

*Ученикам младше 8 класса, участвующим в конкурсе по химии, предлагаются задачи для 8 класса и старше.*

**Задача 1.** (8 класс) Кубик с ребром 1,0 см подвесили к пружинным весам и полностью погрузили в хлороформ. Показание весов составило 5,64 г. Тот же самый кубик погрузили в неизвестную жидкость А, на этот раз весы показали 6,20 г. Плотность хлороформа равна 1,49 г/см<sup>3</sup>.

1) Определите плотность материала, из которого изготовлен кубик (в г/см<sup>3</sup>). В ответе укажите плотность без размерности, округлив её до двух знаков после запятой.

2) Определите плотность жидкости А (в г/см<sup>3</sup>). В ответе укажите плотность без размерности, округлив её до двух знаков после запятой.

**Ответ:**

1) 7,13 2) 0,93

**Решение:**

По закону Архимеда при погружении в хлороформ кубик теряет в весе столько, сколько весит хлороформ объемом, равным объему кубика. Объем кубика составляет 1 см<sup>3</sup>.

Вес кубика в хлороформе = вес кубика на воздухе – вес 1 см<sup>3</sup> хлороформа  
 $5,64 = x - 1,49$  г

$X = 7,13$  г

Вес кубика в жидкости А = вес кубика на воздухе – вес 1 см<sup>3</sup> жидкости А

Вес 1 см<sup>3</sup> жидкости А = вес кубика на воздухе – вес кубика в жидкости А =  
 $7,13 - 6,20 = 0,93$  (г)

Плотность жидкости А = 0,93 г/см<sup>3</sup>.

**Критерии оценки:**

Вес кубика на воздухе	2 балла
Плотность жидкости А	2 балла
Всего	<b>4 балла</b>

**Задача 2.** (8-9 классы) Предельно допустимая концентрация (ПДК) ртути в молоке составляет 0,005 мг/кг. Сколько атомов ртути попадет в организм человека с одним стаканом молока (200 г), если молоко содержит 0,1 ПДК ртути?

Ответ приведите в виде:  $n \bullet 10^m$ , где m – показатель степени.

**Ответ:**

$n = 3, m = 14$

**Решение:**

0,1 ПДК ртути составляет  $5 \times 10^{-4}$  мг/кг. На 200 г приходится  $1 \times 10^{-4}$  мг ртути.

Значит наш стакан молока содержит  $10^{-4}$  мг ртути.

Атомная масса ртути = 200,5. Это означает, что в 200,5 г ртути содержится число Авогадро (то есть  $6,02 \times 10^{23}$ ) атомов.

Составим пропорцию:

200,5 г =  $200,5 \times 10^3$  мг содержат  $6,02 \times 10^{23}$  атомов

$10^{-4}$  мг содержит  $x$  атомов. Отсюда  $x = 3 \times 10^{14}$

**Оценка: 6 баллов**

**Задача 3.** (8-9 классы) Кусочки лития, натрия и калия одинаковой массы полностью растворили в воде. При этом было получено 22,4 литра водорода (н.у.).

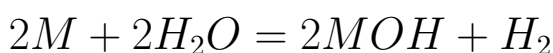
Определите суммарную массу всех трех металлов. *В ответе укажите массу (в граммах), округленную до одного знака после запятой.*

**Ответ:**

28,3

**Решение:**

Взаимодействие любого из названных металлов с водой протекает по уравнению



Для получения одного моля водорода требуется суммарно ввести в реакцию 2 моля металлов. Пусть  $m$  — масса любого из металлов. Количество вещества — масса, деленная на молярную массу

$m/7 + m/23 = m/39 = 2$ . Решая уравнение, получаем  $m = 9,43$  г, это масса любого из металлов. Суммарная масса всех трех металлов:  $9,43 \times 3 = 28,3$ .

**Оценка: 8 баллов**

**Задача 4.** (9-10 классы) При пропускании газа **A** в раствор кислоты **B** образуется соль **B**, содержащая 35,0% элемента **X**. При нагревании соль **B** разлагается без образования твердого остатка. При действии гидроксида натрия на раствор соли **B** можно получить соль **Г**, которая также разлагается при нагревании, образуя соль **Д**, содержащую 20,3% элемента **X**.

1) Определите элемент **X** и вещества **A–Д**.

2) Газ **A** пропустили в раствор кислоты **B** с массовой долей 40%. Определите массовую долю соли **B** в полученном в растворе. Ответ приведите в % до второго знака после запятой.

