

ФИЗИК ҚИМЁДАН АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР

Русча нашрини К. Б. Мищенко, А. А. Равдель,
А. М. Пономарева таҳрир қилган

*ҚАЙТА ИШЛАНГАН ВА ТЎЛДИРИЛГАН ТЎРТИНЧИ НАШРИДАН
ТАРЖИМА*

*Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги кимё-технология институтлари
талабаларига ўқув қўлланма сифатида тавсия этган*

Б. Н. Афанасьев, Н. М. Барон, В. И. Ганц, В. В. Данилов, И. М. Егоров, Э. И. Квят, А. А. Молохов, Н. А. Новикова, А. М. Овчинников-Сазонов, А. М. Пономарева, А. Б. Порай-Кошиц, А. А. Равдель, Г. И. Семенов, В. В. Синев, В. Н. Скобелев, Т. П. Смородина, Е. В. Строганов, З. Н. Тимофеева, И. А. Черепкова.

Русча нашри тақризчилари: Иваново кимё-технология институтининг физик ва коллоид кимё кафедраси (кафедра мудири — профессор *В. В. Буданов*).

Таржимонлар: кимё фанлари номзоди, доцент *Х. И. Акбаров* ва кимё фанлари доктори, профессор *Р. С. Тиллаев*.

Ўзбекча нашри тақризчилари: кимё фанлари докторлари, профессорлар *Т. С. Сирлибоев, И. И. Исмоилов* ва *Т. М. Бобоев*.

Муҳаррир Р. С. Тоирова

Физик кимё курсидан амалий машғулотлар: Институт талабаларига ўқув қўлланма/(Б. Н. Афанасьев ва бошқ. Таржимонлар: *Х. И. Акбаров, Р. С. Тиллаев*).— 4-русча нашр. таржима.— Т.: Ўзбекистон, 1999.— 432 б.

ISBN 5—640—01918—2

Мазкур ўқув қўлланма физик кимё курсидан амалий машғулотларни бажаришда дастуриламалдир. Унда ҳар бир амалий машғулот бўйича назарий маълумотлар тушунарли тарзда баён қилинган. Шунингдек, унда амалий машғулотларда ишлатиладиган асбоб-ускуналарнинг аниқ тавсифи, таърифларни баён этиш тартиби ва ҳисоблаш усуллари ҳам келтирилган.

Ушбу ўқув қўлланма олий ўқув юр்தларининг физик кимё дастури асосида таълим олаётган талабалари учун муҳалланган.

24.5я73

№ 410—95

Алишер Навоий номидаги
Ўзбекистон Республикасининг
Давлат кутубхонаси

М 1708000000—76
М 351(04)—99 99

«Физик кимёдан амалий машғулотлар» ўқув қўлланмасининг мазкур 4- нашри қайта ишланган ва асосан кинетика бўйича машғулотлар ҳолида талабаларнинг ўқув-илмий ишлари асосида тўлдирилган.

Китобдаги амалий машғулотлар 2 та асосий қисмга гуруҳланган: мувозанат ҳолатида бўлган ва мувозанат ҳолатида бўлмаган системалар, шунингдек, модда тузилиши бўйича ҳам бир неча ишлар таклиф қилинган. Ҳар бир бўлимнинг бошида мувозанатлар термодинамикаси асослари ва кимёвий кинетика тартиби баён қилинган қисмлари эса уларни тушуниш осон бўлиши учун бевосита зарур бўлган назарий маълумотлар билан бойитилган. Бундай назарий маълумотларнинг берилиши амалий машғулотларни хоҳлаган тартибда бажариш учун имконият яратади, бу эса ўқув жараёнини ташкил этиш билан боғлиқдир. Шундай қилиб, умумий назарий маълумотлар ва ишлар ифодаланган қисмларда ўқув ишларини бажаришда зарур бўлган барча маълумотлар берилган бўлиб, улар бошқа дарсликларга мурожаат этиш учун зарурият қолдирмайди.

Талабаларнинг ўқув-илмий ишлари умумий режага киради. Улар китобда майда ҳарфлар билан терилган. Баъзи ўқув-илмий ишларнинг китобда берилган ҳажмини кенгайтириш мумкин (ўлчашлар сони, бир неча ҳароратларда ўлчаш ва бошқалар). Уларнинг каттагина қисми эса қўшимча назарий билимларни ва мураккаб тадқиқот усулларини қўллашни талаб қилади, шунинг учун бундай ишларга қўшимча адабиётлар тавсия қилинган. Бу ишларга режа бўйича талабаларга ажратилган умумий вақт ҳисобидан маълум соатлар ажратилади деб мўлжал қилинган. Талабалар ўқув-илмий ишларни кафедранинг тегишли бўлинимларида бажарадилар.

Ҳар бир амалий машғулотнинг охирида уларнинг бажарилиши бўйича ҳисобот намуналари тавсия қилинган. Ўқув-илмий ишлар бўйича ҳисоботларда қуйидагилар бўлиши керак: ишнинг қисқача назариясининг изохи билан асосий қонуниятлар ҳақидаги хулосалар, назарий билимларнинг асосий қонуниятлари билан бирга қисқача баёни, қурилманинг, реактивларни тайёрлашининг, тажрибаларни олиб бориш тартибининг, жадваллар ва графиклар қўринишида берилган ўлчашлар натижаларининг тавсифи, ўлчаш на-

тижаларини статистика конунлари бўйича ишлаб чиқиш ва изла-
нишнинг янги томонларини кўрсатувчи хулосалар.

Қўлланмада фақат тадқиқот асбобларининг принципиал
схемалари келтирилган, чунки уларнинг батафсил тавсифлари ва
ишлатилиши бўйича тавсиялар шу асбобларга ишлаб чиқарувчи
корхоналар томонидан бевосита илова қилинади.

Қўлланмадаги физик доимийларнинг кийматлари, атамалар
ва белгилар ИЮПАК ва КОДАТА-74 тавсияларига мос келади.

Китобни Ленинград технология институтининг физик кимё
кафедраси ва Шимол-Ғарб сиртки политехника институти
ўқитувчилари — профессорлар Б. Н. Афанасьев, А. Б. Порай-
Кошиц, А. А. Равдель, В. В. Синев; доцентлар Н. М. Барон,
В. И. Ганц, В. В. Данилов, И. М. Егоров, Э. И. Квят, Н. А. Новико-
ва, А. М. Овчинников-Сазонов, А. М. Пономарева, З. Н. Тимофее-
ва; кимё фанлари номзодлари А. А. Молохов, Г. И. Семенов,
Т. П. Смородина, И. А. Черепкова, физика-математика фанлари
номзоди Е. В. Строганов; техника фанлари номзоди В. Н. Скобелев
тўлиқ қайта ишлаб чиқишди ва тўлдиришди.

