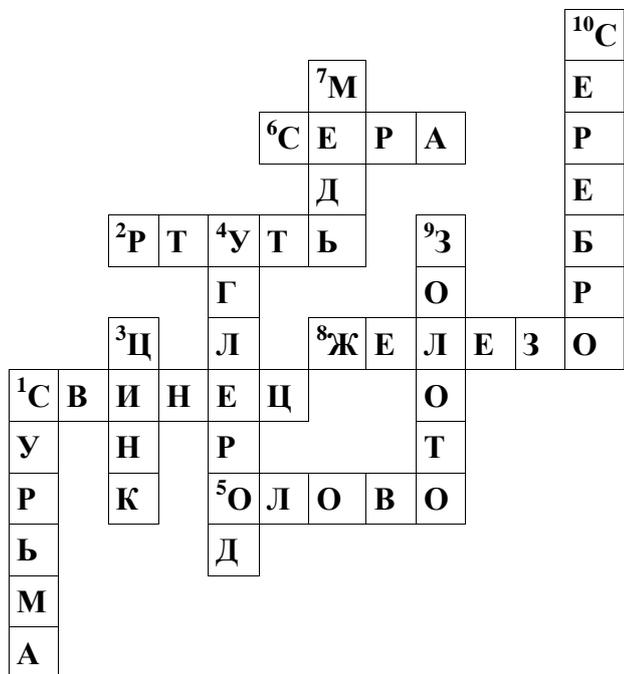


Задача 1. (Авторы Коваленко К.А., Емельянов В.А.).



- а) $\text{Sn} + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{SnO}_2 + 4\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 б) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{CuO}_{(\text{черный})} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{NO}_2\uparrow$;
 в) $2\text{HgO} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Hg} + \text{O}_2\uparrow$;
 г) $\text{PbS}_{(\text{черный})} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4_{(\text{белый})} + 4\text{H}_2\text{O}$;
 д) $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$;
 е) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2\uparrow$;
 ж) $2\text{Sb} + 10\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Sb}_2\text{O}_5 + 10\text{NO}_2\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$;
 з) $\text{Zn} + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$;
 и) $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 к) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CH}_4\uparrow$;
 л) $\text{S} + 6\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. Каждое правильное слово по 1 б

1 б * 11 = 11 б;

2. Верное соответствие с верными коэффициентами по 1 б

1 б * 11 = 11 б;

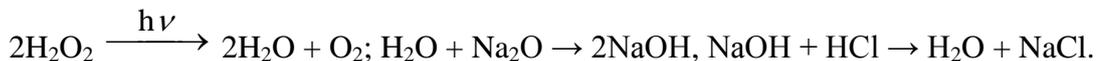
Итого 22 б.

Задача 2. (Автор Задесенец А.В.).

1. Самый распространенный элемент во Вселенной, из атомов которого наполовину составлены живые клетки, очень легкий (атомная доля в 17 раз больше массовой), имеющий собственные обозначения и названия для изотопов – все это характеристики элемента водорода. Если листик с заданием отодвинуть подальше от глаз и внимательно посмотреть на схему издалека, видно, что сама схема представляет собой стилизованную букву Н – химический символ водорода.

2. А – NaH (гидрид натрия), В – H₂ (водород), С – HCl (хлороводород или соляная кислота), D – H₂O₂ (пероксид водорода или перекись водорода, 5,88 % H), Е – H₂O (вода), F – NaOH (гидроксид натрия).

3. Уравнения реакций: H₂ + Cl₂ → 2HCl; 2HCl + Zn → ZnCl₂ + H₂; H₂ + 2Na → 2NaH;



Вода очень плохо проводит электрический ток, поэтому для ее разложения под действием тока в нее обычно добавляют щелочь – вещество F.

4. Изотопы водорода: ¹H – протий, ²H (символ D) – дейтерий, ³H (символ T) – тритий.

Система оценивания:

1. Установление водорода 2 б

2 б;

2. Формулы соединений по 0,5 б, названия по 0,5 б

0,5 б * 6 + 0,5 б * 6 = 6 б;

3. Уравнения реакций по 0,5 б, добавление щелочи к воде 1 б

0,5 б * 10 + 1 б = 6 б;

4. Масс. числа по 0,5 б, символы по 0,5 б, названия по 1 б

0,5 б * 3 + 0,5 б * 3 + 1 б * 3 = 6 б;

Итого 20 б.

