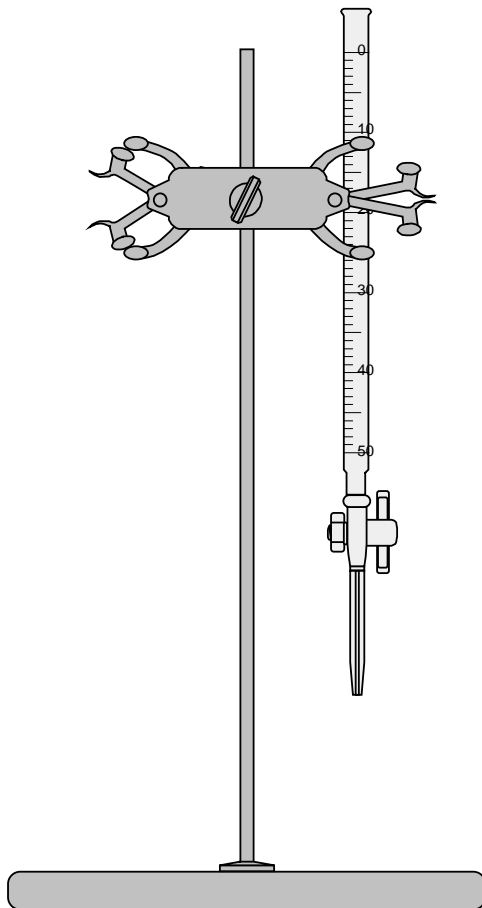


*Министерство образования и науки РТ  
Управление образования Министерства образования и науки РТ  
в г. Казани  
Отдел образования Московского района г.Казани  
Казанский государственный университет  
Гимназия №102 им. М.С. Устиновой Московского района г. Казани*



**А.И. Курамшин, А.Н. Зарипова, З.М. Гибадуллина**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМУЛ ВЕЩЕСТВ**

*(методическое пособие)*

**КАЗАНЬ – 2008**



## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ I. Закон эквивалентов и его применение к решению расчетных задач.	5
ПРИМЕР 1 (Определение эквивалентной массы простого вещества): .....	6
ПРИМЕР 2 (Определение валентности элемента по значению его эквивалентной массы):.....	7
ПРИМЕР 3 (Определение эквивалентной массы электролитов):.....	9
ПРИМЕР 4 (Определение неизвестного химического элемента по его валентности и составу оксида (галогенида. халькогенида)): .....	12
ПРИМЕР 5 (Определение неизвестного элемента по составу его бинарных соединений):.....	14
ПРИМЕР 6 (Определение неизвестного химического элемента по его массе и объему кислорода (фтора. хлора). затраченному на реакцию с этой массой.):	17
РАЗДЕЛ II. Типы химических формул и способы их определения.....	18
ПРИМЕР 7 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу):	19
ПРИМЕР 8 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу. Запись формул кристаллогидратов): .....	21
ПРИМЕР 9 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу. Отображение формул минералов как смесей оксидов): .....	22
РАЗДЕЛ III. Определение молекулярных формул веществ. ....	24
ПРИМЕР 10 (Определение молекулярной формулы вещества по его процентному составу и молярной массе).....	25
ПРИМЕР 11 (Определение молекулярной формулы вещества по его молярной массе и результатам элементного анализа). ....	30
ОТВЕТЫ:.....	34

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Изменение характера практических и познавательных задач требует от средней и высшей школы качественно нового уровня подготовки кадров. Быстрое обновление знаний, интеграция научных дисциплин предполагают фундаментализацию естественно-математической, гибкую дифференциацию содержания обучения, внедрение в учебный процесс активных методов и форм обучения и совершенствования на этой основе всего учебно-воспитательного процесса.

Дифференциация обучения достигается за счет использования вариативных учебных планов и разноуровневых программ. Для структурирования дифференцированного содержания естественно-математической наиболее целесообразно использовать следующие подходы: интегративный (представление естественно-математических и общетехнических дисциплин в виде комплекса научных знаний); логический (соответствие структуры содержания учебного процесса логике построения базовой науки); психолого-педагогический (развертывание содержания учебного предмета в соответствии с закономерностями познавательных возможностей процесса).

Организацию процесса обучения естественно-математическим дисциплинам следует осуществлять с доминированием аналитико-синтетической деятельности, направленной на разрешение обучаемыми учебных задач проблемного характера и овладение приемами умственных действий. Целесообразно использовать модульный подход в обучении, предполагающий подачу учебного материала на нескольких кодах одновременно.

Проблема современного методического обеспечения предмета «Химия» в средней школе заключается в недостаточном количестве учебных пособий, целью которых являлась бы генерализация общих алгоритмических представлений о решении простейших химических задач. Отчасти это связано с уменьшением нагрузки по естественно-математическим дисциплинам в рамках единого образовательного стандарта. Вместе с тем в рамках концепции преемственности образования в системе школа – высшее учебное заведение вузы, в учебную программу которых химия входит в качестве профильного предмета, заинтересованы в приеме студентов, имеющих навыки в решении как алгоритмических так и эвристических химических задач. Вместе с тем, к решению эвристических задач невозможно подступать без накопления достаточной базы по работе с алгоритмически решаемыми задачами, структура которых может быть легко генерализована в форме фрейма.

Очевидна необходимость учебного пособия, занимающего промежуточное по сложности положение между задачами школьного учебника и многократно издаваемыми и переиздаваемыми сборниками задач вступительных экзаменов и тестирования ЕГЭ. Данное учебно-методическое пособие обобщает в себе алгоритмические предписания по решению задач, прямо или косвенно связанных с определением химических формул веществ. Содержание методического пособия несет и интегративный характер. так как для решения ряда задач по определению формул веществ необходимо знание основных закономерностей курса физики. Предлагается следующая структура пособия – **теоретические знания**, необходимые для решения данного типа задачи; **примечания**, важные для корректной обработки данных; **модель** алгоритма решения задачи; **набор типовых задач** (с ответами), позволяющий отработать алгоритм решения задачи и, в конечном итоге, **выработать навык** по их решению.

## **РАЗДЕЛ I. Закон эквивалентов и его применение к решению расчетных задач.**

Закон эквивалентов – один из первых количественных химических законов. Открытие закона эквивалентов позволило сформулировать закон постоянства состава вещества, закон кратных соотношений и ряда других. В настоящее время закон эквивалентов не изучается в рамках школьной программы, однако, использование численных соотношений, лежащих в основе этого закона позволяет значительно упростить расчеты, уменьшить время на вывод химических формул, определение неизвестных веществ.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1:** *Эквивалент – количество вещества, способное в результате химической реакции присоединить или заместить один моль атомов водорода.*

Можно перефразировать, что эквивалент – количество вещества, в котором содержится 1 моль валентных электронов. Эквивалент вещества вычисляется в зависимости от того, к какому классу вещество относится:

$$Э(\text{простого вещества}) = \frac{1}{V}, \text{ где } V - \text{валентность, приобретаемая элементом}$$

$$Э(\text{кислоты}) = \frac{1}{n}, \text{ где } n - \text{число атомов водорода, замещаемых в реакции}$$

$$Э(\text{основания}) = \frac{1}{n}, \text{ где } n - \text{число гидроксильных групп, замещаемых в реакции}$$

$$Э(\text{окислителя / восстановителя}) = \frac{1}{n}, \text{ где } n - \text{число электронов, переданное в реакции}$$

Большее значение имеет понятие «эквивалентная масса» или «молярная масса эквивалента», которое и используется в расчетах с применением закона эквивалентов. Эквивалентная масса ( $M_{\text{Э}}(X)$ ) – это масса, соответствующая одному эквиваленту вещества.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2:** Молярная масса эквивалента простого вещества может быть определена по формуле:

$$M_{\text{Э}}(\text{простого вещества}) = \frac{A(\text{элемента})}{V}$$

$A(\text{элемента})$  – атомная масса элемента, образующего простое вещество.

$V$  – валентность, которую элемент приобретает в результате химической реакции.

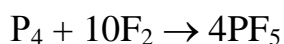
**ВЫВОД 1:** Практически для всех элементов возможно проявление нескольких значений эквивалентных масс (постоянным значением эквивалентной массы обладают элементы с постоянной валентностью).

**ВЫВОД 2:** Эквивалентная масса простого вещества не зависит от аллотропной модификации простого вещества. например  $M_{\text{Э}}(\text{O}_2) = M_{\text{Э}}(\text{O}_3)$ .

**ПРИМЕР 1 (Определение эквивалентной массы простого вещества):**

Определите эквивалентную массу фосфора в реакции между белым фосфором ( $\text{P}_4$ ) с фтором.

**Решение:** Реакция между активным восстановителем – белым фосфором и активным окислителем – фтором протекает в соответствии с уравнением:



Валентность, принимаемая фосфором в этой реакции равна ( $V$ ), следовательно эквивалентную массу фосфора в этой реакции можно определить по формуле:

$$M_{\text{Э}}(\text{P}_4) = \frac{A(\text{P})}{5} = \frac{30,97}{5} = 6,19 \text{ г/моль}$$

1. Определите эквивалентную массу пластической серы в реакции с кислородом.
2. Определите эквивалентную массу висмута в реакции с фтором.
3. Определите эквивалентную массу криптона в реакции с фтором.
4. Определите эквивалентную массу мышьяка в реакции с кислородом.
5. Определите эквивалентную массу кобальта в реакции с азотной кислотой.
6. Определите эквивалентную массу хрома в реакции с соляной кислотой.
7. Определите эквивалентную массу марганца в реакции с кислородом.
8. Определите эквивалентную массу ксенона в реакции с фтором.
9. Определите эквивалентную массу алюминия в реакции с кислородом.
10. Определите эквивалентную массу кадмия в реакции с серой.