Китоб муаллифлари Иваново кимё-технология институтининг
физик кимё кафедраси мудири — профессор В. В. Будановга ва шу
кафедра аъзолари — профессорлар К. Н. Белоногов ва К. С. Крас-
новга, доцентлар А. Н. Александрова, В. Н. Васильева, В. П. Гости-
кин, С. М. Победенский, Л. К. Филиппенко ва катта ўқитувчи-
лар Г. В. Гиричев, Т. С. Қазас ва Л. С. Кудинларга қўлёзamani
диққат билан ўқиб чиқиб, берган фойдали маслаҳатлари учун чин
қалбдан ташаккур билдирадилар.

Китобхонларнинг фикрлари миннатдорчилик билан қабул
қилинади.

1. 1. ЎЛЧАШ ХАТОЛАРИ

Ҳар бир ўлчаш қандай асбобда ва ким томонидан бажарилишидан қатъи назар, кўпроқ ёки кичик ҳатолик билан боғланган мунтазам ва тасодифий ҳатолар, янглишликлар фарқ қилинади. *Мунтазам* ҳатолар такрор ўлчашларга бир хил таъсир этади, масалан, улар реактивларнинг ёки ўлчов асбобларининг эталонга мос келмаслиги натижасида келиб чиқади. *Тасодифий* ҳатолар бир-бирига боғлиқ бўлмаган, аввалдан айтиш ва кузатиш мумкин бўлмаган ҳодисалар оқибатида келиб чиқади. Мунтазам ҳатоларнинг сабабини аниқлаш ва уларни камайтириш мумкин, айрим ҳолларда эса тасодифий ҳатоларга ўтказса ҳам бўлади. Масалан, турли оғирликдаги тарози тошлари ёрдамида айнан бир массани йиғиш мумкин. Бунда тошларнинг ноаниқлиги турлича таъсир қилади ва тортиш ҳатоси тасодифий бўлиб қолади. Бу текширилаётган эквивалент намуналар алмаштирилганда, вақт билан боғлиқ жараёнларни ўрганишда ўлчашлар орасидаги даврийлик ўзгартирилганда ва бошқа ҳолатларда вужудга келади. Бундай ҳаракатларни рандомизация (gandom — таваккал қилиб олинган) дейилади. Ҳатоликлар илмий ходимнинг диққат билан ишланмаганлиги оқибатида, яъни: шартларга (масалан, ҳароратнинг ўзгармаслиги) риоя қилинмаганда, намуналар нотўғри тайёрланганда ёки кузатишларнинг ёзилиши ва ҳисоблашларда хато бўлганда вужудга келади.

Ўлчашларнинг аниқлигини баҳолашда ҳатоларнинг статистик (эҳтимоллик) назарияси қўлланилади.

Тасодифий ҳатоларнинг тақсимланиши

Бирон катталиқни аниқлаш учун n марта ўлчаш ўтказиш билан ўзаро фарқланувчи x_1, x_2, \dots, x_n ўлчовлар қаторини, бошқача айтганда, вариант (вариант — ўлчашлар сериясидаги истаган қиймат)ни оламыз.

Бир хил усулда бир хил синчковлик билан ишлаганда ва мунтазам ҳатолар бўлмаганда, бирон ўлчовни афзал кўрмай, уларни бир хил аниқ деб ҳисоблаймиз. Тажрибага кўра вариантлар кўпроқ бирор бир қиймат атрофида гуруҳланади.

Бу қийматдан каттароқ ёки кичикроқ томонга четланувчи вариантлар сони четланиш қанчалик катта бўлса, шунча камаёди. Бу қонуниятни Гаусснинг ҳатоларни нормал тақсимлаш

лимити ($n \rightarrow \infty$ даги) конуни ифодалайди:

$$f(x) = 1/\sqrt{2\pi\sigma} \exp\{-(x-\mu)^2/2\sigma^2\}$$

Бу ифодада $f(x)$ — вариантларнинг x дан $x+dx$ гача бўлган ораликка тушиш эҳтимоли бўйича тақсимланиш функцияси; μ — ўлчашлар йиғиндисидан олинган ўртача арифметик қиймат (қисқача — ўртача) ёки *асосий ўртача* қиймат, $n \rightarrow \infty$ да ва мунтазам хатолар бўлмаганда μ ўлчанаётган ҳақиқий катталиққа тенг бўлиб қолади. $x_i - \mu$ четланиш ўлчашнинг бирламчи мулрак хатоси; σ^2 — дисперсия дейилади, дисперсиядан олинган квадрат илдиз σ — *стандарт ёки ўртача квадратик четланиш* дейилади; σ қанчалик кичик бўлса, вариантлар асосий ўртача қиймат атрофида шунча зич тўпланади, x нинг ҳақиқий қиймати жойлашган эҳтимолий оралик эса шунча тор бўлади. Гаусс эгри чизиғи остидаги юза $n=1$ дан ∞ гача чегараларда бирга тенг бўлади. $n \rightarrow \infty$ да ўлчашларни амалга ошириш мумкин бўлмаганлиги учун μ ва σ^2 лар номаълум.

Ўлчашлар сериялари сони одатда чекланган (5—10) бўлади. Шундай бўлса ҳам нормал тақсимот конунини таҳлил қилишга асосланган ҳолда ўлчашлар хатосини баҳолаш йўли мавжуд. Бунда ҳақиқий x эмас, балки берилган даражадаги эҳтимоллик билан жойлашган чегаралар кидирилади. Бу максатда ўлчаб бўлмайдиган $x_i - \mu$ четланиш ўрнига ўлчанадиган $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ четланиш киритилади, бу ерда \bar{x} — серия вариантларининг ўртачаси:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i. \quad (1.1)$$

Σ белгиси бу ерда ва бундан кейин \sum_1^n билан айнийдир. $n \rightarrow \infty$ да $\bar{x} \rightarrow \mu$, $\mu \rightarrow x_{\text{ҳақ}}$. Ўртачага нисбатан мусбат ва манфий четланишларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\Sigma \Delta x_i = 0. \quad (1.2)$$

(1.1) тенгламадаги \bar{x} нинг қиймати қанчалик аниқ ҳисобланса, (1.2) тенглама шунчалик аниқ бажарилади.

