МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет МАТЕМАТИЧНИЙ

Кафедра ЗАГАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан математичного факультету

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С. І. Гоменюк

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 р.

**магнетизм металів і сплавів**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра

денної (очної) форми здобуття освіти

спеціальності 105 прикладна фізика та наноматеріали

предметної спеціальності \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

освітньо-професійна програма прикладна фізика

**Укладач** В.Л. Сніжной, к.ф.-м.н, доцент кафедри загальної та прикладної фізики.

|  |  |
| --- | --- |
| Обговорено та ухвалено  на засіданні кафедри загальної та прикладної фізики  Протокол № 3 від «27» жовтня 2020 р.  Завідувач кафедри  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. М. Андрєєв | Ухвалено науково-методичною радою  математичного факультету  Протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 р.  Голова науково-методичної ради факультету  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О. С. Пшенична |

|  |  |
| --- | --- |
| Погоджено  з навчально-методичним відділом  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (підпис) (ініціали, прізвище) | Погоджено з навчальною лабораторією інформаційного забезпечення освітнього процесу  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (підпис) (ініціали, прізвище) |

2020 рік

1. **Опис навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | |
| **Галузь знань, спеціальність,**  **освітня програма**  **рівень вищої освіти** | **Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі** | **Характеристика навчальної дисципліни** | |
| очна (денна) форма здобуття освіти | заочна (дистанційна)  форма здобуття освіти |
| **Галузь знань**  10 Природничі науки | Кількість кредитів – 4 | **Обов’язкова** | |
| **Цикл професійної підготовки освітньої програми** | |
| **Спеціальність**  105 прикладна фізика та наноматеріали | Загальна кількість годин – 120 | **Семестр:** | |
| **Предметна спеціальність** | 1-й | - |
| Змістових модулів – 6 | **Лекції** | |
| **Освітньо-професійна програма**  прикладна фізика | 28 год. | - |
| **Практичні** | |
| 14 год. | - |
| **Рівень вищої освіти:** бакалаврський | Кількість поточних контрольних заходів – 12 | **Самостійна робота** | |
| 78 год. | - |
| **Вид підсумкового семестрового контролю**:  екзамен | |

1. **Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Метою** вивчення навчальної дисципліни «Магнетизм металів і сплавів» є: опанування студентами магнітних станів металів і сплавів, їх вплив на фізичні, механічні та корозійні властивості з метою практичного використання у виробництві.

Основними **завданнями** викладання дисципліни «Магнетизм металів і сплавів» є: навчити студентів розрізняти магнітні стани всіх металів і сплавів, на експериментальних приладах розкрити зміст залежності фізичних, механічних та корозійних властивостей від магнітного стану металів і сплавів та можливості їх практичного застосування у виробництві.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Магнетизм металів і сплавів» студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

|  |  |
| --- | --- |
| **Заплановані робочою програмою результати навчання**  **та компетентності** | **Методи і контрольні заходи, що забезпечують досягнення результатів навчання та компетентностей** |
| Знання основних магнітних параметрів, необхідних для дослідження металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Здатність аналізувати фізичну суть магнітних станів металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення ро магнетизм металів і сплавів на виробництві. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Здатність встановлювати зв’язки між магнітними параметрами, механічними і корозійними властивостями металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями в області магнетизму металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Знати основні положення теорії магнітних станів: діагмагнетизму, парамагнетизму, феромагнетизму, антиферомагнетизму, феримагнетизму металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Знати електронну природу магнітних властивостей атома, магнітних станів металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Знати вплив магнітного стану аустеніту на механічні і корозійні властивості аустенітних хромонікелевих сталей. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти розкривати фізичну природу магнітних станів металів і сплавів: діамагнетиків, парамагнетиків, феромагнетиків, антиферомагнетиків і феримагнетиків. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти виявляти зміну магнітних станів і властивостей металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти практично використовувати засвоєні теоретичні знання. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти аналізувати механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти прогнозувати зв’язок між магнітними параметрами і параметрами механічних властивостей аустенітних сталей. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |
| Вміти прогнозувати кореляційну залежність між магнітними параметрами і швидкістю корозії аустенітних сталей. | Методи навчання: пояснювально – ілюстративний або інформаційно – рецептивний.  Контрольні заходи: обговорення та усне опитування. |

