



Қазақстан Республикасының білім және ғылым министірлігі  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті  
Металлургия кафедрасы

«Металлургиялық процестерінің теориясы» пәні оқу бойынша

# **ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛЫҚТАР**

5В070900 – Metallургия  
мамандықтарының студенттеріне арналған

Павлодар

Әдістемелік нұсқаулықты  
бекіту парағы



Нысан  
ПМУ ҰСН

Пфейфер

**БЕКІТЕМІН**  
ОІЖ проректор  
\_\_\_\_\_ Н.

Э.

20\_\_ ж. «\_\_\_\_\_»

Құрастырушы: аға оқытушы Бакиров А. Г.

Металлургия кафедрасы

## **ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛЫҚТАР**

пәнді оқуға арналған

«Металлургиялық процестерінің теориясы» пәні бойынша

5В070900 – Metallургия мамандықтарының студенттеріне арналған

Кафедра отырысында **ұсынылған**  
20\_\_ ж. «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ хаттама №\_\_\_\_\_

Кафедра меңгерушісі \_\_\_\_\_ М. М. Сүйіндіков  
(қолы)

ОӘК **құпталған** ММЖЖК факультеті  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж., №\_\_\_\_\_ хаттама

ОӘК төрағасы \_\_\_\_\_ Ж. Е. Ахметов  
(қолы)

**ҚҰПТАЛҒАН:**  
ЖжӘҚБ бастығы \_\_\_\_\_ Е. Н. Жуманкулова «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.  
(қолы)

Университетінің оқу–әдістемелік кеңесімен **құпталған**  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж., №\_\_\_\_\_ хаттама

## Мазмұны

	Кіріспе	4
1	Пәннің мазмұны	5
2	Пәні бойынша қорытынды бақылауға арналған сұрақтар	
	15	
	Әдебиет	17

## Кіріспе

«Металлургиялық үрдістер теориясы» курсы физика, химия, физикалық химияның жалпы курстарын негізделеді және қара және түсті металдар металлургиясын оқытатын арнайы металлургиялық пән болып табылады.

Пәнді оқыту үшін оқу жоспарына байланысты негізінен дәріс, тәжірибе, зертханалық сабақтар және тәлімгерлердің өздік жұмыстары қарастырылуы мүмкін.

Дәрістік сабақтар пән бойынша оқытушылар түрлерінің студенттерде жүйелі түріндегі білім қалыптастыратын, пәннің негізін құрайтын жетекші түрі болып саналады. Дәрістік сабақтар тәжірибелік және зертханалық сабақтарға бағыт-бағдар беруші рөл атқарады.

Дәрістік сабақтардың басты мақсаты – студенттердің бойында пән бойынша түсінік қалыптастыру, техникалық білім алуды қамтамасыз ету және пәннің қолданбалы бөлімнен іс-жүзіндегі дағдылар қалыптастыру.

Тәжірибе және зертхана сабақтарын тиісті деңгейде басқару мен жүргізу үшін сәйкес әдістемелік нұсқаулар болуы керек.

Тәлімгердің өздік жұмысын оқытушылардың бақылаумен жүзеге асады.

Университетте студенттерді оқыту процесі кредитті жүйе арқылы жүргізіледі. Кредитті жүйе арқылы пәнді оқыту – үлкен көлемді өздік жұмыстарды атқару болып табылады.

Студенттің пәнді оқу жұмысына мыналар кіреді:

- дәріс алу, тәжірибе және зертханалық сабақтарына дайындалу;
- дәріс алу, тәжірибе, зертханалық сабақтарына және СОӨЖ орындау сабақтарына қатысу.

Сабақтардың тиімділігі олардың студенттердің білімге деген құштарлығын дамытуға бағытталуымен, болашақ мамандарды кәсіптік мүдделілікке жетелеумен, оқу үрдісіне саналы көзқарас тәрбиелеумен, мамандықты жан-жақты және өзбетімен игеруге ықпал етумен анықталады.

## **1 Пәннің мазмұны**

### **Дәріс сабақтар тақырыптарының мазмұны**

#### **1 тақырып. Кіріспе.**

Пәннің мақсаты мен мазмұны. Негізгі металлургиялық процестер. Олардың жалпы сипаттамасы, ғылыми бағыттары. Негіз – металлургиялық процестердің классификациясы. Қайта өңделетін шикізат пен алынатын металл өнімдерінің классификациясы.

