

Вариант 1

1.10 Приведите формулы двух соединений меди, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений. (6 баллов)

2.1. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{LiNO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 200 г 1.06%-ного водного раствора нитрита лития? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл. (6 баллов)

3.8. Предельный углеводород объемом 1008 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 540 г 1.9% раствора баритовой воды, при этом выпало 5.91 г осадка. Установите формулу углеводорода. (8 баллов)

4.6. Раствор, содержащий эквимольную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора сульфата магния. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 6.065 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций. (8 баллов)

5.5. Для синтеза аммиака смесь азота и водорода с плотностью по гелию 2.125 поместили в замкнутый реактор с ванадиевым катализатором при температуре 350°C и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 10% (при той же температуре). Вычислите степень превращения азота в аммиак и содержание аммиака в реакционной смеси в объемных процентах. (10 баллов)

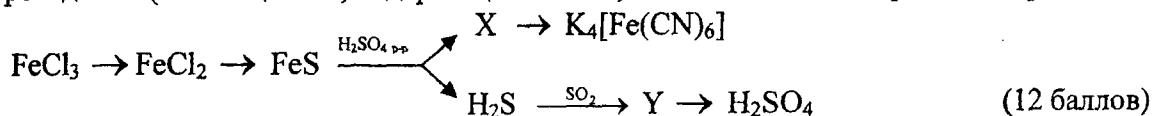
6.3. В сосуде объемом 8.0 л смешали при определенной температуре 0.25 моль вещества A_2 и 0.45 моль вещества B_2 . Через 25 минут в системе установилось равновесие $\text{A}_2(\text{г}) + \text{B}_2(\text{г}) = 2\text{AB}(\text{г})$. Средняя скорость расходования B_2 за этот период составила $1.0 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин). Рассчитайте константу равновесия и мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)? (10 баллов)

7.6. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов).

8.10. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее железо, Y – вещество, содержащее серу):



9.3. Неизвестный нуклеотид, массой 0.726 г, подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 24 мл раствора едкого кали с концентрацией 0.25 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через известковую воду, концентрированную серную кислоту и трубку с раскаленной медью. При этом выпало 2 г осадка, и остался непоглощенный газ объемом 0.129 л (измерено при нормальном давлении и 42°C). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций. (14 баллов)

10.6. Смесь оксида марганца (IV) и гидроксида цинка массой 9.3 г полностью растворили в концентрированной соляной кислоте, при этом выделилось 1.12 л газа (н.у.). К полученному раствору добавили избыток сульфида аммония. Образовавшийся осадок отфильтровали, высушили и сожгли в избытке кислорода. Рассчитайте массу твердых продуктов реакции сжигания. (14 баллов)

Вариант 2

1.12 Приведите формулы двух соединений хрома, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений. (6 баллов)

2.6. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 120 г 2.29%-ного водного раствора хлорида кадмия? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.02 г/мл. (6 баллов)

3.6. Углеводород ряда алкенов объемом 560 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 450 г 1.9% раствора баритовой воды, при этом выпало 4.925 г осадка. Установите формулу углеводорода. (8 баллов)

4.4. Раствор, содержащий эквимолярную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора сульфата магния. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 4.630 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций. (8 баллов)

5.8. Смесь пропилена и водорода с плотностью по этану 0.6 поместили в замкнутый реактор с платиновым катализатором при температуре 25°C и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 25% (при той же температуре). Вычислите степень превращения пропилена в пропан и содержание пропана в реакционной смеси в объемных процентах. (10 баллов)

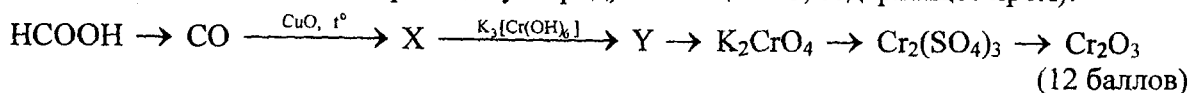
6.5. В сосуде объемом 5.0 л смешали при определенной температуре 0.3 моль вещества A_2 и 0.5 моль вещества B_2 . Через 20 минут в системе установилось равновесие $\text{A}_2(\text{г}) + \text{B}_2(\text{г}) = 2\text{AB}(\text{г})$, константа которого при данной температуре равна 4. Найдите мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Чему равна средняя скорость образования АВ от начального момента до установления равновесия? Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)? (10 баллов)

7.7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов).

8.6. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее углерод, Y – вещество, содержащее хром):



9.1. Неизвестный нуклеотид, массой 0.993 г, подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 360 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 0.025 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через концентрированную серную кислоту, раствор едкого натра и трубку с раскаленной медью. При этом масса раствора щелочи увеличилась на 1.32 г, и остался непоглощенный газ объемом 0.183 л (измерено при нормальном давлении и 24°C). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций. (14 баллов)

10.9. Смесь алюминия и цинка массой 5.3 г смешали с 9.6 г серы и нагрели без доступа воздуха. Образовавшуюся при этом твердую смесь обработали избытком воды. Оставшийся нерастворимым остаток отфильтровали и высушили. Масса этого остатка составила 15.2 г. Далее этот остаток был полностью растворен в концентрированной азотной кислоте. Рассчитайте объем выделившегося при этом бурого газа (н.у.). (14 баллов)

Вариант 3

1.5 Приведите формулы двух соединений кислорода, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений. (6 баллов)

2.12. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{CuBr}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 160 г 1.40%-ного водного раствора бромиды меди? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл. (6 баллов)

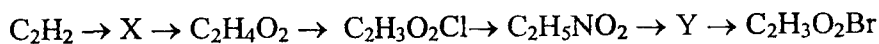
3.12. Углеводород ряда алкенов объемом 448 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 540 г 0.95% раствора баритовой воды, при этом выпало 3.94 г осадка. Установите формулу углеводорода. (8 баллов)

4.9. Раствор, содержащий эквимольную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора сульфата магния. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 7.580 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций. (8 баллов)

5.1. Для синтеза метанола смесь оксида углерода (II) и водорода с плотностью по азоту 0.35 поместили в замкнутый реактор с медно-цинковым катализатором при температуре 250°C и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 6% (при той же температуре). Вычислите степень превращения оксида углерода (II) в метанол и содержание метанола в реакционной смеси в объемных процентах. (10 баллов)

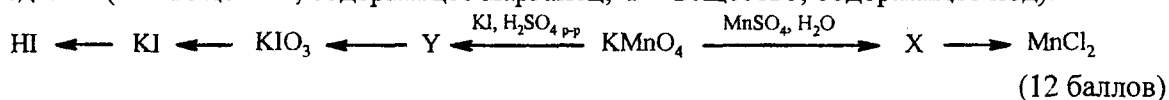
6.10. В сосуде объемом 12 л смешали при определенной температуре 0.9 моль вещества A_2 и 0.6 моль вещества B_2 . Через 15 минут в системе установилось равновесие $\text{A}_2(\text{г}) + \text{B}_2(\text{г}) = 2\text{AB}(\text{г})$. Средняя скорость расходования A_2 за этот период составила $2.5 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин). Рассчитайте константу равновесия и мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)? (10 баллов)

7.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов).

8.7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее марганец, Y – вещество, содержащее иод):



9.10. Неизвестный нуклеотид, массой 1.61 г, подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 75 мл раствора гидроксида бария с концентрацией 0.1 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через концентрированную серную кислоту, раствор едкого натра и трубку с раскаленной медью. При этом масса раствора щелочи увеличилась на 2.2 г, и остался непоглощенный газ объемом 0.124 л (измерено при нормальном давлении и 29°C). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций. (14 баллов)

10.4. К раствору смеси сульфатов цинка и марганца (II) добавили избыток сульфида аммония, при этом выпал осадок массой 7.36 г. Осадок отфильтровали и полностью растворили в соляной кислоте. Выделившийся газ пропустили через избыток концентрированной азотной кислоты, в результате этой реакции выделился бурый газ объемом 14.336 л (н.у.). Рассчитайте массу сульфатов в исходном растворе. (14 баллов)

Вариант 4

1.2 Приведите формулы двух соединений брома, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений. (6 баллов)

2.9. Сколько граммов кристаллогидрата $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ нужно взять для приготовления 180 г 1.40%-ного водного раствора хлорида марганца? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл. (6 баллов)

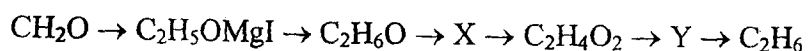
3.4. Предельный углеводород объемом 504 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 275 г 0.74% раствора известковой воды, при этом выпал 1 г осадка. Установите формулу углеводорода. (8 баллов)

4.11. Раствор, содержащий эквимольную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора нитрата бария. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 2.150 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций. (8 баллов)

5.2. Для синтеза метанола смесь оксида углерода (II) и водорода с плотностью по аммиаку 0.5 поместили в замкнутый реактор с медно-цинковым катализатором при температуре $250^\circ C$ и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 10% (при той же температуре). Вычислите степень превращения оксида углерода (II) в метанол и содержание метанола в реакционной смеси в объемных процентах. (10 баллов)

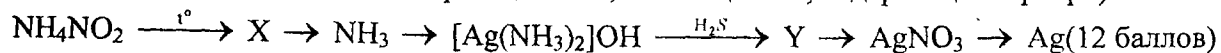
6.8. В сосуде объемом 15 л смешали при определенной температуре 0.8 моль вещества A_2 и 0.7 моль вещества B_2 . Через 30 минут в системе установилось равновесие $A_2(g) + B_2(g) = 2AB(g)$, константа которого при данной температуре равна 2.1. Найдите мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Чему равна средняя скорость образования AB от начального момента до установления равновесия? Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)? (10 баллов)

7.12. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов).