**Міждисциплінарні зв’язки.**

Для вивчення курсу «Магнетизм металів і сплавів» використовуються окремі питання дисциплін: «Електрика і магнетизм», «Атомна фізика», «Фізика твердого тіла», «Квантова механіка».

1. **Програма навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. Діамагнетизм металів і сплавів.**

*Діамагнетизм металів і сплавів.*

Орбітальний магнітний момент електрона. Момент кількості руху електрона на орбіті. Зв’язок і напрямок магнітного моменту і моменту кількості руху електрона. Гіромагнітні відношення. Гіромагнітні досліди: Барнетта, Ейнштейна і де Гааза. Спіновий магнітний момент і спіновій механічний моменти кількості руху електрона.

*Вплив магнітного поля на орбітальний рух електрона в діамагнітних металах і сплавах.*

Дія кулонівської сили між електроном і ядром у відсутності магнітного поля. Дія сили Лоренца між електроном і ядром у присутності магнітного поля. Зміна кутової швидкості електрона внаслідок сумарної дії кулонівської і Лоренцевої сил (математичний вирах). Ларморова прецесія руху орбіти електрона навколо напрямку магнітного поля. Виникнення додаткового орбітального магнітного моменту електрона та його напрямок внаслідок зміни орбітального струму електрона в присутності магнітного поля. Діамагнітний ефект.

*Магнітна сприйнятливість для діамагнітних металів і сплавів.*

Формули наведеного (індуційованого) магнітного моменту атома з одним електроном і сумарного наведеного магнітного моменту атома, який містить z електронів. Вектор намагніченості діамагнітних металів і сплавів. Зв’язок між вектором намагніченості і сумарним наведеним магнітним моментом атома. Формула для магнітної сприйнятливості діамагнітних металів і сплавів. Незалежність діамагнітної сприйнятливості від температури.

**Змістовий модуль 2. Парамагнетизм та феромагнетизм металів і сплавів.**

*Парамагнетизм металів і сплавів.*

Відмінність від нуля векторної суми орбітальних магнітних моментів усіх електронів атома для парамагнетиків. Орієнтація магнітних моментів атома під впливом зовнішнього магнітного поля. Розорієнтація магнітних моментів атома під впливом температури. Класична теорія Ланжевена поведінки магнітних моментів атомів в магнітному полі. Формула для магнітної сприйнятливості парамагнітних металів і сплавів. Закон Кюрі для парамагнетиків. Закон Кюрі-Вейса для парамагнітного стану феромагнетиків.

*Спінова природа феромагнетизму.*

Дев’ять хімічних елементів, які володіють феромагнітними властивостями. Феромагнітні сплави феромагнітних елементів, сплави феромагнітних речовин з неферомагнітних і феромагнітних елементів, сплави з неферомагнітних елементів. Основні властивості феромагнетиків: залежність магнітної проникливості від магнітного поля, залишковий магнетизм, магнітний гістерезис, коерцитивна сила, точка Кюрі. Магнітний спіновий момент електрона. Упорядкована орієнтація спінових магнітних моментів електронів.

*Феромагнетизм і кристалічна гратка.*

Перша умова існування феромагнітних металевих елементів – наявність в атомах феромагнетиків нескомпенсованих спінових магнітних моментів електронів в недобудованій оболонці. Друга умова існування феромагнетизму: відношення параметра кристалічної гратки до діаметра електронної орбіти завжди більше 1,5. Пояснення неферомагнітності хрому і марганця за допомогою другої умови. Причина наявності феромагнетизму у сплавах Гейслера (Cu2 Mn Al).

