

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Ульяновский государственный университет»  
Институт медицины, экологии и физической культуры  
Экологический факультет

*О. А. Индирякова, С. В. Пантелеев, Т.С. Андреева, Л.Ф.Еникеева, О. Ю. Шроль*

**РУКОВОДСТВО ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ОБЩЕЙ  
И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

*для студентов 1-го курса специальности 33.05.01 «Фармация»*

Ульяновск

2021

**УДК (54+577.1:546)(075.8)**

**ББК 24.1я73+28.072.52я73**

**Л12**

*Печатается по решению Ученого совета*

*Института медицины, экологии и физической культуры Ульяновского государственного университета*

**Рецензент:** член-корреспондент РАЕН, доцент кафедры биологии, экологии и природопользования ИМЭиФК УлГУ, к.ф.-м.н. **М. В. Дмитриева**

**Л12      Руководство для самостоятельной работы студентов по общей и неорганической химии** : для студентов 1-го курса специальности 33.05.01 «Фармация» / О. А. Индирякова, С. В. Пантелеев, Т.С.Андреева, Л.Ф.Еникеева, О. Ю. Шроль. – Ульяновск : УлГУ, 2021. – 17 с.

Руководство составлено в соответствии с программой по общей и неорганической химии и является пособием для самостоятельной работы студентов специальности 33.05.01 «Фармация».

**УДК (54+577.1:546)(075.8)**

**ББК 24.1я73+28.072.52я73**

Директор Издательского центра Т. В. Филиппова

Подготовка оригинал-макета Е. Е. Гусевой

**Издается в авторской редакции**

Подписано в печать 18.01.2021.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,4. Тираж 100 экз. Заказ № 233 /

Оригинал-макет подготовлен и тираж отпечатан в Издательском центре  
Ульяновского государственного университета  
432017, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42

©Индирякова О. А., Фролова О. В., Пантелеев С. В.,  
Шроль О. Ю., Андреева Т.С. 2021

© Ульяновский государственный университет, 2021

## Содержание

Введение.....	4
Лабораторная работа № 3. Строение атома.....	5
Лабораторная работа № 4 Химическая связь.....	9
Лабораторная работа № 5 Основы химической термодинамики.....	10
Лабораторная работа № 6 Химическая кинетика и химическое равновесие.....	13
Лабораторная работа № 9. Растворы электролитов и неэлектролитов.....	15
Лабораторная работа № 13. Комплексные соединения.....	16

## Введение

Потребность в пособии по общей и неорганической химии для самостоятельной работы студентов данной направленности назрела давно. Она диктуется необходимостью новых требований к подготовке специалистов в области фармации и в пополнении имеющегося комплекта учебно-методических материалов по общей и неорганической химии.

Данное пособие содержит задания, подобранные применительно не к отдельному понятию или закону, а к комплексу знаний.

Расчетные задачи сгруппированы по модульному принципу, что соответствует содержанию важнейших тем курса общей и неорганической химии для вузов фармацевтической направленности. Каждый из модулей состоит из многовариантных задач.

Важная задача сборника – показать, как глубоко связана химия с медициной и фармацией в повседневной жизни. Необходимые для полноценного усвоения общей и неорганической химии типовые и комплексные химические задачи по своему содержанию имеют профессиональную направленность, т.е. обеспечивает профессионализацию данного курса.

В пособие включены расчетные задачи разной степени сложности как типовые, так и комплексные, что дает возможность преподавателю дифференцировать работу со студентами и разнообразить их самостоятельное решение задач.

Руководство выполняет обучающую, самоорганизующую, контролирующую и прикладную функции, дает возможность студенту самому оценить уровень сформированности расчетных умений, развить собственную инициативу и познавательную активность по решению разнообразных химических задач.

### Лабораторная работа № 3. строение атома

**Цель работы:** получить навыки составления электронных формул химических элементов, показать изменения, происходящие в ходе реакции, в электронных структурах частиц на примере окислительно-восстановительных процессов.

**Знать и уметь:**

1. Квантовые числа, какие характеристики электронов они определяют.
2. Составлять электронные и электронно-графические формулы атомов и ионов. По электронной формуле валентных электронов уметь определять положение элемента в периодической системе. По порядковому номеру элемента в периодической системе давать общую характеристику его химических свойств.
3. Характеризовать набором 4-х квантовых чисел состояние любого электрона в атоме.
4. Определять валентные возможности атомов по электронной формуле.
5. Объяснять закономерности в изменении радиусов и энергий ионизации, металлических и неметаллических свойств элементов в периодах и группах периодической системы.

**Задания для самостоятельного выполнения**

**Задание 1.** Составьте сводную таблицу энергетических уровней и подуровней в атоме.

Квантовые числа			Энергетический подуровень			Энергетический уровень		
n	l (n-1)	m <sub>l</sub> (±1)	Обозначение	Число АО (2l+1)	Число ε̄ 2(2l+1)	Номер	Число АО (n <sup>2</sup> )	Число ε̄ (2n <sup>2</sup> )
1	0	0	1s	1	2	1	1	2
2	0	0	2s	1	2	2	4	
			2p	3	6			
3	0	0	3s	1	2			
			...	...	...			

**Задание 2.** Составьте шкалу возрастания энергии подуровней в соответствии с правилом Клечковского по следующей форме и порядок заполнения подуровней.

Шкала подуровней	Σ(n+l)	Порядок заполнения	Номер периода	Число элементов в периоде	Число ε̄	
					максимальное	реальное

1s	1+0=1	1	1	2	2	2
2s	2+0=2	2	2	8	8	8
2p	2+1=3	3				
3s	3+0=3	...	...	...	...	...
....	...					

**Задание 3.** В соответствии с вариантом задания (табл. 3) охарактеризуйте каждый элемент по плану прогноза, представленному в табл. 4;

**Таблица 3. Варианты задания 3**

Вариант	Химический элемент		Вариант	Химический элемент	
	1	2		1	2
1	Bi	Zn	16	Sc	Ga
2	W	P	17	Mg	Fe
3	Ti	Ge	18	V	As
4	A	Mo	19	Hg	Si
5	Mn	Br	20	Te	Ag
6	Cs	Ta	21	Re	Rb
7	Zr	Sn	22	Nb	Sb
8	Cd	I	23	Cu	Se
9	Hf	Pb	24	Fr	Ni
10	Cl	Au	25	U	Be
11	Na	Po	26	Ca	At
12	B	Ac	27	Ra	Ru
13	Sr	Tc	28	Ku	K
14	Os	Ba	29	Cr	S
15	La	Tl	30	Y	In

**Таблица 4. Прогнозирование строения и свойств химического элемента, форм и свойств его соединений**

№ п/п	Химический элемент	Символ _____, название _____ Ar(элемента) = ...			
		План прогноза			
1	Положение элемента в периодической системе	N (элемента)	N (периода)	N (группы)	Подгруппа

2	Основные характеристики атома	$Z_{я}$ $N_e$ $N_p$ $N_n$ $N$ (энер. Вē ур.)	$ns$	$np$	$(n-l)d$
3	Электронная формула атома				
4	Энергетическая диаграмма расположения электронов по уровням, подуровням, ячейкам				
5	Электронная конфигурация валентных электронов				
6	Электронное сем-во				
7	Возможные ст. ок.				
8	ОЭО				
9	Свойства простого вещества	Металлические или неметаллические			
		Окислительные или восстановительные			
10	Кислотно-основные свойства оксидов	Формулы			
		Кислотно-основной характер			
11	Свойства гидроксидов	Формулы			
		Кислотно-основной характер			
		Окислительно-восстан. св-ва			

**Задание 4.** В соответствии с вариантом задания (табл. 5) для каждого элемента:  
определите место элемента в периодической системе Д.И.Менделеева и назовите элемент;  
запишите полную электронную формулу атома и определите электронное семейство элемента;  
изобразите энергетическую диаграмму расположения электронов по уровням и подуровням и определите все возможные степени окисления элемента;

напишите формулы оксидов и гидроксидов элемента и охарактеризуйте их кислотно-основные свойства;  
дайте сравнительную характеристику физических и химических свойств простых веществ.

