

ОЗОНИРОВАННЫЙ КИСЛОРОД: НОВЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ

Пашуто Елена Николаевна
Ермолаев Ян Николаевич

Аннотация. В статье приводятся способы решения расчетных задач на озонирующие смеси, приведены примеры решения конкретных задач, направленные на помощь начинающим участникам олимпиадного движения, а также способствующие успешной подготовке к сдаче централизованного тестирования по химии.

Задачи на озонирующие смеси входят в раздел, представленный в ряде пособий под названием «Нестандартные задачи». Будучи разновидностью задач на газовые смеси, нередко встречаются в заданиях олимпиад различных уровней и части В централизованного тестирования по химии. Некоторые учащиеся во время испытания даже не приступают к решению таких задач, считая, что просто потеряют драгоценное время.

Анализ решения подобных задач при сдаче централизованного тестирования показывает, что многие абитуриенты испытывают затруднения при выполнении этих заданий. В ряде учебных пособий по подготовке (А.И. Врублевский, А.В. Ермак и др. [1; 2; 3; 4] приводятся примеры решения задач на газовые смеси стандартным способом через использование программных приемов, но при этом факт ошибочного выполнения остается фактом. Специфика решения, требующая гибкости мышления, создает актуальную на сегодня проблему поиска новых путей.

Представленный в публикации способ является авторским подходом Я. Ермолаева к решению задач на озонирующие смеси. Метод уже прошел апробацию в родной гимназии, получил одобрение и положительные отзывы со стороны ребят, изучающих предмет на повышенном уровне. Анализ показал, что освоение способа позволило повысить процент учащихся, успешно справляющихся с решением подобных задач, с 20% до 75%.

Способ представляет собой систему последовательных шагов.

Шаг 1. Так как в задаче речь идет о газовой смеси, необходимо рассчитать ее молярную массу, значение которой лежит в промежутке между молярными массами компонентов – больше 32 г/моль, но меньше 48 г/моль.

Шаг 2. В нашей смеси нет O_2 и O_3 в прямом понимании! Есть молекулы состава O_x , где x принимает значения больше 2, но меньше 3. Например, $O_{2,35}$. На это значение выходим, суммируя число атомов элемента в составе обеих молекул с учетом мольных долей.

Шаг 3. Молекулы O_x участвуют в окислении реагентов. При расстановке коэффициентов число атомов кислорода в правой части химического уравнения делим на значение x и выводим в качестве коэффициента перед формулой O_x . Заметим, часто в уравнениях (схемах) коэффициенты будут нецелочисленными, при желании их можно довести до целого числа.

Итак, рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. Смесь углеводородов массой 240 г с $w(C) = 80\%$ окислили озонированным кислородом, содержащим 9% озона по объему. Определите объем использованного озонированного кислорода.

Решение:

$$m(C) = m(\text{смеси}) \times w(C) = 240 \text{ г} \times 0,8 = 192 \text{ г}$$

$$n(C) = 192 \text{ г} / 12 \text{ г/моль} = 16 \text{ моль}$$

$$m(H) = m(\text{смеси}) - m(C) = 240 \text{ г} - 192 \text{ г} = 48 \text{ г}$$

$$n(H) = 48 \text{ г} / 1 \text{ г/моль} = 48 \text{ моль}$$

$$n(C) / n(H) = 16 / 48 = 1 / 3$$

$$\chi(O_3) = 0,09$$

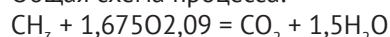
$$\chi(O_2) = 1 - 0,09 = 0,91$$

$$3 \times 0,09 + 2 \times 0,91 = 2,09$$

Искомая формула – $O_{2,09}$.

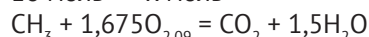
Исходя из ранее проделанных расчетов, формулу смеси углеводородов можно представить, как CH_3 .

Общая схема процесса:



$$n(CH_3) = m(CH_3) / M(CH_3) = 240 \text{ г} / 15 \text{ г/моль} = 16 \text{ моль}$$

$$16 \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$



$$1 \text{ моль} \quad 1,675 \text{ моль}$$

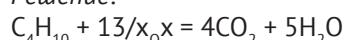
$$n(O_{2,09}) = x = 26,8 \text{ моль}$$

$$V(O_{2,09}) = n(O_{2,09}) \times V_m = 26,8 \text{ моль} \times 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 600,32 \text{ дм}^3$$

$$\text{Ответ: } 600,32 \text{ дм}^3$$

Задача 2. Для полного окисления бутана объемом 28 дм³ потребуется 168 дм³ озонированного кислорода. Установите объемную долю O_3 (в %) в озонированном кислороде.

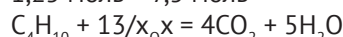
Решение:



$$n(C_4H_{10}) = V(C_4H_{10}) / V_m = 28 \text{ дм}^3 / 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 1,25 \text{ моль}$$

$$n(O_x) = V(O_x) / V_m = 168 \text{ дм}^3 / 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 7,5 \text{ моль}$$

$$1,25 \text{ моль} \quad 7,5 \text{ моль}$$



$$1 \text{ моль} \quad 13/x \text{ моль}$$

$$1,25 \times 13/x = 7,5$$

$$x = 2,167$$

Искомая формула – $O_{2,167}$.

$$\chi(O_3) = y$$

$$\chi(O_2) = 1 - y$$

$$3y + 2(1 - y) = 2,167$$

$$y = 0,167$$

$$\phi(O_3) = \chi(O_3) = 0,167 = 16,7\%$$

$$\text{Ответ: } 16,7\%$$

Задача 3. В смеси кислорода и озона $w(O_2) : w(O_3) =$

2,667. Рассчитайте, какой объем такой смеси потребуется для полного окисления порции циклопропана, в атомах которой содержится $6,45 \times 10^{24}$ электронов.

