

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

*Суханкина Н.В., Козлова-Козыревская А.Л.*

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.  
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**Практикум**

УДК 543.2 (075.8)  
ББК 24.4я73

Минск  
2017

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

*Рецензенты:*

*Мельситова И. В.*, доцент кафедры аналитической химии БГУ,  
кандидат химических наук, доцент;  
кафедра химии УО «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова» (заведующий О. М. Балаева-Тихомирова)

**Суханкина, Н.В.**

Аналитическая химия. Количественный химический анализ: практикум / Н. В. Суханкина. А. Л. Козлова-Козыревская. – Минск : БГПУ, 2017. – 96 с.  
ISBN 978-985-541-386-9.

В пособии излагается сущность гравиметрического и титриметрического методов анализа, описываются техника работы и основные аналитические операции, приводятся методики определения различных веществ методами осаждения и отгонки, кислотно-основного, комплексонометрического и окислительно-восстановительного титрования.

Адресуется студентам педагогических вузов, обучающихся по химико-биологическим специальностям, а также магистрантам и аспирантам при изучении ими современных методов химического анализа.

**ISBN 978-985-541-386-9**

**УДК 543.2 (075.8)  
ББК 24.4я73**

© Суханкина Н. В.,  
Козлова-Козыревская А. Л., 2017  
© оформление. БГПУ, 2017

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, В.П. Аналитическая химия. Сборник вопросов упражнений и задач / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова. – М.: Дрофа, 2004. – 320 с.
2. Васильев, В.П. Аналитическая химия. Лабораторный практикум: учебное пособие / В. П. Васильев, Р. П. Морозова, Л. А. Кочергина. – М.: Дрофа, 2006. – 414 с.
3. Жебентяев, А.И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: учеб. пособие / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 542 с.
4. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю.Я. Харитонов. – Высшая школа, 2005. – 559 с.
5. Дорохова, Е.Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 216 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Таблица 1

**Константы ионизации ( $K_a$ ) некоторых кислот при 25°C**

Название	Формула	$K_{a1}$	$K_{a2}$	$K_{a3}$
Азотистая	$\text{HNO}_2$	$5,62 \cdot 10^{-4}$		
Бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,25 \cdot 10^{-5}$		
Борная	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,37 \cdot 10^{-10}$	$< 10^{-14}$	
Дихлоруксусная	$\text{CHCl}_2\text{COOH}$	$4,47 \cdot 10^{-2}$		
Лимонная	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	$7,41 \cdot 10^{-4}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	$3,98 \cdot 10^{-7}$
Молочная	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$1,38 \cdot 10^{-4}$		
Монохлоруксусная	$\text{CH}_2\text{ClCOOH}$	$1,38 \cdot 10^{-3}$		
Муравьиная	$\text{HCOOH}$	$1,78 \cdot 10^{-4}$		
Мышьяковая	$\text{H}_3\text{AsO}_4$	$5,50 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-7}$	$5,13 \cdot 10^{-12}$
Пероксид водорода	$\text{H}_2\text{O}_2$	$2,40 \cdot 10^{-12}$		
Салициловая	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$	$1,05 \cdot 10^{-3}$	$2,51 \cdot 10^{-14}$	
Сернистая	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,41 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
Сероводородная	$\text{H}_2\text{S}$	$8,91 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-19}$	
Трихлоруксусная	$\text{CCl}_3\text{COOH}$	0,22		
Угольная	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$4,47 \cdot 10^{-7}$	$4,90 \cdot 10^{-11}$	
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,75 \cdot 10^{-5}$		
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,02 \cdot 10^{-10}$		
Фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$6,92 \cdot 10^{-3}$	$6,17 \cdot 10^{-8}$	$4,79 \cdot 10^{-13}$
Фтороводородная	$\text{HF}$	$6,31 \cdot 10^{-4}$		
Хлорноватистая	$\text{HClO}$	$3,98 \cdot 10^{-8}$		
Щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,62 \cdot 10^{-2}$	$5,37 \cdot 10^{-5}$	