**Таблица 5. Варианты задания 4**

Вариант	Конфигурация валентных электронов элемента		Вариант	Конфигурация валентных электронов элемента	
	1	2		1	2
1	$4d^25s^2$	$6s^26p^3$	16	$4d^35s^2$	$4s^24p^3$
2	$6s^26p^4$	$3s^23p^4$	17	$4d^45s^2$	$4s^24p^2$
3	$5d^{10}6s^2$	$5s^25p^3$	18	$3d^{10}4s^2$	$6s^26p^6$
4	$4s^24p^1$	$3d^74s^2$	19	$5s^25p^4$	$5d^56s^2$
5	$4d^45s^1$	$5d^46s^2$	20	$5d^26s^2$	$6s^26p^2$
6	$3d^24s^2$	$4s^24p^6$	21	$4d^{10}5s^2$	$4d^{10}5s^2$
7	$5s^25p^2$	$5d^66s^2$	22	$6s^26p^5$	$4s^24p^5$
8	$5d^56s^2$	$6s^26p^2$	23	$5d^{10}6s^1$	$4s^24p^4$
9	$5d^76s^2$	$6s^26p^1$	24	$5d^36s^2$	$5d^26s^2$
10	$3s^23p^1$	$2s^22p^6$	25	$3d^54s^2$	$5s^25p^1$
11	$3d^94s^2$	$3s^23p^2$	26	$3d^14s^2$	$3d^{10}4s^2$
12	$3d^44s^2$	$4d^15s^2$	27	$5s^25p^5$	$2s^22p^4$
13	$3s^23p^3$	$5s^25p^6$	28	$3d^24s^2$	$2s^22p^5$
14	$4d^85s^2$	$2s^22p^2$	29	$3s^23p^5$	$3d^64s^2$
15	$3s^23p^6$	$3d^84s^2$	30	$2s^22p^2$	$4d^{10}5s^2$

**Задание 5.** Укажите, как в заданном ряду элементов в соответствии с вариантом задания (табл. 6) изменяются (увеличиваются, уменьшаются или не изменяются):

- заряд ядра атома;
- число валентных электронов, в том числе неспаренных электронов;
- число энергетических уровней;
- радиус атома;
- энергия ионизации и энергия сродства к электрону;
- ОЭО и способность принимать электроны;
- металлические и неметаллические свойства;
- окислительно-восстановительные свойства;
- высшая положительная степень окисления;
- формулы оксидов и их кислотно-основной характер;

формулы соответствующих гидроксидов и их кислотно-основной характер.

**Таблица 6. Варианты задания 5**

Вариант	Ряд химических элементов	Вариант	Ряд химических элементов
1	Рубидий - цезий - франций	16	Мышьяк - селен - бром
2	Углерод - кремний - германий	17	Таллий - свинец - висмут
3	Галлий - индий - таллий	18	Бериллий - магний - кальций
4	Литий - бериллий - бор	19	Мышьяк - сурьма - висмут
5	Калий - кальций - галлий	20	Фтор - хлор - бром
6	Сурьма - теллур - йод	21	Алюминий - кремний - фосфор
7	Литий - натрий - калий	22	Рубидий - стронций - индий
8	Германий - олово - свинец	23	Висмут - полоний - астат
9	Сера - селен - теллур	24	Стронций - барий - радий
10	Бор - углерод - азот	25	Бор - алюминий - галлий
11	Галлий - германий - мышьяк	26	Бром - йод - астат
12	Цезий - барий - таллий	27	Фосфор - сера - хлор
13	Калий - рубидий - цезий	28	Индий - олово - сурьма
14	Азот - фосфор - мышьяк	29	Франций - радий - лантан
15	Селен - теллур - полоний	30	Натрий - магний - алюминий

**Задание 6.** В соответствии с вариантом составить электронные формулы атомов элементов в стабильном и возбужденном состояниях и изобразить орбитали внешнего энергетического уровня

**Таблица 7. Варианты задания 6**

№ варианта	Элементы	№ варианта	Элементы
1	Ba, B	6	Ga, Bi
2	Al, Sr	7	Si, Ra
3	Ge, Se	8	Sn, Cl

4	Pb, Mg	9	Be, As
5	Sb, Cd	10	S, I

**Задание 7.** В соответствии с вариантом определить, какие частицы являются изоэлектронными, то есть содержащими одинаковое число электронов. Написать электронные формулы данных частиц.

**Таблица 8. Варианты задания 7**

№ варианта	Частицы	№ варианта	Частицы
1	Se, As <sup>3+</sup> , Ge <sup>2+</sup> , Br <sup>-</sup>	4	Fe <sup>2+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Co <sup>3+</sup> , Ni <sup>2+</sup>
2	Kr, Sr <sup>2+</sup> , Se <sup>2-</sup> , Br <sup>-</sup>	5	Ti, V <sup>3+</sup> , Cr <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>
3	Mg, Si, Al <sup>3+</sup> , S <sup>2-</sup>	6	Sn <sup>2+</sup> , Sb <sup>3+</sup> , Cd, Sn <sup>4+</sup>

**Задание 8.** В соответствии с вариантом, пользуясь правилом Хунда, распределить электроны по квантовым ячейкам (орбиталям), отвечающим низшему и высшему энергетическому состоянию атомов элементов.

**Таблица 9. Варианты задания 8**

№ варианта	элементы	№ варианта	элементы
1	As, Co, Sr	6	Sm, Pb, Ag
2	Mo, Sb, Ca	7	Os, Se, Na
3	Pb, In, Be	8	B, Re, Mn
4	Th, As, Fe	9	La, Xe, Ba
5	Te, Ac, Cr	10	I, Hg, S

**Задание 9.** В соответствии с вариантом (табл. 9) по положению атома элемента в периодической системе:

а) составьте электронные формулы и графические схемы заполнения электронами валентных орбиталей атомов элементов в нормальном и возбужденном состояниях;

определите, к каким электронным семействам они относятся, какие свойства проявляют.

