами на несколько порядков меньше, чем изотопом ^{10}B , но их концентрация намного выше. Чтобы снизить риск поражения здоровой ткани, удалось подобрать такие препараты ^{10}B , которые накапливаются преимущественно в опухолевой ткани, создавая в ней концентрацию изотопа ^{10}B до 44 мкг/г. Здоровая ткань в ходе терапии этими препаратами накапливает в 4 раза меньше бора, что позволяет сделать вклад фонового облучения приемлемо малым и обеспечить возможность избирательного поражения раковой опухоли.

2. Напишите уравнения ядерных реакций [3] и [4]. Оцените: а) какая масса бора-10 потребуется для однократной терапии пациента массой 80 кг (1 мкг = 10^{-6} г)? б) какую массу изотопночистого препарата ортокарборана состава $\text{C}_2^{10}\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ следует ввести больному перед облучением? в) сколько атомов бора при этом попадет в опухоль, масса которой оценивается в 2 г?

Наилучшей реакцией генерации (получения) нейтронов для нейтронозахватной терапии является бомбардирование протонами изотопа ^7Li [5]. Однако, химические и тепловые свойства лития не самые благоприятные, что немного затрудняет его использование: прежде всего, это высокая реакционная способность лития по отношению к азоту [6] и кислороду [7] воздуха и воде [8].

3. Напишите уравнения ядерной реакции [5] и химических реакций [6-8].

Каждый акт рождения нейтрона в результате реакции протона с ^7Li сопровождается появлением радиоактивного ядра. Это ядро в результате захвата орбитального электрона обратно превращается в стабильный изотоп лития ^7Li [9]. Период полураспада (время, за которое распадается половина атомов вещества) в реакции [9] составляет 54 дня.

4. Напишите уравнение ядерной реакции [9] и рассчитайте, за какое время содержание радиоактивных ядер в облученном протонами образце ^7Li снизится в 128 раз.

Природный литий, кроме изотопа ^7Li , содержит ещё и изотоп ^6Li в заметном количестве. Известно, что в ходе облучения природного лития протонами в продуктах реакции обнаруживаются ядра трития и α -частицы [10], что приводит к необходимости использовать дополнительные сред-

ства защиты, а также снижает интенсивность нейтронного пучка. Поэтому для генерации нейтронов используют изотопночистые образцы ${}^7\text{Li}$.

5. Воспользовавшись Периодической системой, рассчитайте мольную долю изотопа ${}^6\text{Li}$ в природной смеси. Каким образом в ходе облучения природного лития получают α -частицы и ядра трития (уравнение реакции [10])? Отметим, что никаких других продуктов в реакции [10] не образуется.

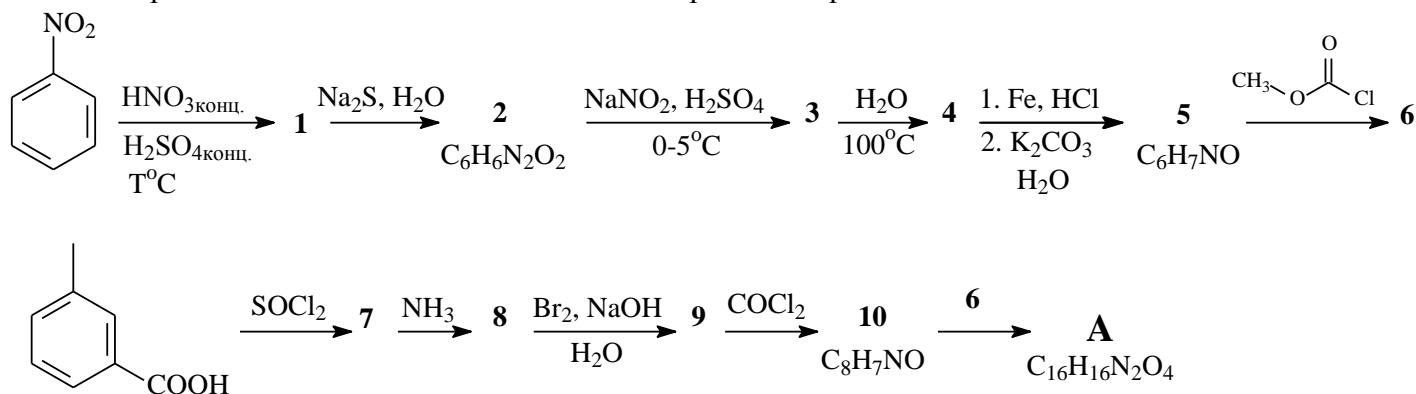
6. В зависимости от локализации болезненного процесса и его характера для лечебных воздействий в обычной радиотерапии используют α -, β - и γ -излучения. Как вы думаете, какой из представленных видов излучения может проникать на наибольшую глубину, какое на наименьшую? Свой ответ аргументируйте.