Ұсынылатын әдебиеттер: [1] 10-34 б., [4] 5-12 б., [8] 8-20 б.

#### **2 тақырып. Металлургиялық процестердің физика-химиялық негіздері.**

Темір кенді және кешенді шикізаттарды тотықсыздандырып қайта өңдеудің физика-химиялық негіздері. Болат балқыту процестерінің физика-химиялық негіздері және оларды ұйымдастырудың принципі. Негізгі болат балқыту агрегаттарындағы процестердің сипаттамасы.

Электрлі болат балқыту мен ферроқорытпалар процестерінің химиялық негіздері. Сұйық және қатты фазалардың қатынасы, температура таралуынан тәуелді тотығу-тотықсыздану процестерінің жүру ерекшелігі.

Ұсынылатын әдебиеттер: [12] 141-157 б.

#### **3 тақырып. Термодинамика және газдар мен күрделі газды атмосфераның өзара жерінің заңдылығы.**

Газды қоспадағы тотықтыратын реагенттердің өзара механизмі. Газдардың өзара әсері мен пайда болуының балансы. Атомдар мен радикалдарға газдардың диссоциациясы. Диссоциация процестердің термодинамикалық талдауы. Газдар мен төмен температуралы плазмалардың құрамы мен қасиеттері.

Химиялық қосылыстардың пайда болуы мен диссоциациясы. Гетерогенді жүйелердегі қосылыстың диссоциациясы мен пайда болу процестерінің термодинамикалық талдауы. Газ тәрізді және конденсатты диссоциациясы, олардың ерекшеліктері. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [2] 12-41 б., [3] 14-55 б.

#### **4 тақырып. Құрылым, қосылыстың химиялық беріктігі, кристалды құрылымның ақаулығы.**

Металлургиялық жүйенің күй диаграммасы. Пайда болу процестерінің кинетикасы мен механизмі және қосылыстардың диссоциациясы. Денектердің пайда болу заңдылығы. Фазалық өтудің жылуы. Диссоциация процестерінің лимиттейтін стадиясы. Металдардың тотығуы. Металл мен оксидтің молекулалық көлемдерінің қатынасы. Тотығу қабықшасының түзілуі, фазааралық шекара арқылы диффузия, металдық тотығу процесінің сатылы өтуі. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [1] 46-49 б., 68-83 б., 102-124 б.

#### **5 тақырып. Қатты металдардың тотығу механизмі мен кинетикасы.**

Тотықсыздандыру процестері. Тотықсыздандыру процестерінің термодинамикалық негіздері. Газдық, қатты металдық тотықтырғыштар арқылы тотықсыздандыру. Тотықсыздандырғыштардың іс әрекетіндегі ерекшеліктері және оларды істендірудің мүмкіндігі. Тотықсыздандырудың газды – тотықсыздандырғыш және қатты көміртегі арқылы кинетикалық ерекшеліктері. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [2] 55-79 б., [1] 331-343 б., 350-357 б.

#### **6 тақырып. Металдың және қатты оксидтердің тотықсыздандыру механизмінің негізгі теориялық положениесі.**

Тотықсыздандыру және қатты көміртегі арқылы газдық тотықсыздандырудың кинетикалық ерекшеліктері.

Көміртегі арқылы металдардың қатты фазалық тотықсыздандырғыштың теориялық орны. Көміртегі оксидінің қайта құрудағы физика-химиялық ерекшеліктері және металл оксидінің диссоциациясы. Металды тотықсыздандырудағы диссоциация – адсорбциялық механизмі.

Металл оксидінің және қатты тотықсыздандырғыштардың электрофизикалық қасиеттері. Процесстердің кинетикасының заңдылығы. Процесстің жылдамдығына температура мен газдың құрамының әсер етуі. Араласпайтын және кеңістіктегі қабаттардағы қатты көміртегімен металдардың тотықсыздандырудың ерекшелігі. Қатты көміртегінің тотықсыздандырғышы ретінде қолдану кезіндегі металдың теориялық негіздері мен селективті тотықсыздандырудағы ұйымдастыру мүмкіндігі. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [1] 360-376 б., [2] 79-100 б.

