

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ІМ. С. П. ТИМОШЕНКА

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка НАН України
академік НАН України



Володимир НАЗАРЕНКО
запис 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Поглиблений курс теоретичної механіки

для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти
«доктора філософії»

галузь знань
спеціальність
вид дисципліни

11 Математика та статистика
113 «Прикладна математика»
обов'язкова

КИЇВ – 2022

Розробники:

Завідувач відділу стійкості процесів

д-р фіз.-мат. наук, акад. НАН України Анатолій Мартинюк Анатолій Мартинюк

Робочу програму узгоджено науково-методичною радою

Протокол від 3 травня 2022 р. № 8
Голова науково-методичної ради С.

**Робочу програму затверджено Вченою радою Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка НАН України**

Протокол від 10 травня 2022 року № 4
Голова Вченої ради В.Назаренко Володимир НАЗАРЕНКО

**Робочу програму узгоджено з гарантом освітньо-наукової програми
(керівником програми) 113 «Прикладна математика» 3 травня 2022 р.**

Гарант освітньо-наукової програми В.Назаренко Володимир НАЗАРЕНКО

Пролонговано Вченою радою Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка:

Навчальні роки пролонгації	Голова Вченої ради Імех НАНУ	Підпис	№ протоколу	Дата протоколу
20__/20__				
20__/20__				
20__/20__				
20__/20__				

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Вид дисципліни	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Загальний обсяг кредитів / годин	6/180
Курс	2
Семестр	3-4
Кількість змістових модулів з розподілом	2
Кількість кредитів	6
Обсяг академічних годин, в тому числі	180
Лекції	36
Практичні заняття	24
Самостійна робота	120
Форма підсумкового контролю	залік, екзамен

2. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Робоча програма навчальної дисципліни «Поглиблений курс теоретичної механіки» є нормативним документом, який розроблено на основі освітньо-наукової програми, далі ОНП, (затверджена Вченуою радою Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, протокол № 5 від «27» грудня 2017 року) підготовки здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти відповідно до навчального плану спеціальності 113 «Прикладна математика».

Навчальна дисципліна «Поглиблений курс теоретичної механіки» є складовою циклу професійної підготовки фахівців третього освітньо-наукового рівня “доктор філософії”.

Передумова вивчення. Програма курсу орієнтована на аспірантів, які вже знайомі з дисциплінами професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема з загальним курсом теорії диференціальних рівнянь, математичної фізики, теорії коливань. Вони повинні володіти методами обчислювальної математики та методами математичного моделювання систем та процесів.

Метою навчальної дисципліни «Поглиблений курс теоретичної механіки» є набуття знань та вмінь розв’язання комплексних проблем в галузі теоретичної механіки шляхом здобуття ними компетентностей, необхідних для виконання *самостійних* та оригінальних *наукових досліджень*, результати яких мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Головними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Поглиблений курс теоретичної механіки» є формування знань, практичних навичок та компетентностей, потрібних для проведення самостійних кваліфікованих наукових досліджень:

- Загальні компетентності: ЗК1 – ЗК6 (відповідно до переліку загальних компетентностей ОНП).
- Спеціальні (фахові) компетентності: СК1 – СК7 (відповідно до переліку спеціальних компетентностей ОНП).
- Загальні програмні результати навчання: ПРН1 – ПРН7, ПРН9, ПРН11 (відповідно до переліку програмних результатів навчання ОНП).

Програмні результати навчання за дисципліною (вимоги до знань та вмінь):

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен *знати*:

- основні концепції, наукові школи та праці провідних вітчизняних і зарубіжних науковців у сфері теоретичної механіки;
- закони та рівняння, які описують поведінку голономних та неголономних механічних систем;
- диференціальні та інтегральні варіаційні принципи механіки;
- основні теореми та закони динаміки та статики;

вміти:

- складати рівняння руху механічної системи на основі диференціальних рівнянь аналітичної динаміки;
- інтегрувати рівняння руху механічної системи за допомогою основних методів інтегрування рівнянь динаміки;
- досліджувати динаміку та статику твердого тіла.

