



Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G9 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>«Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів»</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити (150 годин), лекції – 36 годин, практичні – 36 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / 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>канд. фіз.-мат. наук, ст. викл. Губська Вікторія Володимирівна viktoriiaqubskaia@gmail.com</i>
Профіль викладача	<i>Лектор, практика: Губська В.В. https://scholar.google.com.ua/citations?user=T8Jx0IqAAAAJ&hl=ru http://intellect.tm.kpi.ua/profile/qvv129</i>
Розміщення курсу	<i>Відповідний повний дистанційний курс розміщений на платформі дистанційного навчання КПІ ім. Ігоря Сікорського за адресою : https://classroom.google.com/c/Nzc0MjI1NTY3OTQ3?cjc=iwxyrwh</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка» є частиною загальної 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 (рівняння Лагранжа II роду) (аналітично в елементарних функціях та із застосуванням комп'ютера, а також чисельно у тих випадках, коли аналітичного розв'язку не існує).

Вивчення навчальної дисципліни «Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка» базується на широкому використанні знань зі статyki та кінематики, отриманими при вивченні попередньої дисципліни «Теоретична механіка. Частина 1. Статика. Кінематика» і математичних методів диференціальних та інтегральних обчислень, теорії дифе-

ренціальних 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.

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка» 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 у різних галузях машинобудування.

Програмні результати навчання:

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

загальних теорем динаміки, поняття центра мас системи точок, головного вектора кількості руху, кінетичного моменту системи точок, кінетичної енергії та роботи сил, загального рівняння статички, рівнянь Лагранжа другого роду,

уміння:

визначення кінетичної енергії системи точок та тіл, визначення роботи системи сил, складання диференціальних рівнянь руху твердого тіла, складання і розв'язання диференціальних рівнянь вільних і вимушених коливань матеріальної точки,

досвід:

визначення кінетичної енергії твердого тіла при обертальному, поступальному та плоскопаралельному русі, визначення роботи сили та моменту сил, складання диференціальних рівнянь обертального, поступального та плоскопаралельного руху твердого тіла, складання диференціальних рівнянь вільних і вимушених коливань матеріальної точки.

Фахові компетентності:

- засвоювати необхідний теоретичний матеріал, використовуючи знання з фундаментальних наук, для формулювання і розв'язання задач теоретичної механіки;
- засвоювати методи теоретичної механіки, необхідні для подальшого застосування в професійній діяльності;
- складати математичні моделі руху (у вигляді диференціальних рівнянь) найпростіших матеріальних об'єктів;
- розв'язувати диференціальні рівняння з метою визначення кінематичних законів руху цих об'єктів.

Компонента професійної підготовки «Теоретична механіка. Частина 2. Динаміка» освітньо-професійної програми «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності G9 «Прикладна механіка» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» та затвердженого стандарту вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня, галузі знань G – «Інженерія, виробництво та будівництво» формує у студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності G9 «Прикладна механіка» такі фахові компетентності — здатності до реалізації професійних обов’язків:

Інтегральна компетентність	Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
Спеціальні (фахові, предметні) компетентності	Здатності до реалізації професійних обов’язків
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.

Нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання

Уміння бакалавра визначаються за видами навчальної діяльності як конкретизація загальних і фахових компетентностей в програмі навчальної дисципліни, практики, індивідуального завдання і застосовуються як критерії відбору необхідних і достатніх знань (змістових модулів), які можна ідентифікувати, кількісно оцінити та виміряти:

Результати навчання	Ідентифікація необхідних і достатніх знань і умінь
РН1	Вибирати та застосовувати для розв’язання задач прикладної механіки придатні математичні методи (відповідні ФК: 1,5; відповідні ЗК: 1,2,3,4,6,7,13).
РН5	Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проекційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень (відповідні ЗК: 2,6,7,13).
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 (відповідні ЗК: 2,6,7,13).

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка» базується на знаннях та уміннях, які студенти отримують в результаті вивчення елементарної і вищої математики, аналітичної алгебри, нарисної геометрії, загальної фізики.

Цей курс дає студенту конкретні знання для складання математичної моделі рівноваги окремих матеріальних точок, твердих тіл та механічних систем, навички запису диференціальних рівнянь будь-якого можливого руху та є фундаментом для вивчення таких дисциплін, як гідро- і аеродинаміка, теорія коливань, теорія пружності, пластичності і оболонок, механіка суцільного середовища. 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

Розділ 1. Динаміка матеріальної точки

Тема 1.1. Пряма та обернена задачі динаміки матеріальної точки

Тема 1.2. Вільні і вимушені коливання матеріальної точки

Розділ 2. Динаміка системи матеріальних точок

Тема 2.1. Теореми про рух центра мас, зміну кількості руху та моменту кількості руху системи точок.

