

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	HNO_2	$5,62 \cdot 10^{-4}$		
Бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,25 \cdot 10^{-5}$		
Борная	H_3BO_3	$5,37 \cdot 10^{-10}$	$< 10^{-14}$	
Дихлоруксусная	CHCl_2COOH	$4,47 \cdot 10^{-2}$		
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	CH_2ClCOOH	$1,38 \cdot 10^{-3}$		
Муравьиная	HCOOH	$1,78 \cdot 10^{-4}$		
Мышьяковая	H_3AsO_4	$5,50 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-7}$	$5,13 \cdot 10^{-12}$
Пероксид водорода	H_2O_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	H_2SO_3	$1,41 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
Сероводородная	H_2S	$8,91 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-19}$	
Трихлоруксусная	CCl_3COOH	0,22		
Угольная	H_2CO_3	$4,47 \cdot 10^{-7}$	$4,90 \cdot 10^{-11}$	
Уксусная	CH_3COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$		
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,02 \cdot 10^{-10}$		
Фосфорная	H_3PO_4	$6,92 \cdot 10^{-3}$	$6,17 \cdot 10^{-8}$	$4,79 \cdot 10^{-13}$
Фтороводородная	HF	$6,31 \cdot 10^{-4}$		
Хлорноватистая	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	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,70 \cdot 10^{-9}$
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 ₃	$2,8 \cdot 10^{-10}$	MgCO ₃	$6,82 \cdot 10^{-6}$
AgCN	$5,97 \cdot 10^{-17}$	CoC ₂ O ₄	$6,3 \cdot 10^{-8}$	MgC ₂ O ₄ ·2H ₂ O	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Ag ₂ CO ₃	$8,46 \cdot 10^{-12}$	Co(OH) ₂	$5,92 \cdot 10^{-15}$	MgF ₂	$5,16 \cdot 10^{-11}$
Ag ₂ C ₂ O ₄	$5,40 \cdot 10^{-12}$	CoS	$1,8 \cdot 10^{-20}$	Mg(OH) ₂	$5,61 \cdot 10^{-12}$
AgCl	$1,77 \cdot 10^{-10}$	Cr(OH) ₃	$1,1 \cdot 10^{-30}$	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,04 \cdot 10^{-24}$
Ag ₂ CrO ₄	$1,12 \cdot 10^{-12}$	CuBr	$6,27 \cdot 10^{-9}$	MnCO ₃	$2,24 \cdot 10^{-11}$
AgI	$8,52 \cdot 10^{-17}$	CuCN	$3,47 \cdot 10^{-20}$	Mn(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-13}$
Ag ₂ O(Ag ⁺ , OH ⁻)	$2,0 \cdot 10^{-8}$	CuCO ₃	$2,5 \cdot 10^{-10}$	MnS	$1,1 \cdot 10^{-13}$
Ag ₃ PO ₄	$8,89 \cdot 10^{-17}$	CuC ₂ O ₄	$4,43 \cdot 10^{-10}$	Ni(CN) ₂	$3,0 \cdot 10^{-23}$
AgSCN	$1,03 \cdot 10^{-12}$	CuCl	$1,72 \cdot 10^{-7}$	NiCO ₃	$1,42 \cdot 10^{-7}$
Ag ₂ SO ₄	$1,20 \cdot 10^{-5}$	CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$	Ni(IO ₃) ₂	$4,71 \cdot 10^{-5}$
Al(OH) ₃	$5,7 \cdot 10^{-32}$	Cu(OH) ₂	$5,6 \cdot 10^{-20}$	Ni(OH) ₂	$5,48 \cdot 10^{-16}$
AlPO ₄	$5,75 \cdot 10^{-19}$	Cu ₂ S	$2,3 \cdot 10^{-48}$	Ni ₃ (PO ₄) ₂	$4,74 \cdot 10^{-32}$
Ba(BrO ₃) ₂	$2,43 \cdot 10^{-4}$	CuS	$1,4 \cdot 10^{-36}$	NiS	$9,3 \cdot 10^{-22}$
BaCO ₃	$2,58 \cdot 10^{-9}$	CuSCN	$1,77 \cdot 10^{-13}$	PbBr ₂	$6,60 \cdot 10^{-6}$
BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$	FeCO ₃	$3,13 \cdot 10^{-11}$	PbCO ₃	$7,40 \cdot 10^{-14}$
BaCrO ₄	$1,17 \cdot 10^{-10}$	FeC ₂ O ₄	$2,1 \cdot 10^{-7}$	PbC ₂ O ₄	$7,3 \cdot 10^{-11}$
Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	$2,55 \cdot 10^{-4}$	Fe(OH) ₂	$4,87 \cdot 10^{-17}$	PbCl ₂	$1,70 \cdot 10^{-5}$
Ba ₃ (PO ₄) ₂	$6,0 \cdot 10^{-39}$	Fe(OH) ₃	$2,79 \cdot 10^{-39}$	PbCrO ₄	$7,4 \cdot 10^{-15}$
BaSO ₄	$1,08 \cdot 10^{-10}$	FePO ₄ ·2H ₂ O	$9,91 \cdot 10^{-16}$	PbF ₂	$3,3 \cdot 10^{-8}$
BiPO ₄	$1,3 \cdot 10^{-23}$	FeS	$3,4 \cdot 10^{-17}$	PbI ₂	$9,8 \cdot 10^{-9}$
BiI ₃	$7,71 \cdot 10^{-19}$	Hg ₂ Br ₂	$6,40 \cdot 10^{-23}$	Pb(OH) ₂	$1,43 \cdot 10^{-20}$

