

Химическая олимпиада имени Германа Гесса
Заключительный этап
Теоретический тур

(ФИО участника)

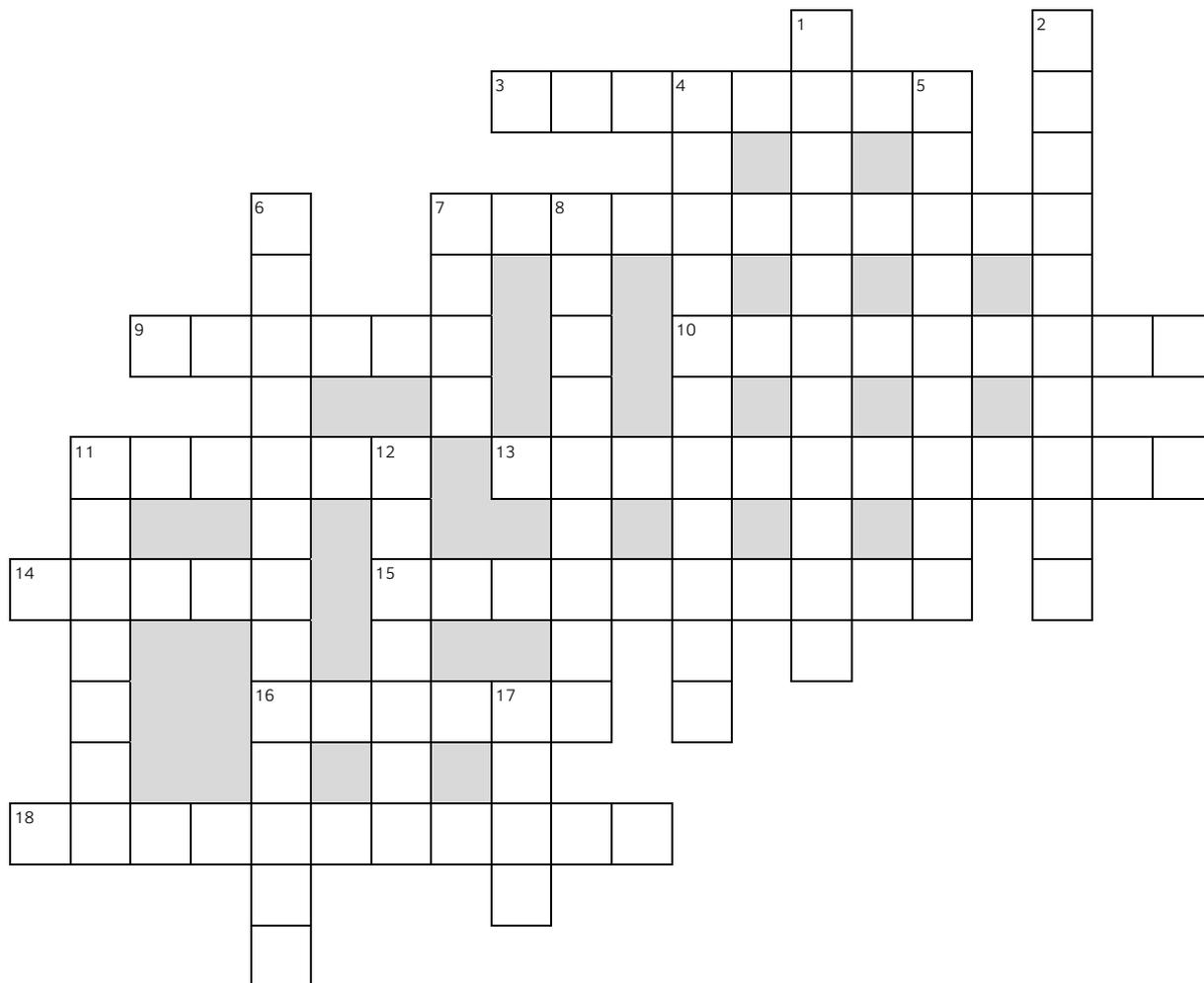
(населенный пункт, школа, класс)

Москва, 15 марта 2022

Заполняется проверяющими:

Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Задача 5	Задача 6	Сумма

Задача 1. Он вам не цвиттер-ион



Поля ответов:

По горизонтали:	По вертикали
3.	1.
7.	2.
9.	4.
10.	5.
11.	6.
13.	7.
14.	8.
15.	11.
16.	12.
18.	17.

Вопросы по горизонтали:

3. Водородный показатель pH — мера определения кислотности растворов. Для вычисления pH нужно взять отрицательный десятичный ... от концентрации ионов H^+ . На клавиатуре стандартных инженерных калькуляторов пропущенное слово часто обозначается lg или log. Заполните пропуск.