#### **7 тақырып. Сульфидтердің газдармен, металдармен және оксидтермен әрекеттесуі.**

Me-S-O системасындағы қатты және газ тәрізді фазалардың әрекеттесуі. Сульфаттардың пайда болуы және диссоциациясы. Процесстің термодинамикалық сипаттамасы. Me-Me-S жүйесіндегі әрекеттесуі. Me-S-O жүйесіндегі әрекеттесудің жоғарытемпературалық процестері.

Термодинамикалық шарттар. Cu-S-O, Pb-S-O жүйелеріндегі парциалды қысымдардың диаграммалары. Me-Me-S-O жүйесіндегі әрекеттесу. Қатты фазалар кезіндегі Me-S-O жүйесіндегі әрекеттесу механизмі мен кинетикасы.

Сұйық фаза бар болғандағы Me-S-O жүйесіндегі әрекеттесудің механизмі мен кинетикасы. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 149-181 б.

### **8 тақырып. Темірдің бетін көміртегінің оксидімен көміртектендіру.**

Қосылыстардың пайда болу мен реакция өтуінің термодинамикалық шарттары. Me-C-O жүйесіндегі әрекеттесудің механизмі мен кинетикасы. Темірді металмен көміртектендіру.  $\text{CH}_4$  -пен оксидтердің әрекеттесуінің термодинамикалық шарттар. Реакция өтудің механизмі мен кинетикасы. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 181-191 б, [2] 193-222 б.

### **9 тақырып. Металлургиялық балқымалардың құрылымы мен қасиеттері.**

Сұйық металдар мен шлактар. Сұйық металдар мен шлактардың құрылысы мен жалпы сипаттамасы. Сұйық металдар мен қорытпалардың құрылымының дифракциялық талдауы. Құрылымды-сезімталды қасиетін анықтау. Леннард-Джонсонның потенциалы. Сұйық металдардың тұтқырлығы. Тығыздығы. Сұйық металдардың беттік тартылуы. Сұйық металдардың электрлік қасиеті. Электрлік кедергілер. Электрлік кедергілердің температуралық коэффициентін анықтау. Сұйық шлактар. Сұйық шлактардың құрылысы. Шлактардың химиялық және минералогиялық құрамы. Шлактардың ионды құрылысы. Ионды теория, оның дамуы. Қазіргі техникадағы ионды балқымалар. Шлақты жүйенің күй диаграммасы. Екі компонентті ( $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), ( $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ ) жүйелер. Үш компонентті жүйелер. Гиббстің, Розенбаумның әдістері. Шлактардың физика-химиялық қасиеті. Тығыздығы мен мольді көлемі, беттік қасиеті, тұтқырлығы, ионды балқымалардағы диффузия. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [2] 100-115 б, [3] 215-238 б.

### **10 тақырып. Шлақты жүйенің термодинамикасы.**

М.И.Темкиннің дамыған ионды балқымалардың полимерлі теориясы. Жиі ионды ерітінділер теориясы. Шлақты балқымалардың полимерлі теориясы. Коллективтік электронды жүйе сияқты шлактар құрылысының теориясы. Металды, оксидті және газды фазалардың өзара әрекетінің негіздері. Металдарды тотықтырып тазартудың термодинамикалық негіздері. Тотықтардың оттегілі потенциалы. Тотықтардың термодинамикалық тұрақтылығы. Элементтердің белсенділігі мен белсенділік коэффициенттерін анықтау. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 238-244 б., 244-249 б., [1] 321-331 б.

### **11 тақырып. Темір негізінде еріген элементтердің өзара әрекеті.**

Сұйық темір мен мыстың негізіндегі жүйеде оттегінің фазааралық жолы. Оттегінің ерігіштігі, оның температурадан және шлақтың құрамынан тәуелі.  $H_2$ -  $H_2O$  мен  $CO$ - $CO_2$  газды фазасымен тепе-теңдіктегі оттегінің ерігіштігі. Оттегінің ерігіштігіне темірдегі қаспалардың жері. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 249-261 б.

### **12 тақырып. Құрамында өттегісі бар темірдегі көміртегінің тотығу реакциясы.**

Кремнийдің, марганецтің, фосфордың және күкірттік темір ерітіндідегі оксидтің ерітінділерінің таралуы. Тазартылып қышқылдалған мыс қоспалардың фазааралық таралуы. Мысалдары.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 261-281 б.

