



ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА– 3. Динаміка.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>«Технології та інжиніринг у зварюванні» «Технологічні системи інженерії з'єднань і поверхонь» «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів»</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік (для груп ЗВ-01, ЗС-01, ФП-01) або екзамен (ЗВ-п01)</i>
Розклад занять	<i>36 год. – лекцій, 36 год. – практичних занять, 78 год. – самостійна робота</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.ф.-м.н., доцент, Хорошев Костянтин Григорович, khoroshev.kostiantyn@lll.kpi.ua</i> Практичні: <i>к.ф.-м.н., доцент, Хорошев Костянтин Григорович, khoroshev.kostiantyn@lll.kpi.ua;</i>
Розміщення курсу	<i>посилання на Google classroom видається на першому лекційному занятті</i>

Програма навчальної дисципліни

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

«Навчальна дисципліна «Теоретична механіка – 3. Динаміка» є методично обґрунтованою заключною частиною загальної дисципліни «Теоретична механіка», в якій вивчають основні закони механічної взаємодії та рух тілами та механічних систем, способи побудови динамічних та математичних моделей руху твердих тіл, механічних систем та окремих їх складових за допомогою основних теорем динаміки та аналітичної механіки. Попередні дві дисципліни загальної дисципліни «Теоретична механіка» називаються «Теоретична механіка – 1. Статика» та «Теоретична механіка – 2. Кінематика» відповідно.

Мета навчальної дисципліни «Теоретична механіка – 3. Динаміка» полягає у формуванні в студентів сучасного інженерного мислення та системи знань у сфері механічної інженерії, виробленні вмінь та навичок побудови динамічних та математичних моделей механічної взаємодії та руху твердих тіл та механічних систем, проведенні їх аналізу.

Об'єктом навчальної дисципліни є загальнопоширені в інженерній практиці інженерні споруди, механізми та машини та їх взаємодія з навколишнім середовищем.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є загальні закономірності механічної взаємодії та руху елементів інженерних споруд, механізмів та машин, що можна дослідити за допомогою загальних теорем динаміки та аналітичної механіки.

Основне завдання «Теоретичної механіки – 3. Динаміка» полягає у засвоєнні студентами навчального матеріалу, опанувавши який студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- розуміння методів побудови простих динамічних моделей механічних процесів механічних процесів, що протікають в окремих вузлах та деталях машин, а також в машинах в цілому, внаслідок їх експлуатації;
- оволодіння методами динаміки (загальні теореми динаміки, загальне рівняння динаміки(статики), рівняння руху механічних систем в узагальнених координатах, елементарна теорія удару) для побудови математичних моделей руху твердих тіл та механічних систем з одним та двома ступенями вільності, проведенні їх аналізу

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Теоретичної механіки – 3. Динаміка» у студента будуть сформовані такі компетентності:

- здатність аналізувати структури машин і принципи руху та взаємодії їх елементів;
- здатність побудови простих динамічних моделей механічних систем;
- здатність побудови та аналізу математичних моделей руху твердих тіл та механічних систем з одним та двома ступенями вільності

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка» базується на знаннях та уміннях, що студенти отримують в результаті вивчення курсів з математики, фізики, інженерної та комп'ютерної графіки. У дисципліні вперше наводяться відомості про задачі та методи динамічних та математичних моделей руху та взаємодії механічних систем, що є предметом вивчення у дисциплінах «Теорія механізмів і машин», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Деталі машин і основи конструювання» та інші.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Загальні теореми динаміки

- 1.1. Теорема про зміну кінетичної енергії
- 1.2. Теорема про зміну кількості руху
- 1.3. Теорема про зміну кінетичного моменту
- 1.4. Теорема про рух центру мас

Тема 2. Елементи аналітичної механіки

- 2.1. Принцип д'Аламбера
- 2.2. Принцип Лагранжа
- 2.3. Принцип д'Аламбера-Лагранжа
- 2.4. Рівняння Лагранжа II-го роду
- 2.5. Коливання механічної системи з двома ступенями вільності

Тема 3. Додаткові питання динаміки

- 3.1. Елементарна теорія удару.
- 3.2. Потенціальне силове поле
- 3.3. Динаміка поступального руху тіла змінної маси.
- 3.4. Наближена теорія гіроскопів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Глонь О.А. Основи теоретичної механіки. – К.: ВКД «Софія», 1997.
2. Павловський М.А. Теоретична механіка. Підручник. – К.: Техніка, 2002.
2. Теоретична механіка. Збірник задач / О.С. Апостолук, В.М. Воробйов, Д.І. Ільчишина та інш; За ред. М.А. Павловського. – К.: Техніка, 2007.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 2008.
4. Кузьо І.В. та інш. Теоретична механіка. – Харків: Фоліо, 2017.
5. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – Санкт-Петербург: Лань, 2007.
6. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах: В 2 т. – М.: Наука, 1991. – Т. 1. – 672 с.; Т. 2.