8.2. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее азот, Y – вещество, содержащее серебро):



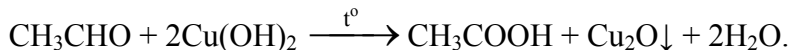
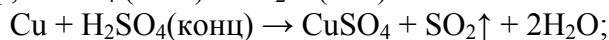
9.4. Неизвестный нуклеотид, массой 1.292 г, подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 60 мл раствора едкого натра с концентрацией 0.2 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через известковую воду, концентрированную серную кислоту и трубку с раскаленной медью. При этом выпало 3.6 г осадка, и остался непоглощенный газ объемом 0.15 л (измерено при нормальном давлении и $32^\circ C$). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций. (14 баллов)

10.3. Смесь оксидов цинка и железа(III) растворили в разбавленной серной кислоте. К полученному раствору добавили избыток сульфида аммония, при этом выпало 5.13 г осадка. Обработка этого осадка избытком соляной кислоты привела к выделению 1.12 л газа (н.у.). Рассчитайте массу исходной смеси оксидов. (14 баллов)

Вариант 1

1. Приведите формулы двух соединений меди, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений.

Решение. Например, CuSO_4 (Cu^{2+}) и Cu_2O (Cu^+).



2. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{LiNO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 200 г 1.06%-ного водного раствора нитрита лития? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл.

Решение. В 200 г 1.06%-ного раствора содержится нитрита лития

$$\nu(\text{LiNO}_2) = \frac{200 \cdot 0.0106}{53} = 0.04 \text{ моль.}$$

Поскольку $\nu(\text{LiNO}_2) = \nu(\text{LiNO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$, то для приготовления требуемого раствора необходимо было взять $m(\text{LiNO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0.04 \cdot 71 = 2.84$ г.

Молярная концентрация этого раствора

$$c(\text{LiNO}_2) = \frac{\nu}{V(\text{р-ра})},$$

$$V = m / \rho = 200 / 1.01 = 198 \text{ мл} = 0.198 \text{ л,}$$

$$c(\text{LiNO}_2) = 0.04 / 0.198 = 0.2 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 2.84 г; 0.2 моль/л.

3. Предельный углеводород объемом 1008 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 540 г 1.9%-ного раствора баритовой воды, при этом выпало 5.91 г осадка. Установите формулу углеводорода.

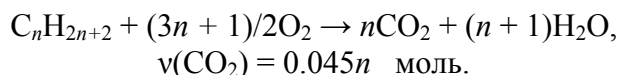
Решение. Найдем количества углеводорода и гидроксида бария:

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = V / V_m = \frac{1.008}{22.4} = 0.045 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \omega \cdot m(\text{р-ра}) / M = 0.019 \cdot 540 / 171 = 0.06 \text{ моль.}$$

Количество выпавшего осадка $\nu(\text{BaCO}_3) = m / M = 5.91 / 197 = 0.03$ моль.

Реакция сгорания:



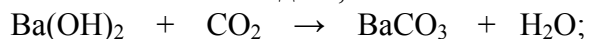
Если предположить, что количество образовавшегося при сжигании углекислого газа равно количеству выпавшего карбоната бария, т.е. $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{BaCO}_3)$, тогда

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \nu(\text{CO}_2) / n,$$

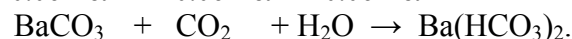
откуда $n = \nu(\text{CO}_2) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \nu(\text{BaCO}_3) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 0.03 / 0.045 = 0.667$.

Такого быть не может.

Поскольку количество гидроксида бария (0.06 моль) больше количества выпавшего карбоната бария (0.03 моль), можно предположить, что при пропускании углекислого газа через раствор осадок карбоната вначале выпадает, а затем частично растворяется.



$$0.06 \text{ моль} \quad 0.06 \text{ моль} \quad 0.06 \text{ моль}$$



$$x \text{ моль} \quad x \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$

$$x = 0.06 - 0.03 = 0.03 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 0.06 + 0.03 = 0.09 \text{ моль.}$$

Тогда

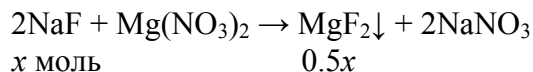
$$n = \nu(\text{CO}_2) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 0.09 / 0.045 = 2.$$

Формула углеводорода C_2H_6 – это этан.

Ответ: этан C_2H_6 .

4. Раствор, содержащий эквимолярную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора сульфата магния. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 6.065 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций.

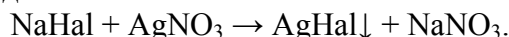
Решение. Из галогенидов магния только MgF_2 не растворяется в воде, поэтому одна из солей – это фторид натрия NaF :



x моль $0.5x$

$$m(MgF_2) = 62 \cdot 0.5x = 31x.$$

Второй галогенид $NaHal$ (атомная масса неизвестного галогена – M) реагирует с нитратом серебра, давая осадок:



x моль x моль

По условию, $6.065 \cdot 31x = (108 + M)x.$

Получаем $M \approx 80$, значит, галоген – это бром. Искомые галогениды: NaF и $NaBr$.

Ответ: NaF и $NaBr$.

5. Для синтеза аммиака смесь азота и водорода с плотностью по гелию 2.125 поместили в замкнутый реактор с ванадиевым катализатором при температуре $350^\circ C$ и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 10% (при той же температуре). Вычислите степень превращения азота в аммиак и содержание аммиака в реакционной смеси в объемных процентах.

Решение. Плотность газовой смеси по гелию равна 2.125, значит

$$M_{cp} = 2.125 \cdot 4 = 8.5 \text{ г/моль.}$$

Пусть был 1 моль газовой смеси, после реакции стало на 10% меньше, т.е. 0.9 моль.

Пусть начальное количество N_2 равнялось x моль, тогда количество H_2 составляло $(1 - x)$ моль.

$$8.5 = 28x + 2(1 - x),$$

отсюда $x = 0.25$, $\nu(N_2) = 0.25$ моль, $\nu(H_2) = 0.75$ моль.

| | | | | | |
|----------------|--------------|---|--|----------------------|---------|
| | N_2 | + | $3H_2$ | \rightleftharpoons | $2NH_3$ |
| Было | 0.25 моль | | 0.75 моль | | 0 |
| Прореагировало | a | | $3a$ | | |
| В равновесии | $(0.25 - a)$ | | $(0.75 - 3a)$ | | $2a$ |
| | | | $0.9 = (0.25 - a) + (0.75 - 3a) + 2a,$ | | |
| | | | $a = 0.05.$ | | |

В равновесной смеси содержится 0.2 моль N_2 , 0.6 моль H_2 и 0.1 моль NH_3 .

Степень превращения азота в аммиак

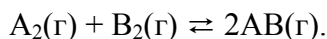
$$\eta = 0.05 / 0.25 = 0.2 \text{ (или 20%).}$$

Содержание аммиака в смеси

$$\varphi(NH_3) = 0.1 / 0.9 = 0.111 \text{ (или 11.1%).}$$

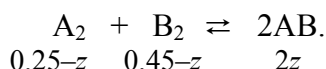
Ответ: $\eta = 20\%$; 11.1% NH_3 .

6. В сосуде объемом 8.0 л смешали при определенной температуре 0.25 моль вещества A_2 и 0.45 моль вещества B_2 . Через 25 минут в системе установилось равновесие



Средняя скорость расходования B_2 за этот период составила $1.0 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин). Рассчитайте константу равновесия и мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)?

Решение. Пусть к моменту достижения равновесия прореагировало по z моль веществ A_2 и B_2 :



Скорость расходования вещества B_2 за промежуток времени 25 минут:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{V \cdot \Delta t} = \frac{z}{8 \cdot 25} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л} \cdot \text{мин)},$$

откуда $z = 0.2$ моль.

