

Содержание

От автора	3
-----------------	---

Г л а в а 1. Водород

1.1. Химические свойства водорода	5
<i>Простые вещества</i>	5
<i>Сложные вещества</i>	6
1.2. Получение водорода	7
1.3. Примеры решения задач	7
<i>Гидриды металлов</i>	7
<i>Взаимодействие водорода с оксидами металлов</i>	14
Получение водорода и другие реакции с его участием	17

Г л а в а 2. Галогены

2.1. Общая характеристика химических свойств галогенов. Фтор и его соединения	26
2.2. Хлор: химические свойства и получение	30
<i>Простые вещества</i>	30
<i>Сложные вещества</i>	31
2.3. Хлороводород и соляная кислота	40
2.4. Свойства других соединений галогенов	48

Г л а в а 3. Кислород и его соединения

3.1. Кислород: химические свойства и получение	53
<i>Металлы</i>	53
<i>Неметаллы</i>	54
3.2. Вода. Пероксид водорода	66

Г л а в а 4. Сера и ее соединения

4.1. Сера. Сероводород. Оксид серы(IV)	69
4.2. Серная кислота и ее соли	91

Г л а в а 5. Азот и его соединения

5.1. Азот: химические свойства и получение	109
5.2. Аммиак: химические свойства и получение. Соли аммония	113
5.3. Азотная кислота. Нитраты	122

Г л а в а 6. Фосфор и его соединения

6.1. Фосфор: химические свойства и получение	138
6.2. Оксид фосфора(V). Фосфорная (ортофосфорная) кислота	144
6.3. Соли фосфорной кислоты. Фосфорные удобрения . . .	149

Г л а в а 7. Углерод и его соединения

7.1. Углерод	161
7.2. Оксиды углерода	166
7.3. Соли угольной кислоты	172

Г л а в а 8. Кремний и его соединения

8.1. Кремний: химические свойства и получение	183
8.2. Оксид кремния(IV). Силикаты. Стекла.	190

Г л а в а 9. Металлы

9.1. Установление природы металла.	195
9.2. Щелочные и щелочноземельные металлы.	200
9.3. Алюминий.	214
9.4. Металлы <i>d</i> -семейства	224

Г л а в а 10. Алканы

10.1. Общая характеристика.	244
10.2. Определение молекулярной формулы и строения алкана	248
10.3. Установление формул и построение изомеров галогенпроизводных алканов	255

10.4. Установление формул алканов (и других углеводородов) по данным химических реакций	262
10.5. Получение и химические свойства алканов	270

Г л а в а 11. Алкены

11.1. Номенклатура и изомерия алкенов	277
11.2. Установление молекулярной формулы и строения алкена	281
11.3. Химические свойства алкенов и их получение	291

Г л а в а 12. Алкадиены

12.1. Номенклатура и изомерия диенов	300
12.2. Установление молекулярной формулы и строения диенов	304
12.3. Химические свойства и получение диенов	306

Г л а в а 13. Алкины

13.1. Номенклатура и изомерия алкинов	314
13.2. Установление молекулярной формулы и строения алкинов	316
13.3. Химические свойства и получение алкинов	318

Г л а в а 14. Арены

14.1. Установление молекулярной формулы и строения аренов	338
14.2. Химические свойства и получение бензола	349
14.3. Химические свойства и получение гомологов бензола и стирола	354

Г л а в а 15. Спирты

15.1. Общая характеристика	362
15.2. Алканола: номенклатура и изомерия	363
15.3. Установление молекулярной формулы и строения алканолов	365
15.4. Химические свойства алканолов	367

15.5. Получение алканолов.	376
15.6. Многоатомные спирты.	378

Г л а в а 16. Фенолы 383

Г л а в а 17. Альдегиды. Кетоны

17.1. Общая характеристика.	394
17.2. Химические свойства и получение альдегидов и кетонов.	395
<i>Определение формул альдегидов и соответствующих спиртов</i>	396
<i>Реакции с участием альдегидов</i>	402

