

**Решения задач муниципального этапа Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2020-2021 учебный год**

9 класс

Задача 9-1. Формула пищевой соды NaHCO_3 - 2 балла. Установление формулы по массовым долям элементов – 2 балла. Юный химик доказал закон постоянства состава вещества - 2 балла. В работе участника олимпиады дана формулировка этого закона – 2 балла. Автором этого закона является французский химик Жозеф-Луи-Пруст – 2 балла.

Задача 9-2.

$\text{CaO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2 балла
$M(\text{CaO}) = 56 \text{ г/моль}$	
$n(\text{CaO}) = 22,4/56 = 0,4 \text{ моль}$	1 балл
$n(\text{HCl}) = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ моль}$	1 балл
$m(\text{HCl}) = M \cdot n = 0,8 \cdot 36,5 = 29,2 \text{ г}$	2 балла
$\omega(\text{HCl}) = 29,2/73 = 0,4 (40 \%)$	2 балла
$m(\text{CaCl}_2) = 0,4 \cdot 111 = 44,4 \text{ г}$	1 балл
$m(\text{раствора}) = 73 + 22,4 = 95,4 \text{ г}$	2 балла
$\omega(\text{CaCl}_2) = 44,4/95,4 = 0,465$	1 балл

Задача 9-3. Написаны 2 уравнения реакций разложения карбоната кальция и карбоната аммония. $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ 1 балл,
 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 2 балла.

В твердом остатке находятся карбонат натрия и оксид кальция -1 балл.

Пусть число моль карбоната кальция в исходной смеси равно x ; число моль карбоната натрия y моль; число моль карбоната аммония z моль. Составлена система алгебраических уравнений с 3-мя неизвестными – 3 балла. Решение системы уравнений дает ответы по задаче: $x = 0,05$ моль, $y = 0,1$ моль, $z = 0,025$ моль - 3 балла.

Задача 9-4. За каждый правильно определенный элемент – по 1 баллу:

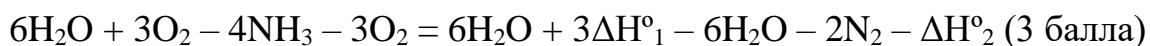
A – Si, B – S, C – SiS_2 , D – SiO_2 , E – SO_2 . (5 баллов)

Уравнения реакций:

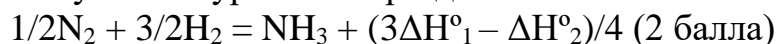


Задача 9-5. $1/2\text{N}_2 + 3/2\text{H}_2 = \text{NH}_3 + \Delta H^\circ_x$, согласно определению теплоты образования веществ (3 балла)

Вода и кислород не входят в это уравнение, поэтому чтобы исключить их из уравнений умножим уравнение 1 на 3 и вычтем 2



Полученное уравнение разделим на 4

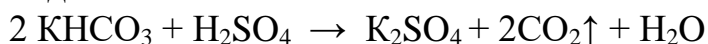


$$\Delta_f\text{H}^\circ = \Delta\text{H}^\circ_{\text{X}} = (3\Delta\text{H}^\circ_1 - \Delta\text{H}^\circ_2)/4 = (3 \cdot (-571,68) - (-1530,28))/4 = -46,19$$

кДж/моль (2 балла)

10 класс

Задача 10-1.



2 балла

Пусть прореагировал 1 моль H_2SO_4 , т.е. $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$ моль.

Тогда $n(\text{KHCO}_3) = 2$ моль, $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1$ моль, $n(\text{CO}_2) = 2$ моль.