CaCO_3	$3,36 \cdot 10^{-9}$	HgBr_2	$6,2 \cdot 10^{-20}$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$7,9 \cdot 10^{-43}$
$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$2,32 \cdot 10^{-9}$	Hg_2CO_3	$3,6 \cdot 10^{-17}$	PbS	$8,7 \cdot 10^{-29}$
CaCrO_4	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$\text{Hg}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$1,75 \cdot 10^{-13}$	PbSO_4	$2,53 \cdot 10^{-8}$
CaF_2	$3,45 \cdot 10^{-11}$	Hg_2Cl_2	$1,43 \cdot 10^{-18}$	$\text{Sc}(\text{OH})_3$	$2,22 \cdot 10^{-31}$
CaHPO_4	$2,2 \cdot 10^{-7}$	Hg_2F_2	$3,10 \cdot 10^{-6}$	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$5,45 \cdot 10^{-27}$
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	Hg_2I_2	$5,2 \cdot 10^{-29}$	SnS	$3,0 \cdot 10^{-28}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$5,02 \cdot 10^{-6}$	HgI_2	$2,9 \cdot 10^{-29}$	SrCO_3	$5,60 \cdot 10^{-10}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$	HgO	$3,3 \cdot 10^{-26}$	SrF_2	$4,33 \cdot 10^{-9}$
CaSO_4	$4,93 \cdot 10^{-5}$	$\text{HgS}_{(\text{кыб.})}$	$1,4 \cdot 10^{-45}$	ZnCO_3	$1,46 \cdot 10^{-10}$
CdCO_3	$1,0 \cdot 10^{-12}$	Hg_2SO_4	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$3 \cdot 10^{-17}$
$\text{CdC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$1,42 \cdot 10^{-8}$	KClO_4	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	$9,1 \cdot 10^{-33}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$7,2 \cdot 10^{-15}$	KIO_4	$3,71 \cdot 10^{-4}$	$\text{ZnS}_{(\text{рекс.})}$	$7,9 \cdot 10^{-24}$
CdS	$6,5 \cdot 10^{-28}$	K_2PtCl_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 , В	Полуреакция	E^0 , 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

Индикатор	Интервал л перехода рН	Изменение окраски	Приготовление
Метиловый фиолетовый	0,1 – 0,5 1,0 – 1,6 2,0 – 3,0	желтая – зеленая зеленая – синяя синяя - фиолетовая	0,01–0,05% в воде 0,01–0,05% в воде 0,1% в воде
Малахитовый зеленый	0,13 – 2,0 11,5 – 13,2	желтая – зелено- голубая зел.-голубая – бесцветная	0,1% в воде 0,1% в воде
Тимоловый синий	1,2 – 2,8 8,0 – 9,6	красная – желтая желтая – синяя	0,01% в 20% этаноле
Ксиленоловый синий	1,2 – 2,8 8,0 – 9,6	красная – желтая желтая – синяя	0,05% в 20% этаноле
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 10,0 – 12,0	желтая – фиолетовая фиолетовая–бледно- желтая	0,1% в воде
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	Ca^{2+} , Mg^{2+}	$\text{pH} = 10$	фиолетовая – оранжевая
Кислотный хром синий Т	Mg^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+}	$\text{pH} = 9-10$ $\text{pH} = 12$	красная – синяя красная – фиолетовая
Ксиленоловый оранжевый 0,5% в этаноле	Bi^{3+} , Fe^{3+} Hg^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} Co^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}	$\text{pH} = 1-3$ $\text{pH} = 4-6$ $\text{pH} = 9-10$	фиолетовая – желтая фиолетовая – желтая фиолетовая – серая
Мурексид 0,2% смесь с NaCl	Ca^{2+} Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+}	$\text{pH} > 12$ $\text{pH} = 8-10$	красная – фиолетовая оранжевая – фиолетовая
ПАН (пиридилазонафтол) 0,1% в этаноле	Bi^{3+} Cu^{2+} , Ni^{2+} Cd^{2+} , Zn^{2+}	$\text{pH} = 1-3$ $\text{pH} = 3-5$ $\text{pH} = 5-6$	красная – желтая фиолетовая – желтая розовая – желтая
Пирокатехиновый фиолетовый 0,1% в воде	Bi^{3+} , Fe^{3+} Cu^{2+} , Pb^{2+} Mg^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+}	$\text{pH} = 2-3$ $\text{pH} = 4-6$ $\text{pH} = 9-10$ $\text{pH} = 9-10$	синяя – желтая синяя – желтая зеленая – фиолетовая синяя - фиолетовая
Салициловая кислота 5% в воде	Fe^{3+}	$\text{pH} = 2-3$	фиолетовая – желтая
Тайрон 2% в воде	Fe^{3+} , Ti^{4+}	$\text{pH} = 2-3$	синяя – бесцветная
Ализариновый красны	Al^{3+}	$\text{pH} = 3-5$	желтая – розовая

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

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И ПРИЕМЫ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ	4
Правила техники безопасности	4
Правила ведения лабораторного журнала	6
РАЗДЕЛ 1. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	7
Основные положения гравиметрического анализа	7
Химическая посуда и оборудование в гравиметрическом анализе	8
Основные операции гравиметрического анализа	12
Лабораторные работы по гравиметрическому анализу	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
Вопросы и задачи для контроля по теме «Гравиметрический анализ»	28
РАЗДЕЛ 2. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	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
Лабораторные работы по титриметрическому анализу	42
КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ	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 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 ₂ CO ₃ при совместном присутствии	55
Вопросы и задачи для контроля по теме «Кислотно-основное титрование»	58
КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ	62
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
Вопросы и задачи для контроля по теме «Комплексонометрическое титрование»	70
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ	74
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 ₄	84
Вопросы и задачи для контроля по теме «Окислительно-восстановительное титрование»	86
ЛИТЕРАТУРА	90
ПРИЛОЖЕНИЕ	91