### **13 тақырып. Жоғары t-лы гетерогенді металлургиялық реакциялардың кинетикасы.**

Газ металлургиялық балқыма жүйесіндегі реагенттердің ауыстырудың диффузиялы процестер. Химиялық реакцияларда және фазаның бөлімдерінің бетіндегі адсорбция және десорбция процестері.

Қышқылдық пирометаллургиялық процестерге диффузиялық кинетикалық теориясын пайдалану. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 281-298 б.

### **14 тақырып. Көміртексіздену реакциясының кинетикалық заңдылықтары.**

Араластырылатын қабаттардағы металдарды тотықтырып тазартқан кезде (адсорбциялық, химиялық және диффузиялық) стационарлық емес процестердің заңдылықтары. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 306-321 б.

### **15 тақырып. Фазалардың бөліну жылдамдығы мен беріктенуі**

Ликвациялық тазартудың процестері. Металдар мен жартылай өткізгіш материалдарды кристалдық тазарту процестері. Қатты және сұйық фазалардың арасындағы тепе-теңдік пен эффективті тарату коэффициенттері. Қалыпты бағытталған кристалдану мен балқымадан тарту кезіндегі құйманың ұзындығы бойынша кірінділердің таралуы. Кірінділердің бойлық таралуы. Мысалдар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [3] 328-350 б., [1] 489-492 б., 495-501 б.

## **Тәжірибелік жұмыстардың мазмұны**



**2 тақырып.** Металлургиялық процестердің физика-химиялық негіздері.

**1 жұмыс.** Химиялық реакциялар арқылы жүретін сілтілеу үрдістерінің термодинамикалық сипаттамалары.

Стандартты босандық энергиясын және тепе-теңдік константасын есептеу.

**3 тақырып.** Термодинамика және газдар мен күрделі газды атмосфераның өзара жерінің заңдылығы.

**2 жұмыс.** Газ атмосферасының құрамымен қасиеттері.

Көміртегі-оттегі жүйесіндегі тепе-теңдік газ фазасының құрамын есептеу және қышқылдық-тотығу қасиеттеріне баға беру.

**6 тақырып.** Металдың және қатты оксидтердің тотықсыздандыру механизмінің негізгі теориялық положениесі.

**3 жұмыс.** Сілтілеу үрдістерінің кинетикалық сипаттамалары.

Сілтілеу реакцияларының белсенділік энергиясын есептеу. Сілтілеу реакциясының жылдамдық константасын есептеу. Реакцияның реттілігін есептеу.

**9 тақырып.** Metallургиялық балқымалардың құрылымы мен қасиеттері.

**4 жұмыс.** Электролиздің негізгі параметрлерін есептеу.

Ток арқылы шығымын және электрэнергиясының үлесті шығынын есептеу.

### **Зертханалық сабақтардың тізімі мен мазмұны**

**4 тақырып.** Құрылым, қосылыстың химиялық беріктігі, кристалды құрылымның ақаулығы.

**1 жұмыс.** Карбонаттарды диссоциациялау.

Диссоциация процестердің лимиттік сатысылар. Оксидті қабаттарының пайда болуы, фазааралық шекаралар арқылы диффузиясы, металл тотығу процестің сатылы өтуі.

**7 тақырып.** Сульфидтердің газдармен, металдармен және оксидтермен әрекеттесуі.

**2 жұмыс.** Тұздың ерітуіне әртүрлі себеп-шарттардың әсер етуін зерттеу.

Металдардың қыин еритін тұздарына ерітіндегі иондық күшінің, рН-ың, тұздың катион және анион гидролизының әсер етуін анықтау

**9 тақырып.** Metallургиялық балқымалардың құрылымы мен қасиеттері.

**3 жұмыс.** Сулы ерітінділерін электролиздеу кезінде ауыр металдардың ток және энергия бойынша шығымын анықтау.

Кадмий, мырыш және мыстың электрлік тұндыру және тазарту процестерін өткізу, ток және энергия бойынша шығымын анықтау.

**15 тақырып.** Фазалардың бөліну жылдамдығы мен беріктенуі

**4 жұмыс.** Сілтінің әртүрлі шығыны кезінде металдардың тура катионалмасу экстракциясының термодинамикасын зерттеу.

Металдың тарату коэффициенттерін және сілтінің әртүрлі шығындары кезінде оның органикалық фазасына өтуін анықтау.