Задание 3. (24 б). Химия на службе защиты растений

Гербициды (от лат. «herba» – трава и «caedo» – убиваю) – специальные химические препараты, применяемые в сельском хозяйстве для уничтожения сорняков. Чаще всего, поля, засеянные сельскохозяйственными культурами (кукуруза, хлопчатник, пшеница, сахарная свекла и др.), обрабатывают гербицидами путем их распыления с воздуха посредством малогабаритных легких самолетов (т.н. «кукурузников»). Все эти вещества являются небезопасными и для человека, поэтому необходимо соблюдать особые меры предосторожности при обращении с ними!



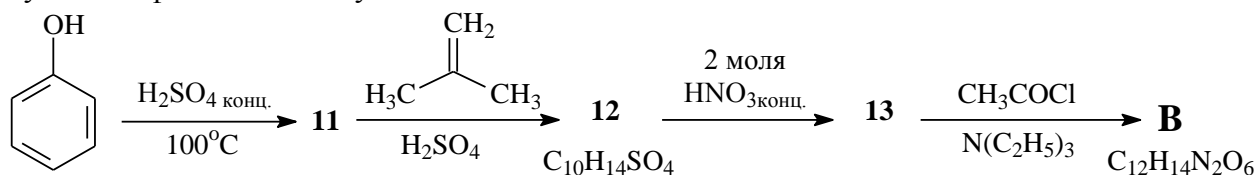
Фенмедифам (соединение **A**) – один из лучших гербицидов для борьбы с сорняками в сахарной свекле в период вегетации. Схема синтеза этого гербицида приведена ниже.



Дополнительно известно, что при действии на соединение **6** водным раствором хлорида железа(III) появляется фиолетовое окрашивание.

1. Приведите структурную формулу гербицида **A** и соединений **1-10**.

Еще одним эффективным гербицидом является динотербацетат (соединение **B**), который можно получить из фенола по следующей схеме.



Дополнительно известно, что молекулы соединения **11** не образуют внутримолекулярные водородные связи.

2. Приведите структурную формулу гербицида **B** и соединений **11-13**.

3. Для соединений, обладающих токсическим действием на живые организмы, существует количественная характеристика их токсичности, обычно выражаемая в виде LD_{50} в единицах «мг/кг». Попробуйте расшифровать запись LD_{50} , а также объясните, что означают ее единицы измерения «мг/кг».

Задание 4. (28 б). **Химия и музыка.** «Эта музыка будет вечной...». Отрывок из песни группы *Nautilus Pompilius*



Музыка – явление, прочно вошедшее в наши жизни, и вряд ли в ближайшем будущем ее значение уменьшится. Музыка – это то, что всегда можно иметь с собой... Конечно, музыку можно напевать, мелодии можно наигрывать на специальных инструментах, а то и просто отстукивать ритм пальцами, но! Так или иначе, воспроизведение любимых звуков различными устройствами – неотъемлемая часть такого культурного феномена, как музыка. Как же это работает? Большая часть современных громкоговорителей (колонок, наушников, встроенных динамиков, и т.п.) использует следующее явление: постоянный магнит может втягиваться и выталкиваться из катушки с током. Естественно, громкость звучания тем выше, чем сильнее магнит (точнее, чем выше его удельная намагниченность). Среди всех существующих на рынке постоянных магнитов наилучшими характеристиками обладают так называемые неодимовые магниты. По сути, это сплав железа с неодимом с различными добавками. Массовый состав одного из этих сплавов таков: 26,68 % неодима, 1,00 % бора, остальное – железо.