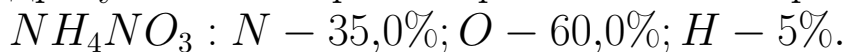
**Ответ:**

1) **A** =  $NH_3$ , **B** =  $HNO_3$ , **B** =  $NH_4NO_3$ , **Г** =  $NaNO_3$ , **Д** =  $NaNO_2$ , **X** = N;

2) 45,85%

**Решение:**

Приведенные реакции указывают на химию азота. Без образования твердого остатка разлагаются нитрат и нитрит аммония, но также хлорид (бромид) и карбонат аммония. Однако термическое разложение и натриевой соли подразумевает скорее нитрат аммония. Проверим это предположение.

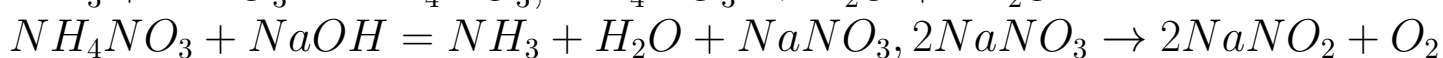
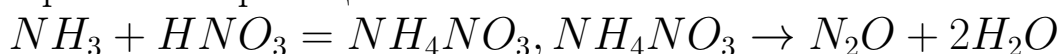


Предположение подтверждается, причем **X** = азот.

Тогда **A** =  $NH_3$ , **B** =  $HNO_3$ , **B** =  $NH_4NO_3$ , **Г** =  $NaNO_3$ , **Д** =  $NaNO_2$

Массовая доля азота в нитрите натрия действительно 20,3%

Уравнения реакций:



Рассмотрим 100 г исходного раствора. В нем содержится 40 г азотной кислоты, что составляет 0,635 моль. Следовательно, раствор может поглотить 0,635 моль аммиака, или 10,795 г. Масса растворенного вещества (нитрата аммония) составит 50,795 г, а масса раствора — 110,795. Массовая доля соли равна 45,85%.

**Критерии оценки:**

1) X и A–Д	6 баллов (1 балл за вещество)
2) Массовая доля	4 балла
Всего	<b>10 баллов</b>

**Задача 5.** (9-11 классы)

Юному химику для опытов потребовалось 100 г раствора уксусной кислоты с массовой долей 40%. В его распоряжении была только уксусная эссенция с массовой долей кислоты 80%. Причем было ее всего 40 г, что недостаточно, чтобы приготовить нужный раствор, разбавив ее водой. Тогда юный химик решил смешать уксусную эссенцию со столовым уксусом, содержащим 7% уксусной кислоты, которого у него было много.

1) Сможет ли он приготовить таким образом нужное количество 40%-ного раствора?

Если да, определите массы компонентов (уксусной эссенции и столового уксуса), которые для этого потребуются. Если нет, то какая максимальная концентрация может получиться, если он приготовит 100 мл раствора?

В обоих случаях подтвердите свой ответ расчетом.

2) Какое максимальное количество раствора уксусной кислоты с массовой долей 40% сможет приготовить юный химик, смешав эти два компонента?

Приведите необходимый расчет.

**Решение:**

1) Вся уксусная эссенция, которая есть в распоряжении юного химика, содержит  $40 \times 0,8 = 32$  г уксусной кислоты.

Для приготовления 100 г раствора следует взять всю эссенцию. Так как ее 40 г, чтобы в сумме оказалось 100 г, нужно добавить 60 г уксуса.

60 г уксуса с массовой долей 7% содержат  $60 \times 0,07 = 4,2$  г  $CH_3COOH$ .

Следовательно общее количество  $CH_3COOH$  составит  $32 + 4,2 = 36,2$  г, что в расчете на 100 г соответствует концентрации 36,2%.

Таким образом 100 г раствора с концентрацией 40% не получится. Максимальная возможная концентрация — 36,2%. Если взять не всю эссенцию, концентрация будет меньше.

2) Так как нужно максимальное количество раствора, следует снова взять всю эссенцию. В ней по-прежнему 32 г  $CH_3COOH$ .

Количество столового уксуса нам на этот раз неизвестно, примем его за  $x$ .

Тогда растворенного вещества будет  $32 + 0,07x$  (г)

Масса раствора будет  $40 + x$  (г)

Составляем уравнение:

$$(32 + 0,07x) : (40 + x) = 0,4$$

Отсюда  $x = 48,5$ , а масса раствора  $40 + 48,5 = 88,5$  (г)

**Критерии оценки:**

100 г 40%-ного раствора приготовить нельзя	1 балл (оценивается только при наличии обоснования)
Расчет концентрации раствора	5 баллов
Максимальная масса раствора с соответствующим расчетом	6 баллов
Всего	<b>12 баллов</b>

**Примечание:** в условии задачи допущена опечатка: написано 100 мл раствора, подразумевается 100 г раствора.

*Все решения: где подразумевались граммы, где плотность была принята за единицу, а также где использовалась реальная плотность оценивались одинаково (как правильные, если были правильными).*

**Задача 6.** (10-11 классы)

Один из изотопов водорода, присутствующий в природе в ничтожных количествах, имеет атомную массу три и называется тритием. Этот изотоп радиоактивен, он подвергается бета-распаду с периодом полураспада 12,3 года. Испуская бета-частицу, он превращается в гелий, также с атомной массой три. Некоторое количество газообразного трития поместили в закрытый сосуд, где установилось давление 100 кПа.

