

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра нанофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету радіофізики, електроніки  
та комп'ютерних систем

І.О.Анісімов

« 31 » 08 2017 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Спінтроніка і магنونіка

для здобувачів наукового ступеня доктор філософії

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>105 Прикладна фізика та наноматеріали</b>
рівень вищої освіти освітньо-наукова програма	третій освітньо-науковий <b>"Прикладна фізика та наноматеріали"</b>
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання - очна, заочна

Навчальний рік - 2017/2018

Курс - 2, півріччя - 2

Кількість кредитів ECTS - 4

Мова викладання, навчання

та оцінювання - українська

Форма заключного контролю - іспит

### Викладач:

Прокопенко Олександр Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри нанофізики та наноелектроніки

Пролонговано: на 2018/2019 н.р.

на 2019/2020 н.р.

*AS* (Прокопенко А.В.) «30» 08 2018 р. *AP 18*  
*AS* (Прокопенко А.В.) «29» 08 2019 р. *AP 10*

КИЇВ – 2017

**Розробник:**

**Прокопенко Олександр Володимирович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри нанофізики та наноелектроніки

«ПОГОДЖЕНО»

Завідувач кафедри нанофізики та наноелектроніки

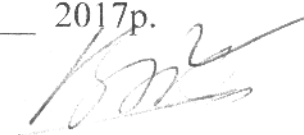
  
\_\_\_\_\_ О.В. Прокопенко

Протокол № 1 від «28» 08 2017 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № 1 від «31» 08 2017р.

Голова науково-методичної комісії



В.В. Обуховський

«31» 08 2017 року.

**1. Мета дисципліни** – розгляд основних фізичних принципів спітроніки та магنونіки, вивчення типових фізичних ефектів, що притаманні спітронним і магنونним системам, і можуть застосовуватись для створення сучасних електронних пристроїв.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «Спітроніка і магنونіка» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки: «Фізика магнетизму», «Магнітні та спітзалежні явища в твердих тілах», а також на циклі базових фізико-математичних дисциплін, що вивчались в бакалавраті/магістратурі за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Попередні вимоги:

*аспірант повинен знати:* основні методи теоретичної фізики, вищу математику, числові методи, фізику магнетизму на рівні випускника магістратури Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

*аспірант повинен вміти:* описувати механічні, електричні, магнітні та оптичні явища в конденсованих середовищах, оперувати поняттями зонна структура, спінова взаємодія, квазічастинка, обчислювати вплив тої чи іншої взаємодії на квантові стани в межах теорії збурень, вміти самостійно працювати, розв'язувати задачі за допомогою методів теоретичної фізики, числовими методами в галузі прикладної фізики, спітроніки та фізики магнітних явищ на рівні випускника магістратури Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

У курсі вивчаються основи принципи та ідеї спітроніки і магنونіки та типові фізичні явища, притаманні таким системам: магниторезистивний ефект, спіт-обертний ефект, спіновий ефект Холла тощо. Значна частина курсу також пов'язана з аналізом можливих застосувань вказаних фізичних ефектів для створення сучасних електронних пристроїв.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

- здатність планувати та організовувати практичні наукові дослідження в галузі спітроніки, магنونіки та магнітної наноелектроніки;
- розуміння принципів побудови та принципів роботи спітронних і магنونних пристроїв та систем;
- розуміння методів експериментального, теоретичного та числового дослідження властивостей спітронних і магنونних систем;
- вміння застосовувати методи теоретичної, експериментальної та комп'ютерної фізики для розв'язання елементарних задач спітроніки і магنونіки.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
<b>1</b>	аспірант повинен <b>знати:</b>	лекційні заняття, практичні заняття	іспит, колоквиум, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
1.1	основні ідеї та характерні масштаби спітроніки	==/==	==/==	
1.2	причини появи та методи опису явища магнітоопору	==/==	==/==	
1.3	будову та властивості типових спітронних наноструктур	==/==	==/==	
1.4	особливості проведення досліджень у галузі спітроніки	==/==	==/==	
1.5	принцип роботи спітронного	==/==	==/==	

	магнітного наноосцилятора			
1.6	принцип роботи спінового осцилятора Холла	==	==	
1.7	принцип роботи спітронного магнітного мікрохвильового детектора	==	==	
1.8	основні принципи магنونіки	==	==	
1.9	магنونні пристрої	==	==	
2	аспірант повинен <b>вміти</b> :	==	іспит, колоквиум, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
2.1	визначати особливості спектру магнітних коливань спітронних і магنونних систем	==	==	
2.2	застосовувати рівняння теорії Славіна–Тиберкевича для аналізу динамічних процесів у спітронних магнітних наноосциляторах	==	==	
2.3	проводити аналіз динамічних процесів у спітронних і магنونних пристроях			
3	<b>комунікація</b>	лекційні заняття, практичні заняття	іспит, колоквиум, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 5
3.1	Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування			
3.2	Здатність бути відповідальним за внесок в роботу команди при вирішенні проблеми	лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	
4	<b>автономність та відповідальність</b>	лекційні заняття, практичні заняття	іспит, колоквиум, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 5
4.1	самостійність у навчанні та/або професійній діяльності			