11. Определите эквивалентную массу циркония в реакции с фтором.
12. Определите эквивалентную массу полония в реакции с кислородом.
13. Определите эквивалентную массу кремния в реакции с гидроксидом натрия.
14. Определите эквивалентную массу таллия в реакции с хлором.
15. Определите эквивалентную массу бария в реакции с водой.
16. Определите эквивалентную массу ванадия в реакции с кислородом.

**ПРИМЕР 2 (Определение валентности элемента по значению его эквивалентной массы):**

Эквивалентная масса платины в реакции между платиной и фтором равна 48.75 г/моль. Определите валентность платины в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.

**Решение:** Эквивалентная масса может быть определена как частное атомной массы на валентность, приобретаемую элементом в этом соединении. Валентность элемента может быть определена по формуле:

$$B = \frac{A(\text{элемента})}{M_{\text{э}}(\text{элемента})}. \text{ для нашего случая } B = \frac{A(\text{Pt})}{M_{\text{э}}(\text{Pt})} = \frac{195,1}{48,75} = 4. \text{ формула соединения}$$

– PtF<sub>4</sub>.

17. Эквивалентная масса серы в реакции с водородом равна 16.00 г/моль. Определите валентность серы в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
18. Эквивалентная масса висмута в реакции между висмутом и кислородом равна 69.66 г/моль. Определите валентность висмута в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
19. Эквивалентная масса мышьяка в реакции с фтором равна 14.98 г/моль. Определите валентность мышьяка в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
20. Эквивалентная масса железа в реакции с кислородом равна 18.62 г/моль. Определите валентность железа в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
21. Эквивалентная масса никеля в реакции с соляной кислотой равна 29.34 г/моль. Определите валентность никеля в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
22. Эквивалентная масса ртути в реакции с кислородом равна 200.6 г/моль. Определите валентность ртути в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.

23. Эквивалентная масса свинца в реакции с кислородом равна 51.8 г/моль. Определите валентность свинца в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
24. Эквивалентная масса вольфрама в реакции с фтором равна 30.63 г/моль. Определите валентность вольфрама в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
25. Эквивалентная масса технеция в реакции с фтором равна 13.99 г/моль. Определите валентность технеция в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
26. Эквивалентная масса ксенона в реакции с фтором равна 21.88 г/моль. Определите валентность ксенона в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
27. Эквивалентная масса фосфора в реакции с кислородом равна 6.194 г/моль. Определите валентность фосфора в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
28. Эквивалентная масса олова в реакции с серной кислотой равна 59.35 г/моль. Определите валентность олова в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
29. Эквивалентная масса йода в реакции с хлором равна 42.30 г/моль. Определите валентность йода в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.
30. Эквивалентная масса осмия в реакции с фтором равна 23.78 г/моль. Определите валентность осмия в полученном соединении и запишите формулу продукта реакции.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3:** Молярные массы эквивалента сложных веществ могут быть определены по формуле:

$$M_{\text{э}}(H_nA) = \frac{M(H_nA)}{n}$$

$M(H_nA)$  – молярная масса кислоты.

$n$  – число атомов водорода, замещаемое в результате кислотно-основной реакции.

**ВЫВОД 3:** Для всех кислот, кроме одноосновных возможно проявление нескольких значений эквивалентных масс.

$$M_{\text{э}}(B(OH)_m) = \frac{M(B(OH)_m)}{m}$$

$B(OH)_m$  – молярная масса основания.

$m$  – число гидроксильных групп, замещаемое в результате кислотно-основной реакции.



**ВЫВОД 4:** Для всех слабых многокислотных оснований проявление нескольких значений эквивалентных масс. Сильные основания – гидроксиды щелочно-земельных металлов не образуют основных солей.

$$M_{\text{э}}(B_n A_m) = \frac{M(B_n A_m)}{m \times n}$$

$M(A_n B_m)$  – молярная масса соли.

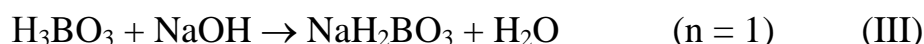
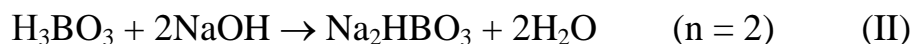
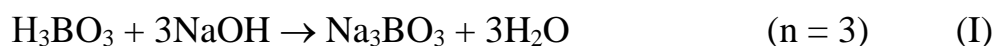
$n$  – основность кислоты, формирующей анион соли.

$m$  – кислотность основания, формирующего катион соли

**ПРИМЕР 3 (Определение эквивалентной массы электролитов):**

Определите возможные значения эквивалентных масс для ортоборной кислоты  $H_3BO_3$ .

**Решение:** Борная кислота может вступать в реакции, приводящие к образованию средней соли и двух кислых солей в зависимости от соотношения кислота : основание:



Для каждой из реакций имеется свое значение  $n$ , что определит значения эквивалентных масс борной кислоты в реакциях (I) – (III):

Для реакции (I): 
$$M_{\text{э}}(H_3BO_3) = \frac{M(H_3BO_3)}{3} = \frac{61,8 \text{ г/моль}}{3} = 20,6 \text{ г/моль}$$

Для реакции (II): 
$$M_{\text{э}}(H_3BO_3) = \frac{M(H_3BO_3)}{2} = \frac{61,8 \text{ г/моль}}{2} = 30,9 \text{ г/моль}$$

Для реакции (III): 
$$M_{\text{э}}(H_3BO_3) = \frac{M(H_3BO_3)}{1} = \frac{61,8 \text{ г/моль}}{1} = 61,8 \text{ г/моль}$$

**31.** Определите возможные значения эквивалентных масс для ортофосфорной кислоты  $H_3PO_4$ .

**32.** Определите возможные значения эквивалентных масс для фосфористой кислоты  $H_3PO_3$ .

**33.** Определите возможные значения эквивалентных масс для йодной кислоты  $H_5IO_6$ .

**34.** Определите возможные значения эквивалентных масс для серной кислоты  $H_2SO_4$ .

**35.** Определите возможные значения эквивалентных масс для гидроксида железа(III).

36. Определите возможные значения эквивалентных масс для гидроксида меди(II).
37. Определите возможные значения эквивалентных масс для хлорида алюминия.
38. Определите возможные значения эквивалентных масс для селеновой кислоты  $H_2SeO_4$ .
39. Определите возможные значения эквивалентных масс для гидроксида висмута.
40. Определите возможные значения эквивалентных масс сульфата меди.

Наибольшее значение молярные массы эквивалентов имеют для определения неизвестных элементов во время протекания химических реакций в результате применения закона эквивалентов:

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 4:** (Формулировка закона эквивалентов). *Вещества вступают в химические реакции и образуются в них в количествах равных или пропорциональных количествам их эквивалентов; массы веществ, участвующих в химической реакции и получающихся в ее результате равны или пропорциональны эквивалентным массам этих веществ.*

**ПРИМЕЧАНИЕ 1:** Для решения расчетных химических задач необходимо соблюдать правила вычислений – правила работы со *значащими цифрами*. В химии, как и в любой другой измерительной науке в приводимой числовой величине указывается не только значение этой величины в соответствующих единицах измерения, но и точность измерения этой величины. С точки зрения арифметики запись числа 1 и 1.000 идентичны между собой, однако для любой экспериментальной науки разница будет очевидна. Форма записи 1 эквивалентна  $1.0 \pm 0.5$ ; 1.000 соответствует точности  $1.0000 \pm 0.0005$ . Первое число было записано с одной значащей цифрой, второе – с четырьмя значащими цифрами. Следует избегать неоправданных округлений при расчетах в химических (или любых других) расчетных задачах. Конечный ответ расчетной задачи, приводимый в цифровой форме, должен содержать столько же значащих цифр, сколько и исходные данные; в промежуточных расчетах должна использоваться еще одна дополнительная значащая цифра.

**ИЛЛЮСТРАЦИЯ** В числе 2.0945 пять значащих цифр, в числе 0.0025 две значащие цифры (они подчеркнуты). Проще всего перевести число в форму  $a \times 10^n$  и посчитать цифры в мантиссе  $a$ :  $0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}$  (две значащие цифры);  $0.007800 = 7.800 \times 10^{-3}$  (четыре значащие цифры).

