

УДК 373:54
ББК 24я721
Ж87

Жуляева, Таисия Александровна.

Ж87 Химия. Решение задач на ЕГЭ / Т.А. Жуляева, Д.В. Клебанский. — Москва : Эксмо, 2019. — 288 с. — (Сборники задач для подготовки к ЕГЭ).

ISBN 978-5-04-102499-4

В книге приводятся теоретические сведения, необходимые для решения задач по химии, примеры задач различного уровня сложности с подробными решениями и ответами, а также задания для самостоятельного выполнения.

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

УДК 373:54
ББК 24я721

ISBN 978-5-04-102499-4

© Жуляева Т.А., Клебанский Д.В., 2019
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2019

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание
анықтамалық баспа

СБОРНИКИ ЗАДАЧ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ

Жуляева Таисия Александровна
Клебанский Денис Витальевич

ХИМИЯ
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ЕГЭ
(орыс тілінде)

Ответственный редактор *А. Жилинская*
Ведущий редактор *Т. Судакова*
Художественный редактор *Д. Сафонов*

В коллаже на обложке использованы иллюстрации:
© Vector Tradition, balabolka / Shutterstock.com
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Эксмо»

123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Өндіруші: «ЭКМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин : www.book24.ru

Интернет-магазин : www.book24.kz

Интернет-дүкен : www.book24.kz

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорртаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды

қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,

Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайты: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ

о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»

www.eksmo.ru/certification

Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылған

Дата изготовления / Подписано в печать 01.08.2019. Формат 70x90^{1/16}.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0.

Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-04-102499-4



9 785041 024994 >

6+



Содержание

Введение	4
Что нужно знать	6
Относительная атомная масса	6
Относительная молекулярная масса вещества	7
Молярная масса вещества	7
Количество вещества	8
Вывод молярного объёма.....	9
Смесь веществ	10
Плотность вещества	11
Раствор	11
Растворимость.....	12
Концентрация раствора.....	15
Нахождение количества вещества с помощью массовой доли и плотности	15
Выход вещества	16
Относительная плотность паров газа.....	17
Закон сохранения массы.....	18
Расчёт массы многокомпонентного раствора.....	19
Расчёт количества вещества по химическому уравнению	20
Избыток и недостаток	21
Тепловой эффект химической реакции	25
Кристаллогидраты	26
Как решать задачи	28
Задачи для самостоятельного решения	121
Ответы	155
Приложение	281
Электроотрицательность (χ) некоторых элементов (по Полингу) (приведены в порядке возрастания χ).....	281
Физические величины, используемые при решении задач.....	282
Тривиальные названия кислот и кислотных остатков.....	283
Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева	284
Растворимость кислот, солей и оснований в воде.....	286

Введение

В данном пособии представлен блок единого государственного экзамена (ЕГЭ) по химии, включающий такой важный навык, как решение химических задач. Теория и примеры задач с подробным объяснением связаны непосредственно с тем минимумом знаний и навыков, которые понадобятся для успешного выполнения заданий 27, 28, 29, 34, 35.

Книга включает следующие разделы: «Что нужно знать» (теоретический блок, который поможет актуализировать и систематизировать знания, необходимые для решения задач), «Как решать задачи» (что необходимо помнить, на что обращать внимание при решении, подробный разбор примеров задач, которые могут встретиться в заданиях 27, 28, 29, 34, 35 на экзамене по химии), «Задачи для самостоятельного решения» и «Ответы» с подробными пояснениями к решению задач.

Задания ЕГЭ по химии направлены на проверку знаний и умений, сформированных при изучении следующих разделов курса: «Теоретические основы химии»: современные представления о строении атома, периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева, химическая связь и строение вещества, химическая реакция; «Неорганическая химия»: классификация и номенклатура неорганических веществ, характерные химические свойства металлов, неметаллов, оксидов, оснований, амфотерных гидроксидов, кислот, солей и взаимосвязь различных классов неорганических веществ; «Органическая химия»: теория строения органических соединений, типы связей в молекулах органических веществ, гибридизация атомных орбиталей, радикалы, функциональная группа, классификация и номенклатура органических веществ, характерные химические свойства углеводородов, спиртов, фенолов, альдегидов, карбоновых кислот, сложных эфиров, аминов и аминокислот, жиры, белки, углеводы, взаимосвязь органических соединений; «Методы познания в химии. Химия и жизнь»: экспериментальные основы химии, общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ, расчёты по химическим формулам и уравнениям реакций.

