

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни
«Теоретичні основи процесів кольорової металургії»
для студентів заочної форми навчання
за освітньо-професійною програмою
«Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»
підготовки здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем
зі спеціальності 136 «Металургія»
(Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*)**

УДК 669.08(075)

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Теоретичні основи процесів кольорової металургії» для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*) / Укл.: Г.А. Поляков, С.М. Підгорний, Г.М. Трегубенко, В.С. Ігнат'єв, Ю.О. Бубликов – Дніпро: НМетАУ, 2016. – 15с.

Наведені робоча програма дисципліни з методичними вказівками, рекомендованою літературою і питаннями для самоперевірки за окремими темами, а також індивідуальне домашнє завдання.

Призначена для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*).

Укладачі: Г.А. Поляков, ст. викладач
С.М. Підгорний, ст. викладач
Г.М. Трегубенко, д-р техн. наук, проф.
В.С. Ігнат'єв, канд. техн. наук, проф.
Ю.О. Бубликов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск М.І. Гасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензент Л.В. Камкіна, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Підписано до друку _____. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.
Облік.-вид. арк. _____. Умов. друк. арк. _____. Тираж 100 пр. Замовлення № _____

Національна металургійна академія України
49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

1. Загальні методичні вказівки

За навчальним планом дисципліна «Теоретичні основи технологічних процесів» вивчається студентами денної і заочної форми навчання відповідно на III і IV курсі.

Мета вивчення дисципліни – засвоєння знань та придбання навичок, необхідних для засвоєння послідовних спеціальних курсів.

Навчальні заняття з дисципліни для студентів-заочників складаються з лекцій, лабораторних робіт, практичних занять, самостійної роботи з літературою, виконання курсової роботи, індивідуальних завдань і складання екзамену.

Розклад навчальних годин

Усього годин за навчальним планом	324
у тому числі:	
Аудиторні заняття	40
з них:	
- лекції	24
- лабораторні роботи	8
- практичні заняття	8
Самостійна робота	284
у тому числі:	
- підготовка до аудиторних занять	20
- виконання курсової роботи	36
- виконання індивідуальних завдань	36
- опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	192
Підсумковий контроль	екзамен

Основним видом занять при вивченні дисципліни студентами-заочниками є самостійна робота з літературою, перелік якої наведено у розділі 7 цих методичних вказівок. Самостійне вивчення дисципліни рекомендується проводити в наступній послідовності:

1) ознайомлення зі змістом теми, що вивчається, і методичними вказівками до неї;

2) вивчити за рекомендованою літературою матеріал, що відноситься до даної теми, та скласти конспект з пояснювальними схемами і графіками;

3) після засвоєння теми відповісти на питання для самоперевірки.

2. Робоча програма дисципліни і методичні вказівки до тем

Тема 1. Фізико-хімічні основи металургійних процесів

1.1. Програма

Основи термодинаміки металургійних процесів: термодинамічні функції, основні закони термодинаміки, закони фізико-хімічної рівноваги для ідеальних і реальних систем.

Основи кінетики металургійних реакцій: кінетика гомогенних реакцій, кінетика гетерогенних реакцій.

1.2. Література

[1] с.19-39, [5] с.5-51.

1.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння фізико-хімічних основ металургійних процесів.

У цій темі необхідно уяснити, що термодинаміка і кінетика дозволяють передбачити кінцевий результат металургійного процесу і швидкість, з якою він може бути досягнутий.

Термодинаміка розглядає зв'язок між перетвореннями речовини і енергії за допомогою вивчення стану рівноваги системи. Вона дозволяє передбачити напрям металургійних реакцій і міру їх завершення на основі енергетичних властивостей речовин. Передбачення швидкості протікання реакції можливо на основі кінетичних закономірностей.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основи термодинаміки і кінетики металургійних процесів,
- вміти використовувати основні закономірності термодинаміки і кінетики у металургійних розрахунках.

1.4. Питання для самоперевірки

1. Які термодинамічні функції визначають стан системи?
2. Вкажіть три основні закони термодинаміки.
3. Вкажіть основні закони фізико-хімічної рівноваги для ідеальних розчинів.
4. Напишіть рівняння залежності константи рівноваги від температури.
5. Сформулюйте закони Нернста, Генрі і Рауля для розподілу речовини між фазами.
6. Дайте визначення поняття активності компонента розчину.
7. Як розраховується активність компонента в розчині?

