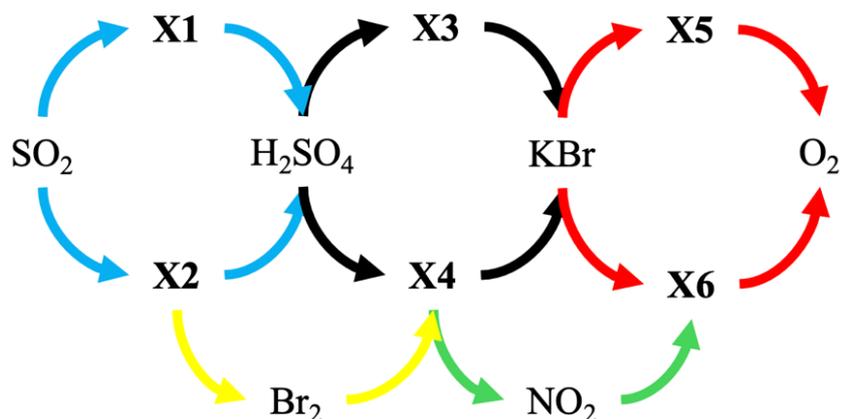


**Задача №1. Олимпиадная задача**



1) Предложите формулы веществ *X1-X6*.

<i>X1</i> : SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	<i>X4</i> : HBr
<i>X2</i> : SO <sub>3</sub>	<i>X5</i> : KBrO <sub>3</sub>
<i>X3</i> : K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<i>X6</i> : KNO <sub>3</sub>

2) Приведите уравнения *16 реакций*. Для удобства прочтения разделите их на блоки соответственно цвету на схеме. В уравнениях реакций Вы можете использовать *любые*, даже уже приведенные на схеме, вещества. Например, для получения *X4* из H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> допустимо использовать O<sub>2</sub>.

«Синий»:

- 1) SO<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> = SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>
- 2) SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2HCl
- 3) 2SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = SO<sub>3</sub>
- 4) SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

«Черный»:

- 5) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2KOH = K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O
- 6) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + BaBr<sub>2</sub> = 2KBr + BaSO<sub>4</sub>
- 7) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + NaBr = HBr + NaHSO<sub>4</sub> (с разбавленной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- 8) HBr + KOH = KBr + H<sub>2</sub>O

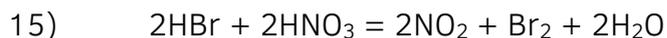
«Красный»:

- 9) KBr + 3H<sub>2</sub>O = KBrO<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub> (электролиз без диафрагмы)
- 10) 2KBrO<sub>3</sub> = 2KBr + 3O<sub>2</sub>
- 11) KBr + AgNO<sub>3</sub> = KNO<sub>3</sub> + AgBr
- 12) 2KNO<sub>3</sub> = 2KNO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>

«Желтый»:

- 13) SO<sub>3</sub> + 2HBr = SO<sub>2</sub> + Br<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O
- 14) Br<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> = 2HBr

«Зеленый»:



- 3) Какая из этих олимпиад по химии самая старшая – Московская Олимпиада Школьников, Менделеевская (бывш. Всесоюзная) Международная Олимпиада (ММО), Международная Химическая Олимпиада (МХО)?

Московская Олимпиада Школьников

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. Формулы веществ <b>X1-X6</b> – по 0,5 балла	3 балла
2. Уравнения реакций – по 1 баллу	16 баллов
3. МОШ – 1 балл	1 балл
ИТОГО:	20 баллов

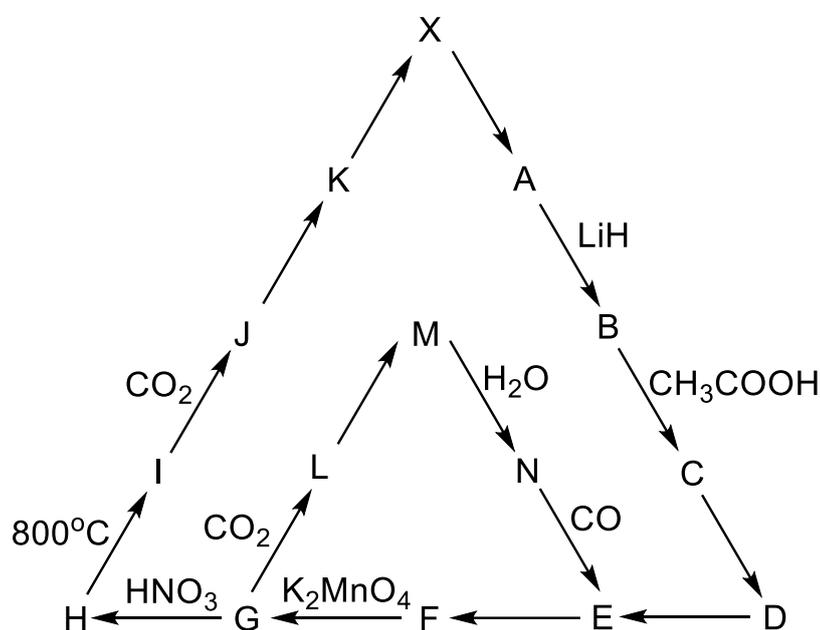
## Задача №2. Стрелочки

— «Спички детям не игрушка!»