Вариант КИМ экзаменационной работы содержит 35 заданий и состоит из двух частей, различающихся по форме и уровню сложности.

Часть 1 содержит 29 заданий с кратким ответом, часть 2 — 6 заданий с развёрнутым ответом.

Ответом к заданиям 27, 28, 29 является число. Оно записывается по приведённому ниже образцу в поле ответа, а потом переносится в бланк ответов № 1.

КИМ

БЛАНК

Ответ: 8,7.

27	8	,	7																
----	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

В заданиях 34, 35 ответ записывается в развёрнутой форме, с подробным решением. В бланке ответов № 2 необходимо указать номер задания и записать его полное решение. Данный бланк односторонний; ответ, записанный на оборотной стороне бланка, не будет оцениваться.

При выполнении заданий используйте Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева, таблицу растворимости солей, кислот и оснований в воде, электрохимический ряд напряжений металлов. На экзамене эти материалы включены в пакет КИМ. В книге они расположены в Приложении. Для вычислений, в том числе и на экзамене, можно использовать непрограммируемый калькулятор.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком, который выдаётся комиссией и представляет собой лист формата А4 со штампом учреждения образования. После окончания экзамена черновик сдаётся, но записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов (КИМ) не учитываются при оценивании работы. Поэтому обязательно надо перенести ответы в бланки. На черновике желательно записывать решение так, как оно будет выглядеть в бланке ответа, чтобы при переписывании не тратить время на выстраивание порядка ответа.

Для подготовки к экзамену школьнику необходимо ознакомиться с кодификатором, спецификацией и демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов ЕГЭ по химии.

Желаем успехов на ЕГЭ!

Что нужно знать

Прежде чем приступать к практике по решению химических задач, нужно изучить определённые основы, на которые следует опираться при дальнейших действиях. В первом блоке мы предлагаем вам ознакомиться со всеми необходимыми темами, с помощью которых вы сможете безупречно ориентироваться в задаче при её решении. Все темы выстроены в хронологическом порядке таким образом, чтобы помочь вам сформировать полное понимание теоретических основ. Рекомендуем завести собственную тетрадь для данного сборника, где вы сможете записать все формулы с пояснениями, а также решать предложенные задачи.

Относительная атомная масса

Атомная масса элемента — среднее значение атомных масс всех природных изотопов определённого элемента с учётом распространения данных изотопов в природе.

Относительная атомная масса обозначается латинской заглавной буквой A_r , размерности не имеет.

Данное значение рассчитывать нет необходимости, так как относительная атомная масса указана в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева напротив каждого элемента.

ПРИМЕР

15 30,97 P Фосфор	16 32,06 S Сера	17 35,45 Cl Хлор
--------------------------------	------------------------------	-------------------------------

Относительная атомная масса элементов

Рассмотрим элементы: P — фосфор, S — сера и Cl — хлор. Напротив каждого элемента указаны относительные атомные массы: P — 30,97, S — 32,06, Cl — 35,45. Для дальнейших расчётов необходимо преобразовать каждую относительную атомную массу: округлить значение относительной атомной массы по правилам математики. Следовательно, преобразованные массы для выбранных элементов:

$$P — 30,97 \approx 31; S — 32,06 \approx 32; Cl — 35,45 \approx 35,5.$$

■ ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ! ■

Только для хлора необходимо использовать дробную величину (35,5).

Относительная молекулярная масса вещества

Относительная молекулярная масса вещества — сумма всех относительных атомных масс элементов, входящих в состав молекулы, с учётом индексов (то есть количества данных элементов в молекуле).

Относительная молекулярная масса вещества обозначается заглавной латинской буквой M_r , размерности не имеет.