Задача 3. (Авторы Воробьев В.А., Емельянов В.А.).

1. А1: воронка, А2: пробирка, А3: стакан, А4: коническая колба (либо колба Эрленмейера), А5: плоскодонная колба, А6: ступка и пестик (либо просто ступка).

2. В1: делительная воронка, В2: дефлегматор, В3: мерный цилиндр, В4: обратный холодильник, В5: выпаривательная чашка, В6: мерная колба, В7: прямой холодильник, В8: бюретка, В9: мерный цилиндр, В10: эксикатор, В11: двухгорлая колба, В12: трёхгорлая колба, В13: круглодонная колба.

Система оценивания:

1. **Правильное название по 1 б**

$$1 \text{ б} * 6 = 6 \text{ б};$$

2. **Правильное соответствие названия шифру по 1 б**

$$1 \text{ б} * 13 = 13 \text{ б};$$

$$\text{Итого} \quad 19 \text{ б.}$$

Задача 4. (Автор Емельянов В.А.).

1. В недостатке кислорода возможно параллельное сгорание графита и до угарного, и до углекислого газа, в избытке – только до углекислого: $C + 1/2O_2 = CO$, $C + O_2 = CO_2$. То, что в первом случае получился и углекислый газ тоже, подтверждается реакцией с известковой водой, с которой угарный газ не реагирует: $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$. Молярная масса карбоната кальция ровно 100 г/моль, следовательно, получено 0,15 моль осадка, а масса поглотившегося газа составила $0,15 * 44 = 6,6$ г. Поскольку известковая вода взята в избытке, углекислый газ поглотился полностью, и продукты сгорания всего содержали 0,15 моль CO_2 .

2. При сгорании 12 г графита (1 моль) в избытке кислорода (т. е., до CO_2) выделяется $29,51 * 12 / 0,9 = 393,5$ кДж тепла. Это и есть теплота образования CO_2 . Теперь посчитаем теплоту образования CO , т.е. тепловой эффект реакции сгорания 1 моль графита до CO (обозначим его x). В ходе сжигания 3 г графита (0,25 моль) образовалось 0,15 моль CO_2 (см. п. 1) и, очевидно, 0,1 моль CO . Общее количество тепла, выделившееся в этой реакции, равно $0,15 * 393,5 + 0,1 * x = 70,08$ кДж, откуда $x = 110,5$ кДж.

3. Из закона Гесса следует что тепловой эффект сгорания 1 моль CO до CO_2 ($CO + 1/2O_2 = CO_2$) будет равен разнице тепловых эффектов сгорания графита до CO_2 и CO , т. е. $393,5 - 110,5 = 283$ кДж. Тогда при сгорании 2,8 г CO (0,1 моль) выделится $0,1 * 283 = 28,3$ кДж.

4. Углекислый газ – ангидрид угольной кислоты и может реагировать с основными оксидами. Правда, угольная кислота – кислота очень слабая, поэтому соответствующее основание должно быть сильным (т. е. это оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов). Угарный газ в реакции с водой не образует даже слабой кислоты, поэтому может реагировать только как восстановитель (как правило, при нагревании):

а) $CO_2 + Na_2O = Na_2CO_3$; б) $CO + CuO = Cu + CO_2$; в) $CO + Fe_3O_4 = 3FeO + CO_2$, и далее

$CO + FeO = Fe + CO_2$; г) $5CO + I_2O_5 = I_2 + 5CO_2$; д) $CO_2 + SrO = SrCO_3$.

Система оценивания:

1. **Уравнения реакций по 1 б, масса газа 2 б**

$$1 \text{ б} * 3 + 2 = 5 \text{ б};$$

2. **Теплота образования CO_2 2 б, теплота образования CO 2 б**

$$2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$$

3. **Уравнение реакции 0,5 б, количество тепла 2 б**

$$0,5 \text{ б} + 2 \text{ б} = 2,5 \text{ б};$$

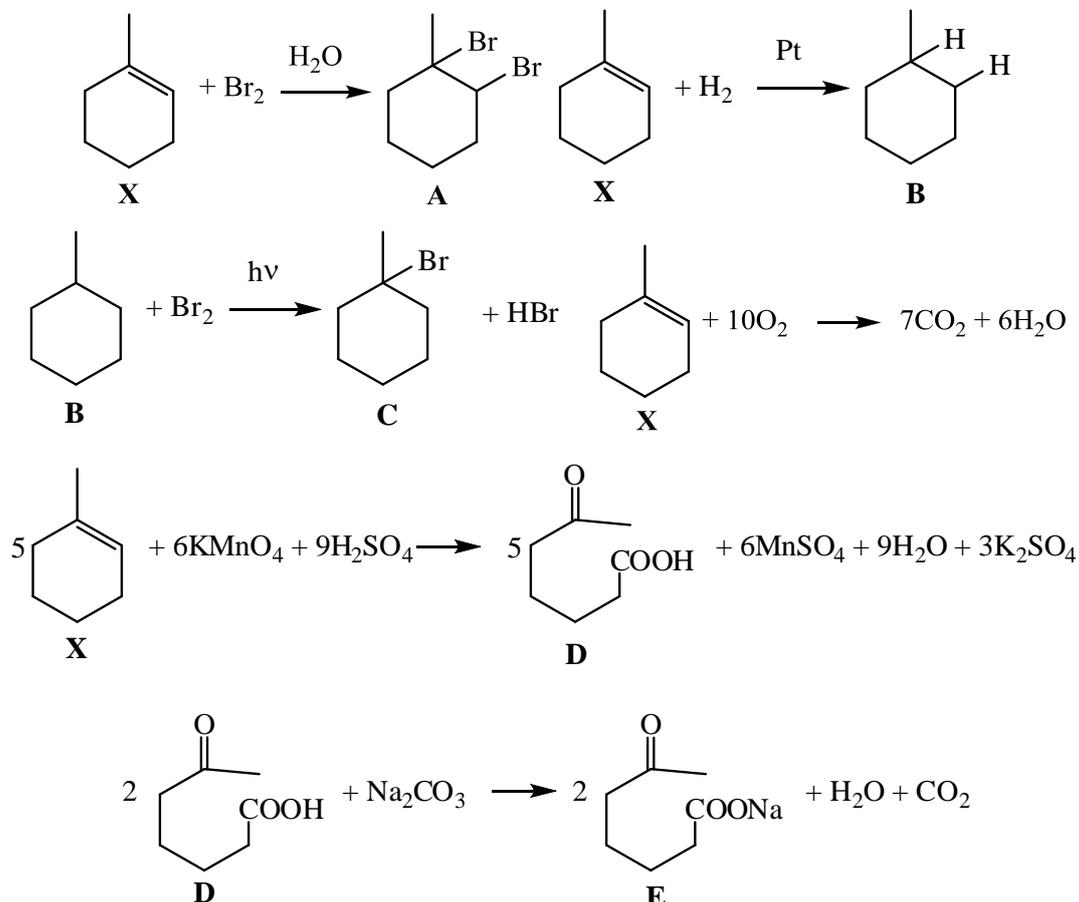
4. **Верное указание взаимодействует/не взаимодействует по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б), уравнения реакций по 0,5 б**

$$0,5 \text{ б} * 10 + 0,5 \text{ б} * 5 = 7,5 \text{ б};$$

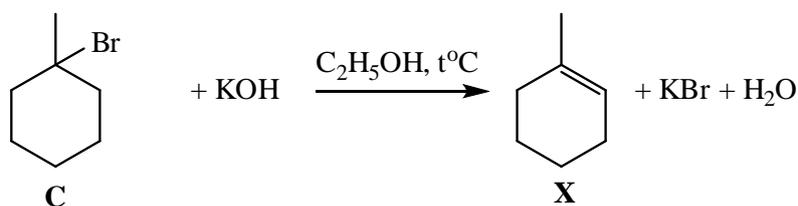
$$\text{Итого} \quad 19 \text{ б.}$$

3-4. При окислении углеводорода **X** перманганатом калия, подкисленного серной кислотой, образуется единственный органический продукт **F**, содержащий в своем составе три атома кислорода. Изомер **4** не подходит, поскольку при его окислении выделяется углекислый газ и образуется циклопентанон, содержащий в своем составе лишь один атом кислорода. При окислении изомеров **2** и **3** образуются дикарбоновые кислоты, которые содержат в своем составе по четыре атома кислорода и будут реагировать с карбонатом натрия в эквимольном соотношении. Таким образом, искомого углеводорода **X** соответствует формула **1**, т.е. **X** – **1-метилциклогексен**.