8. Які види стандартного стану вибирають при визначенні активності?
9. Що таке параметр взаємодії і як він обчислюється?
10. Чим відрізняються гомогенні і гетерогенні реакції?
11. Напишіть рівняння основного закону хімічної кінетики для гомогенної реакції.
12. Напишіть кінетичне рівняння реакції.
13. Якими методами визначається порядок реакції?
14. Що таке енергія активації процесу?
15. Напишіть рівняння Ареніуса для залежності швидкості реакції від температури.
16. З яких стадій складається гетерогенна реакція?
17. Сформулюйте перший закон Фіка для гетерогенного процесу.
18. Що таке коефіцієнт опору системи?
19. Які особливості процесу, що протікає в кінетичному режимі?
20. Напишіть кінетичне рівняння Казеева-Колмогорова-Єрофєєва для оцінки режиму гетерогенних процесів.

Тема 2. Будова і властивості продуктів кольорової металургії

2.1. Програма

Будова і властивості металів: будова атомів металів, природа металевого зв'язку, фізичні і механічні властивості металів, хімічні властивості металів.

Структура і властивості штейнових розплавів: структура і склад штейнових розплавів, фізико-хімічні властивості штейнових розплавів.

Будова і властивості рідких шлаків: види металургійних шлаків, будова шлакових розплавів, властивості шлакових розплавів.

2.2. Література

[1] с. 40-55, [2] с. 114-146, [5] с.102-163.

2.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння будови і властивостей металів, штейнів, шлаків.

У цій темі необхідно уявити, чим відрізняються за будовою атома метали від неметалів, що є штейн, на чому заснована молекулярна та іонна теорії будови рідких шлаків.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати будову і властивості металів, штейнів, шлаків,
- вміти використовувати знання властивостей продуктів кольоровій металургії.

2.4. Питання для самоперевірки

1. Чим відрізняється за будовою атома метали від неметалів?
2. Що таке енергія іонізації атома?
3. Що таке електронегативність атомів?
4. Що таке координаційне число атома?
5. Який з металів має найбільшу температуру плавлення і щільність?
6. Які метали мають найменшу температуру плавлення і щільність?
7. На яких металах утворюється захисна оксидна плівка?
8. Що є штейн?
9. Яким має бути зміст сірки в штейні за правилом Мостового?
10. Які найважливіші оксиди, що становлять основу шлаків кольорової металургії?
11. Як визначається кислотність шлаків?
12. Які шлаки відносяться до кислих?
13. На чому заснована молекулярна теорія будови рідких шлаків?
14. На чому заснована іонна теорія будови шлакових розплавів?
15. Яка структура кремнекислородних комплексів в шлакових розплавах?

Тема 3. Дисоціація оксидів і сульфідів

3.1. Програма

Термодинаміка процесів дисоціації. Кінетика процесів дисоціації.

3.2. Література

[1] с. 56-71, [2] с. 22-47, [5] с.47-51.

3.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння термодинаміки і кінетики дисоціації оксидів і сульфідів.

У цій темі необхідно уяснити, що при високих температурах оксиди і сульфіди металів, які стійкі в звичайних умовах, здатні дисоціювати на складові елементи. Повнота протікання дисоціації визначається не лише тиском і температурою, але і особливостями будови цих з'єднань.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні закономірності процесів дисоціації оксидів і сульфідів,
- вміти використовувати ці закономірності в металургійній практиці.

3.4. Питання для самоперевірки

1. Що означає термін «дисоціація з'єднань»?

2. Процес дисоціації протікає з вбиранням або виділенням тепла?
3. Запишіть вираження для константи рівноваги дисоціації оксиду.
4. За яких умов можлива реакція дисоціації оксиду?
5. Що називають пружністю дисоціації оксиду?
6. Які метали мають відповідно найбільшу і найменшу спорідненість до кисню і сірки?
7. Як змінюється спорідненість металів до кисню і сірки із зростанням температури?
8. Які з'єднання дисоціюють швидче – оксиди або сульфідиди?
9. Як впливає концентрація оксиду в розчині на його дисоціацію?
10. З яких основних етапів складається процес дисоціації хімічних сполук?