7. Какой прибор позволяет очистить воду для использования в лаборатории?

9. Данный минерал используется как драгоценный камень в ювелирном деле. А непрозрачные камни могут использоваться в качестве источника получения 4-го элемента таблицы Менделеева.

10. Вещество, которое замедляет процесс химической реакции.

11. Этот химический элемент является «чужеродным среди благородных».

13. Обратимое включение некоторой группы атомов между другими. Например, вещество KS_{60} образовано благодаря этому процессу.

14. Обратный ОН — это один из методов получения безалкогольных напитков. Благодаря этому методу, например кальвадос, москатель не будут терять вкус или запах. Также этот метод реализован в домашних фильтрах для получения питьевой воды.

15. Вещества E200–E299 — это примеры ЕГО в качестве пищевых добавок. Например, E220 — это диоксид серы; E236 — муравьиная кислота; E252 — нитрат калия, а E260 — уксусная кислота.

16. Несмотря на то, что таллий находится в III группе таблицы Менделеева, $TlOH$ является ЭТИМ неорганическим соединением.

18. Базовое химическое понятие, характеризующее количество связей, которые может образовать конкретный атом с атомами водорода.

Вопросы по вертикали:

1. Данное химическое вещество может быть и «креслом», и «ванной». Но с точки зрения анаграмм это НАГЛЕЦ+КИОСК.

2. Это процесс присоединения воды к молекулам или ионам.

4. В самом общем случае так можно назвать любой процесс титрования раствором кислоты.

5. Так можно назвать любое вещество, участвующее в процессе анаболизма или катаболизма.

6. Этот термин обозначает, например, метастабильное состояние раствора, в котором присутствует больше растворенного вещества, чем максимально возможное.

7. Короткое определение для термина: «часть чего-нибудь». И эта часть в химии может быть массовой, объемной или мольной.

8. Она Мирового океана составляет 35 ‰. При этом в Мертвом море ее значение достигает 350 ‰.

11. Синильная или плавиковая — это названия некоторых бескислородных ИХ.

12. Это название бинарного минерала, в котором массовая доля мышьяка составляет 56,06 %, а мольная доля мышьяка — 50 %.

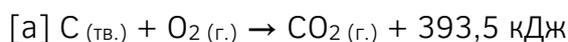
17. Это измерительный прибор, необходимый в экспериментах по химической кинетике.

Задача 2. У нас пропал синий Хагги Вагги

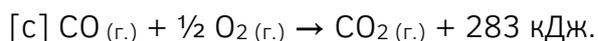
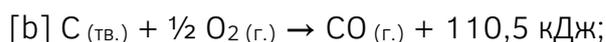
Как мы знаем из заданий первого года олимпиады Гесса, Герман Гесс сформулировал свой известный закон термохимии в 1840 году. Из него следует то, что тепловой эффект процесса зависит только от начальных и конечных веществ и не зависит от того, во сколько стадий этот процесс протекает.

Таким образом термохимические уравнения, то есть обычные химические уравнения с указанием величины теплового эффекта, которое выделяется или поглощается в ходе этих реакций, можно складывать и умножать на коэффициенты, как и обычные математические уравнения. При этом считается, что количество всех участников реакции (и реагентов, и продуктов) составляет столько моль, какие коэффициенты стоят перед ними в уравнении.

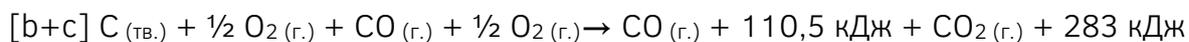
Например, в случае горения углерода углекислый газ может образовываться напрямую в реакции:



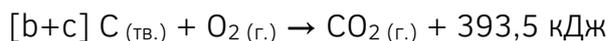
или через образование промежуточного продукта (угарного газа), который далее может доокисляться:



При этом количество теплоты, которое выделяется в реакции [a], равно сумме количеств теплот реакций [b] и [c]. Это можно заметить, просуммировав реакции:

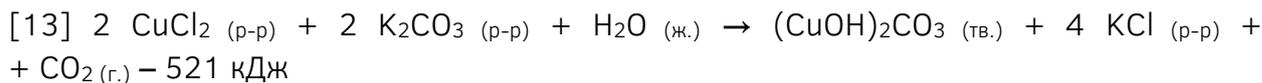
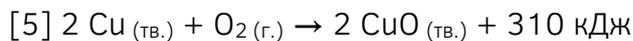
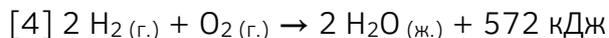
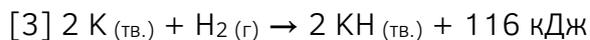
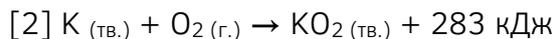


и упростив «подобные слагаемые» (вещества и теплоты) с обеих сторон:

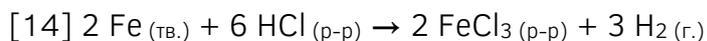


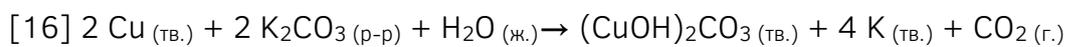
Получается, что $[b+c] = [a]$, что демонстрирует суть закона Гесса.