**Таблица 10. Варианты задания 9**

№ варианта	№ элемента в ПСЭ	№ варианта	№ элемента в ПСЭ
1	54, 87	9	42, 84
2	33, 72	10	23, 53
3	16, 24	11	6, 22
4	52, 80	12	19, 35

5	47, 82	13	11, 14
6	17, 25	14	40, 56
7	30, 90	15	15, 45
8	34, 74	16	32, 48

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Изучив содержание этой темы, студент должен:

**знать** параметры связи – длину, энергию и прочность связи, валентный угол; виды химической связи, невалентные силы сцепления; механизмы образования ковалентной связи – метод валентных схем и метод молекулярных орбиталей; свойства ковалентной связи и её виды; типы гибридизации атомных орбиталей и геометрическую конфигурацию молекул;

**уметь** определять ковалентность атомов в нормальном и возбужденном состоянии; предсказывать геометрическую форму молекул; определять изменение полярности связей, исходя из положения атомов в периодической системе; строить схемы образования различных молекул, используя метод валентных схем; строить энергетические схемы образования различных молекул по методу молекулярных орбиталей.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Для четырех, указанных по варианту молекул (табл.1), с позиций метода валентных связей показать образование молекул и ответить на следующие вопросы:

1) Каков тип гибридизации центрального атома в молекуле и валентный угол между связями?

Какова пространственная структура молекулы?

Сколько  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей содержит молекула?

Определить полярность связей и полярность молекулы в целом.

**Таблица 1. Исходные данные для задания 1**

Номер варианта	Формулы молекул			
1	CaCl <sub>2</sub>	NF <sub>3</sub>	PCl <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>
2	CdF <sub>2</sub>	PH <sub>3</sub>	TeF <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
3	CuCl <sub>2</sub>	SbBr <sub>3</sub>	SCl <sub>2</sub> O	CH <sub>2</sub> O
4	MgBr <sub>2</sub>	AsCl <sub>3</sub>	GeBr <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
5	ZnI <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	AsF <sub>5</sub>	PbBr <sub>4</sub>

6	BeH <sub>2</sub>	SCl <sub>2</sub>	BrF <sub>5</sub>	SbCl <sub>3</sub>
7	HgCl <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> Cl	SClF <sub>5</sub>	N <sub>2</sub>
8	SrBr <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> Se	PF <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>
9	BCl <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Te	CCl <sub>2</sub> O	PbBr <sub>4</sub>
10	AlH <sub>3</sub>	SF <sub>2</sub>	SnCl <sub>4</sub>	COS
11	GaBr <sub>3</sub>	SiH <sub>4</sub>	SCl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CaH <sub>2</sub>
12	CuF <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SbCl <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
13	SrBr <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	SF <sub>6</sub>	SnH <sub>4</sub>
14	CoCl <sub>2</sub>	GeH <sub>4</sub>	ClF <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
15	MgBr <sub>2</sub>	CHCl <sub>3</sub>	PCl <sub>3</sub> O	CO
16	HgF <sub>2</sub>	SiCl <sub>4</sub>	NCl <sub>3</sub>	CS <sub>2</sub>
17	CaBr <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	SCl <sub>2</sub> O	SbF <sub>3</sub>
18	CdCl <sub>2</sub>	SiF <sub>4</sub>	BrF <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
19	ZnF <sub>2</sub>	PbBr <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	SCl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
20	BeI <sub>2</sub>	PCl <sub>3</sub> O	SF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
21	ZnCl <sub>2</sub>	SbCl <sub>3</sub>	COS	IF <sub>5</sub>
22	CdH <sub>2</sub>	AsBr <sub>3</sub>	CO	SCl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
23	MgH <sub>2</sub>	SbF <sub>3</sub>	COF <sub>2</sub>	PCl <sub>5</sub>
24	CaH <sub>2</sub>	SnCl <sub>4</sub>	BiF <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
25	SrH <sub>2</sub>	CF <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub>	AsF <sub>5</sub>
26	ZnBr <sub>2</sub>	OF <sub>2</sub>	NCl <sub>3</sub>	SCl <sub>2</sub> O
27	GaH <sub>3</sub>	CCl <sub>4</sub>	BrF <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>
28	AlH <sub>3</sub>	SnBr <sub>4</sub>	CO	SCl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
29	InCl <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Te	PBr <sub>3</sub> O	SiF <sub>4</sub>
30	ZnH <sub>2</sub>	PbCl <sub>4</sub>	IF <sub>5</sub>	CS <sub>2</sub>
31	MnCl <sub>2</sub>	PH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	SCl <sub>2</sub> O
32	CoCl <sub>2</sub>	AsF <sub>3</sub>	SCl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
33	NiBr <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	PBr <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
34	FeBr <sub>2</sub>	SbF <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	PCl <sub>3</sub> O

**Задание 2.** Для своего варианта (табл.2):

1) покажите распределение валентных электронов по орбиталям для каждого атома в рассматриваемых молекулах; определите механизм образования связи и ее вид; определите полярность связи; укажите, имеет ли место гибридизация, ее тип; покажите геометрическую структуру молекул;



определите полярность молекул.

**Задание 3.** Для своего варианта (табл.2):

1) напишите электронные формулы атомов, образующих данную молекулу;

выпишите из таблицы энергии атомных орбиталей, участвующих в образовании молекулярных орбиталей МО;

нарисуйте энергетическую схему АО и МО для данных молекул;

определите порядок связи, возможно ли существование данной молекулы?

объясните, диамагнитна или парамагнитна данная молекула;

наблюдается ли смещение электронной плотности к одному из ядер, полярна ли молекула?

**Таблица 2. Исходные данные для заданий 2 и 3**

Номер варианта	Задание 2	Задание 3	Номер варианта	Задание 2	Задание 3
1	H <sub>2</sub> S; TeF <sub>6</sub>	Cl <sub>2</sub> ; LiBr	11	Br <sub>2</sub> ; SnH <sub>4</sub>	F <sub>2</sub> ; LiCl
2	AlBr <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> Te	Li <sub>2</sub> ; SiC	12	PF <sub>5</sub> ; BeH <sub>2</sub>	I <sub>2</sub> ; PN
3	GeH <sub>4</sub> ; AsH <sub>3</sub>	C <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; HF	13	MgF <sub>2</sub> ; SF <sub>6</sub>	Se <sup>-</sup> <sub>2</sub> ; IBr
4	GaI <sub>3</sub> ; HCl	Cs <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; ICl	14	H <sub>2</sub> Te; CF <sub>4</sub>	Te <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; IH
5	BeBr <sub>2</sub> ; SbBr <sub>3</sub>	Se <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; NO	15	BI <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> O	Xe <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; CN <sup>-</sup>
6	SeF <sub>6</sub> ; FeF <sub>2</sub>	I <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; NS <sup>+</sup>	16	HBr; SiF <sub>4</sub>	Sn <sub>2</sub> ; TiF
7	SClF <sub>5</sub> ; LiH	P <sup>+</sup> <sub>2</sub> ; CN	17	HF; AsF <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> ; IF
8	SiCl <sub>2</sub> ; GaBr <sub>3</sub>	Br <sup>-</sup> <sub>2</sub> ; CS	18	GeCl <sub>2</sub> ; AlF <sub>3</sub>	Tl <sub>2</sub> ; NS
9	PbCl <sub>4</sub> ; PbCl <sub>2</sub>	S <sup>-</sup> <sub>2</sub> ; CN <sup>+</sup>	19	SbCl <sub>5</sub> ; SnH <sub>2</sub>	Cs <sub>2</sub> ; LiF
10	SiCl <sub>4</sub> ; FeCl <sub>2</sub>	C <sup>-</sup> <sub>2</sub> ; NO <sup>-</sup>	20	BBr <sub>3</sub> ; PbCl <sub>2</sub>	Ga <sub>2</sub> ; HHe

**Таблица 3. Энергия (эВ) АО базисного набора атомов**

Атом	-E <sub>2s</sub>	-E <sub>2p</sub>	Атом	-E <sub>3s</sub>	-E <sub>3p</sub>
Li	5,4	-	Na	5,0	-
Be	9,3	6,5	Al	10,8	5,8
B	14,0	8,3	Si	14,8	8,2
C	19,4	11,3	P	18,8	10,5
N	25,9	14,5	S	22,4	10,3
O	32,5	13,6	Cl	28,4	13,0
F	40,0	17,4	H	13,6 (1s)	—

**Задание 4.** Составьте энергетическую диаграмму образования связей в комплексе (табл.4) и укажите тип гибридизации и магнитные свойства комплекса.