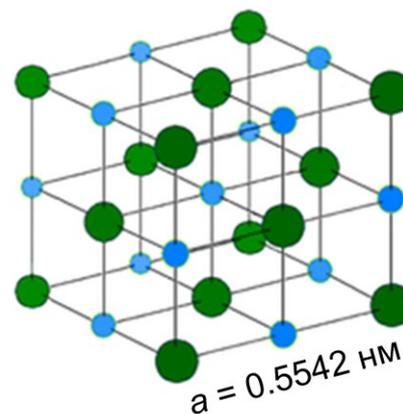
МЧС России

Головоломки со спичками — одна из классических математических задач. Задача головоломки переставить спички так, чтобы получилось верное равенство или фигура.

Вам предлагается сыграть в «стрелочки» - химический аналог игры со спичками. Правила следующие: нужно переставить стрелочки таким образом, чтобы из одной фигура получилась другая. Начало стрелки при этом сохраняется на том же веществе. Перестановкой считается соединение двух других веществ, чем были ранее на схеме, при этом какие-то вещества могут выходить из цепочки превращений. Изменение силуэта схемы превращений или переверот стрелки в обратную сторону не является перестановкой.



Кристаллическая структура бинарного вещества М



$\rho = 5.97 \text{ г/см}^3$

О веществах на схеме дополнительно известно: все вещества содержат X, а вещество A получают взаимодействием вещества X с самым легким газом при нагревании. При образовании D выпадает белый осадок ( $w(\text{X}) = 58.86\%$ ). В составе бинарного вещества F массовые доли элементов примерно равны. Мольная доля X в составе вещества I составляет 33.33%. Раствор вещества L окрашен в интенсивный малиновый цвет, а раствор вещества N бесцветный. Вещество K является основным технологическим сырьем для промышленного получения X и содержит 65.95% по массе X.

1) Установите вещества X, A – N. Ответ подтвердите расчетом.

X: Ba	A: BaH <sub>2</sub>	B: LiBaH <sub>3</sub>	C: (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Ba	D: BaHPO <sub>4</sub>
E: Ba(HCOO) <sub>2</sub>	F: BaBr <sub>2</sub>	G: BaMnO <sub>4</sub>	H: Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	I: BaO <sub>2</sub>
J: BaCO <sub>3</sub>	K: BaCl <sub>2</sub>	L: Ba(MnO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	M: BaO	N: Ba(OH) <sub>2</sub>

Начать идентификацию веществ в цепочке превращений можно с расчета структуры вещества **М**. Вещество кристаллизуется в структурном типе NaCl, следовательно, перед нами бинарное вещество общей формулы «AB». Вычислим его молярную массу:

$$\rho = \frac{ZM}{N_A V} \rightarrow M = \frac{\rho N_A V}{Z} = \frac{5.97 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot (0.5542 \cdot 10^{-7})^3}{4} = 153 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Переберем возможные бинарные вещества. Начнем перебор бинарных веществ металлов с неметаллами и будем неметаллы, т.к. их меньше, чем металлов:

Неметалл	Молярная масса металла, г/моль	Формула <b>М</b>	Комментарий
H	153 – 1 = 152	Eu?	Европий не образует гидрида состава EuH
B	153 – 11 = 142	Ничего нет	
C	153 – 12 = 141	Pr?	Празеодим не образует карбида состава PrC
Si	153 – 28 = 125	Ничего нет	
N	153 – 14 = 139	La?	Лантан образует нитрид состава LaN, который гидролизуется водой с образованием гидроксида лантана La(OH) <sub>3</sub> , который, однако, не взаимодействует с CO, поэтому этот вариант не подходит под описанные превращения
P	153 – 31 = 122	Sb?	Известны фосфиды сурьмы, однако по расчетам получается, что вещество <b>М</b> одновременно и фосфид и сульфид – противоречие, поэтому этот вариант не подходит
As	153 – 75 = 78	Ничего нет	
<b>O</b>	<b>153 – 16 = 137</b>	<b>Ba</b>	<b>Барий образует оксид состава BaO</b>
S	153 – 32 = 121	Sb?	Сурьма не образует сульфид состава SbS
Se	153 – 79 = 74	Ничего нет	
Te	153 – 128 = 25	Ничего нет	
F	153 – 19 = 134	Ничего нет	
Cl	153 – 35.5 = 117.5	Ничего нет	
Br	153 – 80 = 73	Ge?	Вещество состава GeBr не подходит под описанную химию в цепочке превращений
I	153 – 127 = 26	Ничего нет	

Таким образом, вещество **М** является оксидом бария и перед нам цепочка превращений, содержащих соединения бария - **X**.

Установим формулу вещества **К**. Молярная масса вещества **К**, если содержит 1 барий:

$$M(K) = \frac{M(Ba)}{w(Ba)} = \frac{137}{0.6595} = 208 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M(\text{аниона}) = M(K) - M(\text{Ba}) = 208 - 137 = 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Такая молярная масса аниона указывает на наличие двух атомов хлора, таким образом вещество **K** – BaCl<sub>2</sub>.

Самым легким газом является водород, следовательно, веществом **A** является гидрид бария. Взаимодействием оксида бария с водой можем получить гидроксид бария, который способен поглощать угарный газ при повышенном давлении и температуре с образованием формиата бария. Массовая доля бария в составе вещества **D** позволяет вычислить молярную массу аниона:

$$M(D) = \frac{M(\text{Ba})}{w(\text{Ba})} = \frac{137}{0.5886} = 233 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M(\text{аниона}) = M(D) - M(\text{Ba}) = 233 - 137 = 96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Аниону с такой молярной массой соответствует сульфат, однако сульфат бария за одну стадию никак не превратить в формиат бария, значит, нужен другой анион, который бы растворялся в кислотах. Под это описание подходит гидрофосфат.