Вам даны термохимические уравнения реакций:



Рассчитайте тепловые эффекты для реакций:





Задача 3. Смешай пробирки в лаборатории Бена

Сплав алюминия и цинка растворили в разбавленной серной кислоте (*реакции 1 и 2*). К полученному раствору постепенно по каплям добавили избыток концентрированного раствора аммиака (*реакции 3 и 4*).

Кусочек металлического лития кинули в раствор хлорида никеля (II) (*реакции 5 и 6*).

Сплав железа и кобальта растворили в избытке соляной кислоты (*реакции 7 и 8*). К полученному раствору через сутки (*реакция 9*) добавили раствор роданида калия (*реакция 10*).

1) Напишите уравнения описанных химических превращений.

2) Укажите наблюдения в каждом из процессов.

1)
2)
Наблюдения в 1 и 2:
3)
4)
Наблюдения в 3 и 4:
5)
6)
Наблюдения в 5 и 6:

7)
8)
Наблюдения в 7 и 8:
9)
Наблюдения в 9:
10)
Наблюдения в 10:

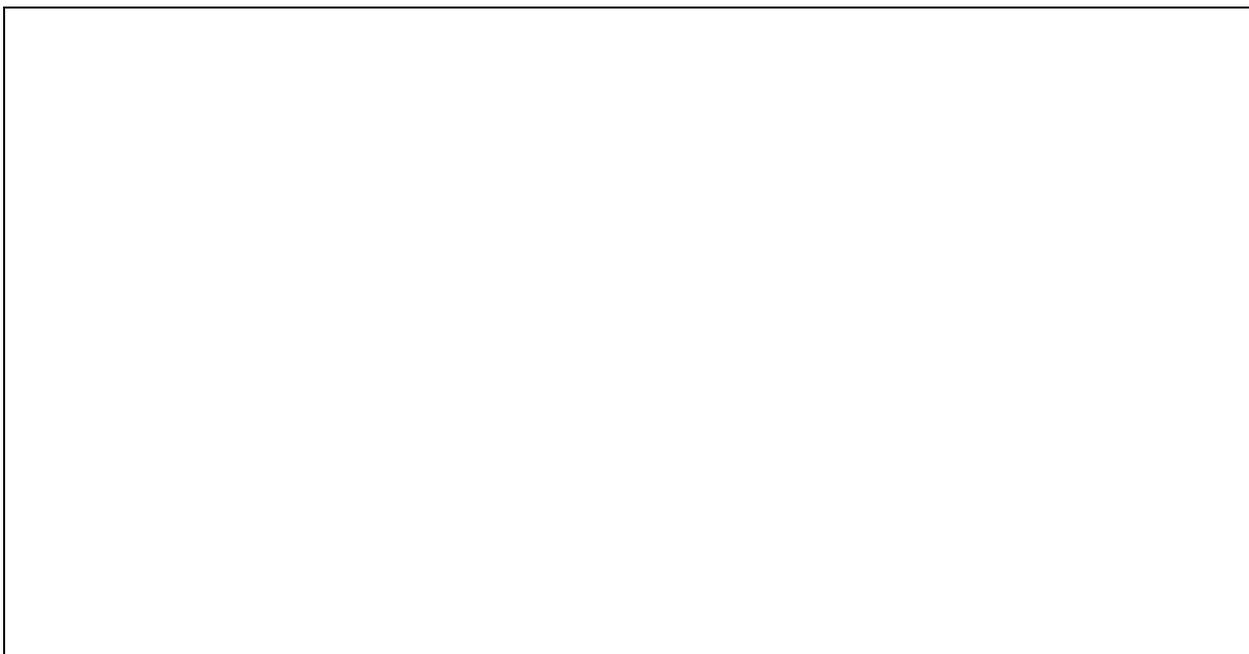
Задача 4. Ситуация сюр

Лаборантки школы Летово Оля и Катя решили убраться в кабинетах и обнаружили разбросанные гранулы металла **A**. **A** — типичный представитель металлов, обладающий серо-серебристым цветом и высокой твердостью. Отличить от остальных металлов визуально его достаточно трудно, поэтому девушки решили провести химические опыты, чтобы понять, что это за вещество.

