

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра теоретичної та прикладної механіки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Перший проректор

“ _____ ” _____ 2012_ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи нанореології

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напряму підготовки 6.040202 механіка

(шифр і назва напряму підготовки)

для спеціальності 8.0402021 теоретична та прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (тей))

спеціалізації _____

(назва спеціалізації)

факультету Механіко-математичного

(назва факультету)

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Харків – 2012

Основи нанореології. Робоча програма дисципліни
(назва навчальної дисципліни)
для студентів за напрямом підготовки 6.040202 механіка.
„__” _____, 2012. - 10 с.

Розробники: **Кізілова Наталія Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки.**

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної та прикладної механіки.

Протокол № 6 від. “15” березня 2012 р.
Завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки

_____ (Кізілова Н.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ 15 ” 03 2012 р.

Схвалено методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 6 від. “10” квітня 2012 р.

“ 10 ” 04 2012 р. Голова _____ (Гарапова О.І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 2	Галузь знань 0402–"математичні науки"	вибіркова	
	Напрямок підготовки 6.040202"механіка"		
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування): 8.04020201 «Теоретична та прикладна механіка»	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		5-й	-й
Загальна кількість годин - 72		Семестр	
		9-й	-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 72 самостійної роботи студента - 36	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	36 год.	год.
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		36 год.	год.
		<i>Лабораторні</i>	
		год.	год.
		Самостійна робота	
		36 год.	год.
		ІНДЗ: год.	
Вид контролю: залік			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 2

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу полягає у наданні майбутнім спеціалістам знань в галузі сучасної нанореології, нанотрибології та методів сучасної наномеханіки та використанні її методів в сучасних нанотехнологіях та нанобіотехнологіях.

Завдання дисципліни:

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- основні типи наноструктур та методи їх створення in silico та в лабораторних умовах;
- механічні властивості наноструктур та наноструктурованих твердих та рідких середовищ, різницю між властивостями середовищ та матеріалів на макро- та нанорівнях;
- реологічні моделі, які використовуються для опису механічних властивостей та механічних процесів в суцільних середовищах на нанорівні;
- сучасну техніку дослідження механічних властивостей, деформацій та руху наноструктур та наноструктурованих систем, а також принципи роботи цієї техніки;
- сучасні MEMS системи та принципи їх роботи;
- підходи нерівноважної термодинаміки до будування математичних моделей наносистем;
- методи молекулярної динаміки моделювання процесів на нанорівні;
- методи механіки суцільних середовищ, які можуть використатися для опису деформації та руху на нанорівні;

вміти:

- використовувати відомі та будувати нові реологічні співвідношення для рідких та твердих матеріалів на нанорівні;
- будувати замкнені системи рівнянь для наноструктурованих суцільних середовищ;
- проводити чисельні розрахунки процесів на нанорівні методами молекулярної динаміки;
- визначати основні механічні принципи, на яких базується робота MEMS систем;
- будувати моделі та розв'язувати задачі про деформацію, тертя та рух твердих та рідких середовищ на нанорівні.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Механічні властивості наноструктур та наноструктурованих систем та експериментальні методи дослідження.

Тема 1. Історія, предмет та методи сучасної нанореології та нанотрибології. Нано-, мікро-, мезо- і макрорівні будови матеріалів та їх взаємодія.

Тема 2. Типи та класифікація наноструктур. Методи отримання наночастинок, нанотрубок, наноплівки та наночарів. Методи будування наноструктурованих матеріалів та нанорідин.

Тема 3. Огляд сучасних досягнень в області наномеханіки, нанобіомеханіки та нанотехнологій.

Тема 4. Методи та устаткування сучасної експериментальної нанореології та нанотрибології. Наномеханіка та нанофізика.

Тема 5. Основні механічні сили та типи взаємодій на нанорівні: Ван-дер-Ваальсові сили, ковалентні зв'язки, адгезивні, магнітні та електростатичні сили, Дебаєвське відштовхування, гідрофільність та гідрофобність.

Тема 6. Геометричні ефекти. Молекулярні упакування. Методи молекулярної динаміки та молекулярних грат.

Тема 7. Елементи розширеної нерівноважної термодинаміки нанорозмірних систем. Механізми дисипації енергії в нанорозмірних системах.

Тема 8. Механізми тепломасопереносу на нанорівні. Експериментальні дані та теоретичні моделі. Перехресні ефекти.

