

Задания, решения и критерии оценивания отборочного этапа Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии 2015/16 гг

Теоретический тур

8 класс I вариант

1. Если объединить все формулы, выражающие количество вещества, получается следующее выражение (которое, к сожалению, не приводят в школьных учебниках в полной форме):

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{m}{M} \left(= \frac{V}{V_m} = \frac{pV}{RT} \right) \text{ для газов}$$

n – количество вещества (моль), N – число атомов/молекул (шт.), N_a – число Авогадро, m – масса (г), M – молярная масса (г/моль), V – объем газа (л), V_m – молярный объем идеального газа (22,4 л/моль), p – давление (кПа), R – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/(моль*К)), T – абсолютная температура (К).

- 1) Каков физический смысл отношения молярной массы к молярному объему?
- 2) Рассчитайте количество атомов гелия в шарике объемом 2 литра, находящемся при н.у. (101,325 кПа, 0 °С (273,15 К)). Как изменится *общее* число атомов, если гелий заменить водородом?

Решение:

1) По свойству пропорции: $M \cdot V = m \cdot V_m$. Откуда получается $M/V_m = m/V$, или отношение массы к объёму, т.е. физический смысл отношения молярной массы к молярному объёму – это плотность газа (2 балла).

2) Количество вещества гелия: $n = p \cdot V / (R \cdot T)$. Подставляя численные значения, получаем $n = 101,325 \cdot 2 / (8,31 \cdot 273,15) = 0,08928$ (моль). Тогда число атомов гелия $N = n \cdot N_a = 0,08928 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 5,37 \cdot 10^{22}$ (2 балла).

3) При одинаковом количестве вещества число атомов водорода удвоится, т.к. водород H_2 – двухатомная молекула (1 балл).

Итого: 5 баллов

2. В лабораторию поступил образец смеси углерода и алюминия. Образец сожгли, при этом образовалось 44 г CO_2 и 204 г Al_2O_3 .

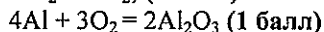
- 1) Укажите, к каким классам относятся упомянутые в задаче вещества.
- 2) Напишите уравнения приведенных в задаче химических реакций. Рассчитайте массовую долю (в процентах) алюминия в исходной смеси.

Решение:

1) Классы веществ:

- углерод – простое вещество, неметалл; (0.25 балла)
- алюминий – простое вещество, металл; (0.25 балла)
- оксид углерода (IV) – кислотный оксид; (0.25 балла)
- оксид алюминия – амфотерный оксид; (0.25 балла)

2) $C + O_2 = CO_2$; (1 балл)



3) Рассчитаем массы исходных веществ:

$$n(CO_2) = m(CO_2) / M(CO_2) = 44 / 44 = 1 \text{ (моль)}$$

Из уравнения реакции следует, что $n(C) = n(CO_2) = 1$ (моль).

$$\text{Масса углерода } m(C) = n(C) \cdot M(C) = 1 \cdot 12 = 12 \text{ (г)}$$

$$n(Al_2O_3) = m(Al_2O_3) / M(Al_2O_3) = 204 / 102 = 2 \text{ (моль)}$$

Из уравнения реакции следует, что $n(Al) = 2 \cdot n(Al_2O_3) = 4$ (моль).

$$\text{Масса алюминия } m(Al) = n(Al) \cdot M(Al) = 4 \cdot 27 = 108 \text{ (г)}$$

$$\text{Масса смеси равняется } 12 + 108 = 120 \text{ (г)}$$

$$\text{Массовая доля алюминия } (108 / 120) \cdot 100\% = 90\% \text{ (2 балла)}$$

Итого: 5 баллов

3. Кислород в природе представлен тремя стабильными изотопами с массовыми числами 16, 17, 18; водород – двумя с массовыми числами 1 и 2. Сколько видов молекул, различающихся по изотопному составу (изотопомеров) может содержать вода? Вычислите количество молекул $^1H^2H^{17}O$ в 200 мл воды, если содержание этого изотомера в воде составляет 0,000134998 г/кг (плотность воды считайте равной 1,00 г/мл).

