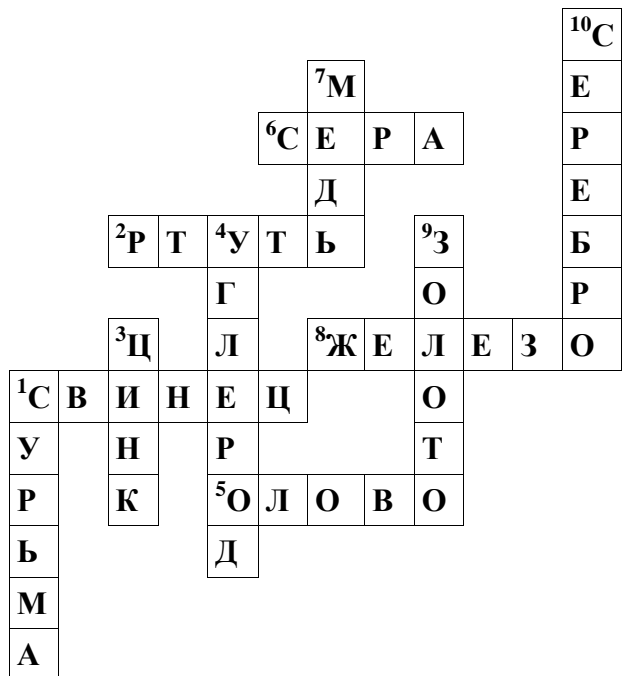

Задача 1. (Авторы Коваленко К.А., Емельянов В.А.).


- а) $\text{Sn} + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{SnO}_2 + 4\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 (можно зачесть углерод)
- 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) $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$;
 (можно зачесть медь)
- 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

2. Верное соответствие с верными коэффициентами по 1 б

$1 \text{ б} * 11 = 11 \text{ б};$

$1 \text{ б} * 11 = 11 \text{ б};$

Итого 22 б.

Задача 2. (Авторы Конев В.Н., Ильин М.А.).

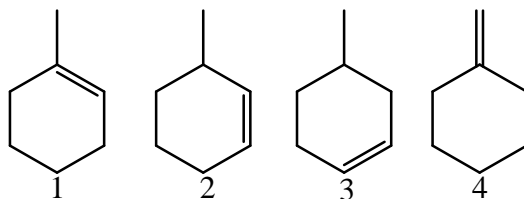
1. При полном сгорании углеводорода **X** образуются только вода и углекислый газ. Рассчитаем количества полученных продуктов сгорания:

$$n(\text{CO}_2) = 15,68 \text{ л} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,7 \text{ моль, т.е. } n(\text{C}) = 0,7 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 \text{ г} / 18 \text{ (г/моль)} = 0,6 \text{ моль, т.е. } n(\text{H}) = 1,2 \text{ моль}.$$

