

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

Кафедра теоретичної та прикладної механіки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
Харитонов О.М.
« 21 » вересня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Наномеханіка
для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Жук Ярослав Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки

Пролонговано: на 20 21 / 20 21 н.р. О.М. Харитонов « 31 » вересня 20 21 р.
на 20 ___ / 20 ___ н.р. (_____) « ___ » _____ 20 ___ р.

КИЇВ – 2020

Розробники Жук Ярослав Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри
теоретичної та прикладної механіки

 (Жук Я. О.)

Протокол № 1 від 28 серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 1 від «31» серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії  (Олійник А.С.)

«31» серпня 2020 року

1. Мета дисципліни – Ознайомлення студентів із понятійним апаратом, предметом і методами розв’язання сучасних задач новітньої області механіки – наномеханіки, забезпечення формування у студентів здатності сприймати основні поняття, підходи, концепції, принципи, моделі, методи дослідження, покладені в основу наномеханіки як дисципліни та технології, яка враховує особливості внутрішньої структури матеріалу при оцінці макроскопічних властивостей матеріалів та механічних процесів, що відбуваються з макроскопічними тілами; забезпечити володіння підходами до побудови основ механіки нанокомпозитів та методами дослідження ряду класів задач, що стосуються різних проблем статички, динаміки та стійкості нанокомпозитів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- 1. Знати:** основні поняття та методи курсів *теоретичної механіки*: матеріальна точка, тверде тіло, формулювання законів збереження кількості руху, момента кількості руху, енергії, формулювання законів Ньютона; *теорії пружності*: тензор, напруження, деформація, пружне тіло; *теорії коливань*: власна частота коливань, період коливань, амплітуда коливань, *теорії хвиль*: довжина хвилі, швидкість поширення хвилі та теорії композитних матеріалів.
- 2. Вміти:** проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових ідей і підходів в галузі наномеханіки, самостійно застосовувати аналітичні, експериментальні і комп’ютерні методи розв’язання задач наномеханіки, проєктувати нанокомпозити та аналізувати їх властивості.
- 3. Володіти елементарними навичками:** розв’язування задач з курсу математичного аналізу, теоретичної механіки, теорії пружності, математичної фізики.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Наномеханіка» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 «Математика та статистика» зі спеціальності 113 «Прикладна математика» освітньої програми «Комп’ютерна механіка».

У програмі дисципліни «Наномеханіка» розглядаються такі фундаментальні поняття структурної механіки як структурні рівні, принципи континуалізації та гомогенізації, крайові та приповерхневі ефекти, границі застосовності континуальної механіки деформівного твердого тіла, дві основні моделі в структурній механіці матеріалів. Ці поняття, принципи і методи використовуються при побудові механіки нанокомпозитів як складової частини структурної механіки матеріалів і для отримання на основі застосування сучасної комп’ютерної техніки конкретних результатів для ряду класів задач, що стосуються проблем статички, динаміки, стійкості та руйнування нанокомпозитів.

Дана дисципліна є вибірковою.

Викладається у 3 семестрі 2 курсу в обсязі 90 год. (3 кредитів ECTS¹) зокрема: лекції – всього 28 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 60 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі та підсумкова модульна контрольна робота. Завершується дисципліна заліком.

4. Завдання (навчальні цілі): – набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці і механіці відповідно освітньої кваліфікації «Магістр», а саме: ознайомлення студентів з Термінологією, прийнятою в теорії наноструктурних матеріалів та нанотехнології; поняттями представницького (характерного) та еквівалентного об'ємів, принципами континуалізації та гомогенізації та особливостями їх застосування; основними моделями структурної механіки матеріалів; властивостями нанорозмірних об'єктів (карбонових нанотрубок, фулеренів, фулеритів, вусів тощо) наповнювача та матриці; коротким формулюванням основного підходу до побудови механіки нанокompозитів; класифікацією нанокompозитів; двобічними оцінками при обчисленні осереднених сталей для нанокompозитних матеріалів; ефектами, характерними для нанокompозитів при дослідженні динамічних та статичних задач, задач руйнування і стійкості; застосуванням знань, умінь, навичок і комунікацій у професійній діяльності, аналізом та розв'язуванням прикладних задач. Дисципліна спрямована на формування таких програмних компетентностей:

1. Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);
2. Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);
3. Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
4. Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);
5. Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
6. Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
7. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
8. Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні проблем комп'ютерної механіки (ФК-2);
9. Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
10. Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 11.Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
- 12.Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 13.Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
- 14.Володіння дидактичними знаннями процесів і методів викладання та навчання математики та механіки (ФК-11);
- 15.Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові дослідження у спеціалізованій області прикладної математики (ФК-12).

4. 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			
1	студент повинен знати:			до 50
1.1	основні поняття наномеханіки, шкала масштабів, моделі механіки на нано-, мікро-, мезо-, макрорівнях; структурна механіка матеріалів	<i>Лекція</i>	<i>Активна робота на лекціях, усні відповіді, залік</i>	5%
1.2	основи нанотехнології, класифікація напрямків нанотехнології; зондові, силові скануючі мікроскопи, механіка кантилевера; фулерени, фулерити, нанотрубки, хіральність нанотрубок			6%
1.3	моделі атомно-молекулярної взаємодії в наномеханіці, дво-, три- та багатоатомна ланцюгові моделі			5%
1.4	наноплівки, нанокompозити; класифікація нанокompозитів, основи механіки нанокompозитів			6%
1.5	континуалізація, гомогенізація, процедури осереднення; загальний підхід до побудови механіки нанокompозитів			6%
1.6	двосторонні оцінки при обчисленні осереднених сталих нанокompозиту та в механіці руйнування нанокompозиту при стисканні, правило суміші			6%
1.7	вплив поверхні розділу матриці та наповнювача, його врахування в рамках моделі Морі-Танака			5%
1.8	аналіз поширення хвиль в нанокompозитах; структурна модель однорідної пружної лінійної суміші, пружні плоскі хвилі у волокнистих нанокompозитах			6%
1.9	хвильові ефекти: випромінювання молекул в суспензіях, вплив початкових напружень в рамках моделі кусково-однорідного пружного матеріалу			5%