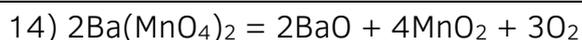
В составе бинарного вещества **F** массовые доли примерно равны, следовательно, в составе вещества **F** анион имеет молярную массу примерно 137 г/моль. Двухзарядных анионов с такой массой подобрать не получается, остается вариант однозарядных анионов. Значит, анион должен иметь массу примерно 68.5 г/моль и быть образован одним элементом, т.к. вещество **F** бинарное. Этому условию удовлетворяет бромид бария.

В кислой среде манганат-ион диспропорционирует с образованием перманганат-иона и диоксида марганца. Описание окраски растворов веществ **L** и **H** позволяет соотнести вещества: **L** – малиновый перманганат бария, **H** – бесцветный нитрат бария.

При длительном прокаливании нитрата бария при высоких температурах в продуктах удастся обнаружить пероксид бария (вещество **I**). На это указывает мольная доля бария в составе вещества, т.к. во всех остальных возможных продуктах разложения нитрата бария мольная доля бария отличается от 33.33%.

- 2) Напишите уравнения реакций. Для реакций, где не указаны условия и реагенты над стрелочками, – предложите их самостоятельно.

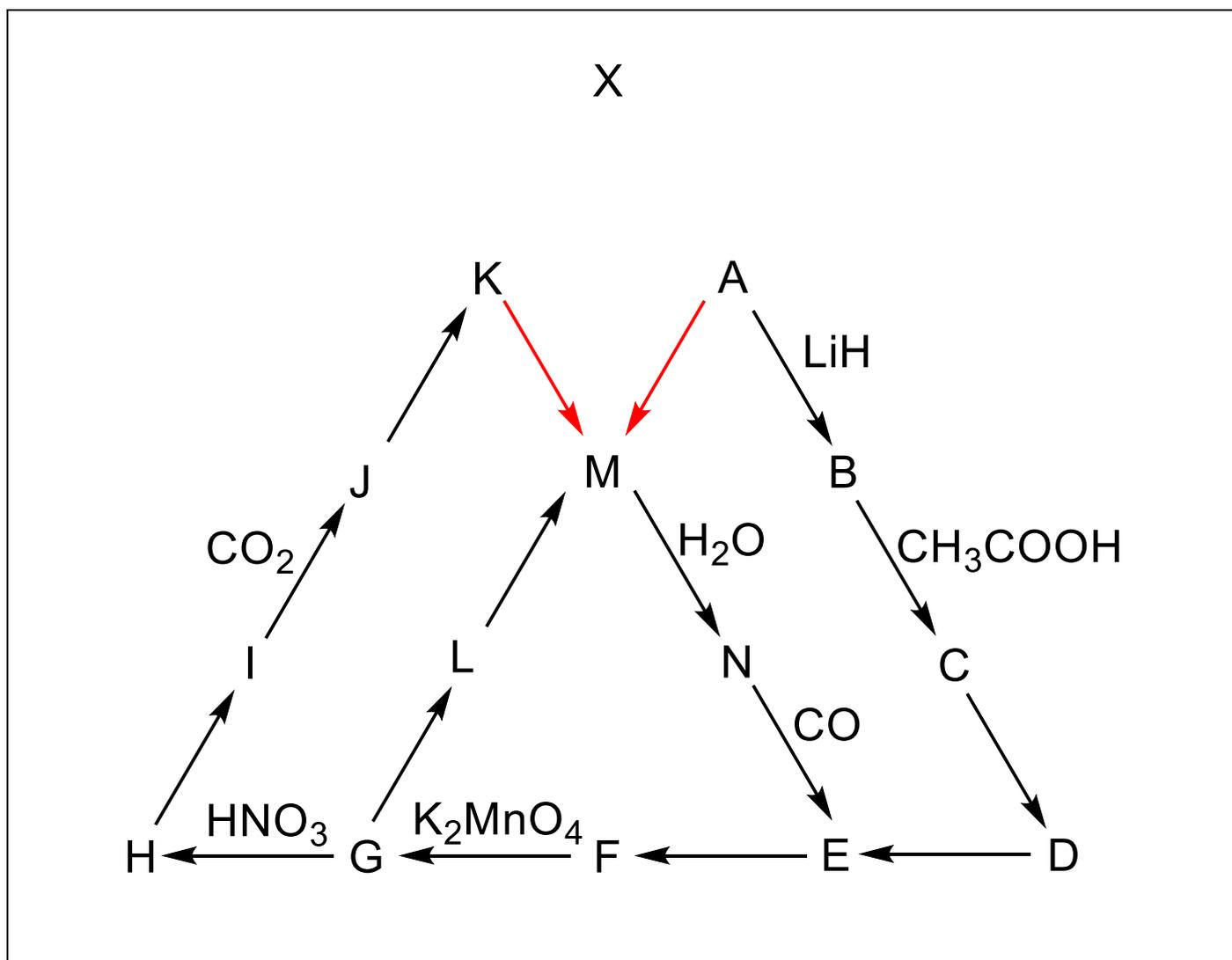
- 1)  $\text{Ba} + \text{H}_2 = \text{BaH}_2$
- 2)  $\text{BaH}_2 + \text{LiH} = \text{LiBaH}_3$
- 3)  $\text{LiBaH}_3 + 3\text{CH}_3\text{COOH} = (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba} + \text{CH}_3\text{COOLi} + 3\text{H}_2$
- 4)  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{BaHPO}_4 + 2\text{CH}_3\text{COONa}$
- 5)  $\text{BaHPO}_4 + 2\text{HCOOH} = (\text{HCOO})_2\text{Ba} + \text{H}_3\text{PO}_4$
- 6)  $(\text{HCOO})_2\text{Ba} + 2\text{HBr} = \text{BaBr}_2 + 2\text{HCOOH}$
- 7)  $\text{BaBr}_2 + \text{K}_2\text{MnO}_4 = \text{BaMnO}_4 + 2\text{KBr}$
- 8)  $3\text{BaMnO}_4 + 4\text{HNO}_3 = 2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{MnO}_4)_2 + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 9)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaO}_2 + 2\text{NO}_2$
- 10)  $2\text{BaO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{BaCO}_3 + \text{O}_2$
- 11)  $\text{BaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 12)  $\text{BaCl}_2 = \text{Ba} + \text{Cl}_2$
- 13)  $3\text{BaMnO}_4 + 2\text{CO}_2 = \text{Ba}(\text{MnO}_4)_2 + 2\text{BaCO}_3 + \text{MnO}_2$