Правильное обращение со значащими цифрами при выводе химических формул гарантирует Вас от ошибок связанных с интерпретацией Ваших расчетов. не даст спутать. например. кобальт и никель ( $A_r(\text{Co})=58.93$  а.е.м..  $A_r(\text{Ni})=58.69$  а.е.м.) и т. д.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2:** Для успешных расчетов с применением Закона эквивалентов необходимо помнить, что ряд веществ имеет постоянные или постоянные в ряду распространенных случаев значения молярных масс эквивалентов:

Вещество	Эквивалентная масса	Примечания
Водород. $\text{H}_2$	$M_{\text{Э}}(\text{H}_2) = 1$ г/моль	Всегда. в соответствии с определением.
Кислород. озон	$M_{\text{Э}}(\text{O}_2)=M_{\text{Э}}(\text{O}_3)= 8$ г/моль	Кроме реакций образования пероксидов. надпероксидов и озонидов
Фтор	$M_{\text{Э}}(\text{F}_2) = 19.0$ г/моль	Всегда
Галогены	$M_{\text{Э}}(\text{Hal}_2) = A(\text{Hal})$	В реакциях образования галогенидов металлов
Халькогены (S. Se. Te)	$M_{\text{Э}}(\text{Hlc}) = A(\text{Hlc})/2$	В реакциях образования халькогенидов металлов
Щелочные металлы	$M_{\text{Э}}(\text{M}) = A(\text{M})$	Кроме реакций образования перекисных соединений
Щелочноземельные металлы	$M_{\text{Э}}(\text{M}) = A(\text{M})/2$	Кроме реакций образования перекисных соединений

**ИЛЛЮСТРАЦИЯ** В числе 2.0945 пять значащих цифр. в числе 0.0025 две значащие цифры (они подчеркнуты). Проще всего перевести число в форму  $a \times 10^n$  и посчитать цифры в мантиссе  $a$ :  $0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}$  (две значащие цифры);  $0.007800 = 7.800 \times 10^{-3}$  (четыре значащие цифры).

Правильное обращение со значащими цифрами при выводе химических формул гарантирует Вас от ошибок связанных с интерпретацией Ваших расчетов. не даст спутать. например. кобальт и никель ( $A_r(\text{Co})=58.93$  а.е.м..  $A_r(\text{Ni})=58.69$  а.е.м.) и т. д.

**ПРИМЕР 4 (Определение неизвестного химического элемента по его валентности и составу оксида (галогенида, халькогенида)):**

Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (V). Известно, что из 1.000 г простого вещества можно получить 1.785 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**Решение:**

1. По закону сохранения вещества можно определить массу кислорода, вступившего в реакцию с образованием оксида.  $m(\text{X}_2\text{O}_5)=1.785$  г.  $m(\text{X})=1.000$  г. По закону сохранения  $m(\text{O}_2) = m(\text{X}_2\text{O}_5) - m(\text{X}) = 0.785$  г

2. По закону эквивалентов массы веществ, участвующих в реакции должны быть пропорциональны их эквивалентным массам. Запишем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 1.000 \text{ г (X)} \text{ реагирует с } 0.7850 \text{ г (кислорода)} \\ M_{\text{э}}(\text{X}) \text{ реагирует с } 8.000 \text{ г/моль (O}_2\text{)} \\ (M_{\text{э}}(\text{O}_2)=8.000 \text{ г/моль)} \end{array}$$

3. Вычисляем массу эквивалента неизвестного элемента:

$$M_{\text{э}}(\text{X}) = \frac{1,000 \text{ г} \times 8,000 \text{ г/моль}}{0,7850 \text{ г}} = 10,191 \text{ г/моль}$$

4. Для простых веществ  $M_{\text{э}}(\text{X}) = \frac{A(\text{X})}{B}$ ,  $\Rightarrow A(\text{X}) = M_{\text{э}}(\text{X}) \times B$ . отсюда вычисляем  $A(\text{X}) = 50.95$  а.е.м.. что соответствует ванадию. Элемент – ванадий (V), оксид –  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

**41.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (II). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.077 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**42.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (I). Из 1.000 г простого вещества можно получить 2.153 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**43.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (IV). Из 1.000 г простого вещества можно получить 3.664 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**44.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте

реакции валентность (II). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.658 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**45.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с фтором с образованием фторида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (III). Из 1.000 г простого вещества можно получить 5.069 г фторида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу фторида.

**46.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с серой с образованием сульфида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (II). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.490 г сульфида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу сульфида.

**47.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с хлором с образованием хлорида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (I). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.907 г хлорида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу хлорида.

**48.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (III). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.115 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**49.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (II). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.399 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**50.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (IV). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.269 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**51.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (IV). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.668 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**52.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (II). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.245 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**53.** Неизвестное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (V). Из 1.000 г простого вещества можно получить 2.291 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**54.** Известное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (IV). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.405 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**55.** Известное простое вещество взаимодействует с кислородом с образованием оксида, элемент, образующий простое вещество, принимает в продукте реакции валентность (VI). Из 1.000 г простого вещества можно получить 1.261 г оксида. Определите неизвестный элемент, запишите формулу оксида.

**ПРИМЕР 5 (Определение неизвестного элемента по составу его бинарных соединений):**

Элемент образует два оксида. содержание кислорода в одном из них составляет 33.38%. а в другом – 40.05%. Определите неизвестный элемент. запишите формулы упомянутых оксидов.

**Решение:**

Для решения подобных задач используем два закона – закон сохранения вещества и закон эквивалентов. Расчет для первого оксида:

Содержание кислорода в первом оксиде составляет 33.38%. следовательно. содержание неизвестного элемента равно 66.62%.

В 100.00 г оксида содержится 33.38 г кислорода и 66.62 г элемента.

Для получения 100.00 грамм оксида необходимо, чтобы 33.38 г кислорода прореагировали с 66.62 г элемента (в ряде случаев оксид не может быть получен непосредственной реакцией неметалла с кислородом, однако на логику решения и расчета это влияния не оказывает).

66.62 г (X) реагирует с 33.38 г (кислорода)

$M_{\text{Э}}(X)$  реагирует с 8.000 г/моль ( $O_2$ )

( $M_{\text{Э}}(O_2)=8.000$  г/моль)

Вычисляем массу эквивалента неизвестного элемента:

$$M_{\text{Э}}(X) = \frac{66,62 \text{ г} \times 8,000 \text{ г/моль}}{33,38 \text{ г}} = 15,97 \text{ г/моль}$$

Мы не знаем валентность элемента, поэтому используем перебор. Строим таблицу:

Валентность	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
A(X)	15.97	31.94	47.91	63.88	79.85	95.82	111.79	127.76
X	-O-	S	Ti	-Cu-	Br	Mo	-Cd-	нет

Необходимо не просто найти элемент со значением атомной массы, который имеется в таблице Менделеева. надо. чтобы элемент мог бы проявлять значение

валентности. для которого рассчитана данная атомная масса. Поэтому в таблице символы кислорода, меди и кадмия перечеркнуты – эти элементы не могут быть соответственно одно-, четырех- и семивалентными. Цифровым данным для первого оксида может соответствовать четыре химических элемента.

Расчет для второго оксида:

В соответствии с рассуждениями, изложенными подробно выше, для расчета по первому оксиду. составляем пропорцию:

$$59.95 \text{ г (X)} \text{ реагирует с } 40.05 \text{ г (кислорода)}$$

$$M_2(X) \text{ реагирует с } 8.000 \text{ г/моль (O}_2\text{)}$$

$$(M_2(O_2)=8.000 \text{ г/моль})$$

Вычисляем массу эквивалента неизвестного элемента:

$$M_2(X) = \frac{59,95 \text{ г} \times 8,000 \text{ г/моль}}{40,05 \text{ г}} = 11,97 \text{ г/моль}$$

Строим вторую таблицу:

Валентность	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
A(X)	11.97	23.94	35.91	47.88	59.85	71.82	83.79	95.76
X	<del>С</del>	Mg	нет	Ti	нет	нет	<del>Kr</del>	<del>Mo</del>

Общим для обеих таблиц является только один элемент – титан. формулы оксидов соответственно:  $Ti_2O_3$ .  $TiO_2$ .

**56.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 10.30% а в другом – 16.06%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

**57.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 57.12%, а в другом – 72.71%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

**58.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 59.95%, а в другом – 49.95%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

**59.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 53.32%, а в другом – 74.06%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

**60.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 53.32%, а в другом – 63.15%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

**61.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 22.27%, а в другом – 30.06%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.

- 62.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 21.42%, а в другом – 29.02%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 63.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 20.11%, а в другом – 11.18%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 64.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 69.55%, а в другом – 63.15%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 65.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 28.84, а в другом – 37.81%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 66.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 24.26%, а в другом – 34.81%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 67.** Элемент образует два оксида, содержание кислорода в одном из них составляет 14.83%, а в другом – 20.70%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых оксидов.
- 68.** Элемент образует два фторида, содержание фтора в одном из них составляет 61.35%, а в другом – 44.25%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых фторидов.
- 69.** Элемент образует два фторида, содержание фтора в одном из них составляет 36.66%, а в другом – 46.47%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых фторидов.
- 70.** Элемент образует два фторида, содержание фтора в одном из них составляет 57.50%, а в другом – 73.02%. Определите неизвестный элемент, запишите формулы упомянутых фторидов.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3:** В ряде случаев количество газа-окислителя, участвующего в реакции может быть задано не в единицах массы, а в единицах объема. В этом случае решение можно построить двумя путями:

- 1) Пересчитать единицы объема в единицы массы и применить закон эквивалентов, как это показано в примерах 4 и 5.
- 2) Использовать в расчетах эквивалентный объем простого газообразного

вещества, вычисляемый по формуле:  $V_{\text{э}}(X_n) = \frac{V_m}{n \times B}$ .