### Таблица 2

**Константы ионизации ( $K_b$ ) некоторых оснований при 25°C**

Название	Формула	$K_b$
Аммиак	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,78 \cdot 10^{-5}$
Анилин	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$7,41 \cdot 10^{-10}$
Гидразин	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
Гидроксиламин	$\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$8,71 \cdot 10^{-9}$
Диметиламин	$(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$5,37 \cdot 10^{-4}$
Дифениламин	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$6,16 \cdot 10^{-14}$
Диэтиламин	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$6,92 \cdot 10^{-4}$
Метиламин	$\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$4,57 \cdot 10^{-4}$
Пиридин	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,70 \cdot 10^{-9}$
Триметиламин	$(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$6,31 \cdot 10^{-5}$
Триэтиламин	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$5,62 \cdot 10^{-4}$
Этанолламин	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$3,16 \cdot 10^{-5}$
Этиламин	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$4,47 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3

Константа растворимости ( $K_s$ ) некоторых электролитов при 25°C

Вещество	$K_s$	Вещество	$K_s$	Вещество	$K_s$
AgBr	$5,35 \cdot 10^{-13}$	CoCO <sub>3</sub>	$2,8 \cdot 10^{-10}$	MgCO <sub>3</sub>	$6,82 \cdot 10^{-6}$
AgCN	$5,97 \cdot 10^{-17}$	CoC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$6,3 \cdot 10^{-8}$	MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8,46 \cdot 10^{-12}$	Co(OH) <sub>2</sub>	$5,92 \cdot 10^{-15}$	MgF <sub>2</sub>	$5,16 \cdot 10^{-11}$
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,40 \cdot 10^{-12}$	CoS	$1,8 \cdot 10^{-20}$	Mg(OH) <sub>2</sub>	$5,61 \cdot 10^{-12}$
AgCl	$1,77 \cdot 10^{-10}$	Cr(OH) <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-30}$	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1,04 \cdot 10^{-24}$
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,12 \cdot 10^{-12}$	CuBr	$6,27 \cdot 10^{-9}$	MnCO <sub>3</sub>	$2,24 \cdot 10^{-11}$
AgI	$8,52 \cdot 10^{-17}$	CuCN	$3,47 \cdot 10^{-20}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$2,3 \cdot 10^{-13}$
Ag <sub>2</sub> O(Ag <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> )	$2,0 \cdot 10^{-8}$	CuCO <sub>3</sub>	$2,5 \cdot 10^{-10}$	MnS	$1,1 \cdot 10^{-13}$
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$8,89 \cdot 10^{-17}$	CuC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$4,43 \cdot 10^{-10}$	Ni(CN) <sub>2</sub>	$3,0 \cdot 10^{-23}$
AgSCN	$1,03 \cdot 10^{-12}$	CuCl	$1,72 \cdot 10^{-7}$	NiCO <sub>3</sub>	$1,42 \cdot 10^{-7}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,20 \cdot 10^{-5}$	CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$	Ni(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$4,71 \cdot 10^{-5}$
Al(OH) <sub>3</sub>	$5,7 \cdot 10^{-32}$	Cu(OH) <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-20}$	Ni(OH) <sub>2</sub>	$5,48 \cdot 10^{-16}$
AlPO <sub>4</sub>	$5,75 \cdot 10^{-19}$	Cu <sub>2</sub> S	$2,3 \cdot 10^{-48}$	Ni <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$4,74 \cdot 10^{-32}$
Ba(BrO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$2,43 \cdot 10^{-4}$	CuS	$1,4 \cdot 10^{-36}$	NiS	$9,3 \cdot 10^{-22}$
BaCO <sub>3</sub>	$2,58 \cdot 10^{-9}$	CuSCN	$1,77 \cdot 10^{-13}$	PbBr <sub>2</sub>	$6,60 \cdot 10^{-6}$
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-7}$	FeCO <sub>3</sub>	$3,13 \cdot 10^{-11}$	PbCO <sub>3</sub>	$7,40 \cdot 10^{-14}$
BaCrO <sub>4</sub>	$1,17 \cdot 10^{-10}$	FeC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,1 \cdot 10^{-7}$	PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$7,3 \cdot 10^{-11}$
Ba(OH) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	$2,55 \cdot 10^{-4}$	Fe(OH) <sub>2</sub>	$4,87 \cdot 10^{-17}$	PbCl <sub>2</sub>	$1,70 \cdot 10^{-5}$
Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$6,0 \cdot 10^{-39}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$2,79 \cdot 10^{-39}$	PbCrO <sub>4</sub>	$7,4 \cdot 10^{-15}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,08 \cdot 10^{-10}$	FePO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	$9,91 \cdot 10^{-16}$	PbF <sub>2</sub>	$3,3 \cdot 10^{-8}$
BiPO <sub>4</sub>	$1,3 \cdot 10^{-23}$	FeS	$3,4 \cdot 10^{-17}$	PbI <sub>2</sub>	$9,8 \cdot 10^{-9}$
BiI <sub>3</sub>	$7,71 \cdot 10^{-19}$	Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	$6,40 \cdot 10^{-23}$	Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,43 \cdot 10^{-20}$