или

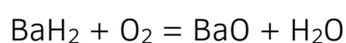


- 3) Предложите Ваш вариант перестановки двух стрелочек, чтобы из двух треугольников получилось три. В ответе изобразите получившуюся схему.



- 4) При перестановке стрелочек на схеме получаются новые превращения веществ. Если реакции возможны – напишите их уравнения.

Хлорид бария (вещество K) в одну стадию не удастся превратить в оксид бария (вещество M), а превратить гидрид бария (вещество A) в оксид бария (вещество M) в одну стадию возможно сжиганием:



Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. Вещества X, A, C, H, K – 0.25 балла за каждое Вещества B, D – G, I, J, L – N – 0.5 балл за каждое	6.25 баллов
2. Уравнение реакций 1, 5-7, 11, 12, 15 – 0.5 балла за каждое Уравнения реакций 2 – 4, 8 – 11, 13, 14, 16 – 0.75 балл за каждое	11.75 баллов
3. Новая схема	1 балл
4. Уравнение реакции	1 балл
ИТОГО:	20 баллов

### Задача №3. Это уже перебор...

Смесь газов **A** и **B**, полученная взаимодействием двух простых веществ в соотношении 3:1, при н.у. имеет плотность воздуха. Предположите возможные формулы веществ **A** и **B**, если известно, что молярная масса **A** меньше, чем **B**.

1) Установите вещества **A-B** и напишите уравнение происходящей реакции

A: N <sub>2</sub>	B: NO
$3\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 2\text{NO}$ или $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$	

2) Обоснуйте свой подход к решению и подтвердите полученные ответы расчетом.

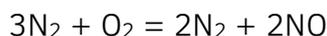
Так как полученная в процессе реакции смесь имеет плотность воздуха, а следовательно, и такую же молярную массу, один из ее компонентов обязан быть легче 29 г/моль. Раз смесь получена взаимодействием двух простых веществ, самое сложное вещество в ней – бинарное.

Газов, подходящих под условия выше не так много:

H<sub>2</sub>, He, BH<sub>3</sub>(?), CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, CO

He – не будет ни с чем реагировать. BH<sub>3</sub>(?), CH<sub>4</sub>, B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> при получении из простых веществ будут давать либо однокомпонентные газовую фазу, либо смесь состоящую из соответствующего водородного соединения и водорода, что однозначно делает получаемую смесь легче воздуха. NH<sub>3</sub> также не подходит, так как ни смесь N<sub>2</sub>+NH<sub>3</sub> ни смесь H<sub>2</sub>+NH<sub>3</sub> не может иметь среднюю молярную массу равную 29 г/моль. CO не подходит по расчетам. Остается два газа: H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>. Причем т.к. азот имеет массу близкую к молярной массе воздуха, вторым компонентом в его смеси исходя из начального соотношения вероятно должен выступать азотосодержащий газ близкой молекулярной массы. Таким газом может являться NO, проверим наше предположение.

Исходная смесь | Конечная смесь



Воспользуемся формулой для нахождения средней молярной массы смеси:

$$29 = \eta(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \eta(\text{NO}) \cdot M(\text{NO}) = 0.5 \cdot 28 + 0.5 \cdot 30 = 29$$

Следовательно смесь N<sub>2</sub> и NO удовлетворяет условию задачи.

**Критерии оценивания:**

Пункт	Балл
1. За формулы веществ – по 4 балла	8 баллов
2. Уравнения реакции – 5 баллов	5 баллов
3. Присутствие расчетных выкладок – 7 баллов (4 за обоснование вариантов, 3 за расчеты по средней молярной массе смеси)	7 баллов
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задача №4. Про 4. В продолжение отборочных туров

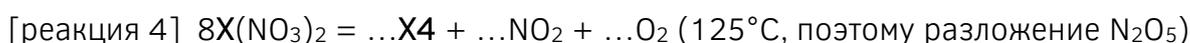
Известно, что в китайском языке слово «четыре» созвучно слову «смерть». Это приводит к суеверному избеганию этого числа, к примеру, в нумерации этажей. В русском языке такие аналогии отсутствуют, поэтому пусть эта задача не окажется «гробовой». Некий элемент **X** образует комплексные соединения **X1-X4**:

— во всех комплексах координационное число **X** (число атомов, непосредственно связанных в комплексе с центральным атомом) равно четырем.

— в веществах **X1** и **X2** число лигандов (молекул или ионов, окружающих центральный атом) равно четырем.

— вещество **X4** является незаряженным комплексом, количество атомов **X** в нем равно четырем.

— в веществе **X4** есть четырехвалентный атом кислорода, связанный со всеми четырьмя атомами **X** и только с ними.