**Змістовий модуль 3. Доменна структура металів і сплавів.**

*Доменна структура феромагнетиків і сили обмінної взаємодії.*

Перша гіпотеза Вейса про виникнення яких-то сил «молекулярного поля» (в подальшому обмінних), які забезпечують паралельну орієнтацію магнітних моментів (спонтанна намагніченість). Друга гіпотеза Вейса про наявність доменів. Доведення дослідами Я. Г. Дорфмана немагнітної природи «молекулярного поля» у феромагнетиках: відхилення пучків електронів при проходженні їх через намагнічену феромагнітну фольгу. Квантова теорія про основну роль у створенні стану спонтанного намагнічування силами обмінної взаємодії. Залежність обмінного інтеграла від відношення параметра кристалічної гратки до діаметра незаповненої електронної оболонки.

*Причини виникнення та експериментальне спостереження доменів.*

Пояснення утворення доменів всередині феромагнітного кристалу стійким станом системи, якому відповідає мінімум вільної енергії. Схема розташування магнітних моментів в кристалах з одним, двома, трьома і т.д. доменів. Однодоменні дуже маленькі феромагнітні кристали. Розміри доменів. Методи спостереження доменів за допомогою порошкових фігур (Акулова-Бітера). Спостереження доменів під час проходження в магнітному полі поляризованого світла крізь домени тонкої прозорої феромагнітної плівки.

**Змістовий модуль 4. Механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів.**

*Механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів.*

У відсутності магнітного поля феромагнітне тіло – конгломерат великого числа областей, які можуть бути ненамагніченими або спонтанно намагніченими. В присутності магнітного поля – перерозподіл в ньому магнітних моментів. Схематичний хід кривої намагніченості феромагнетика. «Перекидання» у маленьких полях моментів в окремих областях у напрямку легкого намагнічування, зміщення границь між доменами. Процес повороту в сильних полях магнітних моментів доменів спонтанної намагніченості у напрямку поля (процес обертання). Технічне насичення. Пара-процес.

*Магнітострикція феромагнетиків.*

Явище магнітострикції – зміна форми і розмірів феромагнетиків. Константа магнітострикції для визначення кількості магнітострикції. Повздовжня і поперечна магнітострикція. Від’ємна повздовжня магнітострикція для нікелю і кобальту. Позитивна в маленьких і від’ємна в сильних полях магнітострикція для заліза. Зворотній характер магнітострикції: створення механічною деформацією зміни стану намагніченості. Застосування прямого і зворотного магнітострикційного ефекту у приладобудуванні: реле, вібратори, резонатори, фільтри, перетворювачі, стабілізатори, манометри, тензометри; їх використання для автоматичного контролю і регулювання процесів.

*Антиферомагнетизм і феримагнетизм.*

Орієнтація і скомпенсованність магнітних моментів в антиферомагнетиках. Нескомпенсованність магнітних моментів у феримагнетиках (феритах). Гістерезисна петля магній – марганцевих феритах. Застосування феритів: феритні серцевини в котушках індуктивності для високих частот в елементах логічних і запам’ятовуючих пристроїв в радіоелектроніці, в авіаційній і ракетній техніці.

**Змістовий модуль 5. Вплив магнітного стану аустеніту на властивості аустенітних сталей.**

*Поведінка аустенітних хромонікелевих сталей під дією холодної пластичної деформації.*

Виникнення перших порцій мартенситу деформації за пластичного одновісного стиску Ԑ сталей 12Х18Н10Т і 12Х18Н9Т, в яких у вихідному стані, відповідно, відсутній δ-ферит. Дійсні мартенситні точки деформації Ԑs цих сталей. Ефект збільшення намагніченості парамагнітного аустеніту до виникнення мартенситу деформації. Утворення двофазного (А+М) і трифазного (А+Ф+М) станів відповідно в сталях 12Х18Н10Т і 12Х18Н9Т при деформаціях Ԑ ˃Ԑs.