Сериядаги бирлик ўлчашлар *ўртача квадратик хато* билан ифодаланади:

$$S_n = \sqrt{\Sigma (\Delta x_i)^2 / (n-1)}.$$

Серия сони истаганча катта бўлиши мумкин. Уларнинг ҳар бири ўз ўртачаси ва *ўртача квадратик хатоси* билан тасодифийдир:

$$S_{\bar{x}} = S_n / \sqrt{n} = \sqrt{\Sigma (\Delta x_i)^2 / n(n-1)}.$$

n ўлчашлардан келиб чиққан ўртача кийматнинг ўртача квадратик хатоси алоҳида ўлчашдаги ўртача квадратик хатодан \sqrt{n} марта кичик бўлади. Шунингдек таъкидлаш лозимки, четланиш, хато ва ўлчаш хатоси тушунчалари тенг кимматлидир. Ўлчаш хатосидан, одатда, сўнгги натижани баҳолашда фойдаланилади.

$S_{\bar{x}}$ катталикни баҳолашда

$$S_{\bar{x}}^2 = 1.25 \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n \sqrt{n-1}} \quad (1.3)$$

тахминий тенгламадан фойдаланилади. Бу тенглама $n > 4$ бўлганидагина қўлланилиши мумкин.

Ишончли оралик ва ўлчашнинг ишончли эҳтимоллиги

Ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий киймати μ ($n \rightarrow \infty$ да $\bar{x} \rightarrow \mu$) бирорта

$$\bar{x} - \Delta x < \mu < \bar{x} + \Delta x$$

ораликда жойлашган бўлсин.

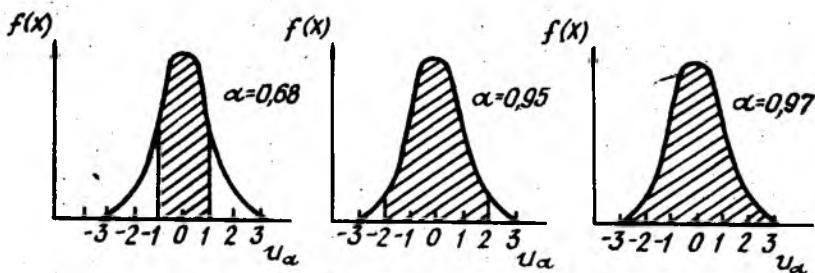
Бу оралик *ишончли оралик* дейилади, ўлчашлар натижасининг ишончли ораликдан *чиқмаслиги* эҳтимоллигини *ишончли эҳтимоллик* α дейилади (шунингдек ишончлилик коэффициентини ёки даражасини, содда қилиб ишончлилик ҳам дейишади). Ишончли оралик кенгайгани сари ишончлилик ортади. Шунинг учун тасодифий хатонинг катталигини баҳолашда ишончлилик ва ишончли ораликлар катталикларини биргаликда бериш керак.

Гаусс эгри чизиги (1.1-расм) симметрик бўлгани учун, санок боши учун шартли равишда нолни ($\mu = 0$) қабул қиламиз, ишончли ораликни $\Delta x / \sigma = u_{\alpha}$ бирликларида ифодалаймиз, бу ерда σ — стандарт четланишидир.

1. 1-жадвал. Ўлчашларнинг ишончли эҳтимоллиги α нинг Гаусс тақсимотига биноан u_{α} бирликларида ифодаланган ишончли ораликқа боғлиқлиги

u_{α}	α	Ишончли ораликдан ташқаридаги натижалар (тахминий)	u_{α}	α	Ишончли ораликдан ташқаридаги натижалар (тахминий)
0	0	1	2	0,954	1/20
1	0,683	1/3	3	0,997	1/400

Ишончли эҳтимоллик u_{α} нинг ҳар бир нисбатига Гаусс тенгламаси бўйича ҳисобланган. 1. 1-жадвалга кўра $u_{\alpha} = 3$ ($\Delta x = 3\sigma$) бўлганда ўтказиладиган ўлчашларнинг 1000 тасидан 3 таси, $u_{\alpha} = 2$ да эса уларнинг 50 таси ишонч чегарасидан чиқади (ишончли эмас).



1.1-расм. Бир хил дисперсияда ва турли четланишлардаги ишончли эҳтимоллик соҳалари (штрихланган).

1.1-расмда ишончли эҳтимолликлар абсцисса ўқида $-u_\alpha$ — $+u_\alpha$ оралик билан чегараланувчи штрихланган юзалар билан тасвирланган. Ўлчашлар хатоси қанча кам талаб қилинса, ўлчаш ўтказишга шунчалик кўп марта зарурият туғилади. Бу технологияда тайёрлов аниқлиги ортиши билан ярқосиз маҳсулот чиқариш эҳтимоллигининг ортишини билдиради.

Гаусс қонунини кичик серияларда ($n < 30$) қўллаб бўлмайди. n нинг одатдаги қийматларида (5—7) Стьюдент (В. С. Госсет) бўйича тақсимлашдан ва u_2 коэффиценти ўрнига $t_{\alpha n}$ дан фойдаланилади (1. 2-жадвал).

1. 2-жадвал. Стьюдент коэффицентлари $t_{\alpha n}$

α	n									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
0,70	2,0	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
0,95	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,1
0,99	63,7	9,9	5,8	4,6	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,0

Ўлчашлар сонини билган ҳолда ишончлилик даражасини аввалдан бериб, 1. 2-жадвалдан Стьюдент коэффиценти топилади. Уни $S_{\bar{x}}$ га кўпайтириб, ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати жойлашган оралик (агар мунтазам хатолар бўлмаса) топилади. Хатоларнинг айнан битта оралиғи, демак $t_{\alpha n}$ нинг ҳам бир хил коэффицентлари, масалан, 3,2—3,3 олинмоқчи бўлинса, унда ишончлилик $\alpha = 0,95$ бўлганда тўрт марта, $\alpha = 0,99$ да эса ўн марта ўлчаш кифоя.

Ишончлилик даражасини танлаш, асосан, иқтисодий ва руҳий ҳолатларга ҳам боғлиқ. 1000 дона ручкадан 997 тасининг ишга ярқоқлиги харидорни қаноатлантиради. Лекин харидор 1000 та самолётдан 3 тасининг манзилга етиб бормаслигини билса, у патта сотиб олишга журъат этмайди.