Допоміжна:

1. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: В 2 т.– М.: Высшая школа, 1984. – Ч. 1 : Статика. Кинематика. – 1984. – 343 с; Ч. 2 : Динамика.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике : Учебное пособие для студ. техническ. вузов / А.А. Яблонский, С.С. Норейко, С.А. Вольфсон и др. ; Под. ред. А.А. Яблонского. – М. : Интеграл-Пресс, 2007.
3. Бутенин Н.В., Меркин Д.Р., Лунц Я.Д. Курс теоретической механики: В 2 т. – Санкт-Петербург : Лань, 1998. – Т. 1 : Статика и кинематика. – С. 1-234; Т. 2 : Динамика.
4. Теоретична механіка. / В. М. Булгаков, В. В. Яременко, О. М. Черниш, М. Г. Березовий. – К. : «Центр учбової літератури», 2017.
5. Путята Т.В., Фрадлін Б.Н. Методика розв'язування задач з теоретичної механіки. – К. : Радянська школа, 1955.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Контент	Кількість годин			
		Л	П	СРС	Σ
Тема 1. Загальні теореми динаміки					
1.1. Теорема про зміну кінетичної енергії	Міри механічного руху. Кінетична енергія. Робота сили/пари сил. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок	4	4	4	12
1.2. Теорема про зміну кількості руху	Кількість руху системи матеріальних точок. Імпульс сили. Теорема про зміну кількості руху у диференціальній/інтегральній формі	4	4	4	12
1.3. Теорема про зміну кінетичного моменту	Момент інерції. Теореми Гюйгенса-Штейнера. Момент кількості руху. Кінетичний момент. Теорема про зміну кінетичного моменту в диференціальній/інтегральній формі	4	4	4	12
1.4. Теорема про рух центру мас	Центр мас механічної системи. Теорема про рух центра мас системи	2	2	2	6

Тема	Контент	Кількість годин			
		Л	П	СРС	Σ
1.5. Потенціальне силове поле	Силове поле. Потенціальне силове поле. Силова функція. Еквіпотенціальні поверхні. Потенціальна енергія. Теорема про зміну повної механічної енергії.	2	2	2	6
Тема 2. Елементи аналітичної механіки					
2.1. Принцип д'Аламбера	Принцип д'Аламбера для системи точок. Головний вектор та головний момент сил інерції системи матеріальних точок. Приклад	2	2	2	6
2.2. Принцип Лагранжа	Дійсні та можливі переміщення. Ідеальна в'язь. Принцип можливих переміщень	2	2	2	6
2.3. Принцип д'Аламбера-Лагранжа	Основні положення. Приклади.	2	2	2	6
2.4. Рівняння Лагранжа II-го роду	Узагальнені координати. Узагальнені сили. Узагальнені умови рівноваги. Рівняння Лагранжа II-го роду.	4	4	4	12
2.5. Коливання механічної системи з двома ступенями вільності	Система диференціальних рівнянь руху. Теорема Релея. Приклади.	4	2	4	10
Тема 3. Додаткові питання динаміки					
3.1. Елементарна теорія удару.	Удар. Основні визначення. Гіпотеза Ньютона. Прямий центральний удар двох куль. Теорема Остроградського-Карно. Фізичний маятник під дією удару. Центр удару	2	2	2	6
3.2. Потенціальне силове поле	Силове поле. Потенціальне силове поле. Силова функція. Еквіпотенціальні поверхні. Потенціальна енергія. Теорема про зміну повної механічної енергії.	2	2	2	6
3.3. Динаміка поступального руху тіла змінної маси.	Рівняння Мещерського. Задача Ціолковського.	2		4	6
3.4. Наближена теорія гіроскопів.	Властивості гіроскопів. Гіроскопічний момент. Модифіковані рівняння Ейлера. Умови незбурюваності.	2		4	6
Виконання індивідуального завдання				20	20
Контрольні заходи.	Модульна контрольна робота. Залік (або екзамен)		6	16	22
Разом:		36	36	78	150

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів передбачає самостійне вивчення теоретичного матеріалу, викладеного у літературних джерелах та виконання з врахуванням рекомендацій викладача домашніх завдань та РГР для закріплення набутих знань.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, згідно *Правил внутрішнього розпорядку Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»* (<https://kpi.ua/admin-rule>) студенти зобов'язані відвідувати заняття.

