Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра загальної фізики

Методи машинного навчання для фізичних задач

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*10 Природничі науки*
Спеціальність	*104 Фізика та астрономія*
Освітня програма	*Вибіркова*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних занять*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік / ІСЗ*
Розклад занять	*Час і місце проведення аудиторних занять викладені на сайті http://rozklad.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *Наконечний Ілля Андрійович, асистент* Лабораторні: *Наконечний Ілля Андрійович, асистент*
Розміщення курсу	*Дистанційний курс Google Classroom: https://classroom.google.com/c/ODY4OTYxOTMyODU5 (код доступу: iwkun6mm)* *Лабораторні роботи – Slack (посилання оновлюється щомісяця)*

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета навчальної дисципліни *– формування та закріплення у здобувачів компетентностей, навичок та вмінь щодо використання інструментарію ML (machine learning, машинне навчання) у фізичних дослідженнях.*

Предмет навчальної дисципліни *– методи та інструменти ML, як складові процесу фізичних досліджень.*

Дисципліна «Методи машинного навчання для фізичних задач» належить до циклу вибіркових дисциплін професійної та практичної підготовки і вивчається студентами в 5-му семестрі навчання за спеціальністю 104 Фізика та астрономія. Ця дисципліна є неодмінною частиною підготовки спеціалістів в області фізики та data-science і спрямована на формування у студентів базових понять та розуміння процесів, явищ та законів фізики.

Зокрема, при проходженні даного курсу – студенти набувають навичок формувати власні коректні датасети для навчання ML-моделей. Виконувати обробку отриманих даних, будувати лінійні / поліноміальні / ансамбле-регресійні залежності та/чи створювати архітектури нейронних мереж. Будувати моделі для:

- *відновлення прихованих параметрів системи;*
- *встановлення залежностей системи;*
- *прогнозування подальшої поведінки явищ і процесів.*

Студенти набувають знань про методи регресійного аналізу та моделювання, а також навчаються застосовувати їх до прикладних задач. Дисципліна забезпечує формування навичок, необхідних для застосування методів машинного навчання у задачах аналізу фізичних вимірювань.

Програмні результати навчання:

Компетентності:

ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
ЗК 05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
ЗК 08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК 01. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
ФК 02. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
ФК 03. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
ФК 04. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
ФК 05. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.
ФК 06. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
ФК 07. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
ФК 08. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
ФК 09. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
ФК 10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
ФК 11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
ФК 12. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.
ФК 14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту
ФК 16. Здатність використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу будь яких фізичних процесів.

ПРН 01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.
ПРН 03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій
ПРН 04. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.
ПРН 05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.
ПРН 07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
ПРН 08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.
ПРН 09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.
ПРН 10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.
ПРН 11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, зробити висновки.
ПРН 12. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.
ПРН 16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.
ПРН 24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.

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

Вивчення матеріалів до даного курсу базується на дисциплінах «Загальна фізика. Механіка», «Загальна фізика. Молекулярна фізика», «Загальна фізика. Електрика та магнетизм», «Теоретична фізика. Класична механіка», «Математичний аналіз», «Основи векторного та тензорного аналізу», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра»,

«Диференціальні та інтегральні рівняння», «Інформатика та програмування. Мова програмування Пайтон». Знання, здобуті студентами з курсу теорії методів машинного навчання, розширюють спроможності студентів використовувати знання з фізики при виконанні міждисциплінарних досліджень.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до машинного навчання у контексті фізичних задач та підготовка експериментальних даних

Тема 1.1. Головні принципи ML. Основні типи задач, які можна розв'язати методами машинного навчання. Специфіка експериментальних вимірювань.

Тема 1.2. Постановка ML-задачі; завдання цільових змінних (target) та ознак (features), об'єктів спостереження, фізичних обмежень, типи задач і формати даних. Підготовка даних. Обробка датасету (основні методи та підходи очищення, сортування, нормування/масштабування, візуалізація даних).

Тема 1.3. Формування коректних датасетів: train/val/test. Запобігання витоку даних при тренуванні ML-моделі. Поняття overfitting/underfitting.