Рассчитаем константу равновесия:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{v(AB)^2}{v(A_2) \cdot v(B_2)} = \frac{(2z)^2}{(0.25-z)(0.45-z)} = \frac{0.16}{0.05 \cdot 0.25} = 12.8.$$

Мольные (объемные) доли всех веществ в равновесной смеси:

$$\varphi(A_2) = 0.05 / 0.7 = 0.071 \text{ (или 7.1\%)},$$

$$\varphi(B_2) = 0.25 / 0.7 = 0.357 \text{ (или 35.7\%)},$$

$$\varphi(AB) = 0.4 / 0.7 = 0.572 \text{ (или 57.2\%)}.$$

Запишем и рассчитаем отношение скоростей реакции в самом начале и при достижении равновесия:

$$\frac{v_{\text{нач}}}{v_{\text{равн}}} = \frac{k \cdot c(A_2)_{\text{нач}} \cdot c(B_2)_{\text{нач}}}{k \cdot c(A_2)_{\text{равн}} \cdot c(B_2)_{\text{равн}}} = \frac{0.25 \cdot 0.45}{0.05 \cdot 0.25} = 9.$$

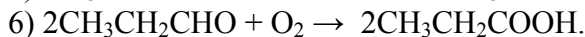
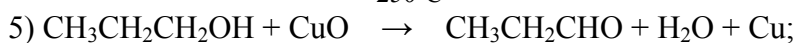
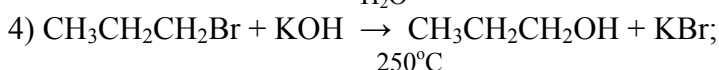
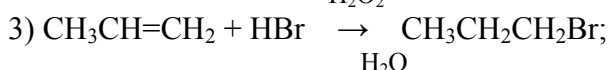
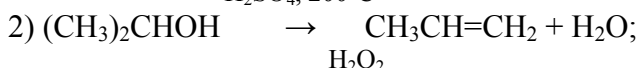
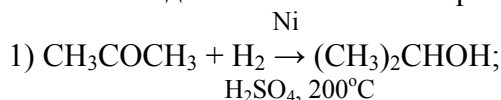
Ответ: 7.1% A_2 , 35.7% B_2 , 57.2% AB . $K = 12.8$. Скорость уменьшилась в 9 раз.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



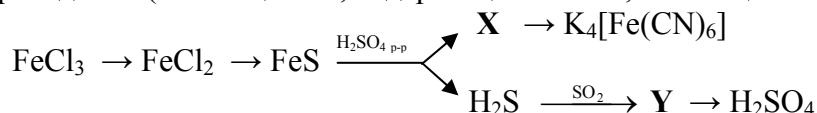
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение. Один из возможных вариантов:

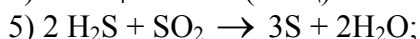
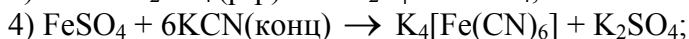
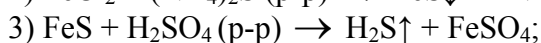
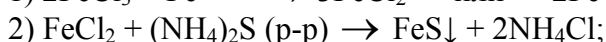
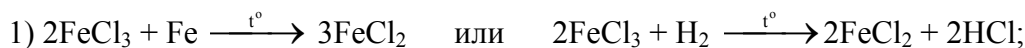


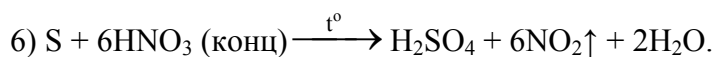
Ответ: X – $(CH_3)_2CHOH$; Y – CH_3CH_2CHO .

8. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее железо, Y – вещество, содержащее серу):



Решение.

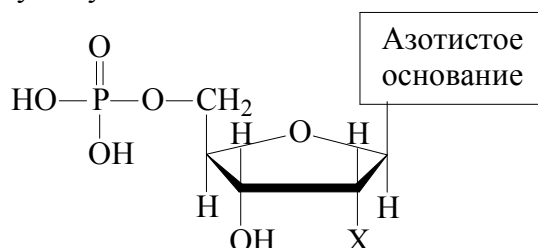




Ответ: X – FeSO₄, Y – S.

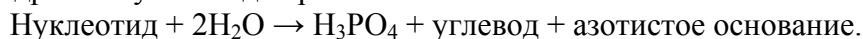
9. Неизвестный нуклеотид массой 0,726 г подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 24 мл раствора едкого кали с концентрацией 0.25 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через известковую воду, концентрированную серную кислоту и трубку с раскаленной медью. При этом выпало 2 г осадка и остался непоглощенный газ объемом 0.129 л (измерено при нормальном давлении и 42°C). Определите возможную формулу нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций.

Решение. Общая формула нуклеотидов:

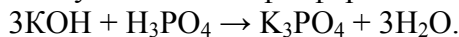


где X – это OH для рибонуклеотидов, построенных на основе рибозы, и H для дезоксирибонуклеотидов, построенных на основе дезоксирибозы.

Полный гидролиз нуклеотида протекает по схеме:



В реакцию нейтрализации вступает только фосфорная кислота:



$$v(KOH) = 0.024 \cdot 0.25 = 0.006 \text{ моль};$$

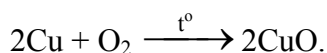
$$v(H_3PO_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.002 \text{ моль}.$$

При сжигании органической смеси образуется смесь CO₂, H₂O и N₂. В сосуде с известковой водой выпадает карбонат кальция:



откуда $v(CaCO_3) = v(CO_2) = 2 / 100 = 0.02 \text{ моль} = v(C)$.

Концентрированная серная кислота поглощает пары воды, раскаленная медь связывает избыток кислорода:



Непоглощенный газ – это N₂:

$$v(N_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.129}{8.31 \cdot 315} = 0.005 \text{ моль},$$

$$v(N) = 0.01 \text{ моль}.$$

На один атом азота таким образом приходится 2 атома углерода:

$$v(C) / v(N) = 0.02 / 0.01 = 2,$$

такое соотношение возможно только для нуклеотида, содержащего либо аденин C₅H₅N₅, либо гуанин C₅H₅N₅O. Поскольку

$$v(H_3PO_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.002 \text{ моль},$$

то

$$M(\text{нуклеотида}) = 0.726 / 0.002 = 363 \text{ г/моль}.$$

Тогда на остаток углевода в нуклеотиде приходится $363 - 97 - 134 = 132 \text{ г/моль}$ (при условии того, что основание – аденин) и молярная масса углевода составляет

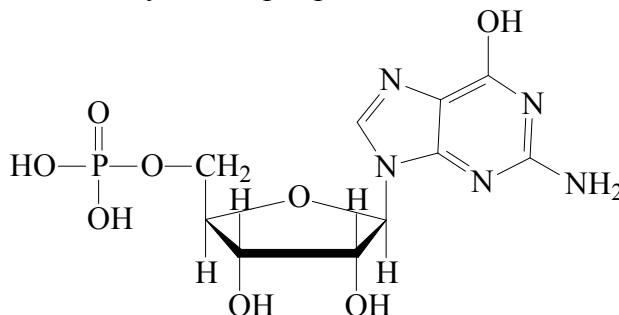
$$132 + 17 \cdot 2 = 166 \text{ г/моль},$$

что не соответствует ни молярной массе рибозы (150 г/моль), ни дезоксирибозы (134 г/моль).

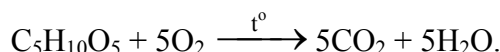
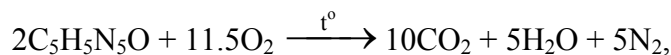
Если же азотистым основанием является гуанин, то молярная масса углевода составляет

$$M = 363 - 97 - 150 + 17 \cdot 2 = 150 \text{ г/моль} - \text{это рибоза.}$$

Итак, искомый нуклеотид – гуанозинфосфат:



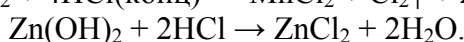
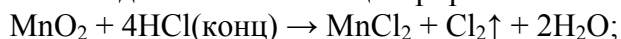
Реакции сгорания азотистого основания и углевода:



Ответ: гуанозинфосфат.

10. Смесь оксида марганца (IV) и гидроксида цинка массой 9.3 г полностью растворили в концентрированной соляной кислоте, при этом выделилось 1.12 л газа (н.у.). К полученному раствору добавили избыток сульфида аммония. Образовавшийся осадок отфильтровали, высушили и сожгли в избытке кислорода. Рассчитайте массу твёрдых продуктов реакции сжигания.