Тема 4. Окислювальні процеси кольорової металургії

4.1. Програма

Основи окислення металів. Окислення сульфідів. Автогенні процеси. Взаємодія сульфідів з оксидами.

4.2. Література

[1] с. 71-86, [2] с. 351-369, [5] с.74-102.

4.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основних закономірностей окислення металів і сульфідів.

У цій темі необхідно уявити, що процес окислення – зворотний процесу дисоціації. Тому термодинамічні дані для дисоціації можуть бути використані для процесів окислення, але із зворотним знаком.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні закономірності окислення металів і сульфідів,
- вміти використовувати ці закономірності в процесах кольоровій металургії.

4.4. Питання для самоперевірки

1. З яких стадій складається процес окислення металів?
2. За яких умов на поверхні металів утворюється щільна окалина?
3. Якими кінетичними рівняннями може описуватися залежність зміни маси металу з часом?
4. Які основні положення теорії окислення К.Вагнера?
5. Які можливі продукти окислення сульфідів?

6. Від яких чинників залежить температура займання сульфідів?
7. Які особливості окислення рідких сульфідів?
8. Чим відрізняються оксидний і сульфідний механізм окислення твердих сульфідів?
9. На чому засновані автогенні процеси кольорової металургії?
10. Яким чином можна розрахувати термодинамічну вірогідність реакції взаємодії сульфиду і оксиду металу при заданій температурі?

Тема 5. Відновні процеси кольорової металургії

5.1. Програма

Газове відновлення оксидів. Відновлення оксидів твердим вуглецем. Механізм вуглецьтермічного відновлення оксидів. Відновлення оксидів з шлакових розплавів. Відновлення металів з сульфідів. Металотермія.

5.2. Література

[1] с. 87-102, [2] с.73-114, [5] с.51-74.

5.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основних закономірностей відновних процесів кольорової металургії.

У цій темі необхідно уявити, що об'єктами відновлення служать оксиди, галогеніди і сульфідні. Як відновники застосовують водень, оксид вуглецю, метан, продукти спалювання природного газу або вугілля, твердий вуглець, карбід кальцію, різні метали з великою спорідненістю до кисню, чим у відновлюваних металів.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні закономірності відновлення оксидів і сульфідів,
- вміти використовувати ці закономірності в процесах кольорової металургії.

5.4. Питання для самоперевірки

1. Які процеси в кольоровій металургії відносяться до відновних?
2. Які відновники використовують в кольоровій металургії?
3. Напишіть в загальному вигляді реакцію газового відновлення оксидів і константу рівноваги цієї реакції.
4. За якою термодинамічною характеристикою судять про можливість протікання реакції відновлення оксидів газами?
5. Як впливає висока пружність пару металу на процес газового відновлення його оксиду?

6. Як впливає знаходження оксиду в шлаковому розплаві на його відновленні газом?
7. Які дві основні стадії процесу відновлення оксидів твердим вуглецем?
8. Напишіть реакцію Будуара і вкажіть її особливості.
9. Як впливає зовнішній тиск на процес відновлення оксидів твердим вуглецем?
10. Який механізм вуглецьтермічного відновлення оксидів?
11. Які особливості механізму взаємодії рідкого шлаку і твердого вуглецю?
12. Який з перерахованих відновників є найбільш ефективним для шлакових розплавів: H_2 , CH_4 , C, CO?
13. Які відновники забезпечують відновлення металів з сульфідами?
14. Які процеси належать до метало термічних і які відновники в них застосовуються?
15. У яких випадках доцільне застосування металотермічних процесів?

Тема 6. Втрати кольорових металів зі шлаком

6.1. Програма

Форма існування кольорових металів в рідких шлаках. Розподіл кольорових металів між штейном и шлаком. Механічні втрати кольорових металів з шлаками. Шляхи зниження втрат металів зі шлаками.

6.2. Література

[1] с. 103-110, [5] с.180-191.

6.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння шляхів зниження втрат кольорових металів зі шлаками.

У цій темі необхідно уяснити, що кольорові метали можуть знаходитися в шлаках в двох формах: у вигляді розчину і у вигляді механічної суспензії крапель металу в шлаку.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні шляхи зниження втрат металу зі шлаком,
- вміти обирати ці шляхи на практиці.