**СОӨЖ мазмұны**

**1 тақырып.** Кіріспе.

**1 тапсырма.** Гидрометаллургияда қолданылатын реагенттер. Шығарылатын шикізат және алынатын өнім.

Металл алудың негізгі әдістері. Металдар және кендердің классификациясы. Metallургиялық процестер классификациясы.

**2 тақырып.** Metallургиялық процестердің физика-химиялық негіздері.

**2 тапсырма.** Әртүрлі тотықтырғыштар мен тотығу механизмі.

Әртүрлі metallургиялық процестерінің ерекше анализі.

**3 тақырып.** Термодинамика және газдар мен күрделі газды атмосфераның өзара жерінің заңдылығы.

**3 тапсырма.** Көміртеппен металдық тотықсыздану процесінің механизмі мен кинетика, сутегі мен монооксид көміртегінің цептік жану механизмі.

Газды қоспаларында реагенттердің тотықтырғыштармен әрекеттесуінің механизмі.

**4 тақырып.** Құрылым, қосылыстың химиялық беріктігі, кристалды құрылымның ақаулығы.

**4 тапсырма.** Галогенидтердің диссоциациясының түзілу механизмі мен кинетикасы.

Тотықтарды, сульфидтерді және де басқа қоспаларды галогендеу механизмі және кинетикасы, тотықтың қатысуымен немесе қатыспауымен.

**5 тақырып.** Қатты металдардың тотығу механизмі мен кинетикасы.

**5 тапсырма.** Металдармен және сутегімен цементациялау. Қышқылдарда және негіздерде металдарды сілітлеу.

Металдармен және сутегімен цементациялаудың, металдарды қышқылдарда сілітлеуінің механизмі мен кинетикасы.

**6 тақырып.** Металдың және қатты оксидтердің тотықсыздандыру механизмінің негізгі теориялық положениесі.

**6 тапсырма.** Ион алмасу процесінің механизмі мен кинетикасы.

Гельді және қабысшақты кинетика. Ион алмасу процесінің мысалы.

**7 тақырып.** Сульфидтердің газдармен, металдармен және оксидтермен әрекеттесуі.

**7 тапсырма.** Фазалық тепе-теңдік диаграммасысын  $Me - S - O$  күйдіру және балқыту сульфидтері процесінде термодинамикалық анализде қолдану.

$Me - S - O$  күй диаграммасысын анализдеу және оқып білу.

**9 тақырып.** Металлургиялық балқымалардың құрылымы мен қасиеттері.

**8 тапсырма.** Екі және үш компонентті шлак жүйесінің күй диаграммасын талдау. Шлак қасиеттерін оқу әдістері.

Екі компонентті ( $SiO_2-Al_2O_3$ ), ( $CaO-Al_2O_3$ ) жүйелер. Үш компонентті жүйелер. Гиббстің, Розенбаумның әдістері.

**10 тақырып.** Шлақты жүйенің термодинамикасы.

**9 тапсырма.** Металдарды тазарту процестерінің негіздері. Анодтық процестері.

Металдардың анодтық қорытылуы, балқымалары және химиялық қосындылары.

**11 тақырып.** Темір негізінде еріген элементтердің өзара әрекеті.

**10 тапсырма.** Металдарды тұндыру және сілтілеудегі комплексті түзілудің рөлі.

Әртүрлі процестердің үлгілері, процестерді анализдеу.

**12 тақырып.** Құрамында өттегісі бар темірдегі көміртегінің тотығу реакциясы.

**11 тапсырма.** Балқытылған тұздардың электролизі кезіндегі ток бойынша шығымы.

Ток бойынша шығымына әртүрлі параметрлердің әсер етуі..

**13 тақырып.** Жоғары  $t$ -лы гетерогенді металлургиялық реакциялардың кинетикасы.

**12 тапсырма.** Дистилляциянды және ректификационды процестер негіздері. Транспортты реакцияларды негіздері.

Дистилляциянды және ректификационды процестерінің заңдылықтары.

**14 тақырып.** Көміртексіздену реакциясының кинетикалық заңдылықтары.

**13 тапсырма.** Экстракциондық процестердің практикасы. Экстракциондық процестерінің мысалда қолдануы.

Экстракция процесінің теориялық сатыларын есептеу.

