

СОДЕРЖАНИЕ

<i>От автора</i>	3
Глава 1. Немного математики	5
1.1. Проверьте себя	5
1.2. Значащие цифры и правила округления чисел	6
1.3. Степень точности расчетов в химии	8
1.4. Решение системы двух уравнений первой степени с двумя неизвестными	9
1.5. Единицы физических величин	12
Глава 2. Моль. Плотность и относительная плотность газов	16
2.1. Химическое количество вещества	16
2.2. Плотность и относительная плотность газов	21
2.3. Расчет массы одной структурной единицы	24
Глава 3. Расчеты по химической формуле вещества	28
3.1. Расчет численных, мольных и массовых отношений атомов элементов	28
3.2. Расчет массовых долей атомов и их сочетаний	30
3.3. Расчет массы атомов элемента в определенной порции сложного вещества	33
Глава 4. Установление химического элемента и формулы вещества по массовым долям	39
Глава 5. Расчеты по уравнению химической реакции и стехиометрическим схемам	46
5.1. Расчеты по уравнению химической реакции	46
5.2. Стехиометрические схемы	49
Глава 6. Массовая доля	53
Глава 7. Избыток—недостаток	62
7.1. Определение лимитирующего реагента	62
7.2. Расчет массы непрореагировавшего реагента	67

Глава 8. Выход продукта. Потери в производстве.	
Степень превращения вещества	71
8.1. Теоретическое рассмотрение	71
8.2. Расчет выхода продукта	73
8.3. Расчет массы (объема) продукта по его выходу	75
8.4. Расчет массы реагента по известному выходу продукта	78
8.5. Степень превращения реагента	80
Глава 9. Примеси	82
9.1. Расчеты с учетом примесей	82
9.2. Расчет массы технического образца по массовой доле примесей	86
9.3. Расчеты с одновременным учетом выхода и примесей	88
Глава 10. Смеси: кристаллические вещества и растворы	90
Глава 11. Расчет состава газовых смесей	112
11.1. Массовая, объемная и мольная доли газов	112
11.2. Молярная масса смеси газов. Плотность и относительная плотность смеси газов	119
11.3. Изменение молярной массы газовой смеси	131
Глава 12. Нуклиды. Изотопы. Радиоактивность	135
12.1. Расчет состава нуклидов	135
12.2. Расчет относительной атомной массы изотопно-смешанного элемента	136
12.3. Расчет состава смесей по числу элементарных частиц	138
12.4. Радиоактивность	140
Глава 13. Окислительно-восстановительные реакции	143
13.1. Расстановка коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях	143
13.2. Примеры решения расчетных задач	152
Глава 14. Электролиз	157
Глава 15. Термохимия	169
15.1. Теоретическое рассмотрение	169
15.2. Примеры решения типовых задач	172

15.3. Природа теплового эффекта	176
15.4. Расчет теплового эффекта растворения в воде ионных соединений	178
15.5. Примеры решения конкурсных задач	181
Глава 16. Химическая кинетика	186
16.1. Скорость химической реакции	186
16.2. Температурная зависимость скорости реакции	195
16.3. Химическое равновесие	202
Глава 17. Установление формулы вещества по данным химических реакций	210
Глава 18. Растворы	231
Глава 19. Реакции в растворах	244
Глава 20. Образование солей различного состава	260
20.1. Теоретическое рассмотрение	260
20.2. Образование соли одного состава	262
20.3. Образование смеси солей	266
Глава 21. Кристаллогидраты	282
Глава 22. Растворимость	293
Глава 23. Выпадение веществ в осадок при охлаждении растворов	303
23.1. Выпадение в осадок безводных солей	303
23.2. Растворимость и кристаллогидраты	307
Глава 24. Основные классы соединений	313
24.1. Оксиды	313
24.2. Основания	314
24.3. Амфотерные гидроксиды	315
24.4. Кислоты	315
24.5. Соли (средние)	317

Глава 25. Электролитическая диссоциация pH раствора.	
Ионные уравнения реакций	326
25.1. Электролитическая диссоциация	326
25.2. Водородный показатель pH	333
25.3. Составление ионных уравнений реакций	336
Глава 26. Электрохимический ряд напряжений металлов («пластинки металлов»)	340
Глава 27. Равновесие сосудов	355
Глава 28. Олеум	363
28.1. Определение состава олеума	363
28.2. Приготовление олеума	366
28.3. Смешивание олеума с водой и водным раствором серной кислоты	369
28.4. Химические реакции с участием олеума	373
Глава 29. Реакции с участием газов	378
Глава 30. Реакции с участием озона	405
Глава 31. Задачи для повторения	415
Приложения	432
Ответы	450
Литература	473

От автора

Данное пособие адресована тем, кто пока (!) не может, но очень хочет научиться решать задачи по химии. Автор приложил все усилия к тому, чтобы старшеклассник или абитуриент мог самостоятельно справиться с заданиями, которые содержатся в этой книге. С этой целью:

- 1) материал излагается простым и понятным языком;
- 2) приведено очень большое число примеров решения задач различного уровня сложности;
- 3) дана подробная классификация задач по отдельным типам; данная классификация, разработанная автором на базе нескольких десятков лет педагогической практики, хорошо зарекомендовала себя в работе с абитуриентами;
- 4) предлагается примерно 1000 задач конкурсного уровня для самостоятельного решения (многие составлены автором).