*Магнітний стан аустенітної матриці і механічні властивості аустенітних сталей.*

Вплив магнітного стану аустенітної матриці на механічні властивості аустенітних хромонікелевих сталей (AiSi321). Зв’язок умовної границі текучості σ02, тимчасового опору розриву σв відносно подовження σ, показника пластичності П, показника опору деформації Мартенса – Вомса П1 і питомої механічної сприйнятливості χ0 аустеніту і вмісту Рα δ-фериту сталі AiSi321. Залежність ударної в’язкості КСИ і ударно – абразивної зносостійкості К, відносного видовження σв від парамагнітної питомої магнітної сприйнятливості χ0 аустеніту високомарганцевих сталей 110Г8Л, 110Г10Л, 110Г13Л.

**Змістовий модуль 6. Залежність корозійної стійкості аустенітних сталей і сплавів від парамагнітного стану аустеніту.**

*Залежність корозійної стійкості аустенітних сталей і сплавів від парамагнітного стану аустеніту.*

Залежність швидкості корозії та кількості δ-фериту від питомої магнітної сприйнятливості аустеніту сталей AiSi304, AiSi321, 08Х18Н10Т. Побічний вплив вмісту δ-фериту на корозію. Ідентифікація корозійної стійкості різних плавок, але однієї марки аустенітних хромонікелевих сплавів (06ХН28МДТ). Магнітометрична оцінка корозійної стійкості аустенітних хромонікелевих сталей в залежності від фазового складу. Вплив окремих фаз фериту (аустеніт, δ-ферит, α’-мартенсит деформації) на швидкість корозії. Сумарний вплив цих фаз на швидкість корозії.

1. **Структура навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Зміст. модуль** | **Усього годин** | **Аудиторні (контактні) години** | | | | | | **Самостійна робота, год** | | **Система накопичення балів** | | |
| **Усього годин** | | **Лекційні заняття, год.** | | **Практичні заняття, год.** | | о/д ф. | з/дист  ф. | Теор.  завд.,  к-ть балів | Практ.  завд.,  к-ть балів | Усього балів |
| о/д.  ф | з/дист  ф. | о/дф. | з/дист.  ф. | о/д ф. | з/дист  ф. |
| **1** | **2** | **3** | | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| 1 | 16 | 8 | ‒ | 6 | ‒ | 2 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| 2 | 18 | 10 | ‒ | 6 | ‒ | 4 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| 3 | 14 | 6 | ‒ | 4 | ‒ | 2 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| 4 | 14 | 6 | ‒ | 4 | ‒ | 2 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| 5 | 14 | 6 | ‒ | 4 | ‒ | 2 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| 6 | 14 | 6 | ‒ | 4 | ‒ | 2 | ‒ | 8 | ‒ | 5 | 5 | 10 |
| Усього за змістові модулі | **90** | **42** | ‒ | **28** | ‒ | **14** | ‒ | **48** | ‒ | **30** | **30** | **60** |
| Підсумковий семестровий контроль  **екзамен** | **30** |  | ‒ |  | ‒ |  | ‒ | **30** | ‒ | **20** | **20** | **40** |
| Загалом | **120** |  | ‒ | **28** | ‒ | **14** | ‒ | **78** | ‒ | **50** | **50** | **100** |