3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1. Основи теоретичної механіки

Тема 1. Кінематика точки та системи. Основні поняття, задачі кінематики. Кінематика точки. Загальні принципи кінематики системи. Кінематика твердого тіла. Складний рух точки. Складний рух твердого тіла.

Тема 2. Основні поняття і аксіоми динаміки. Закони Ньютона. Задачі динаміки. Головний вектор і головний момент системи сил. Робота, силова функція, ідеальні в'язі.

Тема 3. Диференціальні варіаційні принципи механіки. Принцип Даламбера-Лагранжа. Принцип Журдена. Принцип Гауса.

Тема 4. Статика. Загальне рівняння статики (принцип віртуальних переміщень). Статика твердого тіла.

Тема 5. Геометрія мас. Центр мас. Момент інерції. Тензор та еліпсоїд інерції.

Тема 6. Основні теореми і закони динаміки. Основні динамічні величини механічної системи. Теореми про зміну основних динамічних величин системи.

Змістовний модуль 2. Дослідження динаміки механічних систем

Тема 7. Динаміка твердого тіла. Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі. Рух твердого тіла навколо нерухомої точки. Рух вільного твердого тіла.

Тема 8. Елементи небесної механіки. Задача двох тіл. Рух твердого тіла в центральному ньютонівському гравітаційному полі.

Тема 9. Диференціальні рівняння аналітичної динаміки. Рівняння Лагранжа (другого роду). Канонічні рівняння Гамільтона. Рівняння Рауса. Рівняння руху неголономних систем.

Тема 10. Інтегрування рівнянь динаміки. Множник Якобі. Дужки Пуасона та перші інтеграли. Канонічні перетворення. Метод Якобі інтегрування рівнянь руху.

Тема 11. Інтегральні варіаційні принципи механіки. Принцип Гамільтона-Остроградського. Принцип Мопертюї-Лагранжа.

Тема 12. Малі коливання консервативної системи навколо положення рівноваги. Теорема Лагранжа про стійкість положення рівноваги. Малі коливання.

4. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (РОЗПОДІЛ ГОДИН)

№	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
<i>Змістовний модуль 1. Основи теоретичної механіки</i>				
1	Кінематика точки та системи	4	2	12
2	Основні поняття і аксіоми динаміки	2	2	8
3	Диференціальні варіаційні принципи механіки	2	2	8
4	Статика	2	2	8
5	Геометрія мас	2	2	8
6	Основні теореми і закони динаміки	4	2	12
Всього годин за семестр		16	12	56
<i>Змістовний модуль 2. Дослідження динаміки механічних систем</i>				
7	Динаміка твердого тіла	4	2	12
8	Елементи небесної механіки	2	2	8
9	Диференціальні рівняння аналітичної динаміки	4	2	12
10	Інтегрування рівнянь динаміки	6	2	16
11	Інтегральні варіаційні принципи механіки	2	2	8
12	Малі коливання консервативної системи навколо положення рівноваги	2	2	8
Всього годин за семестр		20	12	64

5. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1. Основи теоретичної механіки

Тема 1. Кінематика точки та системи

Лекція 1. Основні поняття, задачі кінематики. Простір та час. Матеріальна точка. Механічна система. Кінематика точки. Рух по колу. Криволінійні координати. Загальні принципи кінематики системи. Вільні та невільні системи. В'язі. Ступені вільності. Узагальнені координати, швидкості та прискорення.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу який винесено на самостійне вивчення:
 - Швидкість та прискорення точки в полярних координатах;
 - Дійсні та віртуальні переміщення. Синхронне варіювання.

Лекція 2. Кінематика твердого тіла. Кути Ейлера. Основні теореми про скінченні переміщення твердого тіла. Поступальний рух твердого тіла. Обертальний рух твердого тіла навколо нерухомої осі. Плаский рух твердого тіла. Складний рух точки. Теорема про додавання швидкостей. Теорема про додавання прискорень (теорема Коріоліса). Складний рух твердого тіла. Кінематичні рівняння Ейлера.

