**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 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: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$.

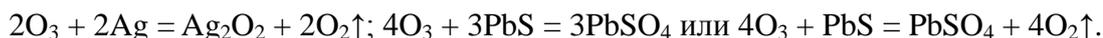
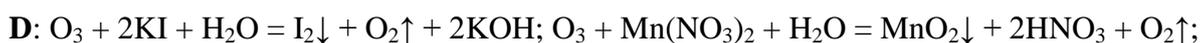
4. Простыми веществами, присутствующими в атмосфере в заметном количестве, являются азот и кислород. Две возможные реакции – взаимодействие азота и кислорода с образованием оксида азота(II) и образование озона из кислорода:



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** – N_2 – азот, **B** – O_2 – кислород, **C** – NO – оксид азота(II) или окись азота, **D** – O_3 – озон, **E** – NO_2 – оксид азота(IV) или диоксид азота или двуокись азота, **F** – HNO_3 – азотная кислота, **G** – H_2O_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 A-G 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

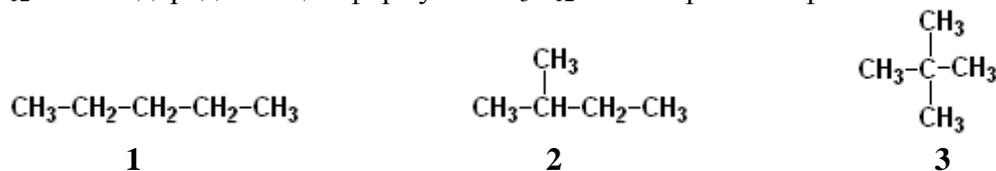
Задача 3. (автор А.Ю. Федоров).

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

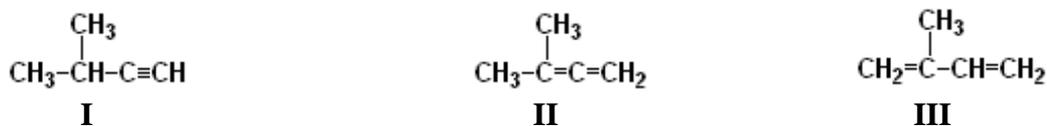
$$v(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}; \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{1 \text{ г/мл} \cdot 7,2 \text{ мл}}{18 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}.$$

В состав соединения **X** входит весь углерод, содержащийся в 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** – C_5H_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** – C_5H_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 C_5H_{12} . Углеводород с общей формулой C_5H_{12} имеет три изомера:

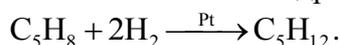


В результате хлорирования при облучении светом изомер **1** образует три монохлорпроизводных (1-хлорпентан, 2-хлорпентан и 3-хлорпентан), изомер **2** – четыре монохлорпроизводных (1-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-3-метилбутан и 1-хлор-3-метилбутан), а изомер **3** – одно (1-хлор-2,2-диметилпропан). Следовательно, продуктом гидрирования является изомер **2**. Тогда возможны три структуры исходного соединения с формулой C_5H_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 C_5H_8 , вступившего в реакцию гидрирования $v = 15,68/22,4 = 0,7$ моль.

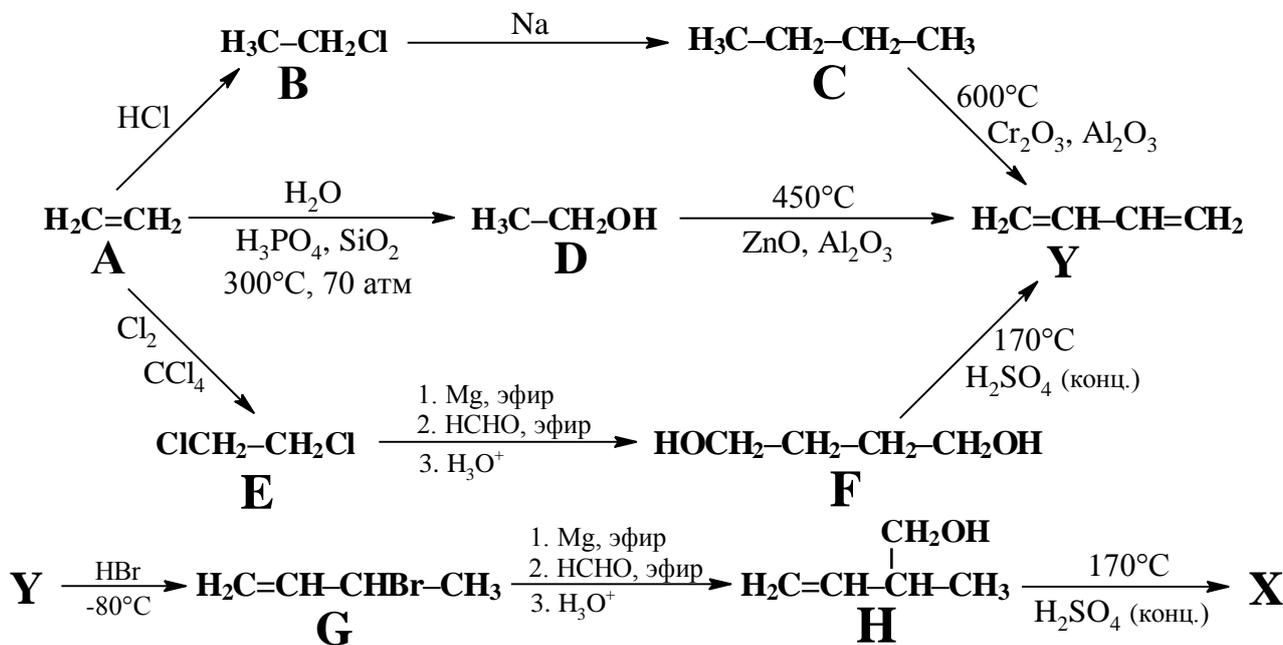
По закону Гесса тепловой эффект реакции гидрирования 1 моль C_5H_8 равен:

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

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

7. Пусть в молекуле натурального каучука содержится n фрагментов C_5H_8 (мономерных звеньев). Молекулярная масса натурального каучука составляет 1 700 000 г/моль, молекулярная масса одного фрагмента C_5H_8 равна 68 г/моль, следовательно, $68n = 1 700 000$. Откуда $n = 25 000$, т.е. в молекуле натурального каучука содержится **25 000 мономерных звеньев.**

8. Структурные формулы неизвестных соединений приведены ниже.



9. Рассчитаем количество этанола, вступившее в реакцию Лебедева:

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

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

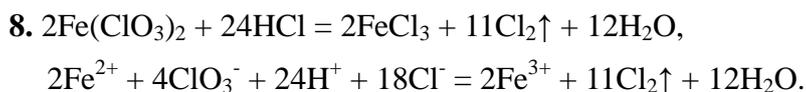
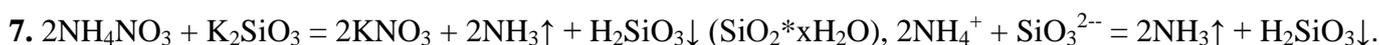
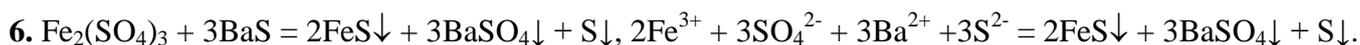
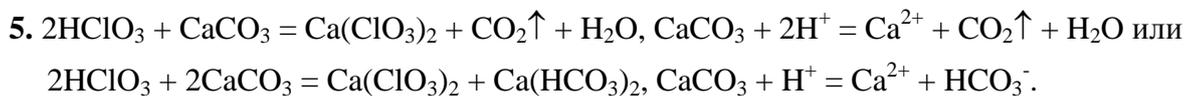
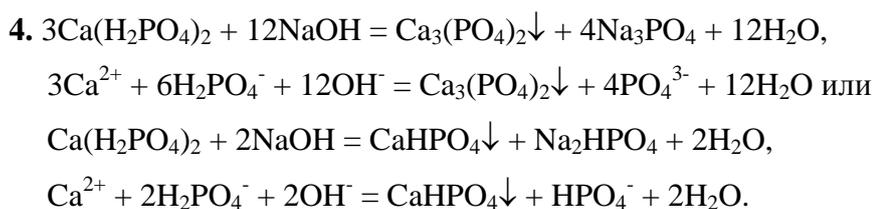
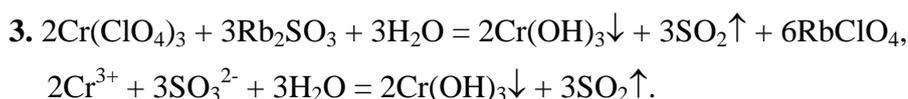
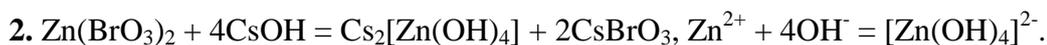
$$m((C_4H_6)_n) = v((C_4H_6)_n) \cdot M((C_4H_6)_n) = \frac{2003,5}{n} \text{ моль} \cdot 54n \text{ г/моль} = 108189 \text{ г} \approx \mathbf{108,2 \text{ кг.}}$$

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. Оценка числа мономерных звеньев 1 б | 1 б; |
| 8. Структурные формулы A – H и Y по 1 б | 1б*9 = 9 б; |
| 9. Расчет массы каучука 3 б | 3 б. |

Всего 25 баллов

Задача 4. (автор В.А. Емельянов).



Система оценивания:

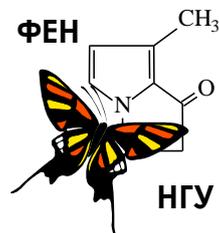
1. Формулы веществ по 0,5 б

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

**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 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: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$.

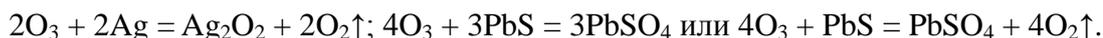
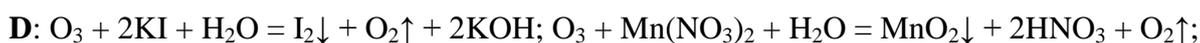
4. Простыми веществами, присутствующими в атмосфере в заметном количестве, являются азот и кислород. Две возможные реакции – взаимодействие азота и кислорода с образованием оксида азота(II) и образование озона из кислорода:



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** – N_2 – азот, **B** – O_2 – кислород, **C** – NO – оксид азота(II) или окись азота, **D** – O_3 – озон, **E** – NO_2 – оксид азота(IV) или диоксид азота или двуокись азота, **F** – HNO_3 – азотная кислота, **G** – H_2O_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 A-G 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

$$0,56 \cdot 41 = 20,5 \text{ б};$$

2. Верно указанные забитые голы по 0,5 б

$$0,56 \cdot 4 = 2 \text{ б};$$

3. Счет 2:2 1,5 б, любой другой 0 б

$$1,5 \text{ б};$$

(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

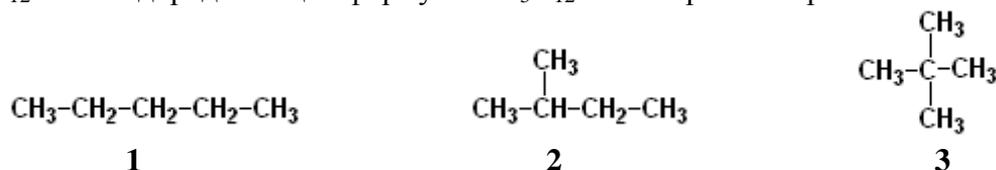
Задача 3. (автор А.Ю. Федоров).

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

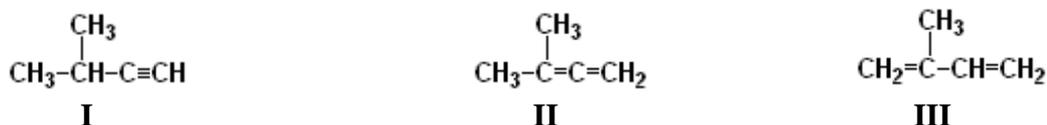
$$v(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}; \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{1 \text{ г/мл} \cdot 7,2 \text{ мл}}{18 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}.$$

В состав соединения **X** входит весь углерод, содержащийся в 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** – C_5H_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** – C_5H_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 C_5H_{12} . Углеводород с общей формулой C_5H_{12} имеет три изомера:

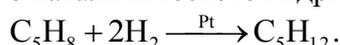


В результате хлорирования при облучении светом изомер **1** образует три монохлорпроизводных (1-хлорпентан, 2-хлорпентан и 3-хлорпентан), изомер **2** – четыре монохлорпроизводных (1-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-3-метилбутан и 1-хлор-3-метилбутан), а изомер **3** – одно (1-хлор-2,2-диметилпропан). Следовательно, продуктом гидрирования является изомер **2**. Тогда возможны три структуры исходного соединения с формулой C_5H_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:



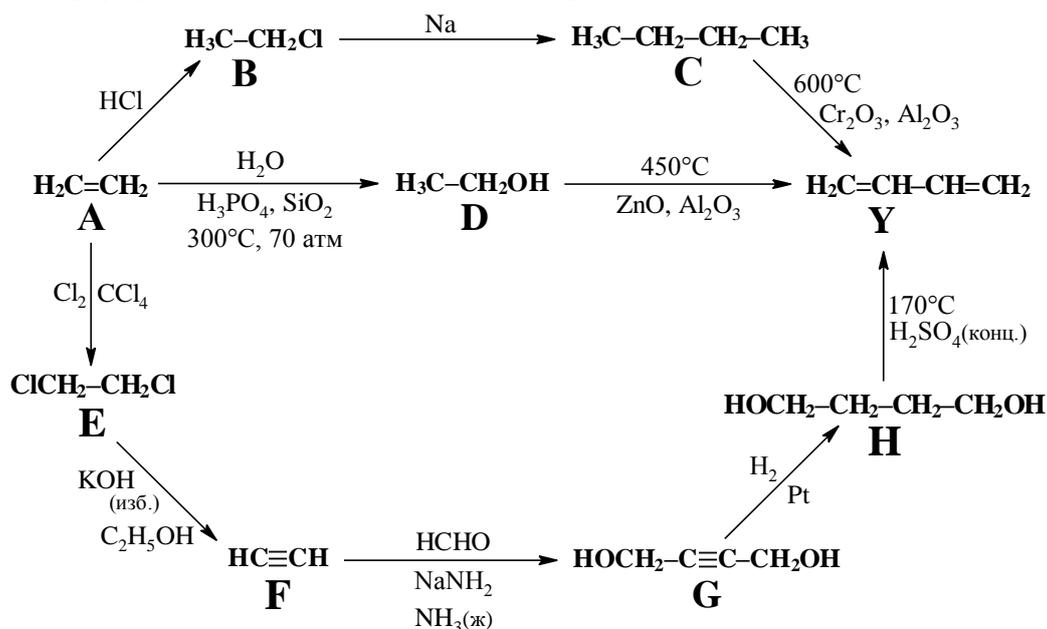
Количество C_5H_8 , вступившего в реакцию гидрирования $v = 15,68/22,4 = 0,7$ моль.

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:

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

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 $\eta_2 = 80\%$):

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

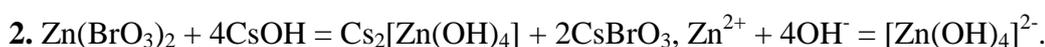
Рассчитаем массу получаемого каучука ($M((C_4H_6)_n) = 54n \text{ г/моль}$):

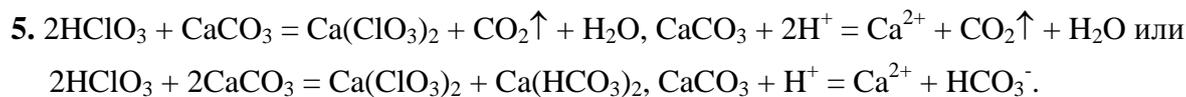
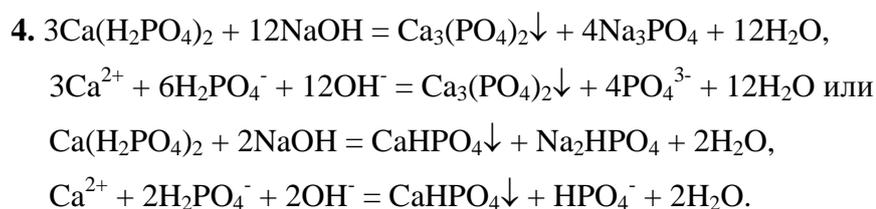
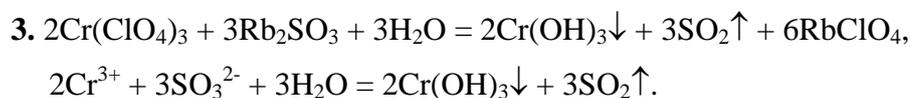
$$m((C_4H_6)_n) = v((C_4H_6)_n) \cdot M((C_4H_6)_n) = \frac{2003,5}{n} \text{ моль} \cdot 54n \text{ г/моль} = 108189 \text{ г} \approx 108,2 \text{ кг.}$$

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.
Всего	25 баллов

Задача 4. (автор В.А. Емельянов).





Система оценивания:

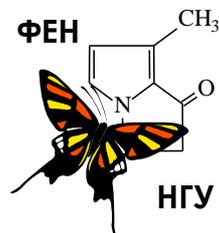
1. Формулы веществ по 0,5 б

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

**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 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.

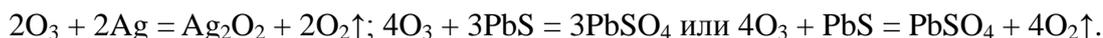
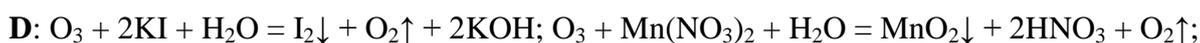
4. Простыми веществами, присутствующими в атмосфере в заметном количестве, являются азот и кислород. Две возможные реакции – взаимодействие азота и кислорода с образованием оксида азота(II) и образование озона из кислорода:



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** – N_2 – азот, **B** – O_2 – кислород, **C** – NO – оксид азота(II) или окись азота, **D** – O_3 – озон, **E** – NO_2 – оксид азота(IV) или диоксид азота или двуокись азота, **F** – HNO_3 – азотная кислота, **G** – H_2O_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 | 2б+2б = 4 б; |
| 3. Расчет количества вагонов 2 б | 2 б; |
| 4. Формулы A-G по 0,5 б, названия по 0,5 б, уравнения реакций по 1 б | (0,5б+0,5б)*7+1б*5 = 12 б; |
| 5. Уравнения реакций по 1 б | 1б*7 = 7 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 0,5б*41 = 20,5 б;
2. Верно указанные забитые голы по 0,5 б 0,5б*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.В. Задесенец).

1. а) можно/нужно выполнять при работе в лаборатории: нюхать, смотреть, нагревать, охлаждать, надевать халат, взвешивать перед растворением, думать, лить концентрированную кислоту в воду, мыть посуду, задавать вопросы преподавателю, мыть руки с мылом.

б) нельзя совершать ни в коем случае: пробовать на вкус, брать реактивы руками, затягивать растворы в пипетку ртом, есть, пить, выливать в раковину растворы кислот, высыпать обратно в банку неиспользованный реактив, залезать в вытяжной шкаф с головой, лить воду в концентрированную кислоту.

2. Заполненная таблица с верным сопоставлением пунктов.

1	2
попадание на кожу концентрированной кислоты	промыть большим количеством воды, обработать 2% раствором пищевой соды
попадание на кожу концентрированной щелочи	промыть большим количеством воды, обработать 2% раствором борной или уксусной кислоты
попадание на кожу брома	промыть водой и 10% раствором тиосульфата натрия
отравление хлором	выйти на свежий воздух
пролив ртути	собрать все видимые капли ватным тампоном, поверхность обработать раствором хлорного железа или подкисленной соляной кислотой перманганата калия, долгое время проветривать помещение
возгорание ЛВЖ	позвонить 01, выключить вентиляцию, использовать углекислотный огнетушитель

3. Серная кислота – H_2SO_4 , натриевая щелочь – $NaOH$, бром – Br_2 , хлор – Cl_2 , ртуть – Hg , питьевая сода – $NaHCO_3$, борная кислота – H_3BO_3 , уксусная кислота – CH_3COOH ($H_4C_2O_2$), тиосульфат натрия – $Na_2S_2O_3$, хлорное железо – $FeCl_3$, соляная кислота – HCl , перманганат калия – $KMnO_4$, вода – H_2O .

4. Внутри углекислотного огнетушителя находится жидкий углекислый газ (диоксид, двуокись углерода, CO_2), который закачивается в огнетушитель под давлением 5,7 МПа при $T = 20^\circ C$. После срабатывания запорно-пускового устройства (нажатия на рычаг) жидкий углекислый газ выходит наружу, где частично испаряется. Процесс испарения сопровождается резким понижением температуры (до минус $70^\circ C$), в результате чего оставшийся углекислый газ переходит из сжиженного состояния в твердое (снегообразное). Огнетушащее действие основано на охлаждении

зоны горения и разбавлении горючей газовой среды негорючим веществом до концентраций, при которых происходит прекращение реакции горения.

5. Уравнения реакций: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2\uparrow$; $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]$; $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{S}\downarrow + 2\text{HBr} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ или $\text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{S}\downarrow + 2\text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ или $\text{Br}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{изб.}) = 2\text{S}\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{NaBr} + \text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{Hg} + 2\text{FeCl}_3 = \text{HgCl}_2 + 2\text{FeCl}_2$; $5\text{Hg} + 2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 5\text{HgCl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

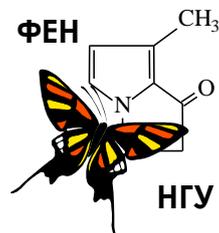
1. Верное отнесение по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б) (Если получается отрицательное значение, то в целом за п. 1 ставится 0 б);	0,5б*20 = 10 б;
2. Верное соответствие по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б) (Если получается отрицательное значение, то в целом за п. 2 ставится 0 б);	0,5б*6 = 3 б;
3. Формулы веществ по 0,5 б	0,5б*13 = 6,5 б;
4. Углекислый газ 1 б, жидкий 0,5 б	1б+0,5б = 1,5 б;
5. Уравнения реакций по 1 б	1б*7 = 7 б;
Всего	28 баллов

Задача 4. (автор В.А. Емельянов).

- $\text{MnO}_2 + 4\text{HI} = \text{MnI}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{I}^- = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
- $\text{Zn}(\text{BrO}_3)_2 + 4\text{CsOH} = \text{Cs}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{CsBrO}_3$, $\text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$.
- $2\text{Cr}(\text{ClO}_4)_3 + 3\text{Rb}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{RbClO}_4$,
 $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$.
- $3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 12\text{NaOH} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 4\text{Na}_3\text{PO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$,
 $3\text{Ca}^{2+} + 6\text{H}_2\text{PO}_4^- + 12\text{OH}^- = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 4\text{PO}_4^{3-} + 12\text{H}_2\text{O}$ или
 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{NaOH} = \text{CaHPO}_4\downarrow + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{OH}^- = \text{CaHPO}_4\downarrow + \text{HPO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$.
- $2\text{HClO}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ или
 $2\text{HClO}_3 + 2\text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$.
- $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{S} = \text{FeS}\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4$, $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{FeS}\downarrow$.
- $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.
- $2\text{LiOH} + \text{SO}_2 = \text{Li}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $2\text{OH}^- + \text{SO}_2 = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. Формулы веществ по 0,5 б	0,5б*16 = 8 б;
2. Уравнения реакций в молекулярной форме по 1 б, ионной по 1 б	(1б+1б)*8 = 16 б;
Всего	24 балла

**Задача 1.** (автор М.М. Быков).

1. Радиус микрокапли $r = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$. 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 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** – N_2 – азот, **B** – O_2 – кислород, **C** – NO – оксид азота(II) или окись азота, **D** – O_3 – озон, **E** – NO_2 – оксид азота(IV) или диоксид азота или двуокись азота, **F** – HNO_3 – азотная кислота, **G** – H_2O_2 – пероксид водорода или перекись водорода.

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, уравнение реакции 1 б | $2\text{б} + 1\text{б} = 3 \text{ б};$ |
| 4. Формулы A-G по 0,5 б, названия по 0,5 б, уравнения реакций по 1 б | $(0,5\text{б} + 0,5\text{б}) \cdot 7 + 1\text{б} \cdot 5 = 12 \text{ б};$ |
| | Всего 21 балл |

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 0,5б*41 = 20,5 б;
 2. Верно указанные забитые голы по 0,5 б 0,5б*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.В. Задесенец).

1. а) можно/нужно выполнять при работе в лаборатории: нюхать, смотреть, нагревать, охлаждать, надевать халат, взвешивать перед растворением, думать, лить концентрированную кислоту в воду, мыть посуду, задавать вопросы преподавателю, мыть руки с мылом.

б) нельзя совершать ни в коем случае: пробовать на вкус, брать реактивы руками, затягивать растворы в пипетку ртом, есть, пить, выливать в раковину растворы кислот, высыпать обратно в банку неиспользованный реактив, залезать в вытяжной шкаф с головой, лить воду в концентрированную кислоту.

2. Заполненная таблица с верным сопоставлением пунктов.

1	2
попадание на кожу концентрированной кислоты	промыть большим количеством воды, обработать 2% раствором пищевой соды
попадание на кожу концентрированной щелочи	промыть большим количеством воды, обработать 2% раствором борной или уксусной кислоты
попадание на кожу брома	промыть водой и 10% раствором тиосульфата натрия
отравление хлором	выйти на свежий воздух
пролив ртути	собрать все видимые капли ватным тампоном, поверхность обработать раствором хлорного железа или подкисленного соляной кислотой перманганата калия, долгое время проветривать помещение
возгорание ЛВЖ	позвонить 01, выключить вентиляцию, использовать углекислотный огнетушитель

3. Серная кислота – H_2SO_4 , натриевая щелочь – $NaOH$, бром – Br_2 , хлор – Cl_2 , ртуть – Hg , питьевая сода – $NaHCO_3$, борная кислота – H_3BO_3 , уксусная кислота – CH_3COOH ($H_4C_2O_2$), тиосульфат натрия – $Na_2S_2O_3$, хлорное железо – $FeCl_3$, соляная кислота – HCl , перманганат калия – $KMnO_4$, вода – H_2O .

4. Внутри углекислотного огнетушителя находится жидкий углекислый газ (диоксид, двуокись углерода, CO_2), который закачивается в огнетушитель под давлением 5,7 МПа при $T = 20^\circ C$. После срабатывания запорно-пускового устройства (нажатия на рычаг) жидкий углекислый газ выходит наружу, где частично испаряется. Процесс испарения сопровождается резким понижением температуры (до минус $70^\circ C$), в результате чего оставшийся углекислый газ переходит из сжиженного состояния в твердое (снегообразное). Огнетушащее действие основано на охлаждении зоны горения и разбавлении горючей газовой среды негорючим веществом до концентраций, при которых происходит прекращение реакции горения.

Система оценивания:

1. Верное отнесение по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б) 0,5б*20 = 10 б;
 (Если получается отрицательное значение, то в целом за п. 1 ставится 0 б);
 2. Верное соответствие по 0,5 б (неверное – штраф минус 0,5 б) 0,5б*6 = 3 б;
 (Если получается отрицательное значение, то в целом за п. 2 ставится 0 б);
 3. Формулы веществ по 0,5 б 0,5б*13 = 6,5 б;
 4. Углекислый газ 1 б, жидкий 0,5 б 1б+0,5б = 1,5 б;
Всего 21 балл