1. **Теми лекційних занять**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № змістового  модуля | Назва теми | Кількість  годин | |
| о/д  ф. | з/дист  ф. |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 1 | Діамагнетизм металів і сплавів. | 2 | ‒ |
| 1 | Вплив магнітного поля на орбітальний рух електрона в діамагнітних металах і сплавах. | 2 | ‒ |
| 1 | Магнітна сприйнятливість для діамагнітних металів і сплавів. | 2 | ‒ |
| 2 | Парамагнетизм металів і сплавів. | 2 | ‒ |
| 2 | Спінова природа феромагнетизму. | 2 | ‒ |
| 2 | Феромагнетизм і кристалічна гратка. | 2 | ‒ |
| 3 | Доменна структура феромагнетиків і сили обмінної взаємодії. | 2 | ‒ |
| 3 | Причини виникнення та експериментальне спостереження доменів. | 2 | ‒ |
| 4 | Механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів. | 2 | ‒ |
| 4 | Магнітострикція феромагнетиків. | 2 | ‒ |
| 4 | Антиферомагнетизм і феримагнетизм. | 2 | ‒ |
| 5 | Поведінка аустенітних хромонікелевих сталей під дією холодної пластичної деформації. | 2 | ‒ |
| 5 | Магнітний стан аустенітної матриці і механічні властивості аустенітних сталей. | 2 | ‒ |
| 6 | Залежність корозійної стійкості аустенітних сталей і сплавів від парамагнітного стану аустеніту. | 2 | ‒ |
| Разом | | 28 | ‒ |

1. **Теми практичних занять**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № змістового  модуля | Назва теми | Кількість  годин | |
| о/д  ф. | з/дист  ф. |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 1 | Діамагнетизм металів і сплавів. | 1 | ‒ |
| 1 | Вплив магнітного поля на орбітальний рух електрона в діамагнітних металах і сплавах. | 1 | ‒ |
| 1 | Магнітна сприйнятливість для діамагнітних металів і сплавів. | 1 | ‒ |
| 2 | Парамагнетизм металів і сплавів. | 1 | ‒ |
| 2 | Спінова природа феромагнетизму. | 1 | ‒ |
| 2 | Феромагнетизм і кристалічна гратка. | 1 | ‒ |
| 3 | Доменна структура феромагнетиків і сили обмінної взаємодії. | 1 | ‒ |
| 3 | Причини виникнення та експериментальне спостереження доменів. | 1 | ‒ |
| 4 | Механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів. | 1 | ‒ |
| 4 | Магнітострикція феромагнетиків. | 1 | ‒ |
| 4 | Антиферомагнетизм і феримагнетизм. | 1 | ‒ |
| 5 | Поведінка аустенітних хромонікелевих сталей під дією холодної пластичної деформації. | 1 | ‒ |
| 5 | Магнітний стан аустенітної матриці і механічні властивості аустенітних сталей. | 1 | ‒ |
| 6 | Залежність корозійної стійкості аустенітних сталей і сплавів від парамагнітного стану аустеніту. | 1 | ‒ |
| Разом | | 14 | ‒ |

