

Критерии оценивания

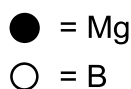
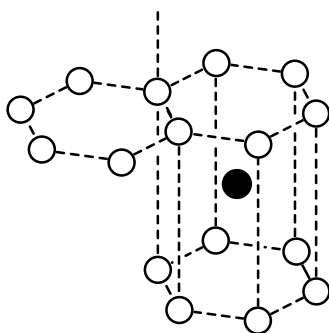
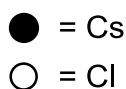
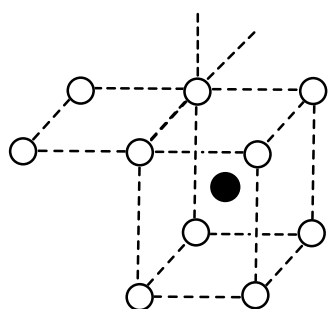
Разбалловка

1. Правильная формула (MgB_2) без решения или объяснения – 5 баллов
Правильная формула (MgB_2) с решением или объяснением – 10 баллов
Максимум – **10 баллов**
 2. Правильный ответ (9100 ± 1000 ккал) без решения или объяснения – 5 баллов
Правильный ответ (9100 ± 1000 ккал) с обоснованием (состав жира и бензина можно описать как $(CH_2)_n$) – 10 баллов
Максимум – **10 баллов**
 3. Формула **X** (C_2H_2) – 2 балла
Формула **Y** (CH_3COOH) – 4 баллов
Формула **Z** (CH_3COOCH_2) – 10 баллов
Реакции **Z** (бromирование, гидролиз, серебряное зеркало) – по 1 баллу (3 балла)
Название клея (ПВА) – 1 балл
Максимум – **20 баллов**
 4. Формула **A** (CH_3COOAg) – 5 баллов
Формула **B** (I_2) – 1 баллов
Формула **C** (AgI) – 2 баллов
Формула **D** (CH_3I) – 5 баллов
Формула **E** (CO_2) – 2 баллов
Реакции каждого вещества с NH_3 – по 1 баллу (5 баллов)
При отсутствии расчетов (молярных масс веществ) или рассуждений (цвета веществ, реакции с аммиаком) – максимум половина баллов (10)
Максимум – **20 баллов**
 5. Каждая расшифрованная стадия цепочки (приведен реагент + формула продукта) – по 4 балла
Максимум – **20 баллов**
 6. Формула соли и уравнение разложения $4Al(ClO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 2Cl_2 + 21O_2$ – 20 баллов
Правильные соображения или расчеты (желто-зеленый газ = Cl_2 , амфотерный порошок = Al_2O_3 и т.д.), но без правильного ответа – не более 10 баллов
Правильный ответ при отсутствии расчетов или рассуждений – не более 10 баллов
Максимум – **20 баллов**
- Всего – **100 баллов**

Бонус за подробное или необычное решение задачи (на усмотрение проверяющего) – максимум **1 балл** по каждой задаче.