Г л а в а 18. Карбоновые кислоты

18.1. Общая характеристика карбоновых кислот	410
18.2. Химические свойства насыщенных одноосновных карбоновых кислот.	412
18.3. Установление формул кислот	417
18.4. Комбинированные задачи. Получение карбоновых кислот.	428

Г л а в а 19. Сложные эфиры. Жиры

19.1. Химические свойства и получение сложных эфиров .	440
19.2. Установление формул сложных эфиров	443
19.3. Сложные эфиры: комбинированные задачи	449
19.4. Жиры	454

Глава 20. Углеводы

20.1. Общая характеристика.	463
20.2. Химические свойства углеводов	463
<i>Глюкоза</i>	464
<i>Получение глюкозы</i>	465
<i>Сахароза и мальтоза</i>	465
<i>Крахмал. Целлюлоза</i>	466
20.3. Примеры решения задач	468

Г л а в а 21. Амины

21.1. Общая характеристика.	476
21.2. Химические свойства и получение алифатических аминов	477
21.3. Установление формул аминов	479
<i>Реакции с участием алкиламинов</i>	483
<i>Анилин: химические свойства и получение</i>	487

Г л а в а 22. Аминокислоты

22.1. Общая характеристика.	494
22.2. Химические свойства и получение АМК.	495

Г л а в а 23. Решение задач повышенной сложности

509

Приложения

<i>Приложение 1. Таблица растворимости солей, кислот и оснований в воде</i>	538
<i>Приложение 2. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева</i>	539
<i>Приложение 3. Строение и названия некоторых углеводородных групп.</i>	540
<i>Приложение 4. Общие формулы и относительные молекулярные массы (M_r) некоторых классов органических соединений.</i>	542
<i>Приложение 5. Относительные молекулярные массы (M_r) некоторых органических соединений.</i>	544
<i>Приложение 6. Обобщенные уравнения реакций горения органических соединений.</i>	549

Ответы	551
Глава 1.	551
Глава 2.	552
Глава 3.	554
Глава 4.	555
Глава 5.	558

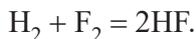
Глава 6.....	561
Глава 7.....	563
Глава 8.....	565
Глава 9.....	566
Глава 10.....	569
Глава 11.....	571
Глава 12.....	572
Глава 13.....	573
Глава 14.....	574
Глава 15.....	575
Глава 16.....	576
Глава 17.....	577
Глава 18.....	578
Глава 19.....	579
Глава 20.....	581
Глава 21.....	582
Глава 22.....	583
<i>Список использованной литературы</i>	585

Водород

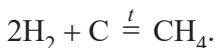
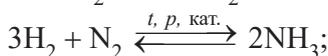
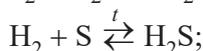
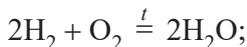
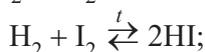
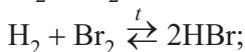
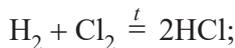
1.1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДА

Простые вещества

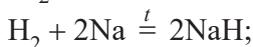
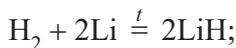
При обычных условиях водород реагирует только со фтором:

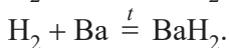
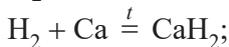
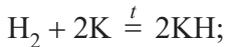


В присутствии катализатора, при нагревании или повышенном давлении водород реагирует со многими неметаллами (кроме кремния, фосфора, бора и благородных газов), проявляя при этом восстановительные свойства:

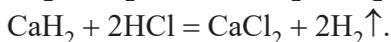
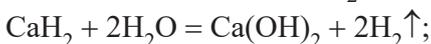
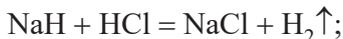
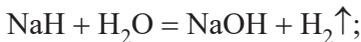


При нагревании водород взаимодействует со щелочными и щелочноземельными металлами. Полученные соединения называются *гидридами*. В этих реакциях водород — окислитель:



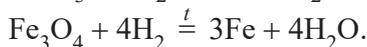
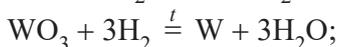
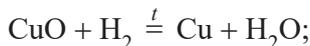


Гидриды металлов разлагаются водой и кислотами. В обоих случаях образуется водород, а также щелочь или соль:



Сложные вещества

Для водорода характерны восстановительные свойства. В частности, он восстанавливает металлы из их оксидов:

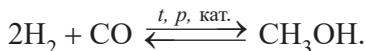


Обратите внимание!

