

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии  
в 2023/2024 учебном году**

**Теоретический тур (условия и решения)**

**7-8 КЛАСС**

**ХИМИЯ В ЦЕНТРЕ НАУК**

**Задача 1. Химия и математика**

Массовая доля кислорода в смеси углекислого ( $\text{CO}_2$ ) и угарного ( $\text{CO}$ ) газов равна 62,5%.

1. *Определите массовые доли компонентов газовой смеси.*
2. *Определите, тяжелее или легче атмосферного воздуха данная смесь газов.*

Средняя молярная масса атмосферного воздуха равна 29 г/моль.

**20 баллов**

***Решение***

1. Все доли (и массовая доля в том числе) – величины относительные, а потому безразмерные, и их значения не зависят от размера порции вещества, для которого они определены. Так как доля не зависит от порции, то порцией вещества может быть и одна молекула, и один моль вещества. Поэтому примем в качестве порции газовой смеси сумму количества вещества углекислого и угарного газов, равную 1 моль:  $n(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) = 1$  моль. Пусть количество вещества углекислого газа равно:  $n(\text{CO}_2) = x$  моль, а количество вещества угарного газа равно:  $n(\text{CO}) = (1 - x)$  моль.

Тогда масса смеси газов составит:  $m(\text{смеси}) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})$ ;

$$m(\text{смеси}) = 44x + 28(1 - x),$$

где  $M(\text{CO}_2) = 44$  г/моль;  $M(\text{CO}) = 28$  г/моль.

Согласно химической формуле углекислого газа, количество вещества атомов кислорода, содержащихся в этом газе, равно удвоенному количеству вещества углекислого газа:  $n(\text{атомов O в CO}_2) = 2n(\text{CO}_2)$ . Тогда  $n(\text{атомов O в CO}_2) = 2x$ .

Согласно химической формуле угарного газа, количество вещества атомов кислорода, содержащихся в этом газе, равно количеству вещества угарного газа:

$n(\text{атомов O в CO}) = n(\text{CO})$ . Тогда  $n(\text{атомов O в CO}) = 1 - x$ . Общее количество атомов кислорода в газовой смеси равно:  $n(\text{атомов O в смеси}) = 2x + (1 - x)$ ;

$n(\text{атомов O в смеси}) = x + 1$ .

Масса атомов кислорода в смеси составляет:  $m(\text{атомов O в смеси}) = 16 \cdot (x + 1)$ ,

где  $M(\text{O}) = 16$  г/моль.

Из определения массовой доли вещества в смеси, выраженной в долях единицы, следует:  $\omega(\text{атомов О в смеси}) = m(\text{атомов О в смеси}) : m(\text{смеси})$ , или

$$\frac{16(x+1)}{44x+28(1-x)} = 0,625; \quad 16x+16 = 0,625(16x+28); \quad 6x = 1,5; \quad x = 0,25.$$

Следовательно,  $n(\text{CO}_2) = 0,25$  моль;  $n(\text{CO}) = (1 - 0,25)$  моль;  $n(\text{CO}) = 0,75$  моль

Отсюда  $\omega(\text{CO}_2 \text{ в смеси}) = m(\text{CO}_2) : m(\text{смеси})$ ,  $\omega(\text{CO в смеси}) = m(\text{CO}) : m(\text{смеси})$ , или

$$\omega(\text{CO}_2 \text{ в смеси}) = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})}; \quad \omega(\text{CO}_2 \text{ в смеси}) = \frac{0,25 \cdot 44}{0,25 \cdot 44 + 0,75 \cdot 28}$$

$$\omega(\text{CO в смеси}) = \frac{n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})}{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})}; \quad \omega(\text{CO в смеси}) = \frac{0,75 \cdot 28}{0,25 \cdot 44 + 0,75 \cdot 28}$$

$\omega(\text{CO}_2 \text{ в смеси}) = 0,344$ , или 34,4%;  $\omega(\text{CO в смеси}) = 0,656$ , или 65,6%. **(15 баллов)**

