

**Министерство образования и науки УР**  
**АОУ ДПО УР «Институт развития образования»**  
**Муниципальный этап ВСОШ по химии 2024-2025 учебный год**  
**г. Ижевск**  
**10 класс**

*Максимальное количество баллов – 100*

**Решение задачи № 1**

В зависимости от соотношения количеств исходных веществ в сосуде возможно протекание следующих реакций:



.....**2 балла**

Как следует из условия задачи, реакции сопровождаются уменьшением количества газообразных веществ, что приводит к уменьшению давления в сосуде. ....**1 балл**

Согласно уравнению (1) из 5 моль  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{O}_2$  образуется 4 моль  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (газ в условиях проведения реакции), следовательно:

5 моль газов создают давление  $p$  Па

5 моль газов создают давление  $q$  Па

$$q = \frac{p \times 4}{5} = 0,8p \text{ Па}$$

Давление в сосуде при этом уменьшится на  $\frac{p - 0,8p}{p} \times 100\% = 20\%$ .

.....**2 балла**

Согласно уравнению (2) из 3 моль  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{O}_2$  образуется 2 моль  $\text{H}_2\text{O}$  (газ в условиях проведения реакции), следовательно:

3 моль газов создают давление  $p$  Па

2 моль паров воды создают давление  $g$  Па

$$g = \frac{p \times 2}{3} = 0,667p \text{ Па}$$

Давление в сосуде при этом уменьшится на  $\frac{p - 0,667p}{p} \times 100\% = 33,3\%$ .

.....**2 балла**

Указанное в условии задачи уменьшение давления в газовой системе находится между значениями 20% и 33,3%, что позволяет предположить, что в системе протекает одновременно и реакция (1), и реакция (2)

.....**1 балла**

Обозначим количество вещества кислорода в сосуде как  $x$  моль, количество вещества сероводорода –  $y$  моль. Определим количество вещества продуктов реакции:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{S}) = y \text{ моль}, \quad n(\text{ат. О в воде}) = y \text{ моль},$$

$$n(\text{ат. О в SO}_2) = (2x - y) \text{ моль}.$$

$$\text{Следовательно, } n_1(\text{SO}_2) = 0,5(2x - y) = (x - 0,5y) \text{ моль},$$

$$n(\text{S}) = y - (x - 0,5y) = (1,5y - x) \text{ моль}.$$

.....4 балла

Давление в сосуде после окончания реакции будет равно:

$$(1 - 0,286)p = 0,714p \text{ Па}.$$

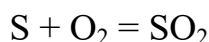
.....1 балл

При постоянных температуре и объеме давление прямо пропорционально количеству вещества газообразных частиц в сосуде:

$$\frac{p}{0,714p} = \frac{x + y}{y + (x - 0,5y)} \quad (3)$$

.....1 балл

После введения в сосуд 80 г кислорода ( $80 / 32 = 2,5$  моль) вся сера сгорит, превратившись в диоксид серы согласно уравнению реакции:



Количество вещества диоксида серы, образующего поданной реакции, равно количеству серы:  $n_2(\text{SO}_2) = (1,5y - x)$  моль. Количество непрореагировавшего кислорода равно:  $n(\text{н/пр O}_2) = (2,5 - (1,5y - x))$  моль.

.....2 балла

Количество вещества газообразных соединений в системе будет равно:

$$[y + (x - 0,5y) + (1,5y - x) + 2,5 - (1,5y - x)] = 2,5 + 0,5y + x \text{ (моль)}$$

.....1 балл

Составим пропорцию:

$$\frac{p}{1,43p} = \frac{x + y}{0,5y + x + 2,5} \quad (4)$$

.....1 балл

Решая систему из уравнений (3) и (4), получим  $x = 1,5$  моль,  $y = 2$  моль.

.....2 балла

**Итого за задачу.....20 баллов**

### **Решение задачи № 2**

**Зашифрованные вещества:**

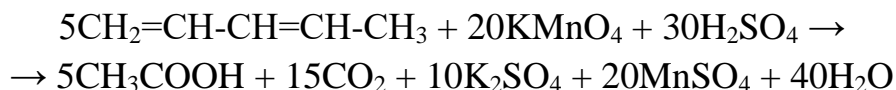
**А** – винилацетилен  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$ .....2 балла

**Б** – соответствующий ацетиленид  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CAg}$  .....2 балла

<b>С</b> – пентен-1-ин-3	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ .....	<b>2 балла</b>
<b>Д</b> – пентадиен-1,3	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ .....	<b>2 балла</b>
<b>Е</b> – 3-бромопентен-1	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ .....	<b>2 балла</b>

### Ответы на вопросы:

- Каталитическое гидрирование приводит к **цис-конфигурации** интернальной кратной связи ..... **2 балла**
- Реакция в соответствии с  $t < 0$  идет как 1,2-присоединение (**1 балл**, если в ответе продукт 1,4-присоединения – **0 баллов**) и по наиболее замещенной кратной связи, поскольку является электрофильным присоединением (**1,5 балла**, за продукт по терминальной  $\text{C}=\text{C}$ -связи в соответствии с правилом Марковникова – **0,5 балла**) через образование наиболее устойчивого карбкатиона  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  – атака  $\text{H}^+$  на концевой  $\text{C}$ -атом сопряженной системы (**1,5 балла**, отсутствие объяснения – **0 баллов**)
- исчерпывающее окисление **Д** идет в соответствии с уравнением ..... **4 балла**



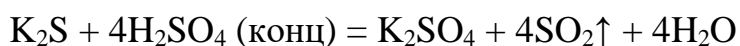
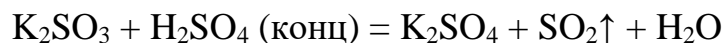
На первом этапе при разрыве  $\text{C}=\text{C}$ -связей образуются  $\text{CO}_2$ , уксусная и щавелевая кислоты, последняя затем окисляется до  $\text{CO}_2$  (неверные коэффициенты при правильных продуктах – **2 балла**).

**Итого за задачу.....20 баллов**

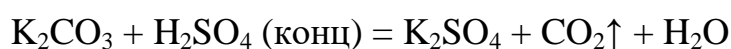
### Решение задачи № 3

В состав солей **А** и **Б** входит калий, так как согласно условию задачи при взаимодействии газа **Г** и простого вещества **Д** в растворе гидроксида калия образуются соль **А** и вещество **Е**, при разложении последнего получается соль **В**.  
..... **1 балл**

Искомой солью **А** могут быть сульфит, сульфид, карбонат, хлорид, фторид, бромид, йодид и нитрат калия. Бесцветные газы выделяются в результате реакций:



или





или



**За любой набор правильно написанных реакций (но не менее 6-и),**

**..... подтверждающих умозаключения учащегося – 6 баллов**

При действии концентрированной серной кислотой на нитрат калия выделяется бурый газ, поэтому нитрат калия исключается.

**.....1 балл**

Газ с резким запахом при электролизе водного раствора может быть получен лишь из раствора хлороводорода. Следовательно, искомой солью **A** является хлорид калия, газом **B** – хлороводород, газом **Г** – хлор.



**.....2 балла**

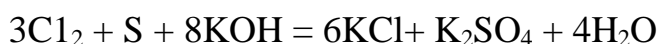
Солью **B** может быть сульфид или йодид калия. В обоих случаях при действии на соли концентрированной серной кислотой возможно образование твердых простых веществ (сера или йод).

**.....1 балл**

Согласно условию задачи в результате реакции газа **Г** (хлор) с твердым веществом **Д** (сера или йод) в растворе щелочи образуется вещество **A** (хлорид калия) и новое вещество **E**, при нагревании которого ниже 1000°C должно образоваться вещество **B**.

**.....1 балл**

В случае серы окисление ее хлором в щелочной среде приводит к образованию сульфата или сульфита:



**.....2 балла**

Образовавшийся в результате первой реакции сульфат калия при нагревании ниже 1000°C устойчив, в то время как сульфит калия при температуре 600°C разлагается:



**.....1 балл**

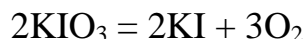
Один из продуктов разложения – сульфид калия (вещество **B**) удовлетворяет условию задачи, и веществом **E** может быть сульфит калия.

**.....1 балл**

В случае йода окисление его хлором в щелочной среде приводит к образованию йодата:



который при нагревании разлагается:



.....2 балла

При этом образуется йодид калия (вещество **Б**), что тоже удовлетворяет условию задачи, и веществом **Е** может быть йодат калия.

.....1 балл

Таким образом, веществом **Б** является сульфид или йодид калия, веществом **Д** – сера или йод, веществом **Е** сульфит или йодат калия.

.....1 балл

**Итого за задачу.....20 баллов**

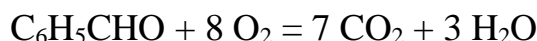
#### **Решение задачи № 4.**

1. Поскольку реакции образования воды и диоксида углерода представляют собой ни что иное, как реакции сгорания водорода и углерода соответственно, причем из 1 моль вещества, для которого приведена теплота сгорания, образуется 1 моль продукта (то есть учет стехиометрических коэффициентов не требуется), в данном случае энтальпии образования равны теплотам сгорания, взятым с обратным знаком:

$$\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) = -287 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f(\text{CO}_2) = -394 \text{ кДж/моль}$$

2. Уравнения реакций горения:



Мольные теплоты сгорания приведенных веществ можно вычислить, разделив измеренные количества теплоты на количества вещества в навесках:

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \frac{Q_{\text{эксп}}}{\nu_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}}} = \frac{Q_{\text{эксп}} \times M_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}}}{m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}}} = 3234 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) = \frac{Q_{\text{эксп}}}{\nu_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}}} = \frac{Q_{\text{эксп}} \times M_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}}}{m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}}} = 3582 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{Q_{\text{эксп}}}{\nu_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}} = \frac{Q_{\text{эксп}} \times M_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}}{m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}} = 3745 \text{ кДж/моль}$$

3. Согласно закону Гесса, тепловой эффект реакции образования любого из приведенных органических веществ можно представить как сумму тепловых эффектов реакции сгорания данного органического вещества, взятого с

обратным знаком, и тепловых эффектов реакций образования продуктов сгорания, с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned}
 & [7\text{C} + 3\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})] = \\
 & = -[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 7.5\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})] + \\
 & + 7[\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + Q_{\text{сгор}}(\text{C})] + 3[\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2)] \\
 & \quad Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \\
 & = -Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) + 7Q_{\text{сгор}}(\text{C}) + 3Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 385 \text{ кДж/моль} \\
 & [7\text{C} + 3\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO})] = \\
 & = -[\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + 8\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO})] + \\
 & + 7[\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + Q_{\text{сгор}}(\text{C})] + 3[\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2)] \\
 & \quad Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) = \\
 & = -Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) + 7Q_{\text{сгор}}(\text{C}) + 3Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 37 \text{ кДж/моль} \\
 & [7\text{C} + 4\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} + Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH})] = \\
 & = -[\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} + 8.5\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH})] + \\
 & + 7[\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + Q_{\text{сгор}}(\text{C})] + 4[\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2)] \\
 & \quad Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = \\
 & = -Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) + 7Q_{\text{сгор}}(\text{C}) + 4Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 161 \text{ кДж/моль}
 \end{aligned}$$

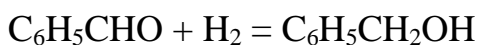
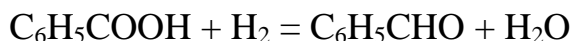
Поскольку в условии задачи сказано, что приведенные величины измерены при постоянном давлении, энтальпии образования данных веществ равны вычисленным мольным теплотам образования, взятым с обратным знаком:

$$\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = -Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = -385 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) = -Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) = -37 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = -Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = -161 \text{ кДж/моль}$$

4. Ступенчатое гидрирование можно описать следующими уравнениями реакций:



Теплоты приведенных реакций можно вычислить исходя из энтальпий образования участников реакций:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{гидр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) & = -\Delta_r H_{\text{гидр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) = \\
 & = -[\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}) + \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})] = -61 \text{ кДж/моль} \\
 Q_{\text{гидр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) & = -\Delta_r H_{\text{гидр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = \\
 & = -[\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) - \Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO})] = 124 \text{ кДж/моль}
 \end{aligned}$$

Заметим, что вторая стадия является экзотермической, в отличие от первой, эндотермической. С точки зрения энтальпийного фактора, протекание второй стадии намного выгоднее первой. Поэтому в условиях, в которых происходит восстановление бензойной кислоты до бензальдегида, бензальдегид определенно

будет восстанавливаться до бензилового спирта. Энтропийный фактор, в свою очередь, благоприятствует протеканию в большей степени первой стадии (поскольку на первой стадии количество моль газов не изменяется, тогда как на второй оно уменьшается на единицу), однако при разумных температурах он не вносит вклада столь существенного, чтобы пересилить энтальпийный фактор и радикально повлиять на направление реакции.

### **Система оценивания**

1. Расчет энтальпий образования воды и диоксида углерода – **по 1 баллу (всего – 2 балла).**
2. Уравнения реакций горения – **по 1 баллу (всего – 3 балла).**  
Расчет мольных теплот сгорания – **по 1 баллу (всего – 3 балла).**
3. Расчет энтальпий образования органических соединений – **по 2 балла (всего – 6 баллов).** Если допущена ошибка в знаке – **по 1 баллу.**
4. Расчет ступенчатых теплот гидрирования **по 2 балла (всего – 4 балла).** Если допущена ошибка в знаке – **по 1 баллу.**  
Обоснованное объяснение невозможности остановить реакцию на стадии альдегида – **2 балла.**

**Итого за задачу.....20 баллов**

### **Решение задачи № 5**

1. Химизм процесса синтеза перманганата калия.

*Реакция 1:* термическое разложение надпероксида калия



*Реакция 2:* выделившийся кислород реагирует с горючим (углеродом)



*Реакция 3:* взаимодействие надпероксида калия с диоксидом марганца



2. Расчет выхода перманганата калия.

Исходя из указанных в формуле изобретения массовых соотношений компонентов, можно утверждать, что данные в условии задачи массы диоксида марганца (50,10 г) и углерода (1,00 г) соответствуют массе реакционной смеси в 100 г. Тогда масса надпероксида калия составит:

$$m(\text{KO}_2) = (100,00 - 50,10 - 1,00) \text{ г} = 48,90 \text{ г}.$$

.....**2 балла**

Количества всех веществ в системе составит:

$$n(\text{KO}_2) = 48,90 \text{ г} / 71,10 \text{ г/моль} = 0,688 \text{ моль}$$

$$n(\text{MnO}_2) = 50,1 \text{ г} / 86,94 \text{ г/моль} = 0,576 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}) = 1,00 \text{ г} / 12,01 \text{ г/моль} = 0,083 \text{ моль}$$

.....2 балла

Для сгорания всего углерода потребуется, в соответствии с *реакцией 2*, 0,083 моль кислорода, что соответствует  $0,083 \times 2 / 1,5 = 0,111$  моль разложившегося надпероксида калия.

.....1 балл

Количество надпероксида калия, оставшегося в реакционной смеси после протекания реакции 1, равно  $(0,688 - 0,111)$  моль = 0,577 моль, что равно количеству диоксида марганца.

.....1 балл

В результате процесса горючее сгорает без твердого остатка, следовательно масса смеси после окончания реакции в соответствии с законом сохранения массы составит  $(100,00 - 0,083 \times 44,01) = 96,34$  г.

.....1 балл

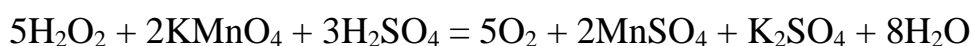
Масса перманганата калия в ней будет равна  $96,34 \text{ г} \times 0,84 = 80,92$  г, что соответствует  $80,92 \text{ г} / 158,04 \text{ г/моль} = 0,512$  моль вещества.

Таким образом выход перманганата калия составит  $0,512 / 0,576 = 0,89$  или 88,89%.

.....2 балла

3. Расчет массовой доли пероксида водорода.

Уравнение реакции, лежащей в основе количественного определения пероксида водорода:



.....2 балла

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O}_2) &= 5/2 \times n(\text{KMnO}_4) = 5/2 \times C_{\text{M}}(\text{KMnO}_4) \times V(\text{р-ра KMnO}_4) = \\ &= 5/2 \times 0,02000 \text{ моль/л} \times 5,33 \times 10^{-3} \text{ л} = 0,2665 \text{ ммоль} \end{aligned}$$

.....2 балла

Масса пероксида в анализируемом растворе составит:

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,2665 \times 10^{-3} \text{ моль} \times 34,02 \text{ г/моль} = 0,0091 \text{ г}$$

.....1 балл

Массовая доля в анализируемом растворе составит:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{0,0091 \text{ г}}{0,3020 \text{ г}} \times 100\% = 3,00\%$$

.....1 балл

Итого за задачу.....20 баллов