1. **Види і зміст поточних контрольних заходів**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № змістового модуля | Вид поточного контрольного заходу | | Зміст поточного контрольного заходу | Критерії оцінювання | | | Усього балів |
| **1** | **2** | | **3** | **4** | | | **5** |
| 1 | Теоретичне завдання –  Діамагнетизм металів і сплавів. Вплив магнітного поля на орбітальний рух електрона в діамагнітних металах і сплавах. | | Питання до підготовки:  1) Орбітальний магнітний момент електрона; момент кількості руху електрона; спіновий магнітний момент і спіновій механічний моменти кількості руху електрона.  2) Вплив магнітного поля на орбітальний рух електрона в діамагнітних металах і сплавах. Зміна кутової швидкості електрона внаслідок сумарної дії кулонівської і Лоренцевої сил; Ларморова прецесія; діамагнітний ефект. | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Практичне завдання ‒ Магнітна сприйнятливість для діамагнітних металів і сплавів. Вектор намагніченості діамагнітних металів і сплавів. | | Вимоги до виконання:  1) здатність аналізувати фізичну суть діамагнітного стану металів і сплавів;  2) здатність розкривати суть поведінки діамагнітних металів і сплавів в магнітному полі;  3) знати основні положення теорії діамагнітного стану металів і сплавів;  4) знати електронну природу діамагнітного стану металів і сплавів;  5) вміти розкривати фізичну природу діамагнетизму;  6) вміти застосовувати магнітні методи для дослідження діамагнітних металів і сплавів. | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Усього за ЗМ1 | | | | | | | 10 |
| 2 | Теоретичне завдання ‒ Парамагнетизм і феромагнетизм металів і сплавів. Спінова природа феромагнетизму. Феромагнетизм і кристалічна гратка. | | Питання до підготовки:  1) Відмінність від нуля векторної суми орбітальних магнітних моментів усіх електронів атома для парамагнетиків. Класична теорія Ланжевена поведінки магнітних моментів атомів в магнітному полі. Закон Кюрі для парамагнетиків. Закон Кюрі-Вейса для парамагнітного стану феромагнетиків.  2) Феромагнітні сплави феромагнітних елементів, сплави феромагнітних речовин з неферомагнітних і феромагнітних елементів, сплави з неферомагнітних елементів. Основні властивості феромагнетиків. Упорядкована орієнтація спінових магнітних моментів електронів.  3) Феромагнетизм і кристалічна гратка. Перша умова існування феромагнітних металевих елементів. Друга умова існування феромагнетизму | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Практичне завдання ‒ Орієнтація магнітних моментів атома під впливом зовнішнього магнітного поля. Залежність магнітної проникливості від магнітного поля, залишковий магнетизм, магнітний гістерезис, коерцитивна сила. Наявність в атомах феромагнетиків нескомпенсованих спінових магнітних моментів електронів в недобудованій оболонці. | | Вимоги до виконання:  1) здатність аналізувати фізичну суть парамагнетизму;  2) здатність аналізувати фізичну суть феромагнетизму;  3) знати електронну природу;  4) здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення про магнетизм металів і сплавів на виробництві. | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Усього за ЗМ2 | | | | | | | 10 |
| 3 | Теоретичне завдання ‒ Доменна структура феромагнетиків і сили обмінної взаємодії. Причини виникнення та експериментальне спостереження доменів. | | Питання до підготовки:  1) Перша гіпотеза Вейса. Друга гіпотеза Вейса. Квантова теорія про основну роль у створенні стану спонтанного намагнічування силами обмінної взаємодії.  2) Пояснення утворення доменів всередині феромагнітного кристалу стійким станом системи. Схема розташування магнітних моментів в кристалах з одним, двома, трьома і т.д. доменів. | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Практичне завдання ‒ Доведення дослідами Я. Г. Дорфмана немагнітної природи «молекулярного поля» у феромагнетиках. Розміри доменів. Методи спостереження доменів. | | Вимоги до виконання:  1) здатність аналізувати фізичну суть існування доменів;  2) здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичну уявлення про доменну структуру металів і сплавів на виробництві;  3) знати гіпотези Вейса;  4) знати розміри доменів;  5) вміти застосовувати методи спостереження доменів на виробництві. | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Усього за ЗМ3 | | | | | | | 10 |