В первых девяти главах книги излагается методика расчетов с использованием понятия «химическое количество вещества», рассматриваются подходы к решению задач по темам «Избыток—недостаток», «Выход продукта», «Примеси», а также даются некоторые рекомендации математического характера (правила округления чисел, решение системы двух уравнений с двумя неизвестными и т. д.).

В последующих главах рассматривается решение более сложных задач, в том числе экзаменационного уровня. Глава 13 посвящена окислительно-восстановительным реакциям, глава 30 — реакциям с участием озона. Глава 31 содержит задачи для повторения, уровень заданий данной главы максимально приближен к экзаменационному.

Пособие будет полезно преподавателям и репетиторам, может использоваться также для подготовки к сдаче ЕГЭ и ЦТ.

ГЛАВА 1

Немного математики

1.1. ПРОВЕРЬТЕ СЕБЯ

С появлением калькуляторов выполнять арифметические действия с числами стало намного проще. Тем не менее у абитуриентов нередко выявляются некоторые проблемы с подобными действиями.

Например, в химических расчетах часто фигурирует очень большое число — число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23}$. Предлагаем выполнить следующие расчеты:

$$\frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}}; \quad \frac{12,04 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}}; \quad \frac{7,826 \cdot 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}};$$
$$1,20 \cdot 10^2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}.$$

А теперь проверьте себя. Правильные результаты:

$$\frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{3,01}{6,02} \cdot 10^{23-23} = 0,5 \cdot 10^0 = 0,5 \cdot 1 = 0,5;$$

$$\frac{12,04 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{12,04}{6,02} \cdot 10^{24-23} = 2 \cdot 10^1 = 20;$$

$$\frac{7,826 \cdot 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{7,826}{6,02} \cdot 10^{21-23} = 1,3 \cdot 10^{-2} = 0,013;$$

$$1,20 \cdot 10^2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = (1,20 \cdot 6,02) \cdot 10^{2+23} = 7,22 \cdot 10^{25}.$$

Далее, представьте числа 0,00381 и 38 100 в стандартном виде $C \cdot 10^n$ с использованием степени десятки (C — число,

которое содержит только одну цифру слева от десятичной запятой). В первом случае это будет $3,81 \cdot 10^{-3}$: мы перенесли запятую вправо на три знака, т. е. увеличили число в 1000 раз. Чтобы число при этом не изменилось, надо уменьшить его в 1000 раз, следовательно, разделить 3,81 на 1000:

$$0,00381 = \frac{3,81}{1000} = \frac{3,81}{10^3} = 3,81 \cdot 10^{-3}.$$

Для числа 38 100 мы перенесли запятую влево на четыре знака, т. е. уменьшили число в 10 000 раз. Чтобы число не изменилось, надо 3,81 умножить на 10 000, т. е. на 10^4 :

$$38\ 100 = 3,81 \cdot 10\ 000 = 3,81 \cdot 10^4.$$

Еще примеры:

$$\begin{aligned} 78,21 \cdot 10^{22} &= 7,821 \cdot 10^{22} \cdot 10^1 = 7,821 \cdot 10^{23}; \\ 78,21 \cdot 10^{-23} &= 7,821 \cdot 10^{-23} \cdot 10^1 = 7,821 \cdot 10^{-22}. \end{aligned}$$

И наконец, при решении химических задач нередко получают выражение

$$ax = by.$$

Например, к такому выражению приходят в процессе решения следующей задачи: в каком массовом отношении надо смешать растворы с массовой долей КОН 5 и 20 %, чтобы получить раствор с массовой долей щелочи 10 %? В приведенном выше выражении x и y — это искомые массы растворов.

Интересно, как вы найдете отношение $\frac{x}{y}$? Правильный ответ:

$$\frac{x}{y} = \frac{b}{a} \text{ (однако часто дают ошибочный ответ: } \frac{x}{y} = \frac{a}{b} \text{)}.$$

1.2. ЗНАЧАЩИЕ ЦИФРЫ И ПРАВИЛА ОКРУГЛЕНИЯ ЧИСЕЛ

А теперь поговорим о правилах округления. Вы, наверное, не раз слышали такую фразу: конечный результат вычислений

округлите до трех значащих цифр или до целого числа. А что такое значащие цифры?