Тема 1.4. Формування висновків та достовірностей проведеного навчання ML-моделі. Метрики регресій (MAE/MSE/R^2) та їх зміст у контексті фізичних вимірювань.

Розділ 2. Основний інструментарій Python для підготовки датасетів та обробки даних

Тема 2.1. Синтаксис мови програмування Python як основа для методів машинного навчання.

Тема 2.2. Основи роботи з NumPy, Pandas, MatPlotLib, Scikit Learn

Розділ 3. Методи контрольованого навчання (Supervised Learning)

Тема 3.1. Лінійна регресія. Поліноміальна регресія. Генерація поліноміальних (Polynomial Features) та взаємодіючих ознак. Вибір степеня полінома. Співвідношення точності та стійкості системи.

Тема 3.2. Основний інструментарій пакету Scikit-learn Python для роботи з регресійними моделями

Тема 3.3. Інженерія ознак для фізичних залежностей.

Тема 3.4. Порівняння підходів і коректна валідація.

Тема 3.5. Функція втрат (Loss function). Метод градієнтного спуску. Learning rate. Збіжність. Критерії зупинки.

Розділ 4. Ансамблеві регресори

Тема 4.1. Дерево рішень (Decision Tree). Переваги та недоліки дерев рішень.

Тема 4.2. Алгоритм випадкового лісу (Random Forest). Реалізація випадкового лісу для задач регресії. Переваги/Обмеження використання випадкового лісу.

Тема 4.3. Порівняння ансамблів і нейромереж у фізичних задачах; критерії вибору моделі під дані.

Тема 4.4. Оцінювання важливості ознак та фізична інтерпретація (Feature importance).

Розділ 5. Нейронні мережі (Neural Networks, NN)

Тема 5.1. Типи нейронних мереж. Feedforward Neural Networks; Convolutional Neural Networks (CNNs); Recurrent Neural Networks (RNNs); Long Short-Term Memory Networks (LSTMs); Gated

Recurrent Units (GRUs); Radial Basis Function Networks (RBFNs); Self-Organizing Maps (SOMs); Transformer Networks. Застосування цих типів нейронних мереж.

Тема 5.2. Пряме поширення (Forward propagation) в нейронних мережах. Реалізація прямого поширення. Зворотне поширення (Backward propagation). Робота алгоритму зворотного поширення.

Тема 5.3. MLP нейронні мережі та їх архітектура. Реалізація на framework-ах TensorFlow та PyTorch.

Тема 5.4. Практики стабілізації навчання (нормування, регуляризація, early stopping, оцінка узагальнення)

Розділ 6. Фізично-інформовані нейронні мережі (Physics-Informed Neural Networks, PINNs)

Тема 6.1. Фізичні доповнення до функції втрат Residual Loss, Boundary & Initial Condition Loss.

Тема 6.2. Фізично-інформовані нейронні мережі.

Тема 6.3. Реалізація моделей фізично-інформованих нейронних мереж із використанням пакету PyTorch та DeepXDE.

Розділ 7. Огляд перспектив та практик застосування ML-інструментарію у сучасній фізиці .

Тема 7.1. ML у фундаментальній фізиці: від фізики матеріалів до астрофізики та фізики високих енергій

Тема 7.2. ML у прикладній фізиці: спектральний аналіз, фізика плазми та відповідальна наукова практика

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

[1] *Acquaviva V. Machine Learning for Physics and Astronomy. Princeton University Press, 2023.*

[2] *Murphy K. P. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. MIT Press, 2022. 848 с. https://mitpress.mit.edu/9780262046824/probabilistic-machine-learning/.*

[3] *Rauf I. A. Physics of Data Science and Machine Learning. Taylor & Francis Group, 2021. 216 с. ISBN 9781003206743.*

[4] *Ray D., Pinti O., Oberai A. A. Deep Learning and Computational Physics. Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-59345-1.*

[5] *Kutz J. N., Brunton S. L. Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. Cambridge University Press, 2019. 492 с. Доступ до онлайн версії за посиланням: https://databookuw.com/.*