Решение. Растворение исходной смеси в концентрированной соляной кислоте:



Выделившийся газ – это хлор,

$$v(Cl_2) = V(Cl_2) / V_m = 1.12 / 22.4 = 0.05 \text{ моль,}$$

тогда

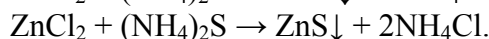
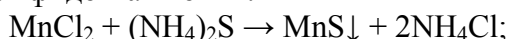
$$v(MnO_2) = v(Cl_2) = 0.05 \text{ моль,}$$

$$m(MnO_2) = 0.05 \cdot 87 = 4.35 \text{ г,}$$

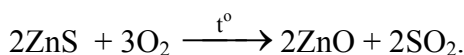
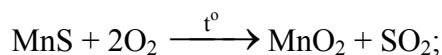
$$m(Zn(OH)_2) = 9.3 - m(MnO_2) = 9.3 - 4.35 = 4.95 \text{ г,}$$

$$v(Zn(OH)_2) = m(Zn(OH)_2) / M(Zn(OH)_2) = 4.95 / 99 = 0.05 \text{ моль.}$$

Реакции хлоридов с сульфидом аммония:



Сжигание осадка:



$$m(ZnO) = v(ZnO) \cdot M(ZnO) = v(Zn(OH)_2) \cdot M(ZnO) = 0.05 \cdot 81 = 4.05 \text{ г,}$$

$$m(MnO_2) = v(MnO_2) \cdot M(MnO_2) = 0.05 \cdot 87 = 4.35 \text{ г.}$$

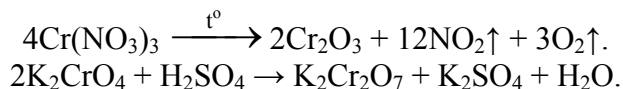
$$m(\text{общ}) = 4.05 + 4.35 = 8.4 \text{ г.}$$

Ответ: 8.4 г.

Вариант 2

1. Приведите формулы двух соединений хрома, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений.

Решение. Например, Cr_2O_3 (Cr^{+3}) и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Cr^{+6}).



2. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 120 г 2.29%-ного водного раствора хлорида кадмия? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.02 г/мл.

Решение. В 120 г 2.29%-ного раствора содержится хлорида кадмия

$$v(\text{CdCl}_2) = \frac{120 \cdot 0.0229}{183} = 0.015 \text{ моль}.$$

Поскольку $v(\text{CdCl}_2) = v(\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, то для приготовления требуемого раствора необходимо было взять $m(\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0.015 \cdot 219 = 3.285$ г.

Молярная концентрация этого раствора

$$c(\text{CdCl}_2) = \frac{v}{V(p - p_a)},$$

$$V = m / \rho = 120 / 1.02 = 117.6 \text{ мл} = 0.1176 \text{ л},$$

$$c(\text{CdCl}_2) = 0.015 / 0.1176 = 0.128 \text{ моль/л}.$$

Ответ: 3.2854 г; 0.128 моль/л.

3. Углеводород ряда алкенов объемом 560 мл (н.у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 450 г 1.9%-ного раствора баритовой воды, при этом выпало 4.925 г осадка. Установите формулу углеводорода.

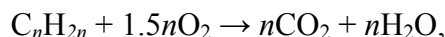
Решение. Найдем количества углеводорода и гидроксида бария:

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = V / V_m = 0.560 / 22.4 = 0.025 \text{ моль},$$

$$v(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \omega \cdot m(p - p_a) / M = 0.019 \cdot 450 / 171 = 0.05 \text{ моль}.$$

Количество выпавшего осадка: $v(\text{BaCO}_3) = m / M = 4.925 / 197 = 0.025$ моль.

Реакция сгорания:



$$v(\text{CO}_2) = 0.025n \text{ моль}.$$

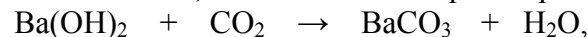
Если предположить, что количество углекислого газа равно количеству выпавшего карбоната бария, т. е. $v(\text{CO}_2) = v(\text{BaCO}_3)$, тогда

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{CO}_2) / n,$$

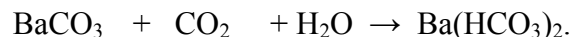
$$n = v(\text{CO}_2) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{BaCO}_3) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.025 / 0.025 = 1.$$

Такого алкена не существует.

Поскольку количество гидроксида бария (0.05 моль) больше количества выпавшего карбоната бария (0.025 моль), можно предположить, что при пропускании углекислого газа через раствор осадок вначале выпадает, а затем частично растворяется.



$$0.05 \text{ моль} \quad 0.05 \text{ моль} \quad 0.05 \text{ моль}$$



$$x \text{ моль} \quad x \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$

$$x = 0.05 - 0.025 = 0.025 \text{ моль},$$

$$v(\text{CO}_2) = 0.05 + 0.025 = 0.075 \text{ моль}.$$

Тогда

$$n = v(\text{CO}_2) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.075 / 0.025 = 3.$$

Формула углеводорода C_3H_6 – это пропен.

Ответ: пропен C_3H_6 .

$$K = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{v(AB)^2}{v(A_2)v(B_2)} = \frac{(2x)^2}{(0.3-x)(0.5-x)} = 4,$$

решение полученного линейного уравнения дает $x = 0.19$. Мольные доли участников реакции:

$$\varphi(A_2) = (0.3 - 0.19) / 0.8 = 0.14 \text{ (или 14\%);}$$

$$\varphi(B_2) = (0.5 - 0.19) / 0.8 = 0.39 \text{ (или 39\%);}$$

$$\varphi(AB) = 1 - 0.14 - 0.39 = 0.47 \text{ (или 47\%).}$$

Средняя скорость образования продукта АВ:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{V \cdot \Delta t} = \frac{0.19 \cdot 2}{5 \cdot 20} = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л·мин).}$$

Отношение скоростей:

$$\frac{v_{\text{нач}}}{v_{\text{равн}}} = \frac{k \cdot c(A_2)_{\text{нач}} \cdot c(B_2)_{\text{нач}}}{k \cdot c(A_2)_{\text{равн}} \cdot c(B_2)_{\text{равн}}} = \frac{0.3 \cdot 0.5}{0.11 \cdot 0.31} = 4.4.$$

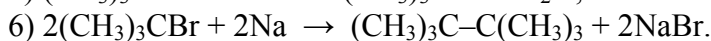
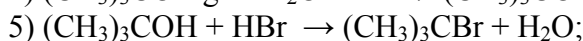
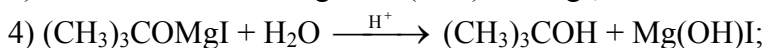
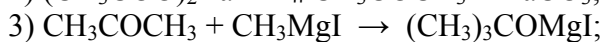
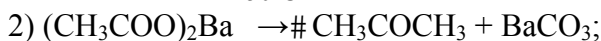
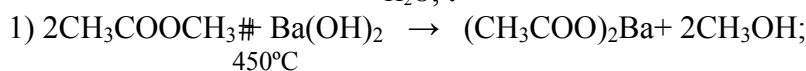
Ответ: 14% A_2 , 39% B_2 , 47% АВ; $3.8 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин); скорость уменьшилась в 4.4 раза.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



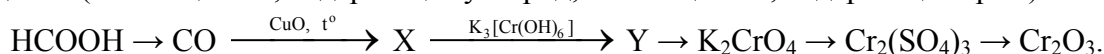
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение. Один из возможных вариантов:

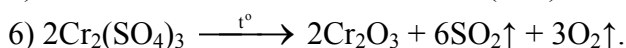
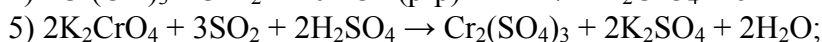
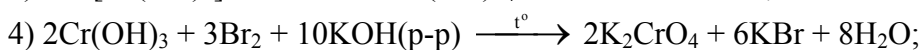
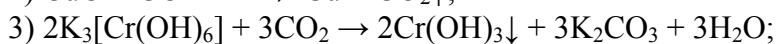
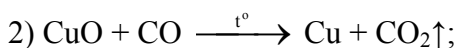
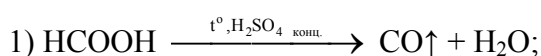


Ответ: X – $(CH_3COO)_2Ba$; Y – $(CH_3)_3CBr$.

8. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее углерод, Y – вещество, содержащее хром):



Решение.

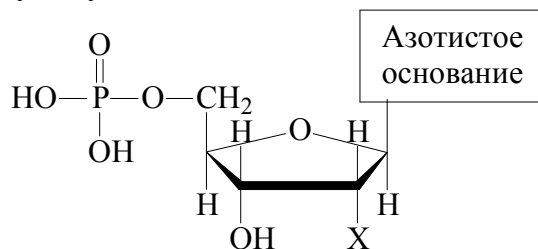


Ответ: X – CO_2 , Y – $Cr(OH)_3$.

9. Неизвестный нуклеотид массой 0.993 г подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 360 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 0.025 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через концентрированную серную кислоту, раствор едкого натра и трубку с раскаленной медью. При этом масса раствора щелочи увеличилась на 1.32 г и остался непоглощенный газ

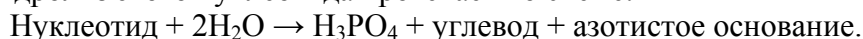
объёмом 0.183 л (измерено при нормальном давлении и 24°C). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций.

Решение. Общая формула нуклеотида:

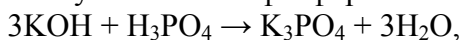


где **X** – OH для рибонуклеотидов, построенных на основе рибозы, и H для дезоксирибонуклеотидов, построенных на основе дезоксирибозы.