Практичне заняття 1. Основні способи задання руху точки (векторний, координатний). Дійсні та віртуальні переміщення. Синхронне варіювання. Кінематичні інваріанти. Додавання миттєвих рухів (поступальних, обертальних навколо осей, що перетинаються, обертальних навколо осей, що паралельні).

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Додавання миттєво поступального і обертального рухів;
 - Рух твердого тіла з нерухомою точкою як ортогональне перетворення.

Література: основна – 1-3, 5-9, 11, 12; додаткова – 13, 17.

Тема 2. Основні поняття і аксіоми динаміки

Лекція 1. Закони Ньютона. Інерціальні системи відліку. Перший закон Ньютона (аксіома інерції). Сила. Маса. Другий закон Ньютона (основна аксіома динаміки). Третій закон Ньютона (аксіома взаємодії матеріальних

точок). Задачі динаміки. Рівновага. Статика. Головний вектор і головний момент системи сил. Робота системи сил. Елементарна робота сил, які прикладені до твердого тіла. Силове поле. Силова функція. Потенціал. Ідеальні в'язі.

Практичне заняття 1. Аксіома незалежності дій сил (закон додавання сил). Момент сили відносно точки та осі.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення:
 - Принцип відносності Галілея;
 - Активні сили та реакції в'язей. Сили зовнішні та внутрішні;
 - Елементарна робота системи сил в узагальнених координатах.

Узагальнені сили.

Література: основна – 1-3, 5-8, 10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 3. Диференціальні варіаційні принципи механіки

Лекція 1. Поняття про варіаційні принципи механіки. Загальне рівняння динаміки (принцип Даламбера-Лагранжа). Принцип Гауса.

Практичне заняття 1. Застосування принципу Даламбера-Лагранжа. Застосування принципу Гауса та його фізичний зміст.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Принцип Журдена;
 - Екстремальна властивість реакцій в'язей.

Література: основна – 1-3, 5-8, 10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 4. Статика

Лекція 1. Статика довільної механічної системи. Загальне рівняння статики. Статика твердого тіла. Необхідні і достатні умови рівноваги твердого тіла. Рівнодійна. Теорема Варіньона. Теорема Пуансо.

Практичне заняття 1. Загальне рівняння статики в узагальнених координатах. Частинні випадки умов рівноваги твердого тіла. Рівнодійна двох паралельних сил. Частинні випадки приведення системи сил.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Еквівалентні системи сил;
 - Критерій еквівалентності системи сил, що прикладені до твердого тіла;
 - Статичні інваріанти. Динамічний гвинт.

Література: основна – 1-3, 5-8, 10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 5. Геометрія мас

Лекція 1. Центр мас. Момент інерції. Момент інерції системи відносно осі. Радіус інерції. Тензор та еліпсоїд інерції.

Практичне заняття 1. Момент інерції відносно паралельних осей. Момент інерції відносно осей, що проходять через одну й ту саму точку.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Головні осі інерції;
 - Властивості головних моментів інерції.

Література: основна – 1-3, 5-8, 10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 6. Основні теореми і закони динаміки

Лекція 1. Основні динамічні величини механічної системи. Кількість руху системи. Головний момент кількості руху системи. Кінетичний момент твердого тіла, що рухається навколо нерухомої точки.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Кінетична енергія системи. Теорема Кьюніга.

Лекція 2. Теореми про зміну основних динамічних величин системи. Теорема про зміну кількості руху. Теорема про зміну кінетичного моменту. Теорема про зміну кінетичної енергії.

Практичне заняття 1. Кінетична енергія твердого тіла, що рухається навколо нерухомої точки. Основні теореми динаміки в неінерціальній системі відліку.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Теореми динаміки при русі відносно центру мас.

Література: основна – 1-3, 5-8,10-12; додаткова – 13, 17.