Сначала Оля и Катя растворили кусочек металла массой 1 г в соляной кислоте, при этом выделилось 342,5 мл бесцветного газа (измерено при н.у.), и образовался раствор вещества **B**.

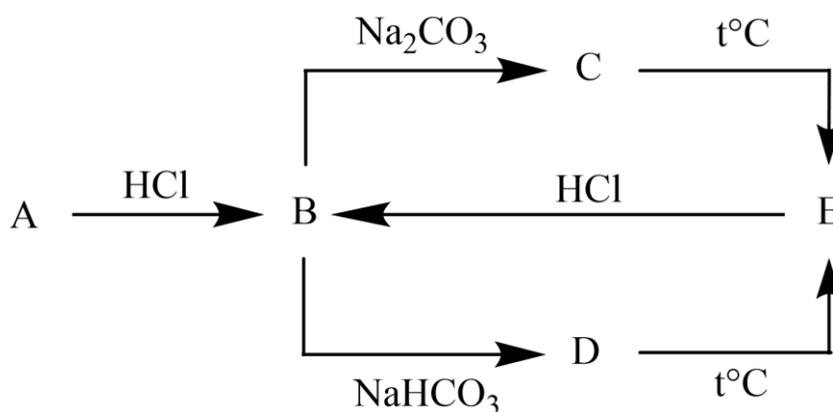
1) *Определите металл **A**, который нашли Оля и Катя. Ответ подтвердите расчетом. Определите вещество **B** и запишите реакцию его образования.*

--



Несмотря на то, что полученных данных формально хватает для определения металла, они решили провести еще пару опытов. Катя добавила к раствору вещества **В** карбонат натрия, при этом образовался осадок вещества **С**. Термогравиметрический анализ данного соединения показывает, что при нагреве до 900 К вещество **С** разлагается и теряет 27,58 % своей массы. В процессе разложения образуется белое вещество **Е**, и выделяется газовая смесь с плотностью по водороду 15,5. При охлаждении почти до комнатной температуры (27 °С) плотность этой смеси по водороду становится равной 22, а объем уменьшается в 6 раз. Давление газа при обеих температурах было одинаковым.

Оля добавила к веществу **В** раствор гидрокарбоната натрия, что привело к выпадению осадка **Д**. **Д** при разложении теряет 35,09 % своей массы. Интересно, что после разложения у Оли получился такой же продукт, как и у Кати — соединение **Е**, которое растворяется в соляной кислоте с образованием **В**.



2) Определите соединения **С**, **Д** и **Е**. Ответ подтвердите расчетом. Запишите уравнения всех указанных в схеме описанных реакций.



Справочная информация:

Уравнение состояния идеального газа $pV = \nu RT$, где $R = 8,314$ Дж/(моль·К).

Задача 5. Ультрамегасупердупергалактическигиперхароша

Без вещества X не обходится ни одна лаборатория. Более того, тяжело себе представить хоть какое-либо помещение, в котором не будет вещества X . Это вещество — основной компонент кислотных дождей. В газообразной форме выше температуры кипения оно может вызвать тяжелые ожоги. Последствием попадания этого вещества в желудок может стать усиленное потоотделение, а в случае большой дозы — рвота.

1) Назовите вещество X . Приведите пример помещения, где этого вещества быть не должно, и объясните, почему.

Как вы могли догадаться, часто вещество X выступает в роли растворителя. Например, если 1,421 г соли натрия растворить в 100 мл X , а затем прибавить 100 мл 0,20 М раствор хлорида бария в X , то можно получить 2,334 г белого осадка.

2) Определите неизвестную соль натрия, напишите уравнение реакции. Определите, какие ионы и в каких концентрациях присутствуют в растворе после протекания реакции (плотность всех растворов считайте равной 1,00 г/мл; изменением объемов во всех процессах пренебречь). А также рассчитайте молярную концентрацию вещества X в чистом веществе X .

