

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі
Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігі
“әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті” КеАҚ

Қашағанова К.Т., Ақанова Г.Ж.

**БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ, ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОЛЛОИДТЫҚ ХИМИЯ
МЕДИЦИНАДА**

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

Алматы, 2026

ӘОЖ 546+544+544.77

БЖК 24.1+24.5+24.6

Қ52

Рецензенттер:

1. Нұрғалиева Г.О. – химия ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор, “А.Б. Бектуров атындағы химия ғылымдары институты” АҚ бас ғылыми қызметкері
2. Түсіпбекова А.С. – химия ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті физикалық химия, катализ және мұнай химиясы кафедрасының доценті.
3. Абильдина А.К. – PhD, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры

Авторлары:

Қашағанова Күләш Түгелбайқызы – химия ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Іргелі медицина кафедрасының ассистент профессоры

Ақанова Гүлсара Жақашқызы – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Іргелі медицина кафедрасының аға оқытушысы

Қ52 Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада: оқу құралы / К.Т.Қашағанова, Г.Ж.Ақанова - Алматы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2026. – 102 бет.

ISBN 978-601-04-7561-8

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралы медицина, педиатрия және стоматология факультеттерінің студенттеріне арналған және негізгі физика-химиялық қағидалар мен тұжырымдамаларды меңгеруге арналған оқу құралы болып табылады. Оқу құралында физикалық және коллоидтық химияның медицинаға қатысты теориялық тақырыптары мен тірі ағзадағы биогендік элементтер туралы ақпарат берілген. Оқу құралында теориялық материалдың қысқаша мазмұны, есептерді шешу үлгілері, бақылау сұрақтары мен тапсырмалар берілген. Материал химия мамандығында оқымайтын студенттердің химияны игеруіне бейімделіп әзірленген.

ӘОЖ 546+544+544.77

БЖК 24.1+24.5+24.6

Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің «Салидат Қайырбекова атындағы Ұлттық ғылыми денсаулық сақтауды дамыту орталығы» ШЖҚ РМК бекітілген және баспаханалық жолмен жариялауға рұқсат етілген (28 тамыздағы 2026 жылғы №636).

Қазақстан Республикасының жоғары және (немесе) жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру ұйымдарында «Денсаулық сақтау» кадрларды даярлау бағыты бойынша білім алушылар үшін оқулық (оқу құралы) ретінде пайдалануға ұсынылады. «Астана медицина университеті» КЕАҚ базасындағы Оқу-әдістемелік бірлестік мәжілісінің _____ ж. № _____ хаттамасы

© Кашағанова К.Т., Ақанова Г.Ж., 2026

ГЛОССАРИЙ

1. **Биолигандтар** – металл иондарымен координациялық байланыс түзіп, кешендер құра алатын биологиялық молекулалар (аминқышқылдары, пептидтер, порфириндер және т.б.).

2. **Гесс заңы** – химиялық реакцияның жылу эффектісі реакцияның жүру жолына тәуелсіз, тек бастапқы және соңғы заттардың күйіне байланысты болатынын тұжырымдайтын заң.

3. **Гиббс энергиясы (G)** – изобаралық-изотермиялық потенциал; тұрақты температура мен қысым жағдайында реакцияның өздігінен жүру мүмкіндігін сипаттайтын термодинамикалық функция.

4. **Дисперстік фаза** – дисперстік жүйеде ұсақ бөлшектер түрінде таралған зат.

5. **Дисперсиялық орта** – дисперстік фаза бөлшектері таралған үздіксіз орта.

6. **Ерігіштік көбейтіндісі** – аз еритін электролиттің қаныққан ерітіндісіндегі иондар концентрацияларының олардың стехиометриялық коэффициенттеріне сәйкес дәрежелерге шығарылған көбейтіндісі.

7. **Коагуляция** – коллоидтық бөлшектердің бірігіп, ірі агрегаттар түзуі нәтижесінде жүйенің тұрақтылығының төмендеуі.

8. **Ле Шателье принципі** – тепе-теңдіктегі жүйеге сыртқы әсер (температура, қысым немесе концентрация өзгерісі) жасалғанда, жүйе сол әсерді әлсірететін бағытта ығысатынын сипаттайтын принцип.

9. **Лиофильдік жүйелер** – дисперстік фаза мен дисперсиялық орта арасында өзара әрекеттесуі жоғары, тұрақты дисперстік жүйелер.

10. **Лиофобтық жүйелер** – дисперстік фаза мен дисперсиялық орта арасындағы өзара әрекеттесуі әлсіз болатын тұрақтылығы төмен дисперстік жүйелер.

11. **Макро- және микроэлементтер** – ағзаның қалыпты тіршілік әрекеті үшін қажетті бейорганикалық элементтер; макроэлементтер көп мөлшерде (Na, K, Ca, Mg), ал микроэлементтер аз мөлшерде (Fe, Zn, Cu, I және т.б.) қажет болады.

12. **Мицелла** – беттік-активті заттардың молекулалары немесе иондарынан түзілетін, коллоидтық өлшемдегі тұрақты агрегат.

13. **Термохимия** – химиялық реакциялар мен физикалық үдерістер кезінде бөлінетін немесе сіңірілетін жылу мөлшерін зерттейтін ғылым.

14. **Химиялық термодинамика** – химиялық және физикалық жүйелердегі энергияның түрленуін, жылу алмасуын және жүйелердің тепе-теңдік күйлерін зерттейтін ғылым.

15. **Электрофорез** – сыртқы электр өрісінің әсерінен зарядталған коллоидтық бөлшектердің немесе макромолекулалардың дисперсиялық ортада бағытталған қозғалысы.

16. **Энтальпия (H)** – тұрақты қысым жағдайында жүйенің жылулық күйін сипаттайтын термодинамикалық функция; оның өзгерісі реакция кезінде бөлінетін немесе сіңірілетін жылу мөлшеріне тең.

17. **Энтропия (S)** – жүйедегі ретсіздік дәрежесін және энергияның шашырау деңгейін сипаттайтын күй функциясы.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ҚЫСҚАРТПАЛАР МЕН БЕЛГІЛЕР ТІЗІМІ

Қысқартпа	Толық атауы (қазақша)	Орысша / Ағылшынша баламасы
моль	зат мөлшерінің бірлігі (СИ)	моль / mol
M	молярлық масса	M / M
ρ	тығыздық (г/мл, кг/м ³)	ρ / ρ
V	көлем	V / V
m	масса	m / m
n	зат мөлшері	n / n
R	универсал газ тұрақтысы	R / R
t	Цельсий бойынша температура (°C)	t / t
p	қысым	p / p
c	молярлық концентрация	c / c (mol/L)
ω	массалық үлес	ω / ω (mass fraction)
T (K)	Кельвин шкаласы	K / K
ЭҚК	электр қозғаушы күш	ЭДС / EMF
K _s	ерігіштік көбейтіндісі	ІП / solubility product (K _{sp})
K _a	қышқылдың диссоциация тұрақтысы	K _a / K _a
K _b	негіздің диссоциация тұрақтысы	K _b / K _b
K _w	судың иондық көбейтіндісі	K _w / K _w
pH	сутек көрсеткіші	pH / pH
pOH	гидроксил көрсеткіші	pOH / pOH
α	диссоциация дәрежесі	α / degree of dissociation
ΔH	энтальпия өзгерісі	ΔH / ΔH (enthalpy change)
ΔS	энтропия өзгерісі	ΔS / ΔS (entropy change)
ΔG	Гиббс энергиясының өзгерісі	ΔG / ΔG (Gibbs energy)
ΔU	ішкі энергия өзгерісі	ΔU / ΔU (internal energy)
ΔA	Гельмгольд энергиясы	ΔA / Helmholtz energy
Q	жылу мөлшері	Q / heat (Q)

Мазмұны

ГЛОССАРИЙ	3
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ҚЫСҚАРТПАЛАР МЕН БЕЛГІЛЕР ТІЗІМІ	4
АЛҒЫ СӨЗ	7
КІРІСПЕ.....	8
1. ТЕРМОДИНАМИКА: АҒЗАДАҒЫ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕР	10
1.1. Термодинамиканың негізгі түсініктері.....	10
1.2. Термодинамиканың бірінші бастамасы	12
1.3. Термодинамиканың екінші бастамасы	14
1.4. Термодинамиканың үшінші бастамасы	16
1.5. Биохимиялық реакциялардың энергетикасы.....	17
<i>Бақылау сұрақтары мен есептері.....</i>	18
2. ХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР КИНЕТИКАСЫ ЖӘНЕ КАТАЛИЗ.....	20
2.1. Химиялық реакциялардың жіктелуі	21
2.2. Реакция жылдамдығына әсер ететін факторлар	23
2.3. Ферментативті катализдің химиялық негіздері.....	24
<i>Бақылау сұрақтары мен есептері.....</i>	28
3. ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕҢДІК.....	29
3.1. Химиялық тепе-теңдіктің мәні.....	29
3.2. Гетерогенді жүйедегі тепе-теңдік	32
3.3. Су, қасиеттері және биологиялық маңызы	33
3.4. рН шкаласы.....	35
3.5. Қышқылдар мен негіздер. Қышқылды-негізді тепе-теңдік	36
3.6. Буферлік ерітінділер.....	38
<i>Бақылау сұрақтары</i>	45
4. ЕРІТІНДІЛЕР. ДИСПЕРСТІ ЖҮЙЕЛЕР.....	46
4.1. Ерітінділердің жіктелуі	48
4.2. Ерітіндінің коллигативтік қасиеті.....	48
4.3. Иондық күш	53
4.4. Дисперсті жүйелер	53
4.4.1. Дисперсті жүйелердің түрлері	53
4.4.1.1. Ірі дисперсиялар	55
4.4.1.2. Коллоидтық ерітінділер.....	55
4.4.1.3. Шынайы ерітінділер	59
4.4.2. Коллоидты ерітінділердің медицинадағы маңызы.....	60
4.5. Концентрацияны өрнектеу тәсілдері	61
<i>Бақылау сұрақтары мен тапсырмалар:</i>	65
5. ЭЛЕКТРХИМИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕР	65
5.1. Тотығу-тотықсыздану реакциялары	66
5.1.1. Нернст теңдеуі	67
5.2. Гальваникалық элемент. Электрқозғаушы күш (ЭҚК).....	68
5.3. Медицинадағы электродтар	71
<i>Бақылау сұрақтары:</i>	72
6. АТОМ ҚҰРЫЛЫСЫ. ХИМИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫС	72
6.1. Атом құрылысының кванттық механикалық моделі	73
6.2. Химиялық байланыс.....	78
<i>Бақылау сұрақтары</i>	86
7. БИОГЕНДІК ЭЛЕМЕНТТЕР	87

7.1. Элементтердің биологиялық рөлі мен жіктелуі	87
7.1.1. Негізгі элементтер	88
7.1.2. Макроэлементтер.....	89
7.1.3. Микроэлементтер	90
7.2. Уытты элементтер және олардың адам ағзасына әсері.....	91
7.3. Бейорганикалық қосылыстардың медицинада қолданылуы	94
<i>Бақылау сұрақтары</i>	100
ҚОРЫТЫНДЫ	101
БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ	102

АЛҒЫ СӨЗ

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралы медицина, педиатрия және стоматология білім алу бағдарламалары бойынша оқитын алғашқы курс студенттеріне арналған. Химия Қазақстан Республикасындағы медициналық мамандықтарға арналған типтік оқу жоспарындағы негізгі міндетті пәндер тізіміне енгізілген және органикалық химия, биохимия, фармакология, патологиялық физиология және клиникалық пәндерді меңгеруге пререквизит ретінде танылады.

Бұл оқу құралы Қазақстан Республикасы Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандартының (ҚР МЖМБС) және медициналық мамандықтардың үлгілік оқу бағдарламаларының (ҮОБ) талаптарына сәйкес жазылған. Бөлімдердің құрылымы мен мазмұны Ұлттық біліктілік шеңбері (ҰБШ) деңгейінің дескрипторларына және ҮОБ баяндалған оқыту нәтижелеріне сәйкес келеді.

Нұсқаулықтың әдістемелік тұжырымдамасы «құрылымнан функцияға дейін клиникалық тәжірибеге» үрдісіне негізделген: әрбір бөлім тақырыптық навигатордан (түйінді сөздер, ҮОБ үшін оқу мақсаттары және оған жету алгоритмі) басталады, бұл студенттерге материалды ұғына отырып, өз жолын саналы түрде жоспарлауға көмектеседі.

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралының ерекшелігі – теориялық материалдың практикалық медицинамен байланысы. Мысал есептер мен бақылау сұрақтары деңгейі студенттердің күрделі физика-химиялық ұғымдарды меңгеруіне жағдай жасайды. Оқу құралында коллоидты жүйелердің (нанобөлшектер, дәрі жеткізу жүйелері) заманауи аспектілері қамтылған. Глоссарий мен қосымша әдебиеттер тізімінің болуы оқулықтың дидактикалық құндылығын арттырады.

Авторлар оқу құралының қолжазбасына жетілдіруге үлес қосқан, құнды пікірлері мен ұсыныстарын білдіргені үшін “Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты” АҚ-ның бас ғылыми қызметкері, қауымдастырылған профессор, химия ғылымдарының докторы *Г.О.Нұрғалиеваға*, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті физикалық химия, катализ және мұнай химиясы кафедрасының доценті химия ғылымдарының кандидаты, *А.С.Түсіпбековаға*, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD *А.К. Абильдинаға* және С.Ж. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ терминологиялық комиссиясының төрағасы, қалыпты анатомия кафедрасының профессор ассистенті *Б.Ш. Шәкеновке* шынайы алғысын білдіреді.

Авторлар оқу құралының сапасы мен мазмұны бойынша kashaganova.kulyash@med-kaznu.com электрондық поштасына немесе [med_chemist.kk](https://www.instagram.com/med_chemist.kk) Instagram парақшасына пікір білдіретін оқырмандарға алдын-ала алғыс айтады.

КІРІСПЕ

Медициналық химия - химия, биология және медицинаның қиылысында орналасқан қызықты және тез дамып келе жатқан сала, ол фармацевтика, биология және медицина принциптерін біріктіріп, дәрілік заттар мен биологиялық белсенді қосылыстарды жасау, оңтайландыру және зерттеуге бағытталған. Ол жаңа дәрілік заттарды ашуға, әзірлеуге және жасауға, сондай-ақ қолданыстағыларын жетілдіруге, олардың қасиеттері мен ағзадағы метаболизмін зерттеуге және құрылым-белсенділік қатынастарын орнатуға бағытталған. Қолданылуының алуан түрлілігінің арқасында медициналық химия адам денсаулығы мен әл-ауқатын жақсартуда маңызды рөл атқарады.

Оқу құралы химия және биохимия медициналық факультеттердегі қазіргі заманғы медицина түлектерінің негізгі теориялық білімінің ажырамас бөлігі болып табылады.

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралы медициналық, педиатриялық және стоматологиялық бағдарламалар бойынша химия пәнін оқитын студенттерге арналған. Оқулық бірнеше тақырыпты қамтитын жеті тараудан тұрады:

- Термодинамика: ағзадағы энергетикалық үдерістер;
- Химиялық реакциялар кинетикасы және катализ;
- Химиялық тепе-теңдік;
- Ерітінділер. Дисперсті жүйелер;
- Электрхимиялық үдерістер;
- Атом құрылысы. Химиялық байланыс;
- Биогендік элементтер.

Бұл тараулар тірі жүйелерде жұмыс істейтін физика-химиялық, химиялық және биохимиялық байланыстардың негіздерін, сондай-ақ олардың қасиеттері мен биологиялық функцияларына қатысты биологиялық маңызды молекулалардың құрылымын білуді қолжетімді түрде түсіндіреді.

Оқулықтағы есептерді орындау студенттерге ағзадағы биохимиялық үдерістердің өзара байланысын және олардың қызметін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Бұл биохимияны ғана емес, сондай-ақ жасушалық және молекулалық биология, иммунология, фармакология, физиология және патофизиология сияқты пәндерді де жеңіл әрі тиімді меңгеруге көмектеседі.

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралы химия саласының барлық мәселелерін емес, негізгі медициналық ұғымдар мен заманауи, өзекті ақпаратты қамтиды.

Оқу құралының мақсаты:

Медициналық, педиатриялық және стоматологиялық мамандықтар бойынша білім алатын студенттерде бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химияның негізгі заңдылықтары мен ұғымдары туралы жүйелі білім қалыптастыру, сондай-ақ осы білімді ағзадағы физика-химиялық және биохимиялық үдерістерді түсіндіруде, талдауда және болашақ дәрігерлік практикада қолдана білу дағдыларын дамыту.

Міндеттері:

1. Химиялық термодинамиканың негізгі ұғымдарын (энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы, Гесс заңы) меңгерту және оларды ағзадағы энергетикалық үдерістерді есептеуде қолдана білуге үйрету;
2. Химиялық реакциялардың жылдамдығы мен катализ механизмдері туралы білім қалыптастыру;
3. Химиялық тепе-теңдік пен қышқыл-негіздік үдерістердің (буферлік жүйелер) ағзадағы гомеостазды сақтаудағы рөлін түсіндіру;
4. Ерітінділер мен дисперсті жүйелердің қасиеттерін, олардың медициналық-биологиялық маңызын меңгерту;
5. Электрохимиялық үдерістер мен тотығу-тотықсыздану реакцияларының негіздерін, атом құрылысы мен химиялық байланыс заңдылықтарын түсіндіру;
6. Биогендік элементтердің ағзадағы биологиялық қызметі және уытты элементтердің әсері туралы білім қалыптастыру;
7. Алынған теориялық білімді есептер мен бақылау сұрақтары арқылы бекітіп, өз бетінше талдау дағдыларын дамыту.

1. ТЕРМОДИНАМИКА: АҒЗАДАҒЫ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕР

Кілт сөздер: Термодинамикалық жүйе, (ашық, жабық, оқшауланған), параметрлер (экстенсивті, интенсивті), күй функциялары: ішкі энергия, энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы, Гесс заңы, биоэнергетика.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

- 1) Термодинамиканың негізгі ұғымдарын меңгеру және олардың адам ағзасындағы қолданысын түсіндіру;
- 2) Биохимиялық реакциялардың энергетикасын есептей білу;
- 3) Өздігінен жүретін үдерістердің критерийін анықтау.

Алгоритм:

- 1) Кілт сөздерді талдау, глоссариймен салыстыру;
- 2) Бақылау сұрақтарына жауап беру

Химиялық термодинамика химиялық реакциялар мен физика-химиялық үрдістерді термодинамикалық әдістерді қолдана отырып зерттейді. Заттардың термодинамикалық қасиеттерінің олардың құрамына, агрегаттық күйіне және сыртқы орта жағдайларына – температура мен қысымға тәуелділігін зерттейді [1, 15 б.].

Химиялық термодинамика химиялық реакцияның жүру мүмкіндігін, реакцияның химиялық тепе-теңдікке жеткен кездегі күйін сипаттайды, сондай-ақ реакцияны жүзеге асыруға қажет энергияны немесе реакция барысында бөлінетін энергияны есептеуге қолданылады.

Химиялық термодинамикаға биотермодинамикаға жақын, ол тірі ағзалардың энергетикасын зерттейді.

1.1. Термодинамиканың негізгі түсініктері

Термодинамикалық жүйе – бұл кез келген макроскопиялық материалдық объект [1, 22 б.], ол нақты немесе ойдан шығарылған шекарамен қоршалған және термодинамикалық талдаудың пәні болып табылады.

Жүйенің сыртқы ортамен әрекеттесу сипатына қарай барлық термодинамикалық жүйелер ашық, жабық және оқшауланған болып бөлінеді:

➤ *Ашық жүйе* – сыртқы ортамен зат және энергия алмасады. Ашық жүйелер табиғатта ең кең таралған. Мысалы, кез келген тірі ағза, соның ішінде адам ағзасы ашық жүйеге жатады [1, 23 б.]. Зат пен энергияның үздіксіз алмасуына қарамастан, ұзақ уақыт кезеңінде адам массасын және энергия қорын (жақсы сезім арқылы байқалады) тұрақты ұстай алады.

➤ *Жабық жүйе* – сыртқы ортамен тек энергия алмасады, зат алмасуы болмайды. Мысалы, температурасы қоршаған орта температурасынан өзгеше кез келген тығыз жабылған объекті, мысалы, ішінде жылы сұйықтық бар жабық колба.

➤ *Оқшауланған жүйе* – сыртқы ортамен зат та, энергия да алмастырмайды. Табиғатта толық оқшауланған жүйе жоқ, себебі энергия алмасуын толықтай болдырмау мүмкін емес. Тек модельдік оқшауланған жүйелер қарастырылады. Мысалы, Дьюар ыдысы (термос) оқшауланған жүйе моделіне жатады [1, 8 б.].

Жүйе күйін сипаттайтын термодинамикалық параметрлер екі топқа бөлінеді: экстенсивтік және интенсивтік параметрлер.

➤ *Экстенсивтік параметрлер* – зат мөлшеріне тәуелді және массаны, көлемді, энергияны, зат мөлшерін қамтиды.

➤ *Интенсивтік параметрлер* – зат мөлшеріне тәуелдісіз және температура, қысым, концентрация, тығыздық сияқты қасиеттерді қамтиды.

Термодинамикалық күй параметрлері – жүйенің физикалық күйін сипаттайтын және тікелей өлшенетін көрсеткіштер. Оларға температура, қысым, көлем, концентрация, тығыздық, тұтқырлық және т.б. жатады [1, 25 б.].

Термодинамикалық үдеріс – бұл жүйенің күйінің өзгеруі, мұнда кем дегенде бір күй параметрі өзгереді. Әдетте теориялық тұрғыда тек бір параметрдің өзгеруі қарастырылады. Үдерістер былай бөлінеді:

- Изотермиялық – $t = \text{const}$, қысым және/немесе көлем өзгереді.
- Изобаралық – $p = \text{const}$, көлем өзгереді.
- Изохорлық – $V = \text{const}$, қысым өзгереді.
- Адиабаттық үдеріс – сыртқы ортамен жылу алмастырмайтын күй.
- Изохоралық-изотермиялық үдеріс – тұрақты p және T кезінде өтеді.

Мұндай үдерістер адам ағзасында жүзеге асады.

Термодинамикалық күй функциялары – тікелей өлшенбейтін жүйе сипаттамалары. Оларға: ішкі энергия U , энтальпия H , энтропия S , Гиббс энергиясы G және Гельмгольц энергиясы жатады.

Энергия – кез келген материалдық жүйелердің өзара әрекеттесуінің және қозғалысының өлшемі. Қарапайым түрде, энергияны жүйенің жұмыс істеу қабілеті деп анықтауға болады. Жүйенің толық энергиясы ішкі, потенциалдық және кинетикалық энергиядан тұрады:

➤ Потенциалдық энергия – дененің кеңістіктегі орнын өзгерту нәтижесінде алынатын энергия.

➤ Кинетикалық энергия – дененің қозғалысы кезінде пайда болатын энергия.

➤ Ішкі энергия U – құрылымдық бірліктердің жылулық қозғалыс энергиясы, ішкі өзара әрекеттесу, молекулалар арасындағы өзара әсер, беттік энергия және басқа да энергия түрлерінің қосындысы. Ішкі энергия – күй функциясы. Ішкі энергияның абсолют мәнін өлшеу мүмкін емес, тек өзгерісін ΔU өлшеуге болады.

Жылу Q – жүйе мен сыртқы орта арасындағы температура айырмашылығына байланысты берілетін энергия. Жылу – ұйымдаспаған энергия түрі.

Жұмыс W – энергияның ұйымдасқан түрде берілуі, сыртқы кедергіні жеңуге бағытталған. Химиялық термодинамикада жұмыс көбінесе жүйенің кеңеюімен (изобаралық үдеріс) байланысты.

$$W = p\Delta V = p(V_2 - V_1) \quad (1.1.1)$$

Энергия әрбір тірі ағза үшін өмірлік қажеттілік болып табылады. Белсенді өмірдің барлық көріністері энергиялық үрдістермен байланысты.

Ағзаның бірнеше жүйесі заттар мен энергияны алу және түрлендіру үшін толық немесе жартылай жұмыс істейді:

➤ Тыныс алу жүйесі – қан мен жасушаларды оттегімен қамтамасыз етеді. Жасушалардың митохондриясында оттегі қалпына келтіріліп, энергияны түрлендірудің барлық үдерісін бастайды.

➤ Ас қорыту жүйесі – жасушаларды энергия көзі ретінде қызмет ететін заттармен, яғни көмірсулармен және майлардың ыдырау өнімдерімен қамтамасыз етеді.

➤ Қан айналым жүйесі – ағзадағы заттарды, соның ішінде энергия тасымалдаушылар мен оттегіні жеткізуді жүзеге асырады.

➤ Терморегуляция жүйесі – ағзаның энергия циклі үшін қажетті элемент болып табылады.

1.2. Термодинамиканың бірінші бастамасы

Термодинамиканың *бірінші бастамасы* энергияның жоқтан пайда болмайтынын және жойылмайтынын, тек бір түрден екінші түрге айналатынын тұжырымдайды. Сондықтан, бірінші дәрежелі мәңгілік қозғалтқышты – яғни энергияны бос кеңістік көзінен шығара алатын құрылғыны жасау – мүмкін емес [1, 45 б.].

Сондықтан, изохоралық–изотермиялық үдеріс кезінде, яғни көлем тұрақты және температура өзгермейтін жағдайда, жүйеге берілген жылу энергиясы тек жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге жұмсалады:

$$V=\text{const}, \Delta V=0$$

$$Q_v = \Delta U + p\Delta V = \Delta U + 0 = \Delta U$$

$$Q_v = \Delta U \quad (1.2.1)$$

Изобаралық–изотермиялық үдеріс жағдайында, яғни қысым мен температура тұрақты болғанда, жүйеге берілген жылу екі бағытта жұмсалады:

➤ Жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге

➤ Жүйенің атқаратын жұмысына.

Бұл жағдай термодинамиканың бірінші заңы арқылы өрнектеледі:

$$p=\text{const}, \Delta p=0$$

$$W=p \cdot \Delta V = p(V_2 - V_1) = p \cdot V_2 - p \cdot V_1$$

$$Q = \Delta U + p\Delta V_2 = U_2 - U_1 + p(V_2 - V_1) = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1) = H_2 - H_1 = \Delta H$$

$$Q_p = \Delta H \quad (1.2.2)$$

мұндағы H – жүйенің энтальпиясы. Энтальпия – ішкі энергия мен жүйенің қысымының оның көлеміне көбейтіндісінің қосындысына тең жүйенің күй

функциясы. Энтальпияның өзгерісі ΔH изобаралық–изотермиялық жағдайда жүйеге берілетін немесе одан алынатын жылу мөлшерін сипаттайды.

Термохимия. Термодинамиканың бірінші бастамасы термохимияның маңызды заңдарының бірі – Гесс заңының негізінде жатыр. Гесс заңы бойынша, химиялық реакцияның жылу эффектісі оның жүру жолына тәуелді емес; ол тек жүйенің бастапқы және соңғы күйлерімен анықталады [1, 52 б.].

$$\Delta H_1 = \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

Стандартты түзілу энтальпиясы $\Delta H_{\text{түзілу},298}^\circ$ (кДж/моль) – бұл стандартты жағдайда (298 К, 101,3 кПа) қарапайым заттардан бір моль қосылыс түзілген кезде бөлінетін немесе сіңірілетін жылу мөлшері. Көпшілік табиғи қосылыстар үшін $\Delta H_{\text{түзілу},298}^\circ < 0$, яғни олардың түзілуі экзотермиялық үдеріс болып табылады. Қарапайым заттардың стандартты түзілу энтальпиясы нөлге тең деп қабылданады.

Стандартты жану энтальпиясы $\Delta H_{\text{жану},298}^\circ$ (кДж/моль) – бұл стандартты жағдайда бір моль заттың тұрақты жоғарғы оксидтерге (CO_2 , H_2O , SiO_2) және азотқа (N_2) дейін тотығып жануы кезінде бөлінетін жылу мөлшері. Жану – экзотермиялық үдеріс болғандықтан, табиғи қосылыстар үшін $\Delta H_{\text{жану},298}^\circ < 0$. CO_2 және H_2O үшін стандартты жану энтальпиясы нөлге тең деп қабылданады.

Гесс заңы түзілу және жану реакцияларының жылулық эффектілерін есептеуге мүмкіндік береді.

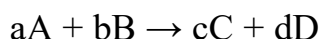
Реакцияның стандартты энтальпиясын анықтау үшін:

- өнімдердің стандартты түзілу энтальпияларының қосындысынан бастапқы реагенттердің стандартты түзілу энтальпияларының қосындысы алынып тасталады [1, 55 б.]:

$$\Delta H_{\text{хим.реак}}^0 = \sum n \Delta H_{\text{түзілу(өнім)}}^0 - \sum n \Delta H_{\text{түзілу(реакт.)}}^0 \quad (1.2.3)$$

$$\Delta H_{\text{хим.реак.жану.}}^0 = \sum n \Delta H_{\text{жану(реакт.)}}^0 - \sum n \Delta H_{\text{жану(өнім.)}}^0 \quad (1.2.4)$$

Мысалы, стандартты жағдайда мына реакция үшін:



түзілу жылу эффектісі мына теңдеу бойынша өрнектеледі:

$$\Delta H^0 = [d \Delta H_{\text{түзілуD}}^0 + c \Delta H_{\text{түзілуC}}^0] - [a \Delta H_{\text{түзілуA}}^0 + b \Delta H_{\text{түзілуB}}^0] \quad (1.2.5)$$

Реакцияның жылуы бастапқы заттардың жану энтальпияларының қосындысынан өнімдердің жану энтальпияларының қосындысын алып тастағанға тең:

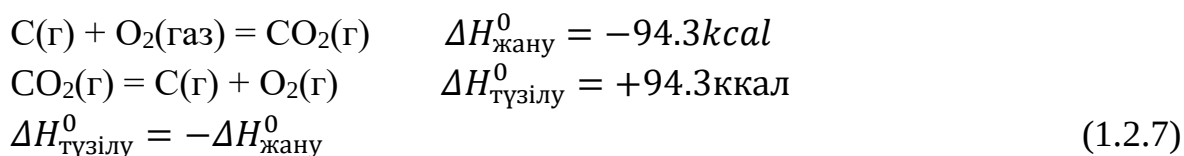
$$\Delta H^0 = [a \Delta H_{\text{жану A}}^0 + b \Delta H_{\text{жану B}}^0] - [d \Delta H_{\text{жану D}}^0 + c \Delta H_{\text{жану C}}^0] \quad (1.2.6)$$

Реакцияның жылу эффектісінің таңбасына байланысты химиялық реакциялар екі түрге бөлінеді:

➤ Экзотермиялық реакциялар – жылу бөлетін реакциялар, олардың жылулық эффектісі теріс мәнге ие ($\Delta H^\circ < 0$);

➤ Эндотермиялық реакциялар – жылу сіңіретін реакциялар, олардың жылулық эффектісі оң мәнге ие ($\Delta H^\circ > 0$).

Лаплас - Лавуазье заңы бойынша, қосылыстың ыдырау (диссоциация) энтальпиясы осы қосылыстың түзілу энтальпиясына тең, бірақ таңбасы қарама-қарсы болады. Яғни:



Энергетикалық құндылық халықаралық жүйеде джоульмен (Дж) немесе килоджоульмен (кДж) өрнектеледі, ал тағам өнімдері үшін ол тек килоджоульмен ғана емес, сонымен қатар жүйеден тыс бірліктермен — калориямен (кал) және килокалориямен (ккал) де беріледі. Олардың арасындағы байланыс:

$$1 \text{ ккал} = 4,184 \text{ кДж.}$$

Тағамның энергетикалық құндылығы оның меншікті жану жылуының (кДж/г) өнім массасына көбейтіндісі арқылы анықталады.

Негізгі тағамдық заттардың орташа меншікті жану жылуы келесі мәндерге тең:

- көмірсулар – 17 кДж/г;
- майлар – 39 кДж/г;
- белоктар – 17 кДж/г.

1.3. Термодинамиканың екінші бастамасы

Термодинамиканың *екінші бастамасы* энергетикалық үдерістердің бағыттылығын зерттейді. Осы принциптің негізгі тұжырымдамасы:

➤ *Жылы энергияның өздігінен суық денеден ыстық денеге өтуі мүмкін емес.*

➤ *Кез келген энергия түрі толықтай жылуға айнала алады, алайда жылу тек ішінара ғана басқа энергия түрлеріне айнала алады.*

➤ *Екінші дәрежелі мәңгілік қозғалтқыш жасау мүмкін емес, яғни барлық әрекеттері тек жұмыс жасауға және жылу көзінің салқындауына бағытталған механизмді құру мүмкін емес (яғни, 100% тиімділік коэффициенті бар қозғалтқыш жасау мүмкін емес).*

➤ *Өздігінен жүретін үдерістерде Гиббс еркін энергиясы G азаяды, яғни $\Delta G < 0$.*

Энтропия. Термодинамиканың екінші заңының негізгі ұғымы – энтропия S . Энтропия (Дж/К·моль) – жүйенің бір күйден екінші күйге өтуі кезінде энергияның таралуының өзгерісін сипаттайтын күй функциясы. Энтропияны жүйедегі ретсіздіктің өлшемі, энергия мен массаның статистикалық таралуы, сондай-ақ жүйенің тепе-теңдік күйіне жақындау деңгейі ретінде қарастыруға болады [1, 38 б.].

Екінші заң бойынша, *өздігінен жүретін үдерістер изоляцияланған жүйелерде жүйе мен оның қоршаған ортасының жалпы энтропиясының артуымен сипатталады.*

Өздігінен жүретін үдерістің критерийі. Өздігінен жүретін үдерістердің мүмкіндігі Гиббс фундаменталды теңдеуі арқылы сипатталады:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1.3.1)$$

Егер $\Delta G < 0$, жүйеде өздігінен жүретін үдеріс мүмкін.

Егер $\Delta G = 0$, жүйе тұрақты тепе-теңдік күйде болады.

Егер $\Delta G > 0$, жүйеде өздігінен жүретін үдеріс мүмкін емес.

Изоляцияланған жүйеде ($\Delta H = 0, \Delta G = -T\Delta S$) қайтымсыз үдерістер жүйенің энтропиясының артуы есебінен жүруі мүмкін ($\Delta S > 0$). Мұндай жүйеде қайтымды үдерістер тек энтропия тұрақты болған жағдайда ($\Delta S = 0$) орын алады.

Энтропияның өзгерісі (ΔS) жүйенің сіңірген немесе бөлген жылу мөлшеріне тура пропорционалды және үдеріс жүретін температураға кері пропорционалды болып табылады:

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T} \quad (1.3.2)$$

Қайтымсыз және қайтымды үдерістерде энтропия:

- Қайтымсыз үдеріс кезінде $\Delta S > Q/T$
- Қайтымды үдеріс кезінде $\Delta S = Q/T$

Энтропияның артуы зат молекулаларының ретсіз күйінің өсуімен бірге жүреді. Құрамының ретсіз күйі неғұрлым жоғары болса, ол күй соғұрлым ықтималды болып саналады.

Термодинамикалық (статистикалық) ықтималдық – ретсіздіктің сандық өлшемі.

Жүйе әртүрлі микрокүйлерде болуы мүмкін. Жүйенің микрокүйі деп жеке бөлшектердің белгілі бір уақыттағы орналасуы мен қасиеттерін айтады. Барлық бірдей ықтималды микрокүйлер саны термодинамикалық ықтималдық W деп аталады. Энтропия мен термодинамикалық ықтималдық арасындағы байланыс Больцман теңдеуі арқылы беріледі:

$$S = k \cdot \ln W$$

мұндағы: k – Больцман тұрақтысы, $k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ Дж·К⁻¹.

Термодинамиканың екінші заңының статистикалық сипаты – ол үлкен бөлшектер саны бар жүйелерге қолданылатын ықтималдық заңы болып табылады.

Гиббс энергиясы (G) – изобаралық-изотермикалық потенциал немесе қысым тұрақты болған кездегі еркін энергия:

$$G = H - T \cdot S \quad (1.3.3)$$

Гиббс энергиясы – күй функциясы, сондықтан тек оның өзгерісі ΔG өлшенеді. $T \cdot S$ – энтальпияның сол бөлігі, ол пайдалы жұмысқа айнамай, жылу түрінде беріледі. Бұл энергия бөлігі жүйенің байланысқан энергиясы деп аталады.

Егер үдеріс көлемде жүрсе, оны Гельмгольц энергиясы (F) сипаттайды:

$$F = U - T \cdot S \quad (1.3.4)$$

Гельмгольц энергиясы – изохоралық-изотермикалық потенциал немесе тұрақты температурада және көлемдегі еркін энергия. Бұл – ішкі энергияның сол бөлігі, оның есебінен тұрақты температурада жұмыс жасалады.

Гельмгольц энергиясы да Гиббс энергиясы сияқты күй функциясы, сондықтан тек оның өзгерісі өлшенеді [1, 78 б.]:

$$\Delta F = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (1.3.5)$$

1.4. Термодинамиканың үшінші бастамасы

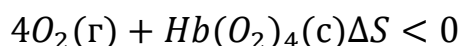
➤ Термодинамиканың үшінші бастамасы Нернст тәжірибелері негізінде тұжырымдалған: [1, 60 б.]. «Идеал кристалдың абсолюттік нөлдік температурада энтропиясы нөлге тең».

Энтропияны есептеу үшін жүйенің жылу сыйымдылығын C анықтап, төмендегі өрнекті интегралдау қажет:

$$S = \int_0^T \frac{C}{T} dT$$

Үшінші заңнан мынадай қорытынды шығарылады: заттың энтропиясы қатты күйден сұйық және газ тәрізді күйге өту кезінде біртіндеп артады, себебі фазалық өтулерде жылу сіңіріліп, жүйенің ретсіздігі өседі. Химиялық реакцияларда энтропия әсіресе, газдардың мөлшері өзгерген кезде қатты өзгереді. Мұндай жағдайларда ΔS белгісін есептемей-ақ анықтауға болады.

Мысалы, қан газ тәрізді оттегіні гемоглобинмен байыту арқылы сіңіреді:



Бұл үдеріс кезінде газ тәрізді зат сұйық фазаға өтеді және энтропия азаяды.