Тема 9. Електропровідність та магнітні властивості наночастинок та наноструктурованих матеріалів.

Тема 10. Тертя на макроскопічному та нанорівнях: експерименти та теоретичні моделі. Площина контакту та її вимірювання для одичної та розподіленої шерехатостей. Фрактальні моделі шороховатих поверхонь.

Модуль 2. Математичні моделі нанореології.

Тема 11. Методи статистичної механіки у прикладенні до систем наночастинок та наноструктурованих середовищ. Методи осереднення та перехід від дискретних до континуальних моделей.

Тема 12. Механіка суцільних наноструктурованих середовищ. Основні положення та моделі мікрофлюїдики та нанофлюїдики.

Тема 13. Реологічні моделі та термомеханіка нанорідин. Континуальні моделі з хімічними реакціями.

Тема 14. Фононна гідромеханіка. Взаємодія фононів з шороховатою стінкою. Постановки задач та граничні умови.

Тема 15. Типи MEMS-пристроїв та особливості процесів тепло- і масопереносу в них. Моделювання процесів в мікропаливних елементах.

Тема 16. Дифузія наночастинок. Узагальнення закону Фіка.

Тема 17. Фільтрація нанорідин, фільтрація рідин в нанопористих фільтрах. Узагальнення закону Дарсі.

Тема 18. Генерація ультразвукових хвиль під час зсувних рухів пластин, які контактують. Акустична емісія на нанорівні

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	П	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												

Тема 1.	4	2	2		2							
Тема 2.	4	2	2		2							
Тема 3.	4	2	2		2							
Тема 4.	4	2	2		2							
Тема 5.	4	2	2		2							
Тема 6.	4	2	2		2							
Тема 7.	4	2	2		2							
Тема 8.	4	2	2		2							
Тема 9.	4	2	2		2							
Тема 10.	4	2	2		2							
Разом за <i>модулем 1</i>	40	20	20		20							
Модуль 2												
Тема 11.	4	2	2		2							
Тема 12.	4	2	2		2							
Тема 13.	4	2	2		2							
Тема 14.	4	2	2		2							
Тема 15.	4	2	2		2							
Тема 16.	4	2	2		2							
Тема 17.	4	2	2		2							
Тема 18.	4	2	2		2							
Разом за <i>модулем 2</i>	32	16	16		16							
Усього годин	72				36							

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунки стаціонарних конфігурацій ланцюжних наносистем методами молекулярної динаміки без урахування внутрішнього тертя	2
2	Розрахунки стаціонарних конфігурацій ланцюжних наносистем методами молекулярної динаміки з урахуванням внутрішнього тертя	2
3	Розрахунки стаціонарних конфігурацій гратчастих наносистем методами молекулярних грат без урахування внутрішнього тертя	2
4	Розрахунки стаціонарних конфігурацій гратчастих наносистем методами молекулярних грат з урахуванням внутрішнього тертя	2
5	Розрахунки стаціонарних конфігурацій трубчатих наносистем методами молекулярної динаміки без урахування внутрішнього тертя	2
6	Розрахунки стаціонарних конфігурацій трубчатих	2

	наносистем методами молекулярної динаміки з урахуванням внутрішнього тертя	
5	Розрахунки динаміки руху нанорідин в нанорозмірних каналах. Задача Куета	2
6	Розрахунки динаміки руху нанорідин в нанорозмірних каналах. Задача Пуазейля	2
7	Розрахунки динаміки руху обтікання нанорозмірних тіл рідиною. Задача Стокса	2
8	Розрахунки динаміки осідання наночастинок в рідині/газі без урахування внутрішнього тертя	2
9	Розрахунки динаміки осідання наночастинок в рідині/газі з урахуванням внутрішнього тертя	2
10	Порівняльні розрахунки задач одновимірного руху нанорідин методами молекулярної динаміки та механіки суцільних середовищ. Задача Куета	2
11	Порівняльні розрахунки задач одновимірного руху нанорідин методами молекулярної динаміки та механіки суцільних середовищ. Задача Пуазейля	2
12	Розв'язання задач масопереносу в нанорідинах з різною реологією	2
13	Розв'язання задач теплопереносу в нанорідинах з різною реологією	2
14	Розв'язання задач теплопереносу в наноструктурованих композитах з різною реологією	2
15	Розв'язання задач фононної гідромеханіки в нанодротах	2
16	Розв'язання задач дифузії наночастинок в мікрокамерах	2
17	Розв'язання задач фільтрації рідин в нанопористих фільтрах	2
18	Розв'язання задач генерація ультразвукових хвиль при терті нанопластин	2
		36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Реологічні моделі суцільних наноструктурованих середовищ	9
2	Алгоритми розрахунків стаціонарної конфігурації, деформацій та руху систем наночастинок, які взаємодіють. Методи оптимізації розрахунків для систем з великою кількістю частинок	9
3	Принципи моделювання та оптимізації роботи проточних MEMS-пристроїв. Приклади та відповідні	9