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г/моль, $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г $m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{раствора}} = 98/0,1 = 980$ г. 1 балла

$M(\text{KHCO}_3) = 100$ г/моль, $m(\text{KHCO}_3) = 2 \cdot 100 = 200$ г. 1 балла

$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174$ г/моль, $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174$ г. 1 балла

$M(\text{CO}_2) = 44$ г/моль, $m(\text{CO}_2) = 2 \cdot 44 = 88$ г. 1 балла

$m(\text{раствора}) = m(\text{раствора } \text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{KHCO}_3) - m(\text{CO}_2)$ 1 балла

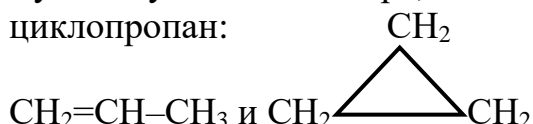
$m(\text{раствора}) = 980 + 200 - 88 = 1092$ г 1 балла

$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = m(\text{K}_2\text{SO}_4) / m(\text{раствора}) = 174/1092 = 0,1593$ (15,93 %) 2 балла

Задача 10-2. Напишем уравнение реакции $\text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{HJ} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{J}$

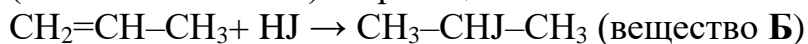
$n(\text{HJ}) = 25,6/128 = 0,2$ моль. 0,2 моль HJ прореагировало с 0,2 моль алкена (8,4 г), отсюда следует, что молярная масса алкена $M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 42$, а его молекулярная формула C_3H_6 (А) 2 балла

Существует два изомера, имеющих эту молекулярную формулу: пропен и циклопропан:



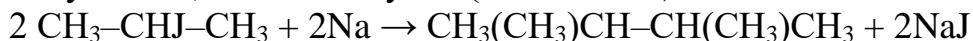
1 балл

Алкен А (пропен) присоединяет HJ в соответствии с правилом Марковникова (ионный механизм) по реакции:



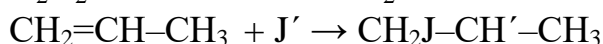
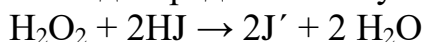
2 балла

При взаимодействии 2-йодпропана (вещество Б) с металлическим натрием получают 2,3-диметилбутан (вещество В)



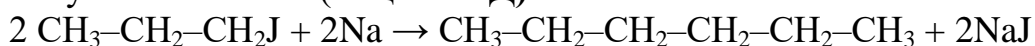
1 балл

Если присоединение HJ проводить в присутствии перекиси водорода, окисляющего HJ, то реакция присоединения будет протекать по цепному свободно-радикальному механизму с обращением правила Марковникова:



3 балла

При взаимодействии 1-йодпропана (вещество С) с металлическим натрием получают н-гексан (вещество Д)



1 балл

Задача 10-3. Уравнение реакции:



Пусть в реакцию вступило x моль олова, тогда в растворе образовалось x моль SnBr_2 массой $279x$ г. Масса оставшегося в растворе бромида железа (III): $m(\text{FeBr}_3) = 435,5 \cdot 0,2 - 2x \cdot 296 = 87 - 592x$ г. (4 балла)

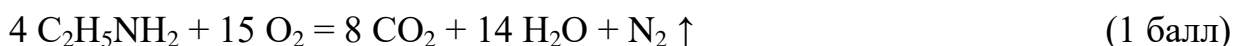
По условию $279x = 87 - 592x$,

Откуда $x = 0,1$. (2 балла)

Масса пластинки после окончания реакции равна:

$$m(\text{Sn}) = 16,9 - 0,1 \cdot 119 = 5 \text{ г.} \quad (2 \text{ балла})$$

Задача 10-4. Написаны уравнения реакций:



Газ, не поглощаемый раствором NaOH – азот.

$$n(\text{N}_2) = 4,48/22,4 = 0,2 \text{ моль, } n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = 43,2/18 = 2,4 \text{ моль.} \quad (2 \text{ балла})$$

Во второй реакции образовалось $n_2(\text{H}_2\text{O}) = 7 \cdot n(\text{N}_2) = 1,4$ моль. (2 балла)

Значит в первой реакции образовалось соответственно $n_1(\text{H}_2\text{O}) = 2,4 - 1,4 = 1$ моль. (2 балла)