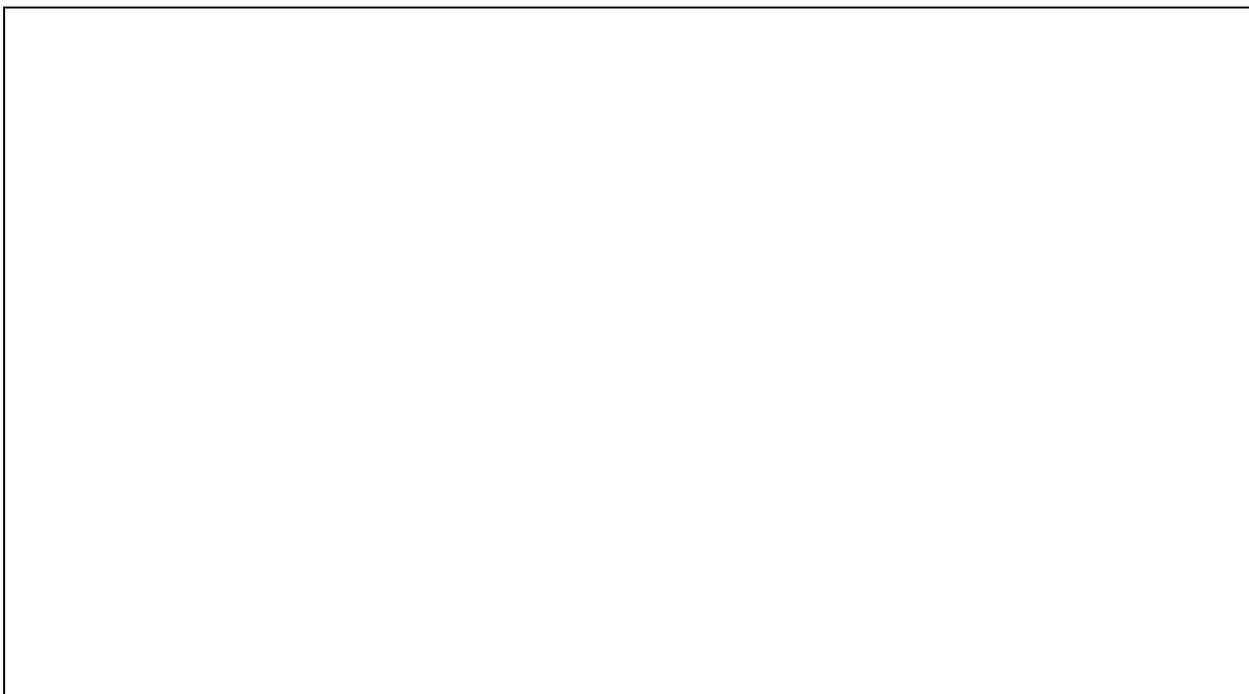
Однако иногда это вещество само вступает в разнообразные химические реакции. И их достаточно легко проводить с веществом **X** в различных агрегатных состояниях, поскольку температуры плавления и кипения этого вещества близко расположены к нормальным условиям.

Очень активные вещества вводят в реакцию с твердым **X**. Так реакция **X** и избытка высшего оксида элемента **Y** (реакция 1) приводит к образованию твердого вещества, в котором количество водорода и элемента **Y** совпадает.

С другой стороны, большинство реакций можно провести и с **X**, находящемся в жидком агрегатном состоянии. Так, взаимодействие **X** с тригалогенидом **YHal₃** (массовая доля галогена 77,45%) можно представить как реакцию ионного обмена (реакция 2).

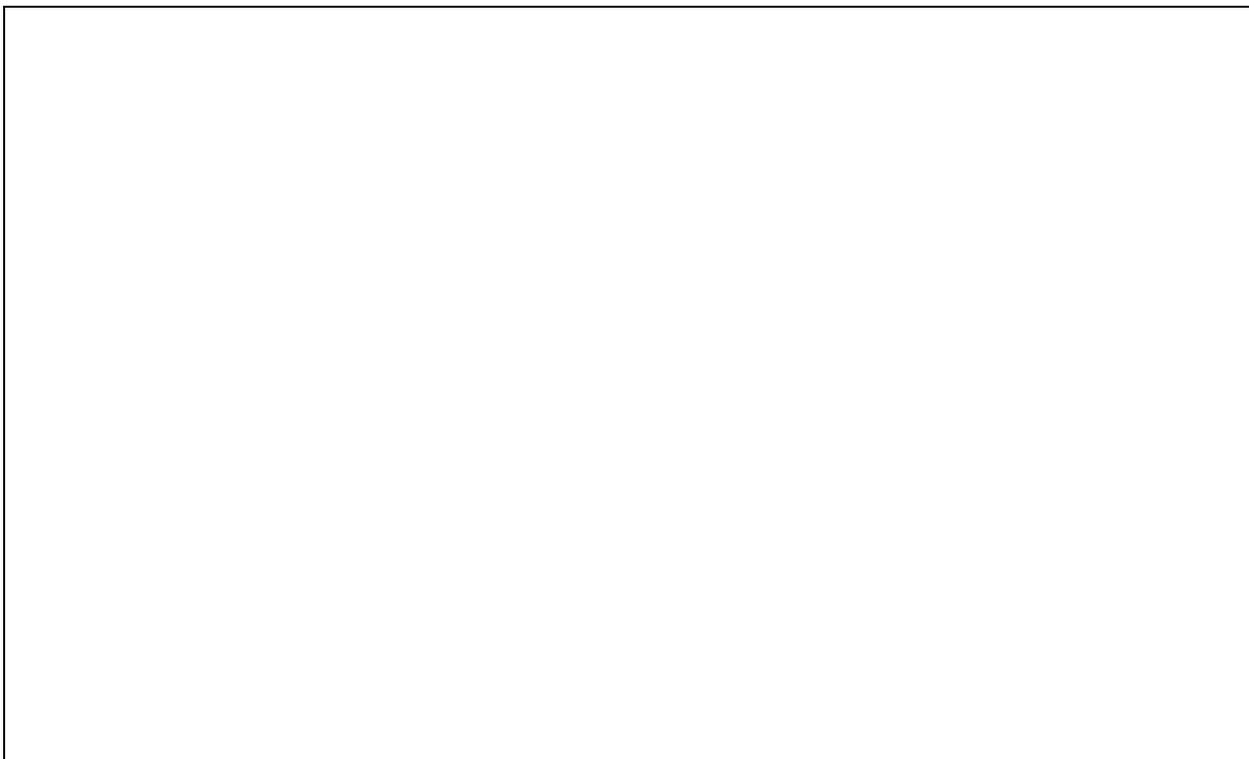
Но бывают и газофазные процессы с участием этого вещества. Газообразный **X** сгорает в атмосфере сильнейшего окислителя среди простых веществ с образованием смеси продуктов. Среди них есть, например, бинарная кислота и вещество **W**, массовая доля кислорода в котором 29,62% (реакция 3).

3) Определите элемент **Y**, неизвестные вещества **YHal₃**, **W** и напишите уравнения реакций 1–3.



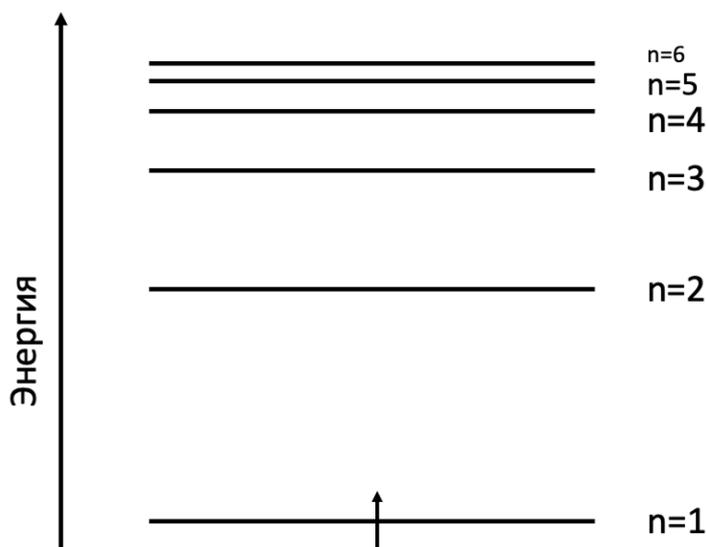
И даже на этом достоинства этого вещества не закончились. Кроме всего прочего, без него не удастся провести широко известный демонстрационный эксперимент: горение алюминия в иоде. Для его проведения к смеси двух простых веществ добавляют всего каплю X.

4) *Чем для этой реакции служит X? Как вы думаете, какой механизм влияния этого вещества на протекание реакции?*