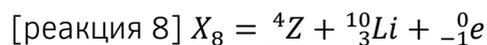
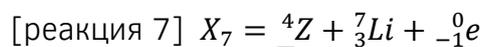
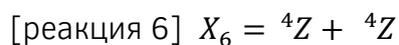
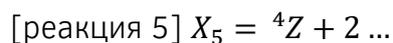


1) Приведите формулы комплексов **X1-X4** и закончите уравнения *реакций 1-4*, правые части которых в условии приведены без необходимых коэффициентов.

$\text{X1: Na}_2[\text{Be(OH)}_4]$	$\text{X3: (NH}_4)_2[\text{Be(CO}_3)_2]$
$\text{X2: (NH}_4)_2[\text{BeF}_4]$	$\text{X4: [Be}_4\text{O(NO}_3)_6]$
$\text{BeCl}_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be(OH)}_4] + 2\text{NaCl}$ $\text{Be(OH)}_2 + 4\text{NH}_4\text{F} = (\text{NH}_4)_2[\text{BeF}_4] + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{BeCl}_2 + 2(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = (\text{NH}_4)_2[\text{Be(CO}_3)_2] + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ $8\text{Be(NO}_3)_2 = 2[\text{Be}_4\text{O(NO}_3)_6] + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$	

Элемент **X** имеет 11 изотопов, из которых только один встречается в природе и является нерадиоактивным. Каждый из четырех изотопов **X5-X8** подвергается либо одному, либо двум

подряд распадам ядра, давая в конечном счете всегда одно и то же ядро, с массовым числом 4 (в уравнениях ниже обозначается **Z**). Стоит отметить, что двойные распады являются редкостью и их вероятность низкая.



2) Определите изотопы **X5-X8** и **Z**. Завершите уравнения *реакций 5-8*. Укажите, где сможете, какой(-ие) тип(-ы) распада соответствуют каждому уравнению.

$X5: {}^6\text{Be}$	$X6: {}^8\text{Be}$
$X7: {}^{11}\text{Be}$	$X8: {}^{14}\text{Be}$
$Z: {}^4\text{He}$	
${}^6_4\text{Be} = {}^4_2\text{He} + 2{}^1_1\text{p}$ ${}^8_4\text{Be} = {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ ${}^{11}_4\text{Be} = {}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} + {}^0_{-1}e$ ${}^{14}_4\text{Be} = {}^4_2\text{He} + {}^{10}_3\text{Li} + {}^0_{-1}e$	

**Критерии оценивания:**

Пункт	Балл
1. За формулы веществ – по 1 баллу	4 баллов
2. Уравнения реакций – по 2 балла	8 баллов
3. За формулы веществ – по 0.5 баллов (за ${}^4\text{He}$ – 2 балла)	4 балла
4. Уравнения реакций - по 1 баллу	4 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>



- |             |             |
|-------------|-------------|
| 13. кальций | 13. кобальт |
| 14. никель  | 15. иридий  |
| 17. осмий   | 16. хром    |
| 19. родий   | 18. иод     |

Перепутаны между собой кобальт и никель.

**Критерии оценивания:**

Пункт	Балл
1. За каждый верный ответ – по 1 баллу	20 баллов
ИТОГО:	20 баллов

## №67. Очередной квантовый ящик в бравл старс

Начинающий химик Колбасенко попал на стажировку в лабораторию фотосенсибилизаторов и флуоресцентных меток к профессору Люминисцини Спектрулинни. Помоги юному химику разобраться в спектральных свойствах различных веществ.

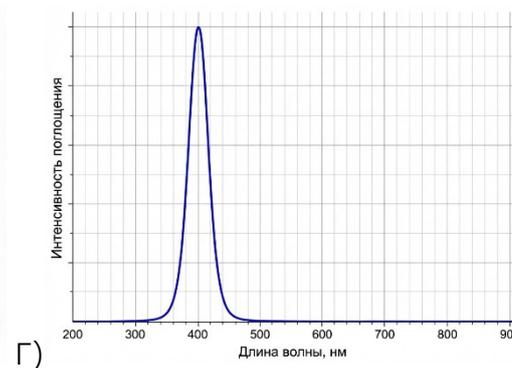
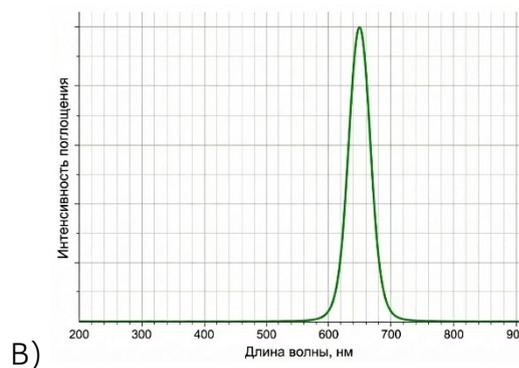
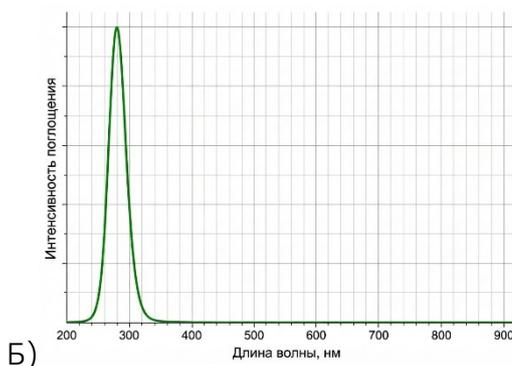
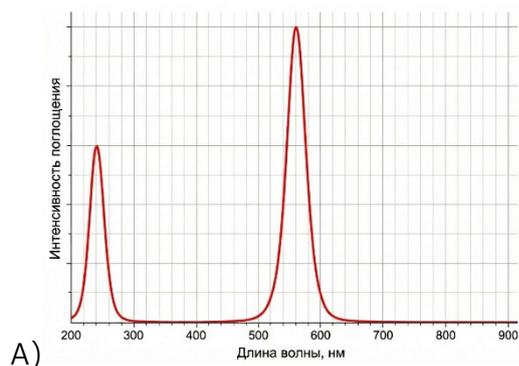
Известно, что свет — это электромагнитное излучение, которое может воспринимать человеческий глаз. Обычно к видимому свету относят излучение с длинами волн примерно от 400 до 700 нм. Излучение с меньшими длинами волн называют ультрафиолетовым (УФ), а с большими — инфракрасным (ИК).

