

**Програма курсу «Загальна фізика. Механіка» для студентів 1-ого курсу  
ФТІ НТУУ «КПІ» спеціальностей 105 «прикладна фізика та нанотехнології» і 125  
«кібербезпека» (гр. ФФ, ФЕ)**

## **Механіка. Теорія відносності**

### **Вступ.**

Задачі і методи фізики: експеримент, теоретичне моделювання та їх співвідношення. Основні види взаємодії в природі. Еволюція розвитку.

### **Кінематика**

1. Предмет і задачі механіки. Опис руху: простір і геометрія. Простір механіки Ньютона. Відхилення від Евклідового простору і його наслідки. Час. Час і простір.
2. Кінематика. Задачі кінематики. Засоби опису руху: матеріальна точка, система відліку, система координат, траєкторія. Способи опису руху точки: природний, координатний, векторний. Зміщення і переміщення, швидкість точки (середня, миттєва), швидкість точки при різних способах опису руху.
3. Прискорення точки (середнє, миттєве), зв'язок із способом опису руху. Орієнтація прискорення відносно швидкості і траєкторії: нормальне, тангенціальне, повне прискорення. Рух по колу: вектор елементарного кутового переміщення, вектор кутової швидкості, кутове прискорення, зв'язок з лінійною швидкістю і прискоренням.
4. Кінематика руху твердого тіла. Ступені свободи. Обертальний рух, вектор елементарного кутового переміщення, вектор кутової швидкості і кутового прискорення. Зв'язок з лінійним рухом. Площинний рух. Теорема про додавання швидкостей. Приклад: рух точки по ободу колеса, що котиться без ковзання. Абсолютна, переносна, відносна швидкості при площинному русі. Миттєва вісь обертання, миттєвий розподіл швидкостей. Приклади.
5. Кінематика спеціальної теорії відносності. Системи координат (декартові, циліндричні, сферичні) і їх перетворення. Інерціальні системи відліку (ІСВ). Принципи відносності Галілея. 1-ий закон Ньютона. Приклади ІСВ. Перетворення Галілея. Інваріанти перетворення. Принципи класичної механіки.
6. Принципи відносності Ейнштейна. Постулати спеціальної теорії відносності (СТВ). Інтервал, складові частини інтервалу, інваріантність інтервалу. Перетворення Лоренца (виведення).
7. Наслідок перетворень Лоренца: а) відносність одночасності; б) власна довжина та довжина тіла, що рухається; в) власний час, хід годинників, що рухаються. Релятивістське перетворення швидкостей.
8. Класифікація інтервалів та їх наслідки. 4-простір Мінковського, милова лінія точки, геометрична інтерпретація. 4-вектори Мінковського. Матриця перетворень Лоренца, геометрична інтерпретація.

### **Динаміка матеріальної точки і системи точок**

1. Задачі динаміки. 1, 2, 3 закони Ньютона. Рівняння руху матеріальної точки. Основні сили в механіці.
2. Імпульс точки, імпульс сили. Імпульс системи точок. Внутрішні, зовнішні сили. Рівняння руху для системи точок. Ізольована система точок. Закон збереження імпульсу. Центр мас системи точок. Теорема про рух центру мас.
3. Момент імпульсу і момент сили матеріальної точки відносно початку системи координат (відносно точки). Рівняння моментів для точки. Плече сили. Імпульс моменту сили. Закон збереження моменту імпульсу. Момент імпульсу і момент сили відносно осі. Закон збереження моменту імпульсу відносно осі.
4. Момент імпульсу системи матеріальних точок. Момент внутрішніх і зовнішніх сил. Рівняння моментів для системи точок. Імпульс моменту сили системи точок. Закон збереження моменту імпульсу системи матеріальних точок.
5. Перетворення моменту імпульсу і моменту сили системи матеріальних точок при зміні начала системи відліку. Момент імпульсу і момент сил відносно рухомого начала. Система центру мас. Власний момент імпульсу.

6. Рух тіл зі зміною масою. Рівняння Мещерського. Рівняння Ціолковського.
7. Релятивістська динаміка. Принцип визначення імпульсу в релятивістському випадку. Перетворення 4-векторів. Інваріант перетворень. 4-вектор швидкості. 4-вектор енергії-імпульсу (часові і просторові компоненти). Релятивістське рівняння руху. Квазікласичне рівняння руху.

### **Робота і енергія**

1. Робота сили. Потужність. Кінетична енергія матеріальної точки. Приклади роботи різних сил (пружної, гравітаційної, тяжіння). Поле сил. Потенціальні сили і потенціальна енергія. Зв'язок між потенціальною силою і потенціальною енергією. Поняття градієнту. Консервативні сили. Робота консервативних сил. Критерії консервативності сили.
2. Повна механічна енергія матеріальної точки в зовнішньому полі консервативних сил. Робота зовнішніх сил. Закон збереження повної механічної енергії матеріальної точки. Неконсервативні сили.
3. Кінетична і повна енергія системи точок. Закон збереження повної механічної енергії системи не взаємодіючих матеріальних точок у зовнішньому полі консервативних сил.
4. Система взаємодіючих точок. Робота внутрішніх сил. Потенціальна енергія взаємодії системи матеріальних точок. Закон збереження енергії для системи взаємодіючих точок у зовнішньому полі сил.
5. Теорема Кьоніга. Зіткнення двох тіл. Пружне, не пружне зіткнення в лабораторній системі і в системі центру мас.
6. Одновимірний рух точки в полі консервативних сил. Потенціальний бар'єр, потенціальна яма. Межі руху, фінітний, інфінітний рух.
7. Релятивістська повна енергія. Часова компонента 4-вектору енергії-імпульсу. Зв'язок повної енергії з імпульсом (інваріант). Перетворення імпульсу і енергії. Енергія спокою, кінетична енергія в релятивістському випадку. Енергія, імпульс, маса системи релятивістських частинок.

### **Рух в полі центральних сил. Закони Кеплера**

1. Поле центральних сил. Гравітаційне поле. Робота гравітаційної сили. Нормування потенціальної енергії.
2