2. Известна средняя молярная масса атмосферного воздуха. Значит, надо определить среднюю молярную массу смеси углекислого и угарного газов и сравнить ее со средней молярной массой атмосферного воздуха. Средняя молярная масса смеси газов есть сумма произведений молярных масс каждого газа на его мольную долю в смеси:

$$M(\text{смеси}) = M(\text{газа А}) \cdot \chi(\text{газа А}) + M(\text{газа В}) \cdot \chi(\text{газа В}),$$

$$\text{где } \chi(\text{газа А}) = \frac{n(\text{газа А})}{n(\text{газа А}) + n(\text{газа В})}.$$

Можно иначе подойти к определению относительной плотности смеси газов по воздуху. Поскольку была принята в качестве порции газовой смеси сумма количества вещества углекислого и угарного газов, равная 1 моль ( $n(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) = 1$  моль), то отношение найденных количеств вещества этих газов к 1 молю и есть их мольные доли этих газов в смеси. Следовательно, масса смеси этих газов численно равна средней молярной массе:  $m(\text{смеси}) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})$ ;  $m(\text{смеси}) = 0,25 \cdot 44 + 0,75 \cdot 28$

$$m(\text{смеси}) = 11 + 21; \quad m(\text{смеси}) = 32 \text{ г, следовательно } M(\text{смеси}) = 32 \text{ г/моль.}$$

Рассматриваемая смесь газов будет тяжелее атмосферного воздуха. **(5 баллов).**

**20 баллов**

## Задача 2. Химия и физика

Олово Sn - химический элемент, обладающий целым рядом необычных свойств. Простое вещество олово может иметь различные модификации с разными видами кристаллических решеток. При комнатной и более высокой температуре наиболее устойчива  $\beta$ -модификация ( $\beta$ -Sn, белое олово) – серебристо-белый мягкий и пластичный металл плотностью 7,29 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С). Ниже 13,2 °С наиболее устойчива  $\alpha$ -модификация ( $\alpha$ -Sn, серое олово) плотностью 5,85 г/см<sup>3</sup> (при 14 °С). При переходе  $\beta$ -Sn  $\rightarrow$   $\alpha$ -Sn кристаллическая решетка перестраивается так, что атомы располагаются в пространстве менее плотно, что приводит к увеличению элементарной ячейки решетки на 25 %. При этом материал

растрескивается и рассыпается в порошок, теряя свойства металла и становясь полупроводником (*явление 1*). Чем ниже окружающая температура, тем больше скорость перехода, и при  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  его скорость достигает максимума. Более того, соприкосновение белого олова с серым облегчает переход  $\beta\text{-Sn} \rightarrow \alpha\text{-Sn}$ , кусок металла как будто заражается. Поэтому совокупность этих явлений называется «оловянной чумой».

При сгибании металлического стержня или пластинки из чистого олова при комнатной температуре слышен легкий характерный хруст (*явление 2*), так называемый «оловянный крик». Этот звук возникает при пластической деформации олова вследствие внезапного изменения ориентации кристаллической решетки на зеркальную. Изменение идет с огромной скоростью, близкой к скорости звука в металле, и генерируются звуковые волны.

«Металлом консервной банки» назвал олово академик А.Е.Ферсман. Устойчивость к атмосферной коррозии и очень малая токсичность металлического олова обусловили его применение для получения белой жести в качестве тонкослойного покрытия консервных банок. Действительно, при комнатной температуре металлическое олово устойчиво к воздействию воздуха и воды. Это объясняется образованием при обычных условиях тонкой, но прочной пленки оксидов олова (*явление 3*), и лишь при нагревании выше  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  олово заметно окисляется кислородом воздуха (*явление 4*). Для получения белой жести слой олова электролитически наносят на поверхность тонкого стального листа. Для этого лист проходит между двумя электропроводящими валками, погруженными в гальваническую ванну с водным раствором солей олова. Валки служат катодом, а два висящих по бокам оловянных бруска – анодами. Под воздействием электрического тока олово с анодов переходит в раствор, и оттуда осаждается на стальном листе (*явление 5*). Затем лист с полученным покрытием кратковременно нагревают выше температуры плавления олова ( $231,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), оно ненадолго теряет кристаллическую структуру, становится жидким (*явление 6*) и после затвердевания приобретает гладкую блестящую поверхность.

*Какие из описанных явлений относятся к физическим, а какие – к химическим явлениям?*

**20 баллов**

***Решение***

К физическим явлениям относятся следующие явления: 1, 2, 6.

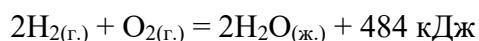
К химическим явлениям относятся следующие явления: 3, 4, 5.

**20 баллов**

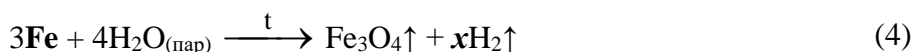
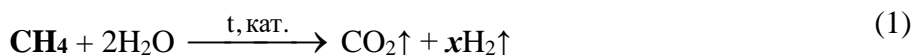
### Задача 3. Химия и экология

Применяемое традиционно в различных видах транспорта углеводородное топливо (бензин, керосин, дизельное топливо), к сожалению, является невозобновляемым и неэкологичным: оно связано напрямую со значительными выбросами в атмосферу углекислого газа, серосодержащих соединений и других вредных газов (как при применении, так и при его получении). Поиск альтернативных видов топлива на сегодняшний день является актуальной задачей. Альтернативное традиционным видам топливо должно быть возобновляемым, экологичным, универсальным, экономичным (как во время использования, так и при получении), недефицитным и простым в получении, обеспечивающим высокий КПД и быструю заправку. Всем этим критериям удовлетворяет водородное топливо.

Молекулярный водород  $H_2$ , сгорая в атмосфере кислорода, дает значительное количество энергии и - в качестве продукта реакции - только воду:



Однако в природе газообразного молекулярного водорода практически нет, его необходимо получать специально. Реакций, одним из продуктов которых является молекулярный водород, много, ниже приведены уравнения некоторых из них (в каждом уравнении коэффициент перед водородом «спрятан» под обозначением  $x$ ):



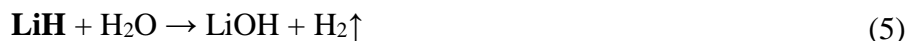
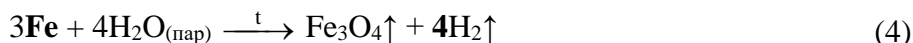
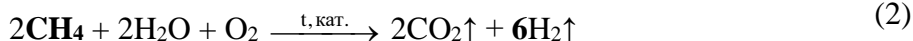
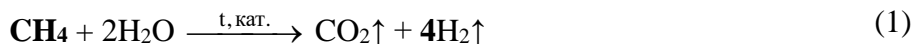
1. Для каждой из приведённых реакций определите количество вещества водорода, образующегося в результате реакции (приведите уравнения реакций).

2. Какое из исходных веществ этих реакций, отмеченное выделением, даст наибольший объем водорода, приведенного к нормальным условиям? Приведите расчеты, исходя из одинакового во всех уравнениях количества выделенных исходных веществ.

**20 баллов**

### Решение

1. Приведены уравнения реакций:



2. Для сравнения количества водорода, выделяющего в разных реакциях в качестве одинакового количества исходного вещества удобно брать 1 моль этого вещества. В расчёте на 1 моль исходного вещества, отмеченного выделением в каждом уравнении реакции, будет получаться следующее количество водорода:

$$n(\text{CH}_4) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 4 \text{ моль} - \text{ по уравнению (1);}$$

$$n(\text{CH}_4) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 3 \text{ моль} - \text{ по уравнению (2);}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 1 \text{ моль} - \text{ по уравнению (3);}$$

$$n(\text{Fe}) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 1\frac{1}{3} \text{ моль} - \text{ по уравнению (4);}$$

$$n(\text{LiH}) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 1 \text{ моль} - \text{ по уравнению (5);}$$

$$n(\text{Al}) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = 1\frac{1}{2} \text{ моль} - \text{ по уравнению (6);}$$

$$n(\text{Na}) = 1 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \text{ моль} - \text{ по уравнению (7);} \quad \textbf{(5 баллов)}$$

Известно, что при одинаковых условиях одинаковые количества газообразных веществ занимают одинаковые объёмы. Значит, наибольшее количество газообразного водорода, приведенного к нормальным условиям, займет наибольший объём.