1. Определите, в каких мольных соотношениях входят элементы в состав указанного неодимового магнита. Какая масса этого сплава необходима для извлечения 1,00 кг неодима в чистом виде? Сколько всего атомов будет в том количестве сплава, которое содержит 1 кг неодима?

Но для того, чтобы магниты «запели», Вам еще необходим носитель информации. И здесь дело не обошлось без магнитов! Люди взрослые сразу вспомнят бобины с магнитными лентами, меломаны помоложе – более компактные аудиокассеты, ну а у современного любителя музыки большая часть коллекции хранится уже на жестких дисках (HDD, Hard disk drive).

С точки зрения химика, интерес вызывает вопрос, какие именно магнитные вещества используются в этих носителях, и как же их синтезируют. Возьмем, к примеру, аудиокассету второго типа, разработанную на Баденской анилино-содовой фабрике в Германии. Ее магнитная лента темно-синего цвета покрыта соединением **A** (оксид довольно-таки известного металла **M** в не очень известной для него степени окисления, массовая доля кислорода 38,10 %), толщина слоя ~10 мкм (1 мкм = 10^{-6} м), ширина ленты 3,8 мм, длина ленты 135 м (этого достаточно для 90 мин звучания).



2. Установите металл **M** и формулу оксида **A**. Оцените плотность вещества **A** в г/см^3 , а также массу этого вещества, содержащуюся на магнитной ленте Баденской фабрики. Известно, что при нормальных условиях в 22,4 л соединения **A** содержится ~1268 моль этого вещества.

Есть несколько способов получения этого соединения:

Способ 1. Смесь оксидов **B** и **V** (оксиды того же металла **M**, массовые доли кислорода – 0,4802 и 0,3160 соответственно) помещается в платиновый тигель, нагревается там в присутствии флюса до ~1200 К, затем полученный расплав медленно охлаждается до комнатной температуры. Полученный таким образом крупнокристаллический оксид **A** [реакция 1] промывают водой и сушат.

3. Установите формулы оксидов **B** и **V**, напишите уравнение реакции [1].

Способ 2. Для получения тонких пленок (5-1000 Å, 1 Å = 10^{-10} м) оксида **A** используют метод CVD (chemical vapor deposition): раскаленная подложка помещается либо в пары соединения **B**, либо в пары соединения **Г**. На поверхности подложки происходит разложение этих соединений, в результате образуется **A**, а также газы **Д** или **Е**: **B** $\xrightarrow{t^\circ\text{C}}$ **A**↓ + **Д**↑ [2]; **Г** $\xrightarrow{t^\circ\text{C}}$ **A**↓ + **Е**↑ [3].

Известно, что соединение **Г** состоит из трех элементов, при стандартных условиях представляет собой ярко-красную жидкость с массовыми долями кислорода 20,66 %, металла **M** 33,57 %. В лаборатории его можно синтезировать из желто-оранжевой калиевой соли **Ж** (массовая доля кислорода 38,07%) следующим образом. В ступке смешивают соль **Ж** с поваренной солью, затем эту смесь пересыпают в двугорлую колбу, снабженную холодильником и капельной воронкой. К твердой смеси

прибавляют по каплям концентрированную серную кислоту и нагревают. Колба начинает заполняться красными парами [4], которые конденсируются в холодильнике и стекают в приемник.

4. Установите формулы газов Д и Е и соединений Г и Ж, напишите уравнения реакций [2-4].

