



ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1 Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній
Обсяг дисципліни	Загальна кількість: 150 год. Лекційних занять: 36 год. Практичних занять: 18 год. Самостійна робота студентів: 96 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, поточний контроль, модульна контрольна робота.
Розклад занять	http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор, Яценко Віталій Олексійович, +380504746734, gsaudrsai@gmail.com Практичні : веде лектор
Розміщення курсу	

2 Програма навчальної дисципліни

3 Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна орієнтована на оволодіння сучасними фізичними принципами функціонування і створення перспективних комп'ютерів та широкого спектру кіберфізичних систем. Сучасний стан та перспективи розвитку кіберпростору багато в чому визначаються т. зв. *вбудованими системами*, що є технічною базою *Інтернету речей* і забезпечують подальше його поширення та проникнення у всі сфери діяльності людства. Кіберфізичні системи, в свою чергу, є науково-технологічною базою вбудованих систем, які забезпечують, таким чином, імплементацією інформаційних процесів у фізичні системи. Мета курсу полягає в ознайомленні з сучасними принципами та засобами організації інформаційних процесів в кіберфізичних системах.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: основних принципів організації інформаційних процесів, зв'язку між сигнально-інформаційною та матеріально-енергетичною складовою реальних процесів та явищ, зв'язку між інформацією, прийняттям рішень та їх реалізацією (управлінням), моделей об'єктів та цілей управління, алгоритмів управління та методів їх побудови для консервативних та дисипативних систем, видів синхронізації, управління синхронізацією та управління хаосом.

уміння: вільно володіти і оперувати основними поняттями систем управління; вміти визначати цілі управління та засоби їх досягнення, характеристики систем управління (стійкість, керованість, спостережуваність); будувати алгоритми управління на основі градієнтних методів та методу швидкісного градієнту; будувати алгоритми синхронізації та управління хаосом.

досвід: вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних фізичних принципах, умовах, можливостях та обмеженнях, пов'язаних з обробкою та використанням інформації в кіберфізичних системах, виробити навички практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо - професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Фізичні принципи інформаційних процесів» мають продемонструвати такі компетентності та результати навчання:

Загальні компетентності СВО

- ЗК 1: Здатність до абстрактного та аналітичного мислення, розуміння основних концепцій, парадигми та ідей прикладної фізики
- ЗК 7: Здатність ініціативно застосовувати знання в області прикладної фізики при вирішенні робочих питань, організації командної роботи, оцінці та забезпеченні якості виконуваних робіт, реалізації проектів
- ЗК 8: Здатність до кваліфікованого проведення досліджень на відповідному рівні під керівництвом фахівців, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір методів дослідження та аналіз отриманих результатів

Фахові компетентності СВО

- ФК 2: Здатність до безперервного поглиблення фундаментальних знань та систематичного вивчення та аналізу нової науково-технічної інформації, світового досвіду в галузі прикладної фізики та наноматеріалів
- ФК 3: Здатність застосовувати теоретичні знання для аналізу фізичних систем, явищ і процесів в галузі прикладної фізики та наноматеріалів
- ФК 8: Здатність використовувати методи і засоби математичного моделювання для опису фізичних об'єктів та процесів
- ФК 9: Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, систем, обладнання, речовини матеріалів (наноматеріалів)
- ФК 10: Здатність до аналізу фізичних принципів імплементації інформаційних процесів в фізичних системах, в тому числі в енергетиці та біофізиці

Програмні результати навчання

- ПРН 5: Знання основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності, зокрема, високих фізичних технологій, сучасного матеріалознавства, біофізики та фізики енергетичних систем (залежно від освітньої траєкторії) на рівні, необхідному для успішної роботи в наукових колективах, що працюють в галузі прикладної фізики
- ПРН 8: Знання закономірностей розвитку прикладної фізики, її місця в розвитку техніки, технологій сталого розвитку суспільства, розв'язанні екологічних проблем
- ПРН 9: Вміння застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів і наукоємних технологій в області біофізики, енергетичних та інформаційних систем (залежно від освітньої траєкторії)

4 Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Предмет спирається на знання з наступних дисциплін: “Математичне моделювання систем і процесів”, “Локальні методи дослідження”, “Квантова хімія і квантово-механічні обчислення”, “Технологія і застосування наноструктур”.

Також наведемо знання та уміння, володіння якими необхідні студенту: базові знання з математики, інформатики, загальної та теоретичної фізики, квантової механіки, базовий рівень володіння англійською мовою не нижче B2.

5 Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальний підхід і визначення предмету.

Тема 1.1 Фізика і кібернетика, інформаційні процеси, “демон Максвелла”.

Тема 1.2 Лазери, молекулярне та квантове управління. Кібернетична фізика і теорія відкритих систем.

Розділ 2. Основи кібернетичної фізики.