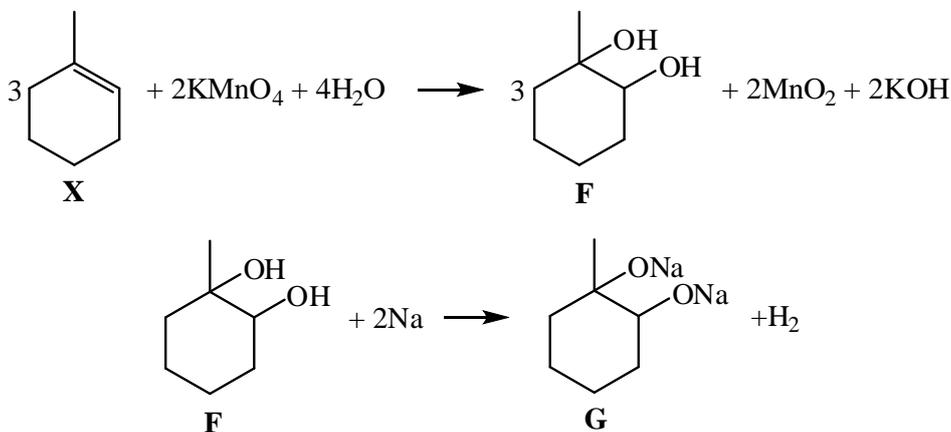
Уравнения реакции сгорания **X** и реакций **1–5**:



5. При дегидрогалогенировании моногалогенпроизводных сильным основанием, например, раствором щелочи в спирте или амидом натрия, можно из бромида **C** получить **X**.



6. Реакция Вагнера представляет собой мягкое окисление алкенов до вицинальных диолов под действием холодного водного раствора перманганата калия. При этом из **X** образуется 1,2-дигидрокси-1-метилциклогексан **F** и выделяется бурый осадок диоксида марганца. Вещество **F**, как любой спирт, реагирует с металлическим натрием с образованием алкоголята **G** и выделением молекулярного водорода.



Система оценивания:

1. Определение молекулярной формулы X (с расчетами) 2 б 2 б;
2. Возможные структурные формулы углеводорода X (с пояснениями) по 1 б 1 б * 4 = 4 б;
3. Выбор структурной формулы X (с пояснениями) 1 б., название X 1 б 1 б + 1 б = 2 б;
4. Уравнения реакций по 1 б 1 б * 6 = 6 б;
(если в уравнении реакции приведены не все продукты (или не расставлены коэффициенты), ставится по 0,5 балла)
5. Уравнение реакции C → X (с указанием условий проведения) 1 б 1 б;
(если не указаны условия проведения реакции ставится 0,5 балла)
6. Уравнения реакций по 1 б 1 б * 2 = 2 б;
(если в уравнении реакции приведены не все продукты (или не расставлены коэффициенты), ставится по 0,5 балла)

Итого 17 б.

Задача 3. (Авторы Воробьев В.А., Емельянов В.А.).

1. А1: воронка, А2: пробирка, А3: стакан, А4: коническая колба (либо колба Эрленмейера), А5: плоскодонная колба, А6: ступка и пестик (либо просто ступка).
2. В1: делительная воронка, В2: дефлегматор, В3: мерный цилиндр, В4: обратный холодильник, В5: выпаривательная чашка, В6: мерная колба, В7: прямой холодильник (либо холодильник Либиха, либо холодильник, В8: бюретка, В9: мерный цилиндр, В10: эксикатор, В11: двухгорлая колба, В12: трёхгорлая колба, В13: круглодонная колба.

Система оценивания:

1. Правильное название по 1 б 1 б * 6 = 6 б;
 2. Правильное соответствие названия шифру по 1 б 1 б * 13 = 13 б;
- Итого 19 б.**

Задача 4. (Автор Емельянов В.А.).