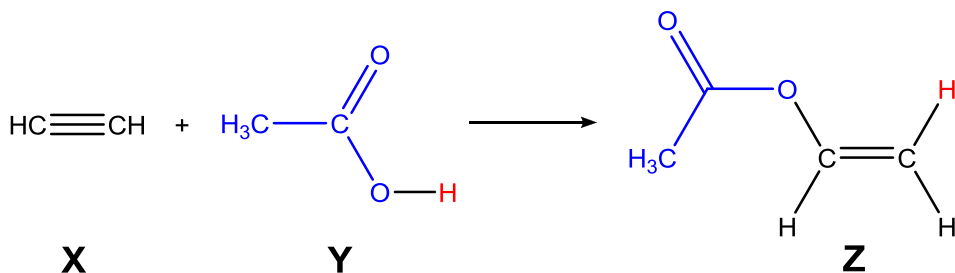
Решения

1. Для решения этой задачи необходимо подсчитать, какая часть каждого атома-шарика принадлежит данной кристаллической ячейке. Проведем этот подсчет сначала на примере CsCl. Атом цезия в центре куба целиком принадлежит кристаллической ячейке. В то же время каждый из восьми атомов хлора в вершинах куба принадлежит данной кристаллической ячейке лишь на 1/8, так как остальные 7/8 «шарика» расположены в соседних ячейках (см. рисунок). Таким образом, общая формула: $1\text{Cs} + 8 \times (1/8\text{Cl}) = \text{CsCl}$. Теперь проведем аналогичный расчет для заданного соединения магния с бором. Атом магния в центре шестигранной призмы целиком принадлежит кристаллической ячейке. В то же время каждый из двенадцати атомов бора в вершинах призмы данной кристаллической ячейке лишь на 1/6 (см. рисунок). Таким образом, общая формула: $1\text{Mg} + 12 \times (1/6\text{B}) = \text{MgB}_2$.

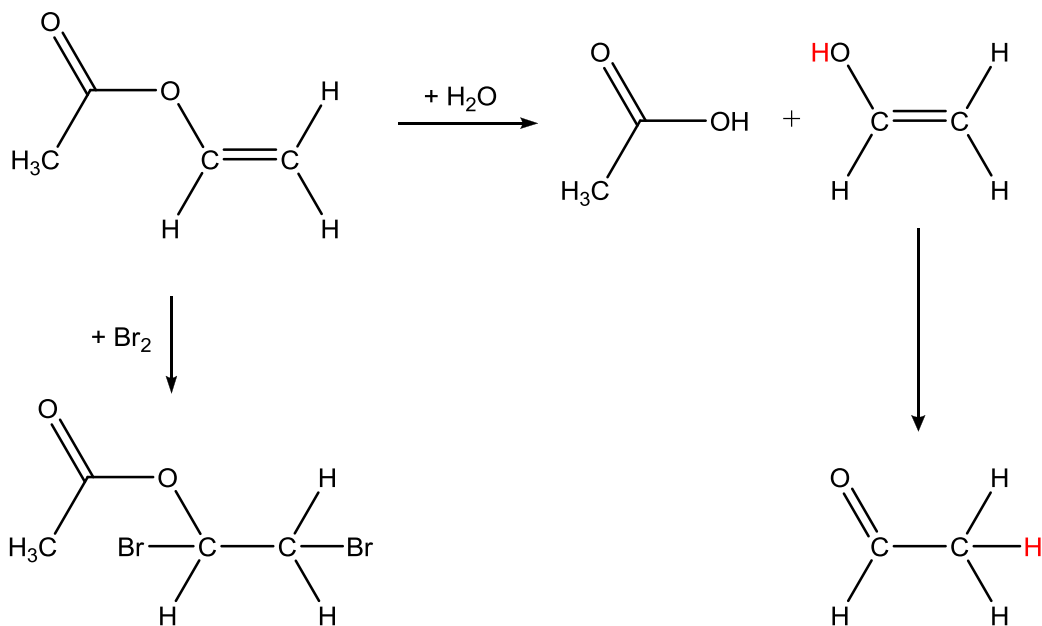


2. Бензин представляет собой смесь алканов. Молекулы жира (основного компонента масла) также содержат длинные алкильные цепочки и лишь небольшую их часть составляют сложноэфирные группы. Поэтому можно считать, что теплота сгорания 1 кг бензина приблизительно равна теплоте сгорания (энергетической ценности) 1 кг жира. Определим это значение: $662 \text{ ккал} \times (1000 \text{ г} / 72.5 \text{ г}) = 9131 \text{ ккал}$.
3. Приступая к решению задачи, сразу можно отметить, что органическое вещество **X** с такой малой молярной массой $M = 26 \text{ г/моль}$ существует только одно – это ацетилен. Теперь обратим внимание на то, что при реакции продуктов гидролиза **Z** с аммиачным раствором оксида серебра, образуется только ацетат аммония. Следовательно, продукты гидролиза **Z** могли быть только уксусным альдегидом, уксусной кислотой или их смесью. Исходя из этого, можно предположить, что вещество **Y** с молярной массой M

= 60 г/моль – это и есть уксусная кислота. Она может реагировать с ацетиленом давая продукт присоединения **Z** (по аналогии с реакцией ацетилена с водой или спиртом):



Гидролиз **Z** дает уксусную кислоту и енол, который быстро превращается в уксусный альдегид:



Популярный клей, получаемый при полимеризации **Z**, называется поливинилацетат, сокращенно – ПВА.

4. Сначала по закону сохранения массы рассчитаем массу газа **E**: $16,7 + 25,4 - 23,5 - 14,2 = 4,4$ г; следовательно, молярная масса **E**: $4,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 44 \text{ г/моль}$. Простейший газ, обладающий такой молярной массой, это CO_2 . В соответствии с условием задачи CO_2 **E** слабо растворим в воде, но легко поглощается водным аммиаком: $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Далее, вычислим молярную массу серых кристаллов **B**: $n \times 25,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n \times 254 \text{ г/моль}$ (где n – стехиометрическое соотношение между **B** и **E** в реакции). В простейшем случае $n = 1$ массе **B** соответствует I_2 , который нерастворим в воде, а при реакции в спиртовом растворе с водным аммиаком дает осадок взрывчатых кристаллов NI_3 (точнее $\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$): $3\text{I}_2 + 4\text{NH}_3 = \text{NI}_3 + 3\text{NH}_4\text{I}$

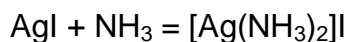
Аналогичным образом рассчитаем молярные массы веществ **A**, **C** и **D**:

$$M(\text{A}) = n \times 16,7 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n \times 167 \text{ г/моль}$$

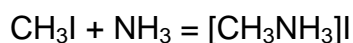
$$M(\text{C}) = 23,5 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 235 \text{ г/моль}$$

$$M(D) = 14,2 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 142 \text{ г/моль}$$

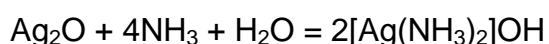
Поскольку **E** не содержит атомы йода, то вещество **C** или **D** должны их содержать. Попробуем вычесть молярную массу йода из молярной массы **C**: $235 - 127 = 108 \text{ г/моль}$, что соответствует массе атома серебра. Таким образом, разумно предположить, что **C** – это AgI – желтый порошок нерастворимый в воде, однако заметно растворимый в водном аммиаке:



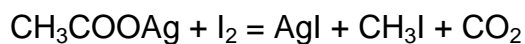
Теперь попробуем вычесть молярную массу йода из молярной массы **D**: $142 - 127 = 15 \text{ г/моль}$, что соответствует массе группы CH_3 . Таким образом, разумно предположить, что **D** – это CH_3I – бесцветная жидкость, которая не смешивается с водой, но взаимодействует с водным аммиаком:



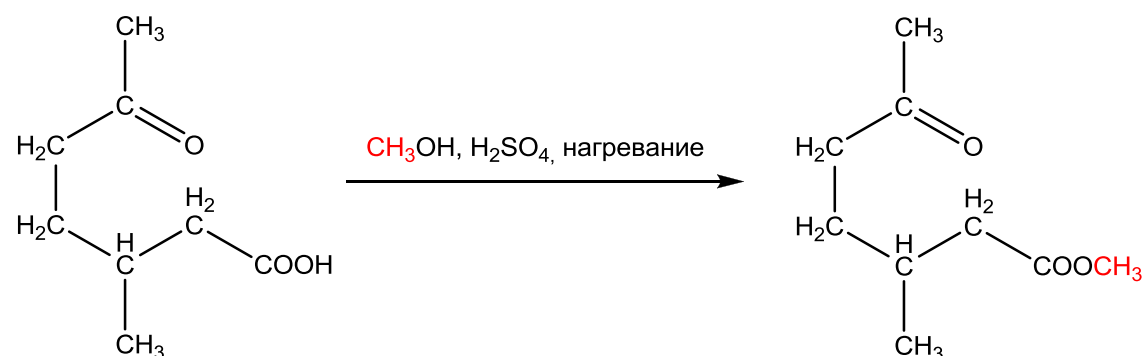
По закону сохранения, оставшееся неразгаданным вещество **A** имеет состав $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Ag}$, т.е. CH_3COOAg – растворимое в воде вещество. При добавлении к его раствору водного аммиака образуется осадок, который при дальнейшем добавлении *избытка* водного аммиака растворяется:



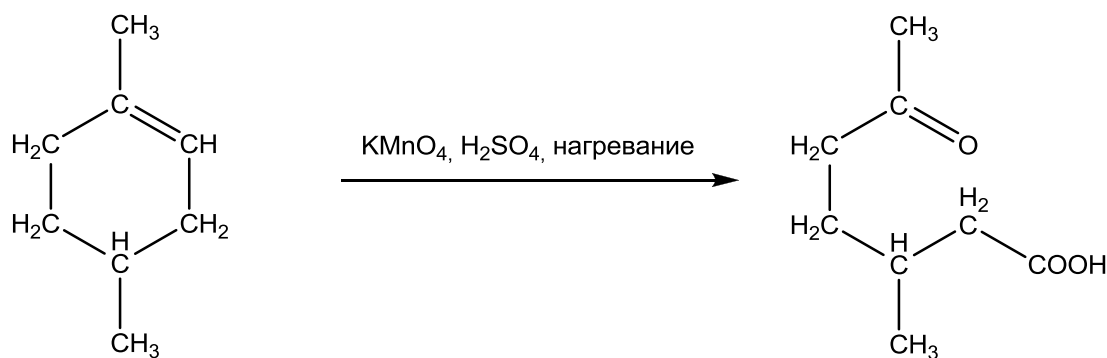
Реакция, описанная в задаче, носит имя Бородина-Хунсдикера:



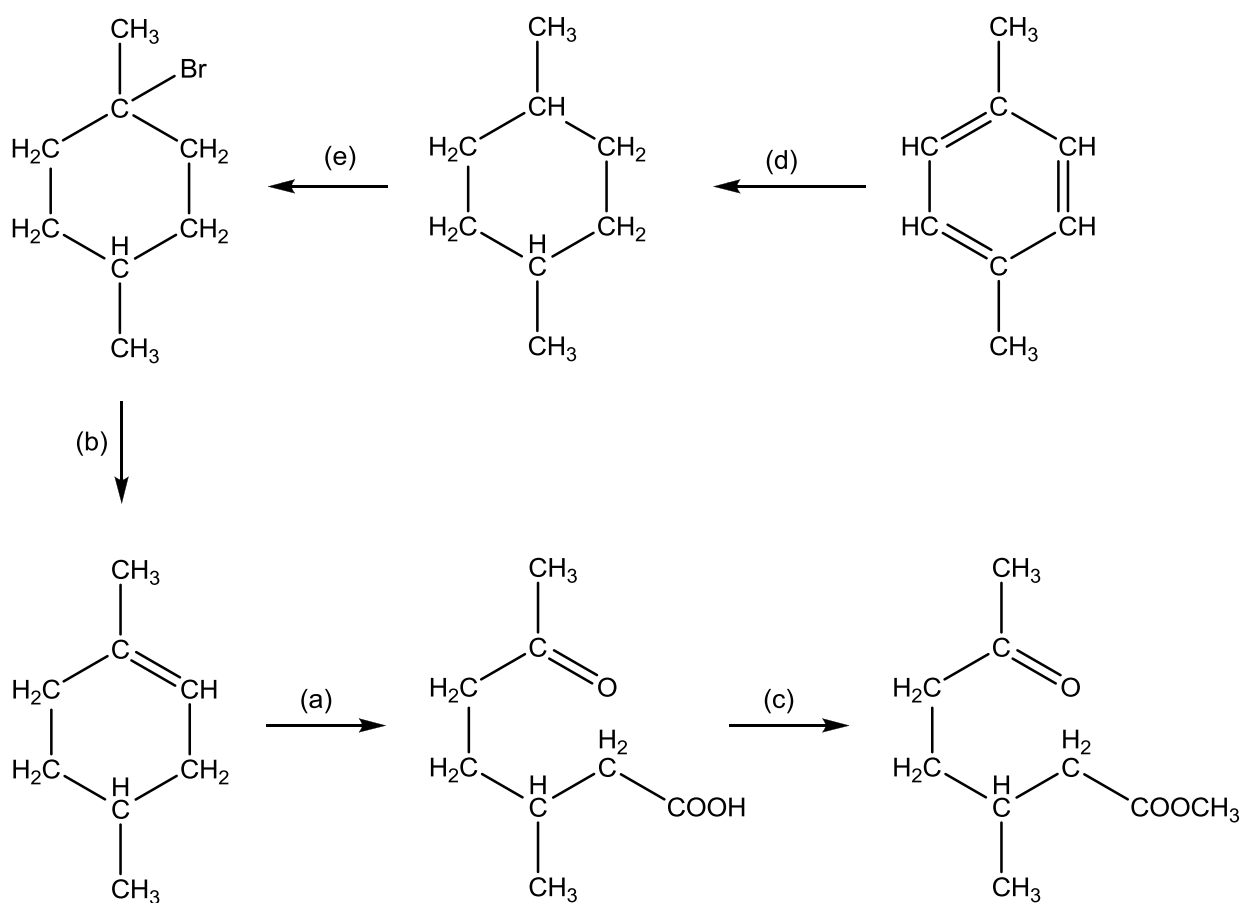
5. Начнем решать задачу с конца. По-видимому, последней реакцией приведшей к образованию продукта, сложного эфира $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOCH}_3$, была этерификация метиловым спиртом – (с) CH_3OH , H_2SO_4 , нагревание:



Далее, зададимся вопросом, какой из предложенных реагентов мог привести к образованию требуемой кислоты? – только (а) KMnO_4 , H_2SO_4 , нагревание. Следовательно, произошло окисление с одновременным образованием карбонильной и карбоксильной группы. Это возможно, при окислении циклического алкена:



Оставшуюся часть цепочки продолжим решать в обратном порядке и методом исключения (например, образование алкена возможно только при действии (b) KOH, спирт, нагревание; и т.д.). Получаем:



6. Из распространенных газов только Cl_2 имеет желто-зеленую окраску. Вторым газом в смеси, вероятно, является кислород, который поддерживает горение, образует взрывчатые смеси с водородом. Это предположение можно проверить расчетом: средняя молярная масса газовой смеси составляет $(1,000 \text{ г} - 0,1566 \text{ г}) / (0,4645 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 40,67 \text{ г/моль}$. Поскольку хлор составляет 22,(2)% смеси, молярная масса второго газа: $40,67 \text{ г/моль} \times (100 - 22,2) / 100 = 31,7 \text{ г/моль}$, что при округлении до целых дает молярную массу O_2 .

Неорганическое вещество, при разложении которого образуется смесь кислорода и хлора, - это вероятно перхлорат металла. Сам металл при разложении соли остается в

виде оксида, который, по-видимому, обладает амфотерными свойствами, так как реагирует с концентрированными растворами кислот и щелочей. Предположим, что это перхлорат алюминия $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ и проверим это расчетом. Определим, какая масса Al_2O_3 получается при разложении одного грамма $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$: $(1,000 \text{ г} / 325 \text{ г/моль}) \times 102 \text{ г/моль} / 2 = 0,1569$ – что соответствует условию задачи. Молярную массу металла можно получить и без предположения строгим расчетом, однако в данном случае это не требуется. Таким образом ответ: $4\text{Al}(\text{ClO}_4)_3 = 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{Cl}_2 + 21\text{O}_2$