



ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА. Частина 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>Автоматизовані та роботизовані механічні системи НН ММІ Прикладна механіка пластичності матеріалів НН ММІ</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>105 годин (3,5 кредити ЕКТС): лекції – 36 годин; практичні – 36 годин; СРС – 33 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Диференційований залік / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>За розкладом університету http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>докт. фіз.-мат. наук, професор, Янчевський Ігор Владиславович, yanchevskyi.ihor@iill.kpi.ua</i>
Профіль викладача	<i>Лектор: https://intellect.kpi.ua/profile/yiv22</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjYyNzUzNTY1MzQ3?cjc=mwy6s47</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка» є частиною дисципліни теоретична механіка, у якій вивчають методи і способи складання і розв'язування диференціальних рівнянь руху твердих тіл, механічних систем та окремих їх точок за допомогою основних теорем динаміки в проекціях на осі вибраної системи координат та в узагальнених координатах.

Вивчення дисципліни базується на широкому використанні знань зі статички та кінематики, отриманими при вивченні попередніх двох дисциплін «Теоретична механіка. Частина 1. Статика» та «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика», і математичних методів диференціальних та інтегральних обчислень, теорії диференціальних рівнянь, постановки задачі Коші і тому її вивчення вимагає наявності базових знань з елементарної і вищої математики, евклідової геометрії, аналітичної алгебри, нарисної геометрії, загальної фізики.

Мета вивчення дисципліни «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка» – дати студентам теоретичні знання і практичні уміння з питань побудови математичних моделей та складання диференціальних рівнянь руху твердих тіл, оволодіти деякими методами їх розв'язання.

Предмет навчальної дисципліни «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка» вивчає загальні закони класичної механіки, що пов'язані з рухом механічних систем, основні поняття механіки, загальні методи складання рівнянь руху (математичних моделей руху) та рівноваги тіл, а також методи їх аналізу.

Вивчення дисципліни дозволить сформувати наступні фахові компетентності:

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

Завершитись навчання має наступними програмними результатами:

РН1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи;

РН6. Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин;

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

(місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Теоретична механіка» має міждисциплінарний характер. За структурно-логічною схемою програми підготовки бакалавра навчальній дисципліні «Теоретична механіка» передують такі дисципліни, як «Вища математика», «Загальна фізика», «Інженерна та комп'ютерна графіка».

Цей курс дає студенту конкретні знання для складання математичної моделі будь-якого можливого руху або рівноваги окремих матеріальних точок, твердих тіл та механічних систем, навички запису диференціальних рівнянь руху, постановки задачі Коші для конкретних об'єктів дослідження, закріплює знання з розв'язування цих рівнянь, і є фундаментом для вивчення таких дисциплін, як гідро- і аеродинаміка, теорії коливань, пружності, пластичності і оболонок, механіка суцільного середовища.

У дисципліні знайшли відображення сучасні запитання про задачі та методи складання диференціальних рівнянь руху механічних систем, які застосовують як у різних галузях машинобудування, так і у дисциплінах «Теорія механізмів і машин», «Опір матеріалів», «Деталі машин» », «Механіка рідини та газу», «Гідравліка».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні теореми динаміки

- 1.1. Теорема про рух центру мас*
- 1.2. Теорема про зміну кількості руху*
- 1.3. Теорема про зміну кінетичного моменту*
- 1.4. Теорема про зміну кінетичної енергії*
- 1.5. Динаміка поступального руху тіла змінної маси.*

Розділ 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*

Розділ 3. Післямова

- 3.1. Елементарна теорія удару.
- 3.2. Коливання механічної системи з двома ступенями свободи
- 3.3. Наближена теорія гіроскопів.
- 3.4. Потенціальне силове поле

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Черниш О., Яременко В., Березовий М. Теоретична механіка. Навчальний посібник - К. : Центр навчальної літератури. – 2018. – 760 с. ISBN 978-611-01-1246-8
2. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
3. Теоретична механіка / Під редакцією І. Кузьо. – Х.: Фоліо, 2017. – 784 с. ISBN: 978-966-03-7312-9
4. Лобас Л.Г., Лобас Людм. Г. Теоретична механіка: Підручник для ст. вищ. техн. навч. закладів. – К.: ДЕТУТ, 2008. – 406 с.
5. Теоретична механіка-3. Методичні вказівки для проведення практичних занять / Уклад.: Губська В.В., Кришталь В.Ф., Пікенін О.О. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 78 с.

Додаткова література:

6. Теоретична механіка: збірник задач: навч. посібник для студ. вищих навч. закл./ за ред. М. А. Павловського. – К.: Техніка, 2007. – 400 с.
7. Божидарнік В.В., Величко Л.Д. Методика розв'язування і збірник задач з теоретичної механіки. Навчальний посібник. – Луцьк: Надстиря, 2007. – 501 с.
8. Збірник задач з теоретичної механіки : навч. посіб. / Л. М. Мамаєв, О. В. Нікулін, В. Ю. Солод. – Кам'янське : ДДТУ, 2018. – 247 с.
9. Khurmi R.S., Khurmi N. A Textbook of Engineering Mechanics. – S. Chand Publishing, 2019. – 755 p. ISBN 9352833961

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст навчального заняття	Кількість годин			
		Лекц.	Практ.	СРС	Разом
Розділ 1. Загальні теореми динаміки					
1.1. Теорема про рух центру мас	Міри механічного руху. Центр мас механічної системи. Теорема про рух центра мас системи	2	2	1	5
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	3	11
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	3	11
1.4. Теорема про зміну кінетичної енергії	Кінетична енергія. Робота сили/пари сил. Теорема про зміну кінетичної енергії сис-	4	4	3	11

	<i>теми матеріальних точок</i>					
<i>1.5. Динаміка поступального руху тіла змінної маси.</i>	<i>Рівняння Мещерського. Задача Ціолковського.</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>Розділ 2. Елементи аналітичної механіки</i>						
<i>2.1. Принцип д'Аламбера</i>	<i>Принцип д'Аламбера для системи точок. Головний вектор та головний момент сил інерції системи матеріальних точок. Приклад</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>2.2. Принцип Лагранжа</i>	<i>Дійсні та можливі переміщення. Ідеальна в'язь. Принцип можливих переміщень</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>2.3. Принцип д'Аламбера-Лагранжа</i>	<i>Основні положення. Приклади.</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>2.4. Рівняння Лагранжа II-го роду</i>	<i>Узагальнені координати. Узагальнені сили. Узагальнені умови рівноваги. Рівняння Лагранжа II-го роду.</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>11</i>	
<i>Розділ 3. Післямова</i>						
<i>3.1. Елементарна теорія удару</i>	<i>Удар. Основні визначення. Гіпотеза Ньютона. Прямий центральний удар двох куль. Теорема Остроградського-Карно. Фізичний маятник під дією удару. Центр удару</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>3.2. Коливання механічної системи з двома ступенями свободи</i>	<i>Система диференціальних рівнянь руху. Теорема Релея. Приклади.</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>8</i>	
<i>3.3. Елементарна теорія гіроскопу.</i>	<i>Властивості гіроскопів. Гіроскопічний момент. Модифіковані рівняння Ейлера. Умови незбурюваності.</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	
<i>3.4. Потенціальне силове поле</i>	<i>Потенціальне силове поле. Рівняння Лагранжа II-го роду для консервативної/дисипативної системи точок. Функція Релея</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>3</i>	
<i>Модульна контрольна робота</i>				<i>2</i>	<i>4</i>	<i>6</i>
<i>Диф. залік</i>				<i>2</i>	<i>6</i>	<i>8</i>
<i>Разом</i>		<i>36</i>	<i>36</i>	<i>33</i>	<i>105</i>	

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації зі студентами та засвоєння ними теоретичного матеріалу використовується електронна пошта, сервіс Zoom для проведення онлайн-нарад та система Google Classroom, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;*
- здійснюється зворотній зв'язок стосовно навчальних завдань;*
- оцінюються виконання домашніх завдань;*
- ведеться облік та оцінювання виконання плану навчальної дисципліни.*

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів передбачає самостійне вивчення теоретичного матеріалу, викладеного у джерелах [1-4].