Следует иметь в виду, что практически водород может восстановить из оксидов только те металлы, которые в электрохимическом ряду металлов расположены за цинком.

Не протекают реакции водорода с оксидами алюминия, бериллия, магния, кальция, калия и т. д.

При взаимодействии водорода с оксидом углерода(II) образуется метанол:

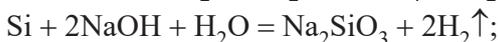
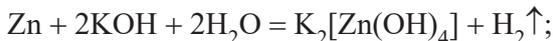
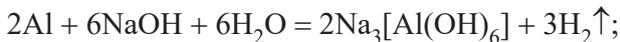


Многочисленные реакции водорода с органическими веществами рассматриваются в последующих разделах пособия.

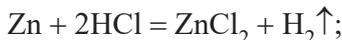
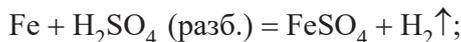
1.2. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА

В лаборатории водород получают взаимодействием:

- Al, Zn или Si с растворами щелочей:

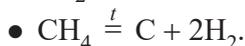
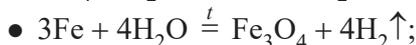
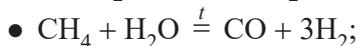
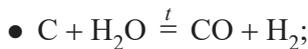


- металлов (Zn, Fe) с кислотами (соляной или разбавленной серной):



- гидридов металлов с водой или кислотами (см. выше).

В промышленности водород получают по реакциям:



1.3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задачи на эту тему разделены на несколько типов.

Гидриды металлов

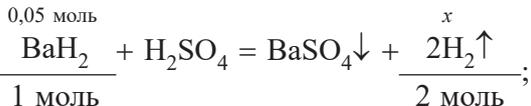
Пример 1.1. Рассчитайте объем водорода, который выделится при взаимодействии гидроксида бария массой 6,95 г с избытком разбавленной серной кислоты.

Дано: $m(\text{BaH}_2) = 6,95 \text{ г}$

$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$

Решение.

Записываем уравнение реакции и производим расчеты:



$$M(\text{BaH}_2) = 139 \text{ г/моль}; V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль};$$

$$n(\text{BaH}_2) = \frac{m}{M} = \frac{6,95}{139} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

Из уравнения реакции следует:

$$x = n(\text{H}_2) = \frac{0,05 \cdot 2}{1} = 0,1 \text{ (моль)};$$

$$V(\text{H}_2) = n \cdot V_m = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ (дм}^3\text{)}.$$

Ответ: $V(\text{H}_2) = 2,24 \text{ дм}^3$.

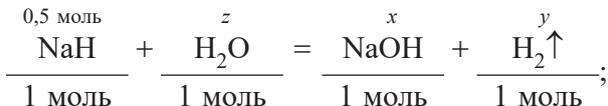
Пример 1.2. Гидрид натрия массой 12 г растворили в воде массой 50 г. Рассчитайте массовую долю гидроксида натрия (%) в полученном растворе.

Дано: $m(\text{NaN}) = 12 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г}$

$\omega(\text{NaOH})$ — ?

Решение.

Записываем уравнение реакции и производим расчеты:



$$M(\text{NaN}) = 24 \text{ г/моль}; M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}; M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}.$$

Вода, очевидно, взята с избытком, поскольку

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{50}{18} > n(\text{NaN}) = \frac{12}{24}.$$

По данным для гидрида натрия рассчитываем химическое количество и массу NaOH:

$$n(\text{NaH}) = \frac{m}{M} = \frac{12}{24} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$x = n(\text{NaOH}) = \frac{0,5 \cdot 1}{1} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ (г)}.$$

Чтобы найти массовую долю NaOH, требуется рассчитать массу раствора после реакции. Это можно сделать двумя способами.