Тема 2.2. Теорема про зміну кінетичної енергії

Розділ 3. Елементи аналітичної механіки

Тема 3.1. Диференціальні принципи механіки

Тема 3.2. Рівняння руху механічних систем в узагальнених координатах

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
2. Кузьо І.В. та ін. Теоретична механіка: підруч. для студ. вищ. навч. техн. закл. – Харків: Фоліо, 2017. – 780 с.
3. Теоретична механіка: збірник задач: навч. посібник для студ. вищих навч. закл./ за ред. М. А. Павловського. – К.: Техніка, 2007. – 400 с.
4. Конспект лекцій: Теоретична механіка. Динаміка та аналітична механіка [Електронний ресурс] / Н. І. Штефан., О. С. Апостолук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – Назва з екрана. – Режим доступу : <http://library.ntu-kpi.kiev.ua:8080/handle/123456789/413>
10. Навчальний посібник: Теоретична механіка. Статика. Кінематика: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності: 113 «Галузеве машинобудування»: / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н.І. Штефан, В.М. Федоров. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,4Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48132>
5. Теоретична механіка-3. Загальні теореми динаміки та елементи аналітичної механіки [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів механіко-машинобудівного інституту напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування» для всіх форм навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. А. Бабаєв, В. Ф. Кришталь. – текстові дані (1 файл: 2,22 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 82 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/17661>

6. Теоретична механіка. Кінематика твердого тіла та динаміка точки. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інструментальні системи та технології формування деталей», «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Губська, В. Ф. Кришталь. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 105 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23703>
7. ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА: Динаміка: Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Інструментальні системи інженерного дизайну», «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / В.В. Губська, В.Ф. Кришталь; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 98 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27991>
8. Теоретична механіка-3. Методичні вказівки для проведення практичних занять для студентів напряму підготовки 6.050502 – інженерна механіка, 6.050503 – машинобудування [Електр]/ Уклад.: Губська В.В., Кришталь В.Ф., Пікенін О.О. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 78 с.; гриф факультету (інституту); Протокол № 6; дата отримання грифу 23.01.2017. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19561>
9. Теоретична механіка. Динаміка. Дослідження руху механічної системи з двома степенями вільності [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів напряму підготовки 6.051101 «Авіа- та ракетобудування» усіх форм навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. Ф. Кришталь. – Електронні текстові дані (1 файл: 808 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 32 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/9723>
10. Березін Л.М. Теоретична механіка в трьох томах. Том 3. Динаміка. Збірник контрольних завдань.: Навчальний посібник/ Л. М. Березін, С.О. Кошель. – К: «Центр учбової літератури», 2021. – 182 с.

Додаткова література:

1. Векерик В.І., Ільчишина Д.І., Левчук К.Г., Цедило І.В., Шальда Л.М. Теоретична механіка: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 459 с.
2. Березова О. А., Друшляк Г. Ю., Солодовников Р. В. Теоретична механіка. – К.: ІЗМН, 1998. – 408 с.
3. Теоретична механіка: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”, спеціалізацій “Автоматизація хіміко-технологічних процесів і виробництв”, “Комп’ютерно-інтегровані технології хімічних та нафтопереробних виробництв” / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н. І. Штефан, Н. В. Гнатейко, В. М. Федоров. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 143 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27558>
4. Теоретична механіка – 3 [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів механіко-машинобудівного інституту напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» всіх форм навчання / НТУУ «КПІ»; уклад. Т. М. Мажаровська, В. Ф. Кришталь, О. М. Алексейчук, О. А. Бабаєв. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,92 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 30 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/17666>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст навчального заняття	Кількість годин			
		Лекц.	Практ.	СРС	Разом
Розділ 1. Динаміка матеріальної точки					
1.1. Динаміка вільної та невільної матеріальної точки.	Вступ. Закони Ньютона. Диференціальні рівняння руху матеріальної точки. Дві основні задачі динаміки МТ. Пряма/Обернена задача динаміки МТ. Динамічне рівняння руху невільної матеріальної точки.	4	4	4	12
1.2. Прямолінійні коливання матеріальної точки	Класифікація коливань. Вільні коливання матеріальної точки без/з урахуванням сили опору. Період та амплітуда вільних коливань. Вимушені коливання без/з врахуванням сил опору. Явище биття.	8	7	12	27
1.3 Диференціальні рівняння руху невільної матеріальної точки	Диференціальні рівняння руху невільної матеріальної точки. Типи в'язей та їх реакції. Принцип Даламбера. Сили інерції. Метод кінетостатички.	2	2	2	6
Модульна контрольна робота. Частина 1.	Прямолінійні коливання матеріальної точки		1	2	3
Всього за розділом 1		14	14	20	48
Розділ 2. Динаміка системи матеріальних точок					
2.1. Теорема про рух центра мас, зміну кількості руху та моменту кількості руху системи точок.	Динаміка механічної системи. Міри механічного руху. Теорема про рух центра мас системи. Теорема про зміну кількості руху у диференціальній/інтегральній формі. Теорема про зміну кінетичного моменту в диференціальній/інтегральній формі	8	8	10	26
2.2. Теорема про зміну кінетичної енергії	Кінетична енергія. Робота сили/пари сил. Теорема про зміну кінетичної енергії системи матеріальних точок	4	3	8	15
РГР за темою 2.2	Теорема про зміну кінетичної			10	10