Стандартты энтропия ΔS_{298}^0 (Дж/К·моль) – стандартты жағдайда (298 К, 101,3 кПа) бір моль заттың энтропиясы.

Химиялық реакциядағы стандартты энтропия өзгерісі есептеледі [1, 102 б.]:

$$\Delta S_{\text{реакция}}^0 = \sum n \Delta S_{\text{өнім}}^0 - \sum n \Delta S_{\text{бастапқы зат}}^0$$

1.5. Биохимиялық реакциялардың энергетикасы

Тірі ағзада үздіксіз жүретін барлық химиялық реакциялар энергияның бөлінуімен немесе сіңірілуімен қатар жүреді. Биохимиялық реакциялардың энергетикасы жасушадағы метаболизм үдерістерінің термодинамикалық заңдылықтарын зерттейді. Бұл үдерістер ағзаның тіршілік әрекетін қамтамасыз ететін энергияның түзілуі, сақталуы және жұмсалыуымен байланысты.

Энергия – жүйенің жұмыс істеу қабілетін сипаттайтын физикалық шама.

Биохимиялық реакциялардың жүру мүмкіндігі Гиббс бос энергиясының өзгерісімен (ΔG) (1.3.1) анықталады.

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

мұнда: ΔH – энтальпия өзгерісі (жылу эффектiсі); ΔS – энтропия өзгерісі; T – абсолют температура.

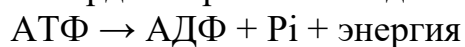
Биологиялық реакциялардың түрлері:

➤ Экзергоникалық реакциялар: $\Delta G < 0$, энергия бөлінеді, реакция өздігінен жүреді. Мысалы: глюкозаның тотығуы.

➤ Эндергоникалық реакциялар: энергия сіңіріледі, $\Delta G > 0$, реакция өздігінен жүрмейді. Мысалы: биомолекулалардың синтезі.

Жасушада эндергоникалық реакциялар көбінесе экзергоникалық реакциялармен жұптасу арқылы жүреді.

АТФ – жасушаның энергетикалық валютасы. Жасушада энергияның негізгі тасымалдаушысы – аденозинтрифосфат (АТФ). АТФ гидролизі кезінде көп мөлшерде энергия бөлінеді:



Бұл энергия: бұлшықет жиырылуына, биосинтез үдерістеріне, белсенді тасымалдауға, жүйке импульстарының пайда болуына жұмсалады.

Ағзадағы энергия түзілуі бірнеше кезеңнен тұрады: Қоректік заттардың ыдырауы; Метаболизмнің аралық реакциялары; Тотығу фосфорлану. Нәтижесінде көп мөлшерде АТФ синтезделеді.

Органикалық заттардың ферменттердің қатысуымен біртіндеп тотығуы биологиялық тотығу деп аталады. Биологиялық тотығу ферменттер арқылы жүреді, энергия біртіндеп бөлінеді да, АТФ түрінде сақталады. Бұл үдеріс митохондрияларда жүреді. Энергия алмасу үдерісінің бұзылуы көптеген ауруларға әкелуі мүмкін. Мысалы: гипоксия, митохондриялық аурулар, зат алмасудың бұзылуы, диабет.

Сондықтан, биохимиялық реакциялардың энергетикасын түсінудің медицинада маңызы зор [2, 150 б., 3, 88 б.].

Мысал есептер

Мысал 1.

Тапсырма: Таза газ тәрізді оттегі O_2 құрамындағы жүйенің күйін қандай параметрлер сипаттайды?

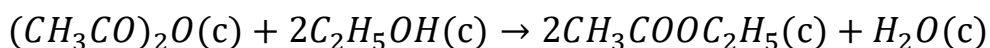
Шешім: Таза газ күйін үш параметр сипаттайды – қысым p , көлем V және температура T . Өлшем ретінде массаны m алуға болады, өйткені газ заңы бойынша масса көлемге пропорционал:

$$m = \frac{pVM}{RT}$$

Қысым мен температура – интенсивті параметрлер, көлем және масса – экстенсивті параметрлер.

Мысал 2.

Тапсырма: Стандартты жылу мөлшері ΔH^0 сірке ангидридiнiң этанолмен реакциясы кезінде:



Стандартты энтальпиялар (кДж/моль):

$(CH_3CO)_2O = -624,4$, $C_2H_5OH = -277,6$, $CH_3COOC_2H_5 = -479,3$, $H_2O = -285,8$

Шешім: $\Delta H^0 = [2(-479,3) + (-285,8)] - [(-624,4) + 2(-277,6)] = -64,8$ кДж/моль

Реакция экзотермиялық.

Мысал 3.

Тапсырма: Лимон қышқылының α -кетоглутаратқа айналу реакциясының түрін бағалау.

Шешім: Стандартты Гиббс энергиясы:

цитрат³⁻ $\leftrightarrow$ изоцитрат³⁻, $\Delta G^0 = +1,490$ Дж/моль

изоцитрат³⁻ + $\frac{1}{2}O_2 + H_2 \leftrightarrow \alpha$ -кетоглутарат²⁻ + $H_2O + O_2$, $\Delta G^0 = -54400$ Дж/моль

$\Delta G_{реакция}^0 = -54400 + 1,490 = -54401,49$ Дж/моль

Лимон қышқылының α -кетоглутаратқа айналу үдерісі өздігінен жүреді, ($\Delta G^0 < 0$), өнімдердің резонанс тұрақтануы осы теріс ΔG^0 мәнін қолдайды.

Бақылау сұрақтары мен есептері

1) Термодинамикалық жүйелер, олардың жіктелуі және мысалдар.

2) Термодинамикалық параметрлер және күй функциялары, олардың өзара байланысы.

3) Термодинамикалық үрдістер, олардың түрлері. Адам ағзасындағы үрдістерді көрсету.

4) Жүйенің ішкі энергиясы, оның өзгерісі мен жылу және жұмыс арасындағы байланысы.

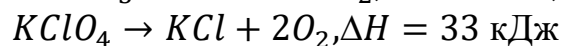
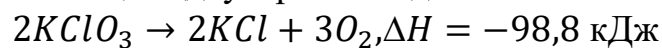
5) Термодинамиканың бірінші заңы, оның изобаралық-изотермиялық және изохоралық үрдістерге қолданылуы.

6) Изохоралық және изобаралық үдерістердің жылу эффектілері. Энтальпия, оның физикалық мәні.

7) Химиялық реакциялардың стандартты жылу эффектілері, эндо- және экзотермиялық үрдістер кезінде энтальпия өзгерісімен байланысы.

8) Гесс заңы, одан шығатын салдарлар және олардың практикалық маңызы.

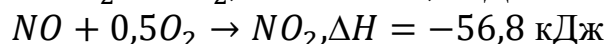
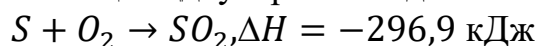
9) Термохимиялық теңдеулер негізінде:



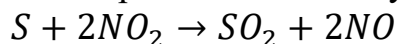
Гесс заңы бойынша мына реакцияның жылу эффектісін есептеңіз:



10) Термохимиялық теңдеулер негізінде:



Гесс заңы бойынша мына реакцияның жылу эффектісін есептеңіз:



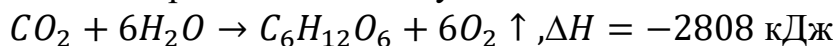
11) Заттың стандартты түзілу және жану жылуы. Мысалдар.

12) Термодинамиканың екінші заңы, оның тұжырымдамасы және математикалық өрнегі.

13) Термодинамиканың екінші заңының статистикалық сипаты. Энтропия, оның физикалық мәні.

14) Жүйенің изобаралық-изотермиялық потенциалы (Гиббс еркін энергиясы) және үдерістердің өздігінен жүру мүмкіндігі.

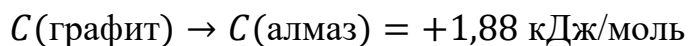
15) Фотосинтез реакциясы теңдеуімен сипатталады:



16) 14040 кДж энергия сіңгенде фотосинтез нәтижесінде бөлінген O_2 көлемі қандай? Фотосинтез реакциясында 36 г глюкоза түзілгенде, қанша жылу сіңген?

17) 150 мл 0,3 М HF және 120 мл 0,5 М KOH ерітіндісінің реакция жылу эффектісі қандай, егер бейтараптандыру жылуы 68 кДж/моль болса?

18) Графиттің жану энтальпиясын есептеңіз, егер алмаздың стандартты жану энтальпиясы -395,39 кДж/моль болса, ал фазалық өту энтальпиясы төменде берілген:



19) Тағам өнімінің қаптамасынан көмірсулар, майлар және ақуыздардың мөлшерін табыңыз және көрсетілген энергетикалық құндылықтың дұрыстығын тексеріңіз.

2. ХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР КИНЕТИКАСЫ ЖӘНЕ КАТАЛИЗ

Кілт сөздер: Реакция жылдамдығы, әрекеттесуші массалар заңы, Аррениус теңдеуі, активтендіру энергиясы, ферменттер, ингибиторлар.

Оқу мақсаты (ТОБ):

- 1) Реакция жылдамдығына әсер ететін факторларды білу;
- 2) Ферментативті катализдің химиялық негіздерін түсіндіру.

Алгоритм:

- 1) Реакция теңдеуі бойынша кинетикалық теңдеуді құру;
- 2) Вант-Гофф немесе Аррениус теңдеуі арқылы температураның әсерін есептеу;
- 3) Михаэлис-Ментен теңдеуін қолдану;
- 4) Бақылау сұрақтарына жауап беру.

Химиялық кинетика – химиялық реакциялардың өту жылдамдығын және олардың механизмдерін зерттейтін химияның бөлімі.

Химиялық реакцияның жылдамдығы – белгілі бір уақыт аралығындағы (dt) реагенттер концентрациясының уақыт өте азаю жылдамдығын және өнімдер концентрациясының (dC) арту жылдамдығын сипаттайтын шама.

$$\vartheta = \pm \frac{dC}{dt}; \quad \text{моль/л} \cdot \text{с}, \text{ моль/см}^2 \cdot \text{с} \\ (2.1.1)$$

Реакция реті – бұл математикалық ұғым, ол кейде нақты элементарлық өзара әрекеттесулерді толық бейнелей бермейді. Реакция жылдамдығын анықтайтын реагенттер концентрациясының өзгерісіне тәуелді молекулалар санын немесе жылдамдық теңдеуіндегі концентрациялар дәрежелерінің қосындысын білдіреді. *Реакция реті* – эксперимент жүзінде анықталатын шама, ол химиялық реакция барысында концентрациясы өзгертін реагент молекулаларының санына тең болуы мүмкін.

Реакция реті химиялық теңдеу теңгерімінен тікелей анықталмайды және ол нөлге, бүтін санға, бөлшек санға немесе тіпті теріс мәнге ие болуы мүмкін. Ал химиялық реакцияның молекулалығы – бұл реакцияның бір элементарлық сатысында нақты қанша бөлшек (молекула, атом, ион) қатысатынын көрсететін физикалық шама. Молекулалығы 1-ге (мономолекулалы реакция), 2-ге (бимолекулалы), немесе 3-ке (тримолекулалы) тең болуы мүмкін. Үш молекулалы реакциялар үш бөлшектің бір мезетте соқтығысу ықтималдығы өте төмен болғандықтан сирек кездеседі. Төрт немесе одан көп бөлшектің бір уақытта соқтығысуы іс жүзінде мүмкін емес, сондықтан молекулалығы 3-тен жоғары реакциялар байқалмайды. Айта кету маңызды: молекулалығы мен реакция реті кейбір жағдайларда сәйкес келуі мүмкін. *Химиялық реакция механизмі* – реакцияның жүру жолындағы элементарлық сатылардың толық сипаттамасы. Көптеген реакциялар бір ғана қадаммен емес, бірнеше кезеңнен тұратын күрделі көпсатылы үдеріс түрінде өтеді. Әрбір элементарлық сатының өзіне тән жылдамдығы мен реті болады. Реакцияның жалпы жылдамдығы мен реті ең баяу жүретін, яғни жылдамдықты анықтайтын лимиттеуші сатыға байланысты. Реакция ретін және молекулалығын талдау оның механизмін

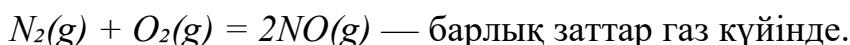
түсінуге мүмкіндік береді, ал керісінше, реакция механизмін білу оның ретін және молекулалығын болжауға жағдай жасайды.

2.1. Химиялық реакциялардың жіктелуі

Химиялық реакция әдетте екі фазаның шекарасында жүруі мүмкін. Реакциялардың негізгі түрлері төмендегідей:

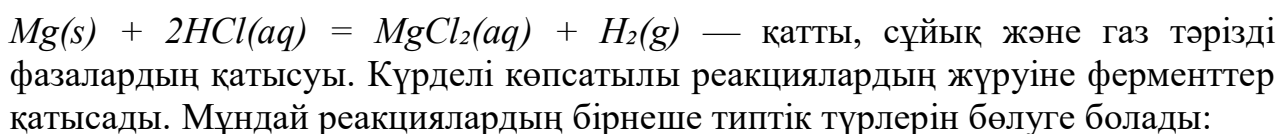
➤ Гомофазалы реакциялар – барлық реагенттер мен өнімдер бір фазада болатын реакциялар.

Мысалы:

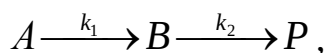


➤ Гетерофазалы реакциялар – реагенттер мен өнімдер екі немесе одан да көп фазада болатын реакциялар.

Мысалы:



➤ Тізбекті (последовательные) реакциялар – аралық қосылыстардың (интермедиаттардың) түзілуімен бірнеше сатылар арқылы жүретін реакциялар.



Тізбекті реакцияларда бастапқы реагенттің жойылу жылдамдығы

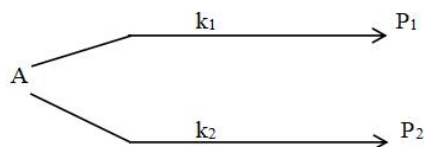
$$-\frac{dC(A)}{d\tau}$$

соңғы өнімнің түзілу жылдамдығына тең болмайды.

$$\frac{dC(P)}{d\tau}$$

Тізбекті реакциялар барысында аралық өнім үшін стационарлық күй қалыптасуы мүмкін. Уақыттың белгілі бір аралығында аралық өнім бірдей жылдамдықпен түзіліп, әрі қарай сол жылдамдықпен реакцияға түседі.

➤ *Параллель реакциялар (қатар жүретін реакциялар).* Бастапқы заттардың реакцияға қатысу мүмкіндіктері әртүрлі болуы мүмкін, нәтижесінде бір немесе бірнеше соңғы өнімдер түзіледі. Реагенттің жалпы жұмсалу жылдамдығы оның барлық түзілу жолдарының жылдамдықтарының қосындысына тең



болады. Әрбір өнімнің түзілу мөлшері оны қалыптастыратын реакцияның қаншалықты тез жүретініне, яғни сол реакцияның жылдамдық константасына байланысты.

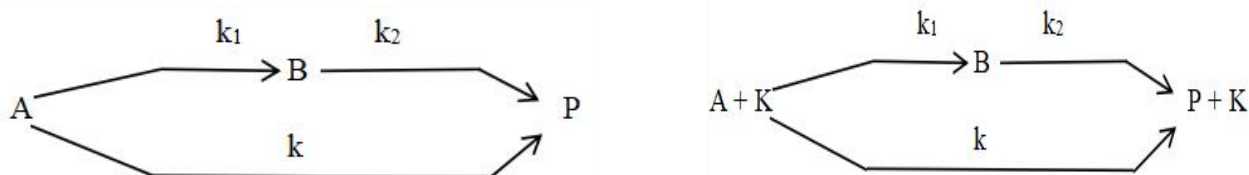
$$-\frac{dC(A)}{d\tau} = (k_1 + k_2)C(A)$$

$$\frac{C(P_1)}{C(P_2)} = \frac{k_1}{k_2}$$

Мұндағы k_1 , k_2 , P_1 , P_2 - параллель реакциялардағы жылдамдық тұрақтылары мен реакция нәтижесінде алынған өнім.

Параллель реакциялардың мысалы – әртүрлі изомерлердің түзілуі. Мысалы, бензол туындыларында сутекті алмастыру кезінде *o*-, *m*- және *p*-изомерлердің қоспасы түзіледі.

➤ *Тізбекті-параллельді реакциялар*. Аралық реакциялардан әр түрлі тізбектен бірдей өнімдер түзілуі мүмкін. Бұл – катализ құбылысының негізінде

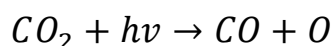


жатқан механизм. Аралық зат *B* реагент *A*-ның басқа затпен қосылуы нәтижесінде түзілуі мүмкін, осы заттың қатысуымен реакция едәуір жылдамдайды. Мұндай зат *катализатор* деп аталады.

➤ *Фотохимиялық реакция* – зат тек жарықты (электромагниттік сәулеленуді) сіңіргенде ғана жүретін үдеріс. Зат сіңірген жарық энергиясы реакция өнімдерінің энергиясын арттыруға жұмсалады. Әр түрлі фотохимиялық реакциялар әртүрлі энергиялы жарықты талап етеді, ол жарықтың толқын ұзындығымен анықталады.

Фотохимиялық реакциялар арасында ерекше орын фотосинтезге тиесілі. Фотосинтез болмаған жағдайда глюкоза және одан түзілуі мүмкін барлық органикалық заттар да пайда болмас еді. Сондықтан, фотосинтез жасайтын балдырлар Жердегі алғашқы өмір формаларының бірі деп есептеледі.

Фотохимиялық реакцияның жылдамдығын бағалайтын ең маңызды көрсеткіш – кванттық шығым (Φ), ол әрбір сіңірілген фотонға қанша молекула қатысқанын көрсетеді. Мысалы, фотохимиялық реакцияда



кванттық шығым $\Phi = 1$. Сіңірілген фотондардың толқын ұзындығы 160–120 нм аралығында өзгереді. Кванттық шығым көбіне бірге тең болмайды. Егер ол бірден кем болса, бұл көптеген молекулалардың жарықты сіңіріп, қозған күйге өткеннен кейін химиялық реакцияға қатыспай бастапқы күйіне оралатынын білдіреді. Ал кванттық шығым бірден артық болса, бұл тізбекті реакцияның жүруін көрсетеді. Мысалы, сутегі мен хлордың реакциясы ультракүлгін сәулемен іске қосылуы мүмкін. Бір рет іске қосылғаннан кейін реакция өздігінен, қосымша сәулеленусіз жалғасады, себебі тізбекті механизм бар.

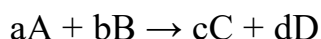
Мұндай реакциялар фотокаталитикалық деп аталады, себебі жарық тек инициатор рөлін атқарады, соңғы өнім түзуге энергия бермейді [1, 120 б.].

2.2. Реакция жылдамдығына әсер ететін факторлар

➤ Реагенттер концентрациясы

Химиялық кинетикада *әрекеттесуші массалар заңының (ӘМЗ)* өзінің нұсқасы бар, ол атауы ұқсас болғанымен, химиялық тепе-теңдік үшін қолданылатын заңнан едәуір ерекшеленеді. Жай химиялық реакцияның жылдамдығы реагенттердің концентрацияларының дәрежелерінің көбейтіндісіне пропорционал болады. Кинетикада ӘМЗ тек қарапайым (бірсатылы) реакцияларға ғана қолданылатынын атап өткен жөн.

Реакцияның келесі түрі үшін:



реакция жылдамдығы келесі кинетикалық теңдеу түрінде жазылады:

$$v = k [A]^a [B]^b \quad (2.2.1)$$

Реакция жылдамдығының константасы (k) берілген жағдайларда реакцияның қаншалықты тез жүретінін сипаттайды. Егер әрбір реагенттің концентрациясы бірлікке тең деп елестетсек, онда реакция жылдамдығы осы константаға тең болады. Бұл шама әр реакция үшін бірегей және реагенттердің табиғатына, температураға, сондай-ақ, катализатордың бар-жоқтығына тәуелді. Сонымен қатар, реагенттер концентрациясының өзгеруі жылдамдық константасына әсер етпейді. Жылдамдық константасы тек тәжірибелік жолмен анықталады.

Кинетикалық теңдеудегі дәрежелер көрсеткіштерінің қосындысы ($a + b$) реакцияның ретін білдіреді. Химиялық реакциялар нөлдік, бірінші, екінші, үшінші және тіпті бөлшек ретті болуы мүмкін.

➤ **Температура.** Реакция жылдамдығының температураға тәуелділігі Вант-Гофф және Аррениус теңдеулері арқылы сипатталады. Вант-Гофф теңдеуі мына жуықталған заңдылықты бейнелейді:

$$\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} ; \quad \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} ; \quad \frac{\tau_{T_1}}{\tau_{T_2}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad (2.2.2)$$

температураны әрбір 10 градусқа арттырған сайын химиялық реакцияның жылдамдығы v , γ есе артады, мұндағы γ (Вант-Гоффың температуралық коэффициенті) 2 -ден 6-ға дейінгі мәндерді қабылдайды.

Аррениус теңдеуі реакция жылдамдығы мен температура арасында дәл, бірақ күрделі қатынасты көрсетеді:

$$K = A \times e^{-\frac{E_a}{RT}}; \quad E_a = \frac{\ln \frac{k_2}{k_1} \times R \times T_1 \times T_2}{T_2 - T_1} \quad (2.2.3)$$

мұндағы k – химиялық реакцияның жылдамдық константасы, A – жүйедегі бөлшектердің статистикалық таралуын ескеретін экспонента алдындағы көбейткіш, E_a – активтендіру энергиясы, R – әмбебап газ тұрақтысы, T – абсолюттік температура.

Активтендіру энергиясы (E_a) – химиялық реакцияның жүруі үшін қажетті энергия мөлшері. Активтендіру энергиясы реакция басталуы үшін реакциялық жүйе еңсеруі тиіс потенциалдық тосқауылды білдіреді. Егер жүйеге E_a -нан төмен энергия берілсе, реакция жүрмейді. Осылайша, активтендіру энергиясы неғұрлым жоғары болса, реакцияның жүруі соғұрлым қиын; ал активтендіру энергиясы төмен болған сайын, реакцияның жүзеге асуы соғұрлым жеңіл болады.

➤ **Реагенттер мен өнімдердің табиғаты**

Реагенттердің табиғатының әсері олардың физикалық күйіне, химиялық табиғатына, сондай-ақ реагент бөлшектерінің беткі қабатына, ауданына және өлшеміне байланысты.

➤ **Катализатор**

Катализ — бұл белгілі бір заттың, яғни катализатордың әсерінен реакция жылдамдығының өзгеруі (артуы немесе төмендеуі) құбылысы. Катализдің екі негізгі түрі бар: *гетерогенді катализ*, мұнда реагенттер мен катализатор әр түрлі фазада орналасады, және *гомогенді катализ*, мұнда олар бір фазада болады. Катализатор өз массасы мен химиялық құрамын өзгертпей сақтайды, және реакцияны катализдеуге аз мөлшері жеткілікті болады. Ол өнімнің табиғатын өзгертпейді, спецификалық түрде әрекет етеді және кері үдеріс тепе-теңдігін бұзбайды [4, 55 б.].

2.3. Ферментативті катализдің химиялық негіздері

Катализаторлардың ең ірі класы ақуыздар болып табылады, олар катализатор ретінде **ферменттер** (лат. fermentum – ашытқы) немесе **энзимдер** деп аталады. Ферментативті катализде реагенттерді **субстраттар** деп атайды. Бұл – тірі жасушаларда синтезделетін жоғары молекулалық массалы күрделі сутек қосылыстары. Ферменттер коллоидты ерітінді түзеді, сондықтан ферментативті катализ гетерогенді катализге жатады. **Ферментативті катализ** – бұл ферменттер арқылы реакциялардың жылдамдығын арттыру үдерісі (2.1-кесте).

2.1-кесте. Ферменттермен жүретін кейбір маңызды реакциялар (В.А.Попков және т.б., 2019)

№	Энзим	Катализденетін реакция
1	Зимаза	Глюкоза немесе фруктозаның этил спиртін түзу ферментациясы
2	Инвертаза	Сахароза → глюкоза + фруктоза

3	Мальтеаза	Мальтоза→глюкоза+ глюкоза
4	Уреаза	несеп (Мочевина)→NH ₃ + CO ₂
5	Пепсин	Ақуыздар→α-аминқышқылдары
6	Трипсин	Ақуыздар→α-аминқышқылдары
7	Нуклеаза	ДНК/РНК→Нуклеодиттер
8	Липаза	Май→глицерин + май қышқылдары

Ферментативті катализдің сипаттамалары:

➤ Барлық ферменттер табиғатында ақуыз болып табылады; ферменттер – тірі табиғатта арнайы катализатор ретінде синтезделетін бірегей заттар.

➤ Әдетте ферменттер гидролиз, тотығу, тотықсыздану, ыдырау сияқты физиологиялық реакцияларды катализдейді.

➤ Ферменттер өз әрекетінде өте спецификалық болып табылады. Көбінесе фермент тек бір биохимиялық реакцияны немесе салыстырмалы тар ауқымды туыстық реакциялар тобын ғана жылдамдатады.

➤ Ферменттер температура өзгерісіне өте сезімтал. Оптималды температура, яғни 25–37 °С аралығында болатын ферменттердің ең жоғары активтілікте болатын температурасы. Өте төмен температурада ферменттер белсенділігін жоғалтып, ақуыздың денатурациясы жүреді.

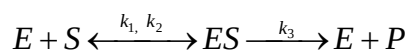
➤ Ферментативтік реакциялардың жылдамдығы рН өзгерісіне өте тәуелді. Оптималды рН кезінде ферменттердің белсенділігі максималды болады. Ферменттер үшін оптималды рН шамамен 5–7 аралығында орналасады.

➤ Көптеген ферменттер тек коферменттер – төмен молекулалар мен иондардың қатысуымен ғана әрекет етеді.

➤ Ферменттер ерітіндіде (цитозоль, ас қорыту сөлдері) болуы мүмкін немесе жасуша мембраналарына енгізілген болуы мүмкін.

Ферментативтік реакция жылдамдығының субстрат концентрациясына тәуелділігі:

Ферментативтік реакция екі реттік үдерісте өтеді. Бірінші кезеңде фермент (Е) және субстрат (S) кері өзара әрекеттесіп, фермент–субстрат кешенін (ES) түзеді. Бұл кешен реакцияның аралық буыны болып табылады. Екінші кезеңде кешен (ES) екі жолмен ыдырауы мүмкін: немесе қайтадан фермент пен субстратқа, немесе өнім (P) түзіп, ферменттің (Е) қалпына келуіне әкеледі. Қалпына келген фермент жаңа субстрат молекуласына катализ жасауға дайын болады. Мұндағы, Е – энзим, фермент, S – субстрат.



Осы теңдеуде k_1 – ферменттің субстратпен кешен түзу жылдамдық константасы, k_2 – осы кешеннің диссоциация константасы, яғни еркін фермент пен субстрат түзілуіне әкелетін константа, ал k_3 – фермент–субстрат кешенінің диссоциация жылдамдық константасы, нәтижесінде еркін фермент пен реакция өнімі түзіледі.

K_m – Михаэлис–Ментен константасы (немесе Бриггс пен Холдейн константасы) мына формула бойынша анықталады [2, 38 б.].

$$K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1} \quad (2.3.1)$$

$$v = \frac{v_{\max} [S]}{K_m + [S]} \quad (2.3.2)$$

мұндағы v – реакция жылдамдығы, $v_{\max}$ – максималды жылдамдық, $[S]$ – субстрат концентрациясы, K_m – Михаэлис–Ментен константасы.

Егер реакция жылдамдығы тең деп есептелсе, онда (2.3.2) теңдеуін келесідей жазуға болады:

$$\frac{1}{2} v = \frac{v_{\max} [S]}{K_m + [S]} \quad (2.3.3)$$

$$K_m + [S] = \frac{2v_{\max} [S]}{v_{\max}} \quad (2.3.4)$$

$$K_m + [S] = 2[S] \quad (2.3.5)$$

$$K_m = [S] \quad (2.3.6)$$

K_m – Михаэлис–Ментен константасы субстраттың концентрациясы (моль/л) ретінде анықталады, ол фермент арқылы катализделетін реакцияда максималды жылдамдықтың жартысына жету үшін қажет. Бұл фермент молекулаларының жартысы (яғни 50%) субстрат молекулаларымен байланысқан кезде субстрат концентрациясы K_m мәніне тең екенін көрсетеді.

K_m мәні тұрақты болып, нақты ферменттің сипаттамалық ерекшелігі болып табылады. Ол фермент–субстрат кешенінің (ES) беріктігін бағалауға арналған көрсеткіш болып саналады. K_m төмен болған сайын фермент пен субстрат арасындағы байланыс күшейе түседі, ал K_m жоғары болса, олардың арасындағы байланыс әлсіз болады. Көптеген ферменттер үшін K_m мәндері 10^{-5} – 10^{-2} моль диапазонында болады.

Теріс катализатор. Кейбір заттар, ингибиторлар (немесе теріс катализаторлар) деп аталады, катализаторлардың белсенділігін айтарлықтай төмендетуге қабілетті. Ингибиторлар қажетсіз ферментативтік үдерістерді тоқтату үшін қолданылады. Көптеген дәрілер белгілі бір ферменттерді тежеу арқылы емдік әсерін қамтамасыз етеді. Мысалы, алкоголизмді емдеуде қолданылатын тетурам ацетальдегидоксидаз ферментін тежеп, ацетальдегидтің тотығуын тежейді. Тағы бір мысал – клавулан қышқылы, ол бактериялар шығаратын β -лактамаз ферменттерін тежейді, олар β -лактамдық антибиотиктерді (пенициллиндер мен цефалоспориндер сияқты) қорғау үшін

қызмет етеді. Сондықтан, клавулан қышқылы жиі осы антибиотиктерге қосылады. Басқа дәрілік ингибиторларға протон помпасының ингибиторлары, антихолинэстеразды препараттар және антигистаминдік дәрілер жатады. Ингибитор әсері тоқтағаннан кейін, катализатор әдетте тез арада өзінің белсенділігін қалпына келтіреді.

Ингибиторлар тізбекті және катализдік реакцияларды тежей алады. Тізбекті реакцияларда ингибиторлар еркін радикалдармен байланысып, тізбекті үзіп тастайды. Мұндай ингибиторлар полимерлер мен тағамдық майларды тұрақтандыру үшін қолданылады, олардың тотығуын болдырмайды. Тотығуды баяулататын заттар *антиоксиданттар* деп аталады. Ингибиторлардан айырмашылығы, катализдік улар катализатор белсенділігін біртіндеп және қайтымсыз төмендетеді. Бұл заттар катализаторда жиналып, оны «улайды». «Каталитикалық у» ұғымы көбінесе өнеркәсіпте қолданылатын бейорганикалық катализаторларға қатысты қолданылады. Мысалы, күкірт қосылыстары платина және ванадий катализаторлары үшін катализдік у болып табылады [5, 78 б.].

Мысал есептер

Мысал 1.

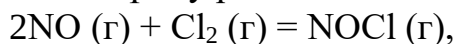
$\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ реакциясының жылдамдығын әр реагенттің концентрациясындағы өзгерістер арқылы қалай сипаттауға болады?

Шешімі. Теңдеу келесідей түрде жазылады:

$$\vartheta = -\frac{dC(\text{I}_2)}{d\tau} = -\frac{dC(\text{H}_2)}{d\tau} = \frac{1}{2} \frac{dC(\text{HI})}{d\tau}$$

Мысал 2.

NOCl_2 түзілу реакциясының бастапқы жылдамдығы қалай өзгереді:



Егер газдар қоспасының көлемін 2 есе төмендетсе?

Шешімі. Бұл реакцияның жылдамдығы: $v = k [\text{NO}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]$. Егер көлем өзгермес бұрын NO және Cl_2 концентрацияларын сәйкесінше a және b деп белгілесек, онда реакция жылдамдығы былай жазылады: $v = k \cdot a^2 \cdot b$. Көлем екі есе азайған жағдайда NO және Cl_2 концентрациялары екі есе артады, сол кезде реакция жылдамдығы мынадай болады: $v = k (a)^2 \cdot b = k \cdot a^2 \cdot b = 2$. Онда $v = 8$. Демек, реакция жылдамдығы 8 есе артады.

Мысал 3.

Реакцияның активтендіру энергиясы, катализатор қатысында 25°C температурада өткенде, $75,24 \text{ кДж/моль}$ дан $50,14 \text{ кДж/моль}$ ге дейін төмендеді. Катализаторды қолданудың нәтижесінде реакция жылдамдығы неше есе артқанын анықтау қажет.

Шешімі. Катализаторсыз өткен реакцияның активтендіру энергиясы мен жылдамдық константасын тиісінше $E_{\text{акт}}$ және k деп белгілейміз. Катализатор қатысында бұл параметрлерді $E^*_{\text{акт}}$ және k^* деп белгілейміз. Осылайша, Аррениус теңдеуін қолданып, оны келесідей өрнектеуге болады:

$$\frac{k^*}{k} = \frac{e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{акт}}^*}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{акт}} - E_{\text{акт}}^*}{RT}}$$

$$\ln \frac{k^*}{k} = 2,31g \frac{k^*}{k} = \frac{E_{\text{акт}} - E_{\text{акт}}^*}{RT}$$

Бұдан

$$\lg \frac{k^*}{k} = \frac{E_{\text{акт}} - E_{\text{акт}}^*}{2,3RT} = 4,4 \text{ немесе } \frac{k^*}{k} = 25000$$

Жауап: катализатор қатысында реакция жылдамдығы 25000 есе артады.

Бақылау сұрақтары мен есептері

1) «Химиялық реакция жылдамдығы» ұғымына анықтама беріңіз, көлемдік фазадағы және фазалар шекарасында өтетін реакциялар үшін оның өлшем бірлігін көрсетіңіз.

2) «Химиялық реакцияның реті» және «химиялық реакцияның молекулалығы» ұғымдарына анықтама беріңіз, олардың арасындағы негізгі айырмашылықты көрсетіңіз.

3) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ реакциясында бастапқы жүйедегі қысымды 3 есе арттырса, аммиак түзілу жылдамдығы қалай және неше есе өзгереді?

4) $2\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3-\text{C}(\text{O})-\text{H}$ реакциясында бастапқы жүйедегі қысымды 2 есе азайтса, ацетальдегид түзілу жылдамдығы қалай және неше есе өзгереді?

5) «Химиялық реакция механизмі» ұғымына анықтама беріңіз.

6) Егер химиялық реакция көпсатылы үдеріс болса, қай кезең шектейтін (лимиттеуші) кезең деп аталады?

7) «Катализ» және «катализатор» ұғымдарына анықтама беріңіз. Мысалдар келтіріңіз.

8) «Фермент» және «ферментативтік реакция» ұғымдарына түсініктеме беріңіз.

9) «Ингибитор» және «катализдік у» ұғымдарына анықтама беріңіз. Мысалдар келтіріңіз.

10) «Активтену энергиясы» ұғымына анықтама беріңіз. Катализатор реакцияның активтену энергиясына қалай әсер етеді?

11) Бір реакцияның жылдамдығы температураны 300 К-ден 350 К-ге арттырғанда 32 есе өсті. Бұл реакцияның температуралық коэффициенті қандай?

12) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ реакциясында бастапқы жүйедегі қысымды 4 есе азайтса, NO_2 түзілу жылдамдығы қалай және неше есе өзгереді?

13) Бір реакцияның жылдамдығы температураны 290 К-ден 320 К-ге арттырғанда қалай өзгереді, егер оның температуралық коэффициенті 5-ке тең болса?

14) Бір реакцияның жылдамдығы температураны 300 К-ден 270 К-ге азайтқанда 27 есе төмендеді. Бұл реакцияның температуралық коэффициенті неге тең?

15) Бір реакцияның жылдамдығы температураны 290 К-ден 330 К-ге арттырғанда 256 есе өсті. Бұл реакцияның температуралық коэффициенті қандай?

3. ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕҢДІК

Кілт сөздер: Тепе-теңдік константасы, Ле-Шателье принципі, судың иондық көбейтіндісі, рН, буферлік ерітінділер, Гендерсон-Хассельбах теңдеуі.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

1) Әр түрлі реакциялардың жылдамдығына анықтама беру және оған әсер ететін факторларды сипаттау;

2) Ле Шательенің биологиялық және химиялық принциптері;

1) Судың қасиеттерін, тірі ағзадағы мағызын түсіну;

2) рН мәнін түсіну; рН мәндерін анықтай білу;

3) Адам ағзасының мысалында биологиялық жүйелердегі буферлік ерітінділерді жіктеу;

3) Дәрілік заттардың фармакокинетикалық әрекетін сипаттау үшін Гендерсон-Хассельбах теңдеуін қолдану;

4) Дәрілік заттың ағза арқылы асқазан-қан-несепке өту кинетикасын сипаттау.

Алгоритм:

1) Кілт сөздерді анықтау, оқу мақсатына жету;

2) Мысал есептерді талдау;

3) Бақылау сұрақтарына жауап беру.

Химиялық тепе-теңдік туралы ілім химиялық термодинамиканың құрамдас бөлігі болып табылады.

3.1. Химиялық тепе-теңдіктің мәні

Термодинамикалық тепе-теңдік жағдайы тікелей және кері реакциялардың жылдамдықтары тең болған кезде орнатылады. Заттардың термодинамикалық қасиеттеріне сүйене отырып, химиялық тепе-теңдік жағдайының сандық сипаттамасы беріледі. Егер үдерістің, яғни тікелей бағыттағы химиялық реакцияның (солдан оңға) Гиббс энергиясының өзгерісі $\Delta G < 0$ болса, реакция өздігінен жүре алады. Кері үдеріс үшін (оңнан солға) $\Delta G > 0$, және реакция жүре алмайды. Сондай-ақ, бір мүмкіндік қалады: $\Delta G = 0$. Бұл – тепе-теңдік жағдайы, онда реагенттер мен өнімдердің концентрациялары өзгермейді, сондай-ақ жүйе пайдалы жұмыс істей алмайды. Сонымен қатар, бұл күй инертті, қатып қалған жағдай емес. Молекулалық деңгейде тікелей және кері бағыттағы түрленулер бірдей жүреді.

Тепе-теңдік жағдайы кері химиялық реакциялар кезінде орнатылады. Мұндай реакцияларға сулы ерітіндідегі реакциялардың көпшілігі жатады. Кері химиялық реакцияларға қатысты негізгі мәселелер: тепе-теңдікке жеткенге дейін қабылданған реагенттердің қандай бөлігі реакцияға түседі және өнімнің шығымын қалай арттыруға болады.

Егер реагенттердің өнімге айналу үлесі өте үлкен болса, кері реакция іс жүзінде айырмашылығы жоқ кері емес реакцияға ұқсас болады. Мұндай реакциялар *іс жүзінде тура реакциялар* деп аталады.

Егер реакция аяқталғаннан кейін реагенттердің концентрациясы бастапқы шаманың 0,001-ден аз болса, реакция іс жүзінде **тура** деп есептеледі.

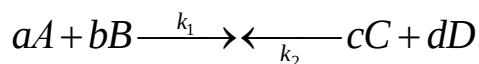
Катализаторлар тепе-теңдік жағдайына әсер етпейді. Егер жүйеде реакция баяу жүрсе немесе толық тоқтап қалса, катализатор тепе-теңдікке жетуді жылдамдатады. Егер жүйеде тепе-теңдік орнатылған болса, катализатор өз әсерін көрсетпейді.

Химиялық тепе-теңдіктің терең мәні тек қана тура және кері реакция жылдамдықтарының теңесуінде емес, олардың мәндері айтарлықтай жақындап, кейде активтендіру энергияларымен теңесетінінде жатыр. Тепе-теңдік реакциялардың белгілері әрдайым айқын емес, ал тепе-теңдіксіз реакциялардың белгілері айқын көрінеді. Мысалы, ядролық реакциялар, бейтараптану реакциялары, газ бөлетін немесе тұнба түзетін иондық реакциялар, белсенді металдар мен олардың оксидтерінің су және қышқылдармен әрекеттесуі, сондай-ақ белсенді тотығу (жанғыштық) және термиялық ыдырау реакциялары – кері реакцияның активтендіру энергиясы тікелей реакцияға қарағанда едәуір жоғары болатын үдерістер.

Кері реакцияларда тура және кері реакциялардың жылдамдықтары теңеседі, сондықтан реагенттер мен өнімдердің концентрациялары өзгермей қалады.

Тура реакциялар көбінесе орын ауыстыру реакцияларында және газ фазасында өтетін реакциялар арасында кездеседі.

Егер тура реакцияны жалпы схема ретінде жазсақ:



Сонда *әрекеттесуші массалар заңы* бойынша тепе-теңдік константасы K_{T-T} былай өрнектеледі:

$$K_{\text{тепе-теңдік}} = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b} \quad (3.1.1)$$

мұндағы C_A, C_B, C_C, C_D – тура және кері реакциядағы заттардың концентрациялары, a, b, c, d – стехиометриялық коэффициенттер, k_1 – тура реакцияның жылдамдық константасы, k_2 – кері реакцияның жылдамдық константасы.

Химиялық тепе-теңдіктегі әрекеттесуші массалар заңы (ӘМЗ).

Тепе-теңдік константасы концентрацияларға тәуелді емес. Керісінше, тепе-теңдік жағдайындағы концентрациялар сол деңгейде болады, яғни олардан құрылған өрнек константаға тең болады. Демек, *әрекеттесуші массалар заңы* бойынша: *химиялық тепе-теңдік жағдайында өнімдердің концентрацияларының (дәрежелерінің) көбейтіндісінің реагенттердің концентрацияларының (дәрежелерінің) көбейтіндісіне қатынасы, тұрақты шама болып табылады (берілген температурада) және бастапқы концентрацияларға тәуелді емес.*

Тепе-теңдік константалары химияның барлық салаларында қолданылады. Өртүрлі үдерістер үшін олар өртүрлі аталады: диссоциация константалары, қышқылдық константалары, ерігіштік константалары, түзілу константалары, тұрақсыздық константалары, гидролиз константалары, жылдамдық константалары. K_{T-T} реагенттер мен өнімдердің табиғатына, температураға және қысымға (әсіресе газ қатысатын реакциялар үшін) тәуелді.

Фермент немесе басқа катализатор қатысында реакция жылдамдығы артуы мүмкін, бірақ өнім мен реагенттің соңғы қатынасы әрқашан бірдей қалады. Катализатор тура және кері реакциялардың жылдамдықтарын бірдей көбейтетіндіктен, ол екі реакцияның жылдамдық константаларын өзгертпейді. Осылайша, стандарттық физикалық жағдайда (температура 25 °C, қысым 1 атм биологиялық жүйелер үшін) катализатордың болуына қарамастан, K_{T-T} әрбір реакция үшін тұрақты болып қалады.

Ескерту: K_{T-T} реакцияның жылдамдығы туралы ақпарат бермейді. Дегенмен, тепе-теңдік температура өзгерісінен өзгеруі мүмкін. Өзгеріс бағыты реакцияның экзотермиялық немесе эндотермиялық болуына байланысты. Тікелей бағытта экзотермиялық реакция болса (жылу бөлінеді), тепе-теңдік константасы температура артқанда азаяды. Тікелей бағытта эндотермиялық реакциялар үшін температура артқанда тепе-теңдік константасы артады.

K_{T-T} мәні тепе-теңдік жағдайын көрсетеді. Тура бағытта эндотермиялық реакциялар үшін температура артқанда тепе-теңдік константасы өседі.

Реагенттердің концентрациясы тепе-теңдікте өнім концентрациясына тең болмауы мүмкін. Бұл салыстырмалы концентрациялар қарастырылып отырған жүйеге тәуелді. Тепе-теңдікте әрдайым мынадай жағдай болады: кейбір реагенттер өнімге айналған сайын, өнімнің дәл сондай мөлшері қайтадан реагентке айналады. Молекулалар концентрациялары өзгермесе де әрекет жасауды жалғастыра беретіндіктен, тепе-теңдік динамикалық күй болып табылады. Сондықтан, тепе-теңдік бұзылуы мүмкін. Француз химигі Ле-Шателье бұл құбылысты (Ле-Шателье принципі): *сыртқы ортадан қандай да бір фактор тепе-теңдікте тұрған жүйеге әсер етсе, жүйе бұл әсерді азайтуға бағытталады* деп түсіндірген.

Тепе-теңдікті өзгерте алатын сыртқы факторлар үш параметрге ғана байланысты:

1. **Температура.** Температураның әсері, әсіресе, үдерістің айқын жылулық әсерімен бірге болғанда көрінеді. Ле-Шателье принципіне сәйкес:

✓ Үдеріс экзотермиялық болса ($\Delta H_{\text{реак}}^0 < 0$), сыртқы температураны төмендету тепе-теңдікке ықпал етеді, яғни тепе-теңдік эндотермиялық реакция бағытына жылжиды.

✓ Үдеріс эндотермиялық болса ($\Delta H_{\text{реак}}^0 > 0$), сыртқы температураны төмендету де тепе-теңдікке әсер етеді, яғни тепе-теңдік экзотермиялық реакция бағытына жылжиды.

2. **Қысым.** Бұл фактор әсіресе жүйенің мольдік көлемі өзгергенде айқын көрінеді. Газ фазасында өтетін реакциялар үшін қысым әсері ең маңызды болып табылады. Егер газдар тек реакцияға қатысушылардың бір бөлігі болса,

қысым әсерін бағалау үшін тек газ фазасындағы компоненттер ескеріледі. Ле-Шателье принципіне сәйкес:

✓ Егер үдеріс мольдік көлемді азайтса, сыртқы қысымның артуы тепе-теңдікке ықпал етеді;

✓ Егер үдеріс мольдік көлемді арттырса, сыртқы қысымның төмендеуі тепе-теңдікке ықпал етеді.

3. **Концентрация.** Ле-Шателье принципіне сәйкес: тепе-теңдік азайып жатқан компонент бағытында өзгереді, яғни концентрациясы төмендеген реакция қатысушысына қарай; концентрация артса, тепе-теңдік оның азаю бағытына ауысады [1, 180 б.].

3.2. Гетерогенді жүйедегі тепе-теңдік

Гетерогенді жүйелер – бұл жүйенің әртүрлі бөліктері арасында ішкі бөліну беттері бар жүйелер. Бұл бөліктер фазалар деп аталады.

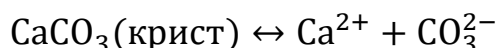
Мысалы: газ–сұйықтық, қатты зат–сұйықтық, қатты зат–газ.

Фаза – гетерогенді жүйенің гомогенді бөлігі. Басқа бөліктерден фаза бөліну бетімен ажыратылады. Фаза ішкі беті бойынша бірдей құрамға және қасиетке ие болады. Фаза біртұтас немесе бірнеше бөліктен тұруы мүмкін. Мысалы, көбік ішіндегі барлық газ бір фазаны құрайды.

Фазалар арасындағы тепе-теңдік, бөліну беттерінде орнатылған, гетерогенді (гетерофазалы) тепе-теңдік деп аталады.

Гетерогенді тепе-теңдіктің қалыптасу және ауысу механизмдері

Көп таралған мысал – аз еритін тұздардың еруі және ерітіндіден тұз тұндыруы:



Гетерогенді жүйе аз еритін CaCO_3 тұнбасы мен оның үстіндегі қаныққан ерітіндіден тұрады. Осы жүйеде динамикалық химиялық тепе-теңдік орнатылады.

Үдерістер:

- Еру – су молекулаларының полярлығы әсерінен CaCO_3 кристалдық торынан кейбір иондар сұйық фазасына өтеді;

- Тұндыру – CaCO_3 кристалдық торының электростатикалық өрісі мен гравитация әсерінен Ca^{2+} және CO_3^{2-} иондары сұйық фазадан қатты фазаға өтіп, кристалдық торды толықтырады.

CaCO_3 қатты фазасымен тепе-теңдікте тұрған ерітінді қаныққан ерітінді деп аталады. Мұндай ерітінді гетерогенді тепе-теңдік жүйесін құрайды.

Тұра реакция – еру. Тепе-теңдік константасы:

$$K_s = C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})$$

Көлемдік ерігіштік константасы немесе ерігіштік көбейтіндісі деп аталады.

Кері реакция – кальций карбонатын тұндыру, мысалы, кальций тұзы мен сілтілік металл карбонатының ерітінділерін араластыру кезінде жүруі мүмкін. Бұл жағдайда реакция жүруі үшін келесі шарт орындалуы тиіс:

$$C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) > K_s$$

Судың үш агрегаттық күйі бар: қатты (мұз), сұйық (су) және газ (бу). Тепе-теңдікте осы үш күй бір уақытта болуы мүмкін, мысалы, судың үштік нүктесінде, барлық үш фаза белгілі температура мен қысымда тепе-теңдікте болады.

Адам ағзасындағы қатты фаза – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, сұйық фаза – қан болып табылады. Қан плазмасындағы Ca^{2+} иондарының концентрациясының артуы тепе-теңдікті сүйек тініне кальцийдің тұнуына қарай ығыстырады. Ca^{2+} концентрациясының азаюы керісінше, сүйек тініндегі минерал компоненттердің еріуіне әкеледі, бұл рахит ауруына себеп болады.

Патологиялық минерализация – түрлі биологиялық сұйықтарда тұнбалардың түзілуі, мысалы:

- Бауыр–бүйрек тас ауруы: несепте – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaC_2O_4 , CaCO_3 , ураттар, аралас құрамдағы тастар;
- Бауыр тастары: өтте – CaCO_3 , холестериндік, билирубиндік тастар;
- Сүйек буындарының қапшықтарында (подагра): ураттар.

Емдеу комплекс түзуші препараттар (хелатотерапия) қолдануды қамтиды.

3.3. Су, қасиеттері және биологиялық маңызы

Ересек адамның дене салмағының шамамен 60 %-ын су құрайды. Су мөлшері өмір бойы өзгеріп отырады, ал дененің әртүрлі бөліктерінде судың мөлшері әртүрлі болады.

Су ағзаның ішкі жасушалық және сыртқы жасушалық бөліктеріне таралады. Судың қозғалысы еріген заттардың концентрациясына (немесе осмоляльдыққа) тәуелді. Су – дипольарлы молекула, оның атомдары (сутегі және оттегі) арасындағы электрондар тең бөлінбегендіктен, ол басқа молекулалармен сутектік байланыстар түзеді және еріткіш ретінде әрекет етеді.

Осы қасиетінің арқасында полярлы органикалық және бейорганикалық тұздар суда оңай ериді. Суда оңай еритін қосылыстар гидрофильді деп аталады (грек тілінен аударғанда «су сүйгіш»). Керісінше, хлороформ немесе бензол сияқты полярлы емес еріткіштер полярлы биомолекулаларды нашар ерітеді, бірақ гидрофобты, полярлы емес молекулаларды, мысалы липидтер мен балауларды оңай ерітеді.

Судың құрылымы оған температураның ауытқуларына төтеп беруге мүмкіндік береді, сондықтан ол ағзаның терморегуляциясында маңызды рөл атқарады. Су сондай-ақ, маңызды тасымалдаушы болып табылады, себебі ағзада өндірілетін немесе тағаммен алынатын көптеген қосылыстар суда ериді (гормондар, минералдар, витаминдер және т.б.) және дененің басқа бөліктеріне жеткізіледі.

Суда еріген көптеген қосылыстарда қышқыл және негіздік химиялық топтар болады, олар сутек иондарын бөліп шығарады немесе қабылдайды. Сутек иондарының мөлшері және ағзадағы судың көлемі гомеостазды – жасушалар үшін тұрақты орта қалыптастыру мақсатында бақыланады.

Су өзі аз мөлшерде диссоциацияланады (автоионизация), нәтижесінде сутек иондары (протондар, H^+) және гидроксид-иондары (OH^-) түзіледі. Таза суда тек H_2O ғана емес, сонымен қатар гидратталған протондар – гидроксоний иондары (H_3O^+) да тең концентрацияда болады.

Бұл молекулалық түрлер су диссоциациясы нәтижесінде түзіледі:



Гидратталған протонның формуласы H_3O^+ деп жазылады, бірақ әрбір гидратталған протон іс жүзінде үш су молекуласына өзара әрекеттеседі, сондықтан, дәлірек формуласы $H_9O_4^+$ болады. Дегенмен ыңғайлылық үшін гидратталған протон әдетте H_3O^+ немесе тіпті H^+ ретінде көрсетіледі, өйткені сутек ионы судағы әрдайым гидратталған деп есептеледі.

Суды ионизациялау сандық тұрғыдан талдануы мүмкін. Тепе-теңдік жағдайында судың ионизациясы үшін тепе-теңдік константасы K_{T-T} келесі өрнек арқылы анықталады:

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2} \quad (3.3.1)$$

$[H_3O^+]$ — гидроксоний ионының концентрациясы, $[OH^-]$ – гидроксид-ионының концентрациясы, ал $[H_2O]$ – су концентрациясы.

Бір литр судың массасы 1000 г, ал судың молекулалық массасы $18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ болғандықтан, судың концентрациясы былай есептеледі: $1000 \text{ г} / 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, немесе $55,6 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$.

Осылайша, теңдеу (3.3.1) келесі түрде қысқарады:

$$K_{eq} = [H_3O^+][OH^-] \quad (3.3.2)$$

Суды диссоциациялаудың тепе-теңдік константасы, электрөткізгіштік зерттеулері арқылы анықталған, $1,86 \cdot 10^{-16} (25^\circ C)$ құрайды. Бұл мәнді теңдеу (3.3.2)-ге қойсақ, мынаны аламыз:

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2} \quad (3.3.3)$$

Теңдеуде (3.3.3) көрсетілген $1 \cdot 10^{-14} \text{ моль}^2 \cdot \text{л}^{-2}$ мәні – *судың иондық көбейтіндісі* және оны K_w деп белгілейді.

K_w мәнін өзгертуге тек бір ғана мүмкіндік бар – температураны өзгерту. Судың иондық көбейтіндісінің өрнегінен екі маңызды қорытынды шығарылады:

1. Суда өте аз мөлшерде иондар болады, яғни K_w мәні өте кішкентай.

2. Гидроксоний (H_3O^+) және гидроксид (OH^-) иондарының концентрацияларының көбейтіндісі тұрақты болғандықтан, H_3O^+ концентрациясы артса, OH^- концентрациясы кемиді, керісінше де дұрыс.

Осылайша, судың H_3O^+ және OH^- иондарының салыстырмалы концентрациясы үш жағдайда болуы мүмкін: *Бейтарап ерітіндіде*: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; *Қышқылды ерітіндіде*: $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$; *Сілтілі ерітіндіде*: $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$

$K_w = 1 \times 10^{-14} \text{ моль}^2 \cdot \text{л}^{-2}$ болғандықтан, егер бір концентрация белгілі болса, екіншісін есептеуге болады.

Судың диссоциациясы және оның қышқыл-негіздік реакцияларға қатысуы көптеген биохимиялық реакциялар мен биомолекулалардың (мысалы, ақуыздар мен нуклеин қышқылдары) қызметі үшін негіз болып табылады.

3.4. pH шкаласы

Көптеген биохимиялық реакциялар мен үдерістер сутек иондарының концентрациясына тәуелді. Мысалы, қандағы оттегін тасымалдау, ферменттер катализдейтін биохимиялық реакциялар, тыныс алу және фотосинтез кезінде метаболикалық энергия өндірісі – бұл сутек иондарының концентрациясына байланысты көптеген биохимиялық құбылыстардың тек бірнешеуі ғана.

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ өзгеру диапазоны өте кең: асқазанда – 0,1 моль/л дейін, ал жасушаның цитозолінде – 10^{-7} моль/л-ден аз. Мұндай кең диапазонды графикте көрсету қиын болғандықтан, pH деп аталатын шама анықтау үшін логарифмдік шкала қолданылады, онда:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad (3.4.1)$$

Гидроксид-иондарының концентрациясын сәйкесінше pOH арқылы көрсетуге болады:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad (3.4.2)$$

pH және pOH арасындағы байланыс келесідей:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (25^\circ\text{C}) \quad (3.4.3)$$

Осылайша, бейтарап ерітіндіде pH мәні 7,0 болады. Қышқылды ерітінділердің pH мәні 7,0-ден төмен, ал сілтілі ерітінділердің pH мәні 7,0-ден жоғары болады (3.1-кесте).

3.1-кесте. Ағза және биологиялық сұйықтардағы жасушаларының pH мәні (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

Ағза жасушасы	pH	Биологиялық сұйықтықтар	pH
Эритроциттер	7.00	Қан	7.36 – 7.44
Тромбоциттер	7.28	Асқазан сөлі	1.00 – 2.00
Остеобластар	8.50	Он екі елі ішек сөлдері	6.50 – 7.60
Қалқанша безінің жасушалары	4.50	Несеп	5.00 – 8.00
Қаңқа бұлшықеттерінің жасушалары	6.90	Өт	6.20 – 8.50
		Сілекей	7.00 – 7.50

3.5. Қышқылдар мен негіздер. Қышқылды-негізді тепе-теңдік

Метаболизм үдерісінде ағза бірқатар қышқылдарды өндіреді, олар қан мен басқа биологиялық сұйықтықтардағы сутек иондарының концентрациясын арттырады және, әдетте, pH-ты төмендетеді. Дегенмен, қанның pH мәні әдетте 7,36–7,44 диапазонында, ал жасушаішілік pH шамамен 6,9–7,4 деңгейінде сақталады. Бұл қышқыл-сілтілік тепе-теңдіктің қалай қамтамасыз етілетінін түсіну үшін, ерітіндідегі қышқылдар мен сілтілердің негізгі заңдылықтарын білу қажет.

«Қышқыл» және «сілті» ұғымдарына бірнеше жолмен анықтама беруге болады. Аррениус теориясына сәйкес, қышқыл – бұл суда сутек иондарының (H^+) концентрациясын арттыратын қосылыс. Бұл иондар судың молекулаларымен әрекеттесіп гидроксоний ионын (H_3O^+) түзеді. Аррениус теориясы бойынша сілтілер – ерітіндіде гидроксид-ионын (OH^-) түзетін заттар. Бұл теория қышқылдар мен сілтілердің өзара әрекеттесуін, су мен тұздарды түзу арқылы сәтті сипаттайды. Дегенмен, гидроксид-ионын құрамында ұстамайтын кейбір заттардың суда негізгі ерітінділер түзетінін түсіндіре алмайды.

Бренстед–Лоури теориясына сәйкес, қышқылдар – сутек ионын (H^+) ерітіндіге беретін қосылыстар, ал сілтілер – сутек ионын қабылдайтын қосылыстар. 3.2-кестеде қышқылдар мен негіздер туралы ғалымдардың тұжырымдамалары берілген.

3.2-кесте. Қышқылдар және негіздер туралы түсініктер (Шәбікова Г.Х., 2025)

Ұғым	Ғалымдар теориясы		
	Аррениус	Бренстед - Лоури	Льюис
Қышқыл	Су ерітіндісінде H^+ иондарын беруге қабілетті зат: мысалы, HCl , H_2SO_4 т.б.	Протон беруге қабілетті зат: HSO_2^- , H_3O^+ . Бұл теорияда қышқылдар молекулалар немесе иондар түрінде болуы мүмкін және олар протонды бергеннен кейін конъюгатты (сәйкес) негізге айналады. Протонды оңай беретін заттар күшті қышқылдар болып табылады.	Зат электрон жұбын қабылдай алады: SiF_4 , $SnCl_4$, CO_2 т.б.
Негіз	Су ерітіндісінде OH^- -иондарын беруге қабілетті	Протонды (H^+) қабылдауға қабілетті заттар. Мысалы, аммиак (NH_3), су (H_2O),	Коваленттік байланыс түзу үшін өзінің бөлініспеген

	зат: NaOH, NH ₄ OH т.б.	гидроксид иондары (OH ⁻), аминдер (RNH ₂), карбонат ионы (CO ₃ ²⁻) және т.б. жатады. Бұл заттар құрамында бөліспеген электрон жұбы бар болғандықтан, протонмен коваленттік байланыс түзе алады.	электрондар жұбын (электрон доноры) бере алатын кез келген молекула немесе ион. Мысалы, гидроксил иондары (OH ⁻), хлорид иондары (Cl ⁻), (NH ₃), су (H ₂ O) сияқты электрон жұбы бар бейтарап молекулалар.
--	---------------------------------------	--	--

Бір уақытта қышқыл және сілті рөлін атқаратын қосылыс *амфотерлі* деп аталады (мысалы, H₂O, HSO₄⁻, H₂PO₄⁻, аминқышқылдары). Бренстед қышқылдарының диссоциациясы ерітіндідегі H⁺ концентрациясын арттырады, ал сілтілері протонды еріткіштен (су молекуласынан) алып, OH⁻ түзеді. Осы анықтамаға сәйкес, молекулалар немесе иондар (оң немесе теріс зарядталған) қышқыл және сілті ретінде әрекет ете алады.

Бұл реакцияларда протон алмасуы жүретіндіктен, қышқылдар мен сілтілер *протолиттер*, ал реакциялар – протолиттік деп аталады. Протолиттік реакцияда қышқыл сілтіге әрекет етеді: протон беруші протонды протон қабылдаушыға береді. Протонның берілуімен жаңа сілті және жаңа қышқыл түзіледі. Қышқыл протон жоғалтқанда, оған конъюгацияланған сілті сәйкес келеді. Әр қышқылға сәйкес сілті, ал әр сілтінің сәйкес қышқылы болады. Қышқылдар мен сілтілер, формуласы тек бір протонға (H⁺) өзгешеленетін жұптар, *қышқыл-сілті жұптары* деп аталады.

Қышқыл протон беруші ретінде әрекет етуі үшін, протон қабылдаушы сілті болуы қажет. Екінші сілті протонды қабылдағанда, қышқыл түзіледі. Протонның қышқылдан суға берілуі ионизация деп аталады. Гидроксоний ионындағы протон оттегі атомына байланысқан еркін электрон жұбы арқылы бекітілген. «Протон», «сутек ионы» немесе «гидроксоний ионы» терминдері суда ерітінділерде бір-бірінің орнын алмастыра қолданылады.

Бір протон беретін қышқылдар – бір негізді қышқылдар, мысалы: HCl, HNO₃, HClO₄.

Екі протон беретін қышқылдар – екі негізді, мысалы: H₂SO₄. Бірінші протон берілгенде HSO₄⁻ ионы, екінші протон берілгенде SO₄²⁻ ионы түзіледі. Барлық Бренстед қышқылдары ерітіндіде гидроксоний иондарын түзеді, бірақ әртүрлі мөлшерде.

Қышқылдар мен сілтілерді күшіне қарай екі топқа бөлуге болады: күшті және әлсіз.

➤ *Күшті қышқылдар* – күшті электролиттер тобына жатады, суда толық диссоциацияланады. Түзілген аниондар суға әрекет етпейді, H⁺ ұстамайды, сондықтан әлсіз сілтілер болып саналады. Мысалы: HCl, HBr, HI (екі компонентті күшті қышқылдар), H₂SO₄, HNO₃, HClO₄ (оксоқышқылдар).

➤ *Күшті сілтілер* – күшті электролиттер, суда толық диссоциацияланады. Оларға 1-ші және 2-ші топ металдарының гидроксидтері, тетраалкиламмоний гидроксидтері жатады. Олар суда H^+ немесе OH^- қатысқан қышқыл-сілтілік реакцияларға қатыспайды.

➤ *Әлсіз қышқылдар* – әлсіз электролиттер, судың тек бір бөлігі ғана диссоциацияланады. Мысалы: HCN , HNO_2 , HF , H_2CO_3 ; карбоксильдік ($-COOH$) топты органикалық қосылыстар.

Әлсіз қышқылдар мен сілтілерді *химиялық тепе-теңдік* тұрғысынан қарастыру қажет. Қышқыл HA үшін ионизация теңдеуі:



Мұндағы A^- – әлсіз қышқылдың қалдығы - сілті. Константа:

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA] \cdot [H_2O]}$$

Судағы H_2O концентрациясы 55,6 моль/л болғандықтан, оны константаға қосып, *қышқылдың ионизация константасы* K_a анықталады:

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

Әлсіз сілтілер (мысалы, NH_3) үшін де K_b аналогиялық түрде анықталады:

$$K_b = \frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]}$$

K_a және K_b мәндері тепе-теңдіктегі өнімдер мен реагенттердің салыстырмалы мөлшерін көрсетеді. K мәні үлкен болса – ионизация жоғары; K мәні аз болса – ионизация төмен.

pK_a және pK_b термині де осыдан туындаған:

$$pK_a = -\log K_a, pK_b = -\log K_b$$

Қышқыл мен сілтінің арасында:

$$pK_a + pK_b = 14 \quad (25^\circ C)$$

Күшті қышқылдар мен сілтілер ерітіндіде толық диссоциацияланады. Көп негізді қышқылдар мен гидроксидтер үшін әр молекуладан бөлінетін H^+ немесе OH^- саны ескерілуі қажет.

3.6. Буферлік ерітінділер

Тірі ағзада зат алмасу үдерісінде көптеген қышқылдар түзіледі. Асқазан тұз қышқылын шығарады, бұлшықеттер лактат (сүт қышқылы) түзеді, ал крахмал мен глюкозаның метаболизмі кезінде пируват (пирожүзім қышқылы) түзіледі. Дем алу барысында бөлінген, суда еріген CO_2 газы сумен қосылып, тұрақсыз көмір қышқылын (H_2CO_3) түзеді. Алайда, бұл қышқыл қанда бірден ыдырап, сутегі иондары (H^+) мен *бикарбонат иондарын* (HCO_3^-) түзеді. Адамның физиологиялық қанының рН мәні тар диапозонда – шамамен 7,4 ($7,4 \pm 0,04$) – сақталады. Бұл диапозоннан аз ғана ауытқу жасушалар мен бүкіл ағза үшін зиянды салдарға әкелуі мүмкін. Сондықтан, ағзада қышқыл-сілтілік гомеостазды сақтау үшін бірнеше қорғаныс механизмдері бар.

рН реттеуде ағза қолданатын үш негізгі механизм бар:

1. *Химиялық буферлік жүйелер* – бірінші қорғаныс желісі.
2. *Тыныс алу жүйесі* – екінші деңгейлі қорғау.
3. *Несеп шығару жүйесі* – соңғы механизм.

Бұл үш механизм бірге жұмыс істеп, ағзаның рН мәнін тар диапозонда тұрақты ұстайды.

рН өзгерістерінен бірінші қорғаныс – химиялық буферлер.

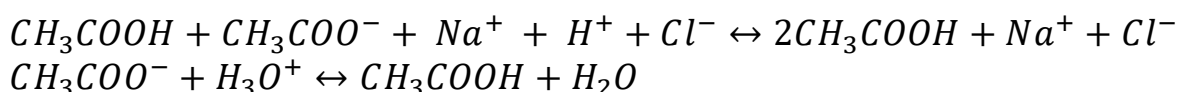
Буфер ерітінді ортадағы артық протондарды сіңіріп немесе жетіспесе бөліп шығарып, рН (қышқылдық) деңгейін өзгеріссіз сақтайды. Әлсіз қышқыл немесе сілті ерітінділері ішінара бейтараптандырылған кезде, аз мөлшерде күшті қышқыл немесе сілті қосқанда рН өзгермейтінін бақылау буфер концепциясының пайда болуына әкелді.

Химиялық жағынан буфер ерітіндісі әдетте келесі құрамға ие:

- а) Әлсіз қышқыл мен күшті негіздің тұзының шамамен тең концентрациялары.
- б) Әлсіз сілті мен күшті қышқыл тұзының шамамен тең концентрацияларында.

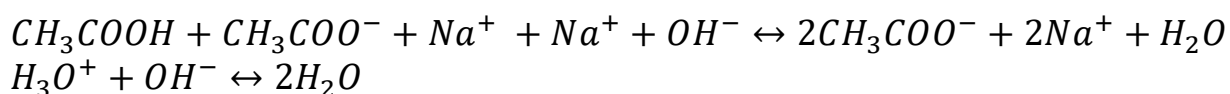
Буфер қалай жұмыс істейді?

Мысалы, әлсіз сірке қышқылы (CH_3COOH) және натрий ацетаты (CH_3COONa) ерітіндісін қарастырайық. Натрий ацетатының қосылуы сірке қышқылының ионизациясын тежейді. Ерітіндіге күшті қышқыл қосылса, түзілген гидроксоний иондары ацетат-ионына протон береді:



Реакция ішінара кері бағытта жүрсе де, протондардың көпшілігі реакция өнімі – сірке қышқылы арқылы байланыста қалады. Сол себепті ерітіндінің рН-ы аз өзгереді.

Егер күшті сілті қосылса, сірке қышқылының әсерінен, гидроксид-ионы ерітіндіде бастапқыдан бар гидроксоний иондарымен әрекеттеседі,



Сірке қышқылы әлсіз қышқыл болғанымен, ерітіндіде белгілі мөлшерде гидроксоний иондарын түзеді. Қосылған OH^- иондары олармен әрекеттесіп,

бастапқыда ерітіндіде болған гидроксоний иондарының орнына өтеді. Сірке қышқылының қосымша ионизациясы арқылы гидроксоний концентрациясы шамамен бастапқы мәнге оралады, ал рН тек аздап өзгереді.

Буферлік ерітіндінің рН тұрақтылығы – ерітіндіге аз мөлшерде қышқыл немесе сілті қосқанда рН өзгермейтін қабілеті.

Буферлік сыйымдылық – 1 литр буферлік ерітіндіге рН-ты 1 бірлікке өзгерту үшін қажетті күшті қышқыл немесе сілті мөлшері.

Оптималды буферлік әсер үшін:

- Қышқыл мен сілтінің концентрациялары шамамен тең болуы керек.
- рН мәні қышқыл немесе сілтінің рК мәніне жақын болуы тиіс.
- Концентрациясы жоғары болған сайын, буфер гидроксоний немесе гидроксид иондарының концентрация өзгерістерін жақсы сіңіреді.

Буферлік жүйені сандық есептеу

Буфер ерітінділерінің рН мәндерін ионизация константасы және буфер концентрациялары арқылы есептеуге болады. Буфер әлсіз қышқыл [НА] және оның натрий тұзы [NaA] суға ерітіндісі арқылы дайындалады.

Әлсіз қышқыл НА үшін K_a :

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} \quad (3.6.1)$$

$$\text{Бұдан } [H_3O^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]} \quad (3.6.2)$$

Егер (3.6.2) теңдеуінің екі жағынан логарифм алып, алынған әр мүшесін *log-ге көбейтсек*:

$$-\log[H_3O^+] = -\log K_a - \log \frac{[HA]}{[A^-]} \quad (3.6.3)$$

Бұл жерде рН және pK_a өрнегін аламыз, оны төмендегідей түрге келтіреміз:

$$pH = pK_a + \log \frac{[HA]}{[A^-]} = pK_a + \log \frac{[\text{қышқыл}]}{[\text{тұз}]} \quad (3.6.4)$$

(3.6.3) теңдеуі Гендерсон-Хассельбах теңдеуі деп аталады және әлсіз қышқыл мен оның тұзынан тұратын буферлік жүйенің сутектік көрсеткішін (рН) есептеу үшін қолданылады.

Әлсіз негіз бен оның тұзынан тұратын буферлік жүйенің сутектік көрсеткішін (рН) есептеу формуласы:

$$pH = 14 - pK_b + \log \frac{[\text{негіз}]}{[\text{тұз}]} \quad (3.6.5)$$

Практикалық тұрғыдан алғанда, әрбір биологиялық үдеріс рН-қа тәуелді; рН-тағы аз ғана өзгеріс үдеріс жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді. Бұл тек H^+ ионы тікелей қатысатын көптеген реакциялар үшін ғана емес, H^+ иондарының көрнекті рөлі жоқ реакциялар үшін де маңызды. Жасушалық реакцияларды катализдейтін ферменттер және олар әрекет ететін көптеген молекулалар ионизацияланатын топтарға ие, олардың әрқайсысының өзіне тән pK_a мәні бар. Мысалы, амин қышқылдарының протонданған амин және

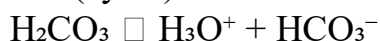
карбоксил топтары, сондай-ақ нуклеотидтердің фосфат топтары әлсіз қышқылдар ретінде әрекет етеді; олардың иондық күйі қоршаған ортаның рН-ына байланысты өзгереді. Иондық өзара әрекеттесу ақуыз молекуласын тұрақтандыруға және ферментке оның субстратымен байланысуға мүмкіндік береді.

Жасушалар цитозольдің белгілі бір тұрақты рН деңгейін сақтайды, биомолекулаларды олардың оптималды иондық күйінде ұстайды, әдетте бұл рН шамамен 7-ге жақын болады. Көп жасушалы ағзалық сұйықтықтардың рН мәні де қатаң реттеледі. рН-тың тұрақтылығы ең алдымен биологиялық буферлер арқылы қамтамасыз етіледі. Биологиялық сұйықтықтардың төрт буферлік жүйесі ағзаның рН-ін тұрақтандыруға қатысады. Бұл жүйелер үйлесімді түрде әрекет етеді. Сонымен қатар, өкпе және бүйректер қышқыл-сілтілі тепе-теңдікті ұстап тұруда маңызды рөл атқарады.

Ағзаның негізгі буферлік жүйелері: Бикарбонат буферлік жүйесі (H_2CO_3 / HCO_3^-); Фосфат буферлік жүйесі (H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}); Ақуыз буферлік жүйесі (ақуыз / протеинат); Оксигемоглобин / гемоглобин.

Бикарбонат буферлік жүйесі

Қанның буферлік әсері көмір қышқылы, бикарбонат және көмір қышқыл газы арасындағы тепе-теңдікке тәуелді. Көмір қышқыл газы қанға еріген күйде ($\text{CO}_2(\text{aq})$) және өкпе альвеолаларында $\text{CO}_2(\text{g})$ кездеседі. Жасушалардан метаболизмнің соңғы өнімі ретінде бөлінген CO_2 эритроциттерге диффундейді. Эритроциттерде бұл үдеріс карбоангидраз ферментімен катализделетін реакцияда бикарбонат ионына айналады. Бұл үдеріс екі сатылы реакция ретінде көрінеді:



Сонымен қатар, $\text{CO}_2(\text{aq})$ $\text{CO}_2(\text{g})$ күйімен тепе-теңдікте болады:



Гендерсон–Хассельбах теңдеуін қолдану үшін формуланы аздап өзгерту қажет, өйткені біз H_2CO_3 -ке емес, ағзалық жағдайдағы көмір қышқыл газына негізделген жүйемен жұмыс істейміз. Ағзада температура (37°C) мен орта жағдайы (басқа химиялық заттардың әсері) зертханалық жағдайдан (25°C) ерекшеленеді. Сондықтан есептеулерде қателік болмас үшін, нақты ағзаға бейімделген тұрақты мәндер (pK') қолданылады.

Тірі ағзада бикарбонат буфері үшін қабылданған pK' мәні 6,1 болып табылады, сондықтан теңдеу мына түрде жазылады:

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2(\text{сулы})]} \quad (3.6.6)$$

Қалыпты рН мәндерінде адамның артериялық қанында $[\text{HCO}_3^-] = 24$ ммоль/л және $[\text{CO}_2] = 1,2$ ммоль/л болады. Артериялық қанның рН-ы осы мәндерді сәйкес теңдеуге қойып есептеледі және ол 7,4 тең болады.

Егер метаболикалық үдерістер нәтижесінде қанның рН-ы төмендесе, яғни H^+ иондарының мөлшері артық болса, H_2CO_3 концентрациясы CO_2 (су ерітіндісі)

түзілуі арқылы азаяды, бұл газ фазасына өтеді. Осылайша протондардың концентрациясының артуы CO_2 қысымының жоғарылауы арқылы жүреді, ал бұл CO_2 өкпе арқылы ағзадан шығарылады.

Керісінше, егер қанның рН-ы көтерілсе, ол тез қалпына келеді, себебі атмосфералық $\text{CO}_2(\text{г})$ капиллярлардағы $\text{CO}_2(\text{су ерітіндісі})$ және одан кейін H_2CO_3 -ке айналады. рН-тың төмендеуі немесе көтерілуі қайталанған жағдайда да, $\text{CO}_2(\text{г})$ резервуары қанның буферлік сыйымдылығын қалпына келтіреді.