Решение:

Пусть $m(O_3) = 100$ г, тогда $m(O_2) = 266,7$ г.

$n(O_3) = m(O_3) : M(O_3) = 100 \text{ г} / 48 \text{ г/моль} = 2,083$ моль

$n(O_2) = m(O_2) / M(O_2) = 266,7 \text{ г} / 32 \text{ г/моль} =$

8,334 моль

$\Sigma n(O_2, O_3) = 2,083 \text{ моль} + 8,334 \text{ моль} = 10,417$ моль

$\chi(O_3) = 2,083 \text{ моль} / 10,417 \text{ моль} = 0,2$

$\chi(O_2) = 1 - 0,2 = 0,8$

$3 \times 0,2 + 2 \times 0,8 = 2,2$

Искомая формула – $O_{2,2}$.

$n(\ddot{e}) = N(\ddot{e}) / N_A = 6,45 \times 10^{24} / 6,02 \times 10^{23} =$
10,714 моль

1 моль C_3H_6 – 24 моль \ddot{e}

$n(C_3H_6) = 10,714 / 24 = 0,446$

0,446 моль x моль

$C_3H_6 + 4,091 O_{2,2} = 3CO_2 + 3H_2O$

1 моль 4,091 моль

$n(O_{2,2}) = x = 1,825$ моль

$V(O_{2,2}) = n(O_{2,2}) \times V_m = 1,825 \text{ моль} \times 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} =$
40,88 дм³

Ответ: 40,88 дм³

Задача 4. Относительная плотность по неону смеси кислорода и озона равна 1,64. Рассчитайте минимальный объем такой смеси, необходимый для полного окисления смеси этана, бутана и изобутана массой 161 г с относительной плотностью по гелию 11,5.

Решение:

$M(\text{смеси УВ}) = D_{\text{He}} \times M(\text{He}) = 11,5 \times 4 \text{ г/моль} =$
46 г/моль

$M(C_4H_{10}) = 58$ г/моль

$M(C_2H_6) = 30$ г/моль

Пусть $\chi(C_2H_6) = x$, тогда $\chi(C_4H_{10}) = 1 - x$

$M(\text{смеси УВ}) = \chi(C_2H_6) \times M(C_2H_6) + \chi(C_4H_{10}) \times$
 $M(C_4H_{10})$

$46 = 30x + 58(1 - x)$

$x = 0,429$

$\chi(C_2H_6) = 0,429$

$\chi(C_4H_{10}) = 1 - 0,429 = 0,571$

161 г – 1

а г – 0,429

$m(C_2H_6) = a = 69,069$ г

$m(C_4H_{10}) = m(\text{смеси УВ}) - m(C_2H_6) = 161 \text{ г} - 69,069 \text{ г} =$
91,931 г

$M(O_2, O_3) = D_{\text{Ne}} \times M(\text{Ne}) = 1,64 \times 20 \text{ г/моль} =$
32,8 г/моль

$\chi(O_2) = y$

$\chi(O_3) = 1 - y$

$32y + 48(1 - y) = 32,8$

$y = 0,95$

$\chi(O_2) = 0,95$

$\chi(O_3) = 1 - 0,95 = 0,05$

$0,95 \times 2 + 0,05 \times 3 = 2,05$

Искомая формула – $O_{2,05}$.

$n(C_2H_6) = m(C_2H_6) / M(C_2H_6) = 69,069 \text{ г} / 30 \text{ г/моль} =$
2,3023 моль

2,3023 моль c моль

$C_2H_6 + 3,415 O_{2,05} = 2CO_2 + 3H_2O$

1 моль 3,415 моль

$n(O_{2,05}) = c = 7,862$ моль

$n(C_4H_{10}) = m(C_4H_{10}) / M(C_4H_{10}) = 91,931 \text{ г} / 58 \text{ г/моль} =$
1,585 моль

1,585 моль d моль

$C_4H_{10} + 6,341 O_{2,05} = 4CO_2 + 5H_2O$

1 моль 6,341 моль

$n(O_{2,05}) = d = 10,05$ моль

$\Sigma n(O_{2,05}) = 7,862 \text{ моль} + 10,05 \text{ моль} = 17,912$ моль

$V(O_{2,05}) = n(O_{2,05}) \times V_m = 17,912 \text{ моль} \times 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} =$
401,229 дм³

Ответ: 401,229 дм³

Таким образом, нестандартные задачи учат находить новые, оригинальные способы решения, развивают аналитическое мышление учащихся. Рациональный, оптимально подобранный подход однозначно сделает решение подобных задач по химии более результативным.

Список литературы

1. Врублевский, А.И. Тренажер по химии. Вся химия в задачах и упражнениях с примерами решений / А.И. Врублевский. – 9-е изд., перераб. и доп. – Минск: Красико-Принт, 2020. – 720 с.
2. Врублевский, А.И. 1000 задач по химии с цепочками превращений и контрольными тестами для школьников и абитуриентов / А.И. Врублевский. – Минск: ООО «Юнипресс», 2003. – 400 с.
3. Ермак, А.В. Готовимся к ЦТ по химии / А.В. Ермак. – Минск: Народная асвета, 2022. – 104 с.
4. Ермак, А.В. Химия. Подготовка к ЦЭ и ЦТ: пособие / А.В. Ермак. – Минск: Новое знание, 2024. – 159 с.
5. Тригорлова, Л.Е. Химия элементов. Теория. Упражнения. Задачи. Тестовые задания. Часть II. Пособие / Л.Е. Тригорлова, Г.А. Шульга, Д.Л. Гаевская. – Витебск: ВГМУ, 2017. – 284 с.

Дата поступления в редакцию: 23.05.2024