Когда свет проходит через вещество, часть излучения может поглощаться атомами или молекулами этого вещества. При этом разные вещества поглощают свет не на всех длинах волн, а только на некоторых определённых. Зависимость поглощения света веществом от длины волны называют спектром поглощения.

Обычно спектр поглощения изображают в виде графика. На таком графике можно увидеть пики поглощения — области длин волн, где вещество особенно сильно поглощает свет. Эти пики имеют некоторую ширину, потому что молекулы вещества находятся в постоянном движении и взаимодействуют друг с другом, поэтому поглощение происходит не строго на одной длине волны, а в небольшой области длин волн вокруг неё.

Цвет вещества определяется тем, какие длины волн видимого света оно поглощает. Свет тех длин волн, которые не поглощаются, отражается или проходит через вещество и попадает в наш глаз.

- 1) Ниже представлены спектры поглощения четырех молекул. Помоги юному химику какого цвета будет каждое из веществ



А) синее/фиолетовое	Б) бесцветное/белое (прозрачное)
В) зеленое/бирюзовое/голубо-зеленое	Г) желтое/салатовое

2) Какие из данных веществ поглощают в УФ диапазоне?

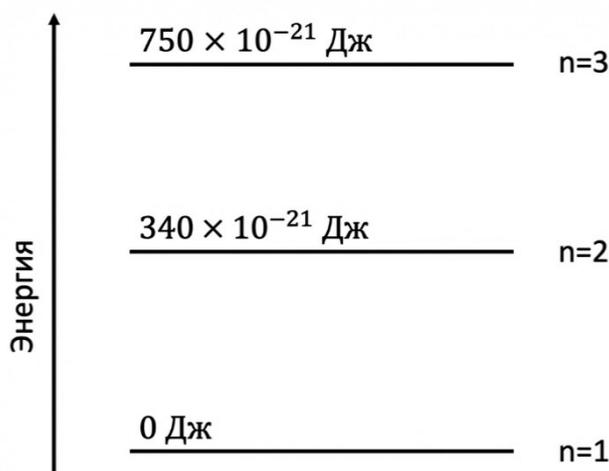
А) Б) Г)

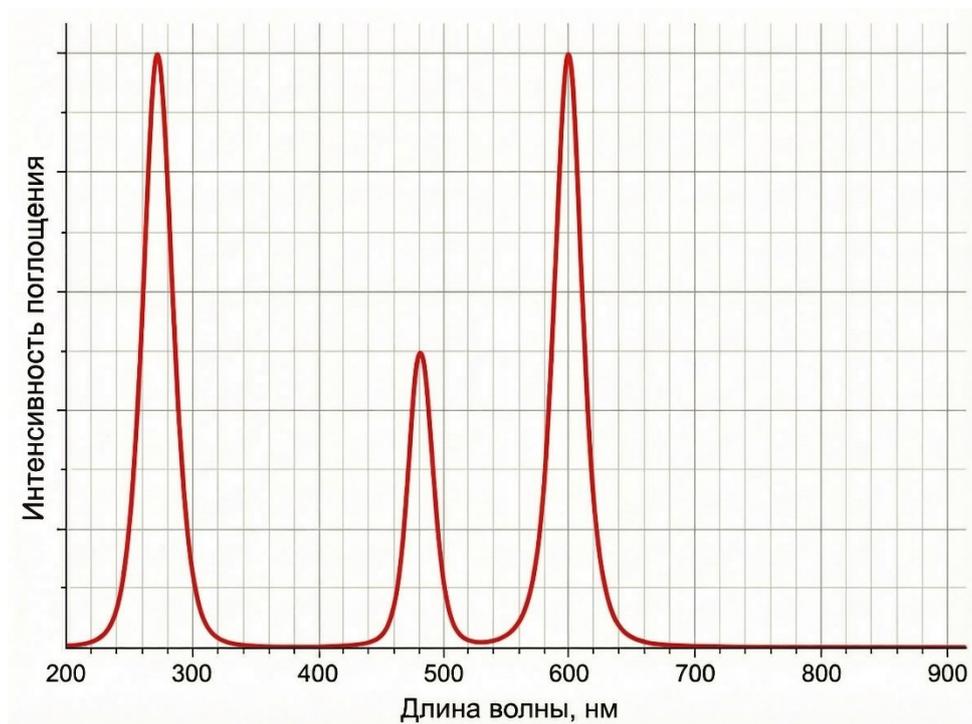
Электроны в атомах и молекулах могут находиться только на определённых энергетических уровнях. Когда молекула поглощает свет, электрон может перейти с более низкого энергетического уровня на более высокий. Такой процесс называют электронным переходом.