	енергії				
Модульна контрольна робота. Частина 2.	Теорема про рух центра мас системи. Теорема про зміну кінетичного моменту.		1	2	3
Всього за розділом 2		12	12	30	54
Розділ 3. Елементи аналітичної механіки					
3.1. Диференціальні принципи механіки	Принцип д'Аламбера для системи точок. Головний вектор та головний момент сил інерції системи матеріальних точок. Метод кінетостатики. Дійсні та можливі переміщення. Ідеальна в'язь. Принцип можливих переміщень. Основне рівняння статичної/динаміки	6	6	10	22
3.2. Рівняння руху механічних систем в узагальнених координатах	Узагальнені координати. Узагальнені сили. Узагальнені умови рівноваги. Рівняння Лагранжа II-го роду.	4	3	6	13
Модульна контрольна робота. Частина 3.	Рівняння Лагранжа II-го роду.		1	2	3
Всього за розділом 3		10	10	18	38
Екзамен				10	10
Всього		36	36	78	150

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання СРС)
1	Розділ 1. Динаміка матеріальної точки Тема 1.1. Динаміка вільної матеріальної точки Лекція 1. Динаміка матеріальної точки. Поняття про масу. Другий закон Ньютона. Закон незалежності дії сил. Основний закон динаміки. Векторний, координатний та натуральний способи складання диференціальних рівнянь руху вільної матеріальної точки. Література: [1], с.172-178, [11], с. 51-55. Завдання на СРС: динамічні рівняння руху точки в проекціях на осі полярної системи координат. Література: [1], с.178-179.
2	Лекція 12. Основні задачі динаміки точки. Перша (пряма) і друга (обернена) задачі динаміки точки. Методика розв'язування цих задач. Література: [1], с.179-180, [6], с. 55-59. Завдання на СРС: Приклади 1-3. Література: [1], с.180-182.
3	Тема 1.2. Прямолінійні коливання матеріальної точки Лекція 3. Вільні коливання точки. Положення статичної рівноваги. Відновлювана сила.

	Література: [11], с. 72-76. Завдання на СРС: Власні коливання механічної системи з одним степенем вільності. Література: [1], с.416-419.
4	Лекція 4. Згасаючі коливання. Аперіодичний та коливальний рухи точки. Вільні коливання матеріальної точки з урахуванням сили опору, що лінійно залежить від швидкості. Література: [11], с.76-80. Завдання на СРС: Вплив сили опору, що лінійно залежить від швидкості, на коливання механічної системи з одним степенем вільності. Література: [1], с.416-419.
5	Лекція 5. Згасаючі коливання. Амплітуда, частота та період періодичних та згасаючих коливань. Декремент коливань. Вимушені коливання без врахування сил опору. Збурювальні сили. Амплітуда, частота та період вимушених коливань. Явище биття. Явище резонансу. Література: [6], с.80-87, [1], с. 419-423. Завдання на СРС: Логарифмічний декремент згасаючих коливань. Література: [1], с.420.
6	Лекція 6. Вимушені коливання з урахуванням сил опору. Безрозмірні частота коливань, коефіцієнт демпфування. Амплітудно- і фазовочастотні характеристики. Зсув фаз. Коефіцієнт динамічності. Література: [11], с.87-94, [1], с. 423-427. Завдання на СРС: Основи вітрозахисту і віброізоляції. Література: [1], с. 427-429.
7	Тема 1.3. Диференціальні рівняння руху невільної матеріальної точки Лекція 7. Диференціальні рівняння руху невільної матеріальної точки. Типи в'язей та їх реакції. Принцип Даламбера. Сили інерції. Література: [6], с. 60-71. Завдання на СРС: Метод кінетостатики. Література: [1], с.264-278, розібрати приклад 1 на с.268-269.
8	Розділ 2. Загальні теореми динаміки. Тема 2.1. Лекція 8. Основні поняття динаміки системи матеріальних точок. Сили, їх класифікація і властивості. Міри механічного руху. <u>Теорема про рух центра мас системи</u> . Закон збереження центра мас системи матеріальних точок. <u>Моменти інерції механічної системи</u> . Математичне обчислення моментів інерції тіл. <u>Теорема Гюйгенса-Штейнера</u> . Обчислення моментів інерції деяких тіл найпростішої форми (стержень, циліндр). Література: [1], с.219-223, 202-212, [2], с.428-432, 477-488, [5], с. 6-8. Завдання на СРС: Момент інерції кулі. Література: [1] с. 210.
9	Лекція 9. <u>Кількість руху матеріальної точки та механічної системи</u> . Теореми про зміну кількості руху. Теорема імпульсів. Закон збереження кількості руху. Література: [1] с.223-226, [2] с.466-475, 488-494, 502-504. Завдання на СРС: Теорема Ейлера про рух рідини. Література: [1] с.226-227, [2] с.507-509.
10.	Лекція 10. <u>Момент кількості руху матеріальної точки та кінетичний момент</u> . Теореми про зміну кількості руху і кінетичного моменту. Закони збереження Література: [1] с.223-226, [2] с.466-475, 488-494, 502-504. Завдання на СРС: Теорема Резаля. Література: [1] с.226-227, [2] с.507-509.
11.	Лекція 11. Диференціальне рівняння обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі. <u>Диференціальні рівняння плоскопаралельного руху твердого тіла</u> . Література: [1] с.230-231, 276-284, 289-290, [2] с.567-571. Завдання на СРС: фізичний маятник, експериментальне визначення момен-

