

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

### Контрольные задания №№ 1-9

Дайте определения понятий: атом, молекула, атомная единица массы (а.е.м.), простое и сложное вещество, моль, молярная масса. Чему равен молярный объем газа при нормальных условиях (н. у.)<sup>\*)</sup>?

Произведите расчеты в соответствии с вашим заданием, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

№ задания	Формула вещества	Молярная масса (M), г/моль	Масса в-ва (m), г	Кол-во вещества (ν), моль	Число молекул или формульных единиц (N)	Объем газа при н.у. (V), л
1	CO		1.6			
	MgSO <sub>4</sub>			0.3		-
2	H <sub>2</sub>				12.04·10 <sup>23</sup>	
	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			0.1		-
3	CO <sub>2</sub>					5.6
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		51.5			-
4	N <sub>2</sub>			0.5		
	CaSO <sub>4</sub>				1.5·10 <sup>23</sup>	-
5	SO <sub>2</sub>					2.8
	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		4			-
6	Cl <sub>2</sub>		7.1			
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>				3.01·10 <sup>23</sup>	-
7	NH <sub>3</sub>					1.4
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				6.02·10 <sup>22</sup>	-
8	NO			0.3		
	FeCl <sub>3</sub>		16			-
9	O <sub>2</sub>			3.5		
	ZnSO <sub>4</sub>		80			-

<sup>\*)</sup> т.е. при температуре 0°C (273 К) и давлении 1 атм (101.3 кПа).

**Пример.**

Произвести расчеты, если известно, что сероводород занимает при н. у. объем 1,4 л.

*Ответ:*

1. Молярная масса:

$$M_r(\text{H}_2\text{S}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) = 2 \cdot 1 + 32 = 34 \text{ а.е.м.},$$

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль.}$$

2. Количество вещества:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A},$$

где  $N_A$  – число Авогадро,

$V_m$  – молярный объем газа при н. у.

Следовательно,

$$\nu = \frac{V}{V_m} = \frac{1,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0625 \text{ моль.}$$

3. Масса вещества:

$$m = \nu \cdot M = 0,0625 \text{ моль} \cdot 34 \text{ г/моль} = 2,125 \text{ г.}$$

4. Число молекул:

$$N = \nu \cdot N_A = 0,0625 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,76 \cdot 10^{22}.$$

## ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### Контрольные задания №№ 10–19

Для своего задания в соответствии с таблицей 2 назовите и классифицируйте исходные вещества, составьте уравнения химических реакций.

Таблица 2

№ задания	Исходные вещества	Составить уравнения возможных реакций с						
		водой	кислотой	щелочью	солью	основным оксидом	кислотным оксидом	амфотерным оксидом
10	MgO							
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
11	CaO							
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>							
12	SO <sub>2</sub>							
	NaOH							
13	SO <sub>3</sub>							
	KOH							
14	ZnO							
	CuSO <sub>4</sub>							
15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							
	FeCl <sub>3</sub>							
16	K <sub>2</sub> O							
	HNO <sub>3</sub>							
17	BeO							
	ZnCl <sub>2</sub>							
18	BaO							
	HCl							
19	CrO <sub>3</sub>							
	Ba(OH) <sub>2</sub>							

**Пример.**

Дано:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeCl}_2$ .

Составить уравнения возможных реакций с реагентами, указанными в таблице.

*Ответ:*

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  – оксид хрома (III), амфотерный оксид.

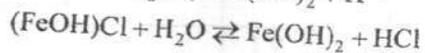
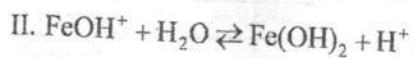
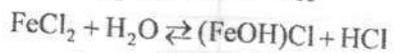
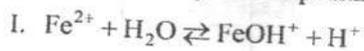
$\text{FeCl}_2$  – хлорид железа (II), соль.

1. Отношение к воде:

а) амфотерные оксиды с водой не взаимодействуют;

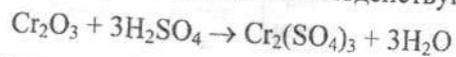
б)  $\text{FeCl}_2$  – соль, образованная слабым основанием и сильной кислотой.