Полный гидролиз этого нуклеотида протекает по схеме:



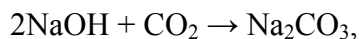
В реакцию нейтрализации вступает только фосфорная кислота:



$$v(\text{KOH}) = 0.36 \cdot 0.025 = 0.009 \text{ моль},$$

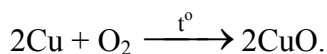
$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.003 \text{ моль}.$$

При сжигании органических продуктов гидролиза выделилась смесь CO_2 , H_2O и N_2 , раствор щелочи поглощает углекислый газ:



откуда $v(\text{CO}_2) = m / M = 1.32 / 44 = 0.03 \text{ моль} = v(\text{C})$.

Концентрированная серная кислота поглощает пары воды, раскаленная медь связывает избыток кислорода:



Непоглощённый газ – это N_2 :

$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.183}{8.31 \cdot 297} = 0.0075 \text{ моль},$$

$$v(\text{N}) = 0.015 \text{ моль}.$$

На один атом азота, таким образом, приходится 2 атома углерода:

$$v(\text{C}) / v(\text{N}) = 0.03 / 0.015 = 2,$$

такое соотношение возможно только для нуклеотида либо с аденином ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$), либо с гуанином ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$).

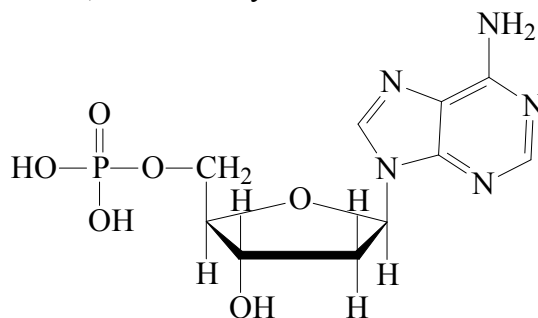
Поскольку $v(\text{H}_3\text{PO}_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.003 \text{ моль}$, то

$$M(\text{нуклеотида}) = 0.339 / 0.003 = 331 \text{ г/моль}.$$

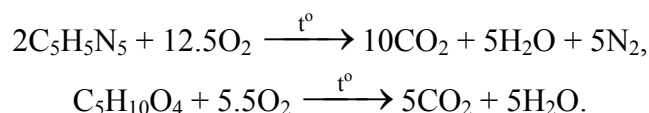
Тогда на остаток углевода в нуклеотиде приходится $(331 - 97 - 134) = 100 \text{ г/моль}$ (при условии того, что основание – аденин) и молярная масса углевода составляет

$$M = 100 + 17 \cdot 2 = 134 \text{ г/моль},$$

это дезоксирибоза $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$. Итак, искомый нуклеотид – дезоксиаденозинфосфат:



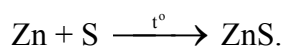
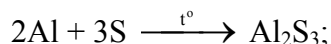
Реакции сгорания азотистого основания и углевода:



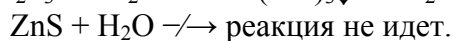
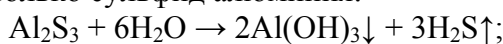
Ответ: дезоксиаденозинфосфат.

10. Смесь алюминия и цинка массой 5.3 г смешали с 9.6 г серы и нагрели без доступа воздуха. Образовавшуюся при этом твердую смесь обработали избытком воды. Оставшийся нерастворимым остаток отфильтровали и высушили. Масса этого остатка составила 15.2 г. Далее этот остаток был полностью растворен в концентрированной азотной кислоте. Рассчитайте объём выделившегося при этом бурого газа (н. у.).

Решение. Реакции металлов с серой:



В воде гидролизуется только сульфид алюминия:



Исходное количество серы равно

$$v(S) = m / M = 9.6 / 32 = 0.3 \text{ моль.}$$

Можно легко убедиться, что сера дана в избытке. Действительно, если смесь металлов состояла бы практически из одного алюминия (более легкий металл, к тому же требующий бóльшего количества серы для образования сульфида), то количество алюминия равнялось бы $5.3 / 27 = 0.196$ моль. Серы на это количество алюминия потребуется в полтора раза больше, т.е. 0.294 моль.

Делаем вывод, что после реакции с металлами остается избыток серы, при обработке водой он не растворяется. Выразим массу осадка, полученного после реакции сульфидов с водой, обозначив за x моль количество алюминия, за y моль – количество цинка:

$$m = m(ZnS) + m(Al(OH)_3) + m(S_{изб.}) = y \cdot M(ZnS) + x \cdot M(Al(OH)_3) + (0.3 - 1.5x - y) \cdot M(S) =$$

$$= 97y + 78x + 9.6 - 32y - 48x = 9.6 + 65y + 30x = 15.2.$$

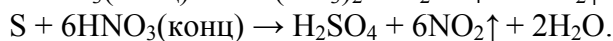
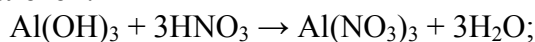
Решим систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 27x + 65y = 5.3; \\ 30x + 65y = 5.6. \end{cases}$$

Находим, что $x = 0.1$ моль, $y = 0.04$ моль.

Количество оставшейся серы: $v(S_{изб.}) = 0.3 - 0.15 - 0.04 = 0.11$ моль.

Реакции с азотной кислотой:



Бурый газ – оксид азота (IV), его объём составляет:

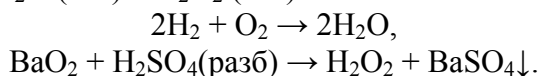
$$V(NO_2) = v(NO_2) \cdot V_m = (8 \cdot 0.04 + 6 \cdot 0.11) \cdot 22.4 = 21.952 \text{ л.}$$

Ответ: 21.952 л.

Вариант 3

1. Приведите формулы двух соединений кислорода, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений.

Решение. Например, H_2O (O^{2-}) и H_2O_2 (O^{1-}).



2. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{CuBr}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 160 г 1.40%-ного водного раствора бромида меди? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл.

Решение. В 160 г 1.40%-ного раствора содержится бромида меди

$$v(\text{CuBr}_2) = \frac{160 \cdot 0.014}{224} = 0.01 \text{ моль.}$$

Поскольку $v(\text{CuBr}_2) = v(\text{CuBr}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$, то для приготовления требуемого раствора необходимо было взять $m(\text{CuBr}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0.01 \cdot 242 = 2.42 \text{ г.}$

Молярная концентрация этого раствора

$$c(\text{CuBr}_2) = \frac{v}{V(\text{p-ра})},$$

$$V = m / \rho = 160 / 1.01 = 1584 \text{ мл} = 0.1584 \text{ л,}$$

$$c(\text{CuBr}_2) = 0.01 / 0.1584 = 0.063 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 2.42 г; 0.063 моль/л.

3. Углеводород ряда алкенов объемом 448 мл (н. у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 540 г 0.95%-ного раствора баритовой воды, при этом выпало 3.94 г осадка. Установите формулу углеводорода.

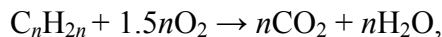
Решение. Найдем количества углеводорода и гидроксида бария:

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = V/V_m = 0.448 / 22.4 = 0.02 \text{ моль.}$$

$$v(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \omega \cdot m(\text{p-ра}) / M = 0.0095 \cdot 540 / 171 = 0.03 \text{ моль.}$$

Количество выпавшего осадка: $v(\text{BaCO}_3) = m / M = 3.94 / 197 = 0.02 \text{ моль.}$

Реакция сгорания:



$$v(\text{CO}_2) = 0.02 n \text{ моль.}$$

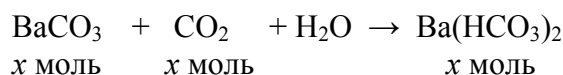
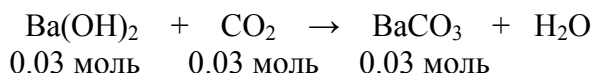
Если предположить, что количество углекислого газа равно количеству выпавшего карбоната бария, т. е. $v(\text{CO}_2) = v(\text{BaCO}_3)$, тогда

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{CO}_2) / n,$$

$$n = v(\text{CO}_2) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{BaCO}_3) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.02 / 0.02 = 1.$$

Такого алкена не существует.

Поскольку количество гидроксида бария (0.03 моль) больше количества выпавшего карбоната бария (0.02 моль), можно предположить, что при пропускании углекислого газа через раствор осадок вначале выпадает, а затем частично растворяется.



$$x = 0.03 - 0.02 = 0.01 \text{ моль}$$

$$v(\text{CO}_2) = 0.03 + 0.01 = 0.04 \text{ моль.}$$

Тогда

$$n = v(\text{CO}_2) / v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.04 / 0.02 = 2.$$

Формула углеводорода C_2H_4 – это этилен.

Ответ: этилен C_2H_4 .

Скорость расходования вещества A_2 за промежуток времени 15 минут:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{V \cdot \Delta t} = \frac{z}{12 \cdot 15} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л·мин)},$$

откуда $z = 0.45$ моль.