Зарур ўлчашлар сонини танлаш

Умумий хато $\delta = S_n + a$ дейлик, бу ерда a — мунтазам хато. Умумий хато a катталики билан аниқланганида n нинг сонини кўпайтириб, тасодифий хатони камайтириш мумкин. Ўртачанинг хатоси $S_{\bar{x}} = S_n / \sqrt{n}$ бўлгани учун, $a = 1/2 S_n$ да ўлчашлар сони тўрттадан кам (одатда 5—7 та) бўлмаслиги лозим. Мунтазам хатога йўл қўйилмаган тақдирда ўлчашлар сони ўлчаш хатоси ва ўртачанинг талаб қилинган аниқлигини баҳолаш нисбати билан белгиланади:

$$\sqrt{n} = S_n / S_{\bar{x}}$$

Қўпол хатоларни аниқлаш

Сериядаги x_i катталикини танлашда баъзи ўлчашлар қатордан тушиб қолади. Уларни қўпол хато деб чиқариб ташланса, ўртача ва танланган дисперсия S_n ўзгаради, натижада қатордан чиқиб қолувчи янги сонлар пайдо бўлиши мумкин. Шунинг учун нотўғри бўлиб кўринган ўлчашларни тасодифий хатонинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги жуда кичик бўлган ҳоллардагина олиб ташлаш керак. $\Delta x_i > 2S_n$ бўлганидаги ўлчашларни қўпол хатолар деб қабул қилиш мумкин.

Билвосита ўлчашлар хатоликлари

Қўп ҳолларда охириги натижа мустақил ўлчанувчи бир неча ўзгарувчиларнинг функциясини ташкил қилади. Бунда умумий хато алоҳида ўлчашлардаги хатолар йиғиндисига тенг бўлади. Натижани $x = f(r, s, t, \dots)$ деб ҳисоблаймиз. Бу ифодани логарифмлаб ва дифференциаллаб,

$$\frac{dx}{x} = \frac{df(r)}{f(r)} + \frac{df(s)}{f(s)} + \frac{df(t)}{f(t)}$$

тенгламани ҳосил қиламиз.

Унг тўмондаги ҳадлар мусбат ва манфий бўлиши мумкин. Ўлчашлар хатоси ўлчанган катталикларникига нисбатан кам бўлганлиги учун, дифференциалларни охириги орттирма билан алмаштириш мумкин:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta f(r)}{f(r)} + \frac{\Delta f(s)}{f(s)} + \frac{\Delta f(t)}{f(t)}$$

(1. 2) шартни назарда тутиб, юқоридаги ифоданинг квадратидан квадрат илдизни аниқлаймиз:

$$\frac{\Delta \bar{x}}{x} = \sqrt{\left[\frac{\Delta f(r)}{f(r)} \right]^2 + \left[\frac{\Delta f(s)}{f(s)} \right]^2 + \left[\frac{\Delta f(t)}{f(t)} \right]^2}$$

Демак, натижанинг нисбий хатоси

$$\varepsilon_f = \Delta x / \bar{x} \text{ ёки } \varepsilon_f = \Delta x / \bar{x} \cdot 100\%.$$

Агар ўрганилаётган функцияга ўзгармас катталиклар, масалан, π , k , RT/F , ... лар кирса, улардаги белгилар сонини нисбий хато тартибига нисбатан бир тартибга кичик қилиб олиш керак. π сони аниқ ҳисобланган: $\pi = 3,141593$ ни ҳақиқий қиймат деб қабул қиламиз. Агар ҳисобга $\pi = 3,14$ ни киритсак, унда нисбий хато $\varepsilon_\pi = +0,05\%$ бўлади, $\pi = 3,142$ киритилганида эса хато $-0,01\%$ бўлади. Больцман константаси $k = 1,38054 \cdot 10^{-23}$ Ж/К ни йириклаштириб $1,40 \cdot 10^{-23}$ деб олсак, нисбий хато $\varepsilon_k = 1,3\%$ бўлади. Агар ўлчашлар нисбий хатоси иккинчи тартибгача аниқлик билан ҳисобланса, барча доимий кўпайтирувчилар учинчи белгигача аниқликда олиниши керак.

Хатоликларни ҳисоблаш тартиби

Бевосита ўлчашлар:

ўлчашлар жадвали тузилади;

ўртачаси ҳисобланади $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$;

алоҳида четланиш $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ топилади; $\sum \Delta x_i = 0$ билан мос келиши текширилади;

$(\Delta x_i)^2$ четланишлар квадрати ҳисобланади;

ўртача квадратик хато топилади $S_n = \sqrt{\sum (\Delta x_i)^2 / (n-1)}$;

кўпол хатолар аниқланади;

кўпол хатолар йўқотилади;

ўртачасининг ўртача квадратик хатоси топилади:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}};$$

ишончлилик киймати α берилади (одатда 0,95);

I. 2- жадвалга ўхшаш жадвалдан n ва α кийматлари асосида Стьюдент коэффициентини $t_{\alpha n}$ танланади;

ўлчов натижасидаги хатолик топилади:

$$\Delta x = \varepsilon_x = t_{\alpha n} S_x$$

ва якуний натижа $\bar{x} \pm \Delta x$ кўринишда ёзилади;

нисбий хато аниқланади: $\varepsilon_x = \Delta x / \bar{x} \cdot 100\%$.

Билвосита ўлчашлар:

хар бир ўлчов катори худди бевосита ўлчашлардаги каби ўшандай ишончлилик билан қайта ишланади;

натижанинг функционал боғлиқлигига кўра хатоликнинг ифодаси тузилади;

охирги натижа $f(x) = f(\bar{r}, \bar{s}, \bar{t}, \dots) \pm \Delta \bar{f}$ кўринишда ёзилади;

нисбий хато топилади: $\varepsilon_x = \Delta \bar{f} / \bar{f} \cdot 100\%$.

Мисол тарикасида Лоренц-Лоренци тенгламаси бўйича бензолнинг моляр рефракциясини аниқлашдаги нисбий хатолиги ҳисоблаймиз:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot M / \rho,$$

бу ерда n ва ρ — тажриба ўтказилаётган ҳароратда суюқ бензолнинг синдириш кўрсаткичи ва зичлиги. Синдириш кўрсаткичи Аббе рефрактометри (ИРФ-22) ёрдамида ўлчанади, зичлик пикнометрик усулда топилади (XXVII. 3- қисмга қаранг).

Бўш, сув ва бензол билан тўлдирилган пикнометрларнинг массалари g_0 , g_{H_2O} , g_δ га тенг. Бензолнинг зичлиги:

$\rho_\delta = m_\delta / V_\delta = (g_\delta - g_0) / (g_{H_2O} - g_0) \cdot \rho_{H_2O}$ (m_δ ва V_δ — пикнометрдаги бензолнинг массаси ва ҳажми; ρ_{H_2O} — сувнинг зичлиги).