**Задание 5.** Укажите возможные виды межмолекулярного взаимодействия в

системе из предложенных молекул (табл.4).

**Таблица 4. Исходные данные к заданиям 4 и 5**

№ варианта	Задание 4	Задание 5	№ варианта	Задание 4	Задание 5
1	[Cr(NCS) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	CH <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub> Cl	11	[FeCl <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>
2	[Se(OH) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	HBr-Ar	12	[Pd(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> ]	SF <sub>2</sub>
3	[MnCl <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	MgCl <sub>2</sub>	13	[I <sub>2</sub> (CO) <sub>2</sub> I <sub>2</sub> ]	NCl <sub>3</sub>
4	[TiF <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> O-He	14	[Ni(CO) <sub>4</sub> ] (слабое поле лиганда)	AsH <sub>3</sub> -Ar
5	[Pt(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ]	SbI <sub>3</sub> -Cl <sub>4</sub>	15	[MnCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	BF <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O
6	(Pd(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> ) <sup>2+</sup>	KBr	16	[WS <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	LiI
7	[Pt(NO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	Cl <sub>2</sub> O	17	[Re(NCS) <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> S—S <sub>2</sub>
8	[Ni(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	HCl-Cl <sub>2</sub>	18	[W(CO) <sub>6</sub> ]	CH <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub> F
9	[Rh(CO)Cl <sub>5</sub> ] <sup>2-</sup>	NO	19	[Ru(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl] <sup>2+</sup>	F <sub>2</sub> O
10	[OsF <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup>	Ne-O <sub>2</sub>	20	[Pd(NO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	NaI

### Темы рефератов

- Основные положения квантовой механики:
  - экспериментальные факты, подтверждающие сложность строения атома;
  - достоинства и недостатки теории Н. Бора;
  - двойственность природы микрочастиц;
  - волновая функция и уравнение Э. Шредингера.
- Открытие и утверждение периодического закона Д.И. Менделеева:
  - попытка классификации элементов до Д.И. Менделеева;
  - открытие периодического закона;
  - испытания и триумф периодического закона.
- Квантово-механическая трактовка химической связи:
  - метод валентных связей;
  - метод молекулярных орбиталей.
- Основные типы химической связи и строение твердых тел и жидкостей:
  - ковалентные (атомные) кристаллы;
  - твердые тела с ионной решеткой;
  - строение металлов;
  - молекулярные кристаллы;
  - водородная связь.

Литература: [1 - §§1.1-1.5, 2.1-2.3, 3.1-3.2]; [2 – гл. 4 §§ 18-25, гл. 5 §§ 28-32, гл. 6 §§ 33 – 41]

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

**Цель:** освоить методику калориметрических измерений и термодинамических расчетов реакции нейтрализации и растворения соли.

### Задачи:

1. Усвоить содержание основных понятий и сущности законов термодинамики;
2. приобрести практические навыки выполнения различных термодинамических и термохимических расчетов;
3. приобрести навыки экспериментального определения теплового эффекта нейтрализации;
4. приобрести расчетные умения по определению относительной и абсолютной погрешности измерения.

Термохимическое уравнение реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием имеет вид  $H^+(p-p) + OH^-(p-p) = H_2O(ж) + Q$ . Тепловой эффект реакции взаимодействия разбавленных растворов сильных кислот и сильных оснований рассчитывается на основе данных по изменению температуры в ходе опыта, полученных с помощью калориметрических измерений.

### Задания для самостоятельного выполнения

#### Задание 1. Составить термохимическое уравнение.

Вариант	Задача
1	При соединении 4,2г железа с серой выделилась теплота, соответствующая 7,15 кДж.
2	При сжигании 6,5 г цинка выделилась теплота, соответствующая 34,8 кДж.
3	При соединении 18 г алюминия с кислородом выделяется 547 кДж теплоты.
4	Путем сжигания серы получено 32 г оксида серы (IV) и выделилась теплота, соответствующая 146,4 кДж.
5	При сжигании 6,08 магния выделилась теплота, соответствующая 152,5 кДж.
6	При разложении 1 кг известняка затрачивается 1 568,6 кДж.
7	При сгорании 31 г фосфора выделилась теплота, соответствующая

	753,14 кДж.
8	При растворении 200 г оксида меди в соляной кислоте выделилась теплота, соответствующая 159,15 кДж.
9	При разложении 500 г гидроксида кальция затрачивается 742,04 кДж.
10	При сгорании 50 г оксида серы (IV) выделилась теплота, соответствующая 76,72 кДж.

**Задание 2.** Вычислить тепловой эффект реакции при 298 К: 1) при  $P=const$ ; 2) при  $V=const$ .

Вариант	Реакции	Вариант	Реакции
1	$2 H_2 + CO \leftrightarrow CH_3OH_{(ж)}$	14	$SO_2 + Cl_2 \leftrightarrow SO_2Cl_2_{(г)}$
2	$4 HCl + O_2 \leftrightarrow 2 H_2O + 2 Cl_2$	15	$CO + 3 H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O_{(ж)}$
3	$NH_4Cl_{(тв)} \leftrightarrow NH_3 + HCl$	16	$2 CO + SO_2 \leftrightarrow S_{(ромб)} + 2 CO_2$
4	$2 N_2 + 6 H_2O_{(ж)} \leftrightarrow 4 NH_3 + 3 O_2$	17	$CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2_{(г)}$
5	$4 NO + 6 H_2O_{(ж)} \leftrightarrow 4 NH_3 + 5 O_2$	18	$CO_2 + H_2 \leftrightarrow CO + H_2O_{(ж)}$
6	$2 NO_2 \leftrightarrow 2 NO + O_2$	19	$CO_2 + 4 H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2 H_2O_{(ж)}$
7	$N_2O_4 \leftrightarrow 2 NO_2$	20	$2 CO_2 \leftrightarrow 2 CO + O_2$
8	$Mg(OH)_2 \leftrightarrow MgO + H_2O_{(г)}$	21	$CH_4 + CO_2 \leftrightarrow 2 CO + 2 H_2$
9	$CaCO_3 \leftrightarrow CaO + CO_2$	22	$C_2H_6 \leftrightarrow C_2H_4 + H_2$
10	$Ca(OH)_2 \leftrightarrow CaO + H_2O_{(г)}$	23	$C_2H_5OH_{(ж)} \leftrightarrow C_2H_4 + H_2O_{(ж)}$
11	$S_{(ромб)} + 2 H_2O_{(ж)} \leftrightarrow SO_2 + 2 H_2$	24	$CH_3CHO_{(г)} + H_2 \leftrightarrow C_2H_5OH_{(ж)}$
12	$S_{(ромб)} + 2 CO_2 \leftrightarrow SO_2 + 2 CO$	25	$C_6H_6_{(ж)} + 3 H_2 \leftrightarrow C_6H_{12}_{(ж)}$
13	$2 SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2 SO_3_{(г)}$	26	$2 Mg + CO_2_{(г)} \leftrightarrow 2 MgO + C_{(граф.)}$