	<i>тів інерції твердих тіл. Література: [1], с.284-289.</i>
12	<i>Тема 2.2. Лекція 12. <u>Кінетична енергія матеріальної точки, твердого тіла та механічної системи</u>. Теорема Кеніга. Кінетична енергія твердого тіла. . <u>Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки</u>. Робота сили, що прикладена до матеріальної точки. Обчислення роботи в деяких окремих випадках руху точки.</i> <i>Література: [1], с.240-255, [2] с.517-543.</i> <i>Завдання на СРС: Співвідношення між основними динамічними величинами. Приклад 4. Література: [1], с.242-248, 252-253.</i>
13	<i>Лекція 13. <u>Теорема про зміну кінетичної енергії механічної системи</u>. Повна механічна енергія механічної системи і закон її збереження. _Робота сил, які діють на механічну систему. Обчислення роботи в деяких окремих випадках руху твердого тіла.</i> <i>Література: [1], с.240-255, [2] с.517-543.</i> <i>Завдання на СРС: Приклад 4. Робота зовнішніх сил, що прикладені до твердого тіла. Література: [1], с.242-248, 252-253.</i>
14	<u>Розділ 3. Елементи аналітичної механіки</u> <i>Тема 3.1. Лекція 14. Метод кінетостатики. Принцип Д'Аламбера для матеріальної точки, для системи матеріальних точок. Обчислення головного вектора і головного моменту сил інерції для твердого тіла.</i> <i>Література: [1] с.264-266, 268-271, [2] с.612-628, [6] с.64-70.</i> <i>Завдання на СРС: Умова незбурюваності математичного маятника. Література: [1], с.267.</i>
15	<i>Лекція 15. <u>Диференціальні принципи механіки</u>. Основні положення. Дійсні й можливі переміщення. Теорема про ідеальні в'язі. Можлива робота. <u>Принцип можливих переміщень</u>. Загальне рівняння статички. Умови рівноваги вільного і невільного твердого тіла.</i> <i>Література: [1], с.333-339, [2] с.632-642.</i> <i>Завдання на СРС: Приклад 1, 2. Література: [1], с.339-340.</i>
16	<i>Лекція 16. <u>Принцип Д'Аламбера-Лагранжа</u>. Загальне рівняння динаміки. Рівняння руху твердих тіл як наслідки загального рівняння динаміки. Література: [1], с.340-342, [2] с.654-659.</i> <i>Завдання на СРС: Приклад 3 с.341-342.</i>
17	<i>Тема 3.2. Лекція 17. <u>Умови рівноваги і руху механічної системи в узагальнених координатах</u>. Узагальнені координати, узагальнені швидкості, узагальнені сили та способи їх обчислення. <u>Рівняння Лагранжа другого роду</u>. Тотожності Лагранжа. Виведення рівнянь Лагранжа другого роду.</i> <i>Література: [1], с. 343-349, 353-355, [2] с.660-672.</i> <i>Завдання на СРС: методика застосування рівнянь Лагранжа II роду, розібрати приклад 4. Література: [1], с.349.</i>
18	<i><u>Рівняння Лагранжа другого роду для консервативних систем. Застосування</u></i>