1. В недостатке кислорода возможно параллельное сгорание графита и до угарного, и до углекислого газа, в избытке – только до углекислого: $\text{C} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}$, $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$. То, что в первом случае получился и углекислый газ тоже, подтверждается реакцией с известковой водой, с которой угарный газ не реагирует: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$. Молярная масса карбоната кальция равно 100 г/моль, следовательно, получено 0,15 моль осадка, а масса поглотившегося газа составила $0,15 \cdot 44 = 6,6$ г. Поскольку известковая вода взята в избытке, углекислый газ поглотился полностью, и продукты сгорания всего содержали 0,15 моль CO_2 .

2. При сгорании 12 г графита (1 моль) в избытке кислорода (т.е., до CO_2) выделяется $29,51 \cdot 12 / 0,9 = 393,5$ кДж тепла. Это и есть теплота образования CO_2 . Теперь посчитаем теплоту образования CO , т.е. тепловой эффект реакции сгорания 1 моль графита до CO (обозначим его x). В ходе сжигания 3 г графита (0,25 моль) образовалось 0,15 моль CO_2 (см. п. 1) и, очевидно, 0,1 моль CO . Общее количество тепла, выделившееся в этой реакции, равно $0,15 \cdot 393,5 + 0,1 \cdot x = 70,08$ кДж, откуда $x = 110,5$ кДж.

3. Из закона Гесса следует что тепловой эффект сгорания 1 моль CO до CO₂ ($\text{CO} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}_2$) будет равен разнице тепловых эффектов сгорания графита до CO₂ и CO, т. е. $393,5 - 110,5 = 283$ кДж. Тогда при сгорании 2,8 г CO (0,1 моль) выделится $0,1 \cdot 283 = 28,3$ кДж.

4. Углекислый газ – ангидрид угольной кислоты и может реагировать с основными оксидами. Правда, угольная кислота – кислота очень слабая, поэтому соответствующее основание должно быть сильным (т. е. это оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов). Угарный газ в реакции с водой не образует даже слабой кислоты, поэтому может реагировать только как восстановитель (как правило, при нагревании):

а) $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3$; б) $\text{CO} + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{CO}_2$; в) $\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 = 3\text{FeO} + \text{CO}_2$, и далее $\text{CO} + \text{FeO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$; г) $5\text{CO} + \text{I}_2\text{O}_5 = \text{I}_2 + 5\text{CO}_2$; д) $\text{CO}_2 + \text{SrO} = \text{SrCO}_3$.

Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б, масса газа 2 б

$1 \text{ б} \cdot 3 + 2 = 5 \text{ б};$

2. Теплота образования CO₂ 2 б, теплота образования CO 2 б

$2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$

3. Уравнение реакции 0,5 б, количество тепла 2 б

$0,5 \text{ б} + 2 \text{ б} = 2,5 \text{ б};$

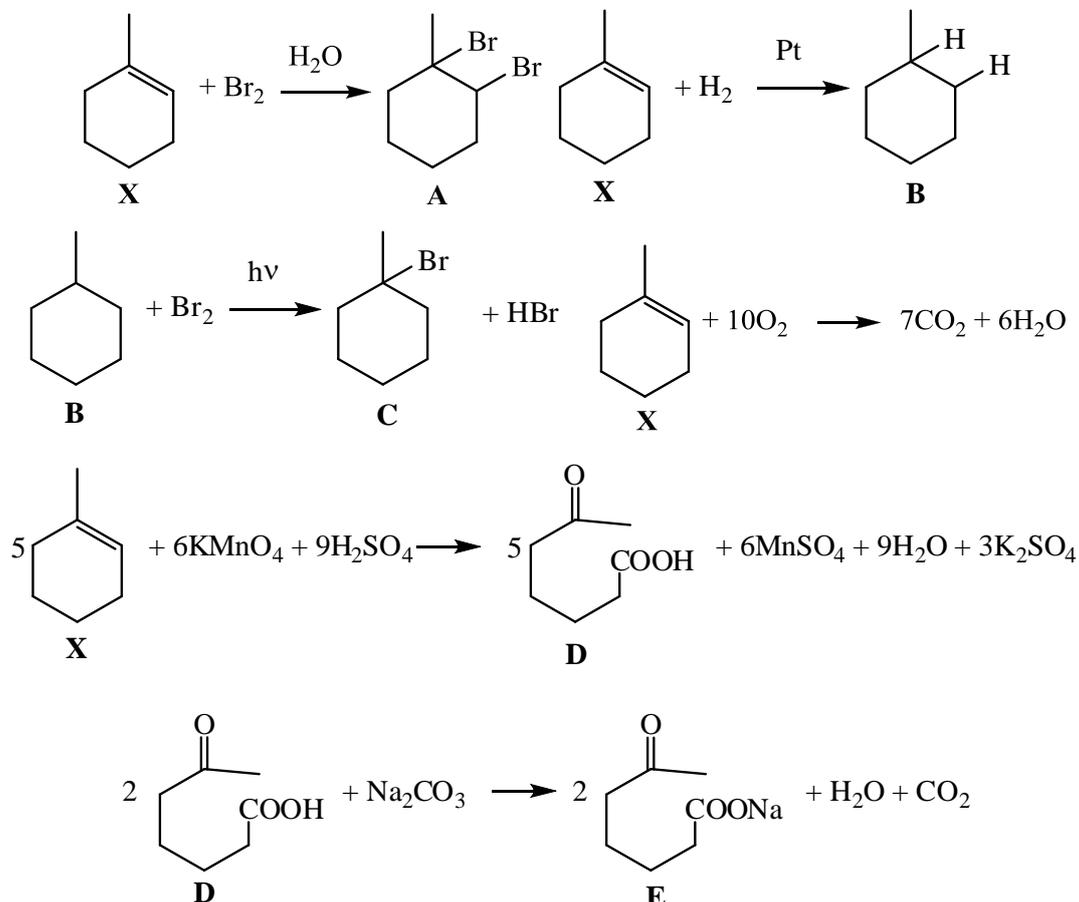
4. Верное указание взаимодействует/не взаимодействует по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б), уравнения реакций по 0,5 б