| 4 | Теоретичне завдання ‒ Механізм намагнічування феромагнітних металів і сплавів. Магнітострикція феромагнетиків.  Антиферомагнетизм і феримагнетизм. | | Питання до підготовки:  1) У відсутності магнітного поля феромагнітне тіло – конгломерат великого числа областей, які можуть бути ненамагніченими або спонтанно намагніченими. 2) «Перекидання» у маленьких полях моментів в окремих областях. 3) Зміщення границь між доменами. 4) Процес повороту в сильних полях магнітних моментів доменів. 5) Явище магнітострикції. 6) Повздовжня і поперечна магнітострикція. 7) Орієнтація і скомпенсованність магнітних моментів у феримагнетиках (феритах). | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Практичне завдання ‒ Технічне насичення. Застосування прямого і зворотного магнітострикційного ефекту у приладобудуванні: реле, вібратори, резонатори, фільтри, перетворювачі, стабілізатори, манометри, тензометри; їх використання для автоматичного контролю і регулювання процесів. | | Вимоги до виконання:  1) здатність аналізувати фізичну суть феромагнітних металів і сплавів;  2) здатність розуміти і пояснювати існування ненамагніченого феромагнетичка у відсутності магнітного поля;  3) знати механізм намагнічування металів і сплавів;  4) знати суть явища магнітострикції;  5) знати застосування прямого і зворотного магнітострикційного ефекту у приладобудуванні: реле, вібратори, резонатори, фільтри, перетворювачі, стабілізатори, манометри, тензометри; їх використання для автоматичного контролю і регулювання процесів;  6) знати фізичну суть антиферомагнетизму і феримагнетизму;  7) знати застосування феритів: феритні серцевини в котушках індуктивності для високих частот в елементах логічних і запам’ятовуючих пристроїв в радіоелектроніці, в авіаційній і ракетній техніці. | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | | 5 |
| Усього за ЗМ4 | | | | | | | 10 |
| 5 | | Теоретичне завдання ‒ Вплив магнітного стану аустеніту на властивості аустенітних сталей. Магнітний стан аустенітної матриці і механічні властивості аустенітних сталей. | Питання до підготовки:  1) Виникнення перших порцій мартенситу деформації за пластичного одновісного стиску Ԑ сталей 12Х18Н10Т і 12Х18Н9Т.  2) Дійсні мартенситні точки деформації Ԑs цих сталей.  3) Вплив магнітного стану аустенітної матриці на механічні властивості аустенітних хромонікелевих сталей (AiSi321).  4) Зв’язок умовної границі текучості σ02, тимчасового опору розриву σв відносно подовження σ. | | | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | 5 |
| Практичне завдання ‒ Утворення двофазного (А+М) і трифазного (А+Ф+М) станів відповідно в сталях 12Х18Н10Т і 12Х18Н9Т при деформаціях. Залежність ударної в’язкості КСИ і ударно – абразивної зносостійкості К, відносного видовження σв від парамагнітної питомої магнітної сприйнятливості χ0 аустеніту високомарганцевих сталей 110Г8Л, 110Г10Л, 110Г13Л. | Вимоги до виконання:  1) здатність встановлювати зв’язок між магнітними параметрами і механічними властивостями металів і сплавів;  2) знати вплив магнітного стану аустеніту на механічні властивості аустенітних хромонікелевих сталей;  3) вміти прогнозувати зв’язок між магнітними параметрами і параметрами механічних властивостей аустенітних сталей. | | | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | 5 |
| Усього за ЗМ5 | | | | | | | 10 |
| 6 | | Теоретичне завдання ‒ Залежність корозійної стійкості аустенітних сталей і сплавів від парамагнітного стану аустеніту. | Питання до підготовки:  1) Залежність швидкості корозії та кількості δ-фериту від питомої магнітної сприйнятливості аустеніту сталей AiSi304, AiSi321, 08Х18Н10Т. Побічний вплив вмісту δ-фериту на корозію.  2) Ідентифікація корозійної стійкості різних плавок, але однієї марки аустенітних хромонікелевих сплавів (06ХН28МДТ). | | Правильна відповідь на теоретичні запитання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | 5 |
| Практичне завдання ‒ Магнітометрична оцінка корозійної стійкості аустенітних хромонікелевих сталей в залежності від фазового складу. Вплив окремих фаз фериту (аустеніт, δ-ферит, α’-мартенсит деформації) на швидкість корозії. Сумарний вплив цих фаз на швидкість корозії. | Вимоги до виконання:  1) здатність встановлювати зв’язок між магнітними параметрами і корозійними властивостями металів і сплавів;  2) знати вплив магнітного стану аустеніту на корозійні властивості аустенітних хромонікелевих сталей;  3) вміти прогнозувати кореляційну залежність між магнітними параметрами і швидкістю корозії аустенітних сталей у виробництві. | | Виконання практичного завдання оцінюється максимально у 5 балів; неповна – 4 бали; відсутність відповіді – 0 балів. | | 5 |
| Усього за ЗМ6 | | | | | | | 10 |
| **Усього** |  | | | | | | **60** |