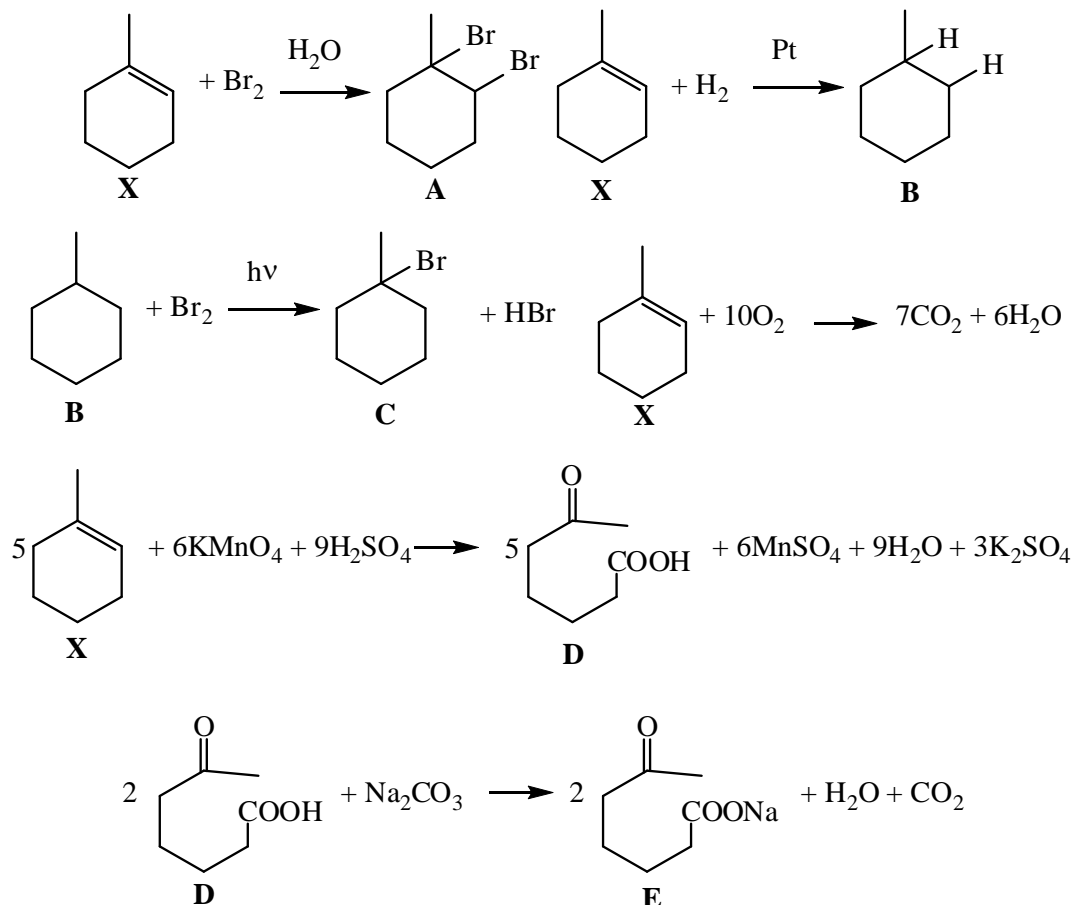
Следовательно, простейшая формула углеводорода **X** – C_7H_{12} ($M = 96 \text{ г/моль}$). Зная плотность углеводорода по воздуху, найдем молярную массу углеводорода $M(\text{X}) = 3,31 \cdot 29 \text{ г/моль} = 96 \text{ г/моль}$. Таким образом, молекулярная формула углеводорода **X** совпадает с простейшей – C_7H_{12} .

2. Поскольку углеводород **X** обесцвечивает бромную воду, можно предположить, что он является непредельным и содержит кратные связи. Известно, что при гидрировании 1 моль **X** расходуется 1 моль водорода и образуется углеводород циклогексанового ряда. Учитывая, что он содержит 7 атомов углерода, можно сделать вывод, что это один из изомерных метилциклогексенов (пронумеруем их 1-4):

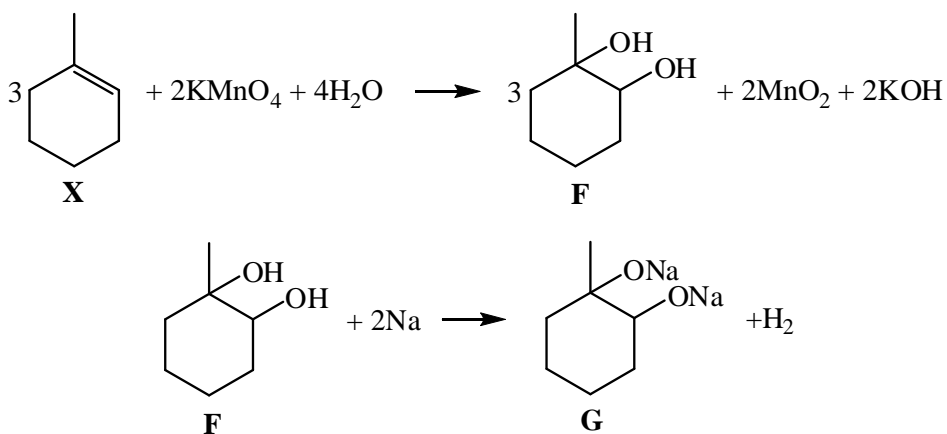


3-4. При окислении углеводорода **X** раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой, образуется единственный органический продукт **F**, содержащий в своем составе три атома кислорода. Изомер 4 не подходит, поскольку при его окислении выделяется углекислый газ и образуется циклопентанон, 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 эквимолярном соотношении. Таким образом, искомому углеводороду **X** соответствует формула 1, т.е. **X** – *1-метилциклогексен-1*.