$\text{CaCO}_3$	$3,36 \cdot 10^{-9}$	$\text{HgBr}_2$	$6,2 \cdot 10^{-20}$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$7,9 \cdot 10^{-43}$
$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$2,32 \cdot 10^{-9}$	$\text{Hg}_2\text{CO}_3$	$3,6 \cdot 10^{-17}$	$\text{PbS}$	$8,7 \cdot 10^{-29}$
$\text{CaCrO}_4$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$\text{Hg}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$1,75 \cdot 10^{-13}$	$\text{PbSO}_4$	$2,53 \cdot 10^{-8}$
$\text{CaF}_2$	$3,45 \cdot 10^{-11}$	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	$1,43 \cdot 10^{-18}$	$\text{Sc}(\text{OH})_3$	$2,22 \cdot 10^{-31}$
$\text{CaHPO}_4$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$\text{Hg}_2\text{F}_2$	$3,10 \cdot 10^{-6}$	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$5,45 \cdot 10^{-27}$
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$\text{Hg}_2\text{I}_2$	$5,2 \cdot 10^{-29}$	$\text{SnS}$	$3,0 \cdot 10^{-28}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$5,02 \cdot 10^{-6}$	$\text{HgI}_2$	$2,9 \cdot 10^{-29}$	$\text{SrCO}_3$	$5,60 \cdot 10^{-10}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$	$\text{HgO}$	$3,3 \cdot 10^{-26}$	$\text{SrF}_2$	$4,33 \cdot 10^{-9}$
$\text{CaSO}_4$	$4,93 \cdot 10^{-5}$	$\text{HgS}_{(\text{кыб.})}$	$1,4 \cdot 10^{-45}$	$\text{ZnCO}_3$	$1,46 \cdot 10^{-10}$
$\text{CdCO}_3$	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$\text{Hg}_2\text{SO}_4$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$3 \cdot 10^{-17}$
$\text{CdC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$1,42 \cdot 10^{-8}$	$\text{KClO}_4$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	$9,1 \cdot 10^{-33}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$7,2 \cdot 10^{-15}$	$\text{KIO}_4$	$3,71 \cdot 10^{-4}$	$\text{ZnS}_{(\text{рекс.})}$	$7,9 \cdot 10^{-24}$
$\text{CdS}$	$6,5 \cdot 10^{-28}$	$\text{K}_2\text{PtCl}_6$	$7,48 \cdot 10^{-6}$	$\text{ZnS}_{(\text{кыб.})}$	$1,2 \cdot 10^{-25}$

