

УДК 373.5:54
ББК 24я721
А72

Об авторе:

А. Э. Антошин — кандидат химических наук

Антошин, Андрей Эдуардович.
А72 ЕГЭ 2022. Химия : решение задач / А. Э. Антошин. — Москва : Эксмо, 2021. — 208 с. — (ЕГЭ. Сдаем без проблем).

ISBN 978-5-04-122348-9

В пособии подробно разобраны решения всех типов задач базового, повышенного и высокого уровней сложности в соответствии с перечнем элементов содержания, проверяемых на ЕГЭ по химии. Регулярная работа с данным пособием позволит учащимся научиться быстро и без ошибок решать задачи по химии разных уровней сложности.

Издание окажет неоценимую помощь учащимся при подготовке к ЕГЭ по химии, а также может быть использовано учителями при организации учебного процесса.

УДК 373.5:54
ББК 24я721

ISBN 978-5-04-122348-9

© Антошин А. Э., 2021
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2021

ОТ АВТОРА

Эта книга адресована прежде всего школьникам старших классов и предназначена для подготовки к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по химии.

В ней подробно разобраны решения всех типов задач базового, повышенного и высокого уровней сложности в соответствии с перечнем элементов содержания, проверяемых на ЕГЭ по химии. К каждому типу задач дается краткий теоретический материал, на основании которого проводятся соответствующие расчеты.

В одиннадцатое издание книги внесен ряд изменений в соответствии с итогами ЕГЭ по химии 2021 года. Книга дополнена рядом новых типов задач, а также справочной частью, в которой приведена подборка химических реакций, с которыми учащиеся могут встретиться на ЕГЭ при решении заданий на установление молекулярной и структурной формулы вещества, а также наиболее сложные окислительно-восстановительные реакции с участием органических веществ.

Хочется подчеркнуть, что данное пособие не подменяет существующие учебники и учебные пособия (в первую очередь рекомендованные Рособрнадзором и ФИПИ), а лишь дополняет их, поэтому наряду с данной книгой рекомендую пользоваться литературой, список которой приведен в конце книги.

За постоянную практическую помощь, поддержку и внимание огромное спасибо Т. В. Киселевой. Отдельная благодарность моим друзьям и коллегам: профессорам А. И. Кочергину, А. С. Шестакову, И. В. Рыбальченко, С. А. Лермонтову, К. В. Тугушову, М. В. Кузнецову, доцентам Ю. Н. Рейхову, В. Ф. Таранченко, а также Ю. А. Ихалайнену и А. П. Васильеву.

Я буду признателен читателям за любые замечания и пожелания, которые можно присылать по электронной почте veis444@mail.ru.

А. Э. Антошин

ЗАДАНИЯ БАЗОВОГО И ПОВЫШЕННОГО УРОВНЕЙ СЛОЖНОСТИ

ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ РАСТВОРЕННОГО ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В ОПРЕДЕЛЕННОЙ МАССЕ РАСТВОРА С ИЗВЕСТНОЙ МАССОВОЙ ДОЛЕЙ; ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ

Массовой долей называют отношение массы данного компонента $m(X)$ к массе всего раствора $M(p-ра)$. Массовую долю обозначают символом ω (омега) и выражают в долях единицы или в процентах:

$$\omega(X) = m(X)/M(p-ра) \text{ (в долях единицы);}$$

$$\omega(X) = m(X) \cdot 100/M(p-ра) \text{ (в процентах).}$$

Масса раствора, его объем и плотность связаны формулой:

$$M(p-ра) = \rho \cdot V.$$

Масса чистого вещества в растворе может быть вычислена по формуле:

$$m(X) = \omega(X) \cdot \rho \cdot V,$$

где $\omega(X)$ — массовая доля вещества X в растворе в долях единицы;

ρ — плотность раствора в г/мл или г/см³;

V — объем раствора в мл или см³.

Молярной концентрацией называют количество растворенного вещества в 1 л раствора. Ее обозначают символом $c(X)$ и измеряют в моль/л:

$$c(X) = n(X)/V = m(X)/M(X) \cdot V.$$

В этой формуле $n(X)$ — количество вещества X , содержащегося в растворе, $M(X)$ — молярная масса вещества X ; V — объем раствора, л.