Бұл резервуар үлкен және тыныс алу жиілігінің өзгеруімен жылдам реттелетіндіктен, физиологиялық жағдайларда қанның рН-ы тұрақты болып қалады.

Гидрокарбонат буферлік жүйесі қанның буферлік сыйымдылығының шамамен 53%-ын қамтамасыз етеді.

Фосфатты буферлік жүйе

Бұл буферлік жүйе жасушалардың цитоплазмасында әсер етеді және несеп үшін тиімді буфер болып табылады. Ол протон доноры ретінде әлсіз қышқыл H_2PO_4^- , ал протон акцепторы ретінде оның конъюгирленген негізі HPO_4^{2-} қосылыстарынан тұрады.

Фосфатты буферлік жүйе өзіне тән $\text{pK}_a = 6,86$ мәніне жақын рН деңгейінде ең жоғары буферлік қабілет көрсетеді, сондықтан, ол рН 5,9–7,9 аралығында рН өзгерістеріне қарсы тұруға бейім. Осыған байланысты, бұл жүйе биологиялық сұйықтықтарда тиімді буфер болып табылады; мысалы, сүтқоректілердің көптеген цитоплазмалық компартменттерінің рН деңгейі 6,9–7,4 аралығында болады.

Метаболизм барысында қышқылдық өнімдердің түзілуі жиірек кездесетіндіктен, буфер құрамындағы HPO_4^{2-} ионы маңыздырақ компонент болып саналады. Жасушаларда $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]/[\text{HPO}_4^{2-}]$ қалыпты қатынасы шамамен 1:4, сондықтан буфер қышқылды негізге қарағанда тиімдірек бейтараптайды. Қышқылмен әрекеттесу нәтижесінде түзілген H_2PO_4^- несеппен бірге сыртқа шығарылады.

Бұл жүйе қанның рН деңгейін ұстап тұруға тек салыстырмалы түрде аз үлес қосады – шамамен 5%.

Ақуыздық буферлік жүйе

Ақуыздар қанның үшінші типті буфері ретінде қызмет етеді. Ақуыздар – амфолиттік қасиетке ие заттар, яғни олардың молекулалары протондарды да қабылдай алады, протондарды бере де алады. Ақуыздар қанның жалпы буферлік сыйымдылығының шамамен 7% қамтамасыз етеді.

Ақуыздардың буферлік қызметін негізінен келесі функционалдық топтар атқарады:

- а) гистидиннің имидазолдық топтары,
- б) цистеиннің сульфгидрилдік топтары.

Гемоглобиндік буферлік жүйенің буферлік сыйымдылығы шамамен 35% құрайды. Гемоглобин де, оксигемоглобин (HbO_2) де pK мәндері 7,71 және 7,16 болатын әлсіз қышқылдардың қасиеттеріне ие. pK көрсеткіші бойынша HbO_2 гемоглобинге қарағанда күштірек қышқыл болып табылады. Иондану және H^+ иондарын байланыстыру глобин тізбегіндегі гистидин қалдықтарының

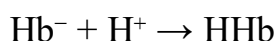
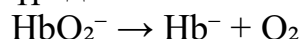
имидазолдық топтары арқылы жүзеге асады. Гемоглобиннің иондану өзгерістері көмір қышқылының түзілуі мен иондануымен тығыз корреляцияланады.

Өкпеде оксигенация кезінде протонының босап шығуын келесі реакция сипаттайды:



Бос протоны HCO_3^- ионымен байланысып, H_2CO_3 түзіледі. Көмір қышқылы карбоангидраза ферментінің әсерімен CO_2 мен суға ыдырайды, ал түзілген CO_2 өкпе вентиляциясы арқылы сыртқа шығарылады.

Тіндердегі перифериялық жасушаларда оттегі бөлініп, үдерістер төмендегі реакциялар бойынша жүреді:



Протонның гемоглобинмен кері байланысуы да мүмкін. Протонның негізгі көзі H_2CO_3 болып табылады, реакция теңдеуі:



Осылайша, қан және эритроциттер тіндерден өкпеге және кері бағытта қозғала отырып, CO_2 -нің үздіксіз, бірбағытты тасымалын қамтамасыз етеді. Бұл тасымал изогидриялық CO_2 тасымалы деп аталады, себебі ол рН өзгерісінсіз жүзеге асады.

Клиникалық тәжірибеде CO_2 ($p\text{CO}_2$) және O_2 ($p\text{O}_2$) парциалдық қысымдарын өлшеу қышқыл-негіздік тепе-теңдікті және оның бұзылыстарын бағалау үшін маңызды. Сол сияқты, қанның сілтілік деңгейін сипаттайтын негіздер артықшылығы (ВЕ) көрсеткіші де диагностикалық мәнге ие. ВЕ — 37°C және $p\text{CO}_2$ 5,3 кПа жағдайында рН 7,40-қа қайтару үшін оттекпен толық қаныққан қанның әр литріне қосылуы тиіс күшті қышқылдың мөлшері. Негізгі үлесті бикарбонат иондары құрайтындықтан, сарысулық бикарбонат деңгейінің қалыптан ауытқуы ВЕ шамасына тікелей әсер етеді.

ВЕ — қанның буферлік сыйымдылығының құрамдас бөлігі. Ол әртүрлі физиологиялық және патологиялық жағдайларда өзгеріп, маңызды диагностикалық көрсеткіш ретінде қызмет етеді.

Қанның қышқыл-негіздік тепе-теңдігі рН 7,36–7,44 аралығында сақталғанда қамтамасыз етіледі.

рН төмендеуі — *ацидемия*, жоғарылауы — *алкалемия* деп аталады. Бұл жағдайлар дереу назар талап етеді, себебі гемоглобиннің оксигенациясы мен деоксигенациясына байланысты барлық протондық тепе-теңдіктер рН өзгерісіне өте сезімтал. рН 6,8-ден төмен немесе 7,8-ден жоғары болса, тіршілік мүмкін емес [1, 443 б.], [5, 84 б.]

Ацидоз/алкалоз — ағзадағы патологиялық үдерістерге байланысты қышқылдықтың жоғарылауы немесе төмендеуі.

Респираторлық ацидоз

Эмфизема, пневмония, полиомиелит, жүрек жеткіліксіздігі, наркоз кезіндегідей жағдайларда вентиляция баяулап, CO_2 өкпеден шығарылмайды. Бикарбонат буферлік жүйесі толық іске қосыла алмай, H^+ иондары жиналып,

$pH < 7,4$ дейін төмендейді. Бұл — респираторлық ацидоз.
Жедел ем: натрий бикарбонатын көктамыр ішілік енгізу.

Респираторлық алкалоз

CO_2 тым көп шығарылғанда (гипервентиляция — қызба, истерия, үрей, т.б.) $pH > 7,4$ болады.

Жедел көмек: қағаз қапшыққа тыныс алу, бұл өкпедегі CO_2 концентрациясын арттырады.

Метаболизмдік ацидоз

Метаболизмдік бұзылыстарға байланысты pH төмендейді. Мысалы:
– бақылаусыз диабет,
– төмен көмірсулар/жоғары белокты диета.

pH 7,4-тен 6,8-ге дейін түседі. Жоғары H^+ концентрациясы бауырда түзілетін қышқыл метаболиттердің артуынан болады. Бикарбонат жүйесі H^+ бейтараптандыруға тырысқанымен, вентиляция арқылы CO_2 шамадан тыс жоғалуы буферлік жүйенің толық сарқылуына әкеледі.

Ем: натрий бикарбонатын көктамыр ішілік енгізу.

Метаболизмдік алкалоз

H^+ иондарының шамадан тыс жоғалуынан (жиі құсу, антацидтерді көп қолдану) дамиды. pH жоғарылайды.

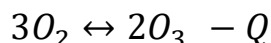
Ем: аммоний хлоридін көктамыр ішілік енгізу.

Бұл бұзылыстар бір-бірімен қабаттасып, қосарланған қышқыл-негіздік бұзылыстарды тудыруы мүмкін [6, 300 б.].

Мысал есептер

1 мысал .

Жауын-шашын кезінде найзағай каналы арқылы келесі реакция жүреді:



Озон түзілуіне тепе-теңдікті ығыстыру үшін сыртқы қысым мен температураны қалай өзгерту керек?

Шешімі:

1. Озон түзілу үдерісі эндотермиялық, демек, бұл үдеріс үшін сыртқы температураның көтерілуі тиімді.

2. Молекулалық оттегінің озонға айналуы мольдік көлемнің азаюымен жүреді, демек, бұл үдеріс үшін сыртқы қысымның көтерілуі тиімді.

Сондықтан, озон түзілуін күшейту үшін температураны және қысымды жоғарылату қажет.

2 мысал.

Судың ерітіндісінде Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ және Cl^- иондарының әрқайсысынан 1 моль бар. Бұл ерітіндіде қанша компонент бар?

Шешімі:

Ерітіндіде үш компонент бар. Себебі судың өзінен және екі тұздан (мысалы, Na_2SO_4 және $MgCl_2$) 1 моль алу арқылы берілген ерітіндіні алуға болады. Барлық төрт тұзды (сол иондардан жасалуы мүмкін) алу қажет емес.

3 мысал.

$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{HBr}$ реакциясы үшін бастапқы концентрациялары $C(\text{H}_2) = C(\text{Br}_2) = 1$ моль/л және тепе-теңдік константасы $K_c = 4$ болғанда, HBr , H_2 және Br_2 тепе-теңдік концентрацияларын есептеңіз.

Шешімі:

Реакциядан көріп тұрғанымыздай, HBr концентрациясы реакцияласқан H_2 және Br_2 концентрациясынан 2 есе көп болады.

Реакцияласқан заттардың концентрацияларын былай белгілейміз: $x = Cx(\text{H}_2) = Cx(\text{Br}_2)$.

Тепе-теңдік концентрациялары:

$$C(\text{H}_2) = C(\text{Br}_2) = 1 - x, C(\text{HBr}) = 2x$$

Тепе-теңдік константасының формуласы:

$$K_c = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]} = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} = 4$$

Шешімі:

$$\frac{4x^2}{(1-x)^2} = 4 \Rightarrow x = 0,5$$

Сондықтан тепе-теңдік концентрациялары:

$$C(\text{H}_2) = C(\text{Br}_2) = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ моль/л}, C(\text{HBr}) = 2x = 1 \text{ моль/л}$$

Бақылау сұрақтары

- 1) Қайтымды реакциялар дегеніміз не?
 - 2) “Химиялық реакцияның тепе-теңдігі” деген ұғымға анықтама беріңіз.
- Мысал келтіріңіз.
- 3) Химиялық тепе-теңдік үшін әрекеттесуші массалар заңын өрнектеңіз.
 - 4) Гетерогенді жүйедегі тепе-теңдікті түсіндіріңіз.
 - 5) Гетерогенді жүйелердегі тепе-теңдіктің ығысуы және әрекеттесуші массалар заңының қолданылу ерекшеліктері неде?
 - 6) Сулы ерітіндіде 25°C кезінде барлық иондардың концентрациясы $0,1$ моль/л болса, $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{AgCl}$ реакция қай бағытта жүреді?
 - 7) Мына реакциялар үшін тепе-теңдік константасының өрнегін жазыңыз:
 $\text{H-COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H-COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$
 $2\text{NOCl} = 2\text{NO} + \text{Cl}_2$
 $\text{CO} + \text{Br}_2 = \text{COBr}_2$
 - 8) Ле-Шателье принципін түсіндіріңіз және тепе-теңдікке әсер ететін факторларды көрсетіңіз. Мысалдар келтіріңіз.
 - 9) Пештер мен түтін шығатын мұржалардың жұмысы істен шыққанда мына реакция орын алады: $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{C}(\text{тв}) = 2\text{CO}(\text{г}) - Q$. Осы кезде түзілетін өмірге қауіпті иіс газы CO түзілуін болдырмау үшін, қысым мен температураны қалай өзгерту қажет?
 - 10) Графиттің алмазға айналу үдерісі теңдеумен көрсетілген:
 $C(\text{графит}) = C(\text{алмаз}) - 1,88 \text{ кДж/моль}$

($\rho_{\text{графит}} = 1,9 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{алмаз}} = 3,5 \text{ г/см}^3$) Графитті алмазға айналдыру үшін сыртқы қысым мен температураны қалай өзгерту қажет?

- 11) Бренстед-Лоури теориясы бойынша қышқыл деп нені атайды?
- 12) Льюис қышқылы қандай қасиетке ие?
- 13) Адам қанының қалыпты рН мәні қандай диапазонда болады?
- 14) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ формуласы бойынша $[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ моль/л}$ болса, рН қанша?
- 15) $\text{pH} = 4$ болса, ерітінді қандай орта болып табылады?
- 16) $\text{pOH} = 3$ болса, рН қанша болады (25°C -та)?
- 17) Буфер ерітінді дегеніміз не?
- 18) Адам қанындағы ең маңызды буфер жүйесі қайсысы?
- 19) Гендерсон-Хассельбах теңдеуі қандай мәнді есептеуге арналған?
- 20) Ацетат буфері үшін $\text{pK}_a = 4.76$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]/[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1$ болса, рН қанша?
- 21) Метаболиялық ацидоз кезінде қан рН-ы қандай өзгеріс көрсетеді?
- 22) Респираторлық алкалоз қандай жағдайда дамиды?
- 23) Диабеттік кетоацидоз кезінде қан рН-ын реттеуде өкпе қандай рөл атқарады?
- 24) Қалыпты жағдайда қандағы HCO_3^- концентрациясы қандай диапазонда?

4. ЕРІТІНДІЛЕР. ДИСПЕРСТІ ЖҮЙЕЛЕР

Кілт сөздер: Ерітінділердің жіктелуі, иондық күш, дисперсті жүйелер, коллигативті қасиеттер, осмос, онкотикалық қысым, гемолиз, диализ, коллоидтар (золь, гель), мицелла.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

1. Ерітіндінің құрамдас бөліктерін анықтау; Терминдерді түсіну: концентрация, сұйылту;
2. Концентрацияны өрнектеудің негізгі тәсілдерін білу;
3. Ерітінділер қасиеттерін, коллоидтардың медицинадағы рөлін түсіну

Алгоритм:

1. Концентрация анықтай алу;
2. Мысал есептерді талдау және түсіну;
3. Тарау соңындағы сұрақтарға жауап беру

Ерітінділер – бұл кем дегенде екі компоненттен тұратын гомогенді жүйелер (қатты, сұйық немесе газ тәрізді): еритін зат (бір немесе бірнеше) және еріткіш (ең көп мөлшерде болатын компонент), олардың қатынастары өзгермелі болып келеді.

Еритін заттар: сұйық, газ немесе қатты күйде болуы мүмкін.

Газ тәрізді жүйелер әдетте қоспалар болып табылады (мысалы, ауа – 78% азот, 21% оттегі, 1% инертті газдар және 0,03% көмірқышқыл газы). Қатты гомогенді жүйелерге мысал ретінде қорытпаларды айтуға болады.

Ерігіштік негізінен еритін заттың, еріткіштің қасиеттеріне және температураға байланысты. Ерігіштік әдетте 25°C температурада 100 г қаныққан ерітіндіде (берілген еріткіш мөлшерінде максималды еріген зат) болатын зат массасы арқылы көрсетіледі.

Заттардың еруі – бұл күрделі физика-химиялық үдеріс, онда еритін заттардың молекулалық және ішкі молекулалық байланыстары үзіліп, еріткіш

молекулаларының өзара әрекет күштері өзгереді, және еріткіш молекулалары мен еритін заттардың молекулалары немесе иондары арасында жаңа байланыстар пайда болады.

Ерігіштікке әртүрлі факторлар әсер етеді. Молекулалық құрылым молекуланың полярлығын анықтайды. Еріткіштер *полярлы (мысалы, су)* және *полярсыз* болып бөлінеді.

Полярлы еритін заттар (электролиттер және неэлектролиттер), молекуладағы полярлы топтары арқылы полярлы еріткіштерде жақсы ериді, ал полярлығы төмен заттар полярлығы төмен еріткіштерде ериді. Органикалық заттардың молекулаларындағы полярлы–гидрофильді және полярлығы төмен–гидрофобты (немесе липофильді) бөліктердің қатынасы олардың ерігіштігін анықтайды.

Мысалы, карбон қышқылдарының полярлы еріткіштердегі ерігіштігі көміртек тізбегінің ұзындығы артқан сайын төмендейді. Холестерин суда (соның ішінде қан сарысуында) ерімейді, себебі оның молекуласы негізінен көмірсутектік, тек бір ғана полярлы топ ($-OH$) бар, бұл молекуланы жеткілікті полярлы етіп, суда немесе қан сарысуында ерітуге жеткіліксіз етеді.

Су – ең маңызды полярлы еріткіш және өмір үшін қажетті қосылыс. Сулы ортада тірі ағзаларда химиялық реакциялар жүреді. Жалпы су мөлшері адам денесінің массасының шамамен 60%-ын құрайды (үлкен адамда). 70 кг салмақтағы орта есеппен адам ағзасындағы сұйықтық көлемі шамамен 40 литрді құрайды. Сұйықтық екі негізгі бөлікке бөлінеді және олардың арасында қозғалады: жасуша ішіндегі сұйықтық – шамамен 25 л, жасушалардың ішінде орналасқан; жасуша сыртындағы сұйықтық – шамамен 15 л, жасушадан тыс орналасқан. Жасуша сыртындағы сұйықтыққа, мысалы, қан плазмасы, интерстициальды сұйықтық (жасушалар арасындағы сұйықтық), лимфа (интерстициальды кеңістіктен қан айналымына тасымалданатын жасуша аралық сұйықтық), ми- және жұлын сұйықтығы, асқазан-ішек жолдарының сұйықтығы, несеп және басқа сұйықтықтар жатады. Ағзадағы судың келуі мен шығуы теңгерімде болуы керек. Су гомеостазы тұрғысынан жалпы көлемінен гөрі, оның үш бөлікте – интраваскулярлы, интерстициальды және жасуша ішіндегі жүйелерде – дұрыс бөлінуі маңызды. Үш жүйе арасында судың үздіксіз алмасуы жүреді, алайда осы кеңістіктердегі су көлемі белгілі бір диапозонда тұрақты болып қалады. Негізгі реттеуші факторларға осмотикалық, гидростатикалық және онкотикалық қысымдар жатады (бүйрек – негізгі реттеуші орган).

Су молекуласындағы коваленттік байланыстар полярлы, себебі оттегі атомы сутек атомына қарағанда электротеріс. Су молекуласы *молекулалық диполь* ретінде әрекет етеді, сондықтан ол тамаша полярлы еріткіш болып табылады. Молекулалық диполь дегеніміз – оң және теріс полюстері бар молекула. Дұрыс орналасқан екі диполь бір-бірін тартып немесе итереді. Бір молекуладағы оң ұшы екінші молекуладағы теріс ұшымен тартылады.

Су молекуласының молекулалық диполь ретіндегі сызбанұсқасы: *Молекула геометриясы* — су молекуласы сызықтық емес, V-тәрізді (иілген) пішінге и екенін, $H-O-H$ байланыс бұрышы 104.5° , *заряд бөлінісі* — оттектің

электртерістілігі (3.44) сутектен (2.20) әлдеқайда жоғары болғандықтан, ортақ электрондар оттекке қарай ығысатындығын, соның нәтижесінде оттекте теріс ішінара заряд (δ^-), ал сутектерде оң ішінара заряд (δ^+) болатынын көрсетеді. *Дипольдік момент* — егер молекула симметриялы болса (мысалы CO_2), жеке байланыс диполдері бір-бірін жойып кетер еді.

Алайда судың иілген пішіні екі Н–О байланысының диполдерін бір бағытта қосады — нәтижесінде жалпы дипольдік момент $\mu = 1.85$ Д (Дебай) болады, бұл өте жоғары мән. *Байланыссыз электрон жұптары* — оттекте 2 жұп байланыспаған электрон бар, олар молекулаға сүйір пішін беріп, бұрышты одан әрі кішірейтеді [6, 45 б.].

4.1. Ерітінділердің жіктелуі

➤ *Газ күйіндегі* ерітінділер әртүрлі газдардың біртекті қоспасы және сұйықтықтардың немесе қатты заттардың газдағы ерітінділері түрінде болады. Сұйықтықтар мен қатты заттардың газдағы ерітінділері сирек кездеседі. Газдар барлық жағдайда бір-бірімен толық араласа бермейді.

➤ *Қатты* ерітінділер сұйық балқымалар кристалданған кезде немесе газдар қатты заттарда еріген кезде түзіледі. Қатты ерітінділер үш түрлі жолмен: орнын басу, ену және азаю жолдарымен түзіледі.

➤ Күнделікті өмірде жиі кездесетіні *сұйық* ерітінділер. Сұйық ерітіндіде еріткіш және еріген зат деп бөліп қарастырады, бірақ термодинамика тұрғысынан қарағанда ерітіндідегі барлық компоненттер тең бағалы деп есептеледі. *Еріткіш деп* мөлшері ерітіндіде көбірек затты, ал *еріген зат* деп мөлшері азырақ затты айтады. Сұйық ерітіндіні алу үшін еріткіш ретінде су немесе органикалық сұйықтықтар (спирттер, кетондар, қышқылдар, эфирлер, көмірсутектер) қолданылады. Кейде еріткіш ретінде сұйық аммиак, күкірт қышқылы т.б. жиі пайдаланылады. Сұйық ерітінді түзілгенде еріген зат ерітіндіде жеке молекулалар немесе бірнеше молекуланың ассоциаты түрінде, немесе иондарға жартылай не толығымен диссоциацияланған түрде болуы мүмкін. Соған байланысты, сұйық ерітінділер *электролит емес* және *электролиттер* ерітіндісі болып бөлінеді.

4.2. Ерітіндінің коллигативтік қасиеті

Ерітіндінің осмос қысымы, қайнау және қату температурасының өзгерісі және басқа қасиеттері еріген заттың табиғатына тәуелсіз, тек концентрациясына тәуелді, олар ерітінділердің *коллигативтік қасиеттері* деп аталады. Ерітіндінің коллигативтік қасиеттерін зерттеудің нәтижесінде ерітінділердің физикалық теориясы қалыптасты.

Ерітінділердің коллигативтік қасиеттері еріген заттың табиғатына емес, тек оның бөлшектер санына байланысты. Оларға *ерітіндінің бетіндегі еріткіштің қаныққан бу қысымы; қату температурасының төмендеуі; қайнау температурасының көтерілуі; осмотық қысым* жатады.

Сұйық заттардың негізгі қасиеттерінің бірі олардың бу қысымы. Сұйық ерітіндінің үстінде оның молекулалары міндетті түрде бу күйінде болады. Ұшқыштығы жоғары сұйықтықтар оңай буланатындықтан олардың буында

молекула саны көбірек болады (мысалы, эфир, спирт). Егер белгілі бір көлемдегі қандай да бір сұйық затты алатын болсақ, оның булануына байланысты, бу да белгілі бір көлем алады. Тұрақты температурада булану үдерісімен қатар конденсациялану үдерісі жүреді, бір кезде олардың жылдамдықтары теңеседі. Сөйтіп жүйеде тепе-теңдік орнайды, бұл кезде сұйықтықтың үстіндегі молекулалар саны тұрақты болады. *Тұрақты температурада сұйықтықтың берілген көлемдегі буының концентрациясы сол заттың бу қысымы болып саналады.*

Егер таза сұйықтықтың орнына сұйық ерітіндіні алатын болсақ, ерітіндінің буында еріген заттың да молекулалары болатындықтан еріткіштің ерітіндідегі қысымы оның таза күйіндегі бу қысымынан төмен болады.

Ұшқыш немесе аздап ұшқыш заттардың ерітіндісінің үстіндегі еріткіштің қаныққан бу қысымын өлшеуден алынған мәліметтердің нәтижесінде Рауль тұрақты температурада еріткіштің ерітінді үстіндегі бу қысымы оның ерітіндідегі концентрациясына тура пропорционал болатынын анықтады:

$$P_1 = P^{\circ} X_1,$$

мұндағы P_1° және P_1 - таза еріткіштің және оның ерітіндідегі бу қысымдары; X_1 - еріткіштің ерітіндідегі мольдік үлесі. Бұл теңдеу Рауль заңы деп аталады. Бинарлы ерітінді үшін жоғарыдағы теңдеуді басқаша былай жазуға болады:

$$P_1 = P_1^{\circ} X_1 = P_1^{\circ} (1 - X_2)$$

немесе

$$\frac{P_1^{\circ} - P_1}{P_1^{\circ}} = X_2$$

Демек, *еріткіштің ерітінді үстіндегі бу қысымының салыстырмалы төмендеуі еріген заттың мольдік үлесіне тең.*

Ерітіндіде еріген заттың буланбайтын қасиеті бар болғандықтан, ол қату температурасын төмендетеді және қайнау температурасын жоғарлатады, осылайша еріткіштің сұйық күйде болу уақытын ұзартады. Буланбайтын еріген затты қамтитын ерітіндінің бу қысымы таза еріткіштің бу қысымынан әрдайым төмен болады, себебі еріген зат бірлік көлемдегі еріткіш молекулаларының санын азайтады да, молекулалардың булану тенденциясын пропорционалды түрде төмендетеді. Рауль заңы бойынша ерітіндінің бу қысымы еріткіштің мольдік үлесіне тікелей пропорционалды болады. Рауль заңы идеалды ерітінділер үшін қолданылады.

Коллигативтік қасиеттерге негізделген үдерістерге *диффузия, осмос және диализ* жатады.

Диффузия — заттың жоғары концентрациялы аймақтан төмен концентрациялы аймаққа қозғалып, біркелкі таралуға ұмтылатын үдерісі. Газдарда диффузия өте жылдам, ал сұйықтықтарда баяу жүреді. Сұйықтықтарда диффундирлейтін молекулалар еріткіш молекулаларымен жиі

соқтығады, бұл олардың қозғалысын тежейді. Диффузия жылдамдығы ерітіндідегі концентрация айырмашылығына тәуелді: айырмашылық неғұрлым үлкен болса, диффузия жылдамдығы соғұрлым жоғары болады.

Диффузия жасушалар мен қоршаған ортаның элементтері арасындағы газдар мен қоректік заттарды тасымалдау кезінде жүзеге асады. Су, несеп қышқылы, азот, оттегі, көмірқышқыл газы сияқты төмен молекулалық қосылыстар биологиялық мембраналар арқылы диффузия арқылы өтеді.

Осмос және **диализ** (еріткіштің миграциясы – осмос немесе ерітіндінің миграциясы – диализ жартылай өткізгіш мембраналар арқылы) да тек еріген зат бөлшектерінің санына (молекулалар немесе иондар) тәуелді.

Диализ – осмосқа ұқсас үдеріс, бірақ айырмашылығы: диализ кезінде мембрана арқылы тек су молекулалары ғана емес, еріген зат молекулалары да өтуі мүмкін (бірақ макромолекулалар, мысалы, белок молекулалары өтпейді). Диализ мембраналарының тесіктері осмотикалық мембраналарға қарағанда үлкен болады. Диализ тірі ағзада жүзеге асады. Жасушалық мембраналар диализдік қасиеттерге ие, бірақ олардың өткізгіштігі өте таңдаулы.

Молекулалар немесе иондардың жасушалық мембраналар арқылы таңдаулы миграциясы қоректік заттардың жасушаларға түсуі мен қалдық өнімдердің шығарылуының маңызды механизмі болып табылады.

Гемодиализ – метаболизм өнімдері (мысалы, несеп қышқылы немесе креатинин) немесе токсиндерді бүйрек арқылы шығару үдерісі. Егер бүйрек дұрыс жұмыс істемесе, бұл қалдықтар қанға жиналып, адамның өміріне қауіп төндіреді. Жасанды бүйрек – гемодиализдің бір тәсілі. Қан ағымы денеден шығарылады да, ұзын спираль тәрізді түтік арқылы өтіп, ол диализдік мембрана қызметін атқарады. Сыртында диализат деп аталатын ерітінді циркуляцияланады. Диализат тек қана қанды изотоникалық ету үшін емес, сонымен қатар, қанда қалуы қажет барлық заттардың концентрациясын сақтау үшін де дайындалады.

Концентрациялар бірдей болған жағдайда, еріген заттардың қаннан қозғалыс жылдамдығы олардың кері қайта түсу жылдамдығына тең болады. Қалдық заттардың концентрациясы диализатта өте төмен деңгейде ұсталады, сондықтан, олардың қаннан шығарылу жылдамдығы кері қайта түсу жылдамдығынан жоғары болады. Осылайша, гемодиализ қаннан қалдық заттарды баяу шығарады [7, 120 б.].

Еріткіштің ерітіндіге жартылай өткізгіш арқылы өтуін **осмос** деп, ал осмосты тудыратын күшті **осмос қысымы** деп атайды. Осмос қысымын еріткіштің ерітіндіге жартылай өткізгіш арқылы өтуіне қарсы жұмсалатын қысым деп те анықтауға болады. Осмос қысымын өлшеуге арналған құрылғы **осмометр** деп аталады.

Сұйытылған ерітінділердің осмостық қысымын π осы алынған деректерге сүйене отырып, Вант-Гофф (1887 ж.) төмендегі теңдеумен анықтады: :

$$\pi = iCRT \quad (4.2.1)$$

мұндағы: i – ерітіндідегі еріген зат бөлшектерінің саны;

R – әмбебап газ тұрақтысы ($8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$)

C – ерітінді концентрациясы, моль/л;

T – абсолюттік температура, К.

Осмостық қысым ерітіндідегі барлық белсенді бөлшектерге (мысалы, белоктарға) тікелей пропорционалды болады. Әрбір бөлшек ерітіндідегі заттың концентрациясына байланысты (диссоциацияланбайтын қосылыстар үшін) осмостық қысымды қалыптастырады, сондықтан олар бейэлектролиттерге қарағанда жоғары қысым туғызады.

Тірі ағза үшін осмос қысымының маңызы зор, су және басқа еріген заттардың ағза жасушаларына таралуы осмос қысымына байланысты. Адам қанының осмос қысымы $8,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (8 атм) жуық. Ағзада судың қажетті мөлшері азайған кезде адам шөлдейді, шөл қанғанда ағзада су мен тұз арасында тепе-теңдік орнап, осмос қысымы өзінің қажетті мәніне келеді.

Осмостық қысым еріген заттардың (иондар, молекулалар немесе макромолекулалар) концентрациясына тәуелді болып анықталады, ол осмолярлық ($C_{\text{осм}}$) немесе осмоляльдық концентрация арқылы сипатталады:

➤ Осмолярлық ($C_{\text{осм}}$) – ерітінді көлемінде (1 л су) белсенді бөлшектердің концентрациясы, бірліктері: моль/л.

➤ Осмоляльдық – еріткіштің (судың) салмағы бойынша белсенді бөлшектердің концентрациясы, бірліктері: моль/кг H_2O .

Физиологиялық жағдайларда ішкі ортаның осмолярлығы $C_{\text{осм}} = 285 \pm 10 \text{ ммоль/л}$ құрайды. Бұл осмолярлық деңгейі тұрақты сақталады, бұл жасушаларды көлемінің шамадан тыс өзгеруінен қорғайды. Тұрақты осмолярлықты сақтау ағзаның реттеу жүйелері арқылы қамтамасыз етіледі және негізінен су мен иондардың әртүрлі бөліктер (жасушадан тыс және жасушаішілік) арасындағы тасымалы және бүйректердің әрекеті (осморецепторлар мен волюморецепторлар) арқылы жүзеге асады.

Екі ерітінді бірдей осмолярлыққа ие болса, олар изотоникалық немесе изоосмотикалық деп аталады. Екі ерітінді осмолярлығы әр түрлі болса, осмолярлығы төмен ерітінді гипотоникалық, ал осмолярлығы жоғары ерітінді гипертоникалық деп аталады [1, 250 б.].

NaCl ерітіндісі концентрациясы $0,15 \text{ моль/л}$ болғанда биологиялық сұйықтықтардың (қанның) осмостық қысымына сәйкес келеді, сондықтан оны *изотоникалық* (изоосмотикалық) физиологиялық ерітінді немесе қысқаша физиологиялық ерітінді деп атайды. *Физиологиялық ерітінділер* – бұл құрамы, рН мәні және буферлік қасиеттері қан плазмасына ұқсас ерітінділер. Кейбір медициналық жағдайларда ағзаға сұйықтықты толықтыру немесе қоректік заттарды тамшылап енгізу қажет болады. Қосылатын ерітіндінің осмолярлығы ішкі сұйықтықтың осмолярлығына сәйкес болуы тиіс. Көп мөлшерде қан ағымына қосылатын кез келген ерітінді *изотоникалық* болуы қажет.

Жасушалардың осмостық жағдайы, жартылай өткізгіш мембраналар арқылы бөлінген кезде, жасуша ішіне судың түсу жылдамдығы мен оның шығу жылдамдығы арасындағы тепе-теңдікке байланысты болады. Эритроциттер қан ағымында айналады, олардың мембраналары жартылай өткізгіш қасиетке ие.

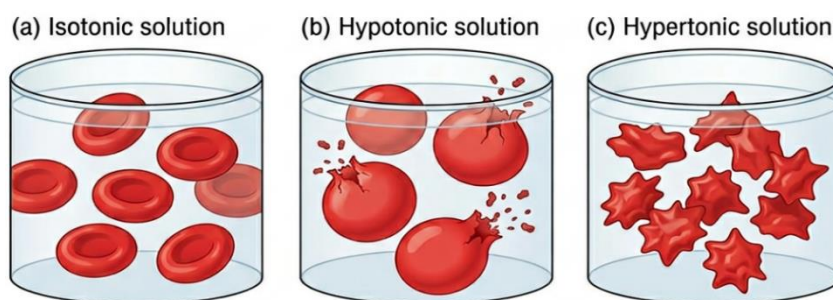
Әрбір эритроцит ішінде еріген және коллоидты-дисперсті заттар және су бар. Коллоидты бөлшектер диализ үшін тым үлкен болса да, олар коллоидты-осмотық қысымды қалыптастыруға үлес қосады және мембрана арқылы диализ бағыттарын анықтауға көмектеседі.

Жасушаның ішкі және сыртқы концентрацияларының қатынасы үш түрлі осмотық жағдайға әкеледі: 4.1-суретте көрсетілгендей *гипотоникалық*, *гипертоникалық* және *изотоникалық* ерітінділер.

➤ Эритроциттер таза суға немесе гипотоникалық ерітіндіге орналастырылғанда, жасуша ішіндегі сұйықтық сыртқы сұйықтыққа қарағанда концентрациясы жоғары болады. Су эритроцитке өтеді, сондықтан жасуша ісінеді де жарылып кетуі мүмкін. Эритроциттердің жарылуы гемолиз деп аталады (4.1б-сурет).

➤ Гипотоникалық ортада эритроциттер ісінеді.

➤ Гипертоникалық ортада эритроциттер қысқарады, бұл үдеріс плазмолиз деп аталады (4.1с-сурет).



4.1-сурет. Эритроциттер: изотоникалық (а), гипотоникалық (б) және гипертоникалық (с) ортада [3, 210 б.]

Эритроциттердің гемолизін анықтаудың диагностикалық маңызы бар. Барлық еріген заттар жалпы осмотық қысымға үлес қосады. Ұяшық ішіндегі сұйықтық, жасушааралық сұйықтық және қан әртүрлі еріген заттар мен коллоидтық бөлшектерді қамтиды. Бұл сұйықтықтардың барлығы салыстырмалы түрде жоғары концентрациядағы электролиттерді, мысалы, натрий, калий, хлорид және бикарбонат иондарын қамтиды. Сыртқы жасушалық сұйықтықтардың (плазма мен жасушааралық сұйықтық) электролиттік (иондық) құрамы өте ұқсас. Алайда иондар ішкі және сыртқы жасушалық бөлімдерде біркелкі таралмаған және екі бөлімнің осмолярлығы бірдей, сонымен қатар, екі бөлім де электронейтралды болып табылады. Осы электролиттердің туғызған осмотық қысымы тепе-теңдікке ие. Электролит концентрациясымен салыстырғанда, коллоидтық ақуыздың концентрациясы өте төмен. Дегенмен, қан плазмасы, жасушааралық сұйықтық және ұяшық ішіндегі сұйықтық арасындағы ақуыз концентрациясында айырмашылық бар. Ақуыз концентрациясындағы айырмашылық қан плазмасының осмотық қысымы жасушааралық сұйықтыққа қарағанда жоғары болуына себепші болады. Коллоидтық-осмотық қысым онкотикалық қысым деп аталады. Онкотикалық қысым коллоидтық ерітінділердің қасиеті болып табылады [3, 210 б.].

4.3. Иондық күш

Берілген өте сұйытылған ерітіндіде әртүрлі электролит қоспасының орташа иондық активтілік коэффициенті ерітіндідегі барлық иондардың қасиеті мен табиғатына тәуелсіз, тек ерітіндідегі иондардың валенттілігі мен концентрациясы арқылы анықталатыны белгілі болды. Осыған байланысты ерітінділердің **иондық күші** деген ұғым енгізілді. Ерітіндінің иондық күші электролит концентрациясының өлшемі болып табылады және келесі формула бойынша есептеледі:

$$I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$$

(4.3.1)

мұндағы C_i — нақты ионның молярлық концентрациясы, ал Z_i — ионның заряды. Қосынды ерітіндідегі барлық иондарға қатысты есептеледі. Z_i -ның квадраты есебінен көпвалентті иондар иондық күшке елеулі үлес қосады.

1:1 қатынасындағы электролиттер үшін, мысалы калий иодиді, әрбір ионның (катион немесе анион) заряды бір болғандықтан, иондық күш концентрацияға тең болады. Алайда, CaCO_3 сияқты электролит үшін әрбір ионның заряды әртүрлі болғандықтан, иондық күш натрий хлоридінің эквиваленттік концентрациясымен салыстырғанда төрт есе жоғары болады.

$$I = \frac{1}{2} (C(+2)^2 + C(-2)^2) = 4C$$

Иондық күштің маңызы

Иондық күш - иондық белсенділікті анықтайтын биосұйықтықтардағы электролиттердің жалпы концентрациясының өлшемі (мысалы, плазмада 0,15 моль/кг). Медицинада ол осморегуляция, ақуыз және ферменттер қызметі үшін, сондай-ақ наноэмульсияларды тұрақтандыру және дәрілік препараттарды әзірлеу үшін өте қажет [5, 57 б.].