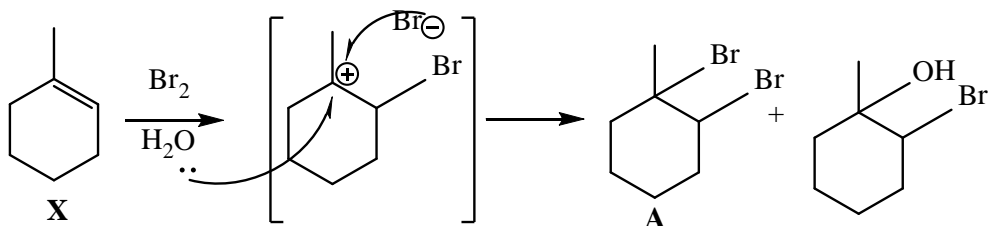
Уравнения реакции сгорания **X** и реакций 1–5:



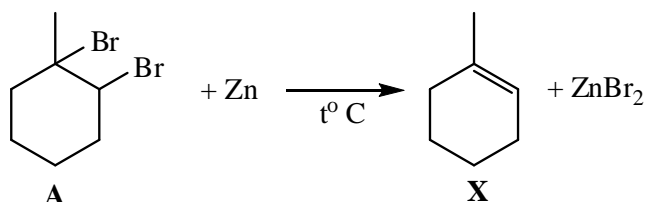
5. Реакция Вагнера представляет собой мягкое окисление алкенов до вицинальных диолов под действием холодного водного раствора перманганата калия. При этом из **X** образуется 1,2-дигидрокси-1-метилциклогексан **F** и выделяется бурый осадок диоксида марганца. Вещество **F**, как любой спирт, реагирует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



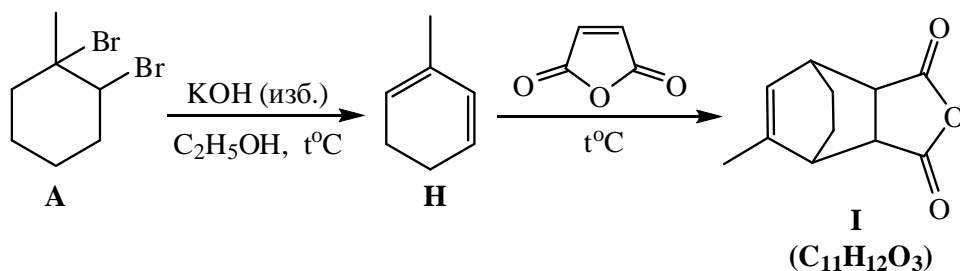
6. Образование побочного продукта при взаимодействии алкенов с бромной водой можно объяснить тем, что образующийся карбокатион атакуется не только бромид-ионом, но и молекулами воды.



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 (можно зачехлить и капельная) воронка, В2: дефлегматор, В3: мерный цилиндр, В4: обратный холодильник (либо холодильник Димрота), В5: выпаривательная чашка, В6: мерная колба, В7: прямой холодильник (либо холодильник Либиха, либо холодильник), В8: бюретка,

В9: мерная пробирка, В10: эксикатор, В11: двухгорлая колба, В12: трёхгорлая колба, В13: круглодонная колба.

3. Титрование – В8, перегонка жидкости – В7, разделение смеси близкикопящих 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: $C + 1/2O_2 = 2CO$, $C + O_2 = CO_2$. 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

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

$$\text{Итого} \quad 19 \text{ б.}$$