где  $V_m$  – молярный объем газа (22.4 л/моль при нормальных условиях).  $n$  – число атомов в молекуле газа.  $B$  – валентность, которую элемент, образующий газ, принимает в результате химической реакции.



Следует отметить, что в отличие от эквивалентной массы различные аллотропные модификации веществ обладают различным эквивалентным объемом:  $V_{\text{э}}(\text{O}_2) = 5.60$  л/моль;  $V_{\text{э}}(\text{O}_3) = 3.73$  л/моль (оба значения вычислены для нормальных условий).

**ПРИМЕР 6 (Определение неизвестного химического элемента по его массе и объему кислорода (фтора. хлора). затраченному на реакцию с этой массой.):**

Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.6987 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.

**Решение:**

Используем второй подход к решению – использование эквивалентного объема газа-окислителя:

1.000 г (X) реагирует с 0.6987 г (кислорода)

$M_{\text{э}}(X)$  реагирует с 5.60 л/моль ( $\text{O}_2$ )

( $V_{\text{э}}(\text{O}_2)=5.60$  л/моль)

Вычисляем массу эквивалента неизвестного элемента:

$$M_{\text{э}}(X) = \frac{1,000 \text{ г} \times 5,60 \text{ л/моль}}{0,6987 \text{ л}} = 8,01 \text{ г/моль}$$

Строим таблицу для подбора вариантов элемента по эквиваленту:

Валентность	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
A(X)	8.01	16.02	24.03	32.03	40.05	48.06	56.07	64.08
X	—	O (?)	Mg	S	Ca	Ti	Fe	Cu

Из элементов в таблице эквивалентной массой 8 г/моль могут обладать только O(II) и S(IV), следовательно условию задачи соответствует только сера (кислород не может гореть в кислороде).

**71.** Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.8071 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.

**72.** Простое вещество сгорает во фторе. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.4872 л фтора. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.

**73.** Простое вещество сгорает во фторе. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 1.5953 л фтора. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.

74. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 1.0035 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
75. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.5589 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
76. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.4608 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
77. Простое вещество сгорает в хлоре. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 1.2453 л хлора. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
78. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.1828 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
79. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 0.5496 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.
80. Простое вещество сгорает в кислороде. При нормальных условиях 1.000 г простого вещества реагирует с 5.552 л кислорода. Определите эквивалентную массу простого вещества, предположите, каким элементом оно образовано.

## РАЗДЕЛ II. Типы химических формул и способы их определения.

Химические формулы используются для отображения качественного и количественного состава химических веществ или их структуры (порядка связывания атомов в молекуле химическими связями определенной кратности) и строения (расположение атомов в пространстве). Химические формулы обладают различной информативностью и, следовательно, для их определения необходим различный объем данных. Типы химических формул лучше обобщить в виде таблицы:

<i>Тип формулы</i>	<i>Информация, которую несет формула</i>	<i>Данные, необходимые для вывода формулы</i>
Простейшая (эмпирическая) формула	Простейшее (наименьшее целочисленное) соотношение между количеством атомов различных элементов в веществе.	Относительное количество (в молях) атомов в веществе. <b>Внимание:</b> Эмпирические формулы используются для веществ немолекулярного

		строения (с ионной или атомной кристаллической решеткой).
Молекулярная формула.	Реальное количество атомов различных элементов в молекуле вещества.	Простейшая формула вещества и его молекулярная масса. <b>Внимание:</b> Молекулярные формулы используются только для веществ молекулярного строения.
Структурная формула	Структура или строение молекул вещества.	Молекулярная формула и химические свойства вещества или о его структурных компонентах. определенная нехимическим путем. <b>Внимание:</b> Структурные формулы используются для веществ молекулярного строения.

**ПРИМЕР 7 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу):**

Неорганическое вещество состоит из 11.11% азота, 3.199% водорода, 41.26% хрома и 44.43% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**Решение:**

Определим соотношение молярных количеств элементов, образующих вещество. Количество атомов [моль] определяем по формуле:  $\nu(X) = \frac{m(X)}{A(X)}$

В 100 г соединения содержится 11.11 г азота, 3.199 г водорода, 41.26 г хрома и 44.43 г кислорода.

$$\nu(N) = \frac{m(N)}{A(N)} \cdot \nu(H) = \frac{m(H)}{A(H)} \cdot \nu(Cr) = \frac{m(Cr)}{A(Cr)} \cdot \nu(O) = \frac{m(O)}{A(O)}$$

Соотношение индексов  $N_aH_bCr_cO_d$  может быть определено как соотношение количеств атомов:

$$a : b : c : d = \nu(N) : \nu(H) : \nu(Cr) : \nu(O) = \frac{11,11 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} : \frac{3,199 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} : \frac{41,26 \text{ г}}{52 \text{ г/моль}} : \frac{44,43 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} =$$

$$0.79357 : 3.199 : 0.79346 : 2.7769$$

Все числа в полученном соотношении коэффициентов делим на наименьшее число:  $a : b : c : d = \nu(N) : \nu(H) : \nu(Cr) : \nu(O) = 1,00 : 4,03 : 1,00 : 3,499$ . после чего получен-

ное соотношение приводим к наименьшим возможным целым числам (при этом приводить к целым числам следует не за счет округления, а за счет подбора множителя, на который домножается каждое число в полученном соотношении).

$a:b:c:d = 2:8:2:7$ . простейшая формула вещества  $N_2H_8Cr_2O_7$ . или, с учетом знания химии.  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ .

**81.** Вещество состоит из 29.44% кальция, 23.55% серы и 47.01% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**82.** Вещество состоит из 29.08% натрия, 40.56% серы и 30.36% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**83.** Вещество состоит из 37.03% железа, 20.54% фосфора и 42.43% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**84.** Вещество состоит из 50.09% меди, 16.28% фосфора и 33.63% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**85.** Вещество состоит из 26.58% калия, 35.35% хрома и 38.07% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**86.** Вещество состоит из 33.88% меди, 14.94% азота и 51.18% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**87.** Вещество состоит из 34.99% азота, 5.037% водорода и 59.97% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**88.** Вещество состоит из 28.93% калия, 23.72% серы и 47.35% кислорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**89.** Вещество состоит из 80.37% висмута, 18.46% кислорода и 1.163% водорода (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**90.** Вещество состоит из 13.92 % кальция, 22.23% кислорода и 63.85% вольфрама (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**91.** Вещество состоит из 6.10% водорода, 48.43% кислорода. 21.20% азота и 24.27% серы (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**92.** Вещество состоит из 21.49% бора, 55.66% кислорода и 22.85% натрия (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**93.** Вещество состоит из 16.96% железа, 21.89% углерода. 25.52% азота и 35.63% калия (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**94.** Вещество состоит из 15.16% железа, 19.57% углерода. 22.82% азота и 42.46% калия (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**95.** Вещество состоит из 32.90% цинка и серы (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**96.** Вещество состоит из 26.39% натрия и серы (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

- 97.** Вещество состоит из 23.36% калия и серы (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.
- 98.** Вещество состоит из 9.65% водорода, 16.43% углерода и бора (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.
- 99.** Вещество состоит из 1.94% водорода, 61.58% кислорода, 6.68% лития и фосфора (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.
- 100.** Вещество состоит из 0.80% водорода, 38.11% кислорода, 36.50% натрия и фосфора (все % по массе). Определите простейшую формулу вещества.

**ПРИМЕР 8 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу. Запись формул кристаллогидратов):**

Кристаллогидрат состоит из 9.65% азота, 4.86% водорода, 13.81% кальция и 71.67% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**Решение:**

Определим соотношение молярных количеств элементов, образующих вещество. Количество атомов [моль] определяем по формуле:  $\nu(X) = \frac{m(X)}{A(X)}$

В 100 г соединения содержится 9.65 г азота, 4.86 г водорода, 13.81 г кальция и 71.67 г кислорода.

$$\nu(N) = \frac{m(N)}{A(N)} \cdot \nu(H) = \frac{m(H)}{A(H)} \cdot \nu(Ca) = \frac{m(Ca)}{A(Ca)} \cdot \nu(O) = \frac{m(O)}{A(O)}$$

Соотношение индексов  $N_aH_bCa_cO_d$  может быть определено как соотношение количеств атомов.

Определяем:  $a : b : c : d = \nu(N) : \nu(H) : \nu(Ca) : \nu(O) = 2,00 : 14,03 : 1,00 : 13,00$ .  $N_2H_{14}CaO_{13}$ .

Можно отметить, что в данной простейшей формуле 14 атомов водорода соответствует 7 молекулам воды. тогда формула:  $CaN_2O_6 \times 7H_2O$  или  $Ca(NO_3)_2 \times 7H_2O$ .

- 101.** Кристаллогидрат состоит из 12.84% серы, 4.04% водорода, 25.45% меди и 57.67% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.
- 102.** Кристаллогидрат состоит из 9.952% серы, 6.26% водорода, 14.27% натрия и 69.52% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.
- 103.** Кристаллогидрат состоит из 18.62% серы, 2.34% водорода, 23.28% кальция и 55.76% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.
- 104.** Кристаллогидрат состоит из 11.53% серы, 5.08% водорода, 20.09% железа и 63.30% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.
- 105.** Кристаллогидрат состоит из 35.99% хлора, 7.16% водорода и 56.85% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**106.** Кристаллогидрат состоит из 22.09% серы, 0.69% водорода, 27.61% кальция и 49.60% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**107.** Кристаллогидрат состоит из 13.01% серы, 5.73% водорода, 9.86% магния и 71.40% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**108.** Кристаллогидрат состоит из 15.74% азота, 2.26% водорода, 11.10% алюминия и 71.90% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**109.** Кристаллогидрат состоит из 46.44% брома, 1.56% водорода, 39.60% таллия и 12.40% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**110.** Кристаллогидрат состоит из 19.12% хлора, 2.26% водорода, 12.91% титана и 64.71% кислорода (все % по массе). Определите формулу кристаллогидрата.