**Задание 3.** Определить стандартную энтальпию образования веществ, подчеркнутых в уравнениях реакций.

Вариант	Уравнение реакции	$\Delta H$ реакции, кДж
1	$MgCO_3_{(к)} \rightarrow \underline{MgO}_{(к)} + CO_2_{(г)}$	+ 101,7
2	$\underline{CS_2}_{(ж)} + 3 O_2_{(г)} \rightarrow CO_2_{(г)} + 2 SO_2_{(г)}$	- 1075,0
3	$3 CaO_{(к)} + P_2O_5_{(к)} \rightarrow \underline{Ca_3(PO_4)_2}_{(к)}$	- 739,0
4	$\underline{2 PH_3}_{(г)} + 4 O_2_{(г)} \rightarrow P_2O_5_{(к)} + 3 H_2O_{(ж)}$	-2360,4

5	$\underline{\text{CH}_3\text{OH}}_{(\text{ж})} + 3/2 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	- 726,78
6	$\text{SO}_2(\text{г}) + 2 \underline{\text{H}_2\text{S}}_{(\text{г})} \rightarrow 3 \text{S}_{(\text{к})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	- 234,5
7	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{к}) + \text{SiO}_2(\text{к}) \rightarrow \underline{\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{к})} + \text{CO}_2(\text{г})$	+ 819,3
8	$\text{CaO}_{(\text{к})} + 3 \text{C}_{(\text{к})} \rightarrow \underline{\text{CaC}_2}_{(\text{к})} + \text{CO}_{(\text{г})}$	+ 466,0
9	$\underline{\text{Hg}(\text{ONC})_2}_{(\text{к})} \rightarrow \text{Hg}_{(\text{г})} + 2 \text{CO}_{(\text{г})} \text{N}_2(\text{г})$	+ 364,2
10	$\text{Na}_2\text{O}_{(\text{к})} + \text{SiO}_2(\text{к}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{к})$	- 243,5

**Задание 4.** Вычислить, сколько молей веществ, подчеркнутых в уравнениях реакций, прореагировало или образовалось в результате химических превращений, если при этом выделилось 2500 кДж тепла

Вариант	Уравнение реакции
1	$\underline{\text{SiC}}_{(\text{к})} + 2 \text{O}_2(\text{г}) + 2 \text{NaOH}_{(\text{к})} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
2	$\text{ZnS}_{(\text{к})} + 3/2 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{ZnO}_{(\text{к})} + \underline{\text{SO}_2}_{(\text{г})}$
3	$\text{SiO}_2(\text{к}) + 2 \text{NaOH}_{(\text{к})} \rightarrow \underline{\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{к})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
4	$\text{CaC}_2(\text{к}) + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{к}) + \underline{\text{C}_2\text{H}_2}_{(\text{г})}$
5	$\underline{\text{Si}_3\text{N}_4}_{(\text{к})} + 6 \text{Ba}(\text{OH})_2(\text{к}) \rightarrow \text{Ba}_2\text{SiO}_4(\text{к}) + 4 \text{NH}_3(\text{г})$
6	$2 \text{PH}_3(\text{г}) + 4 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5(\text{к}) + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
7	$\underline{\text{CH}_3\text{OH}}_{(\text{ж})} + 3/2 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
8	$4 \text{NH}_3(\text{г}) + 3 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 6 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 2 \text{N}_2(\text{г})$
9	$\text{CS}_2(\text{ж}) + 3 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + \underline{2 \text{SO}_2}_{(\text{г})}$

**Задание 5.** Для заданной химической реакции (табл. 1) выпишите из справочника необходимую для расчетов информацию:  $\Delta_f H^\circ_{298}$ ,  $\Delta_f S^\circ_{298}$ ,  $\Delta_f G^\circ_{298}$ .

Какие из перечисленных соединений является наиболее устойчивым?

Считая, что стандартные энтальпия и энтропия реакции не зависят от температуры, рассчитайте  $\Delta_r H^\circ_{298}$ ,  $\Delta_r S^\circ_{298}$ .

Определите, какой из факторов, энтальпийный или энтропийный, способствует самопроизвольному протеканию реакции.

Рассчитайте энергию Гиббса реакции двумя способами. На основании полученного значения  $\Delta_r G^\circ_{298}$  сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания процесса в прямом направлении при стандартных состояниях всех веществ, участвующих в реакции, и температуре 298 К.

Рассчитайте температуру, при которой равновероятны оба направления реакции.

Определите, может ли самопроизвольно протекать данная реакция при 500 К и начальных относительных парциальных давлениях газообразных компонентов:  $p=10^2$  — для исходных веществ и  $p=10^{-2}$  — для продуктов. Изменится ли направление протекания процесса по сравнению с таковым при стандартном состоянии всех веществ?

**Таблица 1. Исходные данные к заданию 5**

Вариант	Уравнение реакции	Вариант	Уравнение реакции
1	$2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$	16	$\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = 2\text{HCl}(\text{г}) + \text{S}(\text{к})$
2	$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$	17	$2\text{CO}(\text{г}) = \text{C}(\text{графит}) + \text{CO}_2(\text{г})$
3	$\text{Fe}(\text{к}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{FeO}(\text{к}) + \text{H}_2(\text{г})$	18	$\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}(\text{г})$
4	$\text{PCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = \text{PCl}_5(\text{г})$	19	$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{ж}) + \text{H}_2(\text{г})$
5	$\text{COCl}_2(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$	20	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$
6	$\text{Fe}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г})$	21	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
7	$\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) = 2\text{HI}(\text{г})$	22	$\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г})$
8	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$	23	$2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{S}(\text{к})$
9	$\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$	24	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
10	$\text{MgCO}_3(\text{к}) = \text{MgO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$	25	$\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
11	$\text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = \text{COCl}_2(\text{г})$	26	$2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$
12	$\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = \text{Fe}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$	27	$\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{HI}(\text{г}) = \text{I}_2(\text{г}) + 2\text{HCl}(\text{г})$
13	$2\text{HI}(\text{г}) = \text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г})$	28	$\text{CaCO}_3(\text{к}) = \text{CaO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$
14	$\text{SO}_2(\text{г}) + \text{NO}_2(\text{г}) = \text{SO}_3(\text{г}) + \text{NO}(\text{г})$	29	$\text{I}_2(\text{к}) + \text{H}_2\text{S}(\text{г}) = 2\text{HI}(\text{г}) + \text{S}(\text{к})$
15	$4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	30	$\text{MgO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{MgCO}_3(\text{к})$

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

## Цель:

Изучить влияние различных факторов на скорость химической реакции и на состояние химического равновесия.