Також передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) з використанням методичних рекомендацій [5] для закріплення набутих теоретичних знань. Зазначена РГР має бути оформлена на аркушах формату А4 з рамкою і підшита у вигляді звіту, на сторінках якого представлені розв'язки чотирьох індивідуальних домашніх завдань з аналізом отриманих результатів. Темі індивідуальних завдань та орієнтовні терміни їх здачі та захисту наступні:

- Завдання 1. "Теорема про зміну кінетичного моменту" – на 4-5 тижні навчання;
- Завдання 2. "Теорема про зміну кінетичної енергії" – на 6-7 тижні;
- Завдання 3. "Принцип можливих переміщень" – на 11-12 тижні;
- Завдання 4. "Рівняння Лагранжа II-го роду" (не обов'язкове завдання) – на одному з додаткових занять на 14-15 тижні.

Номери персональних варіантів індивідуальних завдань і уточненні терміни їх здачі представлені у відповідних папках дистанційного курсу або обговорюються з викладачем практичних занять.

Приклад оформлення титульного аркушу зазначеного звіту зображено після розділу 9 даного Силабусу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять не оцінюється, але фіксується в Google Classroom. Разом з тим, студентам рекомендується відвідувати всі заняття, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал та розвиваються навички, необхідні, зокрема, для виконання РГР, написання МКР, тощо.

Заохочувальні бали та штрафні бали

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за неklasичний/оригінальний підхід до розв'язання індивідуального завдання, за виконання творчих робіт: робота у наукових гуртках з підготовкою матеріалів доповідей або статей для публікації, участь у наукових і науково-практичних конференціях і семінарах, олімпіадах з дисципліни, конкурсах робіт, рефератів та оглядів наукових праць. Кількість нарахованих заохочувальних балів залежить від отриманих результатів і не може перевищувати 10% від семестрового балу, тобто $100 \times 0,1 = +10,0$ балів.

Штрафні бали можуть бути нараховані за порушення термінів виконання індивідуальних завдань РГР та систематичний пропуск занять без поважної причини. Кількість штрафних балів не може перевищувати 10% від семестрового балу, тобто $100 \times 0,1 = -10,0$ 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>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка» не передбачає її вивчення англійською мовою. Однак у процесі викладання навчальної дисципліни можуть бути використані матеріали та джерела англійською мовою.

Враховуючи студенто-центрований підхід, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійськомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 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 та бали за кожен елемент контролю:

№	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Усього
1	Виконання індивідуальних завдань	46	11,5	4	46
2	Тестування	24	12	2	24
3	Модульна контрольна робота	30	30	1	30
				Разом	100

Результати оголошуються студентам на заняттях або в дистанційній формі (у системі Google Classroom або e-mail).

Поточний контроль передбачає виконання РГР і тестування знань теоретичного матеріалу. РГР містить чотири індивідуальних завдання, кожне з яких оцінюється за наступними критеріями.

№ з/п	Індивідуальне завдання	%	Бал
1	Повністю виконане завдання з аналізом отриманого результату	86...100	9,9...11,5
2	Повністю виконане завдання із деякими зауваженнями до методики розв'язання	71...85	8,2...9,8
3	Завдання виконано, однак є суттєві помилки у методі розв'язання чи є зауваження до обраного підходу	60...70	6,9...8,1
4	Завдання виконано, однак містить принципові помилки у розв'язанні	36...59	4,1...6,8
5	Завдання не виконано	0	0
Максимальна кількість балів			11,5

Також впродовж вивчення дисципліни передбачено два тестування тривалістю 18 хвилин кожне. Зазначені тестування проводяться на лекції наприкінці вивчення тем 1.5 і 2.4 і мають на меті перевірку рівня оволодіння студентами пройденого теоретичного матеріалу. Кожен тест містить по 12 завдань різного типу:

- завдання з вибором єдиної правильної відповіді;
- завдання з вибором декількох правильних відповідей;
- завдання на завершення речення;
- завдання, яке містить певну задачу.

За правильну відповідь на питання студент отримує 1 бал, таким чином максимально можливий бал за кожен тест складає 12 балів.

Календарний рубіжний контроль.

В семестрі дві проміжні атестації студентів (далі – атестація). Метою проведення атестації є моніторинг виконання графіка освітнього процесу¹. Перша атестація проводиться на 8му тижні навчання, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 20 балів. Друга атестація проводиться на 14му тижні, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 45 балів.

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться наприкінці вивчення третьої теми. Мета контрольної роботи – перевірка вміння застосовувати набуті теоретичні та практичні знання для дослідження динаміки механічних систем. Тривалість МКР – дві академічні години (одне практичне заняття) і проводиться з наступних тем:

1. Тема 1.4 «Теорема про зміну кінетичної енергії».
2. Тема 2.2 «Принцип Лагранжа».

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Бал
1	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	91...100	27,3...30,0
2	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	76...90	22,8...27,0
3	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60...75	18,0...22,5
4	Відповідь відсутня або не правильна	0	0
Максимальна кількість балів			30

Семестровий контроль: диференційований залік

Обов'язкова умова допуску до заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 60$
2	Виконання РГР	Зараховано викладачем
3	Виконання МКР	Зараховано викладачем

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою²:

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

¹Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 20с.

²Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом № 7 від 29.03.2018 року.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто викладачем згідно із наперед визначеними процедурами. Додаткова інформація стосовно процедури оскарження результатів: студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень. Детальніше: https://document.kpi.ua/2022_HOH-228

Додаткова інформація стосовно семестрового контролю

У разі проведення підсумкового семестрового контролю студентам дозволяється впродовж короткого проміжку часу користуватись власним! конспектом лекцій.

9. Додаткова інформація з дисципліни

Орієнтовний перелік теоретичних питань, що виноситься на залік, наведений нижче:

1. Центр мас механічної системи, визначення положення ц.м.. Теорема про рух ц. м. мех. системи. Закон збереження руху центра мас.
2. Кількість руху матеріальної точки (MT) та механічної системи (системи MT). Теорема про зміну кількості руху в диференціальній та в інтегральній формах. Закон збереження кількості руху.
3. Моменти інерції механічної системи (осьовий, полярний, планарний, відцентровий). Радіус інерції. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Моменти інерції твердого тіла відносно довільної осі. Тензор інерції. Формули для обчислення моменту інерції однорідного стрижня, однорідного кільця та однорідного диска.
4. Момент кількості руху MT відносно точки та осі. Кінетичний момент механічної системи (системи MT) відносно точки та осі. Кінетичний момент обертового тіла. Теорема про зміну кінетичного моменту в диференціальній та в інтегральній формах. Закон збереження кінетичного моменту.
5. Кінетична енергія точки, к.е. TT при просторову русі, теорема Кеніга. Співвідношення між T, Q і K. Формули для обчислення к.е. TT при поступальному його русі, обертальному русі навколо нерухомої точки/осі, при плоскопаралельному русі.
6. 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.
7. Динаміка поступального руху тіла змінної маси. Рівняння Мещерського. Задача Ціолковського. Приклади.
8. Принцип д'Аламбера для MT, для механічної системи (системи MT). Приклади застосування.
9. Предмет аналітичної механіки. Основні поняття. Класифікація в'язей. Дійсні і можливі переміщення MT. Число ступенів свободи системи.
10. Загальне рівняння статичної/динамічної.
11. Узагальнені координати механічної системи, узагальнені швидкості. Узагальнена сила і способи обчислення. Умова рівноваги мех. системи в узагальнених координатах.
12. Рівняння Лагранжа II-го роду в узагальнених координатах. Приклади застосування.
13. Елементарна теорія удару. Коефіцієнт відновлення. Теорема Остроградського-Карно.
14. Малі коливання механічної системи з двома ступенями свободи. Вільні та вимушені коливання.
15. Наближена теорія гіроскопів.

Додаток

*Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів.*

*РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
з теоретичної механіки. Частина 3. Динаміка*

*Виконав: ст. гр. МА-31
Петренко М.*

*Перевірів:
доц. Шевченко В. П.*

Київ 2025

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

- Складено** *проф. каф. динаміки і міцності машин та опору матеріалів,
докт. фіз.-мат. наук, професор Янчевський Ігор Владиславович*
- Ухвалено** *кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів
(протокол №15 від 12.06.24 р.)*
- Погоджено** *Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 28.06.2024 р.)*