Каждому электронному переходу соответствует поглощение фотона определённой энергии, а значит — и определённой длины волны света. Поэтому на спектре поглощения появляются пики, соответствующие этим переходам.

В большинстве молекул при обычных условиях практически все электроны находятся в основном (наинишем) энергетическом состоянии. Поэтому переходы из основного состояния в возбуждённые наблюдаются наиболее часто и имеют наибольшую интенсивность в спектре. Переходы же между уже возбуждёнными уровнями происходят значительно реже, так как вероятность того, что электрон уже находится в возбуждённом состоянии в момент поглощения фотона, намного меньше. Поэтому такие линии в спектре имеют меньшую интенсивность.

3) Нарисуйте схематический спектр поглощения молекулы, исходя из электронных переходов, присутствующих в её электронной структуре. Учтите, что переходы из возбуждённых состояний на более высокие уровни должны иметь меньшую интенсивность, чем переходы из основного состояния. Диаграмма энергетических уровней данного вещества и схема того, как должен выглядеть график указаны ниже.





$$\begin{aligned} \Delta E(1-3) &= 750 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \rightarrow \lambda(1-3) = 265 \text{ нм} \\ \Delta E(1-2) &= 340 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \rightarrow \lambda(1-2) = 584 \text{ нм} \\ \Delta E(2-3) &= 410 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \rightarrow \lambda(2-3) = 485 \text{ нм (менее интенсивный)} \end{aligned}$$

Энергия фотона связана с длиной волны излучения. Чем короче длина волны, тем больше энергия фотона. Эту зависимость можно выразить формулой:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

где

$E$  — энергия фотона (Дж),

$h$  — постоянная Планка (равная  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с),

$c$  — скорость света (равная 299792458 м/с),

$\lambda$  — длина волны излучения (м).

- 4) Определите энергию наиболее энергетичного фотона, который может поглощаться данной молекулой.

$$\Delta E(1-3) = \underline{750 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}} \rightarrow \lambda(1-3) = 265 \text{ нм}$$

Поток света можно представить как поток фотонов — отдельных частиц (квантов) света. Каждый фотон переносит строго определённую энергию, которая зависит от длины волны излучения: чем меньше длина волны света, тем больше энергия одного фотона.

Источник света излучает огромное количество фотонов каждую секунду. Мощность излучения показывает, какое количество энергии источник испускает за единицу времени. Например, мощность 1 Вт означает, что источник излучает 1 Дж энергии каждую секунду.

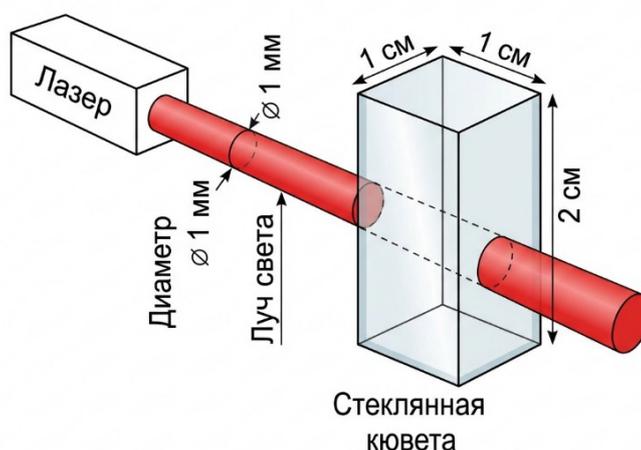
- 5) Поток света состоит из фотонов — квантов света. Найдите, сколько фотонов испускает за одну секунду лазер с длиной волны 555 нм, если мощность излучения равна 5 Вт.

$$E(1 \text{ фотона}) = hc/\lambda = 3.58 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E(1 \text{ сек}) = 5 \text{ Дж}$$

$$N(\text{фотонов за 1 сек}) = E(1 \text{ сек})/E(1 \text{ фотона}) = \underline{1.4 \cdot 10^{19}}$$

- 6) Рассчитайте, сколько молекул растворенного вещества находится на пути пучка лазера, если вещество находится в растворе в кювете (стеклянном параллелепипедеобразном сосуде) с длиной стороны 1 см. Концентрация раствора составляет 1 моль/л. Диаметр лазерного пучка равен 1 мм. Считайте, что пучок проходит через кювету перпендикулярно её стенкам и имеет цилиндрическую форму.



$$S(\text{сечения цилиндра}) = 7.85 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

$$V(\text{цилиндра}) = S(\text{сечения цилиндра}) \cdot 1 \text{ см} = 7.85 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 7.85 \cdot 10^{-6} \text{ л}$$

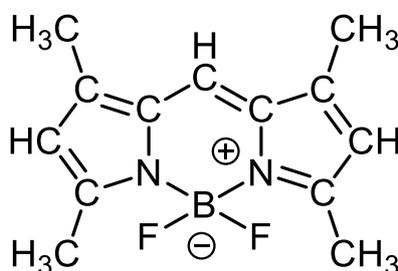
$$n(\text{молекул}) = C \cdot V(\text{цилиндра}) = 7.85 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$$

$$N(\text{молекул}) = n(\text{молекул}) \cdot N_A = \underline{4.73 \cdot 10^{18}}$$

Иногда растворитель может влиять на спектральные свойства молекул. Поэтому в некоторых экспериментах спектры измеряют не в растворе, а в газовой фазе, когда молекулы находятся в сосуде без растворителя.

- 7) Рассчитайте, какую массу вещества (в граммах) необходимо перевести в газовую фазу, чтобы концентрация молекул в сосуде объемом 200 мл составляла 0,1 моль/м<sup>3</sup>.