Соединение Б является достаточно реакционноспособным веществом: реагирует с водой [реакция 5]; с избытком щелочи реагирует с выделением большого количества тепла [6]; при действии на него концентрированной соляной кислоты выделяется газ Е [7], а при его контакте с этанолом последний вспыхивает и сгорает [8]. Жидкость Г еще более активна: даже с водой она реагирует с выделением большого количества тепла [9].

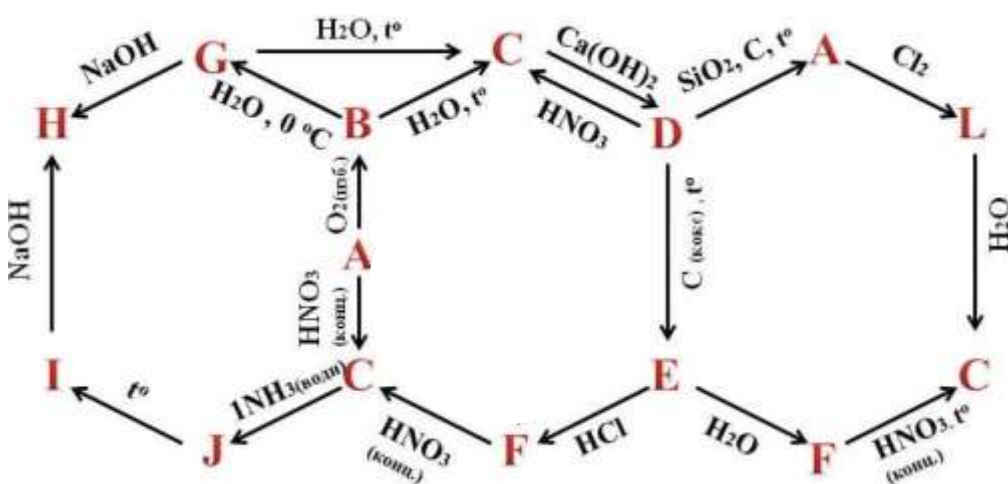
5. Напишите уравнения реакций [5-9].

Задание 5. (21 б). Чудотворный носитель света.

«Содержание X в теле взрослого человека около 1%. В организме основное количество X содержится в костях, много X в мышцах и нервной ткани».

По данным Центра биотической медицины

На приведенной схеме буквами А – L зашифрованы вещества, в составе которых присутствует элемент X, являющийся одним из важнейших макроэлементов живого мира.



Элемент X был открыт гамбургским алхимиком Хеннигом Брандом в 1669 г. Подобно другим алхимикам, Бранд пытался отыскать философский камень, а получил светящееся вещество. Бранд проводил опыты с человеческой мочой, так как полагал, что она, обладая золотистым цветом, может содержать золото или нечто нужное для добычи. Первоначально его способ заключался в том, что сначала моча отстаивалась в течение нескольких дней, пока не исчезнет неприятный запах, а затем кипятилась до клейкого состояния. Нагревая эту пасту до высоких температур и доводя до появления пузырьков, он надеялся, что, сконденсировавшись, они будут содержать золото. После нескольких часов интенсивных кипячений получались крупички простого вещества А, которое очень ярко горело и к тому же мерцало в темноте. Бранд назвал это вещество «чудотворный носитель света». Открытие элемента X Брандом стало первым открытием нового элемента со времён античности.

1. Установите элемент X и вещество А, напишите уравнения реакций, представленных на схеме (одинаковые реакции дублировать не нужно; всего может получиться 18 разных реакций). Дополнительно известно, что содержание X в веществе Н составляет 30,38 %, в веществе F – 91,11 %.

2. Приведите названия веществ, зашифрованных на схеме буквами А – L.

3. Вещество А химически очень активно и легко растворяется в нагретом до 70 °С растворе гидроксида бария. Напишите уравнение этой реакции и назовите образующуюся в ее ходе соль К.

4. Оцените pH раствора, полученного при взаимодействии 4,17 г вещества L и 100 мл воды. Константы кислотности, которые могут Вам понадобиться, составляют $7 \cdot 10^{-3}$, $6 \cdot 10^{-8}$ и 10^{-13} .