Додаткова література:

[6] *Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational Physics. 2019. Т. 378. С. 686–707. URL: https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.10.045.*

[7] *Scientific Machine Learning Through Physics–Informed Neural Networks: Where we are and What's Next / S. Cuomo та ін. Journal of Scientific Computing. 2022. Т. 92, № 3. URL: https://doi.org/10.1007/s10915-022-01939-z.*

[8] *Tanaka A., Tomiya A., Hashimoto K. Deep Learning and Physics. Singapore : Springer Singapore, 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-33-6108-9.*

[9] Bishop C. M., Bishop H. Deep Learning. Cham : Springer International Publishing, 2024. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-45468-4.

[10] Machine learning and the physical sciences / G. Carleo та ін. Reviews of Modern Physics. 2019. Т. 91, № 4. URL: https://doi.org/10.1103/revmodphys.91.045002.

Перелік корисних посилань:

[1] This guide provides a quick overview of TensorFlow basics: https://www.tensorflow.org/guide/basics

[2] A Guide for Making Black Box Models Explainable. Interpretable Machine Learning: https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/

[3] DeepXDE: A deep learning library for solving differential equations: https://github.com/lululxvi/deepxde

[4] Scikit-learn: https://scikit-learn.org/stable/index.html

[5] Introduction to PyTorch: https://docs.pytorch.org/tutorials/beginner/introyt/trainingyt.html

[6] An MIT Press book Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville: https://www.deeplearningbook.org/

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна частина дисципліни «Методи машинного навчання для фізичних задач» охоплює лекційні заняття та лабораторні роботи, що разом формують цілісний освітній цикл – від теоретичного осмислення методів ML до їх самостійної практичної реалізації у фізичних задачах. Викладання побудовано таким чином, щоб здобувачі не лише опановували інструментарій машинного навчання, але й відчували зв'язок між темами курсів та їх місцем серед інших фізичних і математичних дисциплін. Загальний методичний підхід визначається як комунікативно-когнітивний та професійно-орієнтований: у центрі освітнього процесу знаходиться студент як суб'єкт навчання і майбутній фахівець у галузі фізики та data science, здатний самостійно формулювати задачу, формувати коректний датасет, обирати адекватну ML-модель та інтерпретувати результати в термінах фізичної теорії.

Лекційні заняття:

1	***Лекція 1.*** *Місце ML у сучасних фізичних дослідженнях. Основні парадигми машинного навчання supervised, unsupervised, reinforcement learning. Огляд типів задач: регресія, класифікація, кластеризація, генерація. Цикл підготовки датасету. Розбиття на train/cross-validation/test сети.* *Розділ 1. Теми 1.1 – 1.3* *Література: [1] Глави 1, 2; [3] Глави 1; [10]*
2	***Лекція 2.*** *Огляд основних бібліотек Python для ML: NumPy, Pandas, Matplotlib, Scikit-learn, TensorFlow/PyTorch. Основні функції Pandas та Scikit-learn для обробки даних. Overfitting та Underfitting: причини, ознаки, методи боротьби. Метрики якості регресії: MAE, MSE, RMSE, R^2. Їх фізичний зміст. Формування коректних висновків ML-експерименту.* *Розділ 1-2. Теми – 1.4; 2.1; 2.2*