2	студент повинен вміти:			до 35
2.1	вільно володіти основними поняттями наномеханіки, визначати межі застосовності механіки континууму в задачах наномеханіки	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольна робота (60% правильних відповідей), оцінювання виконання завдань, винесених на самостійну роботу, залік</i>	5%
2.2	використовувати методи теоретичної механіки та механіки континууму для побудови відповідних моделей наномеханіки			5%
2.3	розраховувати основні характеристики кантилевера як основного елемента зондового скануючого та атомно-силового мікроскопів			5%
2.4	користуватись процедурами континуалізації та гомогенізації для проведення оцінок властивостей нанокompatитів при розв'язанні відповідних задач			5%
2.5	проводити двосторонні оцінки властивостей нанокompatитів виходячи із моделей взаємодії на поверхні розділу включення-матриця			5%
2.6	застосовувати теорію поширення хвиль в нанокompatитах для описання базових властивостей в рамках моделі суміші			5%
2.7	використовувати сучасні засоби програмування для розв'язування задач наномеханіки із врахуванням особливостей внутрішньої структури матеріалу			5%
3	комунікація			до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	<i>Лекція</i>	<i>Активна робота на лекціях, усні відповіді</i>	5%
4	автономність та відповідальність			до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів	<i>Самостійна робота</i>	<i>Оцінювання виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	5%
4.2	самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркового дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

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	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	4.2	
	Програмні результати навчання (назва)																			
знання																				
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці (ПРН-КС-1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Володіти основами правових, етичних відносин і психологічних особливостей поведінки (ПРН-КС-2)																		+	+	+
Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень (ПРН-КС-4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач (ПРН-КС-5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
уміння																				
Уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символічних алгоритмів (ПРН-КС-7)					+	+	+	+	+								+			
Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної механіки. (ПРН-КС-9)					+	+	+	+	+								+			
Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку (ПРН-ЦМС-1)															+	+				+
Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення математичної проблеми (ПРН-ЦМС-2)													+	+	+			+	+	+
Здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату (ПРН-ЦМС-4)																		+	+	+
ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом (ПРН-ЦМС-5)																		+	+	+
Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов (ПРН-ЦМС-7)																		+	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1–РН1.9, РН3.1 – 20 балів/11 балів;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1– РН2.7, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/12 бали;
3. Підсумкова контрольна РН2.1–РН2.7 – 20 балів/12 балів;
Разом має бути 60 балів/35 балів;

- підсумкове оцінювання: залік.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1–РН1.9, РН2.1–РН2.7.
- форма проведення і види завдань: письмово-усна робота.

7.2. Організація оцінювання:

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та додатково скласти домашні завдання. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 20 балів, тобто, якщо оцінка студента на заліку є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за залік не додаються до семестрової оцінки;

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

форма заліку – письмово-усна. Білет на залік складається із 2 завдань: одного теоретичного і однієї задачі. Кожне завдання оцінюються від 0 до 15 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Завдання для самостійного виконання на 9-му тижні навчального періоду.
2. Підсумкова контрольна на 13-му тижні навчального періоду.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Самостійна робота	Консультації
1	Нанотехнологія	6	10	
2	Структурна механіка наноматеріалів	8	15	
3	Нанокompозити	6	15	2
4	Хвилі в нанокompозитах	8	20	
	Всього	28	60	2

Загальний обсяг 90 год., у тому числі:

Лекцій – 28 год.

Консультацій – 2 год.

Самостійної роботи – 60 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Гузь А.Н., Рушицкий Я.Я., Гузь И.А. Введение в механику нанокомпозитов. – Киев.: Ин-т механики им. С.П.Тимошенко, 2010, 398 с.
2. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки // Успехи физических наук. – 1997. - т. 167, № 9. - С. 945-972.
3. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – Москва: Техносфера, 2005, 336 с.
4. Жук Я.А., Гузь И.А. Влияние предварительных напряжений на скорости распространения плоских волн перпендикулярно слоям в нанокомпозитных материалах // Прикладная механика. - 2006. - 42, № 7. - С. 3-22.
5. Жук Я.А., Гузь И.А. Особенности распространения плоских волн вдоль слоев предварительно напряженного нанокомпозитного материала // Прикладная механика. -2007. – 43, № 4. - С. 3-26.

Додаткові:

1. Wilson M., Kannangara K., Smith G., Simmons M., Raguse B. Nanotechnology: Basic Science and Emerging Technologies.– CRC Press, 2002, 290 p.
2. Bhushan B. Nanotribology and Nanomechanics. An Introduction. – Springer, 2017, 928 p.
3. Cleland A.N. Foundations of Nanomechanics From Solid-State Theory to Device. –Springer, 2003, 436 p.
4. Eshelby J. D. The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, Proc. R. Soc. Lond. A 241:1226 (1957), 376–396
5. Qu J. The effect of slightly weakened interfaces on the overall elastic properties of composite materials”, Mech. Mater. 14:4 (1993), 269–281.
6. Feynman R. There's Plenty of Room at the Bottom // Caltech's Engineering and Science, February issue, 1960.
7. Silvestre N. Advanced computational nanomechanics. – John Wiley & Sons, 2016, 307 p.