Решение:

Всего существует 9 типов молекул воды: $^1H_2^{16}O$, $^2H_2^{16}O$, $^1H_2^{17}O$, $^2H_2^{17}O$, $^1H_2^{18}O$, $^2H_2^{18}O$, $^1H^2H^{16}O$, $^1H^2H^{17}O$, $^1H^2H^{18}O$.

$$m(^1H^2H^{17}O) = 0,000134998 \cdot 0,2 = 0,0000269996 \text{ г;}$$

$$v = m/M = N/N_a, N(^1H^2H^{17}O) = mN_a/M = 0,0000269996 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 20 = 8,13 \cdot 10^{17}$$

Рекомендации к оцениванию:

1) Формулы 9 типов молекул воды (правильное число без комментариев - 1 балл) = 3 балла

2) Расчет количества $^1H^2H^{17}O$ = 2 балла

ИТОГО

5 баллов

4. Для внешнераневой подкормки овощных культур используют различные препараты. Так, для повышения устойчивости некоторых растений к заболеваниям в определенный период их опрыскивают раствором борной

кислоты H_3BO_3 из расчета 4 л 0,015%-ного раствора на $1 м^2$. Вычислите количество борной кислоты (в моль), необходимое для обработки $40 м^2$ насаждений.

Решение:

Необходимый объем раствора $V = 40 \cdot 4 = 160$ л; поскольку раствор очень разбавленный, то можно считать его плотность равной 1 г/мл, тогда $m(H_3BO_3) = 160 \cdot 0,00015 = 0,024$ кг = 24 г. $M(H_3BO_3) = 60$ г/моль. $n(H_3BO_3) = 24/60 = 0,4$ моль.

Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------|
| 1) Объем раствора | | = 1 балл |
| 2) Масса H_3BO_3 | = 2 балла | |
| 2) Количество H_3BO_3 | | = 2 балла |
| ИТОГО | | 5 баллов |

5. Расставьте коэффициенты в приведенных ниже схемах химических реакций и установите соответствие между схемой реакции (левый столбец) и суммой коэффициентов (правый столбец).

| | |
|---|--------|
| (1) $P + O_2 \rightarrow P_2O_5$ | (а) 5 |
| (2) $Na + Cl_2 \rightarrow NaCl$ | (б) 6 |
| (3) $H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$ | (в) 7 |
| (4) $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$ | (г) 11 |
| (5) $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$ | (д) 15 |

Решение:

| |
|---------|
| (1)-(г) |
| (2)-(а) |
| (3)-(б) |
| (4)-(д) |
| (5)-(в) |

За каждое правильное соответствие 1 балл (Итого: 5 баллов)

8 класс II вариант

1. Если объединить все формулы, выражающие количество вещества, получается следующее выражение (которое, к сожалению, не приводят в школьных учебниках в полной форме):

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{m}{M} \left(= \frac{V}{V_m} = \frac{pV}{RT} \right) \text{ для газов}$$

n – количество вещества (моль), N – число атомов/молекул (шт.), N_a – число Авогадро, m – масса (г), M – молярная масса (г/моль), V – объем газа (л), V_m – молярный объем идеального газа (22,4 л/моль), p – давление (кПа), R – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/(моль*К)), T – абсолютная температура (К).

1) Каков физический смысл отношения молярной массы к числу Авогадро?

2) Рассчитайте количество атомов неона в шарике объемом 5 литров, находящемся при н.у. (101,325 кПа, 0 °C (273,15 К)). Как изменится общее число атомов, если неон заменить кислородом?

Решение:

1) По свойству пропорции: $M \cdot N = m \cdot N_a$. Откуда получается $M/N_a = m/N$, или отношение массы к числу частиц, т.е. физический смысл отношения молярной массы к числу Авогадро – это масса одной частицы (атома, молекулы) (2 балла).

2) Количество вещества неона: $n = p \cdot V / (R \cdot T)$. Подставляя численные значения, получаем $n = 101,325 \cdot 5 / (8,31 \cdot 273,15) = 0,22319$ (моль). Тогда число атомов неона $N = n \cdot N_a = 0,22319 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,34 \cdot 10^{23}$ (2 балла).

3) При одинаковом количестве вещества число атомов кислорода удвоится, т.к. кислород O_2 – двухатомная молекула (1 балл).

Итого: 5 баллов

2. В лабораторию поступил образец смеси серы и магния. Образец сожгли, при этом образовалось 64 г SO_2 и 80 г MgO .

1) Укажите, к каким классам относятся упомянутые в задаче вещества.

2) Напишите уравнения приведенных в задаче химических реакций. Рассчитайте массовую долю (в процентах) магния в исходной смеси.