Змістовний модуль 2. Дослідження динаміки механічних систем

Тема 7. Динаміка твердого тіла

Лекція 1. Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі. Рівняння руху, визначення реакцій. Рух твердого тіла навколо нерухомої точки. Рівняння руху, динамічні рівняння Ейлера. Перші інтеграли. Інтегрування рівнянь Ейлера. Рівняння руху важкого твердого тіла навколо нерухомої точки та їх перші інтеграли. Основна формула гіроскопії.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу який винесено на самостійне вивчення:
 - Staціонарні обертання твердого тіла у випадку Ейлера;
 - Рух динамічно симетричного тіла у випадку Ейлера. Регулярна прецесія;
 - Геометрична інтерпретація Пуансо.

Лекція 2. Рух вільного твердого тіла. Рівняння руху. Плаский рух тіла. Рух важкого твердого тіла, яке спирається на горизонтальну площину. Поняття тертя. Рух однорідної кулі по площині при наявності тертя.

Практичне заняття 1. Рівняння руху фізичного маятника. Фазова площа для рівняння руху маятника. Інтегрування рівнянь руху маятника. Дзига на абсолютно гладенькій поверхні. Вплив тертя на рух дзиги.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Рівняння руху важкого тіла довільної опуклої форми.

Література: основна – 1-3, 5-8,10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 8. Елементи небесної механіки

Лекція 1. Задача двох тіл. Рівняння руху. Інтеграл площ. Другий закон Кеплера. Інтеграл енергії в задачі двох тіл. Інтеграл Лапласа. Рівняння орбіти. Перший закон Кеплера. Третій закон Кеплера. Рух твердого тіла в центральному Ньютонівському гравітаційному полі.

Практичне заняття 1. Залежність орбіти від величини початкової швидкості. Перша та друга космічні швидкості. Відносна рівновага твердого тіла на коловій орбіті.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Задача трьох та більше тіл.

Література: основна – 1-3, 5-8, 10-12; додаткова – 13, 17.

Тема 9. Диференціальні рівняння аналітичної динаміки

Лекція 1. Рівняння Лагранжа (другого роду). Аналіз виразу для кінетичної енергії. Рівняння Лагранжа у випадку потенціальних сил. Функція Лагранжа. Теорема про зміну повної механічної енергії голономної системи. Каонічні рівняння Гамільтона. Перетворення Лежандра. Функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу який винесено на самостійне вивчення:
 - Гіроскопічні сили, дисипативні сили, функція Релея;
 - Узагальнений потенціал;
 - Рівняння Уїттекера та Якобі.

Лекція 2. Рівняння Рауса. Функція Рауса. Рівняння руху неголономних систем. Рівняння руху з множниками в'язей. Рівняння Воронца, Чаплигіна.

Практичне заняття 1. Фізичний зміст функції Гамільтона. Інтеграл Якобі. Обрахування енергії прискорень. Analog теореми Кьюніга.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Рівняння руху Апеля;
 - Енергія прискорень твердого тіла, що обертається навколо нерухомої точки.

Література: основна – 2, 4, 6, 7, 11, 12; додаткова – 13-15, 17.

Тема 10. Інтегрування рівнянь динаміки

Лекція 1. Множник системи рівнянь. Диференціальне рівняння для множника. Інваріантність множника. Останній множник Якобі. Системи з циклічними координатами.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.

2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:

- Застосування теорії множника до канонічних рівнянь;
- Пониження порядку системи диференціальних рівнянь з циклічними координатами за допомогою рівнянь Раяса.

Лекція 2. Дужки Пуассона та перші інтеграли. Теорема Якобі-Пуассона. Канонічні перетворення. Критерій канонічності перетворення. Коваріантність рівнянь Гамільтона при канонічних перетвореннях.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.

2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:

- Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму;
- Вільне канонічне перетворення та його утворююча функція.

Лекція 3. Метод Якобі інтегрування рівнянь руху. Рівняння Гамільтона-Якобі. Характеристична функція Гамільтона. Розділення змінних. Змінні дія-кут. Випадок одного ступеня вільності.