**ПРИМЕР 9 (Определение эмпирической формулы вещества по его составу. Отображение формул минералов как смесей оксидов):**

Минерал тортвейтит состоит из 34.84% скандия, 21.77% кремния и 43.44% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**Решение:**

Многие из минералов, относящиеся к классу оксидных, силикатных или сульфидных могут быть записаны как в виде классической химической формулы, так и в виде смеси соответствующих оксидов или сульфидов. (Например, полевой шпат может быть записан просто как силикат кальция  $\text{CaSiO}_3$ . так и как смесь оксидов  $\text{CaO} \times \text{SiO}_2$ ). Это связано с тем, что большинство минералов представляют собой бертоллиды – вещества, не подчиняющиеся закону постоянства состава, и отображение в виде смеси оксидов выглядит корректнее, чем запись формулы. С другой стороны, совместная кристаллизация оксидов в геологических пластах может происходить с таким соотношением компонентов, что полученной простейшей формуле не всегда может быть соотнесено вещество, относящееся к какому-либо классу неорганических соединений

Рассчитаем атомные индексы по уже отработанной схеме:

$$\nu(\text{Sc}) = \frac{W_m(\text{Sc})}{A(\text{Sc})} \cdot \nu(\text{Si}) = \frac{W_m(\text{Si})}{A(\text{Si})} \cdot \nu(\text{O}) = \frac{W_m(\text{O})}{A(\text{O})}$$
 Здесь  $W_m(\text{X})$  – массовая доля элемента X в соединении.

Соотношение индексов  $\text{Sc}_a\text{Si}_b\text{O}_c$  может быть определено как соотношение количеств атомов.

Определяем:  $a : b : c = \nu(\text{Sc}) : \nu(\text{Si}) : \nu(\text{O}) = 1,00 : 1,00 : 3,50 = 2 : 2 : 7$ .  $\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ .

В минералах силикатной природы кремний присутствует в виде оксида кремния  $\text{SiO}_2$ . Можно отметить, что в полученной формуле  $\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$  присутствует два атома кремния, что соответствует двум молям оксида кремния. После «вычитания» из формулы двух атомов кремния и четырех атомов кислорода остается два атома скандия и три атома кислорода, что соответствует оксиду скандия(III). Таким образом, формула тортвейтита  $\text{Sc}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$ .

**111.** Минерал фенакит состоит из 16.40% бериллия, 25.51% кремния и 58.12% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**112.** Минерал циркон состоит из 49.77% циркония, 15.32% кремния и 34.91% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**113.** Тальк состоит из 19.23% магнезия, 29.62% кремния, 50.62% кислорода и 0.53% водорода (все % по массе). Определите формулу талька, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**114.** Минерал мусковит, известный также как слюда, состоит из 9.82% калия, 20.32% алюминия, 21.15% кремния, 48.20% кислорода и 0.51% водорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**115.** Полудрагоценный камень гранат состоит из 33.66% железа, 10.84% алюминия, 16.93% кремния и 38.57% кислорода (все % по массе). Определите формулу граната, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**116.** Минерал волластонит состоит из 34.50% кальция, 24.18% кремния и 41.32% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**117.** Минерал энстатит состоит из 24.21% магнезия, 27.98% кремния и 47.81% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**118.** Минерал полевой шпат состоит из 14.05% калия, 9.69% алюминия, 30.27% кремния и 45.99% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**119.** Цеолит состоит из 16.18% натрия, 18.99% алюминия, 19.77% кремния и 45.05% кислорода (все % по массе). Определите формулу минерала, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

**120.** Полудрагоценный камень берилл состоит из 5.03% бериллия, 10.04% алюминия, 31.35% кремния и 53.58% кислорода (все % по массе). Определите

формулу берилла, запишите ее в виде смеси оксидов образующих его элементов.

### РАЗДЕЛ III. Определение молекулярных формул веществ.

Для определения молекулярных формул простых веществ необходима дополнительная информация о значении молярной массы изучаемого вещества. В задачах, посвященных определению молекулярных формул веществ, молярная масса может задаваться двумя способами: прямым и косвенным.

При прямом способе задания может приводиться либо точное значение молярной массы, либо границы в которых она может лежать. Косвенных способов отображения молярной массы существует несколько, в данном разделе рассмотрим определение молярных масс веществ по значению плотности. Существует два вида определение плотности паров веществ:

Относительная плотность вещества (плотность газа  $Y$  по газу  $X$ ) определяется как соотношение молярных масс двух газообразных веществ или веществ, переведенных в газообразное состояние:

$$D_x(Y) = \frac{M(Y)}{M(X)}$$

где  $M(X)$  – молярная масса вещества сравнения  $X$ .  $M(Y)$  – молярная масса вещества  $Y$ . В роли веществ сравнения чаще всего используют воздух  $M(\text{воздуха}) = 29$  г/моль. водород  $M(\text{H}_2) = 2$  г/моль. но могут быть использованы и другие вещества сравнения. Относительная плотность одного газа по другому безразмерна. С использованием относительной плотности молярная масса рассчитывается по формуле:

$$M(Y) = D_x(Y) \times M(X)$$

Абсолютная плотность измеряется в [г/л], определяется как масса одного литра вещества в газообразном состоянии и используется для определения молярных масс газообразных веществ или веществ, приводящихся в газообразное состояние без разложения и без протекания химической реакции ди- или олигомеризации. причем так, чтобы в условиях их нахождения в газообразном состоянии выполнялись законы идеальных газов (закон Менделеева-Клапейрона, закон Гей-Люссака). Если абсолютная плотность – число граммов в одном литре газа, то молярную массу газа можно определить как число граммов вещества в одном молярном объеме вещества.

Для нормальных условий молярная масса определяется по формуле:

$$M(X) = \rho(X) \times 22,4 \text{ л / моль}$$



Для условий, отличных от нормальных, расчет ведется по формуле Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \text{ или } pV = \nu RT \quad (1)$$

где  $\nu$  – количество молей исследуемого вещества. [моль];

$m$  – масса исследуемого вещества. [г];

$M$  – молярная масса исследуемого вещества. [г/моль];

$p$  – давление в системе. [кПа];

$V$  – объем, занимаемый исследуемым веществом. [л];

$T$  – абсолютная температура в системе. [К]. определяется по формуле:  $T$ .  
[К] = 273 +  $T$ . [°C]

$R$  – универсальная газовая постоянная.  $R = 8.314$  Дж/моль·К

Из формулы (1) получаем:  $\nu = \frac{pV}{RT}$ ,  $\frac{m}{M} = \frac{pV}{RT}$ . вычисляем:

$M = \frac{RT}{p} \times \frac{m}{V}$ , в этом выражении  $\frac{m}{V} = \rho$ , тогда молярную массу определим по формуле:

$$M = \frac{1}{\rho} \rho RT$$

Формула для вычисления молярной массы вещества по плотности для условий, отличных от нормальных.

### **ПРИМЕР 10 (Определение молекулярной формулы вещества по его процентному составу и молярной массе).**

Квадратовая кислота состоит из 58.55% углерода, 2.45% водорода и 39.00% кислорода (содержание дано по массе). Плотность паров квадратовой кислоты по аргону равна 2.054. Определите молекулярную формулу квадратовой кислоты.

#### **Решение:**

Задача подобного типа может решаться двумя способами.

#### **СПОСОБ А. Определение через простейшую формулу вещества.**

**Шаг 1:** Определяем простейшую формулу квадратовой кислоты  $C_xH_yO_z$  (см. ПРИМЕР 7).

$x : y : z = \frac{58,55}{12} : \frac{39,00}{16} : \frac{2,45}{1} \approx 2 : 1 : 1$ . отсюда простейшая формула квадратовой кислоты  $C_2H_1O_1$ . молекулярную формулу можно записать как  $(C_2H_1O_1)_n$ .

**Шаг 2:** Определяем молярную массу квадратовой кислоты по молекулярной формуле, записанной в общем виде:

$$M((C_2H_1O_1)_n) = n \cdot (2 \cdot 12 \text{ г/моль} + 1 \cdot 1 \text{ г/моль} + 1 \cdot 16 \text{ г/моль}) = \{41 \cdot n\} \text{ г/моль}$$

**Шаг 3:** Определяем молярную массу квадратовой кислоты по значению относительной плотности по аргону:

$$M([C_2H_1O_1]_n) = D_{Ar}([C_2H_1O_1]_n) \times M(Ar) = 2,054 \times 39,95 \text{ г/моль} = 82 \text{ г/моль}$$

**Шаг 4:** Сравниваем значения молярных масс:

$M((C_2H_1O_1)_n) = \{41 \cdot n\} \text{ г/моль} = 82 \text{ г/моль}$ . отсюда  $n = 2$ . тогда молекулярная формула квадратовой кислоты  $C_4H_2O_2$ .

