**Задача 1. (автор М.М. Быков).**

1. Радиус микрокапли  $r = 0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ . Её объем  $V = 4/3\pi(2,5 \cdot 10^{-4})^3 = 6,542 \cdot 10^{-11} \text{ см}^3$ , масса  $m = \rho \cdot V = 1 \cdot 6,542 \cdot 10^{-11} = 6,542 \cdot 10^{-11} \text{ г}$ .

Количество воды в ней составляет  $\nu = m/M = 6,542 \cdot 10^{-11}/18 = 3,634 \cdot 10^{-12}$  моля, количество молекул в капле  $N = N_A \cdot \nu = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,634 \cdot 10^{-12} = 2,188 \cdot 10^{12}$  штук.

2. Рассчитаем объем облака:  $V = 4 \cdot 10 \cdot 25 = 1000 \text{ км}^3 = 10^{12} \text{ м}^3$ . Тогда в одном облаке содержится  $10^{12} \cdot 10^{11} = 10^{23}$  капель. Их общая масса составляет  $10^{23} \cdot 6,542 \cdot 10^{-11} = 6,542 \cdot 10^{12} \text{ г} = 6,542 \cdot 10^6 \text{ тонн}$ . Цифры выглядят пугающе большими, но давайте все же посчитаем толщину слоя.

Такая масса воды в конденсированном состоянии займет объем  $6,542 \cdot 10^{12} \text{ см}^3$ . Прольется она на площадь  $10 \cdot 25 = 250 \text{ км}^2 = 250 \cdot 10^6 \text{ м}^2 = 250 \cdot 10^{10} \text{ см}^2 = 2,50 \cdot 10^{12} \text{ см}^2$ . Средняя толщина слоя составит всего  $6,542 \cdot 10^{12}/2,5 \cdot 10^{12} = 2,62 \text{ см}$  или  $26,2 \text{ мм}$ . То есть, так себе было облачко...

На самом деле количество выпавших осадков (оно измеряется именно толщиной слоя в мм) зависит от множества факторов и сильно увеличивается при движении от края грозы к ее эпицентру.

3. Энергия  $10^8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  соответствует  $3,6 \cdot 10^{11} \text{ кДж}$ . Рассчитаем энергию, выделяющуюся при сгорании 1 кг антрацита. В 1 кг или 1000 г антрацита содержится  $0,96 \cdot 1000 = 960 \text{ г}$  углерода. Его количество  $\nu(\text{C}) = 960/12 = 80 \text{ моль}$ . При его сгорании выделится  $393,5 \cdot 80 = 31480 \text{ кДж}$  тепла. Тогда необходимое количество антрацита составит  $3,6 \cdot 10^{11}/31480 = 1,1436 \cdot 10^7 \text{ кг} = 11436 \text{ тонн}$ , которое уместится в  $11436/60 = 190,6 \approx 191$  железнодорожный вагон. Уравнение реакции:  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ .

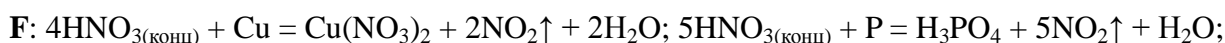
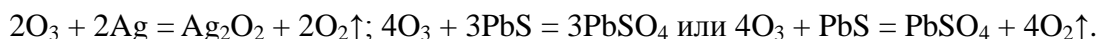
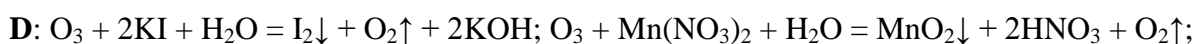
4. Простыми веществами, присутствующими в атмосфере в заметном количестве, являются азот и кислород. Две возможные реакции – взаимодействие азота и кислорода с образованием оксида азота(II) и образование озона из кислорода:



Уравнения вторичных реакций:  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ;  $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ ;  $\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ .

Таким образом, **A** –  $\text{N}_2$  – азот, **B** –  $\text{O}_2$  – кислород, **C** –  $\text{NO}$  – оксид азота(II) или окись азота, **D** –  $\text{O}_3$  – озон, **E** –  $\text{NO}_2$  – оксид азота(IV) или диоксид азота или двуокись азота, **F** –  $\text{HNO}_3$  – азотная кислота, **G** –  $\text{H}_2\text{O}_2$  – пероксид водорода или перекись водорода.

5. Уравнения реакций.

**Система оценивания:**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Расчет количества молекул 2 б (если посчитана только масса микрокапли, то 1 б) | 2 б;  |
| 2. Масса воды в облаке 2 б, толщина слоя 2 б                                      | $2\text{б} + 2\text{б} = 4 \text{ б};$                                    |
| 3. Расчет количества вагонов 2 б  | 2 б;  |
| 4. Формулы <b>A-G</b> по 0,5 б, названия по 0,5 б, уравнения реакций по 1 б       | $(0,5\text{б} + 0,5\text{б}) \cdot 7 + 1\text{б} \cdot 5 = 12 \text{ б};$ |
| 5. Уравнения реакций по 1 б   | $1\text{б} \cdot 7 = 7 \text{ б};$  |

**Всего 27 баллов**

**Задача 2.** (автор В.А. Емельянов).

**1-2. Первый тайм:** 1. Марганец. 2. Цинк. 3. Купорос. 4. Сажа. 5. Алмаз. 6. Зола. 7. Анод. 8. Дырка. 9. Анион. 10. Нос. 11. Сера. 12. Азот. «ГОЛ!!!». 13. Мел. 14. Лёд. 15. Дно. 16. Отгонка. 17. Астат. 18. Тантал. 19. Лантан. 20. Неончик.

**Второй тайм:** 21. Март. 22. Теллур. 23. Радон. 24. Ниобиум. 25. Молоко. «ГОЛ!!!». 26. Олеум. 27. Молибден. 28. Неон. 29. Ниобат. 30. Ток. 31. Кальций. «ГОЛ!!!». 32. Молекула. 33. Аммиак. 34. Катод. «ГОЛ!!!». 35. Лак. 36. Кокс. 37. Сено. 38. Оникс. 39. Сон. 40. Низ. 41. Запас.

3. Итак, наш матч, как и матч «Германия – Гана» на ЧМ-2014 закончился со счетом 2:2.

**Система оценивания:**

1. Верные слова по 0,5 б 0,56\*41 = 20,5 б;  
2. Верно указанные забитые голы по 0,5 б 0,56\*4 = 2 б;  
3. Счет 2:2 1,5 б, любой другой 0 б 1,5 б;

(Если школьник посчитал, что команды после первого тайма поменялись воротами, и у него получился счет 3:1 в пользу Германии, то такой ответ следует оценить в 1,5 балла)

**Всего 24 балла**

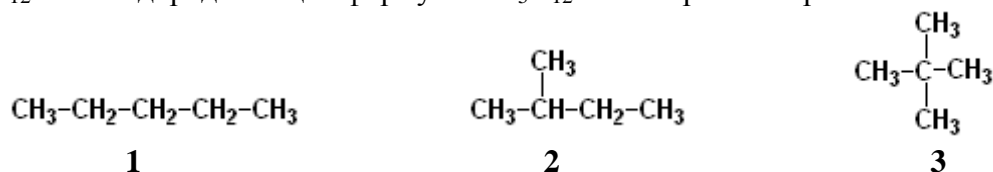
**Задача 3.** (автор А.Ю. Федоров).

1. При полном сгорании углеводорода **X** в избытке кислорода образуются только вода и углекислый газ. Рассчитаем количества образовавшихся веществ:

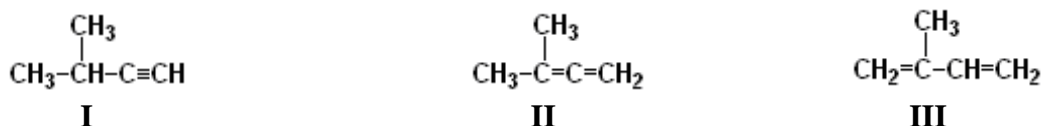
$$v(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}; \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{1 \text{ г/мл} \cdot 7,2 \text{ мл}}{18 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}.$$

В состав соединения **X** входит весь углерод, содержащийся в  $\text{CO}_2$ , и весь водород, перешедший в воду. Следовательно, в углеводород **X** входит 0,5 моль атомов углерода и 0,8 моль атомов водорода.  $v(\text{C}) : v(\text{H}) = 0,5 : 0,8 = 5:8$ . Простейшая формула углеводорода **X** –  $\text{C}_5\text{H}_8$ . Относительная плотность **X** по воздуху не превышает 2,5, следовательно, молярная масса **X** не более 72,5 г/моль. Тогда молекулярная формула соединения **X** –  $\text{C}_5\text{H}_8$ .

2-5. При полном каталитическом гидрировании **X** должен образоваться алкан с пятью атомами углерода. Общая формула алканов –  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ,  $n = 5$ , значит, образуется соединение с молекулярной формулой  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . Углеводород с общей формулой  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  имеет три изомера:

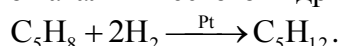


В результате хлорирования при облучении светом изомер **1** образует три монохлорпроизводных (1-хлорпентан, 2-хлорпентан и 3-хлорпентан), изомер **2** – четыре монохлорпроизводных (1-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-3-метилбутан и 1-хлор-3-метилбутан), а изомер **3** – одно (1-хлор-2,2-диметилпропан). Следовательно, продуктом гидрирования является изомер **2**. Тогда возможны три структуры исходного соединения с формулой  $\text{C}_5\text{H}_8$ , не содержащие циклов:



Так как структуры **I** и **II** имеют атомы углерода в sp-гибридизации, то **III** – единственная возможная структура вещества **X**. Название **X** по номенклатуре IUPAC – **2-метилбутадиен-1,3**. Тривиальное название этого соединения – **изопрен**.

6. Запишем уравнение реакции полного каталитического гидрирования изопрена:



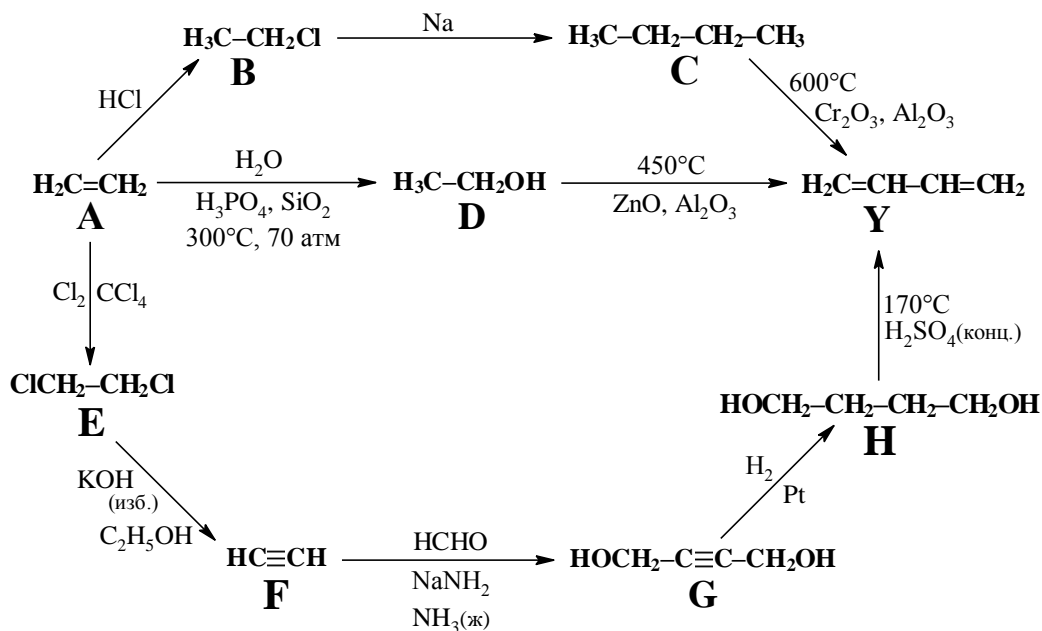
Количество  $\text{C}_5\text{H}_8$ , вступившего в реакцию гидрирования  $v = 15,68/22,4 = 0,7$  моль.

По закону Гесса тепловой эффект реакции гидрирования 1 моль  $C_5H_8$  равен:

$$\Delta_r \bar{Q} = \Delta Q_f(C_5H_{12}) - 2 \Delta Q_f(H_2) - \Delta Q_f(C_5H_8) = 146,44 - 2 \cdot 0 - (-75,73) = 222,17 \text{ кДж/моль.}$$

Тогда тепловой эффект реакции гидрирования 0,7 моль  $C_5H_8$  равен  $0,7 \cdot 222,17 = 155,52 \text{ кДж.}$

7. Структурные формулы неизвестных соединений приведены ниже.



8. Рассчитаем количество этанола, вступившее в реакцию Лебедева:

$$v(C_2H_5OH) = \frac{m_{C_2H_5OH}}{M_{C_2H_5OH}} = \frac{\omega_{C_2H_5OH} \cdot m_{\text{р-ра}}}{M_{C_2H_5OH}} = \frac{\omega_{C_2H_5OH} \cdot \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}}}{M_{C_2H_5OH}} = \frac{0,96 \cdot 800 \text{ г/л} \cdot 500 \text{ л}}{46 \text{ г/моль}} \approx 8348 \text{ моль.}$$

Вычислим количество бутадиена, которое получают из этанола (с учетом выхода  $\eta_1 = 60\%$ ):

$$v_{\text{пр}}(C_4H_6) = \eta_1 \cdot v_{\text{теор}}(C_4H_6) = \eta_1 \cdot \frac{v(C_2H_5OH)}{2} = 0,6 \cdot \frac{8348 \text{ моль}}{2} \approx 2504,4 \text{ моль.}$$

Вычислим количество каучука, получаемое из бутадиена (с учетом выхода  $\eta_2 = 80\%$ ):

$$v_{\text{пр}}((C_4H_6)_n) = \eta_2 \cdot v_{\text{теор}}((C_4H_6)_n) = \eta_2 \cdot \frac{v_{\text{пр}}(C_4H_6)}{n} = 0,8 \cdot \frac{2504,4 \text{ моль}}{n} \approx \frac{2003,5}{n} \text{ моль.}$$

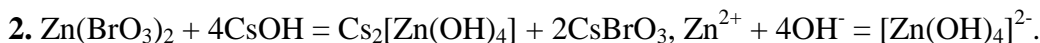
Рассчитаем массу получаемого каучука ( $M((C_4H_6)_n) = 54n \text{ г/моль}$ ):

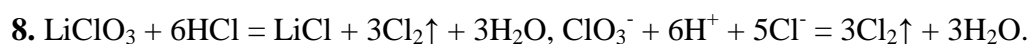
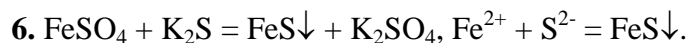
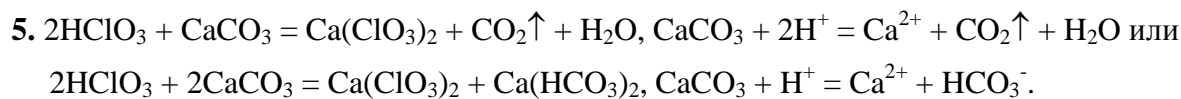
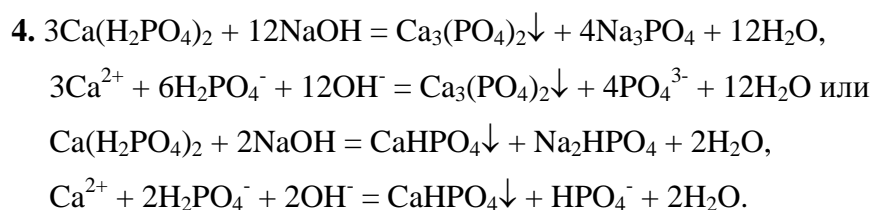
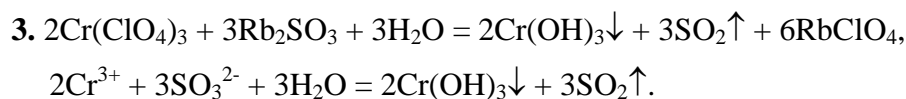
$$m((C_4H_6)_n) = v((C_4H_6)_n) \cdot M((C_4H_6)_n) = \frac{2003,5}{n} \text{ моль} \cdot 54n \text{ г/моль} = 108189 \text{ г} \approx 108,2 \text{ кг.}$$

**Система оценивания:**

1. Молекулярная формула X (с расчетами) 3 б	3 б;
2. Молекулярная формула продукта гидрирования X 1 б	1 б;
3. Структурные формулы изомеров продукта гидрирования X по 1 б	1б*3 = 3 б;
4. Выбор верного изомера 1 б	1 б;
5. Структурная формула X 1 б	1 б;
6. Расчет теплового эффекта гидрирования X 3 б	3 б;
7. Структурные формулы A – H и Y по 1 б	1б*9 = 9 б;
8. Расчет массы каучука 4 б	4 б.
<b>Всего</b>	<b>25 баллов</b>

**Задача 4.** (автор В.А. Емельянов).





**Система оценивания:**

1. Формулы веществ по 0,5 б

2. Уравнения реакций в молекулярной форме по 1 б, ионной по 1 б

0,5б\*16 = 8 б;

(16+16)\*8 = 16 б;

**Всего 24 балла**