Практичне заняття 1. Рівняння Гамільтона-Якобі для систем з циклічними координатами. Рівняння Гамільтона-Якобі для консервативних та узагальнено консервативних систем. Змінні дія-кут в задачі про рух маятника.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.

2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:

- Теорема Ліувілля про інтегрування гамільтонової системи в квадратурах;
- Змінні дія-кут для системи з n ступенями вільності;
- Елементи Делоне.

Література: основна – 2, 4, 6, 7, 11, 12; додаткова – 13-15, 17.

Тема 11. Інтегральні варіаційні принципи механіки

Лекція 1. Принцип Гамільтона-Остроградського. Прямий та обхідний шляхи голономної системи. Принцип Мопертюї-Лагранжа. Ізоенергетичне варіювання.

Практичне заняття 1. Принцип Гамільтона-Остроградського для систем в потенціальному полі сил.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Екстремальна властивість дії по Гамільтону;
 - Принцип Якобі та геодезичні лінії в координатному просторі.

Література: основна – 2, 4, 6, 7, 11, 12; додаткова – 13-15, 17.

Тема 12. Малі коливання консервативної системи навколо положення

Рівноваги

Лекція 1. Стійкість рівноваги. Теорема Лагранжа про стійкість стану рівноваги. Теореми Ляпунова про нестійкість стану рівноваги консервативної системи. Малі коливання. Лінеаризація рівнянь руху.

Практичне заняття 1. Стационарні рухи консервативної системи з циклічними координатами та їх стійкість.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Головні координати та головні коливання;
 - Коливання консервативної системи під дією зовнішніх періодичних сил.

Література: основна – 1, 3, 5-8, 10, 11, 12; додаткова – 13, 16, 17.

Самостійна робота аспіранта, її зміст та обсяг

№ з/п	Зміст самостійної роботи аспіранта	Обсяг СР (годин)
1	Опрацювання лекційного матеріалу	36
2	Підготовка до практичних занять	24
3	Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення	60
	Всього	120

6. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТНЬО-НАУКОВОГО СТУПЕНЯ

6.1 Політика дотримання академічної добродетелі

Очікується, що аспіранти знайомі з основними принципами академічної добродетелі, самостійно виконують усі навчальні завдання, коректно посилаються на використані джерела інформації при написанні власного наукового або навчального дослідження, тощо. Неприпустимим є списування при написанні контрольних робіт та складанні заліку (у тому числі з використанням мобільних пристройів). У разі виявлення ознак академічної недобродетелі в письмовій роботі аспіранта вона не зараховується викладачем.

6.2 Політика щодо відвідування занять

Відвідування занять є обов'язковим компонентом навчального процесу. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародне стажування, епідеміологічні обмеження тощо) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу та керівником аспірантури.

6.3 Система рейтингових балів

Рейтинг аспіранта з даної дисципліни складається з балів, що він отримує протягом семестру за:

- 1.Експрес-контроль – 20 балів;
- 2.Активну роботу на практичних заняттях – 20 балів;
- 3.Модульні контрольні роботи – 20 балів ($2 \times 10 = 20$);
- 4.Залік – 40 балів (в кінці третього семестру);
5. Екзамен – 40 балів (в кінці четвертого семестру).

Експрес-контроль проводиться з метою перевірки якості роботи аспіранта в аудиторії і самостійної роботи в позааудиторний час шляхом усного опитування чи самостійних письмових робіт тривалістю 10 – 30 хвилин, або індивідуальних домашніх завдань протягом семестру.

Проводиться декілька разів за семестр (1-2) з максимальною сумарною оцінкою у 20 балів.

Штрафні бали:

1. Відсутність на лекції без поважних причин – (-) 2 бали;
2. Відсутність на індивідуальних заняттях без поважних причин – (-) 2 бали.

Залік складається аспірантом в аудиторний час в кінці третього семестру. На нього виносяться питання та завдання, кожне з яких оцінюється за бальною системою. Складання заліку є передумовою продовження вивчення даної дисципліни в наступному семестрі.