	Література: [1] Глави 2, 7
3	***Лекція 3.*** *Реалізація лінійної регресії в Scikit-learn. Застосування до фізичних задач: лінійні залежності у механіці, оптиці, термодинаміці. Аналіз коефіцієнтів регресії та їх фізичний зміст. Регуляризація (L1/L2).* *Розділ 3. Тема 3.1 – 3.3* *Література: [1] Глави 3, 4; [5] Глави 4*
4	***Лекція 4.*** *Поліноміальна регресія: PolynomialFeatures у Scikit-learn, вибір степеня. Генерація взаємодіючих ознак (interaction features). Інженерія ознак для нелінійних фізичних залежностей (логарифмічна, степенева, тригонометрична). Компроміс між складністю моделі та узагальненням (bias-variance у контексті степеня). Порівняння підходів – лінійної проти поліноміальної.* *Розділ 3. Теми 3.2. – 3.4.* *Література: [1] Глави 4, 5, 7; [5] Глави 4*
5	***Лекція 5.*** *Функція втрат (Loss function). Вибір для задачі. Метод градієнтного спуску (GD). Stochastic GD (SGD) та Mini-batch GD: порівняння, переваги для великих датасетів. Learning rate. Learning rate scheduling. Адаптивні оптимізатори. Критерії зупинки навчання. Візуалізація loss landscape, ефект learning rate у фізичних задачах.* *Розділ 3. Тема 3.5.* *Література: [1] Глави 7; [9] Глави 7; [2] Глави 8*
6	***Лекція 6.*** *Дерево рішень: принцип побудови, критерії розщеплення. Гіперпараметри. Переваги дерев (інтерпретованість) та недоліки (нестабільність, перенавчання). Принципи Random Forest. Реалізація RandomForestRegressor у Scikit-learn.* *Розділ 4. Теми 4.1. – 4.2.* *Література: [1] Глави 6; [5] Глави 4, 5*
7	***Лекція 7.*** *Gradient Boosting (GBM): ідея послідовного навчання на залишках. XGBoost / LightGBM / CatBoost: огляд та практика. Порівняння ансамблів і нейромереж. Виявлення домінуючих фізичних ознак з датасету. Критерії вибору моделі.* *Розділ 4. Теми 4.3. – 4.4.* *Література: [1] Глави 6; [5] Глави 4, 5*
8	***Лекція 8.*** *Вступ до нейронних мереж. Розгляд типів NN: Feedforward Neural Networks (FNN / MLP): архітектура, нейрон, шари. Convolutional Neural Networks (CNN): згорткові шари, застосування у фізиці (зображення, спектри). Recurrent Neural Networks (RNN): обробка послідовностей, проблема затухання градієнту.* *Розділ 5. Тема 5.1.* *Література: [1] Глави 8; [8] Глави 2, 3; [9] Глави 1, 6*
9	***Лекція 9.*** *Transformer Networks: механізм уваги, застосування в обробці фізичних даних.* *Огляд фреймворків: TensorFlow/Keras та PyTorch — порівняння підходів. YoLo* *Розділ 5. Тема 5.1 .* *Література: [1] Глави 8; [8] Глави 2, 3; [9] Глави 1, 6*
10	***Лекція 10.*** *Пряме поширення (Forward propagation): матричні обчислення, активаційні функції (ReLU, Sigmoid, Tanh, GELU). Зворотне поширення (Backpropagation): ланцюгове правило диференціювання. Обчислення градієнтів*