**СПОСОБ Б.** Определение через молярную массу.

**Шаг 1:** Определяем молярную массу квадратовой кислоты по значению относительной плотности по аргону:

$$M([C_2H_1O_1]_n) = D_{Ar}([C_2H_1O_1]_n) \times M(Ar) = 2,054 \times 39,95 \text{ г/моль} = 82 \text{ г/моль}$$

**Шаг 2:** Определяем массы, приходящиеся на каждый из элементов, образующих квадратую кислоту:

$$m(C) = \frac{M(C_xH_yO_z) \times \omega(C)}{100\%} = 82 \times 0,5855 = 48,01$$

$$m(O) = \frac{M(C_xH_yO_z) \times \omega(O)}{100\%} = 82 \times 0,3900 = 31,98$$

$$m(H) = \frac{M(C_xH_yO_z) \times \omega(H)}{100\%} = 82 \times 0,0246 = 2,01. \text{ где } \omega(X) \text{ – массовая доля}$$

элемента X в вещества, выраженная в процентах.

**Шаг 3:** Определяем индексы при элементах в молекулярной химической формуле вещества:

$$x(C) = \frac{m(C)}{A(C)} = \frac{48,01}{12} \approx 4; \quad y(O) = \frac{m(O)}{A(O)} = \frac{31,98}{16} \approx 2; \quad z(H) = \frac{m(H)}{A(H)} = \frac{2,01}{1} \approx 2. \text{ в этих вы-}$$

ражениях  $n(X)$  – атомный индекс элемента X. то есть число атомов соответствующего элемента в молекуле.

Молекулярная формула квадратовой кислоты:  $C_4H_2O_2$ .

**121.** Вещество гексасульфид состоит из 1.04% водорода и 98.94% серы (содержание дано в массовых процентах). Плотность гексасульфида по воздуху равна 6.703. Определите молекулярную формулу гексасульфида.

**122.** Вещество тетрасульфид состоит из 1.55% водорода и 98.45% серы (содержание дано в массовых процентах). Плотность тетрасульфида по водороду равна 65. Определите молекулярную формулу тетрасульфида.

- 123.** Газообразное вещество дициан состоит из 46.17% углерода и 53.83% азота (содержание дано в массовых процентах). Плотность дициана по водороду равна 26. Определите молекулярную формулу дициана.
- 124.** Газообразное вещество состоит только из 69.55% кислорода и азота (содержание дано в массовых процентах). Плотность вещества по воздуху равна 3.172. Определите молекулярную формулу вещества.
- 125.** Бинарное вещество состоит из 56.36% кислорода и фосфора (содержание дано в массовых процентах). Плотность паров вещества по воздуху равна 9.789. Определите молекулярную формулу вещества.
- 126.** Бинарное вещество состоит из 15.02% хлора и ртути (содержание дано в массовых процентах). Плотность паров вещества по фтору равна 12.42. Определите молекулярную формулу вещества.
- 127.** Газообразное вещество состоит только из 20.68% углерода, 55.21% серы и азота (содержание дано в массовых процентах). Плотность вещества по воздуху равна 4.006. Определите молекулярную формулу вещества.
- 128.** Содержание углерода в углеводороде винилацетилене равно 92.26%. Плотность винилацетилена по ацетилену равна 2.000. Определите молекулярную формулу винилацетилена.
- 129.** Содержание углерода в углеводороде неопентане равно 85.63%. Плотность неопентана по озону равна 1.458. Определите молекулярную формулу неопентана.
- 130.** Содержание углерода в углеводороде бутадиене равно 88.82%. Плотность бутадиена по воздуху равна 1.862. Определите молекулярную формулу бутадиена.
- 131.** При 120°C уксусная кислота состоит из 40.00% углерода, 53.29% кислорода и водорода. Плотность паров уксусной кислоты по аммиаку при этих условиях равна 3.53. Определите молекулярную формулу уксусной кислоты. При уменьшении температуры плотность паров уксусной кислоты постепенно увеличивается, достигая 7.06 (также по аммиаку). Объясните причину этого явления.
- 132.** Содержание углерода в углеводороде стироле равно 92.26%. Плотность стирола по воздуху равна 3.586. Определите молекулярную формулу стирола.
- 133.** Мелитовая кислота состоит из 42.12% углерода, 56.11% кислорода и водорода. Плотность паров мелитовой кислоты по воздуху при 200°C равна 11.79. Определите молекулярную формулу мелитовой кислоты.
- 134.** Вещество состоит только из 29.72% углерода, 39.58% кислорода и железа (содержание дано в массовых процентах). Плотность вещества по воздуху равна 12.54. Определите молекулярную формулу вещества.

**135.** Вещество состоит только из 64.56% углерода. 5.42% водорода и железа (содержание дано в массовых процентах). Плотность вещества по аргону равна 4.65. Определите молекулярную формулу вещества.

**136.** Газообразное вещество «дисульфан» состоит из серы (97.0%) и водорода. Определите молекулярную формулу дисульфана. если известно, что при температуре 300°C и давлении 1.2 атм. 1 грамм дисульфана занимает объем 594 мл.

**137.** Газообразное вещество «дициан» состоит из углерода (46.2%) и азота. Определите молекулярную формулу дициана. если известно, что при температуре 150°C и давлении 5 атм. 1 грамм вещества занимает объем 133 мл.

**138.** Углеводород «аллен» состоит из углерода на 89.9%. Определите молекулярную формулу аллена. если известно, что при температуре 50°C и давлении 0.5 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 1.325 л.

**139.** Углеводород «неопентан» состоит из углерода на 83.2%. Определите молекулярную формулу неопентана. если известно, что при температуре 500°C и давлении 3 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 294 мл.

**140.** Углеводород «нафталин» состоит из углерода на 92.25%. Определите молекулярную формулу нафталина. если известно, что при температуре 250°C и давлении 0.3 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 1.100 л.

**141.** Углеводород «дурол» состоит из углерода на 89.9%. Определите молекулярную формулу дуrolа. если известно, что при температуре 400°C и давлении 1.5 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 307 мл.

**142.** Углеводород «адамантан» состоит из углерода на 88.2%. Определите молекулярную формулу адамантиана. если известно, что при температуре 75°C и давлении 0.03 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 7.00 л.

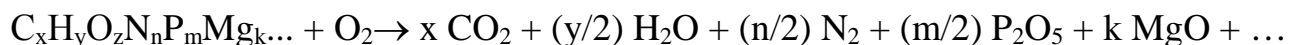
**143.** Углеводород «стирол» состоит из углерода на 92.25%. Определите молекулярную формулу стирола. если известно, что при температуре 200°C и давлении 7 атм. 1 грамм углеводорода занимает объем 53.3 мл.

**ПРИМЕЧАНИЕ 4:** Для проверки правильно ли определена молекулярная формула органического соединения, можно использовать следующие правила (упрощенный вариант правил, используемых при интерпретации данных по масс-спектрологии):

- ✓ Углеводороды  $C_xH_y$  с числом атомов углерода, меньшим, чем 15 имеют четное значение молекулярной массы (для  $x > 15$  измеряемое значение молярной массы вещества становится нечетным из-за накопления сотых доле атомной единицы массы;  $A(C) = 12.011$  г/моль и  $A(H) = 1.008$  г/моль).

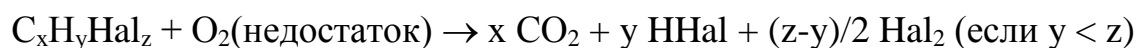
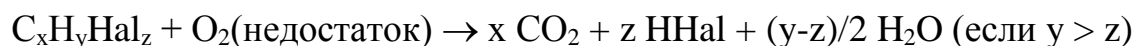
- ✓ Для углеводородов, кислородсодержащих и серусодержащих органических соединений, а также для веществ, в составе которых одновременно имеется кислород и сера ( $C_xH_y$ ,  $C_xH_yO_z$ ,  $C_xH_yS_z$  и  $C_xH_yO_zS_m$ ) число атомов водорода всегда четное независимо от числа атомов углерода, кислорода и серы. Это обусловлено тем, что С, О и S обладают четным значением валентности. **Пример:** *фенилсульфокислота*  $PhSO_3H$  ( $C_6H_6O_3S$ ), *каротен* –  $C_{40}H_{56}$ , *дезоксирибоза* –  $C_5H_{10}O_4$
- ✓ Если в органическом соединении имеется нечетное число атомов, проявляющих нечетную валентность (азот, галогены, фосфор и т.п.), то в данном соединении число атомов водорода – нечетное. **Пример:** *гуанин* –  $C_5H_5N_5O$ , *тирозин* –  $C_9H_{11}NO_3$ , *хлорвинил* –  $C_2H_3Cl$ .
- ✓ Если в органическом соединении имеется четное число атомов, проявляющих нечетную валентность (азот, галогены, фосфор и т.п.), то в данном соединении число атомов водорода – четное. **Пример:** *аргинин* –  $C_6H_{14}N_4O_2$ , *2-дезоксирибо-5-дифосфат* –  $C_5H_{12}P_2O_{10}$ .