Способ 1

Масса конечного раствора равна сумме масс NaH и H₂O за вычетом массы выделившегося водорода:

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2);$$

$$n(\text{H}_2) = y = \frac{0,5 \cdot 1}{1} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{H}_2) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ (г)}.$$

Имеем:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = m(\text{NaH}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2);$$

$$m(\text{р-ра NaOH}) = 12 + 50 - 1 = 61 \text{ (г)}.$$

Способ 2

Масса конечного раствора равна сумме масс всех веществ, которые в нем находятся, т. е. сумме масс NaOH и избыточной (непрореагировавшей) воды:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = m(\text{NaOH}) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{непрореаг.}}$$

Находим массу прореагировавшей воды:

$$z = n(\text{H}_2\text{O})_{\text{прореаг.}} = \frac{0,5 \cdot 1}{1} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{прореаг.}} = n \cdot M = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ (г)}.$$

Тогда:

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{непрореаг.}} = m(\text{H}_2\text{O})_{\text{исх.}} - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{прореаг.}} = \\ = 50 - 9 = 41 \text{ (г)}.$$

Имеем:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = 20 + 41 = 61 \text{ (г)}.$$

Рассчитываем массовую долю щелочи в конечном растворе:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{р-ра NaOH})} = \frac{20}{61} = 0,328 \text{ (32,8 \%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{NaOH}) = 32,8 \%$.

Пример 1.3. Газ, полученный при разложении гидрида натрия водой, пропустили под раскаленным оксидом меди(II). В результате реакции образовался твердый остаток, масса которого на 0,4 г меньше массы исходного оксида. Рассчитайте массу использованного гидрида.

Дано: $\Delta m = 0,4 \text{ г}$

$m(\text{NaH})$ — ?

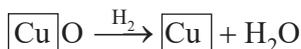
Решение.

Записываем уравнения реакций и производим расчеты:



$$M(\text{NaH}) = 24 \text{ г/моль}; M(\text{O}) = 16 \text{ г/моль}.$$

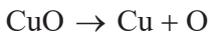
Из схемы реакции (2)



нетрудно заметить, что уменьшение массы твердого остатка обязано атомарному кислороду, который «ушел» из оксида меди(II) и «перешел» в воду:

$$\Delta m = m(\text{O}) = 0,4 \text{ г}.$$

На основании схемы



приходим к выводу:

$$n(\text{O}) = n(\text{CuO}).$$

Из уравнения (2) следует:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{CuO}).$$

Согласно уравнению (1) имеем:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{NaNH}).$$

Итак:

$$n(\text{NaNH}) = n(\text{H}_2) = n(\text{CuO}) = n(\text{O});$$

$$n(\text{O}) = \frac{0,4}{16} = 0,025 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{NaNH}) = n \cdot M = 0,025 \cdot 24 = 0,6 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{NaNH}) = 0,6 \text{ (г)}$.

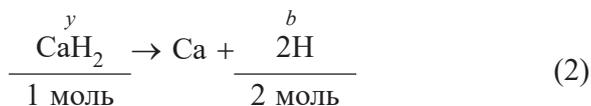
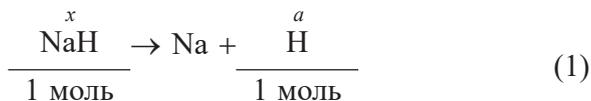
Пример 1.4. В смеси гидридов кальция и натрия общей массой 6,4 г массовая доля атомов водорода равна 4,68 %. Найдите массу гидрида кальция в смеси.

Дано: $m(\text{CaH}_2 + \text{NaNH}) = 6,4 \text{ г}; w(\text{H}) = 4,68 \%$

$m(\text{CaH}_2) \text{ — ?}$

Решение.