Решение:

4) Классы веществ:

- сера – простое вещество, неметалл; (0.25 балла)
- магний – простое вещество, металл; (0.25 балла)
- оксид серы (IV) – кислотный оксид; (0.25 балла)
- оксид магния – основной оксид; (0.25 балла)

5) $S + O_2 = SO_2$; (1 балл)

$2Mg + O_2 = 2MgO$ (1 балл)

6) Рассчитаем массы исходных веществ:

$n(SO_2) = m(SO_2) / M(SO_2) = 64 / 64 = 1$ (моль).

Из уравнения реакции следует, что $n(S) = n(SO_2) = 1$ (моль).

Масса серы $m(S) = n(S) \cdot M(S) = 1 \cdot 32 = 32$ (г).

$n(MgO) = m(MgO) / M(MgO) = 80 / 40 = 2$ (моль).

Из уравнения реакции следует, что $n(Mg) = n(MgO) = 2$ (моль).

Масса магния $m(Mg) = n(Mg) \cdot M(Mg) = 2 \cdot 24 = 48$ (г).

Масса смеси равняется $32 + 48 = 80$ (г).

Массовая доля магния $(48/80) \cdot 100\% = 60\%$ (2 балла)

Итого: 5 баллов

3. Кислород в природе представлен тремя стабильными изотопами с массовыми числами 16, 17, 18; водород – двумя с массовыми числами 1 и 2. Сколько видов молекул, различающихся по изотопному составу (изотопомеров) может содержать вода? Вычислите количество молекул ${}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{18}\text{O}$ в 300 мл воды, если содержание этого изотомера в воде составляет 0,000728769 г/кг (плотность воды считайте равной 1,00 г/мл).

Решение:

Всего существует 9 типов молекул воды: ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$, ${}^2\text{H}_2{}^{16}\text{O}$, ${}^1\text{H}_2{}^{17}\text{O}$, ${}^2\text{H}_2{}^{17}\text{O}$, ${}^1\text{H}_2{}^{18}\text{O}$, ${}^2\text{H}_2{}^{18}\text{O}$, ${}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{16}\text{O}$, ${}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{17}\text{O}$, ${}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{18}\text{O}$.

$m({}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{18}\text{O}) = 0,000728769 \cdot 0,3 = 0,0002186307$ г;

$\nu = m/M = N/N_A$, $N({}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{18}\text{O}) = mN_A/M = 0,0002186307 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 21 = 6,27 \cdot 10^{18}$.

Рекомендации к оцениванию:

1) Формулы 9 типов молекул воды (правильное число без комментариев - 1 балл) = 3 балла

2) Расчет количества ${}^1\text{H}{}^2\text{H}{}^{18}\text{O}$ = 2 балла

ИТОГО

5 баллов

4. Для внекорневой подкормки овощных культур используют различные препараты. Так, для повышения устойчивости некоторых растений к заболеваниям в определенный период их опрыскивают раствором борной кислоты H_3BO_3 из расчета 6 л 0,010%-ного раствора на 1 м^2 . Вычислите количество борной кислоты (в моль), необходимое для обработки 50 м^2 насаждений.

Решение:

Необходимый объем раствора $V = 50 \cdot 6 = 300$ л; поскольку раствор очень разбавленный, то можно считать его плотность равной 1 г/мл, тогда $m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 300 \cdot 0,0001 = 0,03$ кг = 30 г. $M(\text{H}_3\text{BO}_3) = 60$ г/моль. $n(\text{H}_3\text{BO}_3) = 30/60 = 0,5$ моль.

Рекомендации к оцениванию:

1) Объем раствора = 1 балл

2) Масса H_3BO_3 = 2 балла

2) Количество H_3BO_3 = 2 балла

ИТОГО

5 баллов

5. Расставьте коэффициенты в приведенных ниже схемах химических реакций и установите соответствие между схемой реакции (левый столбец) и суммой коэффициентов (правый столбец).

| | |
|---|--------|
| (1) $\text{P} + \text{S} \rightarrow \text{P}_2\text{S}_3$ | (а) 4 |
| (2) $\text{Ba} + \text{O}_2 \rightarrow \text{BaO}$ | (б) 5 |
| (3) $\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Li}_3\text{N}$ | (в) 6 |
| (4) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ | (г) 9 |
| (5) $\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$ | (д) 19 |

Решение:

| |
|---------|
| (1)-(в) |
| (2)-(б) |
| (3)-(г) |
| (4)-(д) |
| (5)-(а) |

За каждое правильное соответствие 1 балл (Итого: 5 баллов)