Такие соли вступают в реакции гидролиза с водой

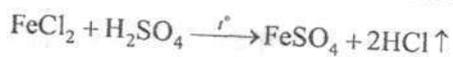


2. Отношение к кислотам:

а) амфотерные оксиды взаимодействуют с кислотами

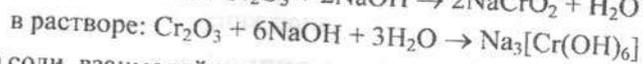
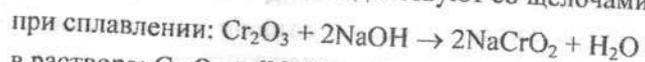


б) малолетучие кислоты вытесняют летучие из их солей

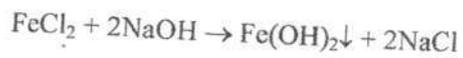


3. Отношение к щелочам:

а) амфотерные оксиды взаимодействуют со щелочами



б) соли взаимодействуют со щелочами, если при этом образуются малорастворимые вещества или слабые основания



## РАСТВОРЫ

### ✓ Контрольное задание № 20 (для всех вариантов)

Приведите определения понятия “раствор” и способов выражения состава растворов (массовая доля, молярная и моляльная концентрации).

### Контрольные задания №№ 21–30

Произведите расчеты в соответствии с вашим заданием, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

№ задания	Растворенное вещество	Масса растворенного вещества ( $m_a$ ), г	Масса растворителя ( $L$ ), г	Масса раствора ( $m_{p-ра}$ ), г	Объем раствора ( $V$ ), л	Плотность раствора ( $\rho$ ), г/мл	Массовая доля ( $\omega_a$ ), %	Молярная концентрация ( $c_m$ ), моль/л	Моляльная концентрация ( $c_n$ ), моль/кг
21	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			200		1.090	13		
22	HCl				0.1	1.095		5.5	
23	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>			400		1.204	32		
24	NaOH	250				1.060			2.0
25	HNO <sub>3</sub>		1000			1.093			2.5
26	CH <sub>3</sub> COOH				3.0	1.017		2.0	
27	KOH		400			1.310			5.4
28	BaCl <sub>2</sub>			500		1.203	20		
29	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>				0.3	1.103	10		
30	NaCl				0.25	1.150		3.6	

**Пример.**

Дано: 100 мл 25% раствора гидроксида калия, плотность которого равна 1.23 г/мл.

Произвести расчеты и заполнить пропуски в таблице.

*Ответ.*

1. Масса раствора

$$m_{\text{р-ра}} = \rho \cdot V = 1.23 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 123 \text{ г}.$$

2. Масса растворенного вещества

$$m_{\text{в}} = m(\text{KOH}) = \frac{\omega_{\text{в}} \cdot m_{\text{р-ра}}}{100\%} = \frac{25\% \cdot 123 \text{ г}}{100\%} = 30.75 \text{ г}.$$

3. Масса растворителя

$$L = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в}} = 123 - 30.75 = 92.25 \text{ г} = 0.09225 \text{ кг}.$$

4. Молярная концентрация

$$c_{\text{м}} = \frac{m_{\text{в}}}{M_{\text{в}} \cdot V} = \frac{30.75 \text{ г}}{56 \text{ г/моль} \cdot 0.1 \text{ л}} = 5.49 \text{ моль/л}.$$

5. Молярная концентрация

$$c_{\text{м}} = \frac{m_{\text{в}}}{M_{\text{в}} \cdot L} = \frac{30.75 \text{ г}}{56 \text{ г/моль} \cdot 0.09225 \text{ кг}} = 5.95 \text{ моль/кг}.$$

**Контрольные задания №№ 31–40**

Сколько граммов этиленгликоля  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  надо растворить в 1 кг воды, чтобы приготовить антифриз с заданной температурой замерзания (таблица 4).

Таблица 4

№ задания	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Температура замерзания, °C	-5	-14	-18	-20	-8	-25	-28	-30	-10	-32

При решении используйте формулы

$$\Delta t_{\text{з}} = K \cdot c_{\text{м}},$$

$$c_m = \frac{m_B}{M_B \cdot L},$$

где  $\Delta t_3$  – разность температур замерзания чистого растворителя (воды) и раствора,  $K = 1.86$  град·кг/моль – криоскопическая константа воды,  $c_m$  – моляльная концентрация (моль/кг),  $m_B$  – масса растворенного вещества (г),  $M_B$  – молярная масса растворенного вещества (г/моль),  $L$  – масса растворителя (кг).

### Контрольные задания №№ 41–50

Сформулируйте основные положения теории электролитической диссоциации. Что называют степенью электролитической диссоциации? Приведите примеры сильных и слабых электролитов. Дайте определения кислоты, основания и соли в свете теории электролитической диссоциации. Перечислите условия протекания реакций обмена в растворах электролитов.