Екзамен складається аспірантом в аудиторний час в кінці четвертого семестру і на нього виносяться питання та завдання, кожне з яких оцінюється за бальною системою.

6.4 Розрахункова шкала рейтингу

Максимальна сумарна кількість балів протягом семестру складає:
 $20+20+20+40=100$ (балів).

Рейтинг RD аспіранта складається з рейтингу, одержаного протягом семестру з урахуванням додаткових балів. Аспіранти, які набрали протягом семестру менше 30 балів, зобов'язані підвищити свій рейтинг, інакше вони не допускаються до заліку (чи екзамену) з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість. Для підвищення рейтингу вони отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та виконати індивідуальні домашні завдання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

«Відмінно» - А (90-100 балів) – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з можливими незначними недоліками.

«Добре» - В (82-89 балів) – дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок.

«Добре» - С (74-81 балів) – в цілому добрий рівень знань (умінь) з незначною кількістю помилок.

«Задовільно» - D (64-73 балів) – виставляється аспіранту, який має знання тільки основного матеріалу, але не засвоїв його деталей, допускає неточності, неправильне тлумачення окремих елементів завдання та відчуває труднощі при виконанні практичних завдань.

«Задовільно» - Е (60-63 балів) – достатньо – мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь).

«Незадовільно» - FX (35-59 балів) - виставляється аспіранту, який дає необґрунтовані відповіді на запитання, допускає суттєві помилки у використанні понятійного апарату. Не простежується логічність та послідовність думки. Формулування хаотичні та не усвідомлені.

«Незадовільно» - F (1-34 балів) - виставляється аспіранту, який не засвоїв зміст дисципліни, вміння та навички не набуті.

7. ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЕКЗАМЕНУ (ЗАЛІКУ)

Питання 1-30 використовуються при складанні заліку в кінці третього семестру. Питання 1-70 виносяться на екзамен в кінці четвертого семестру.

1. Основні поняття і задачі кінематики.
2. Кінематика точки. Способи задання руху точки (векторний, координатний).
3. Кінематика системи. Вільні та невільні системи, в'язі.
4. Синхронне варіювання. Степені вільності. Узагальнені координати.
5. Кінематика твердого тіла. Основні теореми про скінчені переміщення твердого тіла.
6. Складний рух точки. Теорема про додавання швидкостей. Теорема про додавання прискорень.
7. Складний рух твердого тіла. Додавання миттєвих рухів.
8. Інерціальні системи відліку. Перший закон Ньютона.
9. Маса. Другий закон Ньютона.
10. Третій закон Ньютона. Аксіома незалежності дії сил.
11. Головний вектор і головний момент системи сил.
12. Робота. Системи сил.
13. Силове поле. Силова функція. Потенціал.