Тема 2.1 Моделі об’єктів управління за характером управління та представленням змінних стану.

Тема 2.2 Цілі та задачі управління.

Тема 2.3 Алгоритми управління та методи їх побудови.

Розділ 3. Управління динамічними системами.

Тема 3.1 Управління консервативними системами.

Тема 3.2 Управління дисипативними системами.

Розділ 4. Управління синхронізацією.

Тема 4.1 Кінематичне визначення синхронізації та її види.

Тема 4.2 Динамічне визначення синхронізації, задача керованої синхронізації.

Тема 4.3 Адаптивна синхронізація.

Розділ 5. Управління хаосом

Тема 5.1 Детермінований хаос, програмне управління хаосом.

Тема 5.2 Метод лінеарізації відображення Пуанкаре, метод Пірагаса.

Розділ 6. Закони управління і закони фізики.

Тема 6.1 Варіаційні принципи у фізиці та управлінні.

Тема 6.2 Співвідношення Онсагера, узагальнення для швидкісно-градієнтних систем.

6 Навчальні матеріали та ресурси

Нижче наводиться перелік навчальних матеріалів та ресурсів для засвоєння матеріалу, розглядуваного на лекційних, практичних заняттях та для додаткового вивчення.

7 E. A. Lee, S. A. Seshia. *Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach*. The MIT Press, Cambridge, MA, USA. 2017, 528 p.

Dorf R., Bishop R. *Modern Control Systems*; Pearson Education, 2017.

A. Fradkov *Cybernetical Physics. From Control of Chaos to Quantum Control. Series: Understanding Complex Systems XII, Springer: 2007, 236 p.*

Baier, C.; Katoen, J. *Principles of Model Checking; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2008.*

Cyber-Physical Systems. Driving force for innovations in mobility, health, energy and production. Series: acatech BEZIEHT POSITION. Springer: 2011, 48 p.

Самойленко Ю. И. *Проблемы и методы физической кибернетики. Киев: Ин-т математики НАН Украины. — 2006. — 644 с.*

8 <http://cyberphysicalsystems.org/> - цікавий та корисний веб-ресурс.

9 Навчальний контент

10 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекцій та перелік головних питань
	Розділ 1. Загальний підхід і визначення предмету.
	Тема 1.1 Фізика і кібернетика, інформаційні процеси.
1	Фізика і кібернетика, описова та приписова парадигма в науці. Термодинаміка, інформаційні процеси, “демон Максвелла”, ідеї Сциларда і Брілюєна.
	Тема 1.2 Лазери, молекулярне та квантове управління. Кібернетична фізика і теорія відкритих систем.
2	Квантовий комп’ютер Фейнмана. Лазери, молекулярне та квантове управління. Види управління фізичними системами. Кібернетична фізика і теорія відкритих систем. Вбудовані системи та інтернет речей.
	Розділ 2. Основи кібернетичної фізики.
	Тема 2.1 Моделі об’єктів управління за характером управління та представленням змінних стану.
3	Моделі об’єктів управління: силове та параметричне управління; лінійні, білінійні та нелінійні системи управління, дискретні та неперервні СУ.
	Тема 2.2 Цілі та задачі управління.
4	Цілі управління: задачі регулювання (стабілізації), стеження, збудження, синхронізації коливань, модифікація атракторів.
	Тема 2.3 Алгоритми управління та методи їх побудови.
5	Алгоритми управління: по розімкненому контуру (feedforward control), по замкненому контуру (feedback control) та гібридний. Умови невизначеності в задачах управління.
6	Методи побудови алгоритмів управління: градієнтний метод та метод швидкісного градієнта.
	Розділ 3. Управління динамічними системами.
	Тема 3.1 Управління консервативними системами.
7	Постановки задач в гамільтонової та лагранжевої формі. Алгоритм управління гамільтоновою системою на основі швидкісного градієнту.
8	Умови досягнення цілі управління. Управління першими інтегралами.
	Тема 3.2 Управління дисипативними системами.
9	Збудження в системах з дисипацією. Пасивність і дисипативність.

10 Резонанс в коливальних системах з оберненим зв'язком.

Розділ 4. Управління синхронізацією.

Тема 4.1 Кінематичне визначення синхронізації та її види.

11 Явище та визначення синхронізації. Кінематичне визначення синхронізації. Види синхронізації: частотна (гуйгенсова) синхронізація, екстремальна синхронізація.

12 Фазова синхронізація, координатна синхронізація, узагальнена (часткова) синхронізація, дискретна синхронізація, інші види, приклади та узагальнення.

Тема 4.2 Динамічне визначення синхронізації, задача керованої синхронізації.

13 Динамічне визначення синхронізації, задача керованої синхронізації (розімкнена та замкнена), статичний та динамічний обернений зв'язок. Синтез управління синхронізацією.

Тема 4.3 Адаптивна синхронізація.