В соответствии с номером вашего задания (таблица 5) запишите уравнения электролитической диссоциации кислоты и основания, а также составьте уравнения возможных реакций между ними, приводящих к образованию средних, кислых и основных солей. Приведите названия этих солей. Реакции запишите в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

Таблица 5

№ задания	Кислота	Основание
41	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
42	HCl	Cu(OH) <sub>2</sub>
43	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> OH
44	HNO <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>
45	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>
46	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>
47	H <sub>2</sub> S	KOH
48	HNO <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>
49	HClO <sub>4</sub>	Cr(OH) <sub>2</sub>
50	HClO <sub>3</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>

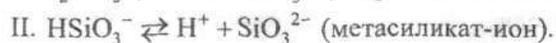
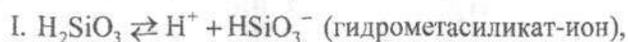
**Пример.**

Дано:  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{KOH}$ .

Составить уравнения возможных реакций между данными веществами, приводящих к образованию средних, кислых и основных солей.

*Ответ:*

Метакремниевая кислота – двухосновная, способна диссоциировать в две ступени, образуя два сорта анионов



Гидроксид калия – одноосновное основание, диссоциирует с образованием только одного сорта катионов

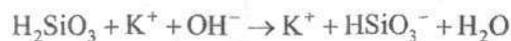
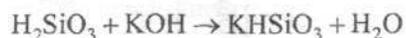


Следовательно, возможно образование двух солей:

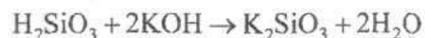
$\text{KHSiO}_3$  – гидрометасиликат калия (кислая соль),

$\text{K}_2\text{SiO}_3$  – метасиликат калия (средняя соль).

1. Образование кислой соли



2. Образование средней соли



**Контрольные задания №№ 51–60**

Что называют ионным произведением воды? Чему оно равно? Как рассчитать водородный показатель ( $pH$ )? Какими значениями  $pH$  характеризуются нейтральные, кислые и щелочные растворы?

В соответствии с номером вашего задания (таблица 6) вычислите значение  $pH$  раствора кислоты или основания данной концентрации.

Таблица 6

№ задания	Кислота или основание	Молярная концентрация, моль/л
51	HCl	$2 \cdot 10^{-3}$
52	NaOH	$3 \cdot 10^{-1}$
53	HNO <sub>3</sub>	$5 \cdot 10^{-4}$
54	HI	$2 \cdot 10^{-5}$
55	HBr	$8 \cdot 10^{-6}$
56	KOH	$4 \cdot 10^{-2}$
57	HClO <sub>4</sub>	$6 \cdot 10^{-3}$
58	LiOH	$5 \cdot 10^{-2}$
59	HClO <sub>3</sub>	$3 \cdot 10^{-3}$
60	RbOH	$2 \cdot 10^{-4}$

**Пример.**

Дано: раствор CsOH с концентрацией  $4 \cdot 10^{-6}$  моль/л.  
Вычислить значение  $pH$ .

*Ответ:*

Гидроксид цезия – сильный электролит, он полностью распадается на ионы



Поэтому концентрация образовавшихся гидроксид-анионов равна исходной концентрации гидроксида цезия.

Обозначим молярные концентрации ионов квадратными скобками. Тогда

$$[OH^-] = c(CsOH) = 4 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

Из ионного произведения воды можно найти концентрацию ионов водорода

$$[\text{H}^+]\cdot[\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{л}^2,$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{4 \cdot 10^{-6}} = 2.5 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Следовательно, водородный показатель равен

$$pH = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(2.5 \cdot 10^{-9}) = 8.60.$$

### Контрольные задания №№ 61–70

В чем сущность реакций гидролиза солей? Какие соли могут подвергаться гидролизу?

В соответствии с номером вашего задания (таблица 7) составьте уравнения гидролиза солей в ионно-молекулярной и молекулярной формах.

Таблица 7

№ задания	Соль	№ задания	Соль
61	$\text{K}_2\text{CO}_3$	66	$\text{ZnCl}_2$
62	$\text{Na}_2\text{S}$	67	$\text{CuSO}_4$
63	$\text{K}_2\text{SiO}_3$	68	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
64	$\text{CuCl}_2$	69	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$
65	$\text{FeSO}_4$	70	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

#### Пример.

Дано:  $\text{MnBr}_2$ .

Составить уравнения гидролиза.

Ответ.