4.4. Дисперсті жүйелер

Дисперсті жүйе – заттың еріткіште дисперсиялануы кезінде түзілетін жүйе. Еріткішпен тығыз араласқан бөлшектердің өлшемі қоспалардың кейбір физикалық қасиеттерін анықтайды.

4.4.1. Дисперсті жүйелердің түрлері

Қоспалар гомогенді немесе гетерогенді болады. *Гомогенді қоспалар* – бөлшектерінің ең ұсақ өлшемдері, құрамы мен қасиеттері бірдей болатын қоспалар. Гетерогенді қоспалар – гомогенді емес кез келген қоспалар (мысалы, су мен мұз қоспасы).

Гетерогенді қоспаның гомогенді бөлігі *фаза* деп аталады, ол физикалық түрде басқа бөліктерден бөлінген болады. Салыстырмалы түрде тұрақты екі түрі бар: ерітінділер және коллоидты дисперсиялар.

Үшінші түрі – суспензия, тұрақсыз, тек үнемі араластыру кезінде ғана

гомогенді болып қалады. Суспензия гомогенді және гетерогенді күйдің арасындағы шекарада орналасады (мысалы, қан қозғалыста суспензия болып қана қоймай, сонымен қатар ерітінді және коллоидты дисперсия болып та саналады).

Гомогенді қоспаларға жататын бөлшектердің өлшемдеріне байланысты ерекшеленеді, және тек осы өлшемдердің айырмашылығы қасиеттердің маңызды өзгерістерін тудыра алады. 4.1-кестеде агрегаттық күйіне қарай дисперсті жүйелердің негізгі түрлері көрсетілген.

Дисперсті бөлшектердің өлшеміне байланысты (4.2-кесте) жүйелер келесі түрлерге бөлінеді:

1. *Ірі дисперсиялар – суспензиялар* – гомогенді және гетерогенді қоспалардың шекарасында орналасады, мұнда дисперсті немесе суспензияланған бөлшектердің диаметрі 1000 нм-ден асады.

4.1-кесте. Агрегаттық күйлері бойынша дисперстік жүйелердің жіктелуі (В.А.Попков және т.б., 2019)

Дисперстік жүйе	Дисперстік фаза	Мысалдары
Газ тектес	Сұйық	Тұман, жауын
	Қатты	Түтін. Аэрогель
	Сұйық+ қатты	Түтін
Сұйық	Газ тектес	Көпіршіктер. Көпіршіктер суспензиясы
	Сұйық	Эмульсиялар. Мембраналы құрылымдар. Қандағы эритроциттер. Сүт. Жақпа май – тұтқыр ортамен эмульсия
	Қатты	Суспензиялар. Коллоидтық ерітінділер Гельдер. Паста – аз көлемді ортамен суспензия. Жақпа май – тұтқыр ортамен суспензия
Қатты	Газ тектес	Пеноматериалдар. Кептірілген заттар. Құрғақ сүйек. Балмұздақ
	Сұйық	Опал. Пенопласт -су. Тірі сүйек
	Қатты	Тау жыныстары (гранит). Көптеген құймалар. Қатқан эмульсиялар (парафин + су)

2. *Коллоидты дисперсиялар* – бұл өте үлкен кластерлерден тұратын гомогенді қоспалар, олар иондар, молекулалар немесе макромолекулалық қосылыстардан құралған, және дисперсті бөлшектердің диаметрі 1–1000 нм аралығында болады.

3. *Шынайы ерітінділер* – бұл гомогенді қоспалар, мұнда еріткіш пен еритін заттардың бөлшектері атомдар, кәдімгі иондар немесе молекулалардың өлшемдерінде болады, шамамен 0,1–1 нм диапазонында ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ см}$) (4.3-кесте).

4.2-кесте. Ірі дисперсті, коллоидты және шынайы ерітінділерді (жоғары молекулалы қосылыстардың ерітінділерінен басқасы) салыстыру (В.А.Попков және т.б., 2019)

Қасиеті	Дөрекі	Коллоидты	Шынайы
---------	--------	-----------	--------

			ерітінділер
ΔG	~ 0	> 0	< 0
Бөлшектер диаметрі	> 100 нм	$1 - 100$ нм	< 1 нм
Бөлшектердегі құрылымдық бірліктер саны	$> 10^5$	$1000 - 10\,000$	< 1000
Қағаз фильтрі арқылы сүзу	-	+	+
Мембарана арқылы сүзу	-	-	+
Диализ	-	+	-
Микроскоптағы бөлшектерді бақылау	+	$\pm$	-
Седиментация	Тез	Баяу немесе мүлдем жоқ	-
Диффузия	-	баяу	тез
Беттік энергия	Аз	жоғары	-
Жарықты өткізу	Әлсіз	таңдамалы/шашыраңқы	таңдамалы
Осмостық қысым	-	аз	жоғары

4.4.1.1. Ірі дисперсиялар

Ірі дисперсиялар (Дөрекі дисперстік жүйелер) – бөлшектерінің өлшемі 100 нм-ден үлкен болатын гетерогенді жүйелер. Бұл жүйелерде бөлшектер салыстырмалы түрде ірі болғандықтан, олар уақыт өте келе тұнбаға түсуі немесе қабаттарға бөлінуі мүмкін. *Дөрекі дисперстік жүйелер*: Суспензиялар - қатты бөлшектердің сұйық ортада таралуынан түзілетін жүйе. Мысалы, бордың судағы ерітіндісі, балшықты лай су. Олардың бөлшектері ірі, тұнба түзеді. Медицинада: кейбір дәрілік суспензиялар, рентген сәулелерінді пайдаланылатын барий сульфаты.

4.4.1.2. Коллоидтық ерітінділер

Коллоидтар құрамындағы заттың түріне емес, бөлшектердің өлшеміне қарай анықталады. Коллоидтық дисперсия – бұл диспергентті бөлшектері диаметрі 1–1000 нм болатын, өте үлкен иондар немесе молекулалар кластерінен тұратын қоспа.

Жоғары молекулалық (макромолекулалық) қосылыстар (мысалы, ақуыздар, полисахаридтер) суда еріген кезде бірден коллоидтық ерітінділер түзеді. Төмен молекулалық қосылыстар молекулалардың агрегаттарға – мицеллаларға бірігуі арқылы коллоидтық ерітінділер түзе алады (мысалы, сабын ерітінділері). Ағзада көптеген заттар коллоидтық күйде болады. Коллоидтық күй үлкен беткі қабатын қамтамасыз етеді, бұл көптеген химиялық реакциялар үшін қажет. Коллоидтар сумен бай, ал су да осы реакциялар үшін маңызды. Ағзада барлық ақуыздар коллоидтық күйде болады. Нативтік ақуыздан судың жоғалуы оның коллоидтық қасиеттерін төмендетіп, өмірлік функцияларын әлсіретеді.

Дисперстік жүйелердің қасиеттері 4.3-кестеде көрсетілген.

Коллоидтық бөлшектерді аналитикалық бөлшектерден диализ әдісі арқылы бөлуге болады. Коллоидтық дисперсиялардың қасиеттері дисперстік бөлшектер мен дисперсиялық ортаның байланысының сипатына байланысты.

Қан көптеген заттарды коллоидтық дисперсияларда тасымалдайды, оның ішінде әртүрлі ақуыздар бар. Коллоидтық дисперсия сұйық күйде болғанда, дисперстік бөлшектер, едәуір үлкен болса да, қалыпты сүзгі қағазы арқылы ұстала алмайды. Олар жеткілікті үлкен болғандықтан жарықты шағылдырып, шашыратады. Коллоидтық дисперсияның жарықты шашыратып көрсететін қасиеті *Тиндалл эффекті* деп аталады, оны британдық ғалым Джон Тиндалл зерттеген. Бұл эффект тұманның сүттей немесе жартылай қараңғы көрінуіне, сондай-ақ кейде күн сәулесінің орман қалыңынан өтіп көрінуіне себеп болады.

Сұйық коллоидтық дисперсияда ірі бөлшектер ауырлық күші әсерінен ақырында тұнбаға түседі. Тұнба түзілу үдерісі бірнеше секундтан бірнеше онжылдыққа дейін созылуы мүмкін. Бөлшектердің диспергирленуін сақтайтын факторлардың бірі – олардың еріткіш молекулаларымен тұрақты соқтығысуы. Бұл соқтығысуды микроскоппен қарағанда байқауға болады: коллоидтық бөлшектерді тікелей көре алмаймыз, бірақ олардың ретсіз қозғалысы жарықтың жарқылын тудырады. Бұл қозғалыс *Броун қозғалысы* деп аталады.

Эмульсиялар – екі сұйықтықтың коллоидтық дисперсиясы. Эмульсия екі араласпайтын сұйықтықты шайқап алу арқылы түзіледі. Эмульсиялар әдетте тұрақсыз (мысалы, май судан тез бөлінеді). Эмульсияны үшінші компонент – *эмульгатор* көмегімен тұрақтандыруға болады. Биологиялық тұрғыдан маңызды эмульгаторлар – *ұйқы безі тұздары* (сілтілі қышқыл тұздары). Олар қоректік заттарды қорыту мен сіңіру үшін маңызды. Асқазаннан өтетін липидтер (майлар) жұқа ішекке жеткенде, олар судың ішінде сұйық тамшыларға бөлінеді. Ішекте эмульгациялану биологиялық беткі активті заттар – *ұйқы безі тұздары* арқылы жүзеге асады. Олар «май–су» интерфейсында орналасып, ішектің механикалық әсерімен бірігіп, липид тамшыларын эмульгирлейді, осылайша олардың жалпы беттік ауданын едәуір арттырады. Беттік ауданның өсуі липидтердің қорыту жылдамдығын арттырады.

Дисперстік коллоидтық бөлшектер әдетте электрлік зарядқа ие. Коллоидтық бөлшектердің агрегациясын, кеңеюін және тұндыруын шектейтін күштер олардың электрлік зарядына байланысты. Зарядталған бөлшектер тұрақты электр өрісінде қозғала алады (*электрофорез*). Бөлшектердің бетінде заряд молекулалардың функционалдық топтарының диссоциациясы арқылы түзіледі: егер бөлшекте қышқыл –COOH тобы болса, анион –COO– пайда болады; негізгі –NH₂ тобы болса, катион NH₃⁺ түзіледі. Егер бөлшектер амфотерлі болса (қышқылдық және негіздік топтары бар), орта рН-сына байланысты олар *цвиттер-ион* (диполярлық ион), анион немесе катион түрінде болады.

Коллоидтық жүйелер коллоидтық-осмостық (онкотикалық) қысым және дзета-потенциал қасиеттерін көрсетеді.

Коллоидтық ерітінділерді олардың қасиеттеріне қарай жіктеу:

1. Лиофильді (гидрофильді) зольдер – суда жақсы ерітіндейтін коллоидтар;
2. Лиофобды (гидрофобды) зольдер – суда нашар ерітіндейтін коллоидтар;

3. Мицеллалар (ассоциативті коллоидтар) – молекулалардың агрегаттары, мысалы, сабын немесе бейорганикалық мицеллалар.

Лиофильді коллоидтар макромолекулалық заттардың спонтанды еріген кезінде түзіледі. Олар негізінен жоғары молекулалық органикалық қосылыстардан тұрады. Лиофильді коллоид бөлшектері ерітіндіде сольваттық (гидраттық) қабықшамен тұрақтандырылған, бұл қабықша бөлшектердің агрегациясын болдырмайды. Ерітіндіге бейтарап тұздың (электролиттің) артық мөлшері қосылған кезде гидраттық қабықшаның жоғалуы бөлшектердің ерітіндіден тұндырылуына (высаливанию) әкеледі. Жасушалар, негізінен, лиофильді коллоид ерітінділерінен (сонымен қатар ірі-дисперстік жүйелерден) тұрады.

Белгілі бір жағдайларда коллоидтық жүйедегі дисперстік фаза коагуляцияға ұшырап, сұйықтықты қосқанда өте тұтқыр денеге айналады, оны **гель** деп атайды. Гель түзілуі кезінде су немесе басқа еріткіштер сіңіріледі, сондықтан оны *гидратталған немесе сольватталған гель* деп атайды. Дисперстік заттың талшықтары күрделі үшөлшемді тор құрайды, ал аралықтары еріткіш немесе дисперстік фазаның сұйылтылған ерітіндісімен толтырылады.

Глобулярлы ақуыздар әдетте қалыпты тұтқырлықтағы коллоидтық ерітінділер – **зольдер** түзеді. Зольдер жартылай қатты немесе жартылай тұтқыр форманы қабылдаған кезде олар **гельге** айналады. Жоғары молекулалық қосылыстардан гель еріткіште ісіну кезінде – қатты полимерлердің молекулаларды сіңіруі арқылы пайда болады.

Жоғары тұтқырлыққа ие гельдер талшықты ақуыздардан түзіледі (мысалы, коллагеннен алынған желатин, полисахаридтік гельдер – декстран, сефадекс). Гельдер икемді және тұрақты форманы сақтайды.

Гельдер табиғаттағы маңызды коллоидтық жүйелер болып табылады: олар жасушаларға икемділік пен серпімділік береді, электролиттердің диффузиясын қамтамасыз етеді және метаболикалық реакциялар үшін үлкен беттік аудан тудырады.

Жасушалардың жасуша қабығы коллоидтық сипатқа ие, ал жасуша ішінде гель орналасқан. Гельдер қартая бастағанда, бөлшектер коагуляцияға ұшырап, көлемі азаяды және су ығыстырылады.

Ассоциативті коллоидтар, немесе **мицеллалар**, төмен молекулалық амфипатикалық қосылыстар еріген кезде түзіледі. *Амфипатикалық қосылыс* – молекуласында гидрофильді (полярлық) және гидрофобты (лиофильді, полярлы емес) топтары бар қосылыс. Амфипатикалық қосылыстар белгілі қатынаста суда араласқанда спонтанды түрде коллоидтық бөлшектер – мицеллалар түзеді. Мицелла глобулярлы агрегат болып табылады, оның ішінде гидрофобты "құйрықтары" біріккен, ал гидрофильді "басы" судың ортасына бағытталған. Мысалы, сабын және детергенттер амфипатикалық қосылыстарға жатады.

Амфипатикалық қосылыстар жануар жасушалары мембранасының құрылымдық негізін құрайды. Жасуша мембраналары фосфолипидтер мен ақуыздардан тұрады. Фосфолипидтер – амфипатикалық заттар. Олар

созылмалы мицеллалар түзеді, нәтижесінде молекулалар екі қатар немесе *липидтік қос қабат (бислой)* түзеді. Жасуша мембраналарының липидтік қос қабатында гидрофобты топтар мембрана ішіне бағытталған, ал гидрофильді басы қос қабаттың әр бетінде судың ортасына бағытталған.

Ұзын көміртекті қышқылдар суда ерімейді, бірақ олардың тұздары (натрий немесе калий тұздары) – сабындар – суда дерлік толық араласады. Дегенмен, олар жеке иондар түрінде ерімейді. Сабынды сумен шайқасақ, нақты ерітінді емес, *коллоидтық дисперсия* түзіледі. Бұл мицеллаларды – молекулалық агрегаттарды қамтиды. Мицеллалар әдетте сфералық кластерлер болып, карбоксилат-ионынан тұрады, олар судың фазасында диспергенттелген. Полярлық (гидрофильді) ұштары мицелланың бетіне, ал гидрофобты (липофильді) көміртек тізбектері мицелланың ортасына бағытталған. Әр мицелланың сыртқы беті теріс зарядталған, ал оң зарядты натрий иондары мицеллалардың жанында шоғырланады (натрий тұздары суда сольватталған иондар түрінде таралған). Полярлы емес алкил тізбектері мицелла ішінде полярлы емес ортада қалады.

Полярлық карбоксилат топтары полярлық су ортасына әсер етеді. Мицеллалардың беті теріс зарядталғандықтан, жеке мицеллалар бір-бірін тебеді де, суда диспергентті күйде қалады.

Сабындардың негізгі қызметі – кірді кетіру. Көптеген кір бөлшектері (мысалы, теріде) май немесе май қабатымен қоршалған. Су өзі бұл май шарларын диспергенттей алмайды, себебі ол май қабатынан өтіп, бөлшектерді бір-бірінен немесе беттен бөле алмайды. Ал сабынды ерітінділер май қабатына ене алады, әрбір бөлшекті карбоксилат-ион қабатымен қоршап, оны су ортасына үйлесімді полярлық бет ретінде көрсетеді. Бөлшектер бір-бірінен тебіледі де, суда диспергентті болады және кейін жуылады. Сабынның ерекше төмен беткі керілуі оны судан әлдеқайда жақсы ылғалдандыруға мүмкіндік береді. Эмульгирлеу қабілеті мен беткі әсері сабын ерітінділеріне кір, май және майлы заттарды бөлшектеуге, оларды эмульсияға айналдырып, кейін жуып кетуге мүмкіндік береді.

Синтетикалық жуғыш заттар да сабын сияқты әрекет етеді: олар ұзын полярлы емес алкан тізбектеріне полярлық топтар қосылған. Көптеген синтетикалық жуғыштардың полярлық топтары – натрий сульфонаттары немесе сульфаттары.

Коллоидтар мен коллоидтық жүйелердің биологиялық рөлі

Барлық тірі ағзалар жоғары құрылымдық коллоидтық жүйелерден тұрады:

Протоплазма – бұл тұтқыр (жартылай сұйық, желе тәрізді) зат болып, оны жасуша қабығы қоршап тұрады.

Әрбір жасушада ішкі коллоидтық жүйе бар, ол белгілі бір реттілікпен ұйымдастырылып, жасушаның нақты функцияларын орындауға бейімделген.

Қан, лимфа, ақуыздар, шырыш, цитозоль, ядро, жасуша мембраналары биологиялық коллоидтарға жатады.

Коллоидтық бөлшектердің жоғары дисперстігі адсорбциялық үдерістерде маңызды рөл атқарады.

Цитозольдің коллоидтық-осмотық күйінің өзгеруі жасуша мен оның қоршаған ортасындағы судың таралуына әсер етіп, **ісіктің** пайда болуына әкелуі мүмкін.

Коллоидтық осмотық қысым

Коллоидтық-осмотық қысым онкотикалық қысым деп аталады. Ол қан құрамындағы мембранадан өте алмайтын компоненттер (негізінен ақуыздар) арқылы пайда болады, олар капиллярлық мембрана арқылы екі жағында бірдей концентрацияға жетуге тырысады. Қанның онкотикалық қысымы жалпы осмотық қысымның небәрі 1 пайызын құраса да, оның физиологиялық маңызы өте жоғары.

Кішкентай иондар мен молекулалар қан мен жасушааралық кеңістік арасында екі бағытта диализге ұшырай алады. Ал ірі ақуыз молекулалары мұндай қасиетке ие емес, сондықтан олардың болуы қанның жасушааралық сұйықтыққа қатысты артық осмотық қысымын тудырады. Қанның жоғары коллоидтық-осмотық қысымы жасушааралық сұйықтықтың қанға диализделу тенденциясын тудырады, бұл осмотық қысымның теңгерімін сақтау үшін маңызды.

Капилляр желісінің артериалды жағындағы қан қысымы бұл диализді болдырмайды. Оның орнына су мен еріген заттар қаннан шығып, жасушааралық сұйықтыққа өтеді. Осы үдеріс зат алмасуды қамтамасыз етеді: қоректік заттар жасушаларға жеткізіледі, ал жасушалардың қалдық өнімдері алынып кетеді. Веноздық жағында капиллярдағы қан қысымы сұйықтықтың қанға табиғи диффузиясын тежей алмайды. Бұл сұйықтық жасушалардың қалдық өнімдерін қамтиды.

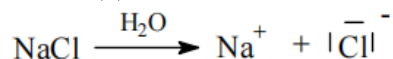
Онкотикалық қысымның маңызды функциясы — суды капиллярларда ұстап тұру. Егер капиллярлар ақуыздарға қарағанда көбірек өткізгіш болса (мысалы, хирургиялық операциялар немесе кең көлемді күйіктер кезінде), ақуыздар қаннан шығады. Ақуыздардың жоғалуы қанның онкотикалық қысымын төмендетеді, бұл тіндерден қанға сұйықтықтың қайта оралуын қиындатады. Нәтижесінде қан көлемі тез төмендейді, бұл қанды оттегіні тасымалдау және көмірқышқыл газын (CO_2) шығарудағы қабілетін айтарлықтай төмендетеді. Мидың оттегімен жеткіліксіз қамтамасыз етілуіне байланысты қан көлемінің азаюы шокқа әкеледі.

Қанның ақуыз концентрациясының төмендеуі (гипопротеинемия) басқа да жағдайларда байқалады, мысалы бүйрек аурулары немесе аштық кезінде. Бұл баяу үдеріс болса да, коллоидтық-осмотық қысымды төмендетуі мүмкін. Сұйықтық жасушааралық кеңістікте жиналып, ісіктің дамуына себеп болады. Ағза айналымдағы ақуыздарды метаболизациялауды бастағанда, ісік аштықтың белгілі кезеңдерінде байқалады. Сол сияқты тіндердегі онкотикалық қысым жоғарылаған кезде (қабыну кезінде) су тіндерге ауысып, ісік туғызады.

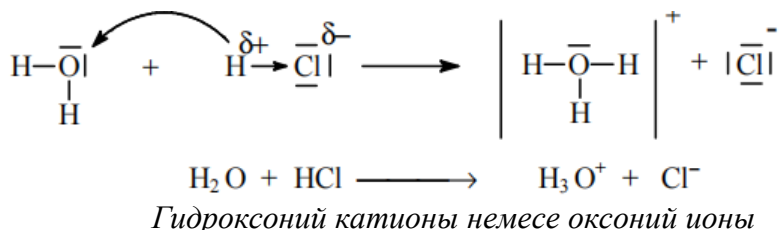
4.4.1.3. Шынайы ертінділер

1. Иондық ертінділер — электролиттердің ертінділері, онда электролиттік диссоциация нәтижесінде түзілетін иондар немесе полярлы коваленттік қосылыстардың ионизациясы арқылы пайда болатын иондар

болады. Электролит – бұл иондарға диссоциацияланатын және осылайша электр зарядын тасымалдауға қабілетті химиялық қосылыс, яғни электролит-өткізгіш болып табылады. Металдардан айырмашылығы, заряд ағыны – бұл электрондардың ағыны емес, иондардың қозғалысы. Судың ішіне иондық қосылыстар ерігенде, қатты денедегі байланысқан иондар бір-бірінен бөлінеді, себебі су олардың арасындағы күшті электростатикалық әсерді әлсіретеді. Су молекулалары кристалдың бетінде орналасқан жеке иондарды қоршап, олардың арасындағы күшті ионаралық байланыстарды әлсіретеді, нәтижесінде иондар гидратталған күйде ерітіндіге өту мүмкіндігіне ие болады. Бұл үдеріс электролиттік диссоциация деп аталады.



2. Молекулалық ерітінділер – бұл бейэлектролиттердің (мысалы, глюкоза немесе несеп қышқылы) ерітінділері. Полярлы коваленттік қосылыстар (мысалы, су молекулалары) еріген кезде молекулалар бөлініп, иондар түзіледі. Бұл үдеріс **иондану** деп аталады.



4.4.2. Коллоидты ерітінділердің медицинадағы маңызы

Коллоидты жүйелер қазіргі медицина мен фармацияның ажырамас бөлігіне айналды. Эмульсиялар мен суспензиялардан бастап, күрделі нанобөлшек жүйелеріне дейінгі даму дәрілік заттардың биожетімділігін, терапевтикалық тиімділігін арттырып, жанама әсерлерін азайтты. Мақсатты жеткізу, бақыланатын бөліну және диагностикалық функциялардың бірігуі (теранозтика) болашақ медицинаның негізін қалайды.

Нанотехнологиялардың дамуы онкология, неврология, иммунология және жұқпалы аурулар саласында жаңа терапевтикалық мүмкіндіктер ашуда.

Нанобөлшектер медицинада ең перспективті коллоидты жүйелердің бірі болып табылады. 1–200 нм өлшеміндегі бөлшектер жасушалық мембраналарды, қан-ми тосқауылын және ісік тіндерін кесіп өте алады [7, 185 б.], [8, 45 б.]

Органикалық және бейорганикалық нанобөлшектер болады. Бейорганикалық нанобөлшектерге:

➤ *Алтын нанобөлшектері* (AuNP) бетіне дәрілік молекулалар, антиденелер немесе ДНҚ тіркеуге мүмкіндік беретін бірегей оптикалық және химиялық қасиеттерге ие. Фототермиялық емдеу, биосенсорлар және диагностикада қолданылады [1, 415 б.], [7, 210 б.].

➤ *Темір оксиді нанобөлшектері* (SPION) суперпарамагниттік темір оксиді нанобөлшектері МРТ контрасты ретінде және магниттік гипертермия

арқылы ісікті емдеуде кеңінен зерттелуде. Феридекстран (Feridex) сияқты препараттар бауыр патологияларын диагностикалауда қолданылған.

Қатерлі ісік тіндерінің қан тамырлары патологиялық тұрғыдан жоғары өткізгіштікке ие. Осы қасиетке байланысты нанобөлшектер ісік тіндерінде жинақталады — бұл нанобөлшектердің ісік тіндерімен өзара әрекеті (Enhanced Permeability and Retention (EPR) EPR эффектісінің кезеңдері:

1. Нанобөлшектер қан тамырларынан ісік тіндеріне өтеді (жоғары өткізгіштік);
2. Ісік лимфа жүйесінің жеткіліксіздігінен бөлшектер тінде ұсталып қалады (retention);
3. Лигандтармен бірге әсер етуші бөлшектер жасуша рецепторларымен байланысады;
4. Эндцитоз (жасушаның сыртқы ортадан қоректік заттарды ішке сіңіру үдерісі) арқылы бөлшек жасуша ішіне кіреді;
5. Дәрілік зат жасуша ішінде (лизосомада немесе цитоплазмада) бөлінеді.

Дәрілік заттың ағзада белгілі бір мүшеге, тінге немесе жасушаға мақсатты, бақыланатын түрде жеткізілуін қамтамасыз ететін технологиялар жиынтығы *дәрілерді жеткізу жүйелері (Drug Delivery Systems, DDS)* деп аталады.

Әсіресе, онкологиялық дәрілердің жанама әсерлерін азайту мақсатында мақсатты жеткізу жүйелері кеңінен зерттелуде. Антидене-дәрі конъюгаттары (ADC) ісік жасушаларына ерекше байланатын антиденелерге цитотоксикалық молекулаларды байлайды.

Коллоидты жүйелер тек емдеуде ғана емес, *диагностикада да* маңызды рөл атқарады. Олар медициналық диагностикада контрастты агенттер:

- МРТ: гадолиний хелаттары (Магневист, Омнискан), SPION нанобөлшектері;
- КТ: йодталған контрасты заттар (нанокапсула күйінде);
- УДЗ: микробуырлар (Definity, SonoVue) — газбен толтырылған липосомалар [9, 112-118 б.];
- ПЭТ: радиоактивті изотоптармен таңбаланған нанобөлшектер;
- Коллоидты алтын нанобөлшектері (сAuNP) иммунохроматографиялық тест жолақтарының (lateral flow strips) негізін құрайды. COVID-19 экспресс-тесттері, жүктілік тесттері және инфекциялық маркерлерді анықтайтын жылдам диагностикалық жүйелер осы принципке негізделген [10, 145-150 б.].

4.5. Концентрацияны өрнектеу тәсілдері

Массалық үлес (ω) – бұл жүйедегі белгілі бір заттың (ерітілген заттың) массасының $m(x)$ жалпы ерітінді массасына m қатынасы:

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m(\text{ерітінді})} \quad (4.5.1)$$

Массалық үлес $\omega(x)$ пайыз өлшем бірлігімен өрнектеледі.

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m(\text{ерітінді})} 100\% = \frac{m(x)}{V(\text{ер.}) \times \rho(\text{ер.})} 100\% \quad (4.5.2)$$

мұндағы $\omega(x)$ – ерітіндідегі еритін заттың массалық үлесі (%);

$m(x)$ – еритін заттың массасы (г, кг);

$m(\text{ерітінді})$ – ерітінді массасы (г, кг); $V(\text{ерітінді})$ – ерітінді көлемі (мл, л);

$\rho(x)$ – ерітінді тығыздығы (г/мл, кг/л).

Мольдік немесе молярлық $C(x)$ концентрация – бір литр ерітіндідегі еріген заттың моль саны $n(x)$.

$$C(x) = \frac{n(x)}{V(\text{ер})}; \text{ моль/л немесе моль/дм}^3 \quad (4.5.3)$$

$$\text{мұндағы } n(x) = \frac{m(x)}{M(x)} \text{ немесе } C(x) = \frac{m(x)}{M(x) \times V(\text{ер.})} \quad (4.5.4)$$

мұндағы $C(x)$ – ерітіндінің мольдік концентрациясы (моль/л, моль/дм³);

$m(x)$ – еритін заттың массасы (г, кг);

$V(\text{ерітінді})$ – ерітінді көлемі (мл, л);

$M(x)$ – еритін заттың молярлық массасы (г/моль);

Егер ерітінді көлемі миллилитрмен өрнектелсе, онда:

$$C(x) = \frac{m(x) \times 1000}{M(x) \times V(\text{ер})} \quad (4.5.5)$$

Массалық үлес пен молярлық концентрацияның арасындағы байланыс былай өрнектеледі:

$$C(x) = \frac{10 \times \omega(x)\% \times \rho}{M(x)}; \quad \omega(x)\% = \frac{C(x) \times M(x)}{10 \times \rho} \quad (4.5.6)$$

Моляльдық концентрация немесе моляльдық $B(x)$ – 1000 г еріткіштегі еріген заттардың моль саны $n(x)$.

$$B(x) = \frac{n(x)}{m(\text{еріткіш})} \text{ моль/кг немесе моль/г} \quad (4.5.7)$$

$$\text{мұндағы } n(x) = \frac{m(x)}{M(x)},$$

$$\text{бұдан } B(x) = \frac{m(x)}{M(x) \times m(\text{еріткіш})} \quad (4.5.8)$$

мұндағы $B(x)$ – ерітіндінің моляльдық концентрациясы (моль/кг, моль/г);

$m(x)$ – еріген заттың массасы (г, кг);

$m(\text{ерітінді})$ – ерітінді массасы (г, кг);

$M(x)$ – заттың молярлық массасы (г/моль);

Эквивалент $n_e(x)$ (моль) – бұл нақты немесе шартты зат бөлшегі x , ол белгілі бір қышқыл-негіздік реакцияда бір сутек ионына, немесе тотығу-тотықсыздану реакциясында бір электронға сәйкес келеді. Эквиваленттік фактор $f_e(x)$ – бұл x -тің қандай бөлігі белгілі бір қышқыл-негіздік реакцияда бір сутек ионына немесе тотығу-тотықсыздану реакциясындағы бір электронға сәйкес келетінін көрсететін сан. Ол реакцияның стехиометриясы бойынша есептеледі және формула арқылы анықталады:

$$f_e(x) = \frac{1}{z} \quad (4.5.9)$$

Қышқылдар үшін z – қышқыл негізі $f_e(H_nY) = \frac{1}{n}$;

Қышқылдың негізділігі – бұл бір молекуладағы сутек атомдарының саны немесе белгілі бір реакциядағы сутек атомдарының саны.

Негіз үшін z – негіздің қышқылдығы

Қышқылдық (қышқылдылық) – бір молекуладағы OH^- иондарының саны.

Тұз үшін z – металдың валенттілігіне және атом санына байланысты

Тұздың сипаттамасы металдың валенттілігін оның атом санына көбейту арқылы анықталады.

$$f_e(Me_mY_n) = \frac{1}{m \times n} \quad (4.5.10)$$

Заттың эквиваленттік молярлық массасы – бұл заттың молярлық массасын эквиваленттік коэффициентке көбейту арқылы анықталады.

Эквиваленттік молярлық концентрациясы немесе **нормалдық $C_e(x)$** келесі формуламен есептеледі:

$$C_e(x) = \frac{m(x)}{M_e(x) \times V(x)}; \quad C_e(x) = \frac{m(x)}{M(x) \times f_e(x) \times V(x)} \quad (4.5.11)$$

Мысал есептер

1 мысал.

Судың қату температурасының төмендеуі: 18 г глюкозаны 200 г суда ерітті. Ерітіндінің қату температурасын табыңыз. $K_{кр}(H_2O) = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{кг/моль}$

Шешім: Берілгені: $m(\text{глюкоза}) = 18 \text{ г}$, $m(\text{су}) = 0,2 \text{ кг}$, $M = 180 \text{ г/моль}$

Молярлық концентрация: $b = m / (M \cdot m_{\text{су}}) = 18 / (180 \cdot 0,2) = 0,5 \text{ моль/кг}$

Рауль заңы бойынша (криоскопия):

$\Delta T_{кр} = K_{кр} \cdot b = 1,86 \cdot 0,5 = 0,93 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_{\text{қату}} = 0 - 0,93 = -0,93 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Клиникалық маңызы: қан плазмасы $-0,52 \text{ } ^\circ\text{C}$ -та қатады (осмотикалық қысым нормасы)

2 мысал.

Судың қайнау температурасының жоғарылауы: 46 г глицеринді ($M = 92 \text{ г/моль}$) 500 г суда ерітті. Қайнау температурасын есептеңіз.

Шешім: $K_{\text{жб}}(H_2O) = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{кг/моль}$

Моляльдық концентрация: $b = 46 / (92 \cdot 0,5) = 1$ моль/кг

Эбуллиоскопия:

$$\Delta T_{\text{қайнау}} = K_{\text{эб}} \cdot b = 0,52 \cdot 1 = 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{қайнау}} = 100 + 0,52 = 100,52 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

3 мысал.

Бу қысымының төмендеуі: Рауль заңы. 36 г судағы 342 г сахарозаның ($M = 342$ г/моль) ерітіндісі үшін будың салыстырмалы қысымын есептеңіз.

Шешім: $n(\text{сахароза}) = 342/342 = 1$ моль; $n(\text{су}) = 36/18 = 2$ моль

Ерітуші мольдік үлесі: $x(\text{су}) = 2 / (2 + 1) = 0,667$

Раульт заңы бойынша: $P/P^{\circ} = x(\text{су}) = 0,667$

$$\Delta P/P^{\circ} = 1 - 0,667 = 0,333 \text{ (33,3\%)}. \text{ бу қысымы 33,3\%-ға төмендейді.}$$

4 мысал.

Изотониялық глюкоза ерітіндісі: осмотық қысымы 7,4 атм болатын глюкоза ерітіндісін дайындауға қанша глюкоза (г/л) қажет?

Шешім: $t = 37^{\circ}\text{C}$, $M = 180$ г/моль, глюкоза — электролит емес.

$i = 1$ (электролит емес), $T = 310$ К

$$C = \pi / (R \cdot T) = 7,4 / (0,082 \cdot 310) = 0,291 \text{ моль/л}$$

$$m = C \cdot M = 0,291 \cdot 180 = 52,4 \text{ г/л (5.24\% глюкоза ерітіндісі).}$$

Клиникада изотондық глюкоза ерітіндісі ретінде 5% қолданылады

5 мысал.

Гипер- және гипотониялық ерітінділер: эритроцитті 2% NaCl ерітіндісіне салғанда не болады? Физиологиялық норма — 0,9% NaCl. Плазмолиз немесе гемолиз жүреді ме?

Шешім: 2% NaCl — гипертониялық ерітінді (0,9%-дан жоғары)

Ерітіндінің осмотық қысымы қан плазмасынан жоғары; $\pi(2\% \text{ NaCl}) > \pi(\text{плазма})$

Су эритроциттен сыртқа шығады → жасуша кішірейеді. Плазмолиз дегеніміз эритроциттің тарылып, бұрышты формаға келуі.

Керісінше: 0,3% NaCl (гипотониялық) → гемолиз — жасуша ісінеді және жарылады

6 мысал.

Мицелла құрылысы: AgNO_3 артық мөлшерінде AgI золін алу үшін AgNO_3 KI-ге тамызылды. Мицелланың зарядын және мицелланың схемасын жазыңыз.

AgNO_3 артық → Ag^+ иондары потенциал тудырушы болады

Шешім: $\{[\text{AgI}]_m \cdot n\text{Ag}^+ \cdot (n-x)\text{NO}_3^-\}^{x+} \cdot x\text{NO}_3^-$

Ядро: $[\text{AgI}]_m \rightarrow$ адсорбциялық қабат: $\text{Ag}^+ \rightarrow$ диффузиялық қабат: NO_3^-

Коллоидты бөлшек оң зарядты (Ag^+ ионы артық)

KI артық болса → I^- адсорбцияланып, бөлшек теріс заряд алар еді

7 мысал.

Буфер жүйесі (бонус): қан плазмасының бикарбонат буфері: $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{NaHCO}_3 = 1:20$. Гендерсон-Хассельбах теңдеуімен pH есептеңіз. $pK_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,1$

Шешім: Гендерсон-Хассельбах:

$$pH = pK_a + \lg([A^-]/[HA])$$

$$pH = 6,1 + \lg(20/1) = 6,1 + 1,3 = 7,4.$$

$pH = 7,4$ - қан плазмасының қалыпты мәні.

Бұл бикарбонат буфері ағзадағы қышқылдық-негіздік тепе-теңдікті сақтайды

8 мысал.