R нинг ифодасига ρ_δ ни қўйиб, R ни эса логарифмлаб ва дифференциаллаб, қуйидаги ифода топилади:

$$\begin{aligned} \frac{dR}{R} &= \frac{d(n^2 - 1)}{n^2 - 1} - \frac{d(n^2 + 2)}{n^2 + 2} - \frac{d(g_\delta - g_0)}{g_\delta - g_0} + \frac{d(g_{H_2O} - g_0)}{g_{H_2O} - g_0} = \\ &= \frac{2ndn}{n^2 - 1} - \frac{2ndn}{n^2 + 2} - \frac{dg_\delta}{g_\delta - g_0} + \frac{dg_0}{g_\delta - g_0} + \frac{dg_{H_2O}}{g_{H_2O} - g_0} - \frac{dg_0}{g_{H_2O} - g_0} \end{aligned}$$

Бундан:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta R}{R} &= \sqrt{\left(\frac{2n}{n^2 - 1} \Delta n\right)^2 + \left(\frac{2n}{n^2 + 2} \Delta n\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_\delta}{g_\delta - g_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_0}{g_\delta - g_0}\right)^2 + \dots} \\ &\dots \rightarrow \sqrt{\left(\frac{\Delta g_{H_2O}}{g_{H_2O} - g_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_0}{g_{H_2O} - g_0}\right)^2} \end{aligned}$$

Ўлчашлар натижалари ва хатоликларни ҳисоблаш I. 3 — I. 5-жадвалларда келтирилган.

Молекуляр рефракцияни ҳисоблаш учун керак бўлган ҳамма маълумотларни келтираемиз:

синдириш кўрсаткичи $n \pm \Delta n$	1,5022 ± 0,0003
пикнометр массаси, г	
бўш $g_0 \pm \Delta g_0$	7,6152 ± 0,0027
сув билан $g_{H_2O} \pm \Delta g_{H_2O}$	14,7244 ± 0,0004
бензол билан $g_\delta \pm \Delta g_\delta$	13,8739 ± 0,0063
	$\rho_\delta = 6,259 \cdot 0,997 / 7,109 = 0,878$
$g_\delta - g_0 = 6,259$; $g_{H_2O} - g_0 = 7,109$	

Юқорида кайд этилганидек ўлчашлар хатоси $\Delta x' = t_{\alpha n} S'_x$ тақрибий тенглама бўйича ҳисобланиши мумкин, бу ерда S'_x (I. 3) тенглама ёрдамида топилади. Бундай ҳисоблашда қўпол хатоликнинг бўлиши эҳтимолдан холи эмас. Тақрибий ҳисоблаб $\Delta n' = 0,0033$; $\Delta g'_0 = 0,0020$; $\Delta g'_{H_2O} = 0,0014$; $\Delta g'_\delta = 0,0063$ ни олаемиз.

1.3-жадвал. x_i нинг ўлчанган, x , Δx_i ва $(\Delta x_i)^2$ ларнинг танловда ҳисоблаб чиқарилган қийматлари

Тартиб №	I		II		III		IV		
	x_i	$\Delta x_i \cdot 10^4$	x_i	$\Delta x_i \cdot 10^4$	x_i	$(\Delta x_i)^2 \cdot 10^4$	x_i	$\Delta x_i \cdot 10^4$	
1	1,5025	+19	7,6154	+2	14,7247	+10	13,8605	-134	
2	5021	+14	152	0	244	+7	752	+13	
3	5022	+16	154	+2	250	+13	803	+64	
4	5026	+20	097	-55	239	+2	790	+51	
5	5018	+12	200	+48	198	-39	788	+49	
6	4912	-94	153	+1	240	+3	741	+2	
7	5020	+14	157	+5	243	+6	693	-46	
Σ	10,5043	+95	53,3067	+58	103,0661	+41	97,1172	+179	
\bar{x} нинг қиймати, ҳамма ўлчамлар бўйича қўпол хатолар чиқариб ташлангандан сўнг		-94 1,5006 1,5022		-55 7,6152		-39 14,7237 14,7244		-180 13,8739	қўпол хатолар бўлмаган

Учинчи хонагача аниқликда тақрибий ҳисобланган ҳатоликлар аниқ ҳисоблашлар билан мос келади. Ҳисоб рақамларини яхлитлаш натижасида кичик аниқлик охири натижага деярли таъсир қилмайди. Яхлитлашни шундай амалга оширилиши керакки, бунда сўнги қийматли рақам тақрибий, ундан олдингисининг эса аниқлиги таъминланган бўлсин. Бунда:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \bar{R}}{R} &= \left[\left(\frac{2 \cdot 1,5022 \cdot 0,0003}{1,5022^2 - 1} \right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 1,5022 \cdot 0,0003}{1,5022^2 + 2} \right)^2 + \right. \\ &+ \left. \left(\frac{0,006}{6,259} \right)^2 + \left(\frac{0,003}{6,259} \right)^2 + \left(\frac{0,0004}{7,109} \right)^2 + \left(\frac{0,003}{7,109} \right)^2 \right]^{1/2} = \\ &= (51,4450 + 4,4830 + 91,8910 + 22,9740 + 0,3166 + 17,8084)^{1/2} \cdot 10^{-4} = \\ &= (55,93 + 132,99)^{1/2} \cdot 10^{-4} = 188,92^{1/2} \cdot 10^{-4} = 13,74 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Шундай қилиб, $\Delta \bar{R}/R = 0,0014$ ва ўлчашлар бўйича

$$R_{\delta} = \left(\frac{1,5022^2 - 1}{1,5022^2 + 2} \right) \cdot \frac{78}{0,878} = 26,23 \pm 0,0367 = 26,23 - 0,04 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Жадваллар бўйича 25°C да $\rho_{\delta} = 0,874$ ва $n_{\delta} = 1,4978$, натижада $R_{\delta} = 26,14$.

Зичлик ортиши билан (харорат пасайганда) синдириш кўрсаткичи ҳам ортади, лекин молекуляр рефракция ўзгармас бўлиб қолади. Агар жадвал маълумотлари мутлак (абсолют) бензолга тегишли бўлса, ρ_{δ} ва n_{δ} ларнинг бир оз ортишига бензолга нисбатан зичлиги каттарок бўлган сув ёки бошқа моддаларнинг аралашганлиги сабабдир, дейиш мумкин. n_{δ} ўлчанаётган ИРФ = 22 асбобида мунтазам хатога йўл қўйиш кийинрок, чунки ρ_{δ} ва n_{δ} лар синбат равишда ортади.