Каким будет давление в сосуде через 24,6 лет при той же температуре?

**Ответ:**

175

**Решение:**

$T2 \rightarrow 2He$  + бета-частица (электрон)

Пусть  $N$  — исходное число молекул трития.

При распаде образуется  $2N$  молекул газа. За один период полураспада распадается  $N/2$  молекул трития и получается  $N/2 \times 2 = N$  молекул гелия, а  $N/2$  молекул трития остается.

В этот момент в газовой смеси находится всего  $N/2 + N = 3/2N$  молекул.

Нам нужно определить давление через  $24,6 : 12,3 = 2$  периода полураспада.

После второго периода полураспада распалась опять половина имеющегося трития, т.е.  $N/4$  молекул.

Остается  $N/4$  молекул трития, и получается  $N/2$  молекул гелия.

Общее число молекул в смеси:  $N/4 + N + N/2 = 7/4N$

Следовательно, давление увеличилось в  $7/4$  раз и составило  $7/4 \times 100 = 175$  кПа.

**Оценка: 6 баллов**

**Задача 7.** (10-11 классы) Оксид бария массой 38,25 г растворили в 595 мл воды. К раствору добавили 112,8 мл раствора серной кислоты с массовой долей 12% ( $d = 1,085$  г/см<sup>3</sup>). Выпавший осадок отфильтровали, а фильтрат упарили при 20°C. При этом получили 31,50 г кристаллического продукта  $X$ , полностью растворимого в воде.

Определите формулу  $X$ .

**Ответ:**

$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$

**Решение:**

38,25 г  $BaO$  составляют 0,25 моль.

Масса раствора серной кислоты  $112,8 \times 1,085$  г = 122,39 г, содержание  $H_2SO_4 = 122,39 \times 0,12 = 14,69$  г, что составляет 0,15 моль.

Таким образом реакция  $Ba(OH)_2$ , полученного из оксида бария, с  $H_2SO_4$  даст 0,15 моль  $BaSO_4$  (расчет по недостатку), который выпадет в осадок, а 0,10 моль гидроксида бария остается в избытке. Именно он и остается при упаривании раствора.

Однако масса 0,1 моль  $Ba(OH)_2$  составляет 17,1 г, а выпало 31,5 г.

Следовательно гидроксид бария выпал в виде кристаллогидрата. Посчитаем, сколько молекул воды он содержит:  $31,5 - 17,1 = 14,4$  г воды, что составляет 0,8 моль.

Так как гидроксида бария 0,1 моль, а воды 0,8 моль, то значит кристаллогидрат содержит 8 молекул воды. Его формула  $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ .

**Оценка: 8 баллов**

**Задача 8.** (10-11 классы)

При полном термическом разложении 10,94 г минерала **A** образуется 8,1 г твердого бинарного соединения **B**, содержащего 80,25% металла **X** (по массе), 0,896 л (н.у.) газа **B** и 1,08 г воды. Вещество **B** не растворяется в воде, но растворяется в кислотах. При осторожном добавлении водного раствора  $NaOH$  к раствору, полученному при растворении **B** в соляной кислоте, можно получить осадок вещества **Г**, содержащего 65,66% того же металла. При дальнейшем добавлении щелочи осадок полностью растворяется. При пропускании газа **B** в воду полученный раствор имеет кислую реакцию. Определите:

- 1) металл **X**
- 2) продукты реакций **B**, **B** и **Г**
- 3) формулу минерала **A**

Приведите необходимые расчеты и рассуждения.

**Решение:**

1) По химическим свойствам видно, что **Г** = амфотерный гидроксид, соответственно **B** — оксид того же металла.

Металл можно определить по его массовой доле в **Г** или в **B** на выбор. Предпочтительно выбрать **Г**, так как нет никаких сомнений в том, что это гидроксид.

Обозначим атомную массу металла за  $x$ .

$x : (x + 17n) = 0,6566$ ,  $n$  = число гидроксильных групп в гидроксиде.

Отсюда  $x = 32,5n$

При  $n = 1$  такого металла нет, при  $n = 2$  это цинк, при  $n = 3$  такого металла тоже нет.