Содержание элементов в органических веществах чаще всего определяется с помощью сжигания пробы вещества в атмосфере кислорода и определения количеств продуктов сгорания (метод анализа прокаливанием или сжиганием был разработан Юстасом Либихом еще в 18 веке). При отсутствии в органической пробе атомов галогенов сжигание приводит к образованию смеси оксидов (оксид углерода, вода, оксид серы(IV); твердые оксиды фосфора(V) и других *p*- и *d*-элементов для элементоорганических соединений) и молекулярного азота:



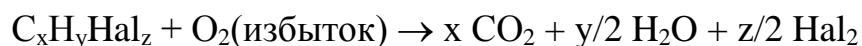
При наличии в составе соединения галогенов сжигание проводят в двух режимах – в недостатке и избытке кислорода.

В первом случае галоген связывается с водородом, образуя галогеноводород, который затем поглощается с образованием нерастворимых галогенидов серебра:



(если органическое соединение пергалогенированное, то есть в нем все атомы водорода замещены на атомы галогена, то продуктами сгорания в избытке кислорода являются только углекислый газ и свободный галоген).

Во втором случае избыток кислорода разрушает галогеноводород, и продуктами сгорания являются углекислый газ, вода и свободный галоген:



Определение количеств галогена или галогеноводорода по результатам обоих вариантов сжигания позволяет определить количество атомов галогена, углерода и водорода в органическом соединении.

**ПРИМЕР 11 (Определение молекулярной формулы вещества по его молярной массе и результатам элементного анализа).**

При сгорании 8.40 граммов предельного углеводорода (плотность по воздуху равна 5.793) образовалось 26.40 граммов газа, дающего осадок при пропускании через раствор гидроксида кальция и 10.60 миллилитров жидкости (н.у.). Запишите структурную формулу этого углеводорода, если дополнительно известно, что число третичных атомов углерода у этого углеводорода равно числу первичных атомов, а вторичных атомов углерода у этого соединения нет.

**Решение:**

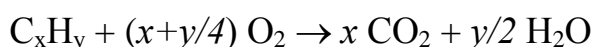
Задача подобного типа может решаться двумя способами.

**СПОСОБ А.**

**Шаг 1:** Определяем молярную массу углеводорода, используя значение относительной плотности по воздуху:

$$M(C_xH_y) = D_{Ar}(C_xH_y) \times M(\text{возд}) = 5,793 \times 29 \text{ г/моль} = 167,997 \text{ г/моль} \approx 168 \text{ г/моль}$$

**Шаг 2:** Определяем количества атомов элементов, входящих в состав углеводорода. Углеводород сгорает по схеме:



Отсюда можно определить, что  $\nu(C) = \nu(CO_2)$

$$\nu(H) = 2 \times \nu(H_2O)$$

Вычисляем  $\nu(C) = \nu(CO_2) = m(CO_2)/M(CO_2) = 26.4 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 0.6 \text{ моль}$

$$\nu(H) = 2 \times \nu(H_2O) = 2 \times 10.8 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 1.2 \text{ моль}^*$$

**Шаг 3:** Определяем количество молей неизвестного углеводорода по его массе и вычисленной в **пункте 1** молекулярной массе.

$$\nu(C_xH_y) = 8.40 \text{ г} / 168 \text{ г/моль} = 0.05 \text{ моль}$$

**Шаг 4:** Определяем количества атомов углерода и водорода в углеводороде по следующей схеме:

в 0.05 моль $C_xH_y$	содержится	0.6 моль атомов С
в 1.00 моль $C_xH_y$	содержится	x моль атомов С
		x = 12 (моль)

в 0.05 моль $C_xH_y$	содержится	1.2 моль атомов Н
----------------------	------------	-------------------

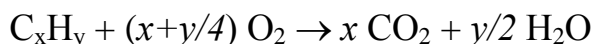
\* Жидкость, способная выделиться при сгорании углеводорода может быть только водой, плотность воды  $\rho(H_2O) = 1.00 \text{ г/мл}$ . Таким образом, масса воды, выделившейся в результате сгорания органического вещества (или в любом другом процессе) может быть приравнена ее объему.

в 1.00 моль $C_xH_y$	содержится	у моль атомов Н
		$y = 24$ (моль)

Отсюда молекулярная формула углеводорода  $C_{12}H_{24}$ .

## СПОСОБ Б.

**Шаг 1:** Определяем количества атомов элементов, входящих в состав углеводорода. Углеводород сгорает по схеме:



Отсюда можно определить, что  $\nu(C) = \nu(CO_2)$

$$\nu(H) = 2 \times \nu(H_2O)$$

Вычисляем  $\nu(C) = \nu(CO_2) = m(CO_2)/M(CO_2) = 26.4\text{г} / 44 \text{ г/моль} = 0.6 \text{ моль}$

$$\nu(H) = 2 \times \nu(H_2O) = 2 \times 10.8\text{г} / 18 \text{ г/моль} = 1.2 \text{ моль}$$

Соотношение между атомами углерода и водорода будет равно:

$$\nu(C) : \nu(H) = 0.6 : 1.2 = 1 : 2$$

Отсюда простейшая формула углеводорода  $CH_2$ .

Молекулярная формула углеводорода может быть записана в виде  $(CH_2)_n$

Молекулярная масса углеводорода может быть рассчитана по формуле:

$$M((CH_2)_n) = n \times M(CH_2) = 14 \times n.$$

**Шаг 2:** Определяем молярную массу углеводорода, используя значение относительной плотности по воздуху:

$$M(C_xH_y) = D_{Ar}(C_xH_y) \times M(\text{возд}) = 5,793 \times 29 \text{ г/моль} = 167,997 \text{ г/моль} \approx 168 \text{ г/моль}$$

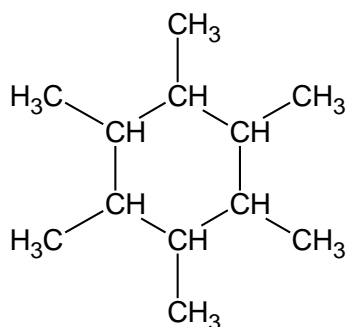
**Шаг 3:** Приравниваем молярные массы углеводорода, полученные по простейшей формуле углеводорода и по значению относительной плотности углеводорода по воздуху.

$$M((CH_2)_n) = n \times M(CH_2) = 14 \times n = 168 \text{ г/моль. отсюда } n = 12$$

Отсюда молекулярная формула углеводорода  $C_{12}H_{24}$ .

Простого алгоритма, позволяющего определить структурную формулу органического соединения, нет. Для построения структурных формул необходимо знание химических, физических свойств органических соединений, в ряде случаев обладать пространственным воображением. В данном случае можно рассуждать следующим образом:

Простейшая формула соответствует формуле гомологического ряда  $C_nH_{2n}$ . Это может говорить о том, что углеводород относится к ряду циклоалканов (в условии сказано, что углеводород – предельный). Из равенства числа первичных и третичных атомов углерода об отсутствии вторичных получается формула:



Это предельный углеводород **1,2,3,4,5,6-гексаметилциклогексан**.

**144.** При сгорании 7.65 граммов органического вещества *X*, в состав которого входят только углерод, водород и хлор образовалось 6.72 литра оксида углерода(IV) (н.у.). Массовая доля водорода в веществе *X* составляет 6.59%. Определите структурную формулу вещества *X*, если известно также, что в его составе нет первичных атомов углерода, а относительная плотность паров *X* по аргону составляет 1.913.

**145.** При сгорании 14.55 граммов органического вещества *X*. в состав которого входят только углерод, водород и хлор образовалось 6.72 литра оксида углерода(IV) (н.у.). Массовая доля водорода в веществе *X* составляет 2.08%. Определите структурную формулу вещества *X*, если известно также, что все атомы углерода, входящие в его состав, структурно эквивалентны, а относительная плотность паров *X* по аммиаку составляет 8.56.

**146.** При сгорании 9.69 граммов органического вещества *X*. в состав которого входят только углерод, водород и хлор образовалось 8.8 граммов оксида углерода(IV). Массовая доля водорода в веществе *X* составляет 2.08%. Определите структурную формулу вещества *X*. если известно также, что оно может существовать в виде цис- и транс-изомеров, а относительная плотность паров *X* по воздуху составляет 3.34.

**147.** При сгорании 11.4 граммов органического вещества *X* образовалось 35.2 граммов оксида углерода(IV). Массовая доля водорода в веществе *X* составляет 15.88%. Определите структурную формулу вещества *X*, если известно также, что при его свободнорадикальном хлорировании образуется только одно монохлорпроизводное, а относительная плотность паров *X* по углекислому газу составляет 2.59.

**148.** При сгорании 19.4 граммов органического вещества *X*, в состав которого входят только углерод, водород и хлор образовалось 8.96 литров оксида углерода(IV) (н.у.). Массовая доля хлора в веществе *X* составляет 73.14%. Определите структурную формулу вещества *X*, если известно также, что все атомы углерода, входящие в его состав, структурно эквивалентны, а относительная плотность паров *X* по воздуху составляет 6.69.



**149.** При сгорании 4.00 граммов органического вещества  $X$  образовалось 3.60 миллилитров воды. Массовая доля углерода в веществе  $X$  составляет 89.94%. Определите структурную формулу вещества  $X$ , если известно также, что ни один из атомов углерода, входящих в его состав не находится в состоянии  $sp^3$ -гибридизации, а относительная плотность паров  $X$  по углекислому газу составляет 0.909.