ПРИМЕР

Рассчитаем относительную молекулярную массу для следующих соединений: PCl_5 , S_2Cl_2 . В состав пентахлорида фосфора (PCl_5) входят один атом фосфора и пять атомов хлора, тогда формула будет иметь вид: $M_r(PCl_5) = A_r(P) + 5 \cdot A_r(Cl) = 31 + 5 \cdot 35,5 = 31 + 177,5 = 208,5$. В состав дитиодихлорида (S_2Cl_2) входят два атома серы и два атома хлора, тогда формула будет иметь вид:

$$M_r(S_2Cl_2) = 2 \cdot A_r(S) + 2 \cdot A_r(Cl) = 2 \cdot 32 + 2 \cdot 35,5 = 64 + 71 = 135.$$

Молярная масса вещества

Молярная масса вещества (M) — масса одного моля вещества, выраженная в граммах на моль. Единица измерения: г/моль.

Молярная масса вещества находится аналогичным образом, что и относительная молекулярная масса вещества. Именно с этой величиной ведётся работа при решении задач на ЕГЭ.

Количество вещества

Количество вещества (n) — число одинаковых структурных единиц, содержащихся в веществе. Единица измерения: моль.

Для нахождения количества вещества необходимо использовать приведённые ниже формулы.

- Если ведётся работа с твёрдыми веществами, количество вещества находится как отношение массы вещества к молярной массе вещества.

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} \quad (1)$$

- Если ведётся работа с газообразными веществами при соблюдении нормальных условий, количество вещества находится как отношение объёма вещества к молярному объёму.

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m} \quad (2)$$

Молярный объём при нормальных условиях (101 325 Па (1 атм), 0 °С) является постоянным числом, равным 22,4 л/моль.

Таким образом, можно составить следующее утверждение. Количество вещества равно отношению массы к молярной массе, которое равно отношению объёма к молярному объёму.

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} = \frac{V(X)}{V_m} \quad (3)$$

ПРИМЕР

Используя формулу 3, вычислим массу газообразного хлора, который при нормальных условиях занимает объём, равный 1,12 л. Запишем формулу 3 для хлора.

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_m}$$

>>>

>>>

Преобразуем формулу 3, используя правило действий с дробями (пропорциями), чтобы найти неизвестное значение — массу любого вещества.

$$m(X) = \frac{V(X) \cdot M(X)}{V_m} \quad (4)$$

Подставим значения объёма молекулярного хлора в полученную формулу 4.

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2)}{V_m}; \quad m(\text{Cl}_2) = \frac{1,12 \text{ л} \cdot 71 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 3,55 \text{ г}$$

Итак, масса хлора, который при н. у. занимает объём, численно равный 1,12 л, составляет 3,55 г.

Вывод молярного объёма

Значение 22,4 г/моль появилось при подстановке значений в уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона — Менделеева).

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \quad (5)$$

где p — давление газа (Па), V — молярный объём газа (л), n — число молей газа, R — газовая постоянная (8,31 кПа·л/(моль·К), или 0,0821 атм·л/(моль·К)), T — температура системы, в которой производится расчёт данных (в градусах Кельвина).

Нормальные условия, как уже было написано выше, — 101 325 Па (101,325 кПа), 0 °С. Для перевода температуры из градусов Цельсия в градусы Кельвина необходимо прибавить 273,15.

ПРИМЕР

Преобразуем формулу 5 для нахождения объёма.

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} \quad (6)$$

Подставим значения для нахождения объёма, который занимает 1 моль газа при нормальных условиях ($p = 101,325 \text{ кПа}$, $T = 273,15 \text{ К}$).

>>>

>>>

$$V_m = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ кПа} \cdot \text{л/моль} \cdot \text{К} \cdot 273,15 \text{ К}}{101,325 \text{ кПа}} =$$

$$= 22,4019... \text{ л/моль} \approx 22,4 \text{ л/моль}$$

Получаем молярный объём, численно равный 22,4 л/моль.

Смесь веществ

Часто в задачах по химии встречается не одно вещество, а смесь, состоящая из двух и более веществ. В таком случае получаем систему, в которой два и более вещества находятся в определённых соотношениях. Общая масса или объём смеси будет вычисляться из суммы масс или объёмов компонентов смеси.

Масса смеси:

$$m(\text{смеси}) = \sum_{n=2}^k m_n = m(X) + m(Y) + \dots \quad (7)$$

Объём смеси:

$$V(\text{смеси}) = \sum_{n=2}^k V_n = V(X) + V(Y) + \dots \quad (8)$$

Раз в смеси компоненты могут находиться в различных соотношениях, то необходимо изучить две формулы для нахождения данного соотношения. Процентное соотношение вещества в смеси обозначается буквами ω (омега) и φ (фи). Данные обозначения показывают, сколько по массе или объёму вещества X содержится в смеси.