Рассчитаем константу равновесия:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{v(AB)^2}{v(A_2) \cdot v(B_2)} = \frac{(2z)^2}{(0.9-z)(0.6-z)} = \frac{0.81}{0.45 \cdot 0.15} = 12.$$

Мольные (объемные) доли всех веществ в равновесной смеси:

$$\varphi(A_2) = 0.45 / 1.5 = 0.3 \text{ (или 30\%)},$$

$$\varphi(B_2) = 0.15 / 1.5 = 0.1 \text{ (или 10\%)},$$

$$\varphi(AB) = 0.9 / 1.5 = 0.6 \text{ (или 60\%)}.$$

Запишем и рассчитаем отношение скоростей реакции в самом начале и при достижении равновесия:

$$\frac{v_{\text{нач}}}{v_{\text{равн}}} = \frac{k \cdot c(A_2)_{\text{нач}} \cdot c(B_2)_{\text{нач}}}{k \cdot c(A_2)_{\text{равн}} \cdot c(B_2)_{\text{равн}}} = \frac{0.9 \cdot 0.6}{0.45 \cdot 0.15} = 8.$$

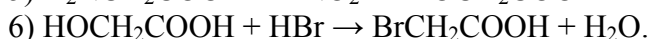
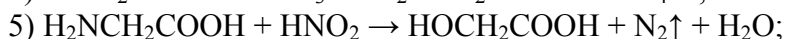
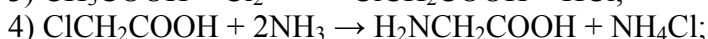
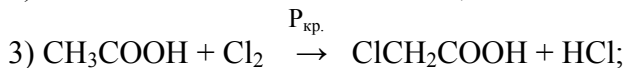
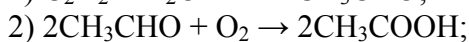
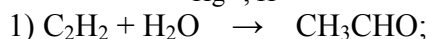
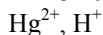
Ответ: 30% A_2 , 10% B_2 , 60% AB . $K = 12$. Скорость уменьшается в 8 раз.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



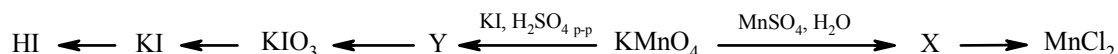
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение. Один из вариантов решения:

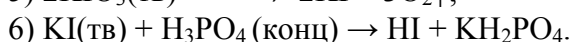
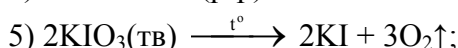
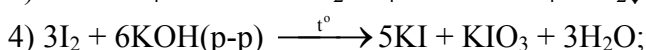
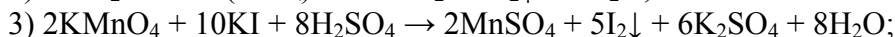
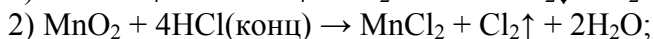
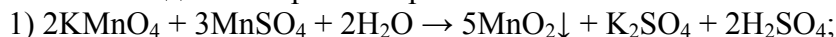


Ответ: $X - CH_3CHO$, $Y - HOCH_2COOH$.

8. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее марганец, Y – вещество, содержащее иод):



Решение. Один из вариантов решения:

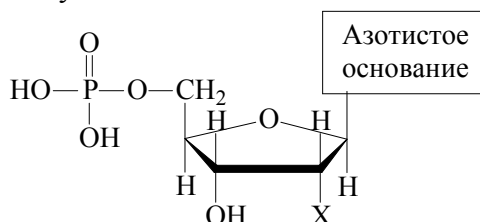


Ответ: $X - MnO_2$, $Y - I_2$.

9. Неизвестный нуклеотид массой 1.61 г подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 75 мл раствора гидроксида бария с концентрацией 0.1 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через раствор едкого натра, концентрированную серную кислоту и трубку с раскаленной медью. При этом масса

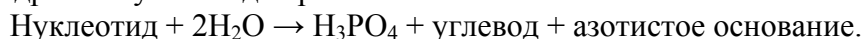
первого раствора увеличилась на 2.2 г и остался непоглощённый газ объёмом 0.124 л (измерено при нормальном давлении и 29°C). Определите возможную формулу нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций.

Решение. Общая формула нуклеотида:

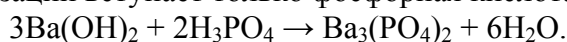


где X – OH для рибонуклеотидов, построенных на основе рибозы, и H для дезоксирибонуклеотидов, построенных на основе дезоксирибозы.

Полный гидролиз нуклеотида протекает по схеме:



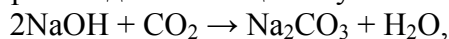
В реакцию нейтрализации вступает только фосфорная кислота:



$$v(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.075 \cdot 0.1 = 0.0075 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.005 \text{ моль.}$$

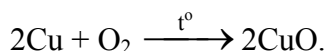
При сжигании органических продуктов гидролиза выделилась смесь CO₂, H₂O и N₂. В сосуде с гидроксидом натрия происходит поглощение углекислого газа:



откуда

$$v(\text{CO}_2) = 2.2 / 44 = 0.05 \text{ моль} = v(\text{C}).$$

Концентрированная серная кислота поглощает пары воды, раскаленная медь связывает избыток кислорода:



Непоглощённый газ – это N₂:

$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.124}{8.31 \cdot 302} = 0.005 \text{ моль,}$$

$$v(\text{N}) = 0.01 \text{ моль.}$$

На один атом азота в углеводе (это пентоза) и азотистом основании в целом приходится 5 атомов углерода:

$$v(\text{C}) / v(\text{N}) = 0.05 / 0.01 = 5,$$

такое соотношение возможно только для нуклеотида с тиминном (C₅H₆N₂O₂).

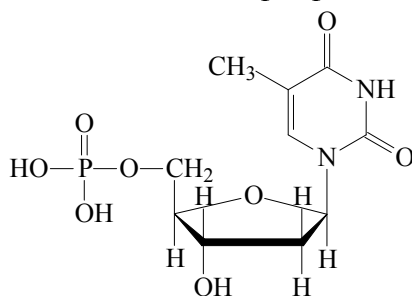
Поскольку v(H₃PO₄) = v(нуклеотида) = 0.005 моль, то

$$M(\text{нуклеотида}) = 1.61 / 0.05 = 322 \text{ г/моль.}$$

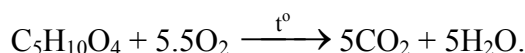
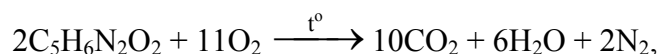
Как известно, тимин входит в состав только дезоксирибонуклеотидов, что можно подтвердить расчётом

$$M(\text{нуклеотида}) = 97 + 134 - 17 \cdot 2 + 125 = 322 \text{ г/моль.}$$

Итак, искомый нуклеотид – дезокситимидинфосфат:



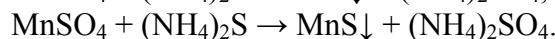
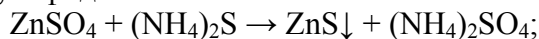
Реакции сгорания азотистого основания и углевода:



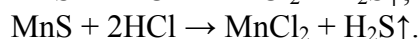
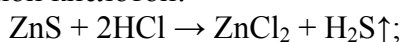
Ответ: дезокситимидинфосфат.

10. К раствору смеси сульфатов цинка и марганца (II) добавили избыток сульфида аммония, при этом выпал осадок массой 7.36 г. Осадок отфильтровали и полностью растворили в соляной кислоте. Выделившийся газ пропустили через избыток концентрированной азотной кислоты, в результате этой реакции выделился бурый газ объёмом 14.336 л (н. у.). Рассчитайте массу сульфатов в исходном растворе.

Решение. Реакции с сульфидом аммония:



Реакции сульфидов с соляной кислотой:



Выделившийся газ – сероводород – реагирует с концентрированной азотной кислотой:



Рассчитаем количество бурого газа – NO_2 :

$$v(\text{NO}_2) = V(\text{NO}_2) / V_m = 14.336 / 22.4 = 0.64 \text{ моль.}$$

$$v(\text{H}_2\text{S}) = v(\text{NO}_2) / 8 = 0.64 / 8 = 0.08 \text{ моль.}$$

Обозначим за x моль количество сульфата цинка, за y моль – количество сульфата марганца. Тогда количество сероводорода можно выразить следующим образом:

$$v(\text{H}_2\text{S}) = v(\text{ZnS}) + v(\text{MnS}) = v(\text{ZnSO}_4) + v(\text{MnSO}_4) = x + y = 0.08 \text{ моль.}$$

Масса сульфидов:

$$\begin{aligned} m(\text{MS}) &= m(\text{ZnS}) + m(\text{MnS}) = v(\text{ZnS}) \cdot M(\text{ZnS}) + v(\text{MnS}) \cdot M(\text{MnS}) = \\ &= x \cdot M(\text{ZnS}) + y \cdot M(\text{MnS}) = x \cdot 97 + y \cdot 87 = 7.36 \text{ г.} \end{aligned}$$

Составим и решим систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + y = 0.08; \\ 97x + 87y = 7.36. \end{cases}$$

Находим решение $x = 0.04$ моль, $y = 0.04$ моль.