14 Адаптивна синхронізація. АС для двох підсистем, умови досягнення цілі синхронізації, використання адаптивних спостерігачів.

Розділ 5. Управління хаосом.

Тема 5.1 Детермінований хаос, програмне управління хаосом

15 Визначення детермінованого хаосу. Програмне управління хаосом.

Тема 5.2 Метод лінеарізації відображення Пуанкаре, метод Пірагаса.

16 Метод лінеарізації відображення Пуанкаре. Метод оберненого зв'язку із затримкою (метод Пірагаса).

Розділ 6. Закони управління і закони фізики.

Тема 6.1 Варіаційні принципи у фізиці та управлінні.

17 Варіаційні принципи у фізиці та управлінні: функціонали дії та принцип максимуму Понтрягіна. Принцип швидкісного градієнту, приклади.

Тема 6.2 Співвідношення Онсагера, узагальнення для швидкісно-градієнтних систем.

18 Співвідношення Онсагера, узагальнення для швидкісно-градієнтних систем. Фізика і телеологія.

Практичні заняття

Практичні заняття побудовані на вивченні прикладів з сучасної наукової літератури.

№	Назва теми заняття та перелік розглядуємих питань
1	Інформація за Шеноном, ентропія. Демони та оцінки ціни інформації.
2	Квантова схемотехніка Річарда Фейнмана.
3	Силове керування: лінійні системи управління, стійкість, керованість
4	Параметричне керування: білінійні системи управління, керованість.
5	Динамічна стабілізація перевернутого маятника.
6	Алгоритми керування: градієнтні методи для систем лінійних по входах.
7	Індекс збудження для маятникових систем.
8	Керована синхронізація двох осциляторів.
9	Модульна контрольна робота.

11 Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів має на меті розвиток творчих здібностей та активізацію їх розумової діяльності, формування потреби безперервного самостійного поповнення знань та розвиток морально - вольових якостей.

Завданням самостійної роботи студентів є навчити студентів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його, а також формування навичок до щоденної роботи з метою одержання та узагальнення знань і умінь. На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- виконання підготовчої роботи до практичних занять та до написання МКР;
- підготовка до складання семестрового контролю.

12 Політика та контроль

13 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного складання екзамену. В разі великої кількості пропусків студент може бути недопущений до екзамену.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50 % від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі — атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами

Термін атестації	Перша атестація 8 - й тиждень	Друга атестація 14 - й тиждень
Критерій: поточний контроль	≥ 20 балів	≥ 30 балів

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

14 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є модульна контрольна робота (МКР) та семестровий контроль.

Активність на практичних заняттях

На практичних заняттях за кожну самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 1 бал. Конструктивна ідея або вірна відповідь з місця: 0.5 балів. Можливі і інші варіанти оцінки роботи на розсуд викладача, що веде практику, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 10.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі в роботі на практичних заняттях.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота проводиться після завершення всього курсу протягом 2 - х академічних годин на останньому практичному занятті. Вона складається з 4 задач і передбачає письмовий розв'язок задач, подібних до тих, що розглядалися на практичних заняттях та під час виконання домашніх робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь,
- 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% — розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% — наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний,
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються.

Семестровий контроль (залік)

Залік приймається після завершення всього курсу відповідно до розкладу. Залік складається з двох завдань: теоретичного питання та задачі. Час на підготовку — 1 година, потім усна відповідь викладачу (співбесіда), що триває не більше півгодини. Максимальний рейтинговий бал за відповідь складає $25+25=50$.

Загальна оцінка за заліком складається із стартового рейтингу, отриманого протягом семестру, та рейтингових балів набраних під час заліку. Рейтингові бали (максимум 25) за усну відповідь з теоретичного питання або задачі розраховуються згідно наступних критеріїв:

- від 25 до 20 — повна правильна відповідь, 95% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, формулювання та терміни точні, терміни роз'яснено, повна правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 20 до 15 — правильна відповідь, 80% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні але не повні, терміни роз'яснено, правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 15 до 10 — по суті правильна, але неповна відповідь, 70% інформації, наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні, але не повні, терміни не роз'яснено, правильна відповідь на більшість уточнюючих запитання
- від 10 до 5 — відповідь неповна, 50% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному правильні, але не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання не повні
- від 0 до 5 — відповідь неповна, 30% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання неповні або відсутні.

Остаточна оцінка **RD** є сумою рейтингових балів отриманих за поточний контроль та балів отриманих на заліку після співбесіди зі студентом.

№о	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
1	Модульна контрольна робота			40
2	Практичні заняття			10
3	Залік			50
	Всього			100

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

15

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктор технічних наук, професор, Яценко Віталій Олексійович

Ухвалено кафедрою прикладної фізики (протокол № 2 від 04.09.2020р.)

Затверджено Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020р.)