6.4. Питання для самоперевірки

1. У яких формах кольорові метали можуть знаходитися в шлаках пірометалургійних процесів?
2. Які чинники визначають рівноважний зміст розчинених в шлаку кольорових металів?

3. У якій формі знаходяться в шлаку розчинені кольорові метали?
4. Від яких чинників залежить розподіл кольорових металів між шлаком и штейном?
5. Який переважний розмір крапель металу в рідкому шлаку?
6. Які чинники визначають верхню межу розміру крапель металу в шлаковій ванні?
7. Які основні шляхи зниження втрат кольорових металів зі шлаком?
8. Напишіть формулу Стокса для швидкості осадження краплі.
9. Як визначається окислювальний потенціал шлаку?
10. Як впливає температура на втрати металу зі шлаком?

Тема 7. Високотемпературне рафінування кольорових металів

7.1. Програма

Окислювальне рафінування металів. Ликваційне рафінування. Рафінування перекристалізацією: вирощування монокристалу, зонна плавка.

Рафінування випаровуванням і конденсацією: основні поняття процесу випаровування, термодинаміка процесу випаровування, тиск і склад пари суміші, тиск і склад пари розчинів, основи теорії конденсації, рафінування металів ректифікацією, вакуумне рафінування.

7.2. Література

[1] с. 110-134, [2] с.477-507.

7.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння теоретичних основ високотемпературного рафінування кольорових металів.

У цій темі необхідно уяснити, що в пірометалургії використовують рафінуючи плавки, які призначені для очищення чорнових металів від домішок. При цьому використовують відмінності у властивостях основного металу і металів-домішок.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати основні закономірності процесів високотемпературного рафінування кольорових металів,
- вміти використовувати ці закономірності в металургійній практиці.

7.4. Питання для самоперевірки

1. При яких умовах термодинамічне можливе окислювальне рафінування металу від домішок?
2. За яких умов можливе отримання мінімального змісту домішок в металі при окислювальному рафінуванні?

3. Від чого залежить послідовність окислення домішок при окислювальному рафінуванні металу?
4. На яких процесах засновані ліквідаційні способи рафінування металів?
5. Напишіть формулу Стокса для визначення швидкості осадження частинок твердої або рідкої фази в рідині.
6. Якими методами здійснюється рафінування металів перекристалізацією?
7. На чому засновано рафінування перекристалізацією?
8. Яка суть методу витягування монокристала з розплаву?
9. Яка суть зонної плавки металів?
10. Напишіть рівняння Клайперона – Клаузіуса для залежності рівноважного тиску пари від температури.
11. Напишіть закон Рауля, що зв'язує тиск пари розчинника і його концентрацію в розчині.
12. Напишіть рівняння Кельвіну для тиску пари над рідиною при конденсації.
13. Яка суть рафінування методом ректифікації?
14. Які основні переваги перегонки металів у вакуумі?
15. Що є флегмове число при ректифікації?

Тема 8. Теоретичні основи гідрометалургійних процесів

8.1. Програма

Загальні положення. Вилуговування. Осадження металів з розчинів: кристалізація, гідроліз, осадження сульфідів, цементация, відновлення воднем, екстракція, іонний обмін.

8.2. Література

[1] с. 136-162, [3]

8.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння теоретичних основ гідрометалургійних процесів кольорової металургії.

У цій темі необхідно уявити, що гідрометалургійні процеси забезпечують витягання металів з їх хімічних сполук в рудах або концентратах шляхом їх обробки водними розчинами хімічних реагентів з наступним виділенням з розчинів чистих металів або їх з'єднань. Ці процеси здійснюють при відносно низьких температурах (20-80°C) у водному середовищі. Гідрометалургійним способом отримують такі кольорові метали, як Zn, Cu, Ni, W, Mo, Au, а також глинозем – сировину для електролітичного отримання алюмінію.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати теоретичні основи гідрометалургійних процесів,
- вміти обосновувати застосовування гідрометалургійних процесів в кольоровій металургії.