1. 4-жадвал. III. 1-жадвалдаги натижаларни статистик қайта ишлаш

Формула	Серия			
	I(n)	II(ρ_0)	III($\rho_{\text{H}_2\text{O}}$)	IV(ρ_6)
$\sum (\Delta x_i)^2 \cdot 10^8$	10383	5363	1888	29343
n	7	7	7	7
$S_n \cdot 10^4 = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{n-1}}$	41,6	29,9	17,7	69,9
$2S_n \cdot 10^4$	83,2	59,8	35,4	139,8
$\Delta x_i > 2S_n$	6—№ қўпол хато	Йуқ	5—№ қўпол хато	Йуқ
$S_{\bar{x}} \cdot 10^4$	—	11,3	—	26,4
t_{an}	2,6	2,4	2,6	2,4
$\Delta x \cdot 10^4 = S_{\bar{x}} \cdot 10^4 \cdot t_{an}$	—	27,1	—	63,4
$\varepsilon, \%$	—	0,04	—	0,04

1. 5-жадвал. Қўпол хатоларни чиқариб ташлаш

Тартиб №	I серия (n)			III серия (g_{H_2O})		
	x_i	$\Delta x_i \cdot 10^4$	$(\Delta x_i)^2 \cdot 10^8$	x_i	$\Delta x_i \cdot 10^4$	$(\Delta x_i)^2 \cdot 10^8$
1	1,5025	+3	9	14,7247	+3	9
2	5020	-2	4	244	0	0
3	5022	0	0	250	+6	36
4	5026	+4	16	239	-5	25
5	5018	-4	16	—	—	—
6	—	—	—	240	-4	16
7	5020	-2	4	243	-1	1
Σ	9,0131	+7	49	88,3463	+9	87
\bar{x}	1,5022	-8		14,7244	-10	
$S\bar{x} \cdot 10^4$	$\sqrt{49/(6 \cdot 5)} - 1,2780$			$\sqrt{87/(6 \cdot 5)} - 1,7029$		
$\Delta \bar{x} \cdot 10^4 =$	2,6.1,2780=3,3228			2,6.1,7029=4,4275		
$= t_{\alpha n} S\bar{x} \cdot 10^4$						
$\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$	1,5022 ± 0,0003			14,7244 ± 0,0004		
$\epsilon, \%$	$3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2 / 1,5022 = 0,02$			$4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2 / 14,7244 = 0,003$		

Шуни таъкидлашимиз керакки, ҳисоблаб чиқарилган хатолик фақат ўлчашларнинг аниқлигини кўрсатиб, уларнинг тўғрилигини билдирмайди. Тажрибадор қайта-қайта тақорланишига қарамай, бир хил мунтазам хато бўлиши мумкин. Бу ҳолатда мунтазам хато бензолга сув ва тиофенларнинг қўшилиши натижасида (уларни йўқотиш жуда кийин) унинг ифлосланишидан келиб чиқиши мумкин.

Натижаларнинг тўғрилиги бошқа усуллардаги ўлчашлар билан ёки метрологик стандартларга мос келиши билан тасдиқланади. Тасодиқий хатоларнинг доимий сақланиб қолиши табиийдир. Мураккаб ҳисоблар қилмаслик учун турли ўлчашлардаги хатолар ҳиссасини (I.3) тахминий тенглама ёрдамида баҳолаш фойдалидир. Юқорида келтирилган ҳисобларга қараганда, пикнометрик ўлчашларда рефрактометрик ўлчашларга нисбатан уч баробар ортик хатоликка йўл қўйилган.

Хулоса қилиб айтганда, БЗ—18М микрокалькулятор билан тажриба натижаларини статистик қайта ишлаш учун бешта ўлчашдан иборат серияга тахминан 1—2 минут вақт талаб қиладиган программа ҳам келтирилган. Агар ўлчаш серияси 2—3 та ўлчовдан иборат бўлса, ўлчанаётган катталиқни ўлчашлардан олинган ўрта арифметик деб, четланишларнинг ўртачасини эса хато деб ҳисоблаш керак. Лекин бу ҳолда имкон борича ўлчов аниқлигини асбоблар шкалаларида баҳолаш мақсадга мувофиқдир (шкала бўлинмалари орасидаги масофани чамалаб олишга тўғри келади ва баҳолаш аниқлиги бўлинмалар орасидаги масофанинг 1/4—1/3 қисмини ташкил қилади). Баъзи ишларнинг изоҳларида нисбий хатоликларни ҳисоблаш тенгламалари келтирилган. Микдорий ҳисоблар ўлчов асбобларининг аниқлигига мос

равишда қилинган. Бу ҳисоблар асосан билвосита ўлчашларнинг умумий натижа аниқлигига қандай таъсир қилишини кўрсатади.

Ушбу ҳисоб, масалан, реакция тезлигини турли дақиқаларда ўрганаётганда вақт ва концентрациялар қийматларининг ўлчаш аниқликларини кўрсатади (274-бет).

Бажарилган ишнинг тасодифий хатосини ҳисоблаб чиқаришда битта катталиқ учун 5—6 та қийматлар (масалан, тезлик константаси ёки реакция тартиби, активланиш энергияси ва бошқалар) ни олиш муҳим аҳамиятга эга (XXV. 3-бўлимга қаранг). Бундай ишлар раҳбарнинг кўрсатмасига кўра бажарилиши керак.

1. 2. ЎЛЧАШ НАТИЖАЛАРИНИ ЖАДВАЛЛАР, ГРАФИКЛАР ВА ТЕНГЛАМАЛАР КЎРИНИШИДА ИФОДАЛАШ

Тажриба натижалари ва улардан ҳисоблаш йўли билан аниқланган у ёки бу катталиқларнинг қийматларини жадвал ва графиклар кўринишида ифодалаш мақсадга мувофиқдир. Графиклар тасвирлаш ёки назарий тенгламаларни текширишга хизмат қилади. Улардан аналитик тенгламалар қўлланиши мумкин бўлмаган ҳолатларда эмпирик тенгламалар тузиш учун фойдаланилади. Жадвалларда, албатта, номи, маъносини қисқача ва аниқ ифодаловчи ёзувлар бўлиши керак.

Жадваллар тузиш (I. 6 ва I. 7-жадваллар)

Барча ўлчашлар камида иккита ўзгарувчига эга, улардан бири эркин (тажрибаларда x га аргумент сифатида қийматлар берилди), бошқалари эса эркин бўлади (y, z ва бошқа функциялар).