Научиться графически отражать полученные результаты и интерпретировать их.

## Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Выберите уравнение химической реакции в соответствии с вашим вариантом (табл.1). Запишите кинетическое уравнение, определите порядок элементарной односторонней реакции и размерность константы ее скорости.

**Задание 2.** Используя значения  $v_0$  (начальная скорость реакции при  $T_1$ ) и  $c_{0A}$  (начальная концентрация вещества A), определите константу скорости и период полупревращения при  $T_1$ .

**Задание 3.** Используя значение энергии активации реакции  $E_a$ , определите предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса. Во сколько раз изменится скорость реакции при повышении или понижении энергии активации на величину  $\Delta E_a$  при  $T_1$ ? Сделайте вывод о влиянии энергии активации на величину скорости реакции.

**Задание 4.** Определите константу скорости реакции при  $T_2$ . Рассчитайте, во сколько раз изменится начальная скорость реакции при повышении температуры от  $T_1$  до  $T_2$ . Сделайте вывод о влиянии температуры на величину скорости реакции.

**Задание 5.** Выберите уравнение химической реакции в соответствии с вашим вариантом (табл.2). Напишите выражение константы химического равновесия  $K_c$  для приведенной в таблице 2 обратимой химической реакции.

**Задание 6.** Для вашей реакции рассчитайте стандартное изменение энергии Гиббса  $\Delta_r G^\circ_T$  при  $T_1 = 298$  К и заданной температуре  $T_2$  и значения констант равновесия  $K_p$  и  $K_c$  для обеих температур. Сделайте вывод, в какую сторону сместится равновесие данной системы при повышении температуры.

Исходные данные к задачам

№ варианта	Реакция	$c_{0A}$ , моль/л	$T_1$ , °C	$v_0$ , моль/л·с	$c_{ср}$ , моль/л	$E_a$ , кДж/моль	$\Delta E_a$	$T_2$ , °C
1	$A \rightarrow B$	0,3	10	$1,2 \cdot 10^{-1}$	0,1	67	-17	69
2	$2A \rightarrow B + C + 2D$	1,2	41	$1,44 \cdot 10^{-3}$	0,2	101	+19	72
3	$3A \rightarrow 2B$	2,4	18	$8,3 \cdot 10^{-3}$	0,4	72	-12	89
4	$2A \rightarrow B + 2C$	0,8	32	$6,32 \cdot 10^{-3}$	0,1	138	+22	78
5	$A \rightarrow B + 2C + D$	1,9	12	$4,56 \cdot 10^{-3}$	0,6	231	-31	93
6	$2A \rightarrow B$	1,3	16	$2,21 \cdot 10^{-3}$	0,3	83	+17	87
7	$A \rightarrow B + 2C + D$	2,1	9	$4,62 \cdot 10^{-3}$	0,7	103	-33	66
8	$3A \rightarrow B + C$	0,6	39	$3,02 \cdot 10^{-3}$	0,02	236	+24	91
9	$A \rightarrow B + C + 2D$	1,5	43	$3,75 \cdot 10^{-3}$	0,9	94	-14	95
10	$3A \rightarrow B$	0,9	26	$2,11 \cdot 10^{-2}$	0,1	58	+52	86
11	$A \rightarrow B + C + 2D$	2,0	52	$1,4 \cdot 10^{-3}$	0,8	102	-22	94
12	$2A \rightarrow 2B + C$	0,7	4	$9,8 \cdot 10^{-1}$	0,3	197	+13	73
13	$A \rightarrow 2B$	2,8	29	$5,88 \cdot 10^{-3}$	0,9	97	-27	85
14	$3A \rightarrow B + C + D$	1,4	12	$8,23 \cdot 10^{-3}$	0,06	278	+22	92
15	$2A \rightarrow B + C$	2,6	5	$1,22 \cdot 10^{-2}$	0,5	147	-37	68

**Задание 7.** Рассчитайте равновесные давления и концентрации всех компонентов системы при температуре  $T_2$  и следующих начальных условиях: давление каждого из исходных газообразных реагентов равно  $p_1$ , давление каждого из газообразных продуктов реакции равно  $p_2$ .

**Задание 8.** Оцените, нарушится ли равновесие в изучаемой системе, если общее давление в реакторе увеличить в 2 раза.

**Таблица 2. Исходные данные к задачам 5-8**

Номер варианта	Обратимая реакция	$T_2$ , К	$p_1$ , кПа	$p_2$ , кПа
1	$\text{Fe(к)} + \text{H}_2\text{O(г)} \rightleftharpoons \text{FeO(к)} + \text{H}_2\text{(г)}$	800	70	50
2	$2\text{NO}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4\text{(г)}$	450	40	60
3	$\text{Fe(к)} + \text{CO}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{FeO(к)} + \text{CO(г)}$	1200	80	50
4	$\text{N}_2\text{O}_4\text{(г)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(г)}$	400	60	80
5	$\text{H}_2\text{(г)} + \text{F}_2\text{(г)} \rightleftharpoons 2\text{HF(г)}$	600	40	90
6	$\text{H}_2\text{(г)} + \text{Cl}_2\text{(г)} \rightleftharpoons 2\text{HCl(г)}$	900	50	80
7	$\text{H}_2\text{(г)} + \text{I}_2\text{(к)} \rightleftharpoons 2\text{HI(г)}$	800	60	70
8	$\text{Mg(к)} + 2\text{H}_2\text{O(г)} \rightleftharpoons \text{Mg(OH)}_2\text{(к)} + \text{H}_2\text{(г)}$	1200	50	50
9	$\text{SO}_2\text{(г)} + \text{Cl}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2\text{(г)}$	400	70	50
10	$\text{COCl}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{CO(г)} + \text{Cl}_2\text{(г)}$	400	30	40
11	$\text{CO}_2\text{(г)} + \text{H}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{CO(г)} + \text{H}_2\text{O(г)}$	1200	80	90
12	$\text{ZnO(к)} + \text{H}_2\text{(г)} \rightleftharpoons \text{Zn(к)} + \text{H}_2\text{O(г)}$	1200	60	30
13	$\text{C}_2\text{H}_6\text{(г)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4\text{(г)} + \text{H}_2\text{(г)}$	500	120	20
14	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(г)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4\text{(г)} + \text{H}_2\text{O(г)}$	400	80	30
15	$2\text{HCl(г)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(г)} + \text{Cl}_2\text{(г)}$	1000	40	70
16	$2\text{HBr(г)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(г)} + \text{Br}_2\text{(г)}$	400	30	70
17	$\text{H}_2\text{(г)} + \text{I}_2\text{(г)} \rightleftharpoons 2\text{HI(г)}$	400	90	30

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.

### РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ

#### Цель:

1. Обобщить, систематизировать и углубить знания о свойствах растворов электролитов и неэлектролитов.
2. Изучить некоторые свойства водных растворов солей, связанных с реакцией гидролиза.
3. Уметь описывать свойства растворов неэлектролитов законами Рауля и Вант-Гоффа и пользоваться этими законами при различных расчетах.

