

**МАЗМҰНЫ**

<b>1-тарау. КІРІСПЕ</b> .....	13
1.1 ГЕОХИМИЯ .....	13
1.2 ОСЫ КІТАП ТУРАЛЫ .....	15
1.3. ҒЫЛЫМ ФИЛОСОФИЯСЫ .....	17
1.3.1. Ғылыми түсінікті жасау .....	18
1.3.2 Ғалым скептик ретінде .....	20
1.4 ЭЛЕМЕНТТЕР, АТОМДАР ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТАР: КЕЙБІР ХИМИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕР .....	20
1.4.1 Периодтық кесте .....	20
1.4.2. Электрондар және орбиталар .....	22
1.4.3 Элементтердің кейбір химиялық қасиеттері .....	24
1.4.4 Химиялық байланысу .....	27
1.4.4.1 Коваленттік, иондық және металдық байланыстар .....	27
1.4.4.2 Ван-дер-Ваальс өзара әрекеттесулері және сутектік байланыстар .....	29
1.5 ЖЕРГЕ КӨЗҚАРАСҚА ҚЫСҚАША ШОЛУ .....	31
1.5.1 Жердің құрылымы .....	31
1.5.2 Тақталар тектоникасы және гидрологиялық цикл (су айналымы) .....	32
1.5.3 Жер материалдары .....	35
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҚОСЫМША ОҚУҒА ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР .....	37
<b>2-тарау. ЭНЕРГИЯ, ЭНТРОПИЯ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ІРГЕЛІ ТҰЖЫРЫМДАМАЛАРЫ</b> .....	38
2.1 ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БОЛАШАҒЫ .....	38
2.2 ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ЖӘНЕ ТЕПЕ-ТЕНДІК .....	39
2.2.1 Іргелі термодинамикалық айнымалылар .....	41
2.2.1.1 Күй қасиеттері .....	42

6	Термодинамика	42
2.3	КҮЙ ТЕНДЕУЛЕРІ	44
2.3.1	Идеал газ заңы	44
2.3.2	Нақты газдар үшін күй теңдеулері	45
2.3.2.1	Ван-дер-Ваальс теңдеуі	45
2.3.2.2	Газдардың басқа күй теңдеулері	45
2.3.3	Басқа заттардың күй теңдеулері	46
2.4	ТЕМПЕРАТУРА, АБСОЛЮТ НӨЛ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ НӨЛІНШІ РЕТТІ ЗАҢЫ	47
2.5	ЭНЕРГИЯ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ	47
2.5.1	Энергия	48
2.5.2	Жұмыс	49
2.5.3	Жол тәуелсіздігі, дәл дифференциалдар, күй функциялары және термодинамиканың бірінші заңы	51
2.6	ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ	51
2.6.1	Мәлімдеме	52
2.6.2	Статистикалық механика. Энтропияның микроскопиялық болашағы	57
2.6.2.1	Температураны микроскопиялық түсіндіру	58
2.6.2.2	Энтропия және көлем	58
2.6.2.3	Жалпы қорытынды	59
2.6.3	Интеграциялау факторы және нақты дифференциалдау	60
2.7	ЭНТАЛЬПИЯ	61
2.8	ЖЫЛУ СЫЙЫМДЫЛЫҚ	61
2.8.1	Тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылық	61
2.8.2	Тұрақты қысымдағы жылу сыйымдылық	61
2.8.3	Энергияның көлеммен және $C_v$ мен $C_p$ арасындағы байланысы	61
2.8.4	Қатты заттардың жылу сыйымдылығы: кванттық физикадағы проблема	61
2.8.4.1	Больцманның таралу заңдылығы	61
2.8.4.2	Бөлгіш функция	61
2.8.4.3	Қатты заттардағы энергияның таралуы	61
2.8.5	Энтропияның басқа айнымалылармен байланысы	61
2.8.6	Силикаттың жылу сыйымдылығының аддитивті табиғаты	61
2.9	ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ҮШІНШІ ЗАҢЫ ЖӘНЕ АБСОЛЮТ ЭНТРОПИЯ	61
2.9.1	Үшінші заңның орындалуы	61
2.9.2	Абсолют энтропия	61