Физиологиялық ерітінді дайындауға 9 г NaCl алынды. Ерітіндінің жалпы көлемі 1 л. Моль концентрациясын (C_m) табыңыз. $M(NaCl) = 58,5$ г/моль

Шешім: $m = 9$ г, $V = 1$ л, $M = 58,5$ г/моль

Формула:

$$C_m = m / (M \cdot V)$$

$$C_m = 9 / (58,5 \cdot 1) = 0,154 \text{ моль/л}$$

$$0,154 \text{ M} = 0,15 \text{ M (физиологиялық қалыпты жағдай)}$$

Медициналық маңызы: бұл ерітінді қан плазмасымен изотониялық болып табылады

Бақылау сұрақтары мен тапсырмалар:

- 1) Шынайы ерітінділер дегеніміз не?
- 2) Диффузия және осмос дегеніміз не?
- 3) Диализ дегеніміз не және гемодиализдің медицинада практикалық қолданылуы қандай?
- 4) Жартылай өткізгіш мембрана дегеніміз не?
- 5) Шынайы ерітінділер мен коллоидтық ерітінділер арасындағы айырмашылықты түсіндіріңіз.
- 6) Лиофобты және лиофильді коллоидтар дегеніміз не?
- 7) Коллоидтық дисперсиялар мен суспензиялар дегеніміз не? Тиндаль эффектісін түсіндіріңіз.
- 8) Ерітінділердің коллигативтік қасиеттері қандай?
- 9) Осмостық және онкотикалық қысым дегеніміз не? Эритроциттердің гемолизін түсіндіріңіз.
- 10) Эмульсия дегеніміз не? Биологиялық маңызды эмульгаторға мысал келтіріңіз. Эмульгаторлар дегеніміз не және олардың эмульсия түзілуіндегі рөлі қандай?
- 11) Зольдер мен гельдер дегеніміз не? Коллоидтардың ассоциациясы мен мицеллалары дегеніміз не?
- 12) Ісіктің дамуы үшін қандай жағдайлар қажет екенін түсіндіріңіз.
- 13) Коллоидтардың биологиялық және медициналық маңызы неде?
- 14) H_2SO_4 15%-дық ерітіндісінің молярлық және моляльдық концентрациясын анықтаңыз (H_2SO_4 тығыздығы = $1,10$ г/см³).
- 15) 250 мл ерітіндіде 9,8 г H_2SO_4 бар ерітінді үшін молярлық концентрацияны (молярлық) және молярлық эквиваленттік концентрацияны (нормалдық) есептеңіз.

5. ЭЛЕКТРХИМИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕР

Кілт сөздер: тотығу-тотықсыздану, гальваникалық элемент, ЭҚК, электродтар.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

Электрхимиялық үдерістерді, тотығуды медициналық мысалдармен байланыстыру

Алгоритм:

- 1) Электрхимиялық үдерістердің медицинадағы қолданысын атап көрсету
- 2) Тарау соңындағы сұрақтарға жауап беру, қателерді талдау.

5.1. Тотығу-тотықсыздану реакциялары

Тотығу-тотықсыздану реакциялары (ТТР) табиғатта кең таралған және өмірдің пайда болуы мен сақталуымен тығыз байланысты айырылмас үдерістер болып табылады. Атап айтқанда, органикалық заттардың тотығуы тірі ағзаға энергия береді [1, 4 б.].

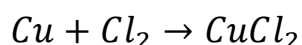
ТТР – бұл реагенттер арасында электрондардың берілуімен сипатталатын химиялық реакциялар. Тотығу – электрондарды (немесе сутегінің) беру, ал тотықсыздану – электрондардың (немесе сутегінің) қосылуы болып есептеледі.

Тотықтырғыш – бұл басқа заттың тотығуына себепші болып, электрондарды қабылдайтын зат. **Тотықсыздандырғыш**, керісінше, электрондарды береді және затты тотықсыздандыруға ықпал етеді. ТТР-де баланс сақталады: тотықсыздандырғыш беретін электрондар саны тотықтырғыш қабылдайтын электрондар санына тең.

Реакцияның тотығу-тотықсыздану реакциясы екенін анықтау үшін **тотығу дәрежесі** ұғымы қолданылады. Егер реакция барысында атомның тотығу дәрежесі өзгерсе, бұл ТТР болып саналады. Тотығу дәрежесінің өзгеруі сондай-ақ ТТР теңдеулерін теңестіру үшін қолданылады.

Тотығу-тотықсыздану реакциялары бір уақытта тотығу және тотықсыздану үдерістерінің жүруімен сипатталады. Бір реагенттің тотығуы әрқашан екінші реагенттің тотықсыздануымен бірге жүреді.

Мысалы:



Бұл химиялық реакцияда мыс тотығады, ал хлор тотықсызданады. Хлор электрондарды қабылдай отырып, **тотықтырғыш** ретінде әрекет етеді, яғни басқа заттың (осы жағдайда мыс) тотығуына ықпал етеді. Мыс электрондарды бере отырып, **тотықсыздандырғыш** болып, хлордың тотықсыздануын қамтамасыз етеді. Тотығу және тотықсыздану үдерістерінің өзара байланыстылығына қарай, бұл реакция **тотығу-тотықсыздану реакциясы** ретінде жіктеледі.

Тотығу дәрежесі (сонымен қатар **тотығу саны** деп те аталады) — атомның заттағы тотығу дәрежесінің өлшемі. Коваленттік қосылыстардағы атомдардың тотығу дәрежесі — бұл атомдардың жалпы электрондары бірдей атомдарға тең бөлінгенде немесе әртүрлі атомдар үшін әр байланыста жоғары электртерістік көрсететін атомға жатқызылғанда алынатын ойдан шығарылған зарядтар. Тотығу дәрежесі рим цифрларымен белгіленеді.

Біратомды иондарды қамтитын иондық қосылыстарда ионның тотығу дәрежесі ионның суммарлы зарядына тең болады, мысалы, K^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} иондарының тотығу дәрежесі сәйкесінше I, II және III.

Көптеген қосылыстардағы тотығу дәрежесін анықтауға арналған негізгі ережелер:

1. Еркін элементтің (химиялық байланыссыз элементтің) тотығу дәрежесі нөлге тең. Мысалы, Na , Be , O_2 үшін тотығу дәрежесі 0.

2. Сутегінің тотығу дәрежесі I-ге тең, тек металдармен бинарлық қосылыстарда ерекшелік бар. Мысалы, LiH , CaH_2 үшін тотығу дәрежесі -I.

3. Көбінесе оттектің тотығу дәрежесі -II, сутек пероксидінде (H_2O_2) -I.

4. Фтор барлық қосылыстарда -I тотығу дәрежесіне ие. Басқа галогендер иондық қосылыстарында теріс тотығу дәрежесін алады (мысалы, $NaCl$, KBr). Оттеппен қосылыстарында (мысалы, оксоқышқылдарда, $HClO_2$) оң тотығу дәрежесін көрсетеді.

5. Бейтарап молекуладағы барлық атомдардың тотығу дәрежелерінің қосындысы нөлге тең болуы керек. Көпатомдық ионда барлық атомдардың тотығу дәрежелерінің қосындысы ионның суммарлы зарядына тең. Мысалы, сульфат-ионы (SO_4^{2-}) үшін S тотығу дәрежесі VI, ал O -II. Қосындысы $6 + 4(-2) = -2$, бұл ионның зарядына тең.

Элементтің реакцияда тотығу дәрежесі артса, ол тотығып кеткен болып саналады; егер тотығу дәрежесі азайса, ол тотықсызданған болып табылады. Атомның тотығу дәрежесі жоғары болса, оның тотығуы да жоғары, ал тотығу дәрежесі төмен болса, тотықсыздану дәрежесі жоғары болады.

5.1.1. Нернст теңдеуі

Электролиз деп еріген иондар бар ерітінді арқылы электр тогының өту үдерісі аталады. Металдардағы электр тогы электрондардың ағымы болып табылады. Металл элементтерінің атомдары валенттік электрондардың болуымен сипатталады — бұл атомның сыртқы қабатындағы, еркін қозғала алатын электрондар. Валенттік электрондардың еркін қозғалуы арқасында олар металдың физикалық құрылымын құрайтын тор арқылы қозғала алады. Бұл **«еркін электрондар»** металдарға электр тогын өткізуді қамтамасыз етеді. Осы қасиетіне сүйене отырып, металдардан электродтар жасалады.

Металл табақшасында мыс иондарының концентрациясы қоршаған ерітіндідегі концентрациядан едәуір жоғары болады. Бұл концентрация айырмашылығы мыс химиялық потенциалының металда ерітіндіге қарағанда жоғары болуына әкеледі. Нәтижесінде, мыс иондары (Cu^{2+}) металдың бетінен электролитке спонтанды (өздігінен) түрде өтеді. Сол кезде металда электрондардың артықтығы жиналып, бетінде теріс заряд қалыптасады. Бұл теріс заряд электролиттен оң зарядталған иондарды метал бетіне тартады. Нәтижесінде металл–ерітінді шекарасында қос электрлік қабат (ҚЭК) пайда болады.

Ерітіндідегі иондардың жылулық қозғалысы әсерінен олардың бір бөлігі метал бетінен алыстап, диффузиялық қабат түзеді. Соңында теңдік орнап, қос электрлік қабатта белгілі бір потенциал секірісі пайда болады. Электрод пен электролит шекарасында пайда болатын осы теңдестірілген потенциал секірісі **электрод потенциалы** (φ) деп аталады.

Қос электрлік қабаттағы зарядтарды бөлу энергияны электрлік жұмыс түрінде жұмсауды талап етеді. Металл иондарының электролит ерітіндісіне өтуі спонтанды химиялық реакция болып табылады және пайда болатын электрлік потенциалға қарамастан жүреді. Тендік жағдайында:

$$W_{\text{элект.}} = -W_{\text{химиялық}} \quad (5.1.1)$$

Бұл теңдеу металл ионының Me^{z+} (Cu^{2+}) бір молі үшін:

$$zF\varphi = \Delta G^0 + RT \ln a(Me^{z+}) \quad (5.1.2)$$

мұндағы F — Фарадей тұрақтысы, $96485,3383 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$. Физикалық тұрғыдан алғанда, бұл бір моль элементарлық зарядтардың жалпы зарядына тең. Металл иондарының әрекеттілігі $a(Me^{z+})$ жеткілікті түрде сұйылтылған ерітінділерде олардың концентрациясымен $c(Me^{z+})$ ауыстырылуы мүмкін.

Жазылған өрнекті zF -ге бөлу арқылы иондардың концентрациясы мен температурасына байланысты электрод потенциалының тәуелділігі үшін теңдеуді аламыз:

$$\varphi = \frac{\Delta G^0}{zF} + \frac{RT}{zF} \ln a(Me^{z+}) \quad (5.1.3)$$

$a(Me^{z+})=1$ кезінде екінші қосылғыш нөлге тең болғанда, онда:

$$\varphi = \varphi^0 = \frac{\Delta G^0}{zF} \quad (5.1.4)$$

орнына қойып, мына өрнекті аламыз:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{zF} \ln a(Me^{z+}) \quad (5.1.5)$$

Бұл теңдеу *Нернст теңдеуі деп аталады* [1, 4 б.]. $298,15 \text{ К}$ кезінде $\frac{RT}{F} = 0,02569 \text{ В}$ тең болады. Натурал логарифмді ондық логарифмге айналдыру үшін $2,303$ санына көбейтеміз. Осыларды қоя отырып, төмендегі теңдеуді аламыз [1, 406 б.]:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,05915}{z} \lg a(Me^{z+}) \quad (5.1.6)$$

5.2. Гальваникалық элемент. Электрқозғаушы күш (ЭҚК)

Электрхимиялық реакциялар электрод пен (бірінші текті өткізгіш) электролит ерітіндісі (екінші текті өткізгіш) қатысында жүреді. Реакция электрод пен ерітіндінің жанасқан бетінде өтеді. Сондықтан электрхимиялық реакциялар электродтық реакциялар немесе электродтық үдерістертер деп аталады.

Электродтық үдеріске өзара тығыз байланысқан екі үдеріс жатады. Олардың бірі химиялық реакцияның нәтижесінде электр тоғының (э.к.к.) пайда болуы болса, екіншісі оған қарма-қарсы үдеріс электр тоғы әсерінен химиялық реакцияның жүруі (электролиз) болып табылады.

Электрод пен ерітінді арасында өтетін электродтық реакциялар тотығу-тотықсыздану реакциялары болатындықтан, олар бір фазадан (мысалы, электродтан) екінші фазаға (электролит ерітіндісіне) электрондардың ауысуы арқылы тіске асады. Бұл кезде фазалардың біреуі теріс, екіншісі оң зарядталады, сөйтіп фазалар арасында қос электр қабаты түзіледі. Қос электр қабатында потенциалдар айырмасы, яғни электродтық потенциал пайда болады.

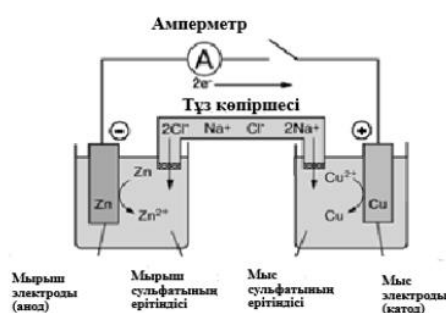
Электродтар қайтымды және қайтымсыз электродтар болып бөлінеді. Қайтымды электродта реакция электр тоғының бағытына байланысты тура бағытта да және кері бағытта да жүреді, демек, реакция қайтымды үдеріс болады. Қайтымды электродқа мысал ретінде мыс иондары бар ерітіндіге батырылған мыс электродын алсақ, онда реакция электр тоғының бағытына байланысты екі бағытта жүреді:



Қайтымсыз электродқа, мысалы, қышқыл ерітіндісіне батырылған мыс электроды жатады; бұл электродта электр тоғының бағытына байланысты екі түрлі реакция өтеді:



Қайтымды электродтардан қайтымды электрхимиялық тізбектер (гальваникалық элемент) құралады. Электрхимиялық тізбекте өтетін реакция оның электродтарында өтетін электродтық реакциялардың қосындысынан өтеді болады.



5.1-сурет. Мыс-мырыш гальваникалық элементі [3, 146 б.]

Қайтымды тізбектерге өз тұздарының ерітіндісіне батырылған мырыш және мыс электродтарынан құралған Даниэль-Якоби (гальваникалық) элементі жатады. Бұл элемент сызбалық түрде төмендегідей жазылады: $(-)\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}(+)$

Әртүрлі электродтардың стандартты потенциалыда φ^0 әртүрлі болады.

Мыс - мырыш гальваникалық элементінде химиялық реакция мынадай түрде жүреді: мырыш электрондарын беріп, тотығады, ал мыс иондары осы электрондарды қабылдап, тотықсызданады. Бұл үдеріс электр тогын туғызады, нәтижесінде мырыш теріс электрод (анод), ал мыс – оң электрод (катод) болып табылады.

Екі жарты элементтің электрлік байланысын қамтамасыз ету және электролиттердің қажетсіз араласуын болдырмау үшін тұз көпіршесі (NaCl) немесе кеуекті бөгет қолданылады, олар иондардың еркін қозғалуына мүмкіндік береді.

5.1-суретте көрсетілгендей, екі ерітінді тұз көпіршесі арқылы қосылады. Бұл U-тәрізді түтік, ішінде NaCl сулы ерітіндісі бар, оған агар-агар немесе желатин қосылып, жартылай қатты паста жасалады. U-тәрізді түтіктің ұштары шынымен бітелген. Екі металдық сым гальванометрге қосылғанда, реакция кілт жабылғанда жүреді:

1. Гальванометрде ауытқу байқалады, ол электрондардың сымдар арқылы ағуын көрсетеді.

2. Ауытқудың бағыты электрондардың мырыштан мысқа қарай ағып жатқанын көрсетеді.

3. Мырыш стержені массасын жоғалтады, ал мыс стержені массасын арттырады.

4. Мырыш сульфаты ерітіндісіндегі Zn^{2+} иондарының концентрациясы артады, ал мыс сульфаты ерітіндісіндегі Cu^{2+} иондарының концентрациясы азаяды.

5. Екі стакандағы ерітінділер барлық уақытта электрбейтарап күйде қалады.

6. Реакция және электрон ағымы біраз уақыттан кейін тоқтайды. Мырыш атомдары тотығады:

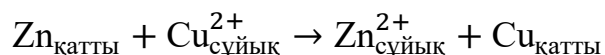


Ал алынған электрондар қосылғыш сымдар арқылы мыс электродына беріледі, онда олар Cu^{2+} иондары арқылы қабылданып, мысқа айналады:



Осылайша түзілген мыс атомдары мыс электродында шөгеді, нәтижесінде мыс стержені өседі.

Жалпы реакция:



Тотығу жүретін электрод *анод*, ал тотықсыздану жүретін электрод *катод* деп аталады. Бұл элементте *анод - мырыш, катод - мыс* болып табылады. Электрохимиялық элементте *анод теріс полюс, катод оң полюс* болып саналады.

Электр қозғаушы күш (ЭҚК, E) – гальваникалық элементтегі электродтар арасындағы потенциал айырмасы:

$$\text{ЭҚК} = \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

ϕ_2 – оң потенциалды электрод, ϕ_1 – теріс потенциалды электрод.

Стандартты ЭКК (E°) – стандартты электродтар арасындағы потенциал айырмасы.

Балқытылған иондық қосылыстар да электролит болып табылады. Электролиз үшін иондар қозғалмалы болуы керек. Қатты күйде иондар қозғалмаса, электролиз болмайды. Ал қатты иондық қосылыс балқытылғанда иондар қозғалмалы болады, балқытылған тұздар электр тогын өткізеді. Электролит термині ион ерітіндісіне немесе таза қатты иондық қосылысқа қатысты қолданылады.

Электрохимиялық жүйені сыртқы ток көзіне қосқанда, жүйе тепе-теңдік күйінен тепе-теңдіктен тыс күйге өтеді, электрод потенциалы өзгереді. Электродтың электрлік күйінің (электрод потенциалы, қос электр қабатының заряд тығыздығы) сыртқы ток әсерінен өзгеруі – *электрод поляризациясы* деп аталады.

Тепе-теңдік және тепе-теңдіктен тыс электрод потенциал айырмасы поляризация мөлшерін береді.

Тотығу-тотықсыздану потенциалдары медицинада маңызды. Ферменттік жүйелер мен субстраттар жасушалардағы биологиялық потенциал қатарын құрайды. Әр жүйе төменгі жүйені қалпына келтіруге, жоғары жүйені тотықтыруға қабілетті. Бұл ферментативті реакциялар тізбегінде энергияның біртіндеп бөлінуін қамтамасыз етеді.

Стандартты тотықсыздану потенциалдары еркін энергияның өзгерісін есептеуге қолданылады [1, 402 б.]:

$$\Delta G = nF\Delta E \text{ немесе } \Delta G^\circ = nF\Delta E^\circ$$

5.3. Медицинадағы электродтар

Электрод электр тогын энергия көзіне, жабдық бөлігіне немесе тірі ағзаға беру немесе олардан алу үшін қолданылады. Электродтар метал емес объектілер арқылы ток жіберіп, оларды әртүрлі тәсілдермен өзгертуге немесе өткізгіштікті өлшеуге арналған. Мысалдары: медициналық электродтар (ЭЭГ, ЭКГ, дефибриллятор).

➤ **Электроэнцефалография (ЭЭГ)** — ми жұмысының электрлік белсенділігін өлшеу арқылы зерттеу әдісі. Арнайы сенсорлар басқа бекітіліп, ми толқындарын тіркейді. Алынған жазба, ЭЭГ деп аталады, және ол дәрігерлерге эпилепсия, ұйқы бұзылыстары сияқты жүйке жүйесінің ауруларын анықтауға көмектеседі.

➤ **Электрокардиограмма (ЭКГ)** — жүрек ауруларын диагностикалау құралы. Жүректің электрлік белсенділігінің бейнесін талдау арқылы дәрігерлер ырғақ бұзылыстарын, ишемияны және басқа да ақауларды анықтай алады. ЭКГ-дегі тісшелерді, сегменттерді және интервалдарды бағалау диагноз қоюдағы маңызды кезең болып табылады.

➤ **Дефибриллятор** — жүректің қауіпті ырғақ бұзылыстары кезінде электр разряды арқылы «қайта іске қосатын» құрал; биомедициналық

зерттеулерде электрофизиологиялық әдістер үшін, электрохимиялық әдістерді пайдаланып химиялық талдауларда (мысалы, рН өлшеу) қолданылады.

Бақылау сұрақтары:

- 1) «Тотықтырғыш», «Тотықсыздандырғыш», «тотығу», «тотықсыздану» және «тотығу-тотықсыздану жұбы» ұғымдарына анықтама беріңіз;
- 2) Химиялық және электрхимиялық құбылыстар арасындағы өзара байланысты түсіндіріңіз;
- 3) Электрод потенциал ұғымына анықтама беріңіз және ол қалай қалыптасатынын түсіндіріңіз;
- 4) Мыс және күміс-хлорид электродтарынан тұратын гальваникалық тізбектің шартты жазбасын келтіріңіз;
- 5) $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ редокс жұбының потенциалы үшін Нернст теңдеуін жазыңыз;
- 6) Мыс сульфатының концентрациялары 0,5 және 0,001 моль/л екі мыс электродынан тұратын элементтің ЭҚК-ін есептеңіз. Қай электрод анод рөлін атқаратынын анықтаңыз;
- 7) Стандартты электрод потенциалын $\text{Cu}^{2+} + e^- \rightarrow \text{Cu}^+$ реакциясы үшін есептеңіз, берілген стандартты потенциалдар бойынша: $\varphi^0 \text{Cu}/\text{Cu}^{2+} = 0,337 \text{ В}$ және $\varphi^0 \text{Cu}/\text{Cu}^+ = 0,521 \text{ В}$;
- 8) 25°C -та $\text{Zn}^{2+} (a = 0,02)|\text{Zn}$ және $\text{Cu}^{2+} (a = 0,3)|\text{Cu}$ электродтарынан тұратын элементтің ЭҚК-ін есептеңіз;
- 9) Электрохимиялық үдерістерді сипаттаңыз: поляризация, электролиз;
- 10) Электролизді медицинада қолдануды түсіндіріңіз.

6. АТОМ ҚҰРЫЛЫСЫ. ХИМИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫС

Кілт сөздер: Атом, валенттілік, стереоизомерия, изотоп, радиоактивтілік, кванттық модель, химиялық байланыс, координациялық қосылыстар.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

- 1) Атом құрылысын, байланыстың түрлерін меңгеру
- 2) Радиоактивті изотоптарға негізделген емдеу және диагностикалық әдістерді сипаттау: рентген сәулелері, позитронды-эмиссиялық томография, сәулелік терапия.
- 3) Химиялық қосылыстардағы байланыстың түрін болжау;

Алгоритм:

- 1) Кілт сөздерді талдау;
- 2) Бақылау сұрақтарына жауап беру

Кеңістіктегі салмағы бар заттар - материя. Материяның үш түрі бар: қоспалар, элементтер және қосылыстар.

Материя – бұл таза заттардың қоспасы.

➤ **Біртекті (гомогенді) қоспалар** бір фазадан, мысалы, шынайы ерітінділерден тұрады.

➤ **Әртекті (гетерогенді) қоспалар** кем дегенде екі фазадан, мысалы, суспензиялардан және эмульсиялардан тұрады.

Таза заттардың белгілі бір бекітілген химиялық құрамы бар. **Таза зат** - бұл элемент немесе қосылыс. Элементтер - қосылыстардың құрылыс блоктары.

Элементтер - бұл қарапайым заттарға бөлінбейтін, бірақ алуға, сақтауға (кейде арнайы жағдайларда) және тәжірибелерде қолдануға жеткілікті тұрақты заттар. Белгілі мысалдарға темір, мыс, күміс және алтын жатады. Қосылыстар әрқашан екі немесе одан да көп элементтерден тұрады. Су - қарапайым қосылыс.

Атом — бұл химиялық қасиеттерін көрсететін элементтің ең кішкентай бөлшегі.

Молекула — химиялық қасиеттерін көрсететін таза заттың ең кіші бөлшегі.

Элементтер бір типті атомдардан тұрады, ал қосылыстар бірнеше типті атомдардан тұрады. Молекулалар әртүрлі атомдардан тұруы мүмкін.

6.1. Атом құрылысының кванттық механикалық моделі

Атом – элементтің ең кіші бөлшегі. Әрбір элементтің атомы басқа элементтердің атомдарынан ерекшеленеді. Атомның химиялық қасиеттері оның атомдық құрылымымен тікелей байланысты. Атомдарды құрайтын негізгі бөлшектер – протон, электрон және нейтрон.

Атом өте кішкентай, өте тығыз және оң зарядталған ядродан тұрады, оның айналасында салыстырмалы түрде аз массалы теріс зарядталған электрондар айналады (Резерфорд, 1911). Ядро атомның орталығында орналасқан және протондар мен нейтрондарды қамтиды. Протондар мен нейтрондар бірге нуклондар деп аталады. Электрондардың салмағы өте аз болғандықтан, атомның барлық массасы ядроға шоғырланған.

Протондар мен нейтрондар

Протондар саны = Атомның реттік номері (Z)

Атомдық санға, сонымен қатар, протон саны деген сипаттамалық атау беріледі. Протондар мен нейтрондар саны атомның массалық санын (A) құрайды. Массалық сан *нуклон саны* деп те аталады.

Атом номері — Д.И.Менделеевтің периодтық кестесіндегі элементтің орнын көрсетеді және протон саны арқылы қандай элемент туралы айтылып жатқанын білуге болады. Егер атомда 8 протон болса (атом номері 8), онда ол элемент оттегі, егер атомда 12 протон болса (атом номері 12), демек ол магний элементі, сол сияқты, хлор атомында (атомдық номері 17) 17 протон бар, ал әр уран атомында (атом номері 92) 92 протон бар.

Изотоптар

Атомдық және массалық сандары бірдей атомдар нуклидтер деп аталады. Мысалы, жоғарыда аталған нуклид фтор, атомдық саны $Z = 9$ және массалық саны $A = 19$, ядросында әрқайсысында 9 протон және 10 нейтрон бар атомдардан тұрады.

Кейбір элементтердің атомдары массалық саны, яғни нейтрондар саны бойынша әртүрлі болуы мүмкін. Атомдық саны бірдей, бірақ массалық саны әртүрлі атомдар изотоптар деп аталады. Олардың барлығында протондар саны бірдей, бірақ нейтрондар саны әртүрлі. Мысалы, келесі нуклидтер көміртектің изотоптары болып табылады: көміртек-12 (^{12}C), көміртек-13 (^{13}C) және көміртек-14 (^{14}C). Олардың нейтрон саны әртүрлі болуы көміртектің химиялық реакцияларына әсер етпейді.

Кейбір элементтер табиғатта тек бір нуклид түрінде кездеседі, мысалы, ^{19}F немесе фосфор ^{31}P . Басқа элементтерде екі, үш (^1H , ^2H , ^3H ; ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) немесе одан да көп табиғи изотоптар бар. Элементтің изотоптарына қарамастан, оның барлық атомдары бірдей химиялық қасиеттерге ие. Изотоптардың болуы элемент атомының орташа массасында көрінеді: периодтық кестеде көрсетілген *салыстырмалы атомдық массалар* (салмақ) әрбір табиғи изотоптың үлесін ескере отырып анықталатын элементтер атомдарының орташа салыстырмалы массаларын білдіреді. Табиғи нуклидтердің көпшілігі тұрақты және құрылымын шексіз сақтайды.

Дегенмен, кейбір нуклидтер уақыт өте келе өздігінен ыдырайды — олар радиоактивті. *Радиоактивтілік* ядролардың тұрақсыздығына байланысты, олар ядролық бөлшектердің шығарылуымен (α немесе β , кейбір жағдайларда γ сәулеленуімен бірге жүреді) және әртүрлі атомдық нөмірлері бар жана ядролардың пайда болуымен ыдырайды.

Радиоактивті нуклидтер: қатерлі ісік сәулелік терапиясында, компьютерлік бейнелеуде, радиокөміртекті даталауда, түтін детекторларында, тамақ сәулелендіруінде, радиоактивті индикаторларда қолданылады.

Радиациялық дозалар әдетте рентген сәулелері сияқты дәстүрлі бейнелеу әдістеріне қарағанда жоғары болады. Сондықтан бұл процедуралар болашақта қатерлі ісіктің даму қаупін жоғарылатуы мүмкін.

Кейбір ядролық медицина процедуралары басқаларына қарағанда ұзағырақ уақыт алады және көбірек сәулеленуді қажет етеді. Олар терінің қызаруына және шаштың түсуіне әкелуі мүмкін.

Процедурадан кейін бірден аз мөлшерде адамнан сәуле шығарылуы мүмкін және басқаларды сәулеленуден қорғау үшін сақтық шараларын қолдану қажет.

Радиоактивті ыдырау - тұрақсыз атом ядросы бөлшектер немесе электромагниттік толқындар түрінде сәуле шығару арқылы энергиясын жоғалтатын үдеріс. Атомдық нөмірі 83-тен жоғары барлық элементтер радиоактивті болып табылады.

Тұрақсыз ядро энергияны бөліп шығарады, бұл тұрақтылықты арттырады. *Радиотерапия немесе сәулелік терапия* - қатерлі ісік жасушаларын жою немесе зақымдау үшін жоғары энергиялы сәулеленуді қолданатын қатерлі ісік емінің бір түрі. Мақсат - қоршаған сау тіндерге зақымды азайта отырып, қатерлі ісік жасушаларын нысанаға алу. Ол қалай жұмыс істейді:

1. ДНҚ зақымдануын нысанаға алу: ДНҚ-ның тікелей зақымдануы: Сәулелену қатерлі ісік жасушаларындағы ДНҚ тізбектерін тікелей үзуі мүмкін. ДНҚ зақымданған кезде жасушалар өсу, бөліну және өзін-өзі қалпына келтіру қабілетін жоғалтады, бұл жасушалардың өліміне әкеледі. Жанама ДНҚ зақымдануы: Сәулелену сонымен қатар жасуша ішіндегі су молекулаларын иондап, реактивті оттегі түрлерін (бос радикалдар) түзуі мүмкін. Бұл бос радикалдар өз кезегінде ДНҚ-ны зақымдайды, бұл қатерлі ісік жасушаларының өліміне әкеледі.

2. Сәулелену түрлері:

Рентген сәулелері (фотондар): Жоғары энергиялы рентген сәулелері сәулеленудің ең көп қолданылатын түрі болып табылады. Олар денеге еніп, қатерлі ісік тініне энергия береді.

Гамма сәулелері: Бұл электромагниттік сәулеленудің тағы бір түрі, көбінесе кобальт-60 сияқты радиоактивті заттармен өндіріледі және тіндерге терең енеді.

Протон терапиясы: Протондар - оң зарядталған бөлшектер, олар энергияны ісікке минималды шығыс дозасымен тікелей жеткізеді, қоршаған тіндерге зақым келтірмейді. Терапияның бұл түрі көбінесе дәлірек.

Электрондық сәулелер: Бұлар беткі ісіктерді емдеу үшін қолданылады, себебі олар тіндерге терең енбейді.

3. Қатерлі ісік жасушаларына әсері:

Қатерлі ісік жасушалары радиацияға осал, себебі олар қалыпты жасушаларға қарағанда тезірек бөлінеді. Жасушалардың бөлінуі кезінде ДНҚ әсіресе зақымдалады, бұл қатерлі ісік жасушаларын радиациялық зақымға сезімтал етеді.

Дегенмен, радиация емдеу аймағындағы қалыпты жасушаларға да әсер етеді, дегенмен бұл жасушалар зақымданудан қатерлі ісік жасушаларына қарағанда жақсы қалпына келеді.

Электрондар санын есептеу

Атомдар электрлі бейтарап, ондағы протондардың оңдығы электрондардың терістігімен теңестіріледі. Бұл бейтарап атомда электрондар саны протондар санына тең екенін көрсетеді. Осылайша, егер оттегі атомында (атомдық нөмірі 8) 8 протон болса, онда оның да 8 электроны болуы керек; егер хлор атомында (атомдық нөмірі 17) 17 протон болса, оның да 17 электроны болуы керек.

Атом орбитальдары және атомдардың электрон конфигурациясы.

Атомдар мен молекулалардағы электрондардың әрекетін түсіну үшін кванттық механиканы (толқын механикасы деп те аталады) қолдану қажет. Бұл теорияға сәйкес, әрбір элементар бөлшек бір мезгілде бөлшек және толқын ретінде әрекет етеді. Кванттық механиканың негізгі теңдеуі - Шредингер теңдеуі. Бұл теңдеудің шешімі электронның нақты орнын емес, оның ядроның айналасындағы белгілі бір аймақта орналасу ықтималдығын береді. Электрон орналасқан кеңістіктің ең ықтимал аймағы орбиталь деп аталады. Кванттық механикаға сәйкес, атом орбитальдарын сипаттау үшін үш кванттық сан қажет. Бұл сандар сутегі атомы үшін Шредингер теңдеуінің математикалық шешімінен алынған. Нақты электронның қасиеттерін сипаттайтын төртінші кванттық сан - спин кванттық саны - атомдардағы электрондардың сипаттамасын толықтырады.

Бас кванттық сан (n) орбитальдың энергиясын анықтайды және бүтін мәндерді қабылдайды: 1, 2, 3... n артқан сайын электрон энергиясы және орбитальдардың өлшемі артады (электрондардың ядродан қашықтығы артады).

Бұрыштық импульс квант саны (l) атомдық орбитальдардың пішінімен байланысты. l мәндері n бас кванттық санының мәніне байланысты. Берілген n мәні үшін l 0-ден $(n-1)$ дейінгі мәндерді қабылдай алады. Егер $n = 1$ болса, l -дің

тек бір ғана мүмкін мәні бар: $l = 0$. Егер $n = 2$ болса, l -дің екі мәні бар: $l = 0$ және $l = 1$. Егер $n = 3$ болса, l -дің үш мәні бар: $0, 1$ және 2 және т.б. l мәні әдетте s, p, d немесе f әріптерімен белгіленеді. Осылайша, егер $l = 0$ болса, онда бізде s орбиталь бар; егер $l = 1$ болса, онда бізде p орбиталь бар; егер $l = 2$ болса, онда бізде d орбиталь және т.б. бар.

Магнит кванттық саны (m_l) кеңістіктегі орбитальдың бағытын сипаттайды және нөлді қоса алғанда, $-l$ -ден $+l$ -ге дейінгі бүтін мәндерді қабылдайды. Берілген l үшін $2l + 1$ m_l мәндері бар. m_l мәндерінің саны белгілі бір l мәні бар ішкі қабықшадағы орбитальдар санын көрсетеді. Мысалы, $n = 3$ және l болатын орбиталь $3p$ деп белгіленеді. Кеңістікте әртүрлі бағыттары бар үш $3p$ орбиталь бар (өйткені үш m_l мәні бар, олар $-1, 0, 1$ деп анықталады). $n = 3$ және $l = 2$ болатын орбиталь $3d$ деп белгіленеді. Бес $3d$ орбиталь бар (өйткені бес m_l мәні бар, олар $-2, -1, 0, 1, 2$ деп анықталады). Орбитальдардың пішіні және олардың кеңістіктегі бағыты 1.2-суретте сызба түрде көрсетілген.

Электронның спиндік кванттық санының (m_s) мәні $+1/2$ немесе $-1/2$. Бұл мәндер электронның екі мүмкін айналмалы қозғалысына сәйкес келеді. Атомдық орбиталь үш кванттық санның бірегей жиынтығымен анықталса, атомдық орбитальдағы электрон төрт кванттық санның бірегей жиынтығымен анықталады: n, l, m_l және m_s . m_s -тің тек екі мәні болғандықтан, орбитальды тек екі спиндік жұп электрон толтыра алады: бір электронның мәні $m_s = +1/2$, ал екіншісінің мәні $m_s = -1/2$.

Орбиталь өлшемі. Берілген атом үшін орбиталь қатарының n мәндері әртүрлі, бірақ l және m_l мәндері бірдей (мысалы, $1s, 2s, 3s$ және т.б.) өздерінің салыстырмалы өлшемі бойынша (кеңістіктік ауқымы) ерекшеленеді. n мәні неғұрлым үлкен болса, орбиталь соғұрлым үлкен болады, дегенмен бұл байланыс сызықтық емес. Өлшемінің ұлғаюы орбиталық бұлыңғырлықтың ұлғаюына да сәйкес келеді. 1.3-суретте сутегінің $1s, 2s$ және $3s$ орбитальдары көрсетілген. Сутегі атомы өте қарапайым жүйе, себебі оның құрамында тек бір электрон бар. Сутегінің жалғыз электроны оның кез келген атомдық орбитальдарын толтыра алады. Дегенмен, ең төменгі энергиялы күйінде, негізгі күйінде, электрон $1s$ орбитальда болады. Егер атом энергиясы жоғары болса, электрон жоғары энергиялы орбитальға көтеріліп, қозған күйді тудыруы мүмкін.

Көп электронды атомдарда жағдай басқаша. Көп электронды атомның электрондық қасиеттерін түсіну үшін біз атомның электрондық конфигурациясын білуіміз керек.

Атомдардың электронды конфигурациясы

Атомның электронды конфигурациясы электрондардың әртүрлі атомдық орбитальдар арасында қалай таралғанын көрсетеді (ол атомның электронды құрылымын сипаттайды). Электронды конфигурацияны білу бізге элементтердің қасиеттерін түсінуге және болжауға көмектеседі.

Атомдардың электрондық конфигурациясын анықтау үшін қолданылатын жалпы ережелер келесідей:

1. Бейтарап атомдарда электрондар саны атом ядросындағы протондар санына тең.

2. *Өсу принципі.* Бұл принцип бойынша, энергиясы артуына қарай электрондар орбитальдарға орналасады. Орбиталь энергиясы атом номеріне тәуелді. Бейтарап атомдардағы орбитальдардың салыстырмалы энергиялары үшін келесі тізбек шамамен дұрыс (тек сутегі атомы үшін дәл), ең төменгі энергия алдымен толтырылады: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p

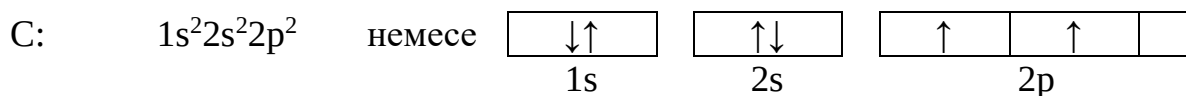
3. *Паули принципі.* Бір атомда барлық квант сандары (n , l , m_l и m_s) бірдей екі электрон болуы мүмкін емес. Бір орбитальдағы электрондардың n , l және m_l мәндері бірдей болғандықтан, бұл постулат олардың әртүрлі m_s мәндеріне ие болуы керек екенін айтады. Онда, магнит спин санының m_s екі мәні мүмкін болғандықтан, орбитальда қарама-қарсы спинді екі электрон бола алады. Бұл принцип периодтық жүйедегі атомдардағы электрондардың орналасуын атомдық модель тұрғысынан түсіндіру үшін қолданылады [6, 9 б.].