	рівнянь на прикладі дослідження руху механічної системи з двома степенями вільності. Література: [1], с. 343-349, 353-355, [2] с.660-672. Завдання на СРС: методика застосування рівнянь Лагранжа II роду. Література: [1], с.349.
--	---

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання СРС)
1	Розділ 1. Динаміка матеріальної точки Тема 1.1. Динаміка вільної матеріальної точки Практичне заняття 1. <u>Диференціальні рівняння руху вільної матеріальної точки.</u> Динамічні рівняння руху точки у векторній, координатній і натуральній формах. Пряма задача динаміки точки. Література: [7], с.5-14; [13], с.173-188; [3], № 11.1-11.4,11.6 на с.185. Завдання на СРС: розв'язати задачі. Література: [3], № 11.4 на с.185.
2	Практичне заняття 2. <u>Диференціальні рівняння руху вільної матеріальної точки.</u> Динамічні рівняння руху точки у векторній, координатній і натуральній формах. Обернена задача динаміки точки. Література: [13], с.173-188; [3], № 11.7-11.11 на с.185. Завдання на СРС: розв'язати задачі. Література: [3], № 11.5 на с.185.
3	Тема 2.2. Прямолінійні коливання матеріальної точки Практичні заняття 3. <u>Вільні коливання матеріальної точки.</u> Розв'язок диференціальних рівнянь руху точки з урахуванням початкових та граничних умов. Література: [3], с.186-202, [13], с.188-191. Завдання на СРС: розв'язати задачі для самостійного розв'язування.
4	Практичні заняття 4. <u>Згасаючі коливання вільної матеріальної точки.</u> Розв'язок диференціальних рівнянь руху точки з урахуванням початкових та граничних умов. Визначення умов, за яких можливе виникнення згасаючих коливань точки. Література: [3], с.186-202, [13], с.192-197. Завдання на СРС: розв'язати задачі для самостійного розв'язування.
5	Практичне заняття 5. <u>Змушені коливання матеріальної точки.</u> Розв'язок диференціальних рівнянь руху точки з урахуванням початкових та граничних умов, а також резонансу або биття. Література: [3], с.186-202, [13], с.197-202. Завдання на СРС: розв'язати задачі для самостійного розв'язування
6	Практичне заняття 6. <u>Змушені коливання матеріальної точки з урахуванням сили опору</u> Розв'язок диференціальних рівнянь руху точки з урахуванням початкових та граничних умов при наявності сили опору. Література: [3], с.186-202, [13], с.197-202. Завдання на СРС: розв'язати задачі для самостійного розв'язування
7	Тема 1.3. Диференціальні рівняння руху невільної матеріальної точки Практичне заняття 7. <u>Динаміка невільної точки.</u> Принцип Даламбера для матеріальної точки. <u>Метод кінетостатики.</u> Література: [9], с.25-32; [3], с.272-274, [4], № 11.13,11.14 на с.186, № 13.1-13.7,13.16-13.23 на с.256-257,264-265.

	Завдання на СРС: розв'язати задачі для самостійного розв'язування і з підручника. Література: [4], № 13.9, 13.15 на с.258, 263;
8	Розділ 2. Динаміка системи матеріальних точок Тема 2.1. Практичне заняття 8. <u>Теорема про рух центра мас механічної системи.</u> Центр мас механічної системи. Закон збереження центра мас. Література: [3] с.211-214, приклади 12.8-12.10, [8] с.8-12, приклади 1.1 – 1.2. Завдання на СРС: задачі для самостійного розв'язування: [3] с.214-216, № 12.12, 12.13, 12.15.
9	Практичне заняття 9. <u>Теорема про зміну кількості руху точки і системи.</u> Кількість руху точки та механічної системи. Теорема імпульсів. Закони збереження. Література: [3] с.203-209, приклади 12.1, 12.5, [8], с.12-14, приклади 1.3, 1.4. Завдання на СРС: задачі для самостійного розв'язування: [3] с.209-210, № 12.1, 12.6, 12.9.
10	Практичне заняття 10. <u>Теорема про зміну моменту кількості руху точки.</u> Момент кількості руху матеріальної точки. Теорема та закони збереження. Визначення кінетичного моменту системи матеріальних точок. Література: [3] с.236-242, приклад 12.19, 12.20, 12.23 [8], с.15-16, 18-20 приклади 2.1, 2.3. Завдання на СРС: задачі для самостійного розв'язування: [3] с.243-245, № 12.36, 12.37.
11	Практичне заняття 11. <u>Теорема про зміну моменту кількості руху механічної системи.</u> Кінетичний момент системи. Теорема та закони збереження. Динаміка плоскопаралельного руху твердого тіла. Складання та розв'язування диференціальних рівнянь руху. Література: [3] с.239, 241-242, с.295-305, приклади 12.21, 12.24, задачі 12.34, 12.38, приклади 15.6, 15.7, 15.9. [8], с.17, приклад 2.2, с.20-24, приклад 3.1, 3.2. Завдання на СРС: задачі для самостійного розв'язування: [3] с.244, № 12.39, 12.40.
12	Тема 2.2. Практичне заняття 12. <u>Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки.</u> Робота сил. Кінетична енергія твердого тіла та механічної системи. Література: [3] с.220-222, приклади 12.15, 12.18, [8], с.24-32, приклад 4.1, 4.2. Завдання на СРС: задачі для самостійного розв'язування: [3] с.229, № 12.27.
13	Практичне заняття 13. <u>Теорема про зміну кінетичної енергії механічної системи.</u> Робота сил. Кінетична енергія твердого тіла та механічної системи. Теорема про зміну кінетичної енергії механічної системи. Література: [3] с.223-230, приклади 12.16, 12.17, задачі 12.24, 12.26, 12.30. [8], с.33-39, приклад 3.3, 3.4. Завдання на СРС: РГР, [7] с.43-51.
14	Розділ 3. Елементи аналітичної механіки Тема 3.1. Практичне заняття 14. Метод кінетостатики. Застосування принципу Д'Аламбера для системи матеріальних точок. Обчислення головного вектора і головного моменту сил інерції для твердого тіла. Динамічні реакції твердого тіла в обертальному русі навколо нерухомої осі. Література: [3] с.259-265, приклади 13.4, 13.5, задачі 13.17, 13.21. [7] с.27-32, приклад 3.1. Завдання на СРС: [3] с.253-259, задачі 13.20, 13.22, 13.23.