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = n_1(\text{H}_2\text{O}) / 2 = 0,5 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,4 \cdot 45 / (0,5 \cdot 32 + 0,4 \cdot 45) \cdot 100 \% = 53 \% \text{ C}_2\text{H}_5\text{NH}_2. \quad (1 \text{ балл})$$

Задача 10-5. $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (1 балл)

Пусть в исходной смеси $n(\text{CH}_3\text{CHO}) = x$ моль, тогда $n(\text{H}_2) = 2x$ моль, а общее число молей $n(\Sigma) = 3x$ моль (2 балла)

Пусть образуется $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = y$ моль, тогда $n(\text{CH}_3\text{CHO}) = (x - y)$ моль и $n(\text{H}_2) = (2x - y)$ моль, а общее число молей $n_{\Sigma 2} = (x - y) + (2x - y) + y = (3x - y)$ моль (2 балла).

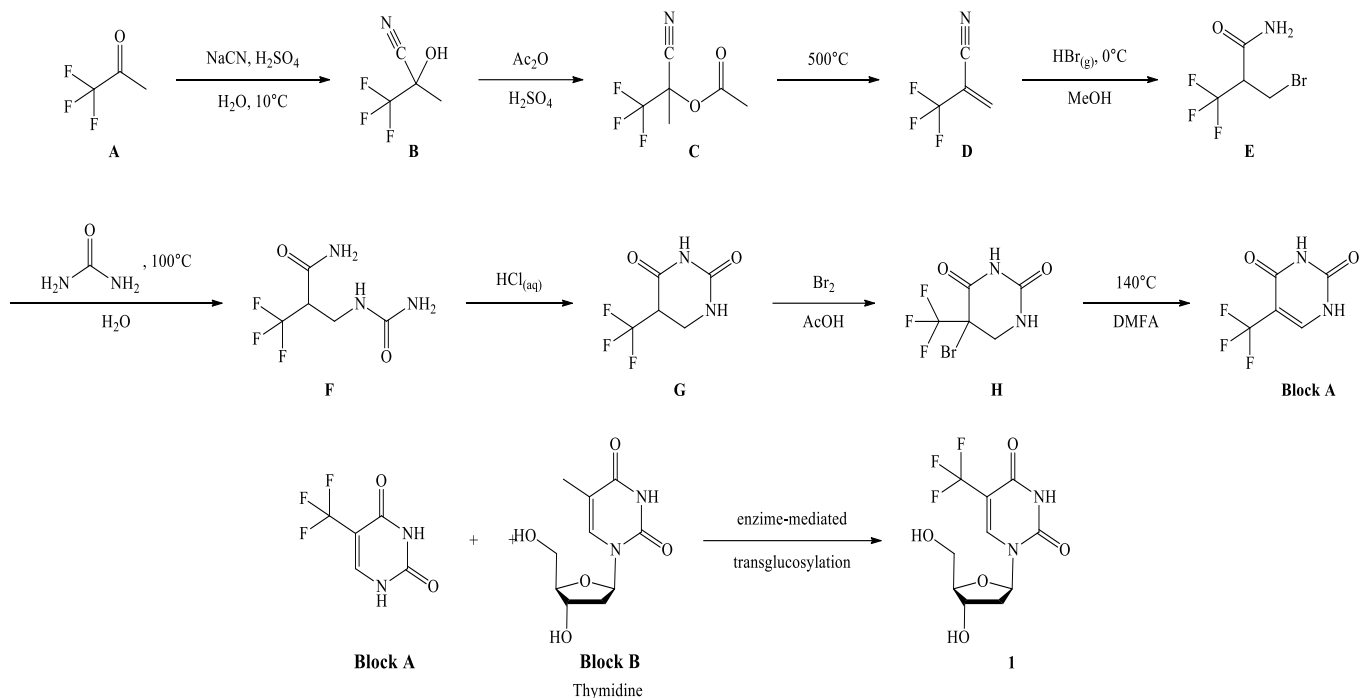
Так как температура постоянная и меняется только давление, то уменьшение давления связано с уменьшением числа молей газов. Таким образом $p_2 = 0,8p_1$ или $(3x - y) = 0,8 \cdot 3x$, следовательно, $y = 0,6x$. (2 балла)