2.10 ЭНТАЛЬПИЯ МЕН ЭНТРОПИЯ ӨЗГЕРІСІН ЕСЕПТЕУ.....	73
2.10.1 Температура мен қысым өзгергендегі энтальпияның өзгерісі.....	73
2.10.2 Реакцияның әсерінен энтальпияның өзгерісі және күйдің өзгеруі.....	76
2.10.3 Реакцияның энтропиясы.....	77
2.11 ЕРКІН ЭНЕРГИЯ.....	77
2.11.1 Гельмгольцтың еркін энергиясы.....	77
2.11.2 Гиббстің еркін энергиясы.....	80
2.11.2.1 Кіріспе.....	80
2.11.2.2 Реакцияның Гиббе энергиясының өзгерісі.....	80
2.11.3 Тепе-теңдік және ретсіздік критеріі.....	80
2.11.4 Температура мен қысымның Гиббстің еркін энергиясына тәуелділігі.....	82
2.12 МАКСВЕЛЛ ҚАТЫНАСЫ.....	85
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҚОСЫМША ОҚУҒА ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР.....	86
МӨСЕЛЕЛЕР.....	86
<b>3-тарау. ЕРІТІНДІЛЕР ЖӘНЕ КӨПҚУРАУЫШТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....</b>	<b>88</b>
3.1 КІРІСПЕ.....	88
3.2 ФАЗАЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІК.....	89
3.2.1 Кейбір анықтамалар.....	89
3.2.1.1 Фаза.....	89
3.2.1.2 Түрлер.....	89
3.2.1.3 Құрауыштар.....	91
3.2.1.4 Еркіндік дәреже.....	91
3.2.2 Гиббстің фазалар ережесі.....	91
3.2.3 Клапейрон теңдеуі.....	91
3.3 ЕРІТІНДІЛЕР.....	91
3.3.1 Рауль заңы.....	91
3.3.2 Генри заңы.....	91
3.4 ХИМИЯЛЫҚ ПОТЕНЦИАЛ.....	91
3.4.1 Парциал молярлы шама.....	91
3.4.2 Химиялық потенциалдың анықтамасы және Гиббстің еркін энергиясымен байланысы.....	91



8	ГЕОХИМИЯ	98
3.4.3	Химиялық потенциалдың қасиеттері	99
3.4.4	Гиббс-Дюгем қатынасы	100
3.4.5	Фазалар ережесінің қорытындысы	100
3.5	ИДЕАЛ ЕРІТІНДІЛЕР	101
3.5.1	Идеал ерітінділердегі химиялық потенциал	101
3.5.2	Идеал ерітінділердегі көлем, энтальпия, энтропия және еркін энергияның өзгерісі	104
3.6	РЕАЛ ЕРІТІНДІ	104
3.6.1	Реал ерітінділердегі химиялық потенциал	105
3.6.2	Фугитивтілік	106
3.6.3	Бесенділік және белсенділік коэффициенті	109
3.6.4	Артық функция	111
3.7	ЭЛЕКТРОЛИТ ЕРІТІНДІЛЕР	112
3.7.1	Табиғи су және су электролиттік әрекеттесу	113
3.7.2	Кейбір анықтамалар мен шарттар	114
3.7.2.1	Концентрация бірлігі	114
3.7.2.2	pH	114
3.7.2.3	Стандарт күй және басқа шарттар	116
3.7.3	Электролиттердегі белсенділік	116
3.7.3.1	Дебай-Хюккель және Дэвис тендеулері	116
3.7.3.2	Дебай-Хюккель тәсіліне шектеулік	118
3.8	КРИСТАЛ ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДЕГІ ИДЕАЛ ЕРІТІНДІЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚЫЗМЕТІ	121
3.8.1	Орынбасу моделі	122
3.8.2	Жергілікті зарядталған баланс моделі	122
3.9	ТЕПЕ-ТЕНДІК КОНСТАНТЫ	12
3.9.1	Туынды және анықтама	12
3.9.2	Массалар әрекеттесу заңы	12
3.9.2.1	Ле - Шателье принципі	12
3.9.3	$K_D$ мәндері, байқалатын тепе-теңдік константтары және өнім ерігіштігі	12
3.9.4	Генри заңы және газдардың ерігіштігі	12
3.9.5	Температураның тепе-теңдік константына тәуелділігі	12
3.9.6	Қысымның тепе-теңдік константына тәуелділігі	12
3.10	ЭЛЕКТРОЛИТ ТЕПЕ-ТЕНДІККЕ ПРАКТИКАЛЫҚ АМАЛ	
3.10.1	Құрауыштар мен түрлерді таңдау	
3.10.2	Масса балансы	