Молярная концентрация (моль/л) и массовая доля растворенного вещества (выраженная в %) связаны между собой уравнениями:

$$\omega(X) = \frac{c(X) \cdot M(X)}{10 \cdot \rho},$$

$$c(x) = \frac{10 \cdot \omega(X) \cdot \rho}{M(X)},$$

где $M(X)$ — молярная масса вещества; ρ — плотность раствора, г/мл.

Рассмотрим несколько типовых задач.

1. Определить массу бромида натрия, содержащегося в 300 г 15%-ного раствора.

Решение. Массу бромида натрия определим по формуле:

$$m(\text{NaBr}) = \omega \cdot M(\text{р-ра})/100; m(\text{NaBr}) = 15 \cdot 300/100 = 45 \text{ г.}$$

Ответ: 45 г.

2. Масса нитрата калия, которую нужно растворить в 200 г воды для получения 8%-ного раствора, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Пусть $m(\text{KNO}_3) = x$ г, тогда $M(\text{р-ра}) = (200 + x)$ г. Массовая доля нитрата калия в растворе:

$$\omega(\text{KNO}_3) = x/(200 + x) = 0,08;$$

$x = 16 + 0,08x$; $0,92x = 16$; $x = 17,4$. После округления $x = 17$ г.

Ответ: 17 г.

3. Масса хлорида кальция, которую нужно добавить к 400 г 5%-ного раствора этой же соли, чтобы удвоить ее массовую долю, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до десятых.)

Решение. Масса CaCl_2 в исходном растворе равна:

$$m(\text{CaCl}_2) = \omega \cdot M(\text{p-ра}); m(\text{CaCl}_2) = 0,05 \cdot 400 = 20 \text{ г.}$$

Массовая доля CaCl_2 в конечном растворе равна $\omega_1 = 0,05 \cdot 2 = 0,1$.

Пусть масса CaCl_2 , которую нужно добавить в исходный раствор, равна x г, тогда масса конечного раствора $M_1(\text{p-ра}) = (400 + x)$ г. Массовая доля CaCl_2 в конечном растворе:

$$\omega_1 = \frac{20 + x}{400 + x} = 0,1.$$

Решив это уравнение, получим $x = 22,2$ г.

Ответ: 22,2 г.

4. Масса спирта, которую нужно испарить из 120 г 2%-ного спиртового раствора йода, чтобы повысить его концентрацию до 5%, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до десятых.)

Решение. Определим массу йода в исходном растворе:

$$m(\text{I}_2) = \omega \cdot M(\text{p-ра}); m(\text{I}_2) = 0,02 \cdot 120 = 2,4 \text{ г.}$$

Пусть масса спирта, который нужно испарить из раствора, равна x г, тогда по условию задачи:

$$\frac{2,4}{120 - x} = 0,05.$$

Решив это уравнение, получим $x = 72$ г.

Ответ: $x = 72$ г.

5. Масса воды, которую нужно добавить к 200 г 20%-ного раствора бромиды натрия, чтобы получить 5%-ный раствор, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу бромиды натрия в исходном растворе:

$$m(\text{NaBr}) = \omega \cdot M(\text{p-ра}); m(\text{NaBr}) = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ г.}$$

Пусть масса воды, которую нужно добавить для разбавления раствора, равна x г, тогда по условию задачи:

$$\frac{40}{200 + x} = 0,05.$$

Отсюда получим $x = 600$ г.

О т в е т: 600 г.

6. Массовая доля сульфата натрия в растворе, полученном при смешении 200 г 5%-ного и 400 г 10%-ного растворов Na_2SO_4 , равна _____ %. (Ответ округлите до десятых.)

Р е ш е н и е. Определим массу сульфата натрия в первом исходном растворе:

$$m_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ г.}$$

Определим массу сульфата натрия во втором исходном растворе:

$$m_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ г.}$$

Определим массу сульфата натрия в конечном растворе:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 10 + 40 = 50 \text{ г.}$$

Определим массу конечного раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 200 + 400 = 600 \text{ г.}$$

Определим массовую долю Na_2SO_4 в конечном растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M \text{ р-ра}};$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{50}{600} = 8,3\%.$$

О т в е т: 8,3%.