14. Ідеальні в'язі.
15. Принцип Даламбера-Лагранжа.
16. Принцип Журдена.
17. Принцип Гауса та його фізичний зміст.
18. Статика довільної механічної системи. Загальне рівняння статики.
19. Необхідні і достатні умови рівноваги твердого тіла.
20. Критерій еквівалентності систем сил, що прикладені до твердого тіла.
21. Рівнодійна. Теорема Варіньона.
22. Теорема Пуансо.
23. Статичні інваріанти. Динамічний гвинт.
24. Центр мас. Момент інерції.
25. Тензор і еліпсоїд інерції.
26. Кількість руху системи. Кінетичний момент.
27. Кінетична енергія системи. Теорема Кьюніга.
28. Теорема про зміну кількості руху.
29. Теорема про зміну кінетичного моменту.
30. Теорема про зміну кінетичної енергії.
31. Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі. Рівняння руху.
32. Рівняння руху фізичного маятника та його фазова площа.
33. Рівняння руху твердого тіла навколо нерухомої точки. Динамічні рівняння Ейлера.
34. Перші інтеграли. Стационарні обертання твердого тіла у випадку Ейлера.
35. Геометрична інтерпретація Пуансо.
36. Рівняння руху важкого твердого тіла навколо нерухомої точки та їх перші інтеграли.
37. Основна формула гіроскопії.
38. Рівняння руху вільного твердого тіла.
39. Рух важкого твердого тіла, що спирається на горизонтальну площину.
Тertia.
40. Задача двох тіл. Рівняння руху.
41. Інтеграл площ. Другий закон Кеплера.
42. Рівняння орбіти. Перший закон Кеплера.
43. Рівняння Лагранжа другого роду.
44. Рівняння Лагранжа у випадку потенціальних сил. Функція Лагранжа.
45. Теорема про зміну повної механічної енергії голономної системи.
46. Перетворення Лежандра. Функція Гамільтона.
47. Рівняння Гамільтона. Фізичний зміст функції Гамільтона.
48. Інтеграл Якобі. Рівняння Уіттекера та Якобі.
49. Функція Рауса. Рівняння Рауса.
50. Рівняння руху неголономних систем. Рівняння Чаплигіна.
51. Рівняння руху неголономних систем. Рівняння Аппеля.
52. Множник Якобі.
53. Системи з циклічними координатами.
54. Дужки Пуассона. Теорема Якобі-Пуассона.
55. Канонічні перетворення.

56. Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму.
57. Рівняння Гамільтона-Якобі.
58. Характеристична функція Гамільтона.
59. Теорема Ліувілля про інтегровність гамільтонової системи в квадратурах.
60. Змінні дія-кут.
61. Елементи Делоне.
62. Канонічні перетворення в теорії збурень.
63. Перетворення Біркгофа. Наближене інтегрування гамільтонової системи рівнянь біля положення рівноваги.
64. Принцип Гамільтона-Остроградського.
65. Екстремальна властивість дії по Гамільтону.
66. Принцип Мопертюї-Лагранжа.
67. Теорема Лагранжа про стійкість положення рівноваги.
68. Теорема Ляпунова про нестійкість положення рівноваги консервативної системи.
69. Лінеаризація рівнянь руху.
70. Головні координати та головні коливання.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

8.1. Основні

1. Айзerman M.A. Классическая механика. – М.: Наука, 1974.
2. Аппель П. Теоретическая механика в 2т. – М.: Физматгиз, 1960.
3. Бугаєнко Г. О. Курс теоретичної механіки. – Київ : Вища школа, 1968.
4. Гантмахер В.Р. Лекции по аналитической механике. – М.: Наука, 1966.
5. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики в 2т. – М.: Наука, 1972,1977.
6. Лойцянский Л.Г. Лурье А.И. Курс теоретической механики в 2т. – М.: Наука, 1984.
7. Маркеев А.П. Теоретическая механика: Учеб. Пособие. - – М.: Наука, 1990.
8. Павловський М.А. Теоретична механіка. – К.: Техніка, 2007.
9. Пастушенко С. І., Руденко О.Г., Іщенко В. В. Практикум з теоретичної механіки: навч. посіб. – у 2-х ч. – Ч. I. Статика. Кінематика. – Вінниця, 2006.
10. Пастушенко С. І., Руденко О.Г., Іщенко В. В., Масюткін Є.П. Практикум з теоретичної механіки: навч. посіб. - у 2-х ч. – Ч. II. Динаміка. – Вінниця, 2007.
- 11.Старжинский В. М. Теоретическая механика. – М.: Наука, 1980.
- 12.Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2001.

8.2. Додаткові

- 13.Апостолюк О.С., Воробйов В.М., Ільчишина Д.І. та ін. Теоретична механіка : збірник задач за ред. М. А. Павловського – К. : Техніка, 2007.
- 14.Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика в 2т. – М.; Л.: Гостехтеориздат, 1950.
- 15.Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: Госиздат физ.-мат. литературы, 1961.
- 16.Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. – М.; Л.: Гостехиздат, 1950.
- 17.Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.:Наука, 1990.