По закону Авогадро, объемная доля газа равна его мольной доле, поэтому объемная доля паров этанола равна: $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = y/(3x - y) = 0,25$ или 25% (2 балла)

Процент превращения этанала в этанол $y/x = 0,6$ или 60% (1 балл)

11 класс

Задача 11-1. За каждое разгаданное соединение 1 балл. Схема превращений:



Задача 11-2. «Пигмент»

За каждое верно расшифрованное вещество 1,5 балла, за каждое точное уравнение 1 балл, за каждый пример 0.5 баллов, за сходство и различие оксидов – 1 балл.

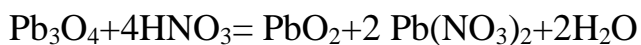
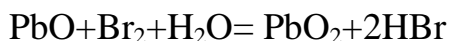
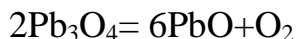
Очевидно, что решение следует начать с поиска молярной массы нитрата металла: $M(\text{Met}^x(\text{NO}_3)_x) = 14/0,0846 = 165,5$ при $x=1$, ясно что такая молекулярная масса не подходит, пробуем $x=2$, получаем $(14*2)/0,0846 = 331$.

$331 - 2M(\text{NO}_3) = 207$, следовательно, исходный металл - свинец.

Далее необходимо подумать над массовыми долями металла в **A**, **B**, **C**, видно, что самое высокое содержание металла в оксиде **B**, а самое низкое в **C**.

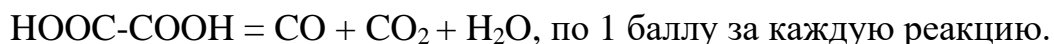
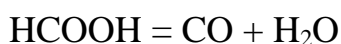
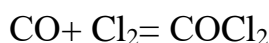
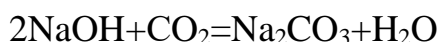
Предполагаем что оксид **B** является одним из низших оксидов свинца, допустим **B** = Pb_2O , тогда массовая доля Pb в нем составит $(207*2)/430 = 0,9628$, значит, в **A** его должно быть $0,9628 - 0,021681 = 0,9411$. $M(\text{A}) = 207/0,941100 = 220$, после расчетов становится понятно, что Pb_2O в роли **B** является ошибочным вариантом, пробуем следующий оксид PbO , массовая доля Pb в нем составит $207/223 = 0,92825$, значит в **A** его должно быть $0,92825 - 0,021681 = 0,90657$, что соответствует оксиду Pb_3O_4 , и в **C** металла содержится $0,90657 - 0,040470 = 0,8661$, что подходит для PbO_2 .

Реакции



Примеры. Fe_3O_4 , Cr_3O_4 , Mn_3O_4 ; сходство с Pb_3O_4 в том, что они все состоят из смеси оксидов металлов в разных степенях окисления, а различие в том что, Fe_3O_4 , Cr_3O_4 , Mn_3O_4 имеют строение $\text{MeO} + \text{Me}_2\text{O}_3$, а Pb_3O_4 это $2\text{MeO} + \text{MeO}_2$, ($2\text{PbO} + \text{PbO}_2$).

Задача 11-3. «Природные кислоты»



Так как по реакции щелочи образуется средняя минеральная соль, можно предположить, что эта реакция $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

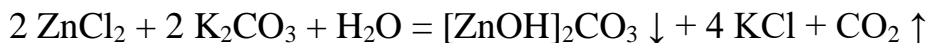
Масса $\text{NaOH} = 15 \cdot 0,1 = 1,5$ г, $n(\text{NaOH}) = 1,5/40 = 0,0375$, следовательно, $n(\text{CO}_2) = 0,01875$. Далее разбираем реакцию оксида марганца четырехвалентного, это известная реакция $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, газом является только хлор, значит можно искать молярную массу **X**, в котором, очевидно, что есть кислород и хлор. $M(\text{X}) = 16/0,161616 = 99$, что соответствует фосгену, отсюда делаем вывод что другой газ при разложении кислот это угарный газ CO , $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$. Находим $n(\text{CO})$: $n(\text{MnO}_2) = 3,48/87 = 0,04$, тогда $n(\text{CO}) = 0,04$ моль. (2 балла).