3.10.3 Бейтарап электролиттер .....	134
3.10.4 Тепе-теңдік константтың өрнектелуі .....	134
<b>3.11 ТОТЫҒУ-ТОТЫҚСЫЗДАНУ</b> .....	135
3.11.1 Су ерітінділеріндегі тотықсыздану .....	136
3.11.1.1 Су тектік көрсеткіш шкаласы, $E_{\text{H}}$ .....	137
3.11.1.2 Тотықсызданған күйдің балама күйі .....	140
3.11.1.3 рН-рН диаграммасы .....	142
3.11.2 Магмалық жүйедегі тотығу-тотықсыздану .....	147
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҚОСЫМША ОҚУҒА ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР</b> .....	149
<b>МӘСЕЛЕЛЕР</b> .....	149
<b>4-тарау. ТЕРМОДИНАМИКАНЫ ЖЕР ПЛАНЕТАСЫНА ҚОЛДАНУ</b> .....	154
4.1 КІРІСПЕ .....	154
4.2 БЕЙМІНСІЗ ҚАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕРДЕГІ ӘРЕКЕТТЕР .....	154
4.2.1 Шынайы ерітінділердің математикалық модельдері: Маргулес теңдеулері .....	154
4.2.1.1 Симметриялы ерітіндінің моделі .....	155
4.2.1.2 Асимметриялы ерітіндінің моделі .....	157
4.3 ЭКССОЛЮЦИЯ (ҚАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕРДІҢ ҰДЫРАУ) ҚҰБЫЛЫСЫ .....	160
4.4. ТЕРМОДИНАМИКА ЖӘНЕ ФАЗАЛЫҚ ДИАГРАМДАР .....	163
4.4.1 Балку термодинамикасы .....	164
4.4.2 Бинар жүйелер фазалық диаграмдарының термодинамикасы .....	167
4.4.2.1 Қарапайым бинарлық (екі компонентті) жүйенің мысалы, толық ерітінді: альбит-анортит .....	170
4.5 ГЕОТЕРМОМЕТРИЯ ЖӘНЕ ГЕОБАРОМЕТРИЯ .....	172
4.5.1 Теориялық түсініктер .....	173
4.5.2 Практикалық термобарометрлер .....	174
4.5.2.1 Көпвариантты реакциялар және ығысқан тепе-теңдік .....	174
4.5.2.2 Ерітінділер тепе-теңдігі .....	178
4.5.2.3 Алмасу реакциялары .....	180