**150.** При сгорании 5.40 граммов органического вещества  $X$  образовалось 5.40 миллилитров воды. Массовая доля углерода в веществе  $X$  составляет 88.82%. Определите структурную формулу вещества  $X$ , если известно также, что ни один из атомов углерода, входящих в его состав не находится в состоянии  $sp$ -гибридизации, а плотность  $X$  составляет 2.41 г/л (н.у.).

**151.** При сгорании 4.20 граммов органического вещества  $X$  образовалось 6.72 литра оксида углерода(IV). Массовая доля водорода в веществе  $X$  составляет 14.37%. Определите структурную формулу вещества  $X$ , если известно также, что ни один из атомов углерода, входящих в его состав не находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, а плотность  $X$  составляет 1.875 г/л (н.у.).

**152.** При сгорании 25.05 граммов органического вещества  $X$ , в состав которого входят только углерод, водород и хлор образовалось 13.44 литров оксида углерода(IV) (н.у.). Массовая доля хлора в веществе  $X$  составляет 70.81%. Определите структурную формулу вещества  $X$ , если известно также, что все атомы углерода, входящие в его состав, находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, а относительная плотность паров  $X$  по воздуху составляет 8.638.

## ОТВЕТЫ:

1. 8.00 г/моль
2. 69.66 г/моль
3. 41.9 г/моль
4. 14.98 г/моль
5. 19.63 г/моль
6. 26.0 г/моль
7. 13.74 г/моль
8. 32.83 г/моль
9. 8.99 г/моль
10. 56.2 г/моль
11. 22.8 г/моль
12. 52.245 г/моль
13. 7.02 г/моль
14. 68.13 г/моль
15. 68.67 г/моль
16. 18.58 г/моль
17. S(II).  $H_2S$
18. Bi(III).  $Bi_2O_3$
19. As(V).  $AsF_5$
20. Fe(III).  $Fe_2O_3$
21. Ni(II).  $NiCl_2$  22. Hg(I).  $Hg_2O$
23. Pb(IV).  $PbO_2$
24. W(VI).  $WF_6$
25. Tc(VII).  $TcF_7$
26. Xe(VI).  $XeF_6$
27. P(V).  $P_4O_{10}$
28. Sn(II).  $SnSO_4$
29. I(III).  $ICl_3$
30. Os(VIII)  $OsF_4$
31.  $M_3(H_3PO_4)=32.67$  г/моль  
 $M_3(H_3PO_4)=49.0$  г/моль.  
 $M_3(H_3PO_4)=98.0$  г/моль
32. Фосфористая кислота двухосновная. ПОЭТОМУ ТОЛЬКО ДВА значения для эквивалентных масс:  $M_3(H_3PO_3)=41.0$  г/моль и  $M_3(H_3PO_3)=82.0$  г/моль
33. Иодная кислота представляет собой кристаллогидрат одноосновной кислоты  $HI O_4 \times 2H_2O$ . только одна масса эквивалента:  $M_3(H_5IO_6)=228.0$  г/моль
34.  $M_3(H_2SO_4)=49$  г/моль.  
 $M_3(H_2SO_4)=98$  г/моль
35.  $M_3(Fe(OH)_3) = 35.62$  г/моль.  
 $M_3(Fe(OH)_3)=53.44$  г/моль.  
 $M_3(Fe(OH)_3)=106.87$  г/моль
36.  $M_3(Cu(OH)_2)=48.78$  г/моль  
 $M_3(Cu(OH)_2)=97.56$  г/моль
37.  $M_3(AlCl_3)= 44.45$  г/моль
38.  $M_3(H_2SeO_4)=72.5$  г/моль.  
 $M_3(H_2SO_4)=145.0$  г/моль
39.  $M_3(Bi(OH)_3)=86.67$  г/моль.  
 $M_3(Bi(OH)_3)=130.0$  г/моль  
 $M_3(Bi(OH)_3)= 260.0$  г/моль
40.  $M_3(CuSO_4)=79.8$  г/моль
41. свинец.  $PbO$
42. литий.  $Li_2O$
43. углерод.  $CO_2$
44. магний.  $MgO$
45. азот.  $NF_3$
46. цинк.  $ZnS$
47. калий.  $KCl$
48. висмут.  $Bi_2O_3$
49. кальций.  $CaO$
50. олово.  $SnO_2$
51. титан.  $TiO_2$
52. цинк.  $ZnO$
53. фосфор.  $P_2O_5$
54. селен.  $SeO_2$
55. вольфрам.  $WO_3$
56. висмут;  $Bi_2O_3$ .  $Bi_2O_5$

57. углерод; CO. CO<sub>2</sub>
58. сера; SO<sub>2</sub>. SO<sub>3</sub>
59. азот; NO. N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
60. азот; NO. N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
61. железо; FeO. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
62. никель; NiO. Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
63. медь; CuO. Cu<sub>2</sub>O
64. азот; NO<sub>2</sub>. N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
65. селен; SeO<sub>2</sub>. SeO<sub>3</sub>
66. мышьяк; As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
67. вольфрам; WO<sub>2</sub>. WO<sub>3</sub>
68. титан; TiF<sub>4</sub>. TiF<sub>2</sub>
69. ксенон; XeF<sub>4</sub>. XeF<sub>6</sub>
70. кремний; SiF<sub>2</sub>. SiF<sub>4</sub>
71. 7 г/моль; Li(I). N(II). Si(IV); оксиды Cl(V) и Fe(VIII) при сгорании простого вещества в кислороде не образуются
72. 23 г/моль; Na(I). Ga(III)
73. 7 г/моль; Li(I). N(II). Si(IV). Cl(V); фторид Fe(VIII) при сгорании простого вещества во фторе не образуется
74. 56.2 г/моль. Cd(II). Ho(III)
75. 20.0 г/моль. Ca
76. 12.0 г/моль. Mg(II). Ti(IV)
77. 9.0 г/моль Al(III). Mn(V)
78. 22.975 г/моль. Ga(III). W(VI)
79. 10.2 г/моль V(V). P(III)
80. 1 г/моль H(I)
81. сульфат кальция. CaSO<sub>4</sub>
82. тиосульфат натрия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
83. фосфат железа(III) FePO<sub>4</sub>
84. фосфат меди (II) Cu<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
85. бихромат калия K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
86. нитрат меди(II) Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
87. нитрат аммония NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
88. персульфат калия K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>
89. гидроксид висмута(III) Bi(OH)<sub>3</sub>
90. триоксовольфрамат(IV) кальция CaWO<sub>3</sub>
91. сульфат аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
92. гептаоксотетраборат(III) динатрия Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>
93. гексацианоферрат(III) калия K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]
94. гексацианоферрат(II) калия K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]
95. сульфид цинка ZnS
96. тетрасульфид натрия Na<sub>2</sub>S<sub>4</sub>
97. октасульфид калия K<sub>2</sub>S<sub>8</sub>
98. карборан C<sub>2</sub>B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>
99. дигидрофосфат лития LiH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>
100. фосфит динатрия Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>. Эта соль не является кислой (См. задачу № 32).
101. пентагидрат сульфата меди(II) CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O
102. декагидрат сульфата натрия Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>×10H<sub>2</sub>O
103. дигидрат сульфата кальция CaSO<sub>4</sub>×2H<sub>2</sub>O
104. гептагидрат сульфата железа(II) FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O
105. гептагидрат хлора (клатрат хлора с ледяной водой) Cl<sub>2</sub>×7H<sub>2</sub>O
106. полугидрат сульфата кальция (гипс) CaSO<sub>4</sub>×0.5H<sub>2</sub>O
107. гептагидрат сульфата магния MgSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O
108. тригидрат нитрата алюминия Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>×3H<sub>2</sub>O
109. тетрагидрат трибромид таллия TlBr<sub>3</sub>×4H<sub>2</sub>O

110. гексагидрат хлората оксотитана (TiO)(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O
111. 2BeO×SiO<sub>2</sub>
112. 2ZrO×SiO<sub>2</sub>
113. Mg<sub>3</sub>H<sub>2</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]<sub>2</sub>:  
3MgO×4SiO<sub>2</sub>×H<sub>2</sub>O
114. KAl<sub>3</sub>H<sub>2</sub>[Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>]:  
K<sub>2</sub>O×3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>×6SiO<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O
115. Fe<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>:  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>×3FeO×3SiO<sub>2</sub>
116. CaSiO<sub>3</sub>: CaO×SiO<sub>2</sub>
117. MgSiO<sub>3</sub>: MgO×SiO<sub>2</sub>
118. KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>: K<sub>2</sub>O×Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>×6SiO<sub>2</sub>
119. NaAlSiO<sub>4</sub>: [Na<sub>2</sub>O×Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>×2SiO<sub>2</sub>]<sub>n</sub>  
Цеолит представляет собой неорганический полимер, поэтому более правильно записать его в виде повторяющегося структурного звена.
120. Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>]:  
3BeO×Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>×6SiO<sub>2</sub>
121. H<sub>2</sub>S<sub>6</sub>
122. H<sub>2</sub>S<sub>4</sub>
123. C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>
124. N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
125. P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>
126. Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>
127. C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>N<sub>2</sub>
128. C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>
129. C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>
130. C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>
131. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, при температурах ниже 120°С уксусная кислота димеризуется за счет водородных связей между карбоксильными группами
132. C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>
133. C<sub>12</sub>H<sub>6</sub>O<sub>12</sub>