Таким образом, металл **X** =  $Zn$

2) Масса газа:  $10,94 - (8,1 + 1,08) = 1,76$  г. Так как объем газа известен, то 1,76 г составляет  $0,896 : 22,4 = 0,04$  моль. Молекулярная масса газа 44, это скорее всего  $CO_2$ , другие варианты менее вероятны, когда исходное вещество — минерал.

3) Определим формулу минерала.

При разложении **A** получено 0,04 моль  $CO_2$  + 0,06 моль  $H_2O$  + 0,1 моль  $ZnO$ , отсюда соотношение:  $10Zn : 4C : 12H : (8 + 6 + 10)O$  или  $5Zn : 2C : 6H : 12O$

минерал  $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$  (запись в виде  $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$  также возможна)

**Критерии оценки:**

1) $X = Zn$	3 балла при наличии обоснования (расчет, рассуждение), иначе 1 балл
2) $B = ZnO$ , $V = CO_2$ , $\Gamma = Zn(OH)_2$	3 балла (по 1 баллу за вещество), если для цинка и для $CO_2$ есть обоснование
3) формула минерала	2 балла при наличии обоснования
Обоснование (расчет)	4 балла
Всего	<b>12 баллов</b>

**Задача 9.** (11 класс) Углеводород  $X$  вступает в реакцию присоединения воды в присутствии солей ртути. При этом образуется вещество  $A$ , которое дает реакцию серебряного зеркала. Известно также, что в молекуле  $X$  есть один третичный атом углерода. На сжигание 1,0 л углеводорода  $X$  требуется 7,0 л кислорода.

Определите:

1) брутто формулу  $X$

2) структурную формулу  $X$  (напишите либо структурную формулу в строчку либо название по систематической номенклатуре)

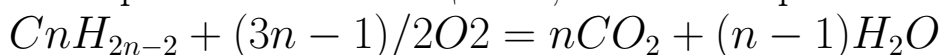
**Ответ:**

1)  $C_5H_8$

2) 3-метилбутин-1

**Решение:**

1) Так как  $X$  вступает в реакцию Кучерова, то это алкин. Его формулу можно записать как  $C_nH_{2n-2}$  (в том случае, если он не содержит одновременно тройной связи и цикла, но этот вариант можно проверить позже).



Таким образом,  $(3n - 1)/2 = 7$ ,  $3n = 15$ ,  $n = 5$ .

Формула углеводорода  $C_5H_8$ .

Проверка наличия еще и цикла или двойной связи, помимо тройной, т.е. формулы  $C_nH_{2n-4}$  целых ответов не дает.

2) Наличие третичного атома  $C$  и концевой тройной связи показывает, что углеводород — 3-метилбутин-1

**Критерии оценки:**

1) брутто-формула	3 балла
2) строение	3 балла
Всего	<b>6 баллов</b>

**Задача 10.** (11 класс) Смесь пропана и этилена, имеющую плотность по водороду 16, смешали с избытком кислорода (полученная смесь — смесь  $A$ ) и подожгли. После конденсации воды и приведения системы к начальным

условиям оказалось, что объем смеси  $A$  уменьшился на 36%.

Определите объемную долю смеси  $A$  до сжигания. В ответе укажите объемную долю кислорода в процентах.

Приведите необходимые расчеты и пояснения.

**Решение:**

1) Определим состав исходной смеси

$C_3H_8$  44 г/моль и  $C_2H_4$  28 г/моль

$44z + 28(1 - z) = 32$ , отсюда  $z = 0,25$ . Состав смеси: пропан  $1/4$  и этилен  $3/4$ .

2) горение

$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$ ,  $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

Рассмотрим 1 моль смеси до сжигания

$C_3H_8$	$C_2H_4$	$O_2$
$x$	$3x$	$1 - 4x$

Состав газовой смеси после горения

$CO_2$ из пропана	$CO_2$ из этилена	$O_2$
$3x$	$2 \times 3x = 6x$	$(1 - 4x) - (5x + 3 \times 3x) = 1 - 18x$

Количество моль смеси  $A$  после реакции:  $1 - 18x + 3x + 6x = 1 - 9x$

По условию это равно 0,64 от количества моль смеси до сжигания (который принят за 1 моль), тогда

$1 - 9x = 0,64 \times 1 = 0,64$ , откуда  $x = 0,04$

Начальная доля кислорода в смеси составляет:

$1 - 4x = 1 - 4 \times 0,04 = 1 - 0,16 = 0,84$ , т.е. 84%

**Критерии оценки:**

Состав исходной смеси	2 балла
Расчет доли кислорода (решение)	8 баллов
Ответ (84%)	2 балла ставится при наличии решения
Всего	<b>12 баллов</b>