8.4. Питання для самоперевірки

1. Які переваги гідрометалургійних процесів перед пірометалургійними?
2. Які основні стадії включають гідрометалургійні процеси?
3. Яка суть процесу вилуговування в гідрометалургії?
4. Які розчинники застосовують при вилуговуванні?
5. Які види розчинення можливі при вилуговуванні?
6. Які види осадження металів з розчинів використовуються в гідрометалургії?
7. На чому засновано осадження металів з розчинів при кристалізації?
8. У яких випадках відбувається гомогенна і гетерогенна кристалізація?
9. На чому заснована дробова кристалізація речовин з розчину?
10. У вигляді яких з'єднань осідають метали при гідролізі?
11. Чим відрізняється гідроліз від гідратації?
12. Як впливає склад розчину на впровадження гідрооксидів металів?
13. Сульфіди кольорових металів якої групи не розчиняються у воді?
14. Які з'єднання застосовуються як осаджувачі сульфідів з розчину?
15. На чому засновано виділення металів з розчину цементациєю?
16. За якої умови термодинамічне можливо осадження металів цементациєю?
17. Які необхідні умови протікання процесу цементациї?
18. Від яких чинників залежить відновлення металів в розчині воднем?
19. Чим відрізняється автоклавне осадження металів від звичайного процесу цементациї?
20. Яка суть екстракційного виділення металів з розчинів?
21. Яка речовина є найбільш поширеним екстрагентом в гідрометалургії?
22. Які основні технологічні характеристики екстракційних процесів?
23. Які переваги екстракційного витягання металів з розчинів?
24. На чому засновано витягання металів з розчинів шляхом іонного обміну?
25. Які матеріали використовують як іоніти в гідрометалургії?
26. Які найважливіші характеристики іонообмінних смол?
27. Які стадії включає технологія іонного обміну?
28. Який процес гідрометалургії називають «елюювання»?
29. Від яких чинників залежить селективність іоніту?
30. Які варіанти іонообмінної сорбції металів застосовують в гідрометалургії?

Тема 9. Теоретичні основи електрометалургійних процесів

9.1. Програма

Загальні положення. Структура і властивості електролітів. Закони електролізу. Напруга розкладання з'єднання і електродні потенціали. Послідовність розряду іонів і визначення продуктів електролізу. Електрохімічна кінетика. Показники і параметри електролізу.

Теоретичні основи електролітичного осадження металів. Теоретичні основи електролітичного рафінування металів.

9.2. Література

[1] с. 162-196, [4]

9.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння теоретичних основ електрометалургійних процесів кольорової металургії.

У цій темі необхідно уяснити, що розрізняють два види електрометалургійних процесів: електротермічні і електрохімічні. У електротермічних процесах застосовується змінний струм, який є джерелом технологічного тепла. Електрохімічні процеси засновані на використанні постійного струму для виробництва і рафінування кольорових металів шляхом електролізу.

Електроліз є наслідком безпосереднього перетворення електричної енергії в хімічну в результаті електродних процесів. Процес електролізу здійснюється в електролізерах.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати теоретичні основи електрометалургійних процесів,
- вміти обосновувати застосування електрометалургійних процесів в кольоровій металургії.

9.4. Питання для самоперевірки

1. Чим відрізняються електротермія і електрохімія?
2. Які основні частини електролізера і їх призначення?
3. Який вид електричного струму використовують в електрохімії і чому?
4. Що таке електрохімічний еквівалент речовини і як він розраховується?
5. Чим відрізняється хімічний і електрохімічний еквіваленти речовини?
6. Яку залежність встановлює перший закон Фарадея?
7. Що таке «число Фарадея»?
8. З якого матеріалу виготовляють розчинний анод при електролітичному рафінуванні металів?
9. Яку залежність встановлює другий закон Фарадея?