$0,5 \text{ б} \cdot 10 + 0,5 \text{ б} \cdot 5 = 7,5 \text{ б};$

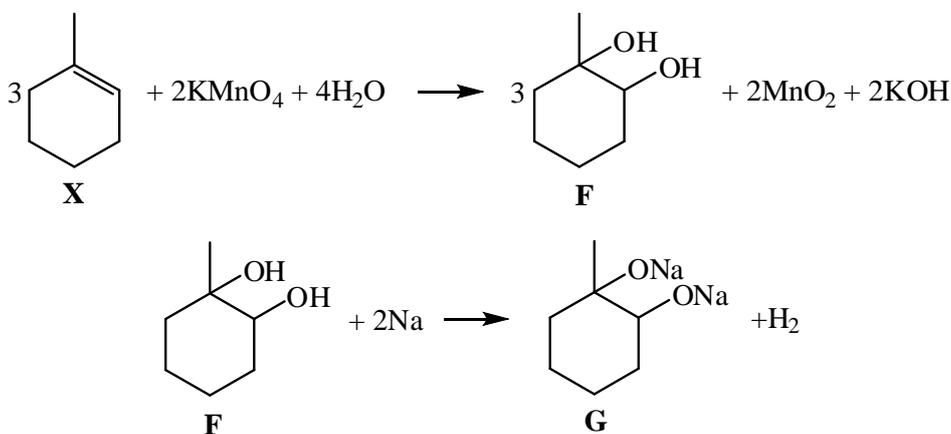
Итого 19 б.

3-4. При окислении углеводорода **X** перманганатом калия, подкисленного серной кислотой, образуется единственный органический продукт **F**, содержащий в своем составе три атома кислорода. Изомер 4 не подходит, поскольку при его окислении выделяется углекислый газ и образуется циклопентанон, содержащий в своем составе лишь один атом кислорода. При окислении изомеров 2 и 3 образуются дикарбоновые кислоты, которые содержат в своем составе по четыре атома кислорода и будут реагировать с карбонатом натрия в эквимольном соотношении. Таким образом, искомого углеводорода **X** соответствует формула 1, т.е. **X** – *1-метилциклогексен*.