7. Масса бромида натрия, которую необходимо прибавить к 140 г 5%-ного раствора, чтобы получить 10%-ный раствор, равна _____ г. (Ответ округлите до десятых.)

Р е ш е н и е. Определим массу NaBr в исходном растворе:

$$m(\text{NaBr}) = 140 \cdot 0,05 = 7 \text{ г.}$$

Пусть масса бромида натрия, который нужно прибавить, равна x г, тогда:

$$0,1 = \frac{7+x}{140+x}.$$

Решив это уравнение, получим: $x = 7,8$ г.

О т в е т: 7,8 г.

8. Массовая доля нитрата калия в растворе, полученном при смешении 250 г 4%-ного раствора с 10 г этого же вещества, равна _____ %. (Ответ округлите до целых %.)

Р е ш е н и е. Определим массу KNO_3 в исходном растворе:

$$m(\text{KNO}_3) = 0,04 \cdot 250 = 10 \text{ г.}$$

Массовая доля нитрата калия в конечном растворе равна:

$$\omega(\text{KNO}_3) = \frac{10+10}{250+10} = 7,7\%.$$

С учетом округления получим $\omega(\text{KNO}_3) = 8\%$.

О т в е т: 8%.

9. Концентрация глюкозы в растворе, полученном при смешении 150 г 10%-ного раствора и 50 г 20%-ного раствора, равна _____ %. (Ответ округлите до целого числа.)

Р е ш е н и е. Определим массу глюкозы в первом и втором исходных растворах:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot M(\text{p-ра});$$

$$m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ г};$$

$$m_2(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ г.}$$

Общая масса глюкозы в конечном растворе:

$$m_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 15 + 10 = 25 \text{ г.}$$

Общая масса конечного раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 150 + 50 = 200 \text{ г.}$$

Концентрация глюкозы в конечном растворе:

$$\omega = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M \text{ р-ра}}; \quad \omega = \frac{25}{200} \cdot 100 = 12,5 \approx 13.$$

О т в е т: 13%.

- 10.** Масса 50%-ной азотной кислоты, которую необходимо взять для приготовления 200 г 10%-ного раствора, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Р е ш е н и е. Определим массу чистой кислоты в конечном растворе:

$$m(\text{HNO}_3) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); \quad m(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ г.}$$

Определим массу 50%-ного раствора азотной кислоты, в котором содержится 20 г чистого вещества:

$$M(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega};$$

$$M(\text{р-ра}) = \frac{20}{0,5} = 40 \text{ г.}$$

О т в е т: 40 г.

- 11.** Рассчитать массы железного купороса и воды, необходимые для приготовления 300 г 5%-ного раствора сульфата железа (II). Определить его молярную концентрацию, если плотность водного раствора равна 1,015 г/см³.

Р е ш е н и е. Формула железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, т. е. он представляет собой кристаллогидрат — вещество, состоящее из соли и нескольких, в данном случае семи, молекул кристаллизационной воды.

Определим массу безводного сульфата железа (II):

$$m(\text{FeSO}_4) = \omega \cdot M(\text{р-ра})/100 = 5 \cdot 300/100 = 15 \text{ г.}$$

Рассчитав молярные массы FeSO_4 (152 г/моль) и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (278 г/моль), вычислим массу кристаллогидрата:

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 15 \cdot 278 / 152 = 27,4 \text{ г.}$$

Масса воды: $300 - 27,4 = 272,6 \text{ г.}$

Определим молярную концентрацию раствора:

$$c(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4) / (M(\text{FeSO}_4) \cdot V); V = M(p-pa) / \rho;$$

$$c(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4) \cdot \rho / (M(\text{FeSO}_4) \cdot M(p-pa));$$

$$c(\text{FeSO}_4) = (15 \cdot 1,015) / (152 \cdot 0,3) = 0,33 \text{ моль/л.}$$

О т в е т: 0,33 моль/л.

12. Массовая доля хлороводорода в растворе, полученном при растворении 11,2 л HCl (н.у.) в 100 г воды, равна _____ %. (Ответ округлите до целого числа.)