#### Задания для самостоятельного выполнения «Коллигативные свойства растворов»

**Задание 1.** В соответствии с вариантом вычислите осмотическое давление водных растворов неэлектролитов по следующим данным:

№ вариант	Неэлектролит	Содержание	Объем раствора	Температура	Формула
1	–	0,2 моль	1 л	0	
2	–	0,15 моль	2 л	20	
3	–	0,02 моль	-	10	
4	–	0,04 моль	-	10	
5	сахар	91 г	1 л	27	$C_{12}H_{22}O_{11}$
6	глицерин	46 г	3 л	27	$C_3H_5(OH)_3$
7	сахар	68,4 г	3 л	17	$C_{12}H_{22}O_{11}$
8	анилин	3,72 г	1 л	0	$C_6H_5NH_2$
9	глицерин	0,736 г	0,4 л	10	$C_3H_5(OH)_3$
10	глюкоза	90,08 г	4 л	0	$C_6H_{12}O_6$
11	сахар	3 %	-	0	$C_{12}H_{22}O_{11}$
12	глицерин	3 %	-	20	$C_3H_5(OH)_3$
13	метиловый спирт	3 г	1 л	18	$CH_3OH$
14	фенол	0,1 г	2 л	10	$C_6H_5OH$
15	глюкоза	63 г	1,4 л	20	$C_6H_{12}O_6$

$$Дж = Па \cdot м^3; \quad 1 л = 10^{-3} м^3.$$

**Задание 2.** В соответствии с вариантом вычислите молярную массу растворенного вещества по следующим данным:

№ варианта	Масса растворенного вещества, г	Объем раствора	Температура	Осмотическое давление раствора
1	0,55	500 мл	0	170,2 мм рт. ст

2	0,7	250 мл	25	0,2 атм
3	0,046	100 мл	18	0,112 атм
4	3,04	600 мл	0	510,7 мм рт. ст
5	4,88	2 л	36	385,3 мм рт. ст
6	0,4	1 л	0	0,28 атм
7	6,34	1 л	10	$3,55 \cdot 10^5$ Па
8	3,2	1 л	20	$2,42 \cdot 10^5$ Па
9	2,0	0,5 л	0	$0,51 \cdot 10^5$ Па
10	72	1 л	10	$9 \cdot 10^5$ Па
11	6,33	100 мл	20	243,4 кПа
12	2,3	0,1 л	18	618,5 кПа
13	2,8	0,2 л	25	0,7 кПа
14	2,5	5 л	20	$0,23 \cdot 10^5$ Па

$$(1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}; \quad 1 \text{ атм.} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} = 101,325 \text{ кПа}) \quad Па = н/м^2.$$

**Задание 3.** В соответствии с вариантом вычислите температуру замерзания и кипения растворов по следующим данным:

№ вариант	Неэлектролит			Растворитель	
	название	формула	содержание	название	содержание
1	Нафталин	$C_{10}H_8$	1,05 г	Вода	30 г
2	Нафталин	$C_{10}H_8$	0,2 г	Бензол	26 г
3	Сахар	$C_{12}H_{22}O_{11}$	20 г	Вода	400 г
4	Глицерин	$C_3H_5(OH)_3$	9л; $\rho = 1261 \text{ кг/см}^3$	Вода	30 л
5	Спирт этиловый	$C_2H_5OH$	25%	Вода	-
6	Этиленгликоль	$C_2H_4(OH)_2$	500 г	Вода	4 л
7	Сахароза	$C_{12}H_{22}O_{11}$	4,57 г	Вода	100 г
8	Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	1 г	Бензол	10 г
9	Глюкоза	$C_6H_{12}O_6$	10%	Вода	-
10	Нафталин	$C_{10}H_8$	0,628 г	Хлороформ	20 г
11	Антифриз	$C_2H_4(OH)_2$	35 г	Вода	100 г
12	Сахароза	$C_{12}H_{22}O_{11}$	50%	Вода	-
13	Нафталин	$C_{10}H_8$	4 г	Бензол	100 г

**Задание 4.** В соответствии с вариантом вычислите молярную массу растворенного вещества по понижению температуры замерзания растворов по следующим данным:

№ вариант	Растворенное вещество		Растворитель		$\Delta t$	Температура замерзания р-ра, °С
	Название	Масса, г	Название	Масса, г		
1	Сера	0,162	Бензол	20	0,081	
2	Камфора	0,052	Бензол	26	0,067	
3	Неэлектролит	0,2	Бензол	26	0,318	

4	Нафталин	5	Вода	200		-1,45
5	Неэлектролит	13	Диэтиловый эфир	400	0,453	
6	Сера	3,24	Бензол	40	0,81	
7	Спирт	15%	Вода			-10,26
8	Спирт	6,55	Вода	500		-0,53
9	Неэлектролит	1,05	Вода	30		-0,7
10	Этиловый спирт	8,74	Вода	1000		-0,354
11	Нафталин	0,0152	Камфора	0,2568		156,5
12	Мочевина	6	Вода	50		-3,72
13	Нафталин	392	Бензол	8000		3,45
14	Вещество	1	Вода	100		0,103
15	Неэлектролит	0,1	Камфора	20	0,2	
16	Фосфор	0,1155	Бензол	19,03		5,15

**Задание 5.** В соответствии с вариантом вычислите молярную массу растворенного вещества по повышению температуры кипения растворов по следующим данным:

№ вариант а	Растворенное вещество		Растворитель		Δt	тем-ра кип.	
	название	масса, г	Название	масса, г		р-ра	р-ля
1	Антрацен	0,3027	Уксусная к-а	28,95	0,182		
2	Фосфор	1,08	Сероуглерод	180	0,47		
3	Сера	5,12	Бензол	100	4,1		
4	Неэлектролит	6,4	Диэтиловый эфир	100	0,74		
5	Иод	9,2	Метиловый спирт	100		65	
6	Глицерин	9,2	Ацетон	400		56,38	
7	Фенол	0,94	Этиловый спирт	500	0,232		
8	Хлороформ	15	Диэтиловый эфир	400	0,635		
9	Сера	0,81	Бензол	400	0,081		
10	Иод	12,7	Этиловый спирт	200		79,59	78,3
11	Глицерин	2,3	Ацетон	100		56,73	56,3
12	Неэлектролит	55,4	Вода	2,5 л		100,16	
13	Неэлектролит	0,062 моль	Вода	200 мл		100,16	
14	Дифениламин	0,2014	Бензол	20,1		80,255	80,1
15	Фосфор	0,12	Сероуглерод	20	0,12		
16	Салициловая к-та	0,781	Этиловый спирт	20	0,337		

### Приложение. Криоскопические и эбуллиоскопические константы растворителей

Растворитель	Формула	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	$T_{кип}, ^\circ\text{C}$	$K_c$	$K_b$
Анилин	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	-5,96	184,3	5,87	3,69
Ацетон	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$	-94,6	56	2,4	1,48
Бензол	$\text{C}_6\text{H}_6$	5,4	80,2	5,1	2,57
Вода	$\text{H}_2\text{O}$	0	100	1,86	0,516
Камфора	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	178	204	40	6,09
Метиловый спирт	$\text{CH}_3\text{OH}$	-	67	-	0,84
Нафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_8$	80,1	218	6,89	5,8
Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	5,82	210,9	8,1	5,27
Сероуглерод	$\text{CS}_2$	-	46,3	-	2,34
Уксусная кислота	$\text{CH}_3\text{COOH}$	16,65	118,5	3,9	3,14
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	-	182,1	-	-
Хлороформ	$\text{CHCl}_3$	-63,2	61,12	4,90	3,8
Этиловый спирт	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-	77,4	-	1,2
Эфир (диэтиловый)	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	-117	34,6	1,79	2,02

### Задания для самостоятельного выполнения

#### «Протолитические равновесия. Сильные и слабые электролиты»

**Задание 1.** Из четырех веществ вашего варианта (см. табл. 4, столбцы 1 – 4) выберите сильные и слабые электролиты и составьте уравнение диссоциации их в водном растворе.