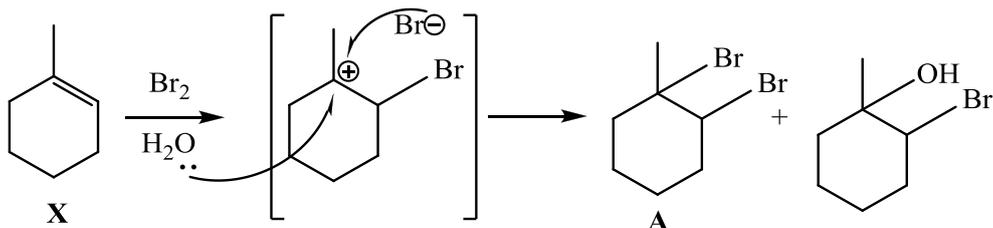
Уравнения реакции сгорания **X** и реакций 1–5:



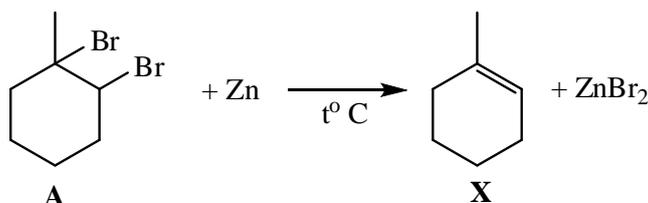
5. Реакция Вагнера представляет собой мягкое окисление алкенов до вицинальных диолов под действием холодного водного раствора перманганата калия. При этом из **X** образуется 1,2-дигидрокси-1-метилциклогексан **F** и выделяется бурый осадок диоксида марганца. Вещество **F**, как любой спирт, реагирует с металлическим натрием с образованием алкоголята **G** и выделением молекулярного водорода.



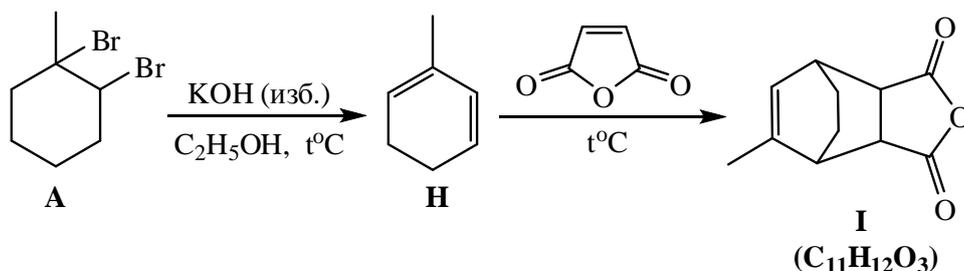
6. Образование побочного продукта при взаимодействии алкенов с бромной водой можно объяснить тем, что образующийся карбокатион атакуется не только бромид-ионом, но и молекулами воды.



7. Вицинальное дигалогенпроизводное А можно превратить в исходный углеводород X с помощью реакции с цинковой пылью при нагревании.



8. При дегидрогалогенировании А под действием избытка спиртового раствора щелочи при нагревании получается 2-метилциклогексадиен-1,3 (Н). Диен Н вступает в реакцию Дильса-Альдера с малеиновым ангидридом и образуется аддукт I (C₁₁H₁₂O₃).



Система оценивания:

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Определение молекулярной формулы X (с расчетами) 2 б | 2 б; |
| 2. Возможные структурные формулы углеводорода X (с пояснениями) по 1 б | 1 б * 4 = 4 б; |
| 3. Выбор структурной формулы X (с пояснениями) 1 б., название X 1 б | 1 б + 1 б = 2 б; |
| 4. Уравнения реакций по 1 б | 1 б * 6 = 6 б; |
| (если в уравнении реакции приведены не все продукты (или не расставлены коэффициенты), ставится по 0,5 балла) | |
| 5. Уравнения реакций по 1 б | 1 б * 2 = 2 б; |
| (если в уравнении реакции приведены не все продукты (или не расставлены коэффициенты), ставится по 0,5 балла) | |
| 6. Структурная формула побочного продукта 1 б | 1 б.; |
| 7. Уравнение реакции A → X (с указанием условий проведения) 1 б | 1 б.; |
| (если не указаны условия проведения реакции ставится 0,5 балла) | |
| 8. Структурные формулы продуктов H и I по 1 б | 1 б * 2 = 2 б; |
| | Итого 20 б. |

Задача 3. (Авторы Воробьев В.А., Емельянов В.А.).

1. А1: воронка, А2: пробирка, А3: стакан, А4: коническая колба (либо колба Эрленмейера), А5: плоскодонная колба, А6: ступка и пестик (либо просто ступка).