**15 тақырып.** Фазалардың бөліну жылдамдығы мен беріктенуі

**14 тапсырма.** Зоналық балқыманың негіздері.

Зоналық балқыту кезінде құйманың ұзындығы бойынша кірінділердің таралуы.

## **Өздігінен меңгеру үшін білім алушыларға ұсынылатын тақырыптардың тізімі**

**1 тақырып.** Кіріспе.

**1 тапсырма.** Сулы ерітінділерде тұздың ерігіштігі.

Гидрометаллургияда қолданылатын еріткіштерді жіктеу.

Ұсынылатын әдебиеттер: [19], 65-68 б.

**2 тақырып.** Metallургиялық процестердің физика-химиялық негіздері.

**2 тапсырма.** Алмаса сілтілеу процесінің термодинамикасы және қиынеритін қоспаларды ерітінділерінен бөліп алу.

Металл ионының белсенді мөлшерінен, сульфидтің ерудің көбейтіндісінен және басқа себеп шарттардан, сульфидті тұндыру және сілтілеу рН-ның тәуелділігі.

Ұсынылатын әдебиеттер: [4], 316-320 б., [8], 367-373 б.

**3 тақырып.** Термодинамика және газдар мен күрделі газды атмосфераның өзара жерінің заңдылығы.

**3 тапсырма.** Булану және конденсация процестерінің теориялық негіздері.

Дистилляциялық және ректификациялық процестер түсті металлургияда.

Ұсынылатын әдебиеттер: [11], 186-225 б.

**4 тақырып.** Құрылым, қосылыстың химиялық беріктігі, кристалды құрылымның ақаулығы.

**4 тапсырма.** Ертінділердің өзгерген электрохимиялық потенциалдары мен гидрометаллургиялық процестер термодинамикасы.

«Мыс-су», «Алюминий-су» диаграммаларын зерттеу.

Ұсынылатын әдебиеттер: [4], 61-68 б., [8], 77-87 б.

**5 тақырып.** Қатты металдардың тотығу механизмі мен кинетикасы.

**5 тапсырма.** Металдардың ерітіндіден ерітінділеу және шөгу процестерінің механизмі және кинетикасы.

Бактериалдық сілтілеу.

Ұсынылатын әдебиеттер: [4], 199-203 б., [8], 219-224 б.

**6 тақырып.** Металдың және қатты оксидтердің тотықсыздандыру механизмінің негізгі теориялық положениесі.

**6 тапсырма.** Тотығу-тотықсыздану процестерінің негіздері.

Адсорбциясы – автокаталитикалық және тотықтардың тотықсыздану диффузиялық теориясы газ тәрізді тотықсызданудың тотық көмегімен тотықсыздануы.

Ұсынылатын әдебиеттер: [2], 79-93 б.

**7 тақырып.** Сульфидтердің газдармен, металдармен және оксидтермен әрекеттесуі.

**7 тапсырма.** Сульфидтерді қайта өңдеудің теориялық негіздері.

Сульфидті шикізаттың күйдіру және балқыту автогендік процестері. Сульфидті материалдарды қайта өңдеу процестерінің терометаллургиялық дамуы.

Ұсынылатын әдебиеттер: [11], 136-151 б.

**9 тақырып.** Metallургиялық балқымалардың құрылымы мен қасиеттері.

**8 тапсырма.** Қорытылған тұздардың электролизі.

Анионы ортақ қос тұзды жүйелердің балқығыштық диаграммасын зерттеу. Электролиз кезіндегі беттік құбылыстар.

Ұсынылатын әдебиеттер: [21], 189-209 б.

**10 тақырып.** Шлакты жүйенің термодинамикасы.

**9 тапсырма.** Тотыққан балқымаларының құрылысы және қасиеттері.

Шлак балқымаларындағы диффузия. Шлактардың жұтаңдануымен тазалау әдістері.

Ұсынылатын әдебиеттер: [1], 430-455 б., [2], 177-185 б., [3], 233-238 53 б.

**11 тақырып.** Темір негізінде еріген элементтердің өзара әрекеті.

**10 тапсырма.** Сулы ерінділердің электролизі.

Металдарды электр шөктіру кезінде беттік- активті заттарды тигізетін әсерін зерттеу. Гальваностегияда БАЗ- ды пайдалану.