Массовая доля (ω) — отношение массы определяемого вещества к массе смеси, в которую входит данное вещество. Единица измерения: %.

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% \quad (9)$$

Объёмная доля (φ) — отношение объёма определяемого вещества к объёму смеси, в которую входит данное вещество. Единица измерения: %.

$$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% \quad (10)$$

ПРИМЕР

Найдём массовую долю пентахлорида фосфора в смеси, состоящей из 1 г PCl_5 и 1 г KCl . Имеем дело с массами, следовательно, это смесь, состоящая из твёрдых веществ. Масса смеси численно равна сумме масс компонентов смеси: $m(\text{смеси}) = 1 + 1 = 2$ г. Подставим полученные значения в формулу 9 для нахождения массовой доли пентахлорида фосфора.

$$\omega(\text{PCl}_5) = \frac{m(\text{PCl}_5)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{1 \text{ г}}{2 \text{ г}} \cdot 100\% = 50\%$$

Плотность вещества

Плотность вещества (ρ) — величина, численно равная отношению массы вещества к его объёму. Единицы измерения: $\text{г/см}^3 = \text{г/мл}$.

$$\rho(X) = \frac{m(X)}{V(X)} \quad (11)$$

Не стоит путать в данном случае объём газа с объёмом вещества. Объём здесь подразумевается как площадь, помноженная на высоту. Преобразуем формулу 11 для нахождения объёма.

$$V(X) = \frac{m(X)}{\rho(X)} \quad (12)$$

Данная формула применяется для нахождения объёма раствора или твёрдого вещества определённой массы.

ПРИМЕР

Плотность железа составляет $7,874 \text{ г/см}^3$ ($\rho(\text{Fe}) = 7,874 \text{ г/см}^3$). Из этого следует, что $7,874$ грамма железа занимает 1 кубический сантиметр в пространстве.

Раствор

Раствор — однородная смесь переменного состава, содержащая два или более вещества. Одно вещество — растворитель, остальные — растворённые вещества.

Растворитель — твёрдое, жидкое или газообразное вещество, способное растворять другие твёрдые, газообразные или жидкие вещества.

Растворённое вещество — компонент раствора, находящийся в меньшем количестве.

Насыщенный раствор — раствор, в котором содержание частиц растворяемого вещества находится в таком количестве, что в данных условиях не происходит дальнейшего растворения данного вещества.

Типичным растворителем является **вода** (H_2O). Когда растворимое вещество попадает в водный раствор, происходит диссоциация данной молекулы на ионы (катионы и анионы). **Процесс диссоциации** в водном растворе представляет собой гетеролитический разрыв с образованием катиона и аниона.

Например, при растворении твёрдого хлорида натрия в воде происходит изменение агрегатного состояния соли из твёрдого в жидкое. Причём соль уже будет находиться в ионной форме. Наблюдается процесс диссоциации растворимой соли:



На ЕГЭ под раствором принято понимать жидкий раствор, в котором находятся растворённые вещества. В качестве растворителя используются вода, серная кислота (например, олеум) и другие вещества. Исходя из того что в растворе должны находиться только растворённые частицы, то есть частицы, которые находятся в ионной форме, массу раствора составляют растворитель и растворённые вещества.

ПРИМЕР

В 10 г воды растворили 2 г хлорида натрия. Так как весь твёрдый хлорид натрия перешёл в ионную форму, то есть растворился, масса раствора, соответственно, равняется сумме масс изначальной воды и добавленной соли:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaCl}) = 10 + 2 = 12.$$

В данном растворе находятся два компонента — вода и хлорид натрия.

Растворимость

Растворимость — предельная масса соединения (соли, кислоты и т. д.), которая может перейти в ионную форму в процессе растворения вещества в 100 граммах растворителя.

Рассмотрим на примере растворимость хлорида натрия при различных температурах.

Температура, °С	<i>m</i> , г	Температура, °С	<i>m</i> , г
0	35,7	60	37,1
10	35,8	70	—
20	35,9	80	38
30	36,1	90	38,5
40	36,4	100	39,2
50	—		

Дополним нашу таблицу показателями массы раствора и массовой доли соли в данном растворе. Так как по условиям растворимости нам известна масса растворителя — 100 г, чтобы найти массу раствора, необходимо к предельной массе вещества, которая может раствориться в 100 г растворителя, добавить 100 г растворителя. При 0 °С масса раствора составит: 35,7 + 100 = 135,7 г. Тогда массовая доля будет рассчитываться по формуле 13: $\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p-ра)} \cdot 100\%$.