2. В1: делительная (либо капельная) воронка, В2: дефлегматор, В3: мерный цилиндр, В4: обратный холодильник, В5: выпаривательная чашка, В6: мерная колба, В7: прямой холодильник (либо

холодильник Либиха, либо холодильник), В8: бюретка, В9: мерный цилиндр, В10: эксикатор, В11: двухгорлая колба, В12: трёхгорлая колба, В13: круглодонная колба.

3. Титрование – В8, перегонка жидкости – В7, разделение смеси близкипящих жидкостей – В2, сушка веществ над осушителями – В10, экстракция – В1, приготовление точного объема раствора – В6.

Система оценивания:

1. **Правильное название по 1 б**

$$1 \text{ б} * 6 = 6 \text{ б};$$

2. **Правильное соответствие названия шифру по 1 б**

$$1 \text{ б} * 13 = 13 \text{ б};$$

3. **Правильное соотношение операции и шифра посуды по 1 б**

$$1 \text{ б} * 6 = 6 \text{ б};$$

$$\text{Итого} \quad 25 \text{ б.}$$

Задача 4. (Автор Емельянов В.А.).

1. В недостатке кислорода возможно параллельное сгорание графита и до угарного, и до углекислого газа, в избытке – только до углекислого: $C + 1/2O_2 = CO$, $C + O_2 = CO_2$. То, что в первом случае получился и углекислый газ тоже, подтверждается реакцией с известковой водой, с которой угарный газ не реагирует: $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$. Молярная масса карбоната кальция ровно 100 г/моль, следовательно, получено 0,15 моль осадка, а масса поглотившегося газа составила $0,15 * 44 = 6,6$ г. Поскольку известковая вода взята в избытке, углекислый газ поглотился полностью, и продукты сгорания всего содержали 0,15 моль CO_2 .

2. При сгорании 12 г графита (1 моль) в избытке кислорода (т. е., до CO_2) выделяется $29,51 * 12 / 0,9 = 393,5$ кДж тепла. Это и есть теплота образования CO_2 . Теперь посчитаем теплоту образования CO , т.е. тепловой эффект реакции сгорания 1 моль графита до CO (обозначим его x). В ходе сжигания 3 г графита (0,25 моль) образовалось 0,15 моль CO_2 (см. п. 1) и, очевидно, 0,1 моль CO . Общее количество тепла, выделившееся в этой реакции, равно $0,15 * 393,5 + 0,1 * x = 70,08$ кДж, откуда $x = 110,5$ кДж.

3. Из закона Гесса следует что тепловой эффект сгорания 1 моль CO до CO_2 ($CO + 1/2O_2 = CO_2$) будет равен разнице тепловых эффектов сгорания графита до CO_2 и CO , т. е. $393,5 - 110,5 = 283$ кДж. Тогда при сгорании 2,8 г CO (0,1 моль) выделится $0,1 * 283 = 28,3$ кДж.

4. Углекислый газ – ангидрид угольной кислоты и может реагировать с основными оксидами. Правда, угольная кислота – кислота очень слабая, поэтому соответствующее основание должно быть сильным (т. е. это оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов). Угарный газ в реакции с водой не образует даже слабой кислоты, поэтому может реагировать только как восстановитель (как правило, при нагревании):

а) $CO_2 + Na_2O = Na_2CO_3$; б) $CO + CuO = Cu + CO_2$; в) $CO + Fe_3O_4 = 3FeO + CO_2$, и далее

$CO + FeO = Fe + CO_2$; г) $5CO + I_2O_5 = I_2 + 5CO_2$; д) $CO_2 + SrO = SrCO_3$.

Система оценивания:

1. **Уравнения реакций по 1 б, масса газа 2 б**

$$1 \text{ б} * 3 + 2 = 5 \text{ б};$$

2. **Теплота образования CO_2 2 б, теплота образования CO 2 б**

$$2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$$

3. **Уравнение реакции 0,5 б, количество тепла 2 б**

$$0,5 \text{ б} + 2 \text{ б} = 2,5 \text{ б};$$

4. **Верное указание взаимодействует/не взаимодействует по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б), уравнения реакций по 0,5 б**

$$0,5 \text{ б} * 10 + 0,5 \text{ б} * 5 = 7,5 \text{ б};$$

$$\text{Итого} \quad 19 \text{ б.}$$