	для кожного шару. *Розділ 5. Тема 5.2.* *Література: [1] Глави 8; [8] Глави 3; [9] Глави 7, 8*
11	***Лекція 11.*** *Архітектура MLP (Multilayer Perceptron) для задач регресії у фізиці. Побудова моделі та функціональний API. nn.Module (PyTorch). Вибір кількості шарів та нейронів. Ініціалізація ваг. Компіляція та навчання. Контроль якості. L1/L2 регуляризація у нейронних мережах. Порівняння мереж з/без регуляризації на зашумлених фізичних даних.* *Розділ 5. Тема 5.3. – 5.4* *Література: [1] Глави 7, 8; [8] Глави 3, 4; [9] Глави 6, 9*
12	***Лекція 12.*** *CNN для класифікації/регресії за спектральними даними. Огляд CNN: операція згортки, pooling, архітектура. Застосування CNN: аналіз спектрів, зображень з детекторів, мікроскопії. Порівняння NN на фізичних задачах.* *Розділ 5. Тема 5.1; 5.4.* *Література: [1] Глави 8; [8] Глави 4, 9; [5] Глави 6; [9] Глави 10, 12/ Огляд різних типів нейронок та приклади їх застосування у фізиці*
13	***Лекція 13.*** *Мотивація застосування PINNs: обмеженість даних у фізиці, включення апріорних знань. Диференціальні рівняння у Loss функції. Архітектура PINN. Зважування компонент loss-функції (стратегії їхнього балансування).* *Розділ 6. Теми 6.1 – 6.2* *Література: [4] Глави 1, 2; [6]; [7]*
14	***Лекція 14.*** *Обернена задача: відновлення параметрів рівняння з вимірювальних даних. Стратегії навчання. Обмеження та відкриті проблеми PINNs. Порівняння PINNs з класичними чисельними методами.* *Розділ 6. Теми 6.1 – 6.3* *Література: [4] Глави 3; [6]; [7]*
15	***Лекція 15.*** *Огляд індивідуального семестрового завдання (ІСЗ). Огляд DeepXDE: архітектура бібліотеки, підтримувані рівняння та геометрії. Ключові абстракції: Geometry, PDE, BoundaryCondition, InitialCondition. Побудова задачі у DeepXDE: TimePDE, SteadyStatePDE.* *Розділ 6. Теми 6.2 – 6.3* *Література: [4] Глави 3, 4; [6]; [7]*
16	***Лекція 16.*** *Огляд індивідуального семестрового завдання (ІСЗ). Типи сіток. Вибір мережі та оптимізатора в DeepXDE. Робота з комплексними геометріями та граничними умовами. Адаптивний вибір collocation points (RAR strategy).* *Розділ 6. Теми 6.2 – 6.3* *Література: [4] Глави 4; [7]*
17	***Лекція 17.*** *ML у сучасних фізичних дослідженнях. Огляд наукових статей та наборів даних. ML для аналізу оптичних та спектральних даних: ідентифікація матеріалів, тонкі плівки. ML у моделюванні плазми та ядерного синтезу. Наукова відтворюваність ML-експериментів: документація, seed, версіонування.* *Розділ 7. Тема 7.1* *[1] Глави 1; [3] Глави 5–7; [10]; [8] Глави 7, 8*
18	***Лекція 18****. Етика та відповідальність у ML: достовірність, академічна чесність.* *Розділ 7. Тема 7.2*

	[3] Глави 6, 7; [10]; [6]; [7]

Лабораторні заняття:

№	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Визначення коефіцієнта тертя за допомогою лінійної та поліноміальної регресії (2 години)
2	Визначення швидкості звуку в повітрі та показника адіабати за допомогою лінійної регресії (2 години)
3	Оцінка товщини тонких плівок за спектральними даними (2 години)
4	Отримання та прогнозування ефективного коефіцієнта поглинання тонкоплівкових матеріалів (2 години)
5	Розв'язання одновимірного рівняння Бюргерса за допомогою PINN (2 години)
6	Розв'язання двовимірного рівняння теплопровідності за допомогою PINN (2 години)
7	Вивчення закону Ґейґера – Неттола (2 години)
8	Розв'язання одновимірного рівняння теплопровідності за допомогою PINN з використанням DeepXDE (2 години)
9	Розв'язання двовимірних стаціонарних рівнянь Нав'є-Стокса за допомогою PINN з використанням DeepXDE (2 години)

Самостійна робота здобувача вищої освіти

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	24
2	Підготовка до лабораторних занять	18
3	Підготовка до модульної контрольної роботи	6
4	Підготовка до індивідуального семестрового завдання (ІСЗ)	12
5	Підготовка до заліку	6
	Всього	66

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять: *відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні чи штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на практичних заняттях.*

Правила поведінки на заняттях: *студент має виконувати вказівки викладача щодо роботи на занятті, поводитися стримано й чемно та не заважати іншим студентам і викладачу. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в Інтернеті, у дистанційному курсі на Платформі Сікорський здійснюється за вказівки викладача;*

Політика дедлайнів та перескладань: *якщо студенти не проходили або не з'явилися на лабораторних заняттях без поважної причини, їх результат оцінюється у 0 балів. Успішним вважається виконання лабораторних робіт, якщо студенти отримали за неї не менш, ніж 40% від максимальної кількості балів. Перевірка лабораторних робіт автоматично валідується ботом у корпоративному месенджері Slack (2 бали – максимум) та усним захистом (3 бали – максимум) з викладачем. У випадку пропуску лабораторної чи контрольної роботи через повітряну тривогу, або з поважної причини – перескладання лабораторної чи контрольної роботи здійснюється за узгодженням з викладачем (не більше двох лабораторних за одну здачу). Якщо була неуспішна здача, то при повторній здачі лабораторної роботи максимальна оцінка, яку студент може отримати за дане заняття, зменшується на 1 бал;*

Політика щодо академічної доброчесності: *Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» https://kpi.ua/files/honorcode.pdf встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Методи машинного навчання для фізичних задач»;*

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах, тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: *опитування за темою заняття, захист лабораторних робіт, модульна контрольна робота (МКР) та індивідуальне семестрове завдання (ІСЗ).*

Календарний контроль: *проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

Семестровий контроль: *залік*

Умови допуску до семестрового контролю: *успішне виконання ІСЗ, МКР і захист лабораторних робіт, семестровий рейтинг не менше 60 балів.*

На першому занятті студенти ознайомлюються з рейтинговою системою оцінювання (РСО) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 45 балів складає виконання лабораторних робіт, 15 балів МКР і 40 балів ІСЗ.

Рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:
1) 9 захищених лабораторних робіт;
2) індивідуальне семестрове завдання;
3) модульну контрольну роботу;

2. Критерій нарахування балів за лабораторні роботи: Ваговий бал – 5 балів.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 балів х 9 л.р.= 45 балів.

Критерії оцінювання:
творча робота – 5 балів;
роботу виконано з незначними недоліками 3 – 4 бали;
роботу виконано з певними помилками – 1 – 2 бали;
роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

Критерій нарахування балів за індивідуальне семестрове завдання: Ваговий бал – 40 балів.

Максимальна кількість балів за індивідуальне семестрове завдання дорівнює 40 балів.

Критерії оцінювання:
творча робота – 35 – 40 балів;
роботу виконано з незначними недоліками – 24 – 35 балів;
роботу виконано з певними помилками – 10 – 24 балів;
роботу не виконано або є грубі помилки (робота не зарахована) – 0 – 10 балів.

Модульна контрольна робота. Критерій нарахування балів за модульну контрольну роботу: Ваговий бал – 15 балів.

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює 15 балів.

Критерії оцінювання:
творча робота – 15 балів;
роботу виконано з незначними недоліками 10 – 14 балів;
роботу виконано з певними помилками – 5 – 9 балів;
роботу не виконано або є грубі помилки (робота не зарахована) – <5 балів.

3. Умовою першої атестації є захист 4 лабораторних робіт, успішне виконання модульної контрольної роботи та домашніх завдань на час атестації. Умовою другої атестації є захист 7 лабораторних робіт та успішне виконання модульної контрольної роботи.

4. Здобувачі, які виконали умови допуску до семестрового контролю та мають семестровий рейтинг 60 і більше балів, отримують залік відповідно до набраного рейтингу без додаткових випробувань.

5. Здобувачі, які за результатами роботи у семестрі набрали менше 60 балів, за умови зарахування всіх лабораторних робіт, МКР та ІСЗ, а також ті, хто бажає підвищити свій рейтинг, виконують залікову контрольну роботу на останньому за

розкладом аудиторному занятті. Попередній семестровий рейтинг при цьому не скасовується: здобувач отримує більшу з оцінок – за результатами залікової контрольної роботи або за семестровим рейтингом («м'яка» рейтингова система оцінювання згідно з Положенням про систему оцінювання результатів навчання).

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік запитань наведено в Електронному кампусі КПІ ім. Ігоря Сікорського та в папці курсу на Платформі Сікорський.*
- *Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті».*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склали: асистент кафедри загальної фізики Наконечний І. А., старший лаборант кафедри загальної фізики Свердліченко Д. Ю., асистент кафедри загальної фізики Колган В. В.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол № 6 від 02.06.2026)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 11 від 26.06.2026)