Таблица 4

**Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы ( $E^0$ )  
некоторых полуреакций**

Полуреакция	$E^0, \text{В}$	Полуреакция	$E^0, \text{В}$
$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	+ 0,7996	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}$	+ 0,850
$\text{AgBr} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$	+ 0,0713	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	+ 0,792
$\text{AgCl} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+ 0,2223	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1,77
$\text{AgCN} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{CN}^-$	- 0,017	$\text{I}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+ 0,545
$\text{AgI} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	- 0,1522	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+ 1,08
$\text{Al}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	- 1,662	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+ 1,51
$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$	- 2,31	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+ 0,60
$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$	- 2,912	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,80
$\text{Bi}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Bi}$	+ 0,308	$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	- 2,71
$\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+ 1,0873	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	- 0,257
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+ 1,423	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+ 0,695
$\text{Ce}^{4+} + e \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+ 1,77	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1,229
$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+ 1,359	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	+ 0,401
$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+ 1,45	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	- 0,1262
$\text{Co}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+ 1,95	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$	+ 0,142
$\text{Cr}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	- 0,41	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+ 0,08
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+ 1,33	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	+ 2,01
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+ 0,345	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	- 0,1375
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	- 0,473	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	- 0,7618
$\text{Fe}^{3+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+ 0,771	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	- 1,249

**Таблица 6**  
**Кислотно-основные индикаторы**

<b>Индикатор</b>	<b>Интервал л перехода рН</b>	<b>Изменение окраски</b>	<b>Приготовление</b>
Метиловый фиолетовый	0,1 – 0,5	желтая – зеленая	0,01–0,05% в воде
	1,0 – 1,6	зеленая – синяя	0,01–0,05% в воде
	2,0 – 3,0	синяя - фиолетовая	0,1% в воде
Малахитовый зеленый	0,13 – 2,0	желтая – зелено- голубая	0,1% в воде
	11,5 – 13,2	зел.-голубая – бесцветная	0,1% в воде
Тимоловый синий	1,2 – 2,8	красная – желтая	0,01% в 20% этаноле
	8,0 – 9,6	желтая – синяя	
Ксиленоловый синий	1,2 – 2,8	красная – желтая	0,05% в 20% этаноле
	8,0 – 9,6	желтая – синяя	
Метиловый желтый	2,9 – 4,0	красная - желтая	0,1% в 90% этаноле
Метиловый оранжевый	3,2 – 4,4	красная – желтая	0,01% в воде
Бромфеноловый синий	3,0 – 4,6	желтая - синяя	0,1% в 20% этаноле
Конго красный	3,0 – 5,2	сине-фиолетовая– красная	0,1% в воде
Ализариновый красныі	4,6 – 6,0	желтая – фиолетовая	0,1% в воде
	10,0 – 12,0	фиолетовая–бледно- желтая	
Бромкрезоловый синий	3,8 – 5,4	желтая – синяя	0,1% в 20% этаноле
Метиловый красный	4,8 – 6,0	красная – желтая	0,1% в 60% этаноле
Бромфеноловый красный	5,0 – 6,8	желтая – красная	0,1% в 20% этаноле

Бромтимоловый синий	6,0 – 7,6	желтая – синяя	0,1% в 20% этаноле
Лакмус	6,0 – 8,0	красная – синяя	0,1% в 50% этаноле
Крезоловый красный	7,0 – 8,8	желтая – красная	0,04% в 50% этаноле
Фенолфталеин	8,2 – 10,0	бесцветная – красная	0,1% в 60% этаноле
Тимолфталеин	9,3 – 10,5	бесцветная – синяя	0,1% в 90% этаноле
Нафтоловый фиолетовый	10,0 – 12,1	желтая – фиолетовая	0,04% в воде
Индигокармин	11,6 – 14,0	синяя – желтая	0,25% в 50% этаноле

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Таблица 7

## Металлохромные индикаторы

Индикатор	Определяемые ионы	Условия титрования	Изменение окраски
Арсенazo I 0,1% в воде	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$	pH = 10	фиолетовая – оранжевая
Кислотный хром синий Т	$\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$	pH = 9-10 pH = 12	красная – синяя красная – фиолетовая
Ксиленоловый оранжевый 0,5% в этаноле	$\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$	pH = 1-3 pH = 4-6 pH = 9-10	фиолетовая – желтая фиолетовая – желтая фиолетовая – серая
Мурексид 0,2% смесь с NaCl	$\text{Ca}^{2+}$ $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$	pH > 12 pH = 8-10	красная – фиолетовая оранжевая – фиолетовая
ПАН (пиридилазонафтол) 0,1% в этаноле	$\text{Bi}^{3+}$ $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$	pH = 1-3 pH = 3-5 pH = 5-6	красная – желтая фиолетовая – желтая розовая – желтая
Пирокатехиновый фиолетовый 0,1% в воде	$\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$	pH = 2-3 pH = 4-6 pH = 9-10 pH = 9-10	синяя – желтая синяя – желтая зеленая – фиолетовая синяя - фиолетовая
Салициловая кислота 5% в воде	$\text{Fe}^{3+}$	pH = 2-3	фиолетовая – желтая
Тайрон 2% в воде	$\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Ti}^{4+}$	pH = 2-3	синяя – бесцветная
Ализариновый красны	$\text{Al}^{3+}$	pH = 3-5	желтая – розовая