Структурная формула вещества приведена ниже.



$$M = 248 \text{ г/моль}$$

$$V = 200 \text{ мл} = 0.2 \text{ л} = 0.0002 \text{ м}^3$$

$$n = 2 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

$$m = 4.96 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 4.96 \text{ мг}$$

**Критерии оценивания:**

Пункт	Балл
1. Правильный ответ – по 1 баллу	4 балла
2. Правильный ответ - 1 балл (0.5 балла, если А и Б)	1 балл
3. Полностью правильный график 4 баллов (по 1 баллу за длину волны и 1 балл за правильное соотношение интенсивностей всех трех пиков)	4 балла
4. Правильный ответ – 1 балл	1 балл
5. Правильный ответ – 4 балла (если найдена только энергия фотона – 2 балла)	4 балла
6. Правильный ответ – 4 балла (если найден только объем цилиндра – 2 балла)	4 балла
7. Правильный ответ – 2 балла (если найдена только молярная масса – 1 балл)	2 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

Справочная информация:

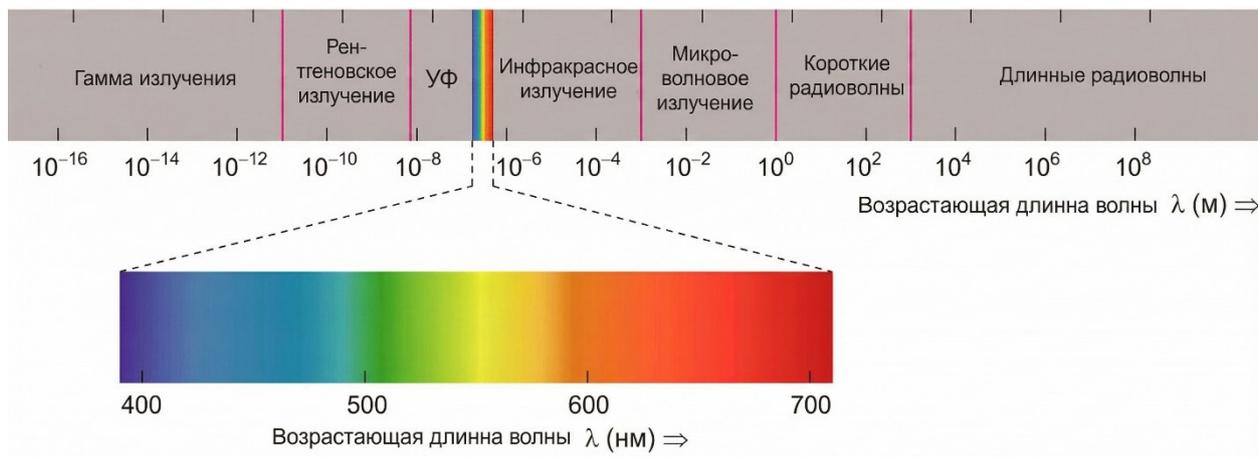


Рис. 1. Спектр электромагнитного излучения и его распределение по классам.

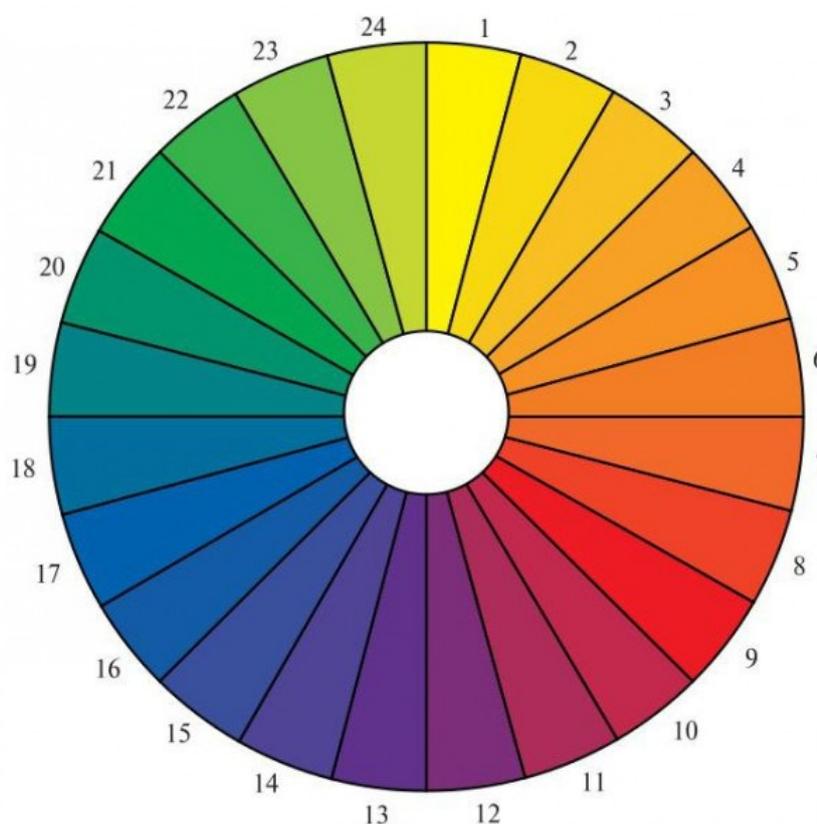


Рис. 2. Круг дополнительных цветов. Вещество поглощает свет определенной длины волны, а мы видим противоположный (дополнительный) цвет. Например, если вещество поглощает красный свет, то мы видим данное вещество зеленым (и наоборот).

$$S = \pi R^2, \text{ где } S \text{ – площадь круга, } R \text{ – радиус круга.}$$