15	Практичне заняття 15. <u>Принцип можливих переміщень</u>. Загальне рівняння статистики. Застосування принципу можливих переміщень для визначення реакцій в'язей. Література: [3] с.320-324, 324-327, приклади 17.5, 17.6, задачі 17.10, 17.11. [7] с.54-59, приклад 6. Завдання на СРС: [3] с.326-327, задачі 17.12, 17.13, 17.14.
16	Практичне заняття 16. <u>Принцип Даламбера-Лагранжа</u>. Загальне рівняння динаміки. Застосування загального рівняння динаміки на прикладі дослідження руху механічної системи з двома степенями вільності. Література: [3] с.333-336,340, приклад 17.9, задачі 17.24. Завдання на СРС: [3] с.340, задачі 17.25.
17	Тема 3.2. Практичне заняття 17. <u>Рівняння Лагранжа II роду</u>. Отримання рівнянь руху системи тіл з використанням рівнянь Лагранжа другого роду. Література: [3] с.341-362, приклади 18.1, 18.4, задачі 18.1, 18.4, 18.5, 18.11 [8] с.53-61, приклад 7.1, 7.2. Завдання на СРС: [3] с.358-360, задачі 18.6, 18.9, 18.14.
18	Практичне заняття 18. <u>Рівняння Лагранжа II роду</u>. Застосування рівнянь на прикладі дослідження руху механічної системи з двома степенями вільності. Література: [3] с.349-354, приклади 18.5, 18.6, [7] с.61-69, приклад 7.3. Завдання на СРС: [3] с.362, задача 18.18.

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації зі студентами та засвоєння ними теоретичного матеріалу використовується WhatsApp, 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 [1-2], [4-6].

Також передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) з використанням методичних рекомендацій [7] для закріплення набутих теоретичних знань. Зазначена РГР має бути оформлена на аркушах формату А4 з рамкою і підшита у вигляді звіту, на сторінках якого представлено розв'язок завдання з аналізом отриманих результатів. Тема РГР: "Застосування теореми про зміну кінетичної енергії до дослідження руху механічної системи".

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. Разом з тим студентам бажано відвідувати усі заняття, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал та розвиваються навички, необхідні, зокрема, для виконання РГР та підготовки до заліку.

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 стартової шкали, тобто $60 \times 0,1 = +6$ балів.

Штрафні бали можуть бути нараховані за порушення термінів виконання індивідуального завдання РГР та систематичний пропуск занять без поважної причини. Кількість штрафних балів не може перевищувати 10% від стартової шкали, тобто $60 \times 0,1 = -6$ балів.

Пропущені заняття

Пропущені заняття мають бути відпрацьовані самостійно з використанням наявних навчальних матеріалів, а за необхідності – з консультацією викладача. Пропущені контрольні заходи мають бути пройдені під час консультацій напередодні екзамену.

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» не передбачає її вивчення іноземною 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» 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 індивідуального завдання РГР	15	15	1	15
2	Відповіді на практичних заняттях	5	1	5	5
3	Тестування	10	5	2	10
4	Модульна контрольна робота	30	10	3	30
5	Екзамен	40	40	1	40
				Разом	100

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (Кампус поточний контроль або e-mail).

Поточний контроль передбачає відповіді на практичних заняттях, МКР, РГР, тестування

№ з/п	Розрахунково-графічна робота	%	Бал
1	Повністю виконане завдання з аналізом отриманого результату	90...100	14...15
2	Повністю виконане завдання із деякими зауваженнями до методики розв'язання	75...89	12...13
3	Завдання виконано, однак є суттєві помилки у методі розв'язання чи є зауваження до обраного підходу	65...74	10...11
4	Завдання виконано, однак містить принципові помилки у розв'язанні	60...64	8...9
5	Завдання не виконано	0	0
Максимальна кількість балів			15

Модульна контрольна робота (МКР) може проводитись у три підходи, наприкінці вивчення відповідної теми. Мета контрольної роботи – перевірка вміння застосовувати набуті теоретичні та практичні знання для дослідження динаміки матеріальної точки та системи. Тривалість МКР – дві академічні години (одне практичне заняття) і проводиться з наступних тем:

1. Тема 1.2. Вільні і вимушені коливання матеріальної точки.
2. Тема 2.1. Теореми про рух центра мас, зміну кількості руху та моменту кількості руху системи точок.
3. Тема 3.2. Рівняння руху механічних систем в узагальнених координатах.

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Бал
1	Повністю виконане завдання з аналізом отриманого результату	90...100	9...10
2	Повністю виконане завдання із деякими зауваженнями до методики розв'язання	75...89	7,5...8,5
3	Завдання виконано, однак є суттєві помилки у методі розв'язання чи є зауваження до обраного підходу	65...74	6,5...7
4	Завдання виконано, однак містить принципові помилки у розв'язанні	60...64	6
5	Завдання не виконано	0	0
Максимальна кількість балів			10

Також впродовж вивчення дисципліни передбачено два тестування тривалістю 15 хвилин кожне. Зазначені тестування проводяться на практичному занятті наприкінці вивчення тем і мають на меті перевірку рівня оволодіння студентами пройденого матеріалу. Кожен тест містить по 10 завдань різного типу:

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

За правильну відповідь на питання студент отримує 0,5 бали, таким чином максимально можливий бал за кожен тест складає 5 балів.

№ з/п	Оцінювання відповіді на заняттях	Бал
1	Правильна в цілому відповідь	1
2	Відповідь з істотними недоліками	0,5
3	Відповідь з принциповими помилками	0

Календарний рубіжний контроль.

В семестрі дві проміжні атестації студентів (далі – атестація). Метою проведення атестації є моніторинг виконання графіка освітнього процесу. Перша атестація проводиться на 8-му тижні навчання, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 8 балів. Друга атестація проводиться на 14-му тижні, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 25 балів.

Семестровий контроль: екзамен

Обов'язкова умова допуску до екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 36$
2	Виконання РГР	Зараховано викладачем
3	Виконання МКР	Зараховано викладачем

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Поточний рейтинг $RD \geq 36$;
2. Зарахована РГР та зараховано 75 % задач МКР;
3. Відвідування лекційних та практичних занять на 60 %.

Студенти, які мають стартовий рейтинг менший за 36 балів, до екзамену не допускаються і повинні підвищити свій рейтинг до 36 балів шляхом написання додаткової контрольної роботи (до 10 балів), або відповідаючи усно на запропоновані запитання. Пропонуються наступні критерії екзаменаційного оцінювання:

№ з/п	Критерії оцінювання екзаменаційної роботи	%	Бал
1	Повна, вичерпна відповідь з необхідним обґрунтуванням/доведенням на теоретичні питання; повне і детальне розв'язання задач, вміння узагальнювати отримані результати. (не менше 95% потрібної інформації)	95...100	38...40
2	Логічно обґрунтована і завершена відповідь на теоретичні запитання з несуттєвими помилками в доведеннях; впевнене володіння методами розв'язання задач. (не менше 85% потрібної інформації)	85...94	34...37
3	Обґрунтована і послідовна відповідь на теоретичні	75...84	30...33

	питання з деякими помилками в доведеннях; при розв'язанні задач припускаються невеликі помилки. (не менше 75% потрібної інформації)		
4	Неповна відповідь на теоретичні запитання із суттєвими помилками; при розв'язуванні задач допущені суттєві помилки, однак підхід до розв'язання здійснений методично вірно (не менше 65% потрібної інформації)	65...74	26...29
3	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60...64	24...25
4	Відсутність відповіді, або відповідь надається на рівні означень та кінцевих формул; розв'язання задач фрагментарне, непослідовне, із принциповими помилками; відмова відповідати за білетом	0	0
Максимальна кількість балів			40

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою¹:

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

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_HON-228

Додаткова інформація стосовно семестрового контролю

На екзамені студентам дозволяється впродовж короткого проміжку часу користуватись власним конспектом лекцій та учбово-методичним забезпеченням з практичних занять.

9. Додаткова інформація з дисципліни

Орієнтовний перелік теоретичних питань, що виносяться на залікову контрольну роботу, наведений нижче:

1. Сформулювати закони Ньютона та закон незалежності дії сил. Дати означення: інерціальної СК, маси тіла, кількості руху точки.

2. Вивести диференціальні рівняння руху матеріальної точки у векторній, координатній та натуральній формі (формі Ейлера).
3. Сформулювати зміст першої та другої задачі динаміки точки. Визначення інтегралів рівнянь руху точки. Знаходження сталих інтегрування, початкові умови.
4. Вивести диференціальне рівняння вільних коливань точки без урахування сил опору. Вказати його розв'язок. Визначити сталі інтегрування. Дати означення амплітуди, колової частоти та періоду коливань.
5. Вивести диференціальне рівняння вільних коливань з урахуванням сили опору. Вказати його розв'язок у випадку великого опору. Визначити сталі інтегрування.
6. Вивести диференціальне рівняння вільних коливань з урахуванням сил опору. Вказати його розв'язок у випадку кратних коренів характеристичного рівняння. Визначити сталі інтегрування.
7. Вивести диференціальне рівняння вільних коливань з урахуванням сил опору. Вказати його розв'язок у випадку малого опору. Визначити сталі інтегрування.
8. Вивести диференціальне рівняння змушених коливань без урахування сили опору. Знайти загальний розв'язок у нерезонансному випадку з урахуванням початкових умов та зробити аналіз його складових.
9. Вивести диференціальне рівняння змушених коливань без урахування сили опору. Знайти загальний розв'язок у нерезонансному випадку для нульових початкових умов та пояснити явище биття.
10. Вивести диференціальне рівняння змушених коливань без урахування сили опору. Визначити його розв'язок у резонансному випадку та пояснити явище резонансу.
11. Вивести диференціальне рівняння змушених коливань з урахуванням сили опору. Вказати його загальний розв'язок та знайти коефіцієнти частинного розв'язку
12. Моменти інерції механічної системи. Математичне обчислення моментів інерції тіл.
13. Момент інерції стержня.
14. Момент інерції циліндра.
15. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
16. Центр мас системи матеріальних точок.
17. Теорема про рух центра мас механічної системи.
18. Кількість руху і теорема про зміну кількості руху системи матеріальних точок.
19. Момент кількості руху і теорема про зміну кінетичного моменту точки.
20. Теорема про зміну кінетичного моменту системи матеріальних точок.
21. Кінетичний момент твердого тіла відносно нерухомої осі обертання.
22. Диференціальне рівняння обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі.
23. Диференціальні рівняння плоскопаралельного руху твердого тіла.
24. Кінетична енергія матеріальної точки, системи матеріальних точок і твердого тіла.
25. Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки.
26. Теорема про зміну кінетичної енергії системи.

- 27.Робота сили, що прикладена до матеріальної точки.
- 28.Робота сил, які діють на механічну систему.
- 29.Обчислення роботи в деяких окремих випадках руху твердого тіла.
- 30.Принцип Д'Аламбера для матеріальної точки, для системи матеріальних точок.
- 31.Обчислення головного вектора і головного моменту сил інерції для твердого тіла
- 32.Дійсні й можливі переміщення. Теорема про ідеальні в'язі. Можлива робота.
- 33.Принцип можливих переміщень. Загальне рівняння статички.
- 34.Умови рівноваги вільного і невільного твердого тіла.
- 35.Принцип Д'Аламбера-Лагранжа. Загальне рівняння динаміки.
- 36.Узагальнені координати, узагальнені швидкості, узагальнені сили та способи їх обчислення.
- 37.Рівняння Лагранжа другого роду. Тотожності Лагранжа. Виведення рівнянь Лагранжа другого роду.
- 38.Рівняння Лагранжа другого роду для консервативних систем.

Додаток

<i>Міністерство освіти і науки України</i> <i>Національний технічний університет України</i> <i>«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»</i> <i>Кафедра_____.</i> РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА <i>з Теоретичної механіки</i> <i>Виконав: ст. гр. НЗ-41</i> <i>Петренко М.</i> <i>Перевірів:</i> <i>ст. викл. Губська В. В.</i> <i>Київ 2025</i>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено канд. фіз.-мат. наук, старший викладач Губська Вікторія Володимирівна

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол №15 від 26.06.25 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)