	математичні моделі	
4	Механізми та математичні моделі тертя на поверхнях твердих тіл та твердого тіла і рідини	9
	Разом	36

10. Методи навчання

- Лекції
- Відео демонстрації
- Використання навчально-методичних матеріалів
- Робота з підручниками

11. Методи контролю

- Поточні опитування
- Тестові завдання
- Модульні завдання

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота																		Сума
Модуль 1										Модуль 2								100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	
4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	Незадовільно	не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Кизилова Н.Н. Лекції по курсу «Основи нанореології». Слайди в форматі презентацій Power Point.

2. «Фундаментальные основы нанотехнологий». Лекции в формате Power Point. (12 лекций)
3. Руководство к лабораторному практикуму «Многомасштабное моделирование в нанотехнологиях». – 2010. – 32с.
4. Фундаментальные основы нанотехнологий. Курс из 14 лекций в pdf формате.

14. Рекомендована література

Базова

1. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика, М.: Мир, 1978. Т.1,2.
2. Бриллиантов Н.В., Ревокатов О.П. Молекулярная динамика неупорядоченных сред, Изд. Моск. Университета, М. 1996.
3. Ван Кампен Н.Г. Стохастические процессы в физике и химии, М.: Высш. шк., 1990.
4. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Карнет Ю.Н. Фрактальный подход в механике композитов. М., Альянстрансатом, 2008, 420 с.
5. Крокстон К. Физика жидкого состояния, М.: Мир, 1978.
6. Федер Е. Фракталы. М., Мир, 1991, 254 с.
7. Шабетник В.Д. Фрактальная физика. Наука о мироздании. М., ОАО «Тибр», 2000, 326 с.
8. Яновский Ю.Г. Наномеханика и прочность композиционных материалов. М., изд. ИПРИМ РАН, 2008, 180 с.
9. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York, W.N. Freeman and Company, 1982, 459 p.
10. Meyer E., Overney R.M., Dransfeld K., Gyalog T. Nanoscience. Friction and rheology on the nanometer scale. World Scientific. 1998. – 373p.

Допоміжна

1. Astumian R.D. and Bier M. Fluctuation driven ratchets: Molecular motors. Phys.Rev.Lett., (1994) 72, 1766-1769.
2. Hamadiche M., Kizilova N., Klepikov V. Fluid-structure interaction problems in nanofluid MEMS devices // “Contemporary problems of mathematics and its applications in natural sciences and information technologies”. Kharkov. – 2011. – P. 12-13.
3. Keller D. and Bustamante C. The Mechanochemisry of molecular motors. Biophysical Journal (2000) 78, 541-556.
4. Kizilova N. Microfluidic modeling of biofluid flows at small scales // 4th Eurosummer School on Biorheology. Varna. – 2012.
5. Kizilova N.N. Geometrical Regularities and Mechanical Properties of Branching Actin Structures // Nanobiophysics. Kharkov. – 2011. - P.141.
6. Magnasco M. Forced thermal ratchets. Phys.Rev.Lett., (1993) 71, 1477-1481;
7. Magnasco M. Molecular combustion motors. Phys.Rev.Lett., (1994) 72, 2656-2659.

8. Reiman P. Brownian motors: noisy transport far from equilibrium. Phys.Rep. (2002) 361, 57-265.

15. Інформаційні ресурси

1. Виртуальный лабораторный практикум "Многомасштабное моделирование в нанотехнологиях" <http://nanomodel.ru/>
2. Лекции по нанотехнологиям на сайте МГУ <http://nano.msu.ru/education/courses/basics>
3. Електронні підручники з біомеханіки на CD в бібліотеці кафедри теоретичної та прикладної механіки.
4. Презентації лекцій «Основи нанореології» в форматі Power Point.