Ұсынылатын әдебиеттер: [20], 482-488 б.

**12 тақырып.** Құрамында өттегісі бар темірдегі көміртегінің тотығу реакциясы.

**11 тапсырма.** Галогенидтердің қатысуымен болатын процестің негізі.

Тотықтарды, сульфидтерді және де басқа қоспаларды галогендеу механизмі және кинетикасы, тотықтың қатысуымен немесе қатыспауымен.

Ұсынылатын әдебиеттер: [18], 236-239 б.

**13 тақырып.** Жоғары  $t$ -лы гетерогенді металлургиялық реакциялардың кинетикасы.

**12 тапсырма.** Экстракция процестерінің негізі.

Екі экстрагенттерді пайдалану кезіндегі синергеттік эффекті.

Реэкстракция және экстракцияның теориялық сатысының санын есептеу.

Ұсынылатын әдебиеттер: [4], 235-236, 243-251 б., [8], 318-320, 328-338 б.

**14 тақырып.** Көміртексіздену реакциясының кинетикалық заңдылықтары.

**13 тапсырма.** Ион алмасу процесінің негізі.

Ион алмасу хроматографиясы мен электродиализі.

Ұсынылатын әдебиеттер: [4], 285-297 б., [8], 266-284 б.

**15 тақырып.** Фазалардың бөліну жылдамдығы мен беріктенуі

**14 тапсырма.** Кристаллизация және балқыту.

Бағытталған кристаллизация. Монокристалдың тартылуы.

Ұсынылатын әдебиеттер: [1], 495-502 стр., [3], 337-356 б.

## **2 Пәні бойынша қорытынды бақылауға арналған сұрақтар**

1. Бір, екі және көп компонентті жүйедегі балқыту және кристаллизация термодинамикасы.
2. Теңдік және тиімділік коэффициент таралуы.
3. Ликвационды процестер.
4. Балқыту және кристаллизация процестерінің (теориясы) кинетикасы.
5. Зоналық балқыманың негіздері.
6. Бір және көп компонентті жүйедегі булану процестерінің термодинамикасы.
7. Булану және конденсация процестерінің механизмі және кинетикасы.
8. Дистилляционды және ректификационды процестер негіздері.
9. Оксидті балқымалардың молекулалық және иондық құрылыс теориясы.
10. Металдардың металдық және шлактық фазалардағы таралу заңдылықтары.
11. Шлак қасиеттері – балқу температурасы, жылу және электро өткізгіштігі, тұтқырлығы.
12. Тотықтар диссоциациясы.
13. Металдардың қышқылдану теориясы. Металдарды металлотермиялық әдіспен алу.
14. Көміртектің тотығу термодинамикасымен көміртектің су буымен өзара әрекеті.
15. Тотық металдарының тотықсыздану термодинамикасы.
16. Көміртеппен металдық тотықсыздану процесінің механизмі мен кинетика, сутегі мен монооксид көміртегінің цептік жану механизмі.

17. Түзілу термодинамикасы және сульфидтермен сульфаттар диссоциясы.
18. Сульфидтердің түзілу механизмі мен кинетикасы және олардың диссоциясы.
19. Сульфидті тотық арқылы тотығудың адсорбциялық механизмі.
20. Галогенидтердің диссоциациясы және түзілу процестерінің термодинамикасы.
21. Галогенидтердің диссоциациясының түзілу механизмі мен кинетикасы.
22. Гидрометаллургиялық процестердегі ерігіштің маңызы.
23. Гидрометаллургияда қолданылатын реагенттер.
24. Ерітінділерді кристаллизациялау термодинамикасы.
25. Кристалл түзілу механизмі және кинетикасы.
26. Гомогенді және гетерогенді түйін түзілу.
27. Кристалдық түзілуге әсер ететін факторлардың анықталатын жылдамдығы.
28. Алмаса сілтілеу термодинамикасы және металдарды ерітінділерден қиын еритін қоспа түрінде бөліп алу.
29. Ерітінділердің өзгерген электрохимиялық потенциалдары мен гидрометаллургиялық процестер термодинамикасы.
30. рН - потенциал диаграммалары концентрациясы (Пурбе диаграммасы).
31. Металдармен және сутегімен цементациялау.
32. Масса айырбастаудың ерітінділеу кезіндегі жалпы теңдігі.
33. Сыртқы диффузиялық аймағындағы ерітінділеу процессінің заңдық өлшеулерінің ағымы.
34. Ішкі диффузиялық аймағындағы ерітінділеу процессінің заңдық өлшеулерінің ағымы.
35. Кинетикалық аймағындағы ерітінділеу процессінің заңдық өлшеулерінің ағымы.
36. Кинетиканың ерітінділеу және реакция тәртібін оқудағы әдістері.
37. Цементациясының механизмі және кинетикасы.
38. Механизмге және реакция жылдамдығыны механикалық активациясы және энергетикалық әсері.
39. Экстракционды процестердің негізгі типтері.
40. Экстракцияның мөлшерлік сипаттамасы.
41. Катионалмасу экстракциясының термодинамикасы.
42. Анионалмасу экстракциясының термодинамикасы.