Правила поведінки на заняттях та контрольних заходах

На аудиторних заняттях (лекціях чи практичних заняттях) вітається активна участь студентів та вимагається відключення електронних пристроїв, якщо це не передбачено планом проведення занять.

На будь-якому контрольному заході дозволяється використання літературних джерел в паперовому вигляді з переліку, вказаному в розділі 4. Заборонено використовувати електронні пристрої, якщо не передбачено планом проведення контрольного заходу.

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>.

Правила призначення штрафних та заохочувальних балів

Система оцінювання орієнтована на отримання балів студентами за своєчасність виконання контрольних заходів (експрес-опитувань та модульних контрольних робіт). Штрафні бали нараховуються виключно за невчасне виконання контрольного заходу, а саме:

- | | |
|--|----------|
| 1) задача індивідуального завдання | –5 балів |
| 2) модульна контрольна робота (частина I) | –5 балів |
| 3) модульна контрольна робота (частина II) | –5 балів |

Загальна кількість штрафних балів не може перевищувати 10 балів.

Заохочувальні бали в кількості до 10 балів можуть бути отримані студентом за виконання додаткової реферативно-розрахункової роботи, яка узгоджується з викладачем.

Пропущені контрольні заходи, правила дедлайнів та перескладань

Своєчасне виконання усіх контрольних заходів є обов'язковим. Якщо студент(-ка) був(-ла) відсутнім(-ньою) без поважних причин, що підтверджується документально, на занятті, на якому запланований контрольний захід, або його не виконав, то він(вона) має можливість пройти контрольний захід в інший час, погоджений з викладачем, відповідальним за проведення цього заходу. При цьому за несвоєчасне виконання нараховуються штрафні бали згідно *Правил призначення штрафних та заохочувальних балів* цього розділу.

У випадку накопичення студентом(-кою) максимально-можливої кількості штрафних балів (10 балів) він(вона) втрачає можливість виконувати невчасно контрольні заходи.

Контрольні заходи можуть бути пройдені до початку семестрового контрольного заходу.

Перескладати контрольний захід дозволяється лише у випадку, якщо він оцінений на 0 балів. Оцінка перескладеного контрольного заходу не може перевищувати 60% від максимально можливої оцінки за цей контрольний захід.

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>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Теоретичної механіки – 3. Динаміка» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Теоретичної механіки – 3. Динаміка» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю

Поточний контроль. З метою діагностики залишкових знань та умінь студентів за окремими темами та розділами є індивідуальне завдання (ІЗ) та дві частини модульної контрольні роботи (МКР).

ІЗ спрямоване на перевірку наявності знань та практичних вмінь, набутих в процесі навчання після ключових тем та охоплюють їх основні поняття.

ІЗ складається з чотирьох задач (для груп ЗВ-01, ЗС-01, ФП-01) або двох задач (для групи ЗВ-п01), що відповідають ключовим темам, які видаються протягом семестру. Оголошення про кожну задачу ключової теми ІЗ, формат звіту, зміст роботи та дедлайн виконання оголошуються викладачем після проходження відповідної ключової теми. Виконання самостійне.

Основне завдання МКР є діагностика теоретичних та практичних умінь та навичок. Кожна частина МКР складається з одного практичного завдання, приклади якого розібрані на попередніх практичних заняттях, та одного теоретичного завдання. Проводяться на 6-9 та 14-16 тижнях. Тривалість однієї частини МКР – 2 академічні години (одне практичне заняття).

Семестровий контроль – залік (для груп ЗВ-01, ЗС-01, ФП-01) або екзамен (для групи ЗВ-п01). Контрольне завдання складається з двох теоретичних питань з переліку, що наданий у розділі 9 та одного практичного питання, приклад якого розглядався на практичному занятті. Форма проведення – усна. Залік проводиться на останньому практичному занятті, тривалість – 2 академічні години (одне практичне заняття).

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

Рейтингова система оцінювання результатів навчання (для груп ЗВ-01, ЗС-01, ФП-01)

Семестровий рейтинг студента з навчальної дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- а) виконання чотирьох задач ІЗ;
- б) виконання МКР (частина І) та МКР (частина ІІ) на практичних заняттях 7-9-го та 15-16-го навчального тижня.

Кожна задача ІЗ оцінюються із 15 балів за критеріями:

«*відмінно*» – задача розв’язана повністю, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 14-15 балів;

«*добре*» – задача розв’язана, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 12-13 балів;

«*задовільно*» – задача розв’язана частково, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 9-10 балів;

«*незадовільно*» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Кожна частина МКР оцінюються із 20 балів за критеріями:

«*відмінно*» – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 19-20 балів;

«*добре*» – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 16-18 балів;

«*задовільно*» – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 12-15 балів;

«*незадовільно*» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Семестровий рейтинг переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею

Бали	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

Якщо семестровий рейтинг менший за 60, студент(-ка) складає залік. У цьому разі семестровий рейтинг є сумою балів за виконання ІЗ та заліку. Він переводиться до підсумкової оцінки згідно з наведеною таблицею.