Р е ш е н и е. Определим массу HCl :

$$m(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_A} \cdot M(\text{HCl});$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{11,2}{22,4} \cdot 36,5 = 18,25 \text{ г.}$$

Определим массу раствора:

$$M(p-pa) = 100 + 18,25 = 118,25 \text{ г.}$$

Определим процентное содержание HCl :

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{18,25 \cdot 100}{118,25} = 15,4\%.$$

Округлив до целого числа, получим 15%.

О т в е т: 15%.

13. Растворимость аммиака в воде при н.у. равна 652 объема на 1 объем воды. Определите его процентную концентрацию при этих условиях. (Ответ округлите до целого числа.)

Р е ш е н и е. Для расчетов выбираем объем воды 100 мл, тогда его масса будет равна 100 г, а объем аммиака $100 \cdot 652 / 1000 = 65,2 \text{ л.}$

Определим массу аммиака:

$$m(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_A} \cdot M(\text{NH}_3);$$

$$m(\text{NH}_3) = \frac{65,2 \cdot 17}{22,4} = 49,5 \text{ г.}$$

Определим массу раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 100 + 49,5 = 149,5 \text{ г.}$$

Определим процентную концентрацию NH_3 :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{49,5 \cdot 100}{149,5} = 33,1\%.$$

С учетом округления 33%.

О т в е т: 33%.

- 14.** К 200 г 8%-ного раствора нитрата калия добавили 5 г этой же соли и 5 г воды. Определите массовую долю соли в конечном растворе.

Решение. Определим массу соли в исходном растворе. Она равна $m(\text{KNO}_3) = 0,08 \cdot 200 = 16$ г. Определим массу соли в конечном растворе. Она равна $16 + 5 = 21$ г. Масса конечного раствора составит: $M(\text{р-ра}) = 200 + 5 + 5 = 210$ г. Тогда $\omega(\text{KNO}_3) = (21/210) \cdot 100 = 10\%$.

О т в е т: 10%.

- 15.** Из 200 г раствора с массовой долей нитрата калия 10% выпарили 50 г воды. Масса воды в полученном растворе равна _____ г.

Решение. Определим массу нитрата калия и воды в исходном растворе:

$$m(\text{KNO}_3) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{KNO}_3) = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 - 20 = 180 \text{ г.}$$

Тогда масса воды в конечном растворе равна $180 - 50 = 130$ г.

О т в е т: 130 г.

16. В 150 г раствора хлорида калия с массовой долей 12% растворили 8 г этой же соли. Масса хлорида калия в полученном растворе равна _____ г.

Р е ш е н и е. Определим массу хлорида калия в исходном растворе:

$$m(\text{KCl}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{KCl}) = 0,12 \cdot 150 = 18 \text{ г.}$$

Тогда масса хлорида калия в конечном растворе равна: $18 + 8 = 26$ г.

О т в е т: 26 г.

17. К 250 г 5%-ного раствора хлорида натрия добавили 10 г этой же соли и выпарили 30 г воды. Массовая доля хлорида натрия в конечном растворе равна _____ %.

Р е ш е н и е. Определим массу хлорида натрия в исходном растворе:

$$m(\text{NaCl}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{NaCl}) = 0,05 \cdot 250 = 12,5 \text{ г.}$$

Определим массу хлорида натрия в конечном растворе:

$$m_1(\text{NaCl}) = 12,5 + 10 = 22,5 \text{ г.}$$

Определим массу конечного раствора и массовую долю хлорида натрия в нем: $M(\text{р-ра}) = 250 + 10 - 30 = 230$ г.
 $\omega(\text{NaCl}) = 22,5/230 = 9,8\%$.

О т в е т: 9,8%.

18. К 300 г водного раствора этанола с массовой долей спирта 30% добавили 150 мл 98%-ного этанола (плотность 0,8 г/мл). Определите массовую долю спирта в полученном растворе.