Известно, что после разложения кислот выделилось 0,04 моль CO и 0,01875 моль CO_2 , тогда следует обратить внимание на то, что выделилось очень много CO , такое может происходить при разложении муравьиной и щавелевой кислот: $\text{HCOOH} = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ и $\text{HOOC-COOH} = \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Так как, $n(\text{CO}_2) = 0,01875$, значит и $n(\text{HOOC-COOH}) = 0,01875$ моль, тогда масса $m(\text{HOOC-COOH}) = 0,01875 \cdot 90 = 1,6875$ г, $n(\text{CO})$, образовавшейся при разложении муравьиной кислоты равна $(0,04 - 0,01875) = 0,02125$ моль, значит масса муравьиной кислоты равно $0,02125 \cdot 46 = 0,9775$ г, общая масса кислот равна $(1,6875 + 0,9775) = 2,665$ г, что совпадает с условиями задачи. (3 балла).

Задача 11-4. При добавлении хлорида цинка к раствору карбоната калия образуется основная соль:

0,05 0,05 0,025 0,1 0,025



$$n(\text{ZnCl}_2) = 35,7 \cdot 1,12 \cdot 0,17 / 136 = 0,05 \text{ моль.} \quad (2 \text{ балла})$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 3 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ моль} - \text{избыток карбоната калия.}$$

Этот избыток реагирует с выделяющимся углекислым газом с образованием гидрокарбоната калия:

0,025 0,025 0,05



В полученном после отделения осадка фильтрате находятся: 0,1 моль KCl, 0,05 моль KHCO₃, (0,15 – 0,05 – 0,025) = 0,075 моль K₂CO₃. (2 балла)

Масса фильтрата равна:

$$m(\text{фильтр.}) = m(\text{р-ра K}_2\text{CO}_3) + m(\text{р-ра ZnCl}_2) - m([\text{ZnOH}]_2\text{CO}_3) = 50 \cdot 1,3 + 35,7 \cdot 1,12 - 0,025 \cdot 224 = 99,4 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

Массовые доли веществ:

$$\omega(\text{KCl}) = 0,1 \cdot 74,5 / 99,4 \cdot 100 \% = 7,5 \%$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = 0,05 \cdot 100 / 99,4 \cdot 100 \% = 5 \%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,075 \cdot 138 / 99,4 \cdot 100 \% = 10,4 \%. \quad (3 \text{ балла})$$

Задача 11-5. Решение

моль	0,804	0,201	0,402
	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$		

(1 балл)

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,402 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n(\text{HCl}) = 1 - 0,804 = 0,196 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n(\text{O}_2) = 0,48 - 0,201 = 0,279 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\sum n_i = 0,196 + 0,279 + 0,402 + 0,402 = 1,279 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Отнесем равновесные парциальные давления к давлению 1 атм:

$$P(\text{H}_2\text{O}) = 0,402 / 1,279 = 0,314, \quad (1 \text{ балл})$$

$$P(\text{Cl}_2) = 0,402 / 1,279 = 0,314, \quad (1 \text{ балл})$$

$$P(\text{HCl}) = 0,196 / 1,279 = 0,153, \quad (1 \text{ балл})$$

$$P(\text{O}_2) = 0,279 / 1,279 = 0,218, \quad (1 \text{ балл})$$

тогда

$$K_P = \frac{0,314^2 \cdot 0,314^2}{0,153^4 \cdot 0,218} = 81,376 [\text{атм}^{-1}] \quad (1 \text{ балл}).$$