Масса сульфатов:

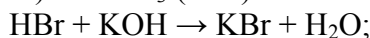
$$m = m(\text{ZnSO}_4) + m(\text{MnSO}_4) = 0.04 \cdot 161 + 0.04 \cdot 151 = 12.48 \text{ г.}$$

Ответ: 12.48 г.

Вариант 4

1. Приведите формулы двух соединений брома, в которых этот элемент имеет разные степени окисления. Напишите уравнения реакций получения каждого из приведенных вами соединений.

Решение. Например, KBr (Br^{-1}) и KBrO_3 (Br^{+5}).



2. Сколько граммов кристаллогидрата $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 180 г 1.40%-ного водного раствора хлорида марганца? Определите молярную концентрацию этого раствора, если плотность его равна 1.01 г/мл.

Решение. В 180 г 1.40%-ного раствора содержится хлорида марганца

$$\nu(\text{MnCl}_2) = \frac{180 \cdot 0.014}{126} = 0.02 \text{ моль}.$$

Поскольку $\nu(\text{MnCl}_2) = \nu(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$, то для приготовления требуемого раствора необходимо было взять $m(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 0.025 \cdot 198 = 3.96$ г.

Молярная концентрация этого раствора

$$c(\text{MnCl}_2) = \frac{\nu}{V(\text{p-ра})},$$

$$V = m / \rho = 180 / 1.01 = 178 \text{ мл} = 0.178 \text{ л},$$

$$c(\text{MnCl}_2) = 0.02 / 0.178 = 0.11 \text{ моль/л}.$$

Ответ: 3.96 г; 0.11 моль/л.

3. Предельный углеводород объемом 504 мл (н. у.) сожгли. Продукты сгорания пропустили через 275 г 0.74%-ного раствора известковой воды, при этом выпал 1 г осадка. Установите формулу углеводорода.

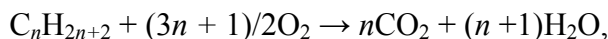
Решение. Найдем количества углеводорода и гидроксида кальция:

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = V / V_m = 0.504 / 22.4 = 0.0225 \text{ моль}.$$

$$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \omega \cdot m(\text{p-ра}) / M = 0.0074 \cdot 275 / 74 = 0.0275 \text{ моль}.$$

Количество выпавшего осадка $\nu(\text{CaCO}_3) = m / M = 1 / 100 = 0.01$ моль.

Реакция сгорания:



$$\nu(\text{CO}_2) = 0.0225n \text{ моль}.$$

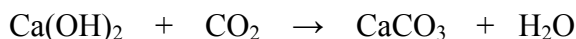
Если предположить, что количество углекислого газа равно количеству выпавшего карбоната кальция $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CaCO}_3)$, тогда

$$\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \nu(\text{CO}_2) / n,$$

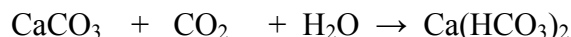
откуда $n = \nu(\text{CO}_2) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \nu(\text{CaCO}_3) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 0.01 / 0.0225 = 0.444$.

Такого быть не может.

Поскольку количество гидроксида кальция (0.0275 моль) больше количества выпавшего карбоната кальция (0.01 моль), можно предположить, что при пропускании углекислого газа через раствор осадок вначале выпадает, а затем частично растворяется.



$$0.0275 \text{ моль} \quad 0.0275 \text{ моль} \quad 0.0275 \text{ моль}$$



$$x \text{ моль} \quad x \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$

$$x = 0.0275 - 0.01 = 0.0175 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 0.0275 + 0.0175 = 0.045 \text{ моль}.$$

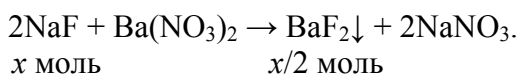
Тогда $n = \nu(\text{CO}_2) / \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 0.045 / 0.0225 = 2$.

Формула углеводорода C_2H_6 – это этан.

Ответ: этан C_2H_6 .

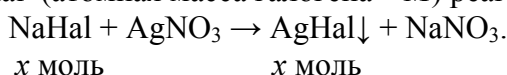
4. Раствор, содержащий эквимольярную смесь двух галогенидов натрия, разделили пополам. К первой части прибавили избыток раствора нитрата серебра, ко второй – избыток раствора нитрата бария. Масса осадка в первой реакции больше массы осадка во второй реакции в 2.150 раза. Установите формулы галогенидов. Напишите уравнения протекающих реакций.

Решение. Из галогенидов бария только BaF_2 не растворим в воде, значит, одна из солей – это NaF:



$$\begin{array}{ccc} x \text{ моль} & & x/2 \text{ моль} \\ m(BaF_2) = 175x / 2 = 87.5x. \end{array}$$

Второй галогенид NaHal (атомная масса галогена – M) реагирует с нитратом серебра:



$$\begin{array}{ccc} x \text{ моль} & & x \text{ моль} \end{array}$$

По условию $2.15 \cdot 87.5x = (108 + M)x$.

Получаем $M \approx 80$, значит, галоген – это бром. Искомые галогениды: NaF и NaBr.

Ответ: NaF и NaBr.

5. Для синтеза метанола смесь оксида углерода(II) и водорода с плотностью по аммиаку 0.5 поместили в замкнутый реактор с медно-цинковым катализатором при температуре $250^\circ C$ и повышенном давлении. Через некоторое время давление в реакторе уменьшилось на 10% (при той же температуре). Вычислите степень превращения оксида углерода(II) в метанол и содержание метанола в реакционной смеси в объемных процентах.

Решение. По условию, плотность газовой смеси по аммиаку равна 0.5, тогда

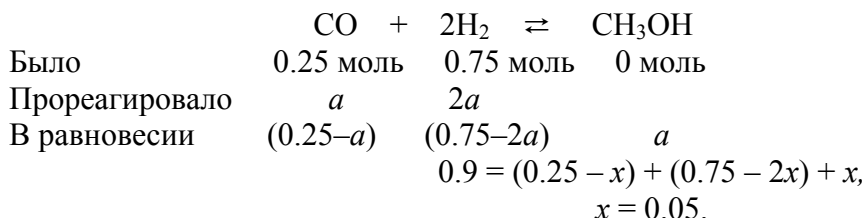
$$M_{cp} = 0.5 \cdot 17 = 8.5 \text{ г/моль.}$$

Пусть был 1 моль газовой смеси, после реакции стало на 10% меньше, т.е. 0.9 моль.

Примем начальное количество CO за x моль, тогда количество H_2 равнялось $(1 - x)$ моль.

$$8.5 = 28x + 2(1 - x),$$

отсюда $x = 0.25$, $v(CO) = 0.25$ моль, $v(H_2) = 0.75$ моль.



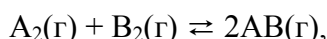
В равновесной смеси содержится 0.2 моль CO, 0.65 моль H_2 и 0.05 моль CH_3OH .

Степень превращения CO в метанол $\eta = 0.05 / 0.25 = 0.2$ или 20%.

Содержание метанола в смеси $\phi = 0.05 / 0.9 = 0.0556$ или 5.56%.

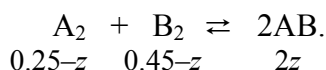
Ответ: $\eta = 20\%$, $\phi(CH_3OH) = 5.56\%$.

6. В сосуде объемом 15 л смешали при определенной температуре 0.8 моль вещества A_2 и 0.7 моль вещества B_2 . Через 30 минут в системе установилось равновесие



константа которого при данной температуре равна 2.1. Найдите мольные доли всех веществ в равновесной смеси. Чему равна средняя скорость образования AB от начального момента до установления равновесия? Во сколько раз скорость прямой реакции при равновесии меньше начальной скорости (прямую реакцию считайте элементарной)?

Решение. К моменту достижения равновесия прореагировало по z моль веществ A_2 и B_2 :



Константа равновесия:

$$K_{равн} = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{v(AB)^2}{v(A_2) \cdot v(B_2)} = \frac{(2z)^2}{(0.8 - z)(0.7 - z)} = 2.1.$$

получаем квадратное уравнение $z^2 + 1.658z - 0.619 = 0$,
его имеющее смысл решение: $z = 0.314$ моль.