Вычисляем: $\frac{35,7 \text{ г}}{135,7 \text{ г}} \cdot 100\% = 0,2631$, или 26,31 %.

Получаем таблицу.

Температура, °С	<i>m</i> , г	<i>m</i> (р-ра), г	ω , %
0	35,7	135,7	26,31
10	35,8	135,8	26,36
20	35,9	135,9	26,42
30	36,1	136,1	26,53
40	36,4	136,4	26,69
50	—	—	—
60	37,1	137,1	27,06
70	—	—	—

>>>

>>>

Температура, °С	m , г	$m(p-ра)$, г	ω , %
80	38	138	27,54
90	38,5	138,5	27,8
100	39,2	139,2	28,16

Самое важное — массовая доля насыщенной соли в одном температурном промежутке будет постоянной всегда! То есть если растворимость хлорида натрия при 0 °С в 100 г воды составляет 35,7 г, чтобы растворить 71,4 г соли, потребуется в два раза больше воды — 200 г, и мы снова получаем массовую долю, равную 26,31 %.

▼ ПОДСКАЗКА ▼

Из полученных данных можно сказать, что при повышении температуры раствора растворимость данной соли повышается, и наоборот. Исходя из этого, в условии задания могут быть различные его формулировки, чтобы всячески запутать экзаменуемого. Необходимо не паниковать, а решать, следуя правилам.

ПРИМЕР

Насыщенный при 40 °С раствор хлорида натрия массой 26,82 г охладили до 10 °С (растворимость при 40 °С хлорида натрия составляет 36,4 г на 100 г воды, а при 10 °С — 35,9 г на 100 г воды). Найдите массу осадка.

Так может начинаться любая задача на растворимость. Мы уже определили массовые доли при различных температурах. Первым делом найдём массу соли в растворе при 40 °С, она составит: $26,82 \cdot 0,2669 = 7,15825 \approx 7,16$ г.

При охлаждении выпадает в осадок соль, которая не смогла раствориться, следовательно, масса раствора и масса соли уменьшатся на одно и то же значение — массу выпавшей в осадок соли. Обозначим эту массу x г, тогда мы сможем составить уравнение нахождения массы выпавшей в осадок соли:

$$\frac{7,16 - x}{26,82 - x} = 0,2636,$$

отсюда $x = 0,12$ г.

Ответ: 0,12 г.

Концентрация раствора

После того как произведено растворение вещества в растворителе, растворённое вещество принимает участие в формировании массы раствора. Следовательно, выходит смесь веществ, которые составляют общую массу. В расчётных задачах часто необходимо найти массу компонента раствора, зная массу всего раствора. Чтобы произвести данные вычисления, нужно воспользоваться формулой нахождения массовой доли растворённого вещества в растворе. Данная формула является интерпретацией формулы 9, где за смесь принято считать раствор.

Массовая доля (ω) — отношение массы растворённого вещества к массе раствора, в который входит данное вещество. Единица измерения: %.

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p-pa)} \cdot 100\% \quad (13)$$

Другим параметром концентрации раствора является молярная концентрация.

Молярная концентрация (C_M) — количество молей растворённого вещества в одном литре раствора. Единицы измерения: моль/л = М.

$$C_M(X) = \frac{n(X)}{V(p-pa)} \quad (14)$$

■ ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ! ■

Не путайте размерность объёма раствора в случае с плотностью. Размерность плотности — г/мл, следовательно, объём вычисляется в миллилитрах. Размерность молярной концентрации — моль/л, следовательно, объём вычисляется в литрах.

Нахождение количества вещества с помощью массовой доли и плотности

Чаще всего в задачах используется такая формулировка: «При добавлении 10 л 20%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,1394 \text{ г/см}^3$)...» Для дальнейших расчётов необходимо определить количество вещества серной кислоты. Для этого объединим формулы 1, 11, 13. Выведем общую формулу для нахождения количества вещества. Имеем: объём раствора, плотность серной кислоты и массовую долю растворённой кислоты.