10. Як розраховується продуктивність процесу електролізу?
11. Що таке «електродний потенціал» і як його вимірюють?
12. Яка будова подвійного електричного шару і де він утворюється в електролізній ванні?
13. Що таке «потенціал розкладання з'єднання»?
14. Що таке «поляризація електроду» і чому вона виникає?
15. Який механізм розчинення катодного металу в розплавленому електроліті?
16. Які основні причини відхилення від законів Фарадея?
17. Від яких чинників залежить величина електродного потенціалу?
18. Як розраховується питома витрата електроенергії при електролізі?
19. Який механізм анодного ефекту при електролізі розплавлених солей?
20. Як розраховується «вихід по струму» при електролізі?
21. У якому випадку електролізом можна отримати металеві сплави?
22. Які типи електрохімічних процесів застосовують в кольоровій металургії?
23. Які найбільш важливі властивості електролітів?
24. Які види електролітів використовують при електролізі металів?
25. Назвіть ряд металів в порядку зростання стандартного потенціалу.
26. Як розраховується «вихід по енергії» при електролізі?
27. Який принцип електролітичного рафінування металів?
28. Який принцип електролітичного отримання алюмінію?
29. Яка роль кріоліту при отриманні алюмінію електролізом?
30. Напишіть сумарну реакцію, що відбувається в алюмінієвому електролізері.

3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт

По дисципліні передбачено 8 годин лабораторних робіт. У лабораторії кафедри проводяться роботи «Визначення електропровідності електроліту» і «Визначення виходу по струму та енергії при електролітичному отриманні металів». Методичні вказівки до виконання цих робіт приведені в «Лабораторном практикуме по дисциплінам «Теоретические основы электрометаллургических процессов» і «Основы металлургии легких металлов» для студентів спеціальності 7.090402 / Сост. Игнатьев В.С. Днепропетровск, НМетАУ, 1999. – 25 с.

4. Методичні вказівки до виконання практичних занять

Практичні заняття вміщують розрахунки пірометалургійних, гідрометалургійних і електрометалургійних процесів в обсязі 8 годин. На цих заняттях розглядаються задачі з вирішенням з учбового посібника «Сборник примеров и задач по теории процессов цветной металлургии» / Лукашенко Э.Б., Погодаев А.М., Сладкова М.А. – М.: Металлургия, 1971. – 174 с.

5. Методичні вказівки до виконання курсової роботи

За навчальним планом дисципліни виконується курсова робота «Розрахунки електрохімічних процесів отримання і рафінування металів». Методичні вказівки до виконання курсової роботи вміщуються в учбовому посібнику «Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Розрахунки електрохімічних процесів отримання та рафінування металів» з дисципліни «Теоретичні основи електрометалургійних процесів» для студентів спеціальності 7.090402 / В.С.Ігнат'єв та інш. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2002. – 20 с.

6. Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання

Індивідуальне завдання складається з 10-ти питань – по одному питанню для самоперевірки з кожної теми дисципліни. У таблиці 6.1. наведено поваріантний перелік питань відповідно до їх нумерації за темами:

Таблиця 6.1.

Індивідуальні завдання

№ варіанта	Номер питання за темами								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	14	10	10	5	7	14	1	30
2	2	13	5	9	15	6	13	2	19
3	3	12	9	8	14	5	12	3	18
4	4	11	8	7	13	4	11	4	17
5	5	10	7	6	12	3	10	5	16
6	6	9	6	5	11	2	9	6	15
7	7	8	5	4	10	1	8	10	20
8	8	7	4	3	9	10	7	8	13
9	9	6	3	2	8	9	6	9	12
10	10	5	2	1	7	8	5	14	11
11	11	4	1	10	6	7	4	11	14
12	12	3	10	9	5	6	3	12	9
13	13	2	5	8	4	5	2	13	8
14	14	1	9	7	3	1	15	20	10
15	15	14	8	6	2	10	14	15	6
16	16	13	7	5	1	6	13	16	5
17	17	12	6	4	5	5	12	17	4
18	18	11	5	3	15	4	11	18	3
19	19	10	4	2	14	3	10	19	2
20	20	9	3	1	13	2	9	30	1

7. Рекомендована література

1. Теоретичні основи процесів кольорової металургії / В.С.Ігнат'єв та інш. – Запоріжжя, ЗДІА, 2012. – 200 с.
2. Теорія металургійних процесів / В.В.Охотський та інш. – К.: ІЗМН, 1997. – 512 с.
3. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов – М.: Металлургия, 1993. – 400 с.
4. Теория и технология электрометаллургических процессов / Ю.В.Борисоглебский и др. – М.: Металлургия, 1994. – с.
5. Фізико-хімічні процеси виробництва кольорової металургії: підручник / С.Г.Єгоров, І.Ф.Червоний, Р.М.Волер – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 202 с.