4. *Максималды еселік ережесі - Гунд ережесі.* Гунд ережесі бойынша атом үшін ең төменгі энергиялы конфигурация – Паули ережесімен рұқсат етілген максималды жұптаспаған электрондары бар конфигурация. Бұл дегеніміз, жиынтықтағы әрбір орбитальда бір электрон болмаса, электрондар орбитальда спиндік жұптаса алмайды; дегенерацияланған жиынтықтағы жеке орбитальдарды алып жатқан электрондардың спиндері параллель, яғни олардың m_s мәндері бірдей.

Осы ережелерге сәйкес, атомның негізгі күйдегі электрон конфигурациясын электрондарды орбитальдарға орналастыру арқылы табуға болады, ең төменгі энергиялы орбитальдан бастап, біртіндеп жоғары энергиялы орбитальдарға қарай жылжу керек.

Электрондық конфигурацияны орбитальдық диаграмма түрінде спин квант сандарымен көрсетуге болады:

Көміртекте алты электрон бар ($Z = 6$). Екі электрон 1s-орбитальда, екеуі - 2s-орбитальда және екеуі - 2p-орбитальда орналасқан. Үш 2p орбиталінің энергиясы бірдей болғандықтан, Хунд ережесі бойынша электрондар жекелеген 2p орбитальдарына орналасады.



Элементтердің химиялық қасиеті негізінен электрондық конфигурациясына, әсіресе валентті электрондарға тәуелді болады.

Валентті электрондар – бұл атомның сыртқы қабатындағы электрондар. Мысалы, көміртек пен неон атомдарының электрондары 2s және 2p орбитальдарында орналасқан, ал натрий атомының 3s орбиталінде бір валентті электроны бар. Валентті электрондар өте маңызды, олар химиялық байланыс түзілуіне қатысады. Бір топта орналасқан элементтер бірдей валентті электрондарға, және бірдей химиялық қасиетке ие болады.

Элементтер қасиеттерінің периодтылығы

Элементтердің қасиеттері - олардың атомдық номерлерінің периодтық функциялары. Периодтық жүйе - элементтердің химиялық қасиеттеріндегі

ұқсастықтары мен айырмашылықтары тұрғысынан көрсететін екі өлшемді кестелік құрылым.

Қатарлар *периодтар* деп аталады және оларды әдетте *араб цифрларымен* көрсетеді (мысалы, 3-период).

Бағаналар *топтар* деп аталады. Топтарды номерлеудің екі жүйесі бар: араб цифрларын қолдану (1, 2, 3), ал екіншісі рим цифрларымен (I, II, III) көрсету. Рим цифрлары ертеден қолданылып келеді, сондықтан, ол дәстүрлі болып есептеледі; ал араб цифрлары - Теориялық және қолданбалы химияның Халықаралық одағы да (IUPAC) қолдануға шешім қабылдаған жаңа атау болып табылады.

IUPAC атаулары ескірген римдік белгі жүйесін ауыстыруға арналған, бұл ескі жүйе әртүрлі элементтер үшін бірдей атауларды қолданды, бұл соңында шатасуларға әкелді.

Халықаралық нотациялық конвенцияға сәйкес, топтар 1-ден 18-ге дейін нөмірленеді, сол жақ қатардан, яғни сілтілік металдардан басталып, оңға қарай асыл газдармен аяқталады. Әр топтың ішінде ең сыртқы электрон қабығында әр элемент үшін бірдей электрондар саны болады. 3 және 12 топтар арасындағы элементтер тобы *ауыспалы металдар деп аталады*. Ауыспалы металдардың *d-орбиталдарында* бірден оңға дейін электрон болады. Бұл ауыспалы элементтердің химиялық қасиеттері өте ұқсас.

58-ден 71-ге дейінгі элементтер *лантаноидтар немесе сирек кездесетін жер элементтері деп аталады*. Лантаноидтар - *4f орбитальдары* толтырылған элементтер. 89-дан 103-ге дейінгі элементтер *актиноидтар деп аталады*. Актиноидтар - *5f орбитальдары* толтырылған элементтер.

17-топ элементтері жалпы *галогендер деп аталады*. Бұл металл емес атомдардың сыртқы қабатында жеті электрон бар. Олардың барлығы Cl- сияқты бір валентті аниондарды түзеді. Олар тотықтырғыштар, олардың тотығу қабілеті (және химиялық реактивтілігі) периодтың артуымен төмендейді, сондықтан фтордың белсенділігі жоғары, ал йодтікі төмен.

18-топ элементтері жалпы алғанда *асыл немесе инертті газдар деп аталады*. Олардың электронды конфигурациялары өте тұрақты, себебі олардың сыртқы электрон қабаты толығымен қалыптасқан. Олар тек ерекше жағдайларда ғана электрондарды алады немесе жоғалтады, сондықтан әдетте химиялық реакцияларға түспейді. Олар моноатомды газдар түрінде болады [5, 4-15 б.].

6.2. Химиялық байланыс

Атомдардағы электрондардың өзара байланысы арқылы химиялық байланыс түзіледі. Химиялық байланыс — қосылыстар құрамындағы атом ядроларын бір-біріне жақын ұстап тұратын жиынтық тартылыс күші. Атомдар сыртқы электрондық қабаттарының неғұрлым тұрақты, көбіне тұйықталған конфигурацияларын қамтамасыз ететін химиялық реакцияларға бейім келеді (қараңыз: «октет ережесі») [6, 9 б.].

Атомдарда тұрақты конфигурацияға қол жеткізу үшін сыртқы электрондар арқылы әрекеттесудің екі тәсілі бар:

1. Атомдардың бір-бірімен ортақ электрон жұбын түзуі немесе өзара бөлісуі нәтижесінде молекулалардың түзілуі; бұл жұп атомдарды байланыстыратын күш ретінде қызмет етеді, яғни коваленттік байланыс түзеді.

2. Валенттік электрондардың бір бөлігін беру арқылы қарама-қарсы зарядталған иондардың түзілуі; иондар электростатикалық күштердің әсерінен тартылып, иондық байланыс түзіледі.

Ковалентті байланыс

Бейметалдар мен металлоидар басқа бейметалдармен қосылыс түзеді, сол кезде атомдар арасында ортақ электрон жұбы есебінен тұрақты конфигурацияға ие болады.

Жай ковалентті байланыс

Бір ортақ электрон жұбы — бір коваленттік байланыс дегенді білдіреді. Ол атомдарды қосатын бір сызық түрінде бейнеленеді және жартылай толған екі атомдық орбитальдің қабаттасуының нәтижесі болып табылады; бұл орбитальдер байланыс түзетін молекулалық орбитальге айналып, оған қарама-қарсы спиндері бар екі электрон — ортақ байланыс жұбы — орналасады. Жартылай толған s- немесе p-орбитальдердің байланыс осінің бойында цилиндрлік симметриямен тікелей қабаттасуы нәтижесінде түзілетін коваленттік байланыс σ -байланыс деп аталады.

Бір элементтің атомынан түзілген байланыс полюссіз ковалентті байланыс болып табылады, бұл кезде электрон жұбы атомдар арасында бірдей таралады. Екі атомнан тұратын молекулада, мысалы, сутек немесе хлорда, бір ковалентті байланыс (σ - байланыс) түзіледі.

Электртерістігі әртүрлі бейметалдардың арасында электронды жұптың біркелкі таралмауынан түзілетін байланыс полюсті ковалентті байланыс деп аталады. Егер электртерістілік айырмасы 0,4-тен кіші болса, ковалентті байланыс полюссіз болып есептеледі.

Электртерістілік — бұл атомның байланыстырушы электрон жұбын тарту қасиеті. Атомдардың электртерістілігі Полинг шкаласында көрсетілген. Ең электртерістілігі жоғары элемент фтор, оның электртерістілік мәні 4-ке тең, бұл мәндер цезийден францийге дейін, яғни ең төменгі электртерістілік мәні — 0,7 дейін өзгеріп отырады.

Еселі ковалентті байланыс

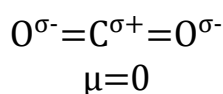
Бір жазықтықта орналасқан гибридтелмеген және жартылай толтырылған p- немесе d-орбитальдары бір-бірімен қабаттасқан кезде екі σ -байланысқан атомдар арасында бірнеше коваленттік байланыстар пайда болады. Нәтижесінде пайда болған екінші немесе үшінші коваленттік байланыс π -байланыс деп аталады, байланыстырушы электрон жұбы байланыс осінде жартылай жоғары және жартылай төмен орналасқан.

Еселі ковалентті байланыс, яғни қос байланыс (мысалы, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) бір σ -байланыстан және бір π -байланыстан тұрады. N_2 молекуласы үш еселі байланыстан ($\text{N}\equiv\text{N}$) тұрады, яғни бір σ -байланыстан және екі π -байланыстан түзілген.

Диполь моменті

Полюстілік - молекуланың маңызды қасиеттерінің бірі. Молекуланың полюстілігі оның **диполь моментімен** өлшенеді.

Диполь моменті зарядтардың (q) және олардың арасындағы қашықтықтың (d) көбейтіндісіне тең; $\mu = q \cdot d$. Тек бір ғана байланысы бар $H-F$ және $H-Cl$ сияқты екі атомды молекулалар үшін, егер байланыс полярлы болса, онда молекула да полярлы. Көпатомды молекулалардың полюстігі жалпу түрде **полюсті** емес. Жеке байланыстардың полюстілігі бір-бірін жоққа шығаруы мүмкін. Әрбір байланысқа диполь моментін (теріс зарядтан оң зарядқа бағытталған вектор) тағайындау, содан кейін байланыс диполь векторларын қосу арқылы жалпы диполь моментін алуға болады. Мысалы, сызықтық CO_2 молекуласында әрбір көміртек-оттегі байланысының диполі бар. Дегенмен, дипольдер шамалары бойынша тең және қарама-қарсы бағытта орналасқандықтан, молекуланың жалпы диполь моменті нөлге тең:



Сол себептен, жоғары симметриялы молекулаларда, яғни BF_3 (тригональды жазық симметрия) немесе CF_4 (тетраэдрлік симметрия), жеке байланыстары өте күшті полюсті болса да, бұндай молекулалар полюссіз болады, яғни жалпы диполь моментінің қосындысы нольге тең. Su молекуласындағы оттегі атомында бөлінбеген электрон жұптары болғандықтан, молекула қисық, және $O-H$ диполь моментін көрсететін векторлар бір-бір жоққа шығармайды.

Аммиак NH_3 молекуласы да сәйкесінше полюсті болып табылады. Молекулааралық байланыстар үшін диполь моменті маңызды.

Кешенді байланыс және кешенді (координациялық) қосылыстар

Кешенді байланыс - алмасу үшін электрондар бір атоммен - донор атомымен қамтамасыз етілетін байланыстың ерекше түрі.

Кешенді қосылыстар - суда немесе кез келген басқа еріткіште еріген кезде өздерінің тұрақтылығын сақтайтын және олардың қасиеттері құрамдастардың қасиеттерінен мүлде басқаша болатын молекулалық қосылыстар.

Құрамында кешенді иондары бар қосылыстар кешенді (координациялық) қосылыстар деп аталады.

Координациялық қосылыстар ішкі және сыртқы сферадан, ішкі сфера:

➤ *орталық ионнан* - координация орталығы – бір немесе мольдік бейтарап молекулалар немесе аниондар қосылған катион, орталық атом электрон жұбының акцепторы (бос орбитальдары бар), металл атомдары болып табылады, мысалы: Cu , Co , Fe , Mn және т.б.

➤ *лиганд немесе координациялық топ* – қосылатын аниондар жұбын беруге қабілетті кез келген атом, ион немесе молекула немесе бұл бөлінбеген электроны бар атом-донор, молекула немесе ион, мысалы: F^- , O^{2-} , OH^- , CN^- , H_2O , NH_3 және т.б.

➤ *координациялық санның* – орталық ионға қосылған лигандтардың жалпы саны, 2, 3, 4 және 6 болады;

Кешеннің орталық ионы - металл атомындағы электрон зарядын көрсететін сан *тотығу саны* (сандық мән) деп аталады. *Кешенді ионның заряды* – орталық ион және оған координацияланған лигандтар тасымалдайтын зарядтардың алгебралық қосындысына тең болады.

Кешенді бірлік (комплекс) орталық атоммен байланысқан, оны айнала қоршаған лигандалары бар ион немесе бейтарап молекула. Комплекстің формуласы, оның заряды бар-жоғына қарамастан тік жақшаға алынып жазылады.

Мысалы:

1. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-3}$
2. $[\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2]$
4. $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ және т.б.

Мысалы, бірінші кешенді қосылыста орталық атом темір, оның тотығу дәрежесі III, онымен байланысқан лигандтар CN^- аниондары бар. Комплексті ионның заряды -3

Координациялық қосылыстар: Катионды $[\text{PtCl}_3(\text{NH}_3)_3]\text{Br}$; Анионды $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$; Бейтарап I $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ болып жіктеледі.

Кешенді қосылыстардағы кешен ионындада лигандалар молекула түрінде болса, олардың өз халықаралық атауы (IUPAC) бойынша:

1. а) бейтарап лигандтар, мысалы H_2O – аква, CO – карбонил, NH_3 – аммин, NO – нитрозил, $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ пиридин, $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ этилендиамин және т.б.;

б) теріс зарядты лигандтар болса олардың жалпы атауына “-о” деген жалғау жалғанады (6.1-кесте).

6.1-кесте. Кейбір теріс зарядты лигандалардың атауы (А.Р.Шопабаева және т.б., 2021)

Лиганда	Атауы	Лиганда	Атауы
O^{2-}	оксо-	SCN^-	родано-
OH^-	гидроксо-	NO_2^-	нитро-
F^-	фторо-	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	оксалат-
Cl^-	хлоро-	CO_3^{2-}	карбонато-
Br^-	бром-	SO_4^{2-}	сульфато-
CN^-	циано-	C_6H_5	фенил-

Егер кешенді ионның ішінде бірнеше лиганда болса бірінші теріс лигандтар, содан соң бейтарап лигандтар аталады Лигандтардың сандары моно-, ди-, три-, тетра-, пента-, гекса- префикстерімен белгіленеді.

Координациялық сфера катион немесе бейтарап молекула болса, орталық атомның атауы сол күйінде қалады және рим цифры металдың атауынан кейін жақшадағы металдың тотығу күйін көрсетеді, мысалы $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ – гексаамминкобальт (III) хлориді, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ - диамминтетрахлороплатина (IV).

Координациялық сфера анион болса, металл атомының аты – “-ат” деп аяқталады, тотығу дәрежесі жақша ішінде рим цифрымен көрсетіледі, мысалы $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{CO}]$ – калийдің пентацианокарбонилферраты (II).

Монодентантты лигандтың мысалы ретінде O^{2-} , OH^- , CN^- , H_2O , NH_3 алуға болады. Бұл лигандтар тек бір донорлы атоммен, яғни сол бір орталық атоммен ғана байланыс түзе алады. Көптеген лигандтар бірден көп донорлық атомға ие. Бұндай лигандтарды *полидентантты* (мультидентантты) лигандалар немесе *хелатты* лигандалар деп атайды. Бір хелаттаушы лигандтағы осындай лигандтау атомдарының саны «бидентантты», «тридентантты», «тетрадентантты», «пентадентантты» т.б. аталады. Бұл екі донорлық лиганд (лиганд атомының координациялық бірлігі) бір орталық атоммен байланысқан кезде лиганд бидентантты болады дегенді білдіреді; үш байланысқан донор атомы тридентантты лиганд түзеді, ал төрт байланысқан донор атомы тетрадентат деп аталады. Бір лигандтың бірнеше донорлық атомын орталық атомға байланыстыру арқылы пайда болған циклдар *хелат циклдері* деп аталады, ал бұл донорлық атомдарды координациялау үдерісі хелат деп аталады. Осылайша пайда болған кешендер хелаттар деп аталады. Хелатталған лигандтар монодентат лигандтарға қарағанда тұрақтырақ кешендер түзеді. Әдетте, дентанттылық неғұрлым жоғары болса, пайда болған кешен соғұрлым тұрақты болады.

Медициналық тәжірибеде хелаттау лигандтары (*хелаттау агенттері*) металл улануын тікелей емдеу үшін кеңінен қолданылады, себебі олар улы металл иондарымен байланысып, ағзадан оңай шығарылатын күрделі құрылымдарды түзеді, жасушаішілік және жасушадан тыс кеңістіктерден улы металл иондарын жояды, мысалы Кальций мен ЭДТА кешені қорғасынмен улануды емдеуде қолданылады. Дененің ішінде кешендегі кальций қорғасынмен ауыстырылады. Неғұрлым еритін қорғасын – ЭДТА кешені несеппен бірге шығарылады.

Платина кешені цисплатин $cis-[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ қатерлі ісік ауруын емдеуде қолданылады, кобальттің күрделі қосылысы болып табылатын B_{12} витамині анемияның алдын алуға қолданылады. Хелаттау агенттері, сонымен қатар, өнеркәсіптік және зертханалық металдарды бөлуде экстрагенттер ретінде, сондай-ақ аналитикалық химияда металл иондары үшін буферлер мен индикаторлар ретінде қолданылады. Көптеген коммерциялық бояғыштар және хлорофилл мен гемоглобинді қоса алғанда, бірқатар биологиялық заттар хелаттау қосылыстары болып табылады [2, 522, 536 б.].

Биологиялық тұрғыдан алғанда, металдар негізінен электронды донорлық лигандтармен қоршалған иондалған металл орталықтары ретінде тотыққан күйде болады. Биологиялық маңызды лигандтардың ең маңызды үш класы бар, олар - аминқышқылдарының бүйір тізбектері бар ақуыздар, арнайы биосинтезделген макроциклді хелаттау лигандтары және потенциалды компонент ретіндегі азотты негіздері бар нуклеин қышқылдары.

Иондық байланыс

Иондық байланыс - иондық қосылыстағы қарама-қарсы зарядталған иондар арасындағы өзара электростатикалық тартылыс күші. Электрондар бір атомнан екінші атомға ауысады, нәтижесінде оң иондар (катиондар) және теріс иондар (аниондар) түзіледі. Иондық қосылыстар кристалдық торда орналасқан қарама-қарсы зарядталған иондардың комбинациясынан тұрады. Оң және теріс

иондар арасындағы электростатикалық тартылыс қосылысты бірге ұстап тұрады.

Қарапайым (бинарлы) иондық қосылыстар электртерістігі айырмасы 1,7-ден жоғары болатын екі элемент арасындағы химиялық реакцияларда түзілуі мүмкін (әдетте оттегі, күкірт және галогендермен s-металдар арасында). Бұл реакцияларда бір немесе бірнеше валенттік электрондар металл атомынан металл емес атомға толығымен ауысады. Екі атом да электрон жұптарын бөліспей, моноатомды иондар түзіп, ең жақын асыл газдың конфигурациясын алады. Иондық байланыс кейде коваленттік байланыстың жоғары поляризацияланған түрі деп аталады.

Металдық байланыс

Металдар негізінен қатты күйде болады. Металл атомдары тығыз орналасқан кристалдық торда байланысқан. Дегенмен, олар коваленттік байланыстармен немесе айналасындағы аниондармен қатаң ұсталмайды.

Металл атомдары катиондар ретінде болады және атомдардың иондалуы нәтижесінде пайда болған электрондар тор бойымен катиондардың өзара итерілуін жеңіп, электрондар мен катиондар арасында таза тартымды күштер тудыратындай етіп таралатын металл күйінің моделі ұсынылды. Бұл модельде байланыс электрондары тұтастай алғанда металл кристалына (электрон «газ») жатады және тор бойымен үздіксіз энергия жолақтары бойымен қозғала алады, осылайша электр өткізгіштігін қамтамасыз етеді. Электрондар металл ішінде молекулалық орбитальдар бойымен еркін қозғала алады, осылайша әрбір электронды оның атомынан ажыратады. Электрондар да *делокализацияланған* деп те айтылады. Натрий атомы (Na), хлор атомы (Cl), натрий катионы (Na^+), хлорид анионы (Cl^-) және натрий хлориді (NaCl) оң ядролар мен делокализацияланған электрондар арасындағы күшті тартымды күштермен бірге ұсталады. Делокализацияланған электрондардың еркін қозғалысы металдардың жоғары электрлік және жылу өткізгіштігіне әкеледі.

Молекулааралық күштер

Атомдар немесе иондар арасындағы химиялық байланыстардан басқа, молекулалар (немесе атомдар) арасында *молекулааралық күштер* деп аталатын тағы бір тартылыс күші бар. Бұл күштер, әдетте, молекулаішілік күштерге (мысалы, иондық немесе коваленттік байланыстар) қарағанда айтарлықтай әлсіз болғанымен, олар биологиялық жүйелерде өте маңызды рөл атқарады, себебі олар ақуыздардың, нуклеин қышқылдарының, полисахаридтердің және мембраналық липидтердің үш өлшемді құрылымына айтарлықтай әсер етеді.

Ван-дер-Ваальс күштері

Ван-дер-Ваальс күштеріне диполь-диполь, диполь индукцияланған және Лондон (лездік диполь индукцияланған) күштері жатады. Ван-дер-Ваальс күштері электростатикалық болып табылады және оң және теріс бөлшектер арасында, яғни тұрақты дипольдері бар полярлы молекулалар немесе лездік индукцияланған дипольдері бар полярлы емес молекулалар (немесе атомдар) арасында пайда болады.

1. Диполь-диполь күштері – бір полярлық молекуланың ішінара оң жағы мен басқа полярлық молекуланың ішінара теріс жағы арасында, яғни полярлық молекулалар арасында әсер ететін күштер. Бұл олардың тұрақты диполь моменттері бар молекулалар арасында пайда болатынын білдіреді. Диполь моменттері неғұрлым үлкен болса, күш соғұрлым үлкен болады. Бұл күштер HCl, HBr немесе H₂S сияқты полярлық молекулалар арасында пайда болады.

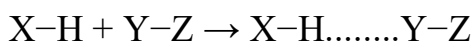
2. Диполь тудыратын күштер – тұрақты дипольі бар полярлық молекула мен индукцияланған дипольдер арасындағы тартымды өзара әрекеттесулер. Полярлық молекула полярлы емес молекуланың (немесе атомның) жанына орналастырылған кезде, полярлы емес молекуладағы (немесе атомдағы) электрондардың таралуы полярлық молекула әсер ететін күшпен бұрмаланады. Молекуладағы пайда болған диполь **индукцияланған диполь** деп аталады, себебі полярлы емес молекуладағы немесе атомдағы оң және теріс зарядтардың бөлінуі полярлық молекуланың жақындығынан туындайды. Диполь моментін индукциялаудың оңайлығы тек тұрақты дипольдің беріктігіне ғана емес, сонымен қатар, бейтарап молекуланың поляризациялануына да байланысты. **Полюстілік** - коваленттік байланыстың сол қосылыстағы басқа химиялық байланыстардың әсерінен немесе сыртқы электромагниттік өрістердің әсерінен полярлығын өзгерту қабілеті. Әдетте, молекуладағы (немесе атомдағы) электрондар саны неғұрлым көп және электрон бұлты неғұрлым диффузиялық болса, оның поляризациялануы соғұрлым жоғары болады. **«Диффузиялық бұлт»** деп біз электрондар ядромен мықтап ұсталмайтындай етіп, айтарлықтай көлемге таралған электрон бұлтын айтамыз.

3. Лондон күштері, сондай-ақ дисперсия күштері деп аталады, өзара поляризациялануынан туындайтын полярлы емес молекулалар (немесе атомдар) арасындағы тартымды күштер. Полюстену полярлы емес молекулаларды немесе атомдарды (мысалы, He немесе N₂) қамтитын газдардың неліктен конденсациялана алатынын көрсетеді. Гелий атомында электрондар ядродан белгілі бір қашықтықта қозғалады. Атомдар полярлы емес, сондықтан тұрақты диполь моменті болмайды. Егер біз электрон қозғалысын кез келген уақытта тоқтата алсақ, екі электрон да ядроның бір жағында болар еді. Дәл осы сәтте атомның лездік диполь моменті болады. Бір атомдағы электрондардың қозғалысы көршілес атомдардағы электрондардың қозғалысына әсер етеді. Бір атомның лездік дипольі көршілес атомда лездік дипольді тудыруы мүмкін, бұл атомдардың бір-бірін тартуына әкеледі. Өте төмен температурада бұл тартылыс атомдарды бірге ұстап тұру үшін жеткілікті, бұл гелий газының конденсациясына әкеледі.

Сутектік байланыс

Сутектік байланыс - диполь-дипольдік өзара әрекеттесудің ерекше түрі. Бұл бір молекуланың электртерістілігі жоғары атомымен байланысқан сутек атомы мен басқа молекулалық сутектік байланыстың немесе сол молекуланың (молекулаішілік сутектік байланыс) басқа электртерістілігі жоғары атомы арасындағы тартымды күш. Әдетте, электртерістілігі жоғары атом оттегі, азот немесе фтор болып табылады, олардың әрқайсысында кем дегенде бір жалғыз

электрон жұбы болады. Әдеттегі сутектік байланысты келесідей бейнелеуге болады:



Нүктелер сутектік байланыстарды, ал X және Y F, O немесе N-ді білдіреді. Электртерістігі жоғары болғандықтан, олардың ішінара теріс заряды (σ^-) бар. Бұл жағдайда сутектің ішінара оң заряды бар (σ^+). Кейбір жағдайларда X және Y бірдей. Оны сутек атомының кіші өлшемімен күшейтілген электростатикалық өзара әрекеттесу ретінде қарастырған дұрыс, бұл өзара әрекеттесетін дипольдерді немесе зарядтарды бір-біріне жақындатады. Сутектік байланыс әдетте дәстүрлі диполь-диполь және дисперсия күштеріне қарағанда күштірек, бірақ шынайы ковалентті және иондық байланыстарға қарағанда әлсіз. Сутектік байланыстың бар екендігі туралы алғашқы дәлел қосылыстардың қайнау температураларын зерттеу арқылы алынды. Әдетте, бір топта орналасқан элементтердің ұқсас қосылыстарының қайнау температуралары молярлық массаның артуымен артады.

Су тірі жүйелердегі ең көп таралған зат және көптеген маңызды функцияларды орындайды. Судың меншікті жылу сыйымдылығы жоғары, яғни ол жылынбас бұрын көп мөлшерде жылуды сіңіре алады, бұл адамдарға дене температурасын (терморегуляция) ұстап тұруға мүмкіндік береді. Себебі судың температурасын көтеру үшін көптеген молекулааралық сутектік байланыстарды үзу қажет. Осылайша, су температурасын аздап көтере отырып, айтарлықтай мөлшерде жылуды сіңіре алады. Сұйық судың температурасын көтеру үшін көп жылу қажет болғаны сияқты, оны булану үшін де ерекше көп жылу қажет, себебі молекулалардың газ тәрізді күйге ауысуы үшін сутектік байланыстарды үзу қажет. Бұл судың да булану жылуы жоғары екенін білдіреді. Адамдарды қоса алғанда, көптеген тірі ағзада 90 пайыз судан тұратын тердің булануы дененің өзін-өзі салқындатуына мүмкіндік береді, бұл тұрақты, сау дене температурасын сақтайды.

Сутектік байланыстар молекулааралық және молекулаішілік болады. Молекула арасындағы сутектік байланыстар NH_3 , H_2O , HF **молекулааралық сутектік байланыстар** деп аталады, яғни заттың құрамындағы жеке молекулалар арасында пайда болады.

Молекулаішілік сутектік байланыс – бір молекуланың ішінде пайда болатын байланыс, яғни екі функционалдық топтың арасында түзіледі. Молекулаішілік байланыс заттың физикалық қасиеттеріне, яғни балқу және қайнау температурасына әсер етпейді. Сутектік байланыс көптеген қосылыстардың құрылымы мен қасиеттерін анықтауда маңызды рөл атқарады және биологиялық жүйелерде өте маңызды рөл атқарады.

Сутектік байланыс: ДНҚ құрылымының екі комплементарлы жұбын бірге ұстап тұрады; олар полипептидтік тізбекті екінші реттік құрылымдарда (α -спираль және β - түрінде) ұстайды; ақуыздардың үшіншілік құрылымын тұрақтандыруға ықпал етеді; ферменттердің өз субстраттарымен байланысуына көмектеседі;

Сутектік байланыстар антидене-антиген өзара әрекеттесуін тұрақтандыру үшін де маңызды және генетикалық ақпараттың берілуінде (мысалы, транскрипция факторларының ДНҚ-ға немесе бір-біріне байланысуы) шешуші рөл атқарады.

Гидрофобты өзара әрекеттесулер

Гидрофобты өзара әрекеттесулер су мен суда нашар еритін молекулалар арасындағы байланысты сипаттайды. Су - полярлы еріткіш. Ол әдетте зарядталған немесе полярлы қосылыстар болып табылатын биомолекулалардың көпшілігін оңай ерітеді; суда оңай еритін қосылыстар гидрофильді деп аталады. Керісінше, хлороформ және бензол сияқты полярлы емес еріткіштер полярлы биомолекулалар үшін нашар еріткіштер болып табылады, бірақ липидтер мен балауыздар сияқты гидрофобты полярлы емес молекулаларды оңай ерітеді. Сулы ерітінділерде полярлы емес молекулалар (немесе молекулалардың полярлы емес аймақтары) сумен жанасудан аулақ болу үшін бір-біріне топтасуға бейім. Полярлы емес молекулаларды немесе молекулалардың полярлы емес аймақтарын бірге ұстап тұратын күштер *гидрофобты өзара әрекеттесулер* деп аталады. Көптеген биомолекулалар амфипатикалық; ақуыздар, кейбір витаминдер және мембраналық стеролдар мен фосфолипидтер полярлы және полярлы емес беттік аймақтарға ие. Бұл молекулалардан тұратын құрылымдар полярлы емес аймақтар арасындағы гидрофобты өзара әрекеттесулер арқылы тұрақтанады. Липидтер арасындағы, сондай-ақ липидтер мен ақуыздар арасындағы гидрофобты өзара әрекеттесулер биологиялық мембраналар құрылымының негізгі детерминанттары болып табылады. Полярлы емес аминқышқылдары арасындағы гидрофобты өзара әрекеттесулер ақуыздардың үш өлшемді құрылымын тұрақтандырады.

Гидрофобты өзара әрекеттесулер субстрат-фермент байланысында және антиген-антидене өзара әрекеттесуінде де маңызды рөл атқарады [5, 15 - 26 б.].

Бақылау сұрақтары

1) Келесі электрондық конфигурациясы бар атомдар тұрақты иондар түзе ала ма? Егер түзілсе, ионның электр заряды қандай болады?

а) $1s^2 2s^2 2p^5$

б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

2) Метандағы көміртек пен сутектің тотығу дәрежелері қандай және көміртек пен сутек арасындағы жалғыз байланыс сигма байланысы деп аталады деген нені білдіреді?

3) Ковалентті байланыс түзілу механизмін түсіндіріңіз.

4) Айталық, X және Y атомдары екі атомды молекула түзеді және X атомы Y атомына қарағанда электртерістігі аз. X—Y байланысы полярлы ма? Егер солай болса, σ^+ және σ^- зарядтары қайда орналасқан?

5) Иондық байланыс дегеніміз не? Иондық қосылыста электронейтралдылық қалай сақталады?

6) Молекулалық және иондық байланысты салыстырыңыз. Қандай элементтер көбіне иондық байланыс түзеді?

7) Келесі қосылыстардың қайсысы иондық байланысқа жатады? Қай қосылыс молекулалыққа жатады? SiCl_4 , LiF , C_2H_4 , глюкоза, CaCl_2 , KCl , H_2O , SO_2 , несеп (мочевина).

8) Кешенді (координациялық байланыс), кешенді қосылыс, кешендік сан, орталық атом, орталық ионның тотығу дәрежесі, ішкі және сыртқы сфера, кешенді ионның заряд ұғымдарын түсіндіріңіз.

9) Неге NH_3 және H_2O молекулалары кешенді қосылыстарда лиганд ретінде түсе алады?

10) Орталық атомның тотығу дәрежесі мен координациялық санын көрсетіңіз: $\text{K}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$ және $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_3$.

11) Қандай қосылыстар хелатты лиганд болады және хелат дегеніміз не?. Хелатты лигандқа мысалдар келтіріңіз.

12) Адам ағзасында терморегуляция кезінде су неге маңызды рөл атқарады?

13) Гидрофобты өзара әрекеттесулер принципін түсіндіріңіз.

7. БИОГЕНДІК ЭЛЕМЕНТТЕР

Кілт сөздер: биогендік элементтер, макро/микроэлементтер, уытты элементтер.

Оқу мақсаты (ТОБ бойынша):

1) Биогендік элементтердің рөлі мен уыттылығын талдау

Алгоритм:

1) Тараудағы биогендік элементтер туралы кестелерді толық меңгеру;

2) Медицинада қолданысына мысал келтіру;

3) Бақылау сұрақтарына жауап беру, қателерімен жұмыс істеу

Адам ағзасы тіршіліктің құрылымдық және функционалдық негізін құрайтын химиялық элементтерден тұратын жоғары деңгейдегі биохимиялық жүйе. Адам ағзасында 60-тан астам элементтер анықталған, бірақ олардың 25-ке жуығы ғана қалыпты физиологиялық үдерістер үшін маңызды болып саналады. Бұл элементтер биомолекулалардың түзілуіне, зат алмасу жолдарын реттеуге, гомеостазды қолдауға және генетикалық ақпаратты беруге қатысады.

Маңызды элементтердің жетіспеушілігі немесе артық болуы зат алмасудың бұзылуына және әртүрлі ауруларға әкелуі мүмкін, бұл элементтік тепе-теңдікті сақтаудың маңыздылығын көрсетеді. Сондықтан адам ағзасының химиялық құрамын түсіну медицинада, биохимияда, тамақтануда және фармакологияда іргелі болып табылады.

Физиологиялық үдерістерде маңызды рөл атқаратын барлық элементтер *биогендік* деп аталады [11, 13 б.].

7.1. Элементтердің биологиялық рөлі мен жіктелуі

Биогендік элементтер – ағзаның тіршілігі мен қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті химиялық элементтер. Олар ағзаның тұрақты құрамдас бөлігі болып табылады және маңызды биологиялық функцияларды орындайды.

Бейорганикалық элементтер барлық тіршілік үдерістеріне қатысады.

Элементтердің негізгі биологиялық қызметіне:

➤ Электролиттік және қышқылдық-негіздік тепе-теңдікті сақтау;

- Метаболизм (органикалық қосылыстардың түзілуі және ыдырауы);
- Заряд тасымдалдаушылар;
- Құрылымдық функция;
- Ферменттердің қызметін жақсарту;
- Электрондар тасымалдануы;
- Гормондар синтезі;
- Диагностикалық бейнелеу;
- Микробқа қарсы терапия және тағы басқалары жатады.

Биогендік элементтерді:

- Негізгі
- Макроэлементтер
- Микроэлементтер деп бөлуге болады [2, 500 б.], [5, 200 б.] .

7.1.1. Негізгі элементтер

Биологиялық маңызы аса зор, тіршіліктің көзі болып саналатын негізгі элементтер: оттегі (O), сутегі (H), көміртегі (C), азот (N) жалпы дене массасының шамамен 96% құрайды.

Оттегі мен сутегі адам ағзасының шамамен 60-70% құрайтын судың негізгі компоненттері болып табылады. Көміртек белоктар, липидтер, көмірсулар және нуклеин қышқылдары сияқты органикалық молекулалардың негізін құрайды, ал азот аминқышқылдары мен нуклеотидтердің негізгі элементі болып табылады [2, 500 б.], [3, 350 б.], [5, 200 б.] (7.1-кесте).

7.1-кесте. Тірі ағзаның биологиялық қызметінде маңызды рөл атқаратын негізгі элементтер (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

<i>Ағзаның тіршілігіне қажетті негізгі элементтер</i>	<i>Периодтық кестедегі орны</i>	<i>Шамамен 70 кг салмақтағы ересек адамдағы мөлшері</i>	<i>Адам ағзасындағы маңызы (қысқаша мәлімет)</i>
Оттегі (O)	2-период, 16-топ, атомдық нөмірі 8	~ 45 500 000 мг	Судың және органикалық молекулалардың негізгі құрамдас бөлігі; жасушалық тыныс алу және АТФ өндіру үшін маңызды; тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатысады.
Сутегі (H)	1- период, 1-топ, атомдық нөмірі 1	~ 7 000 000 мг	Судың және барлық органикалық қосылыстардың құрамдас бөлігі; қышқыл-негіз тепе-теңдігін сақтайды (H ⁺); энергия өндіруге және митохондриядағы протон градиенттеріне қатысады.
Көміртегі (C)	2-период, 14-топ, атомдық нөмірі 6	~ 12 600 000 мг	Барлық органикалық молекулалардың құрылымдық негізі (белоктар, липидтер, көмірсулар, нуклеин қышқылдары); биомолекулалардың негізі; зат алмасу және энергияны сақтау үшін қажет.
Азот (N)	2-период,	~ 2 100 000 мг	Аминқышқылдарының, белоктардың,

	15-топ, атомдық нөмірі 7		нуклеотидтердің, ДНҚ/РНҚ құрамдас бөлігі; фермент құрылымы мен генетикалық ақпаратты тасымалдау үшін маңызды.
--	--------------------------------	--	---

7.1.2. Макроэлементтер

Адам мен жануарлар ағзасында, сондай-ақ жасушаларда үлкен мөлшерде болатын және тіршілік әрекетіне аса қажетті химиялық элементтер (макронутриенттер). Олар құрылымдық материал қызметін атқарып, ағзаның дұрыс өсуі мен жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. **Олар** кальций (Ca), фосфор (P), калий (K), күкірт (S), натрий (Na), хлор (Cl), магний (Mg) сияқты макроэлементтер салыстырмалы түрде көбірек мөлшерде (дене салмағының 0,01%-1%) болады. Мысалы, кальций мен фосфор сүйек пен тіс құрылымы үшін өте маңызды, ал натрий мен калий осмостық тепе-теңдікті және жүйке импульсінің берілуін реттейді [3, 145 б.] (7.2-кесте).