Решение. Определим массу спирта в первом исходном растворе:

$$m_1 = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m_1 = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ г.}$$

Определим массу второго раствора спирта и массу чистого спирта в нем:

$$M(\text{р-ра}) = \rho \cdot V; M_2(\text{р-ра}) = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ г.}$$

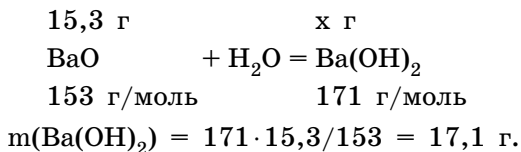
$$m_2 = 0,98 \cdot 120 = 117,6 \text{ г.}$$

Тогда масса конечного раствора равна $M_3(\text{р-ра}) = 300 + 120 = 420$ г, а масса спирта в нем равна $90 + 117,6 = 207,6$ г. Массовая доля спирта в конечном растворе $\omega_3 = 207,6/420 = 49,4\%$.

Ответ: 49,4%.

19. Массовая доля гидроксида бария в растворе, полученном при растворении 15,3 г оксида бария в 200 г воды, равна _____ г.

Решение. Составляем уравнение химической реакции и определим массу образовавшегося гидроксида бария:



По закону сохранения массы вещества масса конечного раствора равна $200 + 15,3 = 215,3$ г. Тогда $\omega(\text{Ba(OH)}_2) = 17,1 \cdot 100/215,3 = 7,9\%$.

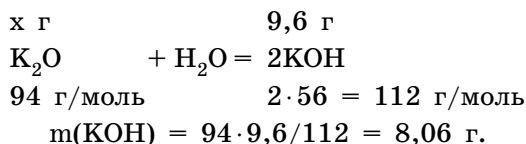
Ответ: 7,9%.

20. Какую массу оксида калия необходимо взять для приготовления 120 г 8%-ного раствора KOH?

Решение. Определим массу гидроксида калия в конечном растворе:

$$m(\text{K}_2\text{O}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{K}_2\text{O}) = 0,08 \cdot 120 = 9,6 \text{ г.}$$

Составляем уравнение химической реакции и определим массу исходного оксида калия:



Ответ: 8,06 г.

21. Молярная концентрация 30%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,21 г/мл) равна _____ моль/л. (Ответ запишите с точностью до сотых.)

Решение. Воспользуемся формулой:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)},$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \cdot 30 \cdot 1,21}{98} = 3,70 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 3,70 моль/л.

22. 200 г 40%-ного раствора соли упарили. Масса раствора уменьшилась до 150 г, при этом выпало в осадок 5 г соли. Определите массовую долю соли в конечном растворе в процентах.

Решение. Определим массу соли в исходном растворе:

$$m(\text{соли}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{соли}) = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ г.}$$

Масса соли в конечном растворе составит $80 - 5 = 75 \text{ г.}$

Тогда

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{X}) \cdot 100}{M(\text{р-ра})};$$

$$\omega(\text{соли}) = \frac{75 \cdot 100}{150} = 50\%.$$

Ответ: 50%.

23. Какую массу воды нужно добавить к 250 г 20 %-ного раствора азотной кислоты, чтобы массовая доля кислоты стала равной 8 %? (Запишите ответ с точностью до целого числа.)

Решение. Определим массу азотной кислоты в исходном растворе:

$$m(\text{HNO}_3) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{HNO}_3) = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ г.}$$

Масса конечного раствора составит:

$$M(\text{р-ра}) = \frac{50}{0,08} = 625 \text{ г.}$$

Тогда масса воды, которую нужно добавить, составит:

$$625 - 250 = 375 \text{ г.}$$

Ответ: 375 г.

24. 250 г 18%-ного раствора охладил, при этом выделилось 10 г соли. Определите массовую долю соли в полученном растворе в процентах. (Запишите ответ с точностью до сотых.)

Решение. Определим массу соли в исходном растворе:

$$m(\text{соли}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{соли}) = 0,18 \cdot 250 = 45 \text{ г.}$$

Масса соли в конечном растворе составит $45 - 10 = 35$ г.

Масса конечного раствора составит $250 - 10 = 240$ г.

Тогда

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{X}) \cdot 100}{M(\text{р-ра})};$$

$$\omega(\text{соли}) = \frac{35 \cdot 100}{240} = 14,58\%.$$

Ответ: 14,58%.

25. Смешали 25 г 12%-ного и некоторое количество 5%-ного раствора сульфата калия. Массовая доля соли после смешения оказалась равной 8%. Определите массу добавленного раствора. (Запишите ответ с точностью до десятых.)