Мольные (объемные) доли всех веществ в равновесной смеси:

$$\varphi(A_2) = 0.486 / 1.5 = 0.324 \text{ (или 32.4\%)},$$

$$\varphi(B_2) = 0.386 / 1.5 = 0.257 \text{ (или 25.7\%)},$$

$$\varphi(AB) = 0.628 / 1.5 = 0.419 \text{ (или 41.9\%)}.$$

Скорость образования вещества АВ за промежуток времени 25 минут:

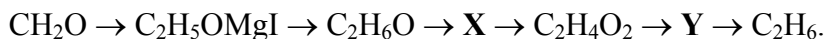
$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{V \cdot \Delta t} = \frac{2z}{15 \cdot 30} = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л·мин)},$$

Запишем и рассчитаем отношение скоростей реакции в самом начале и при достижении равновесия:

$$\frac{v_{\text{нач}}}{v_{\text{равн}}} = \frac{k \cdot c(A_2)_{\text{нач}} \cdot c(B_2)_{\text{нач}}}{k \cdot c(A_2)_{\text{равн}} \cdot c(B_2)_{\text{равн}}} = \frac{0.8 \cdot 0.7}{0.486 \cdot 0.386} = 3.$$

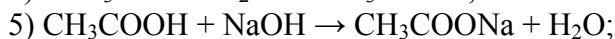
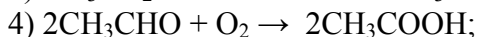
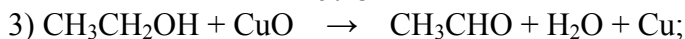
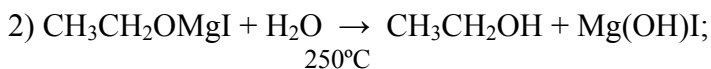
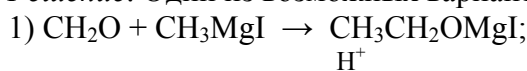
Ответ: 32.3% A₂, 25.7% B₂, 42.0% АВ. $1.4 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин). Скорость уменьшилась в 3 раза.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение. Один из возможных вариантов:

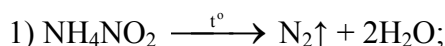


Ответ: X – CH₃CHO; Y – CH₃COOH.

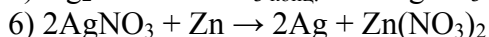
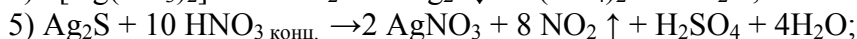
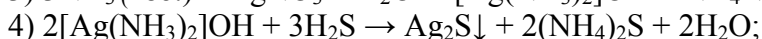
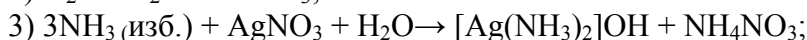
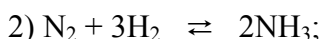
8. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее азот, Y – вещество, содержащее серебро):



Решение.



t, p, кат.



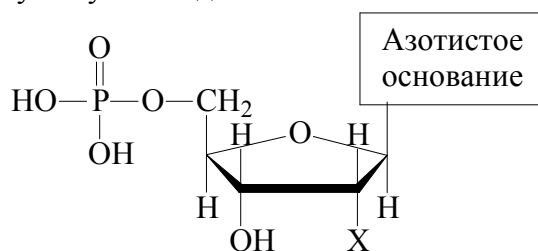
или $2AgNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Ag + 2NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow.$

Ответ: X – N₂, Y – Ag₂S.

9. Неизвестный нуклеотид массой 1.292 г подвергли гидролизу. Для нейтрализации образовавшейся смеси потребовалось 60 мл раствора едкого натра с концентрацией 0.2 моль/л. Оставшуюся смесь органических веществ выделили из раствора и сожгли в избытке кислорода. Образовавшиеся газы были пропущены последовательно через известковую воду,

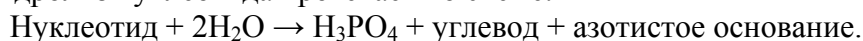
концентрированную серную кислоту и трубку с раскаленной медью. При этом выпало 3.6 г осадка и остался непоглощённый газ объёмом 0.15 л (измерено при нормальном давлении и 32°C). Определите возможную формулу неизвестного нуклеотида и напишите уравнения протекающих реакций.

Решение. Общая формула нуклеотидов:

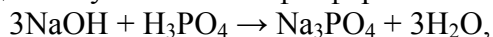


где X – OH для рибонуклеотидов, построенных на основе рибозы, и H для дезоксирибонуклеотидов, построенных на основе дезоксирибозы.

Полный гидролиз нуклеотида протекает по схеме:



В реакцию нейтрализации вступает только фосфорная кислота:



$$v(\text{NaOH}) = 0.06 \cdot 0.2 = 0.012 \text{ моль},$$

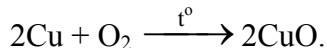
$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.004 \text{ моль}.$$

При сжигании органических продуктов гидролиза образовалась смесь CO₂, H₂O и N₂. Известковая вода поглотила углекислый газ:



откуда $v(\text{CaCO}_3) = v(\text{CO}_2) = 3.6 / 100 = 0.036 \text{ моль} = v(\text{C})$.

Концентрированная серная кислота поглощает пары воды, раскаленная медь связывает избыток кислорода:



Непоглощённый газ – это N₂:

$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.15}{8.31 \cdot 305} = 0.006 \text{ моль},$$

$$v(\text{N}) = 0.012 \text{ моль}.$$

Таким образом, на один атом азота в нуклеотиде приходилось 3 атома углерода:

$$v(\text{C}) / v(\text{N}) = 0.036 / 0.012 = 3,$$

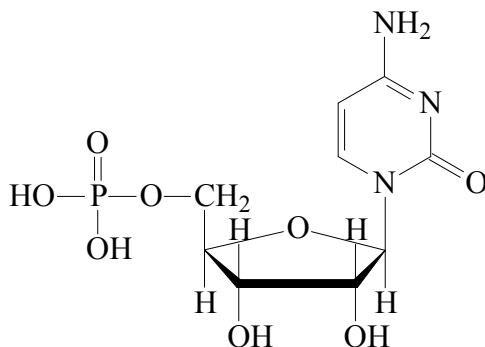
это соотношение возможно только для нуклеотида с цитозином (C₄H₅N₃O).

Поскольку $v(\text{H}_3\text{PO}_4) = v(\text{нуклеотида}) = 0.004 \text{ моль}$,

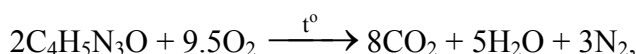
то $M(\text{нуклеотида}) = 1.292 / 0.004 \text{ моль} = 323 \text{ г/моль}$.

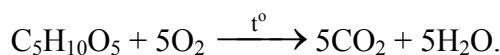
Тогда на остаток углевода в нуклеотиде приходится 323 – 97 – 110 = 116 г/моль, и молярная масса углевода составляет 116 + 17 · 2 = 150 г/моль – это рибоза.

Искомый нуклеотид – цитидинфосфат:



Реакции сгорания азотистого основания и углевода:

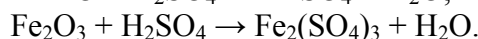
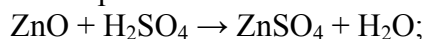




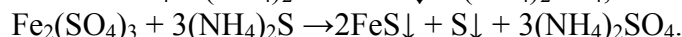
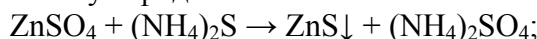
Ответ: цитидинфосфат.

10. Смесь оксидов цинка и железа(III) растворили в разбавленной серной кислоте. К полученному раствору добавили избыток сульфида аммония, при этом выпало 5.13 г осадка. Обработка этого осадка избытком соляной кислоты привела к выделению 1.12 л газа (н. у.). Рассчитайте массу исходной смеси оксидов.

Решение. Растворение смеси в серной кислоте:



Реакции солей с избытком сульфида аммония:

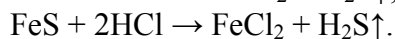
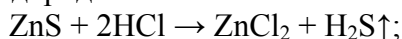


В составе осадка – сульфиды цинка и железа(II), а также сера. Обозначим за x моль количество оксида цинка и за y – количество оксида железа(III) в исходной смеси.

Выразим массу осадка:

$$\begin{aligned} m &= m(ZnS) + m(FeS) + m(S) = \nu(ZnS) \cdot M(ZnS) + \nu(FeS) \cdot M(FeS) + \nu(S) \cdot M(S) = \\ &= \nu(ZnO) \cdot M(ZnS) + 2\nu(Fe_2O_3) \cdot M(FeS) + \nu(Fe_2O_3) \cdot M(S) = 97x + 176y + 32y = \\ &= 97x + 208y = 5.13 \text{ г.} \end{aligned}$$

При дальнейшей обработке осадка соляной кислотой сульфиды растворяются, при этом выделяется газообразный сероводород:



Найдем количество выделившегося газа:

$$\nu(H_2S) = \nu(ZnS) + \nu(FeS) = x + 2y = V(H_2S) / V_m = 1.12 / 22.4 = 0.05 \text{ моль.}$$

Решаем полученную систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 97x + 208y = 5.13; \\ x + 2y = 0.05; \end{cases}$$

находим значения $x = 0.01$ моль и $y = 0.02$ моль.

$$m(\text{исх. смеси}) = \nu(ZnO) \cdot M(ZnO) + \nu(Fe_2O_3) \cdot M(Fe_2O_3) = 0.01 \cdot 81 + 0.02 \cdot 160 = 4.01 \text{ г.}$$

Ответ: 4.01 г.