Прежде всего укажем, что **точными** называются числа, значение которых мы знаем определенно (достоверно). Числа, значение которых мы знаем приблизительно, называются **приближенными** (недостоверными).

В химической практике чаще приходится иметь дело как раз не с точными, а с приближенными цифрами, поскольку любой способ измерения физической величины неизбежно имеет ту или иную погрешность. Точность измерения показывает сама запись числа. Сравним, например, три числа: 2; 2,0 и 2,00. Казалось бы, они совершенно одинаковы. На самом деле это не так: первое число дано с точностью до целых чисел, т. е. с наименьшей точностью, второе — до десятых, а третье — до тысячных, т. е. с наибольшей точностью.

В приближенных вычислениях неизбежна процедура округления чисел. При этом следует иметь четкое представление о значащих цифрах.

Значащими цифрами являются все цифры от 1 до 9. Проблема возникает с нулями. Запомним:

а) нули, стоящие в *начале* числа, *всегда* незначащие.

Например, все три приведенных ниже числа записаны с точностью до трех значащих цифр (эти цифры подчеркнуты: 0,382; 0,0382; 0,00382).

б) нули, стоящие *между* числами 1—9, а также *после* чисел 1—9, *всегда* являются значащими.

Например, все три числа — 108, 1,80 и 0,0180 — содержат по три значащие цифры.

Для чисел, записанных с использованием степеней десяти в виде $C \cdot 10^n$, число значащих цифр указывается в коэффициенте C , который всегда меньше 10 и больше 1:

$$\underline{2,8} \cdot 10^{-3} \text{ — две значащие цифры,}$$

$$\underline{2,80} \cdot 10^5 \text{ — три значащие цифры.}$$

При округлении необходимо обеспечить наибольшую близость округленного числа к округляемому. В этом случае придерживаются следующих правил округления:

1. Если отбрасывается цифра, большая чем 5 или равная 5, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу:

$$27,48 \approx 27,5,$$

$$27,45 \approx 27,5.$$

2. Если отбрасываемая цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра остается без изменений:

$$27,44 \approx 27,4.$$

1.3. СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ В ХИМИИ

Численные значения величин в условиях задач даются с определенной точностью, т. е. с определенным числом значащих цифр. Поэтому, представляя конечный результат, бессмысленно указывать точность, большую той, которая приведена для наименее точного числа в условии задачи (этим часто грешат учащиеся, утверждая, что они проводили расчеты, не сбрасывая цифры с дисплея калькулятора).

Пусть, например, указано, что масса смеси (см.) Zn и Al равна 5 г (число имеет одну значащую цифру, т. е. измерено с точностью до целых). При решении задачи на дисплее калькулятора для масс алюминия и цинка соответственно можно получить значения 2,871 и 2,134 г. Однако результат следует записывать так:

$$m(\text{Al}) = 3 \text{ г}, m(\text{Zn}) = 2 \text{ г}.$$

Если в этой же задаче указано, что $m(\text{см.}) = 5,0$ г, то ответ следует записывать так:

$$m(\text{Al}) = 2,9 \text{ г}, m(\text{Zn}) = 2,1 \text{ г}.$$

Для случая $m(\text{см.}) = 5,00$ г имеем:

$$m(\text{Al}) = 2,87 \text{ г}, m(\text{Zn}) = 2,13 \text{ г}.$$

Практические рекомендации при работе с приближенными числами можно сформулировать в виде следующих правил.

1. Для расчета искомой величины используйте, если это возможно, обобщенные математические формулы; это не повысит точность конечного результата, однако позволит сократить число операций по округлению приближенных чисел. Например, в задаче дана масса газа, а требуется найти его объем. Можно, конечно, сначала рассчитать химическое количество газа

$$n = \frac{m}{M},$$

а затем найти объем:

$$V = n \cdot V_m.$$

Однако вычисления лучше провести по обобщенной формуле:

$$V = \frac{m}{M} V_m.$$

2. Для повышения надежности результата рекомендуется в промежуточных вычислениях брать на одну значащую цифру больше, чем их содержит наименее точное число в условии задачи. Округлять до искомой точности следует только конечный результат вычислений.

3. С какой бы кажущейся высокой точностью вы ни получили конечный результат (особенно при работе с помощью калькулятора), он на самом деле не может быть точнее, чем наименее точное число в условии задачи. Поэтому во всех полученных вами итоговых числах значащих цифр должно быть столько, сколько их содержится в наименее точном числе в условии задачи.

1.4. РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ДВУХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОЙ СТЕПЕНИ С ДВУМЯ НЕИЗВЕСТНЫМИ

Для решения ряда химических задач используется подход, основанный на составлении и решении системы двух