43. Әртүрлі факторлардың тарату коэффициентіне әсер етуі.
44. Бейтарап экстрагенттермен экстракциялау.
45. Экстракциялау процестердің кинетикасы.
46. Сорбенттердің классификациясы.
47. Ион алмасу тепе-теңдігі, таралу коэффициенті, бөліну коэффициенті.
48. Ион алмасу процесінің механизмі мен кинетикасы.
49. Химиялық поляризациясы.
50. Концентрационды поляризация.
51. Адсорбцияның поляризацияға ықпалы.
52. Металдармен сутегінің катодта бөлінуі.
53. Ток бойынша шығын.
54. Анодтық процестер.
55. Тұз балқымалардың қасиеттері.
56. Металдар мен балқытылған тұздардың әрекеттесуі.
57. Балқытылған тұздардағы ток бойынша шығын.

## **Әдебиет**

### **Негізгі**

- 1 Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Теория пирометаллургических процессов. – М.: Металлургия, 1973; 1993. – 384 с.
- 2 Попель Д. К. Теория пирометаллургических процессов. – М.: Металлургия, 1991.
- 3 Рыжонков Д. И. и др. Теория металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1989. – 391 с.
- 4 Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.
- 5 Арсентьев П. П. Экспериментальные работы по теории металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1989. – 287с.
- 6 Казачков Е. А. Расчеты по теории металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.
- 7 Лукашенко Э. Е., Погодаев А. М., Сладкова И. А. Сборник примеров и задач по теории процессов цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1971. – 174 с.

8 Зеликман А. Н., Вольдман Г. М., Беляевская Л. В. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Metallurgy, 1983. – 504 с.

9 Каковский И. А., Набойченко С. С. Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов. – Алма-Ата: Наука, 1986.

10 Набойченко С. С., Ни Л. П., Шнеерсон Я. М., Чугаев Л. В. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов. – Екатеринбург, 2002.

11 Валиев Х.Х., Романтеев Ю.П. Metallurgy свинца, цинка и сопутствующих металлов. Учебник. – Алматы: 2000. – 441с.

### **Қосымша**

12 Погорельый А. Д. Теория металлургических процессов. – М.: Metallurgy, 1971.

13 Основы металлургии, т. 1, ч. 1. – М.: Metallurgy, 1961.

14 Хабаша Ф. Основы прикладной металлургии, т. 1,2. – М.: Metallurgy, 1975.

15 Айзатулов Р. С., Харлашин П. С., Протопов Е. В., Назюта Л. Ю. Теоретические основы сталеплавильных процессов. – М.: МИССИС, 2002.

16 Миронов В. Е. и др. Аммиачная гидрометаллургия. – Новосибирск: Наука, 2001.

17 Вольдман Г. М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии. – М.: Metallurgy, 1983.

18 Зеликман А.Н., Крейн О.Е. Самсонов Г.В. Metallurgy редких металлов. – М.: Metallurgy, 1978. – 560 с.

19 Борбат В.Ф. Гидрометаллургия. – М.: Metallurgy, 1986. – 263 с.

20 В.В. Скоцеллетти. Теоретическая электрохимия. – Л.: «Химия», 1974. – 568 с.

21 Баймаков Ю.В., Ветюков М.М. Электролиз расплавленных солей. – М.: Metallurgy, 1966. – 560 с.