Жадвалда аргумент ва функциялар бир сатрда, уларнинг қийматлари эса ўз устунда туриши керак. Устун унда келтирилган

1. 6-жадвал. 25°C да калий хлориднинг суви эритмаларининг моляр электр ўтказувчанлиги

Моллар сони		Ўтказувчанлик χ , См. м ⁻¹	Моляр электр ўтказувчанлик μ , См. м ² · моль ⁻¹	Моллар сони		Ўтказувчанлик χ , См. м ⁻¹	Моляр электр ўтказувчанлик μ , См. м ² · моль ⁻¹
1 л да	1 см ³ да			1 л да	1 см ³ да		
1	10 ³	11,19	0,01119	0,001	1	0,01469	0,01469
0,1	10 ²	1,289	0,01289	0,0001	10 ⁻¹	0,001489	0,01489
0,01	10	1,1413	0,01413				

- айланувчи диск 332, 334
 водород 167
 ёрдамчи 319
 зондли 334
 инерт 140
 металл иккинчи тур 336
 металл — водород 334
 микрошиша 336
 нормал каломель 155.
 синфланиши 149
 симоб томчи 329, 333, 339
 солиштириш 319
 стандарт 148
 хингидрон 168
 шиша 169
 кутбланмайдиған 161
Электрометр капилляр 338
Электр ўтказувчанлик 194
Энергия
 активланиш 254
 активлаштирилган комплекс
 ҳосил бўлиши 261, 285
 Гиббс 33, 41, 43, 146, 149
 ион реакцияси 286
 ички 26
 нолинчи 374
 сақланиш қонуни 26
Энтальпия 27, 255
 активлаштирилган комплекс
 ҳосил бўлиши 261, 286
Энтропия 33
 активлаштирилган комплекс
 ҳосил бўлиши 261, 286
Электр занжири 144
 тўғри ажратилган 144
Электрод сиртининг заряди 338
- Элементар** ячейка 383, 384
Электр ўтказувчанлик 194
 моляр 198
 солиштирма 195
 чегаравий 201
 эквивалент 198
Эритма
 азеотроп 102
 идеал 37, 96, 115
 реал 38
 чексиз суюлтирилган 82
 каттик 118.
Эришнинг критик температураси 109
Эффект
 иссиклик 27, 44, 258
 кафас 245
Ўз-ўзга диффузия 225
Ўзгариш даражаси 235
Ўтишларнинг ғалаёнланиши 368
- Қонда**
 пишанг 99
 фазалар 44
Қонун
 таксимланиш 128
 энергиянинг нурланиши ёки
 ютилиши 367
Қутбланиши
 ёруғлиkning 270
 молекулаларнинг 344
 ориентацияон 345
 тўлиқ 345
 электроднинг 317
 электронларнинг 346
 ядроларнинг 345
Қутбланувчанлик 344

МУНДАРИЖА

Сўз боши	3
I боб. Ўлчаш натижалари устида ишлаш.	5
I.1. Ўлчаш хатолари	5
I.2. Ўлчаш натижаларини жадваллар, графиклар ва тенгламалар кўринишида ифодалаш	15
Биринчи қисм. МУВОЗАНАТДАГИ СИСТЕМАЛАР.	25
ТЕРМОДИНАМИКА ВА ТЕРМОҚИМЕ.	25
II боб. Термодинамика асослари.	25
II.1. Тушунчалар ва таърифлар.	25
II.2. Термодинамиканинг биринчи қонуни.	26
II.3. Термодинамиканинг иккинчи қонуни.	31
II.4. Гиббснинг фазалар қондаси.	44
III боб. Калориметрик ўлчашлар.	48
III.1. Иссиклик сифими.	48
III.2. Иссиклик эффектлари.	50
III.3. Калориметрик ўлчашлар.	55
III.4. Ишнинг бажарилиши	59
III.5. Машклар	65

БИР ВА ИККИ КОМПОНЕНТЛИ СИСТЕМАЛАРДАГИ ГЕТЕРОГЕН МУВОЗАНАТЛАР	67
IV боб. Тўйинган буг босими	67
IV.1. Қаттиқ жисм-суяқлик-буг системасидаги мувозанат	67
IV.2. Ишларнинг бажарилиши	71
IV.3. Машқлар	76
V боб. Диссоцияланиш босими	77
V.1. Қаттиқ жисм-газ системасидаги мувозанат	77
V.2. Ишнинг бажарилиши	78
V.3. Машқлар	81
VI. боб Кримоетрик ўлчашлар	82
VI.1. Эритма устидаги эритувчи буг босимининг камайиши	82
VI.2. Суюлтирилган эритма қайнаш ҳароратининг кўтарилиши	83
VI.3. Суюлтирилган эритма музлаш ҳароратининг пасайиши	84
VI.4. Ишнинг бажарилиши	89
VI.5. Машқлар	94
VII боб. Чексиз аралашувчи суяқликлар	95
VII.1. Таркиб-ҳосса диаграммалари	95
VII.2. Идеал эритмалар	96
VII.3. Нонидеал эритмалар	100
VII.4. Ишнинг бажарилиши	103
VIII боб Чекланган миқдорда аралашувчи суяқликлар	107
VIII.1. Суяқликларнинг ўзаро эрувчанлиги	107
VIII.2. Ишнинг бажарилиши	110
IX боб. Қотишмалар. Термик анализ	110
IX.1. Суяқ ҳолатда чексиз эрувчи ва кристалл ҳолатда эримайдиган моддалар	111
IX.2. Барқарор кимёвий бирикмалар ҳосил қилувчи моддалар	115
IX.3. Беқарор кимёвий бирикмалар ҳосил қилувчи моддалар	116
IX.4. Суяқ ва кристалл ҳолатларда чексиз эрувчи моддалар	118
IX.5. Суяқ ҳолатда чексиз ва кристалл ҳолатда чекли эрийдиган моддалар	119
IX.6. Ишнинг бажарилиши	121
УЧ КОМПОНЕНТЛИ СИСТЕМАЛАРДАГИ ГЕТЕРОГЕН МУВОЗАНАТЛАР	125
X боб. Чекли аралашувчи суяқликлар	125
X.1. Таркибларни ифодалаш усуллари	125
X.2. Ишнинг бажарилиши	127
XI боб. Таксимланиш қонуни	128
XI.1. Таксимланиш коэффициенти	128
XI.2. Текширилаётган модданинг фазалардаги ҳолати ва таксимланиш қонуни	130
XI.3. Экстракциялаш	133
XI.4. Ишнинг бажарилиши	134
XI.5. Машқлар	137
ЗАРЯДЛАНГАН ЗАРРАЧАЛАР ТУТГАН СИСТЕМАЛАРДАГИ МУВОЗАНАТЛАР	138
XII боб. Электр юритувчи кучлар	138
XII.1. Электрод потенциалининг пайдо бўлиши	138
XII.2. Гальваник элементлар термодинамикаси	140