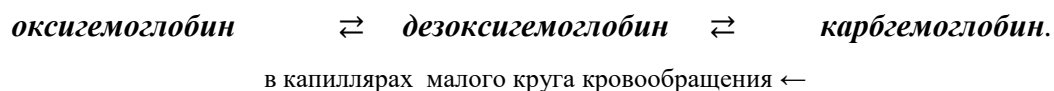
Наибольший объём при нормальных условиях займет водород, выделившийся в результате реакции, протекающей согласно уравнению (1). Значит, наибольший объём водорода даст метан  $\text{CH}_4$  по реакции, согласно уравнению (1). **(1 балл)**

**20 баллов**

### Задача 4. Химия и биология

Гемоглобин – сложный белок, содержащийся в эритроцитах крови человека и большинства позвоночных животных. У человека он переносит кислород от легких к тканям и участвует в переносе углекислого газа от тканей к органам дыхания. Молекулы гемоглобина состоят из простого белка – глобина и железосодержащей небелковой группы – гема (в норме в каждом геме содержится один атом двухвалентного железа).

Гемоглобин в крови человека в норме содержится в трех физиологических формах, находящихся в динамическом соотношении друг с другом и легко переходящих одна в другую:



При отравлениях организма (угарным газом, нитратами, нитритами, анилином, синильной кислотой и другими токсичными веществами) легко и практически необратимо образуются патологические формы гемоглобина – **карбоксигемоглобин** и **метгемоглобин**, неспособные выполнять дыхательную функцию.

Установите соответствие между формами гемоглобина и их признаками: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите правильные позиции, обозначенные цифрой.

<i>Форма гемоглобина</i>	<i>Признаки (особенности строения, свойства, функции)</i>
<b>А) Оксигемоглобин</b>	1) Железо в геме находится в трехвалентном состоянии
<b>Б) Дезоксигемоглобин</b>	2) Прочное соединение гемоглобина с угарным газом СО
<b>В) Карбгемоглобин</b>	3) Железо в геме находится в двухвалентном состоянии
<b>Г) Карбоксигемоглобин</b>	4) Соединение гемоглобина с углекислым газом СО <sub>2</sub>
<b>Д) Метгемоглобин</b>	5) Соединение гемоглобина с кислородом О <sub>2</sub>
	6) При избытке придает крови голубовато-коричневый цвет, образуется в результате перехода двухвалентного железа в трехвалентное при обезвреживании токсинов
	7) Придает крови ярко-красный цвет, но не способен переходить в другие формы гемоглобина
	8) Придает крови темно-красную окраску, обуславливая цвет венозной крови
	9) Придает крови ярко-алую окраску, обуславливая цвет артериальной крови
	10) Не может связывать кислород (так как железо трехвалентное), что приводит к нарушению транспорта кислорода, однако, в небольших количествах всегда присутствует в крови
	11) Блокирует присоединение кислорода, поэтому избыток в крови (угарное отравление) опасен для здоровья и даже жизни
	12) Легко образуется в капиллярах малого круга кровообращения из карбгемоглобина и легко образует оксигемоглобин, присоединяя кислород О <sub>2</sub>
	13) Легко образуется в капиллярах большого круга кровообращения из оксигемоглобина и легко образует карбгемоглобин, присоединяя углекислый газ СО <sub>2</sub>
	14) Выполняет транспортную функцию, осуществляя перенос части углекислого газа СО <sub>2</sub> , образовавшегося в тканях, к легким
	15) Выполняет транспортную функцию, осуществляя перенос кислорода О <sub>2</sub> от легких к тканям

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами в таблицу:

А	Б	В	Г	Д

20 баллов

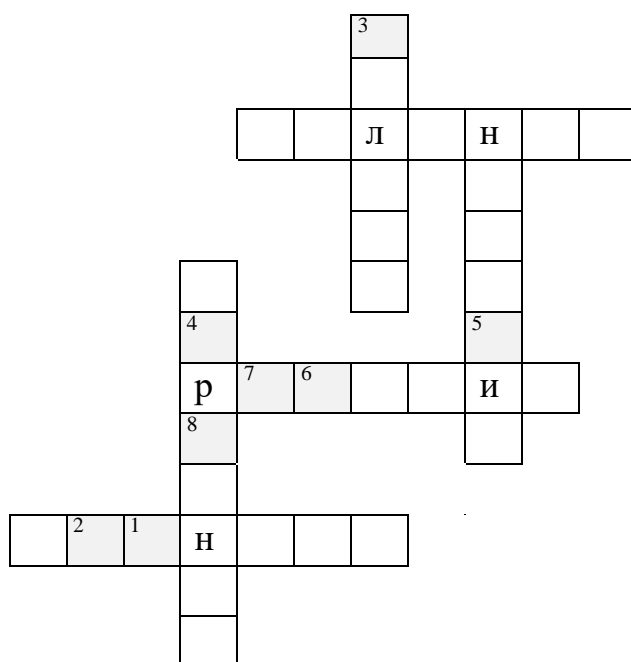
*Решение*

А	Б	В	Г	Д
5, 9, 15	3, 12, 13	4, 8, 14	2, 7, 11	1, 6, 10

20 баллов

**Задача 5. Химия и география**

Кроссворд содержит шесть русских названий химических элементов, каждое из которых происходит от географического или исторического названия страны. Латинское



название еще одного элемента (записанное буквами русского алфавита) состоит из букв, которые находятся в выделенных клетках сетки кроссворда. В кроссворде не указаны номера зашифрованных слов, зато «открыты» буквы, стоящие на пересечении рядов клеток. Современные официальные названия стран, в честь которых ученые назвали открытые или синтезированные ими химические элементы, приведены в порядке возрастания порядковых номеров элементов в периодической таблице элементов.

1. Французская Республика – современное официальное название родины Поля Эмиля Лекока де Буабодрана, который назвал открытый в 1871 г. химический элемент по латинскому названию территории, заселенной в древности кельтскими племенами галлов, считающихся некоторыми историками предками современных французов. 2. Федеративная Республика Германия – современное официальное название родины Клеменса Александра Винклера, который назвал открытый в 1885 г. химический элемент по географическому названию своей родины. 3. Российская Федерация – современное официальное название родины Карла Карловича Клауса, который назвал открытый в 1844 г. химический элемент по средневековому латинскому названию своей родины (одному из вариантов названия Руси, наряду с Ruthia, Ruthena и др.). 4. Республика Польша – современное официальное название родины Марии Склодовской-Кюри. Супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри назвали открытый ими в 1898 г. химический элемент по латинскому названию родины Марии. 5. Французская Республика – современное официальное название родины Маргариты

Катрин Перей, которая назвала открытый в 1939 г. химический элемент по географическому названию своей родины. **6.** Япония – современное официальное название родины группы исследователей под руководством профессора Косуке Морита из Института физико-химических исследований (RIKEN). Рабочая группа Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) в 2016 г. утвердила название элемента, синтезированного исследователями из RIKEN в 2004-2012 гг., по одному из двух названий их родины, в переводе с японского означающего «Страна восходящего солнца».

1. Впишите названия всех упомянутых химических элементов в сетку кроссворда и приведите их с указанием порядкового номера этих элементов в периодической таблице химических элементов.

2. Приведите латинское и русское названия химического элемента, зашифрованного в кроссворде (латинское название можно записать буквами русского алфавита), укажите порядковый номер этого элемента в периодической таблице.

3. Приведите географическое название единственной страны, названной по химическому элементу (этот элемент зашифрован в кроссворде).

**20 баллов**

**Решение**

1.

			<sup>3</sup> г						
			а						
		п	о	л	о	н	и	й	
				л			и		
				и			х		
				и			о		
	г						<sup>5</sup> н		
	<sup>4</sup> е								
	р	<sup>7</sup> у	<sup>6</sup> т	е	н	и	й		
	<sup>8</sup> м						й		
	а								
ф	<sup>2</sup> р	<sup>1</sup> а	н	ц	и	й			
			и						
			й						

- 31 – Галлий
- 32 – Германий
- 44 – Рутений
- 84 – Полоний
- 87 – Франций
- 113 – Нихоний

Каждый пункт кроссворда – по 2 балла **(18 баллов)**

2. Argentum (аргентум), серебро, порядковый номер в периодической таблице химических элементов – 47 **(1 балл)**

3. Аргентина. **(1 балл)**

**20 баллов**