При растворении в воде соль полностью диссоциирует:

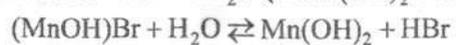
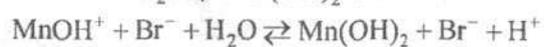
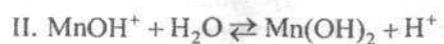
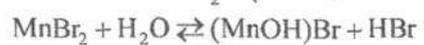
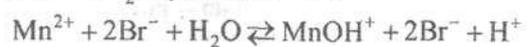
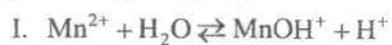


Катиону  $\text{Mn}^{2+}$  соответствует слабое основание  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , аниону  $\text{Br}^-$  – сильная кислота  $\text{HBr}$ .

В реакцию с водой вступают те ионы соли, которым соответствуют слабые электролиты. В нашем случае это катионы

марганца (II). Величина заряда гидролизующегося иона определяет число ступеней процесса.

Следовательно, данная соль подвергается гидролизу по катиону  $Mn^{2+}$  в две ступени

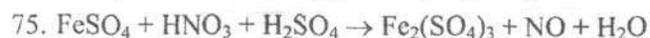
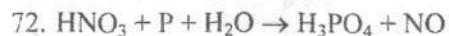


## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

### Контрольные задания №№ 71–80

Дайте определения понятий: степень окисления, окислитель, восстановитель. Объясните, в чем заключается сущность метода электронного баланса.

С помощью метода электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении реакции для вашего номера задания, укажите окислитель и восстановитель.



### Пример.

Подберите коэффициенты к уравнению окислительно-восстановительной реакции:

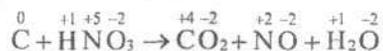


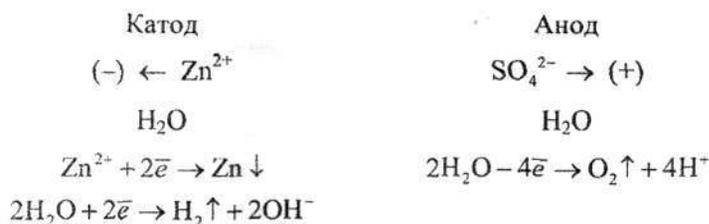
Укажите окислитель и восстановитель.

*Ответ.*

Для подбора коэффициентов используем метод электронного баланса.

Сначала определим степени окисления элементов:





Массу выделившегося металла выразим из формулы для выхода по току:

$$m' = \frac{\eta}{100\%} \cdot \frac{M_{\text{э}} I \tau}{96500}$$

По условию задания  $\eta = 75\%$ ,  $I = 5 \text{ A}$ ,  $\tau = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$ . Так как на восстановление катиона цинка расходуется два электрона, то  $M_{\text{э}} = 65.4/2 = 32.7 \text{ г/моль}$ .

Таким образом,

$$m' = \frac{75}{100} \cdot \frac{32.7 \cdot 5 \cdot 3600}{96500} = 4.575 \text{ г.}$$

### Контрольные задания №№ 91–100

Где расположены в ряду напряжений металлы, которые невозможно получить электролизом водных растворов их солей?

Записать электродные процессы и вычислить массу металла, восстановившегося на катоде, если электролизу подвергается водный раствор:

91. Нитрата железа (II). Сила тока 15 А, время электролиза 30 мин, выход железа по току 80%. Анод инертный.
92. Хлорида железа (II). Сила тока 20 А, время электролиза 20 мин, выход железа по току 90%. Анод растворимый (железный).
93. Сульфата никеля (II). Сила тока 6 А, время электролиза 1 ч, выход никеля по току 95%. Анод инертный.
- ✓ 94. Хлорида никеля (II). Сила тока 12 А, время электролиза 40 мин, выход никеля по току 88%. Анод растворимый (никелевый).

## МЕТАЛЛЫ И ИХ ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

### Контрольные задания №№ 101–110

101. Никель. Коррозийная стойкость. Применение. Краткая характеристика сплавов. Оксиды и гидроксиды.
102. Железо. Железные руды. Производство чугуна и стали. Коррозийная стойкость. Взаимодействие с кислотами.
103. Марганец. Природные соединения. Получение. Коррозийная стойкость. Применение. Оксиды марганца и их характеристика.
104. Вольфрам. Коррозийная стойкость. Применение. Твердые сплавы.
105. Хром. Получение. Коррозийная стойкость. Применение. Оксиды хрома и их характеристика.
106. Ванадий. Коррозионная стойкость. Применение.
107. Титан. Получение. Коррозионная стойкость. Применение. Влияние неметаллических примесей на свойства титана.
108. Алюминий. Получение. Коррозионная стойкость. Применение. Оксид и гидроксид.
109. Цинк. Получение. Коррозионная стойкость. Применение. Оксид и гидроксид.
110. Медь. Коррозионная стойкость. Применение. Соединения меди (II).

## ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. ПОЛИМЕРЫ

### Контрольные задания №№ 111–120

Рассчитать октановые числа следующих смесей и объем кислорода (при н. у.), необходимого для полного их сгорания:

- 111. Изоктан 50 г + гептан 90 г.
- 112. Изоктан 40 г + гептан 175 г.

Напишите структурную формулу мономера, схему его полимеризации, назовите образующийся полимер, охарактеризуйте его свойства и области применения в народном хозяйства:

- 113. Этен (этилен).
- 114. Пропен.
- 115. Тетрафторэтен.
- 116. Хлорэтен (винилхлорид).
- 117. Акрилонитрил.
- 118. Метилметакрилат.
- ✓ 119. Изопрен.
- ✓ 120. Стирол.

#### Пример 1.

Смешали 40 г гептана и 360 г изоктана. Определить октановое число полученной смеси. Сколько литров кислорода, взятого при нормальных условиях, необходимо для полного сгорания этой смеси?

*Ответ.*

Октановое число – это массовая доля изоктана в его смеси с гептаном.

Общая масса смеси

$$m(\text{смеси}) = 40 + 360 = 400 \text{ г.}$$

Массовая доля изооктана в смеси

$$\omega(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_{18})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{360}{400} \cdot 100\% = 90\%.$$

Таким образом, октановое число смеси равно 90.

При полном окислении (сгорании) углеводородов образуются оксиды – углекислый газ и вода. В нашем случае протекают реакции горения



Рассчитаем, сколько молей каждого из углеводородов содержала смесь. Для расчета необходимо знать молярные массы  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  и  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ :

$$M_r(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 7 \cdot 12 + 16 \cdot 1 = 100; M(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 100 \text{ г/моль}.$$

$$M_r(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 8 \cdot 12 + 18 \cdot 1 = 114; M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, количества веществ в смеси составляют

$$\nu(\text{C}_7\text{H}_{16}) = \frac{40 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0.4 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \frac{360 \text{ г}}{114 \text{ г/моль}} = 3.16 \text{ моль}.$$

Как следует из уравнения реакции, при сгорании 1 моль  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  расходуется 11 моль  $\text{O}_2$ , поэтому для 0.4 моль  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  потребуется

$$\nu_1(\text{O}_2) = \frac{0.4 \cdot 11}{1} = 4.4 \text{ моль}.$$

При сгорании 1 моль  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  расходуется  $25/2 = 12.5$  моль  $\text{O}_2$ , поэтому для 3.16 моль  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  потребуется

$$\nu_2(\text{O}_2) = \frac{3.16 \cdot 12.5}{1} = 39.5 \text{ моль}.$$

Общее количество вещества кислорода

$$\nu(\text{O}_2) = \nu_1(\text{O}_2) + \nu_2(\text{O}_2) = 4.4 + 39.5 = 43.9 \text{ моль}$$

Согласно закону Авогадро, 1 моль газа при н. у. занимает объем 22.4 л. Таким образом, объем кислорода, необходимого для полного сгорания смеси, равен

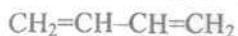
$$V(\text{O}_2) = 22.4 \cdot 43.9 = 983.36 \text{ л.}$$

### Пример 2.

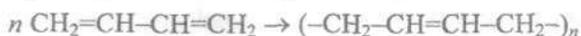
Напишите структурную формулу дивинила (бутадиена-1,3), схему его полимеризации, назовите образующийся полимер, охарактеризуйте его свойства и области применения в народном хозяйстве.

*Ответ.*

Структурная формула дивинила



При полимеризации раскрываются обе двойные связи, предоставляя свободные валентности для наращивания полимерной цепи. Кроме того, за счет близко расположенных свободных валентностей в элементарном звене полимера между вторым и третьим атомами углерода возникает новая двойная связь. Таким образом, схема полимеризации дивинила



Данный полимер называется дивиниловым (бутадиеновым) каучуком. Как и другие каучуки, обладает высокими эластическими свойствами. Синтезируется в промышленных масштабах, используется в производстве резинотехнических изделий, в частности, автомобильных покрышек.