**Задание 2.** В столбце 1а даны значения молярных концентраций для растворов электролитов из столбца 1. Зная молярную концентрацию своего раствора, определите молярную концентрацию эквивалента, моляльность, молярную долю, массовую долю и титр раствора, принимая его плотность равной 1 г/мл.

**Задание 3.** Рассчитайте pH растворов электролитов из столбцов 1 и 2 для соответствующих концентраций, данных в столбцах 1а и 2а. для раствора сильного электролита определите ионную силу раствора и активность катионов и анионов. Для раствора слабого электролита рассчитайте степень диссоциации по строгой и приближенной формулам Оствальда и сделайте вывод по полученным значениям. Напишите выражение для констант диссоциации слабого электролита по всем возможным ступеням.

**Задание 4.** В столбце 3 приведены малорастворимые электролиты. Напишите выражение для ПР малорастворимого электролита вашего варианта.

Определите, можно ли приготовить раствор этого электролита молярной концентрацией равной  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Оцените, в каком объеме воды можно растворить 0,5 г данного вещества.

**Задание 5.** Напишите уравнение гидролиза соли, данной в столбце 4, по всем возможным ступеням и выражение для констант гидролиза по этим ступеням.

Оцените (при наличии необходимых табличных данных) значения констант гидролиза для отдельных стадий. Сделайте вывод по полученным значениям.

**Задание 6.** Рассчитайте рН раствора соли из столбца 4 для концентрации 0,05 моль/л, учитывая только первую ступень гидролиза. Укажите реакцию среды раствора. Определите, как будет изменяться рН раствора при нагревании и почему?

Номер варианта	Наименование вещества				Концентрация вещества	
	1	2	3	4	1а	2а
1	CsOH	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	SrSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,002	0,01
2	HBr	HBrO	AgI	Na <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,002	0,04
3	Sr(OH) <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	MnS	K <sub>2</sub> S	0,003	0,002
4	RbOH	CH <sub>3</sub> COOH	PbI <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,004	0,08
5	Ca(OH) <sub>2</sub>	HCOOH	PbCl <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,001	0,06
6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> OH	BaCrO <sub>4</sub>	NaNO <sub>2</sub>	0,008	0,06
7	LiOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	HCOOLi	0,005	0,08
8	HI	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,003	0,02
9	Ba(OH) <sub>2</sub>	HCN	CaSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,008	0,01
10	HClO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> OH	MgCO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,005	0,005
11	HCl	H <sub>2</sub> Se	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,002	0,07
12	KOH	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	BaSO <sub>4</sub>	FeCl <sub>2</sub>	0,004	0,002
13	NaOH	HNO <sub>2</sub>	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,006	0,008
14	HNO <sub>3</sub>	HAIO <sub>2</sub>	ZnS	KNO <sub>2</sub>	0,002	0,02
15	HClO <sub>4</sub>	HClO	CaF <sub>2</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,03	0,007
16	LiOH	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S	0,04	0,009
17	Sr(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	AlCl <sub>3</sub>	0,005	0,02
18	HI	HF	FeS	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,03	0,007
19	KOH	H <sub>2</sub> S	NiS	NH <sub>4</sub> Cl	0,07	0,04
20	Ba(OH) <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>	CrCl <sub>3</sub>	0,007	0,01
21	CsOH	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ZnCl <sub>2</sub>	0,002	0,06
22	Ca(OH) <sub>2</sub>	HCN	Ag <sub>2</sub> S	NiSO <sub>4</sub>	0,002	0,06
23	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HOCl	CdS	NaCl	0,003	0,006
		H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>				
24	HBr	H <sub>2</sub> TeO <sub>3</sub>	PbCO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,004	0,008
25	RbOH	H <sub>2</sub> Te	AgCl	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,001	0,007
26	LiOH	NH <sub>4</sub> OH	SrSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,008	0,02
27	HCl	HAIO <sub>2</sub>	AgI	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,005	0,007
28	HClO <sub>4</sub>	HNO <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	CuSO <sub>4</sub>	0,003	0,02
29	HNO <sub>3</sub>	HCOOH	AgBr	K <sub>2</sub> Se	0,008	0,003

## Лабораторная работа 13. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Цель** - экспериментальное ознакомление с методами получения комплексных соединений, а также изучение их свойств.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Указать для перечисленных ниже комплексных соединений (согласно варианту) комплексообразователь, координационное число, степень окисления комплексообразователя. Написать уравнения первичной диссоциации комплексных соединений. Определить гибридные орбитали и пространственную структуру комплексных ионов. Назвать комплексы.

№ варианта	Комплексное соединение	№ варианта	Комплексное соединение
1	K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	8	[CrBr(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O]Cl <sub>2</sub>
2	[PdCl(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O]Cl	9	H[Co(CN) <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]
3	Ba[Cu(CN) <sub>2</sub> (SCN) <sub>2</sub> ]	10	[CoSO <sub>4</sub> (NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]NO <sub>3</sub>
4	[PdCl <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	11	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [PtCl <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]
5	[Co(CN)(H <sub>2</sub> O)(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl <sub>2</sub>	12	[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )(NH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]
6	K <sub>4</sub> [Mo(CN) <sub>8</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]	13	Na <sub>2</sub> [PtCl <sub>2</sub> (CN) <sub>4</sub> ]
7	K <sub>3</sub> [Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	14	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>

**Задание 2.** Написать формулы комплексных соединений, указать комплексообразователь, координационное число, степень окисления комплексообразователя. Составить уравнения первичной диссоциации комплексных соединений. Определить гибридные орбитали и пространственную структуру комплексных ионов.

№ варианта	Комплексное соединение
1	Бромид цианоакватетрааммин кобальта (III)
2	Нитрат гидроксоаквадиамминплатины (II)
3	Хлорид нитротетрахлороплатины (IV)
4	Дицианоаргентат (I) калия
5	Гексацианоферрат (II) калия
6	Тринитротриамминкобальт
7	Тетрагидроксоцинкат калия
8	Нитрат тиоцианопентаамминкобальта (III)
9	Тетрацианоплатинат (II) калия
10	Бромид аквахлородиамминпалладия (II)
11	Дигидроксотетрахлорплатинат (IV) аммония



12	Хлорид гексаамминникеля (II)
13	Гексанитрокобальтат (III) натрия
14	Тетрахлороаурат (I) калия
15	Пентакарбонилжелезо
16	Гидроксид тетрацианоникеля (II)