**8. Підсумковий семестровий контроль**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Форма | Види підсумкових контрольних заходів | Зміст підсумкового контрольного заходу | Критерії оцінювання | Усього балів |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Екзамен** | Теоретична частина (теоретичні питання). | Відповідь на одне теоретичні питання. | Правильна відповідь на теоретичні питання оцінюється максимально в 20 балів (повна відповідь – 20 балів; неповна – 10 балів; відсутність відповіді – 0 балів). | 20 |
| Практична частина (практичні завдання). | Відповідь на практичні завдання. | Правильна відповідь на практичні завдання оцінюється максимально у 20 балів (повна відповідь – 20 балів; неповна – 10 балів; відсутність відповіді – 0 балів).. | 20 |
| **Усього** |  | | | **40** |

**Рекомендована література**

**Основна:**

1. Вонсовский С. В. Современное учение о магнетизме. Москва : Гостехиздат, 1952. 269 с.
2. Поплавко Ю. М. Основы физики магнитных явлений в кристаллах. Киев, НТУУ, «КПИ», 2007. 230 с.
3. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем / Шпак А. П., Куницький Ю. А., Захаренко М. І., Волощенко А. В. Київ : Академперіодика, 2003. 208 с.
4. Кринчик Г. С. Физика магнитных явлений. Москва : МГУ, 1985. 224 с.
5. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Москва : Мир, 1987. 719 с.
6. Сніжной Г. В. Зародження мартенситу деформації в хромонікелевих сталях аустенітного класу. // *Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2011, №3, С. 84-89.*
7. Сніжной Г. В. Вплив магнітного стану аустенітної матриці на механічні властивості сталі AiSi32 // *Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2014, №7, С.105-109*.
8. Сніжной Г. В., Сажнєв В. Н. Магнітний стан аустенітної матриці і механічних властивостей високомарганцевих сталей // Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2012, №9, С. 115‑119.
9. Сніжной Г. В. Залежність корозійної поведінки аустенітних хромонікелевих сталей від парамагнітного стану аустеніту. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2013, №3, С. 58-62.
10. Сніжной Г. В., Сніжной В. Л. Ідентифікаця корозійної стійкості різних плавок, але однієї марки аустенітних Fe-Cr-Ni сплавів. Зб. Наук. Праць «Будівництво, матеріалознавство, машинобудування». Серія: «Стародубовські читання 2016». Дніпропетровськ, 2016, Вип. 89. С. 167-171.
11. Сніжной Г. В. Магнітометрична оцінка корозійної стійкості аустенітних хромонікелевих сплавів в залежності від фазового складу // *Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2013, №9, С. 195-201.*

**Додаткова:**

1. Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А. Магнетизм – что это? Киев. Наукова думка. 1981, 207 с.
2. Преображенский А. А., Бишард Е. Г. Магнитные материалы и элементы. Москва: Высшая школа. 1986. 352 с.

**Інформаційні ресурси:**

1. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua>
2. Енциклопедія сучасної України (магнетизм). URL: <http://esu.com.ua/search_articles.php?id=6023y>
3. Сайт Інституту магнетизму НАН України та МОН України. URL: <http://ukr.imag.kiev.ua/>
4. 4. Сайт Національної лабораторії магнетизму США. URL: [www.magnet.fsu.edu.com](http://www.magnet.fsu.edu.com)
5. 5. Постанова Національної Академії Наук України про стан та перспективи досліджень актуальних проблем магнетизму технічних об’єктів. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0234550-0>