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	
	Програмні результати навчання (назва)															
ПРН. 1. Сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі прикладної фізики та наноматеріалів і суміжних галузей знань Методологія наукових досліджень та принципи їх організації.	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
ПРН. 2. Знати праці провідних світових учених, наукові школи та фундаментальні праці за напрямком дослідження; вміти формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу.	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
ПРН. 6. Ініціювати, організувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.		+		+				+		+			+		+	
ПРН. 8. Формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.										+	+	+	+	+	+	
ПРН. 9. Формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.										+	+	+	+	+	+	
ПРН. 13. Визначати принципи та методи дослідження, використовуючи міждисциплінарні підходи.	+					+						+				
ПРН. 19. Ініціювання наукових та інноваційних комплексних проєктів в галузі електроніки та телекомунікацій, лідерство та автономність під час їх реалізації.													+	+	+	+
ПРН. 22. Здатність приймати обґрунтовані рішення, мотивувати людей та рухатися до спільної мети	+									+	+	+	+	+	+	
ПРН. 23. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.						+	+		+	+	+	+	+	+	+	

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання аспірантів:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами практичних занять та результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні, наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.9 [знання] до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання аспірантів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має один змістовний модуль. Після завершення теми №5 проводиться колоквиум. Обов'язковим для допуску до іспиту є: успішне виконання завдань самостійної роботи та успішна здача колоквиуму.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається із 2 питань, питання оцінюються по 25 балів. Всього за іспиті можна отримати від 0 до 50 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою **40 балів**.
- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання аспірантом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум 20 балів* за семестр. Аспіранти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **20 балів**, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності аспіранта під час занять з поважних причин відпрацювання та перездачі колоквиуму та практичних занять здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті».

## 7.2. Організація оцінювання;

*Оцінювання за формами контролю:*

	<b>ЗМ</b>	
	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>
Колоквиум	12	30
Виконання аспірантами завдань на практичних заняттях	4	10
Виконання аспірантами завдань самостійної роботи	4	10

*Орієнтований графік оцінювання:*

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання</i>
Колоквиум	квітень
Виконання аспірантами завдань самостійної роботи	березень - травень
Добір балів/доскладання завдань самостійної роботи	травень
Іспит	травень

Розрахунок балів, які аспірант отримує при успішній здачі іспиту:

	Змістовий модуль	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	20	40	60
Максимум	50	50	100

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100%
<b>Добре</b> / Good	75-89%
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74%
<b>Незадовільно</b> / Fail	0-59%

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Вступ. Означення та характерні масштаби спінтроніки. Основні ідеї та історія розвитку спінтроніки.	2		8
2	Основні галузі спінтроніки. Їх характерні риси та області застосування.	2		11
3	Магнітоопір. Фізичні причини появи магнітоопору. Магніторезистивний коефіцієнт.	2	2	11
4	Будова та властивості спінтронних магнітних наноструктур.	2		11
5	Спінтронний магнітний наноосцилятор.	2		11
6	Спінтронний магнітний мікрохвильовий детектор.	2	2	11
7	Пристрої спінтроніки. Основні ідеї та застосування.	2		11
8	Пристрої магноніки. Основні ідеї та застосування.	4		22
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:

Лекцій – **18**- год.

Практичні заняття – **4** год.

Консультації – **2** год.

Самостійна робота - **96** год.

### 9. Рекомендовані джерела:

1. Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. Фізичні основи спінтроніки. – Вінниця: Нілан-ЛТД, 2014.
2. Третяк О.В., Львов В.А., Барабанов О.В. Фізичні основи спінової електроніки. – К: ВПЦ «Київський університет», 2002.

3. Погорілий А.М. Спінтроніка. Основні явища. Тенденції розвитку / А.М. Погорілий, С.М. Рябченко, О.І. Товстолиткін // Укр. фіз. журн. Огляди. – 2010. – Т. 6, № 1. – Р. 37–97.
4. Handbook of Spin Transport and Magnetism / Eds. E. Y. Tsymbal, I. Zutic. – New York: CRC Press, 2012. – 800 p.
5. Kiselev S.I. Microwave oscillations of a nanomagnet driven by a spin-polarized current / S.I. Kiselev, J.C. Sankey, I.N. Krivorotov, N.C. Emley, R.J. Schoelkopf, R.A. Buhrman, D.C. Ralph // Nature. – 2003. – Vol. 425. – P. 380–383.
6. Tulapurkar A.A. Spin-torque diode effect in magnetic tunnel junctions / A.A. Tulapurkar, Y. Suzuki, A. Fukushima, H. Kubota, H. Maehara, K. Tsunekawa, D.D. Djayaprawira, N. Watanabe, S. Yuasa // Nature. – 2005. – Vol. 438. – P. 339–342.
7. Slavin A. Nonlinear auto-oscillator theory of microwave generation by spin-polarized current / A. Slavin, V. Tiberkevich // IEEE Trans. Magn. – 2009. – Vol. 45, No. 4. – P. 1875–1918.
8. Serga A.A. YIG magnonics / A.A. Serga, A.V. Chumak, B. Hillebrands // J. Phys. D.: Appl. Phys. – 2010. – Vol. 43, № 23. – P. 264002.