		обратное титрование	
Эриохром красный Б 0,04% в воде	$\text{Cu}^{2+}$ $\text{Zn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$ $\text{Ca}^{2+}, \text{Mn}^{2+},$ $\text{Pb}^{2+}$	$\text{pH} = 2-3$ $\text{pH} = 4-6$ $\text{pH} = 8-10$	красная – желтая красная – желтая красная – желтая
Эриохром сине-черный 0,5% в воде	$\text{Mg}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$ $\text{Ca}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$	$\text{pH} = 9-10$ $\text{pH} = 11-12$	красная – синяя красная – синяя
Эриохром черный Т 1% смесь с NaCl	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+},$ $\text{Zn}^{2+} \text{Co}^{2+},$ $\text{Mn}^{2+}$	$\text{pH} = 8-10$	виннокрасная – синяя

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И ПРИЕМЫ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ</b>	4
Правила техники безопасности	4
Правила ведения лабораторного журнала	6
<b>РАЗДЕЛ 1. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ</b>	7
Основные положения гравиметрического анализа	7
Химическая посуда и оборудование в гравиметрическом анализе	8
Основные операции гравиметрического анализа	12
<b>Лабораторные работы по гравиметрическому анализу</b>	19
Работа 1.1. Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате хлорида бария и определение влажности	19
Работа 1.2. Определение содержания никеля в водном растворе методом осаждения	23
Работа 1.3. Определение алюминия гравиметрическим методом	25
<b>Вопросы и задачи для контроля по теме «Гравиметрический анализ»</b>	28
<b>РАЗДЕЛ 2. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ</b>	31
Сущность метода. Основные понятия титриметрического анализа	31
Способы выражения состава растворов. Приготовление стандартных растворов. Расчеты в титриметрическом анализе	33
Техника работы в титриметрическом анализе	36
<b>Лабораторные работы по титриметрическому анализу</b>	42
<b>КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ</b>	42
Работа 2.1. Приготовление и стандартизация раствора гидроксида натрия	42
Работа 2.2. Анализ молока. Определение кислотности молока	46
Работа 2.3. Определение массовой доли $\text{CaCO}_3$ в известняке	48
Работа 2.4. Определение ортофосфорной кислоты в растворе	49

Работа 2.5. Приготовление и стандартизация 0,1М раствора хлороводородной кислоты	51
Работа 2.6. Определение карбонатной жесткости воды	53
Работа 2.7. Определение NaOH и Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> при совместном присутствии	55
<b>Вопросы и задачи для контроля по теме «Кислотно-основное титрование»</b>	<b>58</b>
<b>КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ</b>	<b>62</b>
Работа 2.8. Приготовление и стандартизация раствора трилона Б	64
Работа 2.9. Определение кальция и магния при совместном присутствии	66
Работа 2.10. Определение содержания железа (III) в растворе	68
Работа 2.11. Определение содержания меди (II) в растворе	69
<b>Вопросы и задачи для контроля по теме «Комплексонометрическое титрование»</b>	<b>70</b>
<b>ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ</b>	<b>74</b>
Работа 2.12. Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия	76
Работа 2.13. Определение содержания железа в растворе соли Мора	78
Работа 2.14. Определение содержания железа (II) в растворе соли	80
Работа 2.15. Приготовление и стандартизация раствора тиосульфата натрия	82
Работа 2.16. Определение массы меди в растворе CuSO <sub>4</sub>	84
<b>Вопросы и задачи для контроля по теме «Окислительно-восстановительное титрование»</b>	<b>86</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>90</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>	<b>91</b>