XII.3. Электр юритувчи кучларни ўлчаш асослари	144
XII.4. Электрокимёвий потенциал ва алоҳида электроднинг потенциали	146
XII.5. Нернст тенгламаси	147
XII.6. Гальваник элементи схематик ифодалаш	147
XII.7. Стандарт потенциалларнинг водород шкаласи	148
XII.8. Электродларнинг синфларга ажратилиши	149
XII.9. Гальваник элементларнинг синфларга бўлиниши	156
XII.10. Э, Ю, К ни ўлчашнинг компенсациялаш усули	157
XII.11. Ишнинг бажарилиши	160
XII.12. Машқлар	162
XIII боб. Ион мувозанатлар	163
XIII.1. Кислота-ишқор мувозанатлари	163
XIII.2. Водород кўрсаткичи (рН)	164
XIII.3. Буфер эритмалар	165
XIII.4. Потенциометрик ўлчашлар	166
XIII.5. Фотоколориметрик ўлчашлар	185
XIII.6. Машқлар	190
Иккинчи қисм. НОМУВОЗАНАТ ҲОЛАТДАГИ СИСТЕМАЛАР	
ТАШИШ ҲОДИСАЛАРИ	192
XIV боб. Электродит эритмаларининг электр ўтказувчанлиги	194
XIV.1. Солиштира электр ўтказувчанлик	195
XIV.2. Моляр ва эквивалент электр ўтказувчанликлар	198
XIV.3. Эквивалент электр ўтказувчанликнинг чегара қийматини аниқлаш	201
XIV.4. Электр ўтказувчанликка ҳароратнинг таъсири	202
XIV.5. Электр ўтказувчанликни ўлчаш усуллари	203
XIV.6. Ишларнинг бажарилиши	205
XIV.7. Машқлар	213
XV боб. Ташиш сонлари	214
XV.1. Электролиз ва ташиш сонлари	214
XV.2. Ишнинг бажарилиши	218
XV.3. Машқлар	224
XVI боб. Эритмалардаги диффузия коэффициентлари	225
XVI.1. Ностационар диффузия қонуниятлари	225
XVI.2. Ўзаро диффузия коэффициентларини ўлчаш	228
XVI.3. Электродитларнинг диффузия коэффициентларини ҳисоблаш	232
XVI.4. Машқлар	233
КИНЕТИКА	234
XVII боб. Қимёвий жараёнларнинг кинетикаси	234
XVII.1. Қимёвий кинетиканинг мазмуни ва мақсади	234
XVII.2. Элементар реакциялар	237
XVII.3. Қимёвий кинетиканинг принциплари	238
XVII.4. Мувозанат константаси ва реакциялар тезликлари константалари орасидаги муносабат	239
XVII.5. Стационар ҳолатлар усулининг қўлланиши	242
XVII.6. Эритмалардаги реакциялар	244
XVII.7. Кислота-асос катализи	246
XVII.8. Кинетик эгри чизиклар ва уларни математик ифодалаш	248
XVII.9. Реакция тартибини аниқлаш	249
XVII.10. Биринчи ва иккинчи тартибли реакциялар тезликларининг константаларини ҳисоблаш	251
XVII.11. Синтез натижасида олинган асосий модда микдори	252
XVII.12. Элементар реакциялар назарияси	254
XVII.13. Мономолекуляр ва биомолекуляр реакциялар	262
ГАЗ ВА ЭРИТМАЛАРДАГИ ГОМОГЕН РЕАКЦИЯЛАР	263
XVIII боб. Айрим органик моддаларнинг буғларини парчалаш	263

XVIII.1. Парчалаш реакцияларининг турлари	263
XVIII.2. Ишларнинг бажарилиши	265
XIX боб. Узига хос кислота-асосли катализ	270
XIX.1. Шакаркамиш (сахароза)нинг инверсия тезлик константасини аниқлаш	270
XIX.2. Мураккаб эфирнинг совунланиш реакциясининг тезлик константасини аниқлаш	276
XIX.3. Ацетонни йодлаш реакциясининг тезлик константасини аниқлаш.	280
XIX.4. Машклар	284
XX боб. Эритмалардаги ион реакцияларининг кинетикасига муҳитнинг таъсири	285
XX.1. Активлаштирилган комплекс назариясининг эритмалардаги ионлараро реакцияларга қўлланилиши	285
XX.2. Ион реакцияларининг кинетикасига ион кучи ва диэлектрик сингдирувчанликларнинг таъсирини ўрганиш.	287
XXI боб. Эритмаларда тез борувчи реакциялар	289
XXI.1. Эритмаларда тез борувчи реакцияларнинг кинетикасини ўрганиш	289
XXI.2. Малахит яшили бўёғи карбинолли асоси эфирларининг ҳосил бўлиш тезлик константасини аниқлаш	290
XXI.3. Ишнинг бажарилиши	291
ФОТОКИМЕВИЙ РЕАКЦИЯЛАР	292
XXII боб. Фотохимёвий реакциянинг квант чикиши.	292
XXII.1. Фотохимёвий ўтиш конунлари.	292
XXII.2. Ишнинг бажарилиши	294
XXII.3. Машклар	300
ГЕТЕРОГЕН СИСТЕМАЛАРНИНГ КИНЕТИКАСИ.	301
XXIII. боб. Гетероген жараёнлар.	301
XXIII.1. Гетероген жараёнларнинг турлари ва уларнинг шароитлари.	301
XXIII.2. Чегаравий қават назариясининг асослари.	302
XXIII.3. Айланувчи диск реакциянинг сирти сифатида.	305
XXIII.4. Эриш тезлигини ўлчаш ва тажриба натижаларини қайта ишлаш	308
XXIII.5. Қаттиқ кислоталарнинг сувда эриши	311
XXIII.6. Машклар	312
XXIV боб. Платина қорасида водород пероксидининг каталитик парчаланиши.	313
XXIV.1. Водород пероксидининг сувли эритмалардаги оксидлаш ва қайтариш хоссалари	313
XXIV.2. Ишнинг бажарилиши	314
XXV боб. Электрохимёвий реакцияларнинг кинетикаси.	317
XXV.1. Концентрацион кутбланиш.	318
XXV.2. Ўта кучланиш	319
XXV.3. Водороднинг ажралиб чиқишидаги ўта кучланишни текшириш.	323
XXV.4. Электрод реакцияларининг кинетикасини ўрганиш.	329
XXV.5. Электрод яқинидаги қаватнинг рН ини ўлчаш.	334
XXVI боб. Электрод сиртида органик моддаларнинг адсорбцияси.	338
XXVI.1. Электрокапилляр ўлчаш	338
XXVI.2. Дифференциал сифмини ўлчаш.	340
XXVI.3. Томувчи симоб электродида сиртга актив моддалар иштирокидаги электрохимёвий реакцияларнинг кинетикасини ўрганиш.	341
XXVI.4. Ишнинг бажарилиши	342