Залік оцінюється із 40 балів за такими критеріями:

«*відмінно*» – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 38-40 балів;

«*добре*» – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 32-37 балів;

«*задовільно*» – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 24-31 балів;

«*незадовільно*» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Студент(-ка), який(-а) у семестрі отримав(-ла) більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі семестровий рейтинг складається із балів, що отримані на заліковій контрольній роботі та балів з обох частин МКР.

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 12 балів, другої атестації – отримання не менше 42 балів. Умовою допуску до заліку – семестровий рейтинг не менше 42 балів.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання (для групи ЗВ-п01)

Загальний рейтинг студента з навчальної дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- а) виконання двох задач ІЗ;
- б) виконання МКР (частина І) та МКР (частина ІІ) на практичних заняттях 7-9-го та 15-16-го навчального тижня;
- в) екзамену.

Кожна задача ІЗ оцінюються із 15 балів за критеріями:

«відмінно» – задача розв’язана повністю, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 14-15 балів;

«добре» – задача розв’язана, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 12-13 балів;

«задовільно» – задача розв’язана частково, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 9-10 балів;

«незадовільно» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Кожна частина МКР оцінюються із 20 балів за критеріями:

«відмінно» – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 19-20 балів;

«добре» – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 16-18 балів;

«задовільно» – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 12-15 балів;

«незадовільно» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Екзамен оцінюється із 30 балів за такими критеріями:

«відмінно» – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 29-30 балів;

«добре» – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або є незначні неточності (повне розв’язування завдань з незначними неточностями) – 25-28 балів;

«задовільно» – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (завдання виконане з певними суттєвими недоліками) – 18-24 балів;

«незадовільно» – відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Семестровий рейтинг переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею, що наведена на попередній сторінці.

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 12 балів, другої атестації – отримання не менше 35 балів. Умовою допуску до екзамену – семестровий рейтинг не менше 35 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, що виносяться на залік(екзамен)

1. Кінетична енергія точки. Формули обчислення кінетичної енергії твердого тіла при поступальному його русі, обертальному русі навколо нерухомої осі, при плоскопаралельному русі.
2. Робота сили на скінченному переміщенні. Робота сили, що діє на тіло, яке рухається поступально, на обертове тіло (робота моментів сил), робота сил тяжіння, сил пружності. Робота внутрішніх сил. Теорема про зміну кінетичної енергії.
3. Кількість руху матеріальної точки (МТ) та механічної системи (системи МТ). Теорема про зміну кількості руху в диференціальній та в інтегральній формах. Закон збереження кількості руху.
4. Моменти інерції механічної системи (осьовий, полярний, планарний, відцентровий). Радіус інерції. Теореми Гюйгенса-Штейнера. Моменти інерції твердого тіла відносно довільної осі. Тензор інерції. Формули для обчислення моменту інерції однорідного стрижня, однорідного кільця та однорідного диска.
5. Момент кількості руху МТ відносно точки та осі. Кінетичний момент механічної системи (системи МТ) відносно точки та осі. Кінетичний момент обертового тіла. Теорема про зміну кінетичного моменту в диференціальній та в інтегральній формах. Закон збереження кінетичного моменту.
6. Центр мас механічної системи, визначення положення центра мас. Теорема про рух центра мас системи МТ. Закон збереження руху центра мас.
7. Принцип д'Аламбера для МТ, для системи МТ. Приклади застосування.
8. Предмет аналітичної механіки. Основні поняття. Класифікація в'язей. Дійсні і можливі переміщення МТ. Число ступенів свободи системи.
9. Загальне рівняння статички/динаміки. Приклади застосування.
10. Узагальнені координати механічної системи, узагальнені швидкості. Узагальнена сила і способи обчислення. Умова рівноваги мех. системи в узагальнених координатах.
11. Рівняння Лагранжа II-го роду в узагальнених координатах. Приклади застосування.
12. Елементарна теорія удару. Коефіцієнт відновлення. Теорема Остроградського-Карно.
13. Динаміка поступального руху тіла змінної маси. Рівняння Мещерського. Задача Ціолковського. Приклади.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів,
к.ф.-м.н., доцент, Хорошев Костянтин Григорович

Ухвалено кафедрою кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів

(протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона

(протокол № __ від _____)