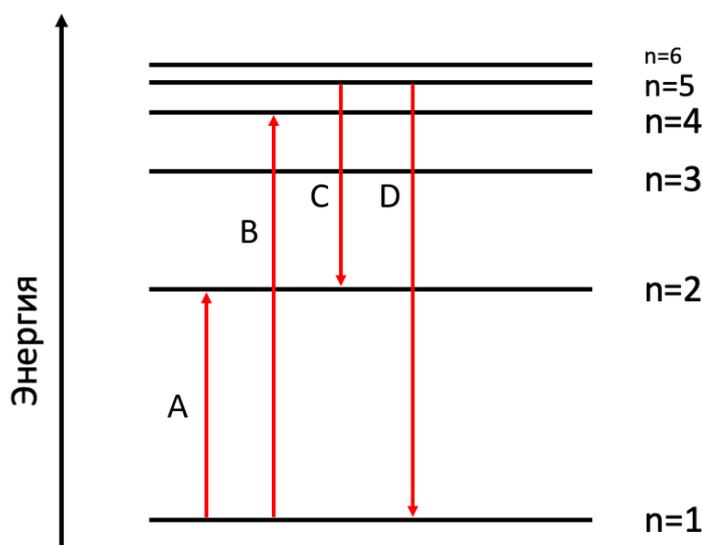


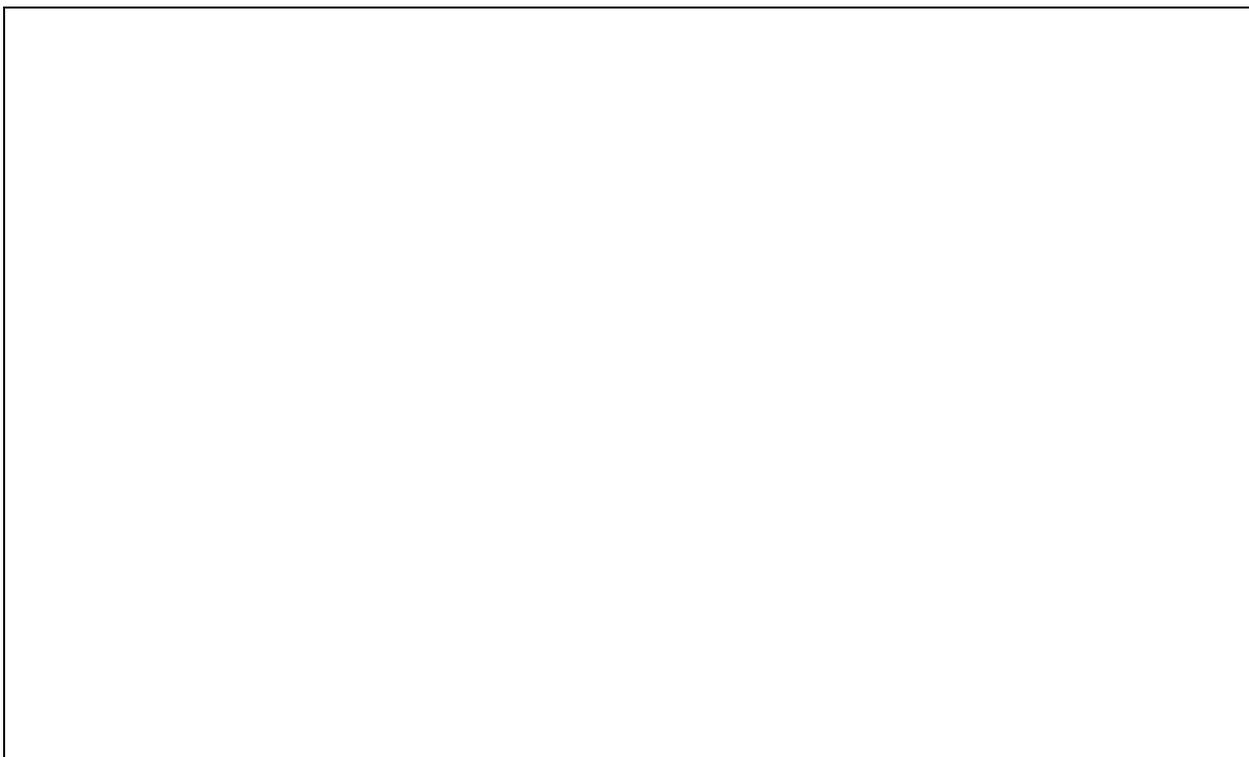
Задача 6. Квантовый ящик в Brawl Stars

Все мы знаем, что атомы состоят из положительно заряженного ядра и электронной оболочки. Еще мы знаем, что электронная оболочка довольно непросто устроена: она как минимум разделяется на электронные уровни. Каждый электронный уровень соответствует определенной энергии электрона. Например, для атома водорода схема электронных уровней представлена на рисунке ниже. В основном невозбужденном состоянии на уровне с $n = 1$ находится единственный электрон водорода, все остальные уровни не заполнены.



1) Какие из указанных на схеме ниже процессов переноса электронов с одного энергетического уровня на другой (A–D) могут происходить при нагревании атомов водорода? Одному процессу соответствует одна стрелка. Ответ обоснуйте.



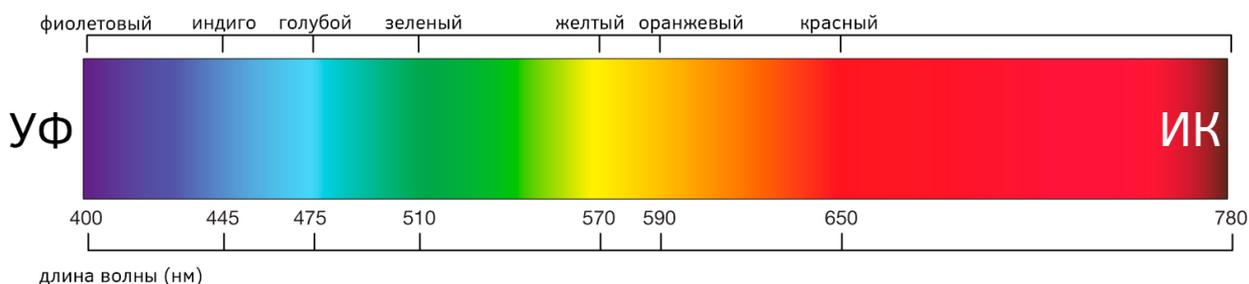


Если электрон находится на каком-то высоком уровне ($n \neq 1$), то он будет стремиться понизить свою энергию и перейти на более низкий уровень, при этом не обязательно на самый низший. Такие переходы будут сопровождаться излучением энергии в виде электромагнитного излучения.