Для удобства расчетов составляем стехиометрические схемы:



Обозначим химические количества гидридов как x (моль) и y (моль). Тогда из стехиометрических схем следует:

$$\begin{aligned} a &= n(\text{H})_1 = x \text{ (моль)}; \\ b &= n(\text{H})_2 = 2y \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

Учитывая, что $M(\text{H}) = 1$ г/моль, для массы атомов H получаем:

$$m(\text{H}) = x \cdot 1 + 2y \cdot 1 = x + 2y \text{ (г)}.$$

Тогда массовая доля атомов H равна:

$$0,0468 = \frac{m(\text{H})}{m(\text{CaH}_2 + \text{NaNH})} = \frac{x + 2y}{6,4}.$$

Для массы гидридов имеем:

$$\begin{aligned} m(\text{CaH}_2 + \text{NaNH}) &= m(\text{CaH}_2) + m(\text{NaNH}) = \\ &= n(\text{CaH}_2) \cdot M(\text{CaH}_2) + n(\text{NaNH}) \cdot M(\text{NaNH}); \\ M(\text{CaH}_2) &= 42 \text{ г/моль}; M(\text{NaNH}) = 24 \text{ г/моль}; \\ n(\text{CaH}_2) &= y \text{ (моль)}; n(\text{NaNH}) = x \text{ (моль)}; \\ m(\text{CaH}_2 + \text{NaNH}) &= x \cdot 24 + y \cdot 42 = 6,4 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Можно составить систему двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{x + 2y}{6,4} = 0,0468 \\ x \cdot 24 + y \cdot 42 = 6,4 \end{cases}$$

Отсюда:

$$y = 0,133 \text{ моль}; m(\text{CaH}_2) = n \cdot M = 0,133 \cdot 42 = 5,6 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{CaH}_2) = 5,6$ г.

1. Какая масса технического гидрида кальция (массовая доля примесей — 15 %) нужна для получения 17,6 дм³ (н. у.) водорода при его выходе 85 %?
2. Какой объем водорода (н. у.) выделится при взаимодействии гидрида кальция с водой, если для полной нейт-

- рализации полученного при этом раствора потребовалось $43,67 \text{ см}^3$ раствора с $w(\text{HCl}) = 0,292$ ($\rho = 1,145 \text{ г/см}^3$)?
3. При растворении в избытке воды смеси гидридов двух щелочных металлов общей массой $2,0 \text{ г}$ выделилось $3,36 \text{ дм}^3$ (н. у.) водорода. Гидриды каких металлов были взяты, если известно, что химические количества полученных щелочей относятся как $5 : 1$?
 4. В результате реакции гидрида металла массой $2,0 \text{ г}$ (состав гидрида металла — MeH) с избытком воды выделился водород объемом (н. у.) $1,12 \text{ дм}^3$. Определите металл.
 - *5. Газ, выделившийся после обработки гидрида кальция избытком воды, пропустили над раскаленным оксидом железа(III). В результате масса оксида уменьшилась на $0,96 \text{ г}$. Найдите массу CaH_2 , который вступил в реакцию с водой.
 - *6. Водород, полученный при взаимодействии CaH_2 массой $0,84 \text{ г}$ с избытком соляной кислоты, пропустили над раскаленным CuO массой $8,0 \text{ г}$. Определите массовую долю меди в ее смеси с оксидом меди(II) в твердом остатке после реакции.
 - *7. Смесь равных химических количеств KH и NaNH полностью растворили в воде и получили $11,2 \text{ дм}^3$ (н. у.) водорода. Какая масса алюминия может полностью прореагировать со щелочами в полученном растворе?
 8. Смесь LiH и CaH_2 массой $12,1 \text{ г}$ полностью растворили в воде. В образовавшейся смеси щелочей $w(\text{LiOH}) = 20,6 \%$. Найдите: а) массы гидридов в исходной смеси; б) объем (н. у.) выделенного газа.
 - *9. Смесь NaNH и BaH_2 массой $9,35 \text{ г}$ полностью растворяется в воде с образованием $1,204 \cdot 10^{23}$ молекул водорода. Рассчитайте $w(\text{NaNH})$ в смеси гидридов.
 - *10. В смеси KH и CaH_2 $w(\text{H}) = 3,28 \%$. Водородом, полученным из этой смеси, можно полностью восстановить оксид железа(III) массой $5,33 \text{ г}$. Найдите массовую долю атомов K в исходной смеси.