7.2-кесте. Тірі ағзаның биологиялық қызметінде маңызды рөл атқаратын макроэлементтер (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

<i>Ағзаның тіршілігіне қажетті макроэлементтер</i>	<i>Периодтық кестедегі орны</i>	<i>Шамамен 70 кг салмақтағы ересек адамдағы мөлшері, (мг және %)</i>	<i>Биологиялық ролі (қысқаша мәлімет)</i>
кальций (Ca)	4-период, 2-топ (сілтілі жер металл), Z = 20	~ 1,050,000 мг (~ 1,5%)	Сүйектер мен тістердің құрылымдық компоненті (гидроксипатит); бұлшықеттің жиырылуына, жүйке импульсінің берілуіне, қанның ұюына, жасушаішілік сигнал беруге қатысады.
фосфор (P)	3-период, 15-топ, Z = 15	~700,000 мг (~ 1%)	Сүйектер мен тістердің құрамдас бөлігі (кальций фосфаты); АТФ бөлігі, нуклеин қышқылдары (ДНҚ/РНҚ), фосфолипидтер; энергия алмасуы мен фосфорлану реакцияларында маңызды.
калий (K)	4-период, 1-топ (сілтілі жер металл), Z = 19	~175,000 мг (~ 0,25%)	Негізгі жасушаішілік катион; осмостық тепе-теңдікті, мембраналық потенциалды, жүйке импульсінің өткізгіштігін, бұлшықет жиырылуын, қышқыл-негіз балансын реттейді.
күкірт (S)	3-период, 16-топ, Z = 16	~140,000 мг (~ 0,20%)	Құрамында күкірт бар аминқышқылдарының (цистеин, метионин), витаминдердің (тиамин, биотин) құрамдас бөлігі; ақуыз құрылымы (дисульфидтік байланыс) және детоксикация үшін маңызды.
натрий (Na)	3-период, 1-топ (сілтілі жер металл), Z = 11	~105,000 мг (~ 1,5%)	Негізгі жасушадан тыс катион; сұйықтықтың тепе-теңдігін, қан қысымын, жүйке импульсінің берілуін, бұлшықеттердің жұмысын

			қамтамасыз етеді.
хлор (Cl)	3-период, 17-топ (галоген), Z = 17	~ 95,000 мг (~ 0,14%)	Негізгі жасушадан тыс анион; осмостық қысымды және қышқыл- негіз балансын сақтайды; асқазан тұз қышқылының (HCl) құрамдас бөлігі.
магний (Mg)	3-период, 2- топ (сілтілі жер металл), Z = 12	~ 25,000 мг (~ 0,04%)	>300 ферменттер үшін кофактор; АТФ-тәуелді реакцияларға, бұлшықет релаксациясына, жүйке қызметіне және сүйек құрылымына қатысады.

7.1.3. Микроэлементтер

Микроэлементтер (микронутриенттер) – денсаулықтың маңызды құрамдас бөлігі болып табылатын химиялық элементтер.

Микроэлементтер: темір (Fe), мырыш (Zn), мыс (Cu), марганец (Mn), йод (I), селен (Se), хром (Cr), молибден (Mo), кобальт (Co), фтор (F) және т.б. сияқты микроэлементтер немесе микроэлементтер өте аз мөлшерде қажет, бірақ ферменттердің кофакторлары, жасушалық гормондардың регуляторлық үдерістерінің құрамдас бөліктері ретінде маңызды рөл атқарады. Мысалы, темір гемоглобиннің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, ал йод қалқанша безінің гормонының синтезі үшін қажет [2, 510 б.] (7.3-кесте).

7.3-кесте. Тірі ағзаның биологиялық қызметінде маңызды рөл атқаратын микроэлементтер (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

<i>Ағзаның тіршілігіне қажетті микроэлементтер</i>	<i>Периодтық кестедегі орны</i>	<i>Шамамен 70 кг салмақтағы ересек адамдағы мөлшері (мг және %)</i>	<i>Биологиялық ролі (қысқаша мәлімет)</i>
Темір (Fe)	4-период, 8-топ, Z = 26,	~ 4000 мг (~ 0,006%)	Гемоглобин мен миоглобиннің құрамдас бөлігі; оттегін тасымалдау және сақтау; электронды тасымалдау тізбегі (цитохромдар); тотықсыздандырғыш ферменттер.
Мырыш (Zn)	4-период, 12-топ, Z = 30	~2,300 мг (~ 0,003%)	>300 ферменттер үшін кофактор; ДНК/РНК синтезі; иммундық функция; жараларды емдеу; мырыш-саусақ транскрипция факторлары.
Мыс (Cu)	4-период, 11-топ, Z = 29	~100 мг (~ 0,00014%)	Оксидаза ферменттерінің құрамдас бөлігі (цитохром с оксидаза); темір алмасуы; коллаген синтезі; антиоксиданттық қорғаныс (супероксид дисмутаза).
Марганец (Mn)	4-период, 7-	~15 мг (~ 0,00002%)	Зат алмасуға қатысатын

	топ, $Z = 25$		ферменттердің кофакторы; сүйек қалыптастыру; митохондриялық супероксид дисмутаза (Mn-SOD).
Йод (I)	5-период, 17- топ (галоген), $Z = 53$	~20 мг (~ 0,00003%)	Қалқанша безінің гормондарының (T_3 , T_4) синтезі үшін маңызды; зат алмасуды, өсу мен дамуды реттеу.
Селен (Se)	4-период, 16- топ, $Z = 34$	~15 мг (~ 0,00002%)	Селенопротеидтердің құрамдас бөлігі (глутатионпероксидаза); антиоксидантты қорғаныс; Қалқанша безінің гормондарының алмасуы.
Хром (Cr)	4-период, 6- топ, $Z = 24$	~5 мг (~ 0,000007%)	Инсулиннің әсерін күшейтеді; көмірсулар мен липидтер алмасуына қатысады.
Молибден (M)	5-период, 6- топ, $Z = 42$	~5 мг (~ 0,000007%)	Оксидаза ферменттерінің кофакторы (ксантинооксидаза, альдегидоксидаза); пурин алмасуы.
Кобальт (Co)	4-период, 9- топ, $Z = 27$	~1 мг (~ 0,000001%)	B_{12} витаминінің құрамдас бөлігі (кобаламин); эритропоэз; жүйке жүйесінің қызметі.
Фтор (F)	2-период, 17- топ (галоген), $Z = 9$	~2-3 мг (~ 0,000003- 0,000004%)	Тіс эмальын нығайтады; сүйектің минералдануына қатысады.

7.2. Уытты элементтер және олардың адам ағзасына әсері

Уытты элемент дегеніміз — аз мөлшерде де тірі ағзаға зиянын тигізетін химиялық элемент.

Уытты элементтер (қорғасын, сынап, кадмий, мышьяк және т.б.) адам ағзасына жинақталып, жүйке, жүрек-қан тамырлары, ас қорыту жүйелерін зақымдайды, сондай-ақ созылмалы ауруларға, мүгедектікке және улануға әкеп соғады. Олар жасушалық деңгейде зат алмасуды бұзып, иммунитетті төмендетеді [12, 315-324 б.].

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) ең қауіпті деп таныған уытты элементтердің адам ағзасына сіңірілуі, әсер етуі, шығарылу жолдары және ағзаға зияны туралы 7.4 - кестеде келтірілген.

Тірі ағзалардағы уытты иондардың әсері бірнеше факторға байланысты:

➤ Олардың медициналық қолданылуы пайдалану мөлшеріне байланысты, өйткені жетіспеушілік те, артық та патологиялық жағдайларды тудыруы мүмкін.

➤ Физика-химиялық қасиеттері: фазалық күйі, ерігіштігі, тотығу дәрежесі, химиялық формасы;

- Әсер ету ұзақтығы мен жолына (ингаляциялық, пероральдық, тері арқылы, ал тератогенді немесе эмбриоуытты заттар үшін — плацента арқылы енуі);
- Ағза ерекшеліктеріне (жас, жыныс, генетикалық факторлар) [4, 180 б.].

7.4-кесте. Тірі ағзаға әртүрлі жолдармен енетін уытты элементтер иондарының сипаттамасы (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

<i>Уытты элементтер</i>	<i>Әсер етуі</i>	<i>Тасмалдануы</i>	<i>Сіңірілуі</i>	<i>Шығарылуы</i>	<i>Адам ағзасына зияны</i>
Қорғасын (Pb)	Белоктардың сульфгидрил топтарымен байланысады; гем синтезінің ферменттерін тежейді; Ca^{2+} иондарына кері әсер етеді	Эритроциттермен байланысады; сүйектерде сақталады	Шаң-тозаң, тамақ сумен енеді;	Бүйректе, сүйектерде болады, денеден шығып кетуі баяу	Нейроуыттылық (әсіресе балаларда), анемия, нефропатия, гипертония, дамудың тежелуі
Сынап (Hg)	Тиол (-SH) топтарымен байланысады; ферменттер қызметін бұзады	Гематоэнцефалдық бөгет арқылы өтеді; органикалық қосылыстары байланыстырады	Сынап ауада тез буланады да тыныс алу жолдары арқылы ағзаға өтеді	Несеп және нәжіс арқылы өте баяу шығарылады	Нейроуыттылық, тремор, когнитивті бұзылулар, бүйректің зақымдануы
Кадмий (Cd)	Металотионинді байланыстырады; бүйректе жиналады; ағзадағы тотығу қызметін бұзады	Альбуминмен және металотионеинмен байланысады	Темекі шегуден, ластанған тамақ пайдаланғанан	Бүйрек арқылы өте баяу шығарылады	Бүйрек түтіктерінің зақымдануы, сүйектің деминерализациясы (Итай-итай ауруы), канцерогенділігі
Мышьяк (As)	Пируватдегидрогеназаны тежейді; АТФ синтезіне кедергі жасайды	Гемоглобинмен және плазма ақуыздарымен байланысады	Ласталған суды пайдалану, ингаляция	несеп (метилденген метаболиттер)	Асқазан-ішек ақауы, нейропатия, терінің зақымдануы, өкпеде канцерогенді
Хром (Cr^{6+})	Күшті тотықтырғыш; ДНҚ зақымдануын тудырады	Жасуша ішінде азаяды; белоктарды байланыстырады	Өндірістік шаң-тозаң	Несеп арқылы	Өкпенің зақымдануы, дерматит, канцерогенді (өкпенің қатерлі ісігі)
Никель (Ni)	Белоктарды байланыстырады; жоғары сезімталдықты тудырады	Альбуминмен байланысады	Тыныс алу жолдары, теріге тию	Несеп арқылы	Аллергиялық дерматит, респираторлық уыттылық, канцерогенді
Алюминий (Al)	Фосфат алмасуын бұзады; жүйке жүйесіне аса қауіпті	Трансферринмен және альбуминмен байланысады	Тамақ, сумен ас қорыту жолдары арқылы, лас диализбен ағзаға өтеді	Бүйрек экскрециясы	Нейроуыттылық (диализдік энцефалопатия), сүйек тінінің бұзылуы
Бериллий (Be)	Иммунды-делдалдық гранулематозды реакцияны тудырады	Плазма ақуыздарын байланыстырады	Өндірістік шаң-тозаң	Өкпеден	Созылмалы бериллиоз (өкпенің фиброзы), канцерогендік потенциал

7.2.1. Кешенді қосылыстар және металл иондарымен уланудан емдеу

Ағзалар қажетсіз бейорганикалық заттарды шығаруға бағытталған әртүрлі детоксикациялық стратегиялар жасаған. Кейбір ақуыздар белгілі бір концентрацияға дейін уытты иондарды байланыстырып, оларды қан айналымынан шығаруға мүмкіндік береді. Арнайы мембраналар жоғары зарядталған иондардың миға, ұрыққа немесе жасуша ядросына өтуіне тосқауыл қоя алады.

Металдармен улануды емдеуде басты назар удың әрі қарай сіңуін болдырмауға (әсер ету аймағынан шығару, асқазан-ішек жолдарынан сіңуді барынша азайту), сіңген уды шығарып тастауға (диурез, диализ, хелаттық терапия) және жалпы қолдаушы терапияға беріледі.

Хелаттық терапия металдармен улану кезінде, сондай-ақ металдардың жиналуына байланысты ауруларды (*Вильсон–Коновалов ауруы*) және қанның артық жүктемесін (талассемия салдарынан болатын темір жүктемесі) емдеуде көрсетілген. *Хелат түзуші агент* - металл атомымен хелаттық кешен түзе алатын полидентатты лиганд. Лигандтың құрамында электрондонорлық топтар болуы тиіс; бұл топтар шығарылады деп жоспарланған металға жоғары әсер танытып, оны ақуыздармен немесе басқа да эндогенді лигандтармен түзілген кешендерден ығыстырып, оңай бөлінетін күйге көшіреді [13, 112 б.].

Емдеудің ең тиімдісі - металл әлі қан айналымында немесе жасушадан тыс сұйықтықта болған кезде хелатирлеуші агентті енгізу. Металл жасуша ішіне енген жағдайда, ол аз қолжетімді болады.

Ең маңызды хелатирлеуші агенттер:

1. **Полиаминополикарбон қышқылдары** (қорғасын интоксикациясында антидот ретінде қолданылады) төмен уыттылықпен сипатталады, өйткені олар Na^+ , Ca^{2+} және Zn^{2+} иондарымен тұрақты тұздар түзеді (мысалы, CaNa_2EDTA — этилендиаминтетрасірке қышқылының кальций-динатрий тұзы).

2. **–SH топтарын қамтитын қосылыстар**, мысалы, димеркапрол (2,3-димеркапто-1-пропанол), DMPS (2,3-димеркапто-1-пропансульфон қышқылы) және DMSA (2,3-димеркаптоянтарь қышқылы). Бұл дитиолдық қосылыстар белоктардың сульфгидрильді топтарымен тиімді бәсекелесе алады және негізінен Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , Sb^{3+} иондарымен уланғанда қолданылатын тиімді хелатирлеуші агенттер болып табылады.

3. D-пеницилламин, Hg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} иондарымен улану жағдайында қолданылады.

4. Краун-эфирлер, Cd^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} иондарымен улануда селективті түрде қолданылады.

5. Десферриоксмин (Десферал) - темір және алюминиймен улануда қолданылатын агент. Ол, мысалы, қан құюға байланысты дамиды темірдің артық жүктемесін емдеуде көрсетілген.

7.3. Бейорганикалық қосылыстардың медицинада қолданылуы

Бейорганикалық немесе металл құрамды дәрілік қосылыстар ағзаға қажетті химиялық элементтерді қамтуы мүмкін. Қазіргі таңда профилактикалық

медицина - мысалы, рак немесе ишемиялық жүрек ауруын ерте анықтау және емдеу - аса маңызды рөл атқарады.

Профилактикадағы негізгі құралдар инвазивті емес әдістерге негізделген, мысалы: магнитті-резонансты томография (МРТ); компьютерлік томография (КТ), сондай-ақ ядролық медицинада қолданылатын әдістер: сцинтиграфия және бірфотонды эмиссиялы компьютерлік томография (БФЭКТ).

Ядролық медициналық визуализация кезінде радиоактивті таңбаланған молекулалар - радиофармпрепараттар - енгізіледі [5, 44 б.].

7.3.1. Медицинадағы қолданбалы химия: контрастты заттар химиясы

Контрастты химиялық заттар **рентгенография** мен **МРТ** кезінде ағзаның құрылымдарын жақсы көруге көмектеседі. Бірақ олардың құрамы мен қолданылуы әр әдісте әртүрлі.

Рентгенографияға арналған контрастты заттар рентген сәулелері тығыз құрылымдарды жақсы көрсетеді, ал кейбір жұмсақ тіндер нашар көрінеді. Контраст заттар айқын көрсетеді. Негізгі түрлері - Барий сульфаты (BaSO_4)

- Асқазан-ішек жолын зерттеуде қолданылады.
- Рентген сәулесін өткізбейді → ақ түсте көрінеді.
- Сіңірілмейді, тек ішек арқылы шығады.

Йодты контрасттар (йодорганикалық қосылыстар)

- Қан тамырларын, бүйректі, несеп шығару жолдарын зерттеуде.
- Суда ериді және қан арқылы тарайды.

Мысалдар: иондық және иондық емес йод препараттары.

Бұл контрастты заттарды пайдаланғанда кейбір: Аллергиялық реакциялар; Бүйрек функциясына әсері; Жылу сезімі; Ауызда металл дәмінің келуі (уақытша) сияқты жағымсыз әсерлері болуы мүмкін.

- МРТ-ға арналған контрастты заттар;
- МРТ магнит өрісі арқылы кескін алады, сондықтан контраст заттардың химиясы мүлде басқа.

Гадолиний (Gd) негізіндегі контрасттар Тіндердің визуализациясын жақсарту үшін МРТ контраст агенттері (гадолиний хелаттарына негізделген).

- Магниттік қасиетін өзгертіп, кескінді айқындайды.
- Ісіктерді, қабынуды, қан тамырларын жақсы көрсетеді.
- Суда еритін кешен түрінде беріледі (таза гадолиний уытты).
- Гадолиний контрасттарын бүйрек жеткіліксіздігі бар науқастарда

абай қолдану қажет.

Бірақ гадолинийдің қазіргі заманғы хелатты формалары аса қауіпті емес.

Радиофармацевтикалық препараттар — құрамында радиоактивті атомдар (радионуклидтер немесе радиоизотоптар) бар қосылыстар. Мысалы: галлий, кобальт, технеций, рений, родийдің түрлі радиоактивті изотоптарын қамтитын кешендер радиацияны мақсатты аймаққа жеткізу үшін кеңінен қолданылады.

Бұл изотоптар қатерлі ісік немесе нейродегенеративті аурулар сияқты әртүрлі дерттерді инвазивті емес әдістермен диагностикалау мен емдеуде маңызды рөл атқарады. Диагностикалық визуализация үшін радиоактивті

изотоптар қолданылады, олар мақсатты органның нақты кескінін береді, бірақ қоршаған тіндерге аз әсер етеді. Бұл γ -сәулеленетін изотоптар арқылы жүзеге асады.

Ал α - немесе β -сәулеленетін радионуклидтер емдеу мақсатында қолданылады. Егер бұл нуклидтер γ -сәулеленуді де шығаратын болса, олар емдік агенттің таралуын бақылауға мүмкіндік береді. Бұл изотоптар ыдырау кезінде энергияны қысқа қашықтыққа береді, нәтижесінде мақсатты жасушаларда жоғары локалды доза, биологиялық зақымдану, некроз немесе апоптоз дамиды. Сондықтан олар қатерлі ісікпен күресте кеңінен қолданылады.

Енгізілгеннен кейін мақсатты тінде қажетті жинақталуды қамтамасыз ету үшін радионуклидтің физикалық жартылай ыдырау кезеңі жеткілікті ұзақ болуы керек. Сонымен қатар, радиоактивті ыдырау уақыты пациенттің сәулелену дозасын азайту үшін жеткілікті қысқа болуы тиіс. Идеалды радиофармпрепарат тез локализацияланып, сау тінге аз ғана зақым келтіріп, зерттеу барысында мақсатты органда сақталады және тез арада ағзадан шығарылады.

Сәулелік терапия және диагностиканың ең көп қолданылатын изотоптары:

➤ Заманауи ядролық медицинаның ең мықты диагностикалық құралы. ^{18}F -FDG (FDG = ^{18}F -фтордезоксиглюкоза). ПЭТ/КТ — Позитрондық Эмиссиялық Томография. Онкологияда (ісік стадиясы, метастаз іздеу, емге болжам, рецидив анықтау), кардиологияда (миокард), неврологияда (Альцгеймер ауруы, эпилепсия ошағы, Паркинсон ауруы, ми ісіктері) қолданылады. Фтордезоксиглюкоза — бұл глюкозаға ұқсас. Айырмашылығы C_2 орнындағы гидроксил тобы ($-\text{OH}$) радиоактивті ^{18}F атомына ауыстырылған. Ісік жасушалары глюкозаны қарқынды тұтынатындықтан (Варбург эффектісі), FDG-ны да бірдей сіңіреді. Бірақ ішке кіргеннен кейін гексокиназа ферменті оны фосфорлайды да — жалғасы болмайды, FDG жасушада тұрып қалады. Міне, осы тұзақ механизмі ісіктерді ерекше жарқырата көрсетеді. КТ анатомиялық картаны, ПЭТ метаболикалық белсенділікті береді. Екеуін біріктіргенде дәрігер қай мүшенің қай нүктесінде ісік белсенділігі бар екенін нақты анықтайды.

➤ ^{177}Lu -DOTATATE (Lutathera®) — нейроэндокринді ісіктерге арналған ең заманауи нысаналы радионуклидтік терапия.

Нейроэндокринді ісік жасушалары SSTR2 рецепторларын қалыпты жасушаға қарағанда 10–100 есе көп экспрессиялайды — осыны пайдаланып, пептид рецепторға байланысады да, бүкіл молекула жасуша ішіне «тартылады» (интернализация). Ішке кірген соң бета бөлшектері ДНҚ-ны зақымдап, жасушаны өлтіреді.

➤ ^{131}I (Иод-131) — 1940 жылдан бері қолданылып келе жатқан, ядролық медицинадағы ең ескі және ең маңызды терапиялық изотоп. Бүкіл ағзада NIS (Sodium-Iodide Symporter) тасымалдаушы арқылы тек қалқанша без жасушалары (тироциттер) иодты жақсы сіңіреді. Радиоактивті ^{131}I жасушаларда жиналып, ішінен β^- бөлшектермен зақымдайды. Қалған мүшелерге зияны аз. β^- сәулесі емдейді, γ сәулесі сцинтиграфия арқылы метастаздарды бейнелейді — бір изотоп бір мезгілде терапевтік те, диагностикалық та рөл атқарады.

➤ ^{67}Ga — қабыну үдерістерін немесе қатерлі жасушаларды локализациялау үшін қолданылады.

➤ Технеций-99м ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) ядролық медицинада ең көп қолданылатын радиоизотоп, диагностикалық процедуралардың 70-80% (сцинтиграфия) қолданылады. Жартылай ыдырау кезеңі (6 сағат) гамма-сәулеленуінің және ағзаларда жинақталу қабілетінің арқасында ол жүрек, ми, қалқанша без, сүйектер мен бауырды радиацияның төмен сәулеленуімен жоғары сапалы бейнелеуге мүмкіндік береді.

➤ ^{223}Ra — Радий-223 (Xofigo®) Сүйек метастаздарын емдейтін альфа-бөлшек терапиясы. Радий ионы Ra^{2+} химиялық қасиеттері бойынша кальций Ca^{2+} -ға өте ұқсас. Сондықтан ол қан арқылы жеткенде сүйектің гидроксипатит кристалдарына тікелей байланысады — әсіресе метастаз ошақтарында остеобластикалық белсенділік жоғары болғандықтан, сол жерге жинақталады.

➤ ^{90}Y — Иттрий-90 микросфераларымен SIRT терапиясы — бауыр ісіктерін емдеудің ең заманауи радионуклидтік әдісі. Оның негізгі принципі бауырдың қан айналымы анатомиясына негізделген: катетер арқылы тікелей бауыр артериясына миллиондаған микроскопиялық шарлар жіберіледі — олар ісік тамырларына еніп, ішінен сәулелендіреді.

^{67}Cu , ^{188}Re және ^{212}Bi сияқты радиоизотоптар (әсіресе α - және β -сәулеленетіндер) радиоиммунотерапияда қолданылады; олар қатерлі ісік тіндеріне ғана еніп, қатерлі жасушаларды мақсатты түрде жоюға мүмкіндік береді.

Рутений-97 (^{97}Ru) бұрыннан қарастырылған ядролық медицинада қолдану үшін перспективалы изотоп ретінде, ол ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ және ^{111}In анағұрлым тиімді аналогы ретінде әрекет ете алады.

Әр түрлі әдістердің көптігіне қарамастан, ^{97}Ru синтезінің оңтайлы әдістері әлі табылған жоқ. Ең перспективалы болып Технеций-99 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) протондармен немесе жоғары энергиялы протондармен родий нысаналарымен сәулелену болып саналады. Дегенмен, біріншісі сирек және радиоактивті технецийден жасалған нысаналарды қажет етеді, ал екіншісі қуатты үдеткіштерді қажет етеді.

Бор-нейтрондық терапия: тұрақты бейорганикалық изотоптар, мысалы, бор (^{10}B), ^{97}Ru және ^{157}Gd , жанама радиотерапевтік әсер көрсете алады. Бор-нейтрондық терапия — бұл қатерлі ісікті емдеудің бинарлық әдісі, онда ^{10}B изотопын қамтитын қосылыс ұсақтаушы нейтрондармен сәулеленгенге дейін таңдамалы түрде ісік тініне жеткізіледі. Сәулеленген кезде ^{10}B атомы жұлулық нейтрондармен әрекеттесіп α -бөлшектерді, жоғары энергиялы ^7Li иондарын және төмен энергиялы γ -сәулеленуді түзеді. Бұл терапия әсіресе глиома (бас немесе омыртқа миының ісіктері) және тері меланомасын емдеуде кеңінен қолданылады.

7.5-кесте. Қатерлі ісікке қарсы қолданылатын кейбір химиялық элементтердің сипаттамасы (Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.], 2018)

Элемент	Химиялық қасиеті	Қосылыстары	Әсер ету механизмі	Қолданылуы
Платина тобы (ауыр металл, бірақ клиникада өте маңызды)				
Pt (Платина)	d-элемент, кешенді қосылыс түзеді, Pt ²⁺ иондары гуаниннің N7 атомымен байланысады.	Pt(NH ₃) ₂ Cl ₂ цисплатин	ДНҚ-да кросс-линк түзеді → репликация тежеледі	Ата без және анабез, қуықасты безі, жатыр мойны, өкпе ісіктерін, бас/мойын аймағының ісіктері
		Карбоплатин	Ұқсас, бірақ уыттылығы төмен	Гинекологиялық ісіктер
Темір және темірге байланысты терапия				
Fe (Темір)	Гемоглобин құрамында, тотығу-тотықсыздану реакциялары		Еркін радикалдар түзу арқылы ДНҚ зақымдайды	Сүт безі, лимфома
Фолий қышқылы және антиметаболиттер (N, C элементтері)				
N (Азот)	Нуклеин қышқылдары құрамында		Дигидрофолатредуктазаны тежейді → ДНҚ синтезі бұзылады	Лейкоз
C, F			Тимидилатсинтазаны тежейді	Асқазан-ішек обыры
Йод және оның радиоизотоптары				
I (Йод)	I-131 -изотоп		β-сәуле шығару → қалқанша без жасушаларын жою	Қалқанша без обыры
Алтын және алтынға байланысты жаңа бағыттар				
Au (Алтын)	Алтын нанобөлшектері			Дәріні бағытталған жеткізу
Gd (Гадолиний)	Gd-кешендері			Диагностика + терапия (термиялық әсер)

Қатерлі ісікке қарсы терапия көпкомпонентті және ісіктің түріне, сатысына, молекулалық сипаттамасына байланысты таңдалады. Қазіргі онкологияда классикалық:

- Химиотерапия - тез бөлінетін барлық жасушаларға әсер етеді;
- Таргеттік терапия - нақты молекулалық нысанаға бағытталған;
- Иммунотерапия - иммундық жүйені белсендіреді;
- Гормондық терапия → гормонға тәуелді ісіктерге тиімді.

біріктірілген түрде кеңінен қолданылады. 7.5 кестеде қатерлі ісікке қарсы кейбір химиялық элементтердің сипаттамасы берілген [2, 600 б.].

7.3.2. Онкологиялық емес ауруларға қолданылатын бейорганикалық қосылыстар

Литий

Литий клиникалық практикада **маникалды депрессияны** (немесе **биполярылық бұзылыс**) емдеу үшін қолданылады. Литий тұздары, әдетте Li_2CO_3 , күніне бірнеше рет бақылаудағы мөлшерде пероральды енгізіледі. Терапиядағы қиындықтар литийдің жоғары концентрацияда **уыттылығына** байланысты туындайды .

Магний

Магний негізіндегі препараттардың көптеген потенциалды қолданылу салалары бар, соның ішінде эклампсияны, аритмияны, инсульт пен миокард инфарктін емдеу. Mg^{2+} ионы ишемияға байланысты үрдістерге физиологиялық рөл атқарады; ол АТФ-пен кешен түзеді және жасушалық энергетикалық метаболизм мен ақуыз синтезінде маңызды кофактор болып табылады.

Магний гидроксиді алюминий гидроксидімен бірге (*Маалокс®*) антацид ретінде әрекет етіп, асқазан қышқылдығын бейтараптандырады. Магний цитраты және магний сульфаты іш қатуды жеңілдету үшін қолданылады. Бұл препараттар әдетте қысқа мерзімдік іш қатуды жеңілдету және кейбір процедуралардан (мысалы, колоноскопия) бұрын, кейбір препараттармен ішекті тазалау үшін пайдаланылады. Ішек қуысында нашар сіңетін магний иондары осмостық әсер көрсетіп, суды ұстап тұрады. Бұл ішек жұмысын реттеп отырады. Магнийдің терапевтік артықшылығы — оның арзан, кең қолжетімді болуы және ішке, көктамырға немесе бұлшықетке енгізілгенде сарысудағы концентрациясының алдын ала болжануы [14, 142-155 б.].

Алтын

Моновалентті алтын формасы Au(I) ревматоидты артрит (РА) емдеуде терапевтік мәнге ие. Ревматикалық қарсы агент ретінде қолданылатын алтын қосылыстарының көпшілігі тиолаттық лигандтар RS^- құрамында болады, олар І дәрежесін тұрақтандырады. РА емдеуде қолданылған алғашқы алтын қосылыстарына Солганол® және Ауреотан® жатады, онда лиганд ретінде тиоглюкоза қолданылады.

Бұл алтын препараттарының негізгі кемшілігі — олар науқасқа бұлшықет ішіне енгізіледі, нәтижесінде алтын бүйрек сияқты органдарда жинақталып, нефроулануға әкеледі, бұл несепте ақуыз және қан пайда болуына себеп болады. Салыстырмалы түрде жаңа және кеңінен қолданылатын алтын негізіндегі

препарат — Ауранофин®, оны пероральды қабылдауға болады, және бұл кезде алтын концентрациясы бүйректе айтарлықтай төмен болады.

Висмут

Висмут қосылыстары алғаш рет XVII ғасырда сифилис және басқа бактериялық инфекцияларды емдеу үшін қолданылған. **Vi(III) қосылыстары**, құрамында гидроксикарбоксилаттық лигандтар (салицилат, цитрат) бар, асқазан-ішек ауруларын емдеуде пайдаланылады. Пепто-Бисмол® және Де-Нол® препараттары асқазан және он екі елі ішек жарасы, сондай-ақ жарасыз диспепсияны емдеуге қолданылады және *Helicobacter pylori*-ге қарсы антимикробтық белсенділік көрсетеді [15, 534 - 548 б.].

Натрий нитропруссиді

Натрий нитропруссиді ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})]$) — ұзақ уақыт клиникалық тәжірибеде қолданылып келе жатқан нитрозильдік кешен. Ол қан қысымы күрт көтерілген кезде (мысалы, операция барысында) немесе миокард инфарктінен кейін қолданылады. Препарат инфузиядан кейін 1–2 минут ішінде қажетті қан қысымының төмендеуі байқалады. Терапевтік әсер кешеннен NO бөлінуіне байланысты, бұл қан тамырларының көлденең бұлшықеттерін босаңсытады. Стенокардия кезінде балама ретінде нитроглицеринді қолдануға болады [16, 418 - 432 б.].

Бақылау сұрақтары

- 1) Балаларда рахит ауруы қандай биогендік элементтің тапшылығынан дамиды?
- 2) Темір жетіспеушілік анемиясының негізгі клиникалық белгілері қандай?
- 3) Йод тапшылығы кезінде қалқанша безде қандай өзгерістер дамиды?
- 4) Гипокальциемия кезінде қандай неврологиялық ауытқулар байқалады?
- 5) Натрий жетіспегенде ағзада қандай су-электrolит бұзылыстары болады?
- 6) Калий артық болса, жүрек қызметінде қандай өзгерістер болуы мүмкін?
- 7) Магний тапшылығы бұлшықет ауруына қалай әкеледі?
- 8) Мырыш жетіспегенде жаралардың жазылуы неге баяулайды?
- 9) Селен тапшылығы жүрек-қан тамыр жүйесіне қалай әсер етеді?
- 10) Фтор жетіспегенде тіс жегісінің даму қаупі неге артады?
- 11) Гипонатриемия кезінде науқаста қандай жайсыздықтар байқалады?
- 12) Темір препараттарын артық қолдану қандай уытты әсерге әкелуі мүмкін?
- 13) Қалқанша безі гормондарының синтезінде йодтың рөлі қандай?
- 14) Гиперкалиемия кезінде ЭКГ-де қандай өзгерістер байқалады?
- 15) Кальций жетіспеушілігі кезінде бұлшықет тітіркенгіштігі неге артады?
- 16) Магний тапшылығы бар науқастарда аритмия даму механизмі қандай?
- 17) Анемия кезінде тіндерге оттегі жеткізілуі қалай бұзылады?
- 18) Мыс жетіспегенде гемоглобин синтезі неге бұзылады?
- 19) Гипофосфатемия бұлшықет әлсіздігіне қалай әсер етеді?
- 20) Су-тұз алмасуы бұзылуының клиникалық көріністері қандай?
- 21) Қалқанша безі ауруларында йод терапиясының маңызы неде?
- 22) Остеопорозды алдын алуда кальций мен D дәруменінің рөлі қандай?

ҚОРЫТЫНДЫ

«Бейорганикалық, физикалық және коллоидтық химия медицинада» оқу құралы болашақ дәрігерлердің кәсіби деңгейін қалыптастыруға бағытталған.

Оқу құралында қарастырылған термодинамика, ерітінділер теориясы, химиялық кинетика, тепе-теңдік, электрохимия және биогендік элементтер туралы бөлімдерді меңгере отырып, *студент*:

- ✓ Ағзадағы термодинамикалық жүйелерді атауға, олардың ерекшелігін, жылу алмасу құбылыстарын түсініп, талдауға;
- ✓ Тірі жүйелердегі сол құбылыстар болу үшін жүретін реакциялар жылдамдығын, оған әсер ететін факторлар, ферментативтік катализ ұғымдарын түсіндіре алуға;
- ✓ Сол құбылыстардың тепе-теңдік жағдайларын, оның бір жаққа қарай ығысу заңдылықтарын қолдануға;
- ✓ Ағзадағы ерітінділердің құрамын, әр түрлі дәрі-дәрмектердің құрамын анықтау жолдарын білуге;
- ✓ Ағзадағы тотығу-тотықсыздану үдерістерін сипаттауға;
- ✓ Химиялық байланыс түрлері, ағзадағы биогендік элементтердің ролін нақтылауға тиіс.

Жоғарыдағы ұғымдарды меңгерген білім алушы медицинадағы клиникалық пәндер, әсіресе биохимия, фармакология және патологиялық физиологияны оңай қабылдай алады.

Оқу құралын дайындау барысында заманауи медициналық химияның жетістіктері, соның ішінді нанобөлшектер, мақсатты дәрі жеткізу жүйелері, радионуклидтік диагностика мен терапия мәселелері қамтылды. Бұл ақпараттар медициналық химиядан білім берудің заманауи талаптарына сәйкес келеді.

Авторлар оқу құралы білім алушылардың медициналық химия саласындағы теориялық білімін тереңдетіп, кәсіби пәндерге қызығушылығын арттырады деп сенеді.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

Негізгі әдебиеттер

1. Шәбікова Г.Х. Физикалық химия: оқулық /Г.Х.Шәбікова. – Алматы: ҚР Жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2025. - 475 б.
2. Patrick, G. L. An introduction to medicinal chemistry / G. L. Patrick. – 7th ed. – United Kingdom: Oxford University Press, 2023. – 960 p.
3. Химия в медицине: учебное пособие / под ред. В. А. Попкова. – Москва : Юрайт, 2019. – 403 с.
4. Медицинская химия : методические указания для иностранных студентов высших учебных заведений МОЗ Украины / под ред. С. В. Харченко. – Полтава, 2018. – 196 с.
5. Országhová, Z. Textbook of medical chemistry / Z. Országhová, I. Žitňanová [et al.]. – Bratislava: Comenius University in Bratislava, 2018. – 303 p.
6. Atkins, P. Quanta, matter, and change: a molecular approach to physical chemistry / P. Atkins, J. de Paula, R. Friedman. – New York : W. H. Freeman and Company, 2009. – 806 p.
7. Фармацевтикалық технология: Оқулық / ред. А. Р. Шопабоева, У. М. Датхаев және т.б. – Алматы: С.Д. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ, 2021. – 412 б.
8. Власова, Л. М. Дисперстік жүйелер мен заттардың коллоидтық күйі: Фармация мамандығына арналған оқу-әдістемелік құрал / Л. М. Власова. – Қарағанды: ҚГМУ, 2012. – 96 б.
9. Рақышев, А. Б. Медициналық радиология және сәулелік диагностика негіздері: Оқулық / А. Б. Рақышев. – Алматы: Эффект, 2018. – 340 б.
10. Тоқмурзин, К. А. Физикалық және коллоидтық химия: Медициналық жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы / К. А. Тоқмурзин, Л. М. Власова. – Қарағанды: ҚГМУ, 2015. – 188 б.

Қосымша әдебиеттер

11. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учебник для вузов. В 2 кн. / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. – 10-е изд., испр. И доп. – Москва : Юрайт, 2020. – Кн. 1 : 215 с. ; Кн. 2 : 368 с.
12. Касимова, С. С. Физическая и коллоидная химия: учебник для медицинских и фармацевтических вузов / С. С. Касимова. – Алматы, 2010. – 398 с.
13. Алексеев, В. Г. Медицинская химия: координационные соединения металлов в биологии и медицине / В. Г. Алексеев. – Москва : Юрайт, 2021. – 184 с.
14. Atkins, P. Atkins' physical chemistry / P. Atkins, J. de Paula, J. Keeler. – 11th ed. – Oxford : Oxford University Press, 2018. – 940 p.
15. Wermuth, C. G. The practice of medicinal chemistry / C. G. Wermuth, D. Aldous, P. Raboisson, D. Rognan. – 4th ed. – Amsterdam : Elsevier Academic Press, 2015. – 812 p.

16. Silverman, R. B. The organic chemistry of drug design and drug action / R. B. Silverman, M. W. Holladay. – 3rd ed. – Amsterdam : Elsevier Academic Press, 2014. – 549 p.