Свет — электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. В простом случае к видимому свету относят электромагнитное излучение с длинами волн от 400 до 700 нм. Если длина волны света ниже 400 нм, то такое излучение называется ультрафиолетовым (УФ), а если больше 700 нм — инфракрасным (ИК). Внизу представлен спектр видимого света с соотношениями «длина волны / цвет».

Длина волны электромагнитного излучения обратно пропорциональна величине энергии перехода. Таким образом, «красный» квант света обладает меньшей энергией, чем квант «синего цвета».

Для атома водорода переходы с любого более высокого уровня только на второй уровень ($n = 2$) сопровождаются выделением **ВИДИМОГО** света.



2) В какой области электромагнитного спектра (УФ / видимый / ИК) будет происходить излучение при переходе с более высоких уровней на:

а) третий уровень ($n = 3$)?

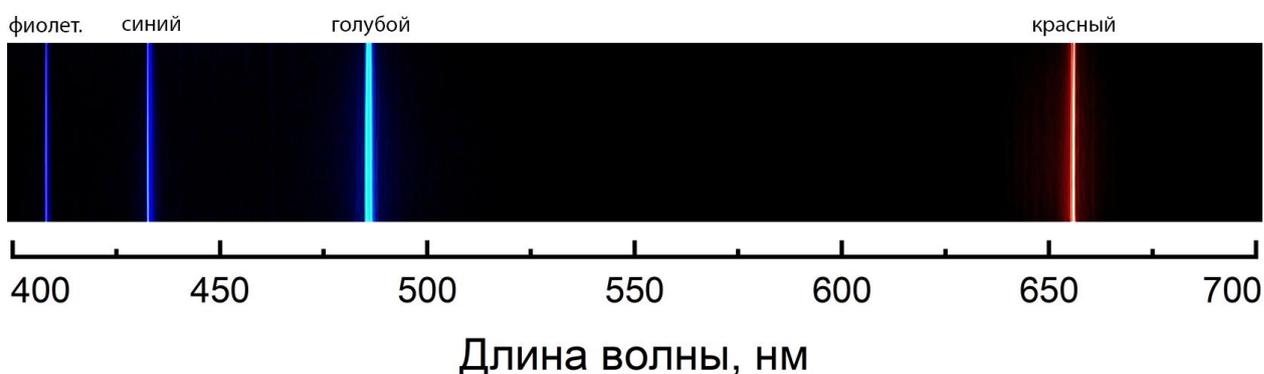
б) на первый уровень ($n = 1$)?

Ответ обоснуйте логически.

а)

б)

Спектр эмиссии (испускания излучения) атома водорода в видимом диапазоне представлен на рисунке ниже. Поскольку переходы между электронными уровнями в атоме имеют конкретные значения энергии, в спектре испускания наблюдаются только отдельные узкие полосы определенного «цвета». Черный цвет показывает, что переходов с такой энергией нет.



Рассчитать длину волны испускаемого видимого света для перехода с любого уровня n на второй можно с помощью формулы Бальмера:

$$\lambda = b \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

где λ — длина волны излучения, нм;

$b = 364,56$ нм — некоторая постоянная величина;

n — номер уровня, с которого происходит переход.

3) Укажите, переходам между какими уровнями в спектре атома водорода соответствует линия какого цвета. Ответ подтвердите рассуждениями и расчетами.

Самая яркая линия в приведенном выше спектре — красная. Формула для расчета энергии кванта света из длины волны для единичного атома выглядит следующим образом:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \text{ где } h \text{ — постоянная Планка, } c \text{ — скорость света, } \lambda \text{ — длина волны.}$$

Справочная информация:

$$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м,}$$

$$\text{постоянная Планка } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с,}$$

$$\text{скорость света } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с,}$$

$$\text{постоянная Авогадро } N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

4) Найдите энергию данного электронного перехода в кДж/моль (для 1 моль атомов), используя рассчитанную вами длину волны для красной полосы и данные из справочной информации.

Довольно много рассеянных (то есть не образующих собственные минералы) элементов были открыты с помощью метода спектрального анализа, благодаря которому находили спектральные линии, не характерные для других элементов. Так, например, один из них был идентифицирован по одной линии характерного цвета, которая и дала название этому элементу. Энергия этой линии $E = 265,4$ кДж/моль.

5) Вычислите длину волны этой линии. Какого цвета эта линия? Какое название получил данный элемент?