4.6 МАГМАЛАРДЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ	188
4.6.1 Силикат балқымалардың құрылымы	188
4.6.2 Магма балқымасының моделдері	190
4.6.2.1 Ghiorso және басқалардың тұрақты ерітінді моделі: «MELTS»	190
4.7 ҚАЙТАЛАУ: ЭЛЕКТРОЛИТ ЕРІТІНДІЛЕРДІҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ	195
4.7.1 Орташа иондық шамалар	196
4.7.1.1 Тұздың белсенділігі мен мольділігі аралығындағы қатынас	200
4.7.2 Жоғары иондық күшті ерітінділердегі белсенділік	201
4.7.2.1 Су концентрациясына түзету	202
4.7.2.2 Сольватация әсерлері	202
4.7.2.3 Иондық ассоциацияның әсерлері	203
4.7.2.4 Белсенділік коэффициенттеріне балама өрнектер	207
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҚОСЫМША ОҚУҒА ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	209
МӘСЕЛЕЛЕР	211
<b>5-тарау. КИНЕТИКА: ЗАТТАР ЖЫЛДАМДЫҒЫ</b>	216
5.1 КІРІСПЕ	216
5.2 РЕАКЦИЯНЫҢ КИНЕТИКАСЫ	217
5.2.1 Қарапайым және жалпы реакциялар	217
5.2.2 Реакция механизмі	217
5.2.3 Реакцияның жылдамдығы	218
5.2.3.1 Қарапайым реакцияның реакция жылдамдығы: құрамға тәуелділігі	219
5.2.3.2 Қарапайым реакцияның реакция жылдамдығы: температураға тәуелділігі	221
5.2.3.3 Жылдамдық теңдеуінің жалпы түрі	222
5.2.4 Күрделі реакциялардың жылдамдығы	223
5.2.4.1 Тізбекті және тармақталған реакция	223
5.2.4.2 Реакцияның сатысын анықтаушы жылдамдық	224
5.2.5 Тұрақты күй және тепе-теңдік	224
5.3 ТЕРМОДИНАМИКА МЕН КИНЕТИКАНЫҢ БАЙЛАНЫСЫ	225
5.3.1 Жіктеп теңестіру ұстанымы	225
5.3.2 Энтальпия және белсенділену энергиясы	226
5.3.3 Ауыспалы күй теориясының аспектісі	226



12 ГЕОХИМИЯ

6.2.1.2	Сақталу теңдеуі	291
6.2.1.3	Зарядтар балансы	291
6.2.2	Карбонат жүйе	292
6.2.2.1	Эквиваленттік нүкте	297
6.2.3	Реакцияға қабілетті және қабілетсіз иондар	298
6.2.4	Жалпы негіздік және карбонатты негіздік	300
6.2.5	Буфер қарқандылығы	301

6.3 КЕШЕН ТҮЗІЛУ

6.3.1	Тұрақтылық константтары	303
6.3.2	Сумен байланысты кешендер	303
6.3.3	Басқа кешендер	303
6.3.4	Таза судағы кешен түзілуі	303

6.4 ЫДЫРАУ ЖӘНЕ ТҮНБА ТҮЗУ РЕАКЦИЯЛАРЫ

6.4.1	Жердегі кальций карбонаты және жер беті суы	304
6.4.2	Mg ерігіштігі	304
6.4.3	SiO <sub>2</sub> ерігіштігі	304
6.4.4	Al(OH) <sub>3</sub> және басқа гидроксидтердің еруі	304
6.4.5	Силикаттардың ыдырауы және минералдардың байланысы	304

6.5 САЗ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

6.5.1	Саз минералогиясы	305
6.5.1.1	Каолинит тобы (1:1) тобы	305
6.5.1.2	Пирофиллит (2:1)	305
6.5.1.3	Хлорит тобы (2:2 балшық)	305
6.5.2	Саздың ион алмасу қасиеттері	305

6.6 МИНЕРАЛ БЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЕРІТІНДІМЕН ӘРЕКЕТТЕСУ

6.6.1	Адсорбция	306
6.6.2	Беттік зарядтың көбеюі және электрлік қос қабат	306
6.6.2.1	Беттік зарядты анықтау	306
6.6.2.2	Беттік потенциал және қос қабат	306
6.6.2.3	Беттік потенциалдың адсорбцияға әсері	306

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҚОСЫМША ОҚУҒА  
ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

МӘСЕЛЕЛЕР