



ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА – 3. Динаміка.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший бакалаврський (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин, Технологія машинобудування</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>105 годин (4 кредити)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>36 годин – лекції; 36 годин – практичні; 33 години – СРС</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>докт. фіз.-мат. наук, професор, Янчевський Ігор Владиславович, i.yanchevskyi@kpi.ua</i>
Профіль викладача	<i>http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/251-янчевський-ігор-владиславович.html</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjYyNzUzNTY1MzQ3?cjc=zliff66</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка – 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 – 1. Статика» та «Теоретична механіка – 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 – 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 – 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.

Програмні результати навчання

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Теоретична механіка-3» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- загальні теореми динаміки;
- загальне рівняння статички/динаміки;
- рівняння руху механічних систем в узагальнених координатах;
- елементарна теорія удару;
- наближена теорія гіроскопів.

Уміння:

- розв'язувати класичні задачі динаміки механічних систем;
- застосовувати загальне рівняння статички/динаміки;
- складати диференціальні рівняння руху твердого тіла та механічних систем з двома ступенями свободи.

Фахові компетентності:

- здатність до аналізу механічних систем;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями;
- здатність приймати обґрунтовані рішення.

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 «Математика», «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 коливальних, 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», «Гідравліка».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 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.

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

Тема 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. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.

2. Векерик В.І., Ільчишина Д.І., та ін. Теоретична механіка: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 459 с.

3. Лобас Л.Г., Лобас Людм. Г. Теоретична механіка: Підручник для ст. вищ. техн. навч. закладів. – К.: ДЕТУТ, 2008. – 406 с.

4. Березова О. А., Друшляк Г. Ю., Солодовников Р. В. Теоретична механіка. – К.: ІЗМН, 1998. – 408 с.

Додаткова література:

1. Теоретична механіка: збірник задач: навч. посібник для студ. вищих навч. закл./ за ред. М. А. Павловського. – К.: Техніка, 2007. – 400 с.

2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие для техн. вузов / Под ред. А.А. Яблонского. – М.: Интеграл-Пресс, 2000. – 384 с.

3. Сборник коротких задач по теоретической механике: Учеб. пособие для втузов/ под ред. Кепе О. Э. – М.: Высшая школа, 1989. – 368 с.

4. Мещерский И. В. Задачи по теоретической механике: Учеб. пособие. – С.-Пб.: Лань, 2002. – 448 с.

5. Попов А. И. Механика. Решение творческих профессиональных задач: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007: Ч. 1. – 108 с.; Ч. 2. – 80 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст навчального заняття	Кількість годин			
		Лекц.	Практ.	СРС	Разом
Тема 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 системи матеріальних точок	4	4	3	11	
1.5. Динаміка поступального руху тіла змінної маси.	Рівняння Мещерського. Задача Ціолковського.	2	2	1	5	
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	1	5	
2.2. Принцип Лагранжа	Дійсні та можливі переміщення. Ідеальна в'язь. Принцип можливих переміщень	2	2	1	5	
2.3. Принцип д'Аламбера-Лагранжа	Основні положення. Приклади.	2	2	1	5	
2.4. Рівняння Лагранжа II-го роду	Узагальнені координати. Узагальнені сили. Узагальнені умови рівноваги. Рівняння Лагранжа II-го роду.	4	4	3	11	
Тема 3. Післямова						
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	1	5	
3.2. Коливання механічної системи з двома ступенями свободи	Система диференціальних рівнянь руху. Теорема Релея. Приклади.	4	2	2	8	
3.3. Елементарна теорія гіроскопу.	Властивості гіроскопів. Гіроскопічний момент. Модифіковані рівняння Ейлера. Умови незбурюваності.	2	2	1	5	
3.4. Потенціальне силове поле	Потенціальне силове поле. Рівняння Лагранжа II-го роду для консервативної/дисипативної системи точок. Функція Релея	2		1	3	
Модульна контрольна робота				2	4	6
Диф. залік				2	6	8
Разом		36	36	33	105	

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] та виконання з врахуванням рекомендацій викладача домашніх завдань для закріплення набутих знань. Зазначені завдання мають бути оформлені у вигляді звіту/пояснювальної записки (в електронному вигляді) з наведенням основних результатів та їх аналізом.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них не оцінюється, але фіксується в Кампусі. Оцінюється студент на практичних заняттях за точні і правильні відповіді на поставлені питання. Студентам необхідно відвідувати всі заняття, оскільки на них викладається теоретичний/практичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання контрольних робіт, семестрового індивідуального завдання, тощо.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні/штрафні бали

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну його виконання без поважних причин, зараховується, але при виставленні остаточної оцінки враховуються штрафні бали.

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Некласичний/оригінальний підхід до розв'язання індивідуального завдання	+10%...+30% від макс. балу за завдання	Порушення термінів виконання індивідуального завдання	-20%...-50% від макс. балу за завдання
Відмінний, повний конспект лекцій за умови присутності на усіх лекційних заняттях	+5	Відсутність конспекту, систематична відсутність на заняттях	-5
Розв'язання задач на студентській олімпіаді з теоретичної механіки	+5		

Пропущені заняття

Пропущені заняття мають бути відпрацьовані з використанням наявних навчальних матеріалів, а за необхідності – з консультацією викладача. Звітністю з відпрацювання заняття вважається конспект з даною лекцією/практичним заняттям. Пропущені контрольні заходи мають бути пройдені під час консультацій.

Пропущені контрольні заходи

Контрольні заходи можуть бути проведені під час консультацій.

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 – 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 – 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	Відповіді на практичних заняттях	24	6	4	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: чотири індивідуальних завдання

№ 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

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:залік

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

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Мінімальна позитивна оцінка за індивідуальні завдання;
2. Виконання РГР та МКР
3. Позитивний результат першої та другої атестацій;
4. Відвідування не менше 60% лекційних та практичних занять.

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

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

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.

Додаткова інформація стосовно семестрового контролю

На заліку 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 (МТ) та механічної системи (системи МТ). 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 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.
5. Кінетична енергія точки, к.е. ТТ при просторову русі, теорема Кеніга. Співвідношення між T , Q і K . Формули для обчислення к.е. ТТ 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.

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.

8. Принцип д'Аламбера для МТ, для механічної системи (системи МТ). Приклади застосування.
9. Предмет аналітичної механіки. Основні поняття. Класифікація в'язей. Дійсні і можливі переміщення МТ. Число ступенів свободи системи.
10. Загальне рівняння статички/динаміки.
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.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. каф. динаміки і міцності машин та опору матеріалів,
докт. фіз.-мат. наук, професор Ігор ЯНЧЕВСЬКИЙ

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № від / /2021 р.)

Погоджено Методичною комісією механіко-машинобудівного інституту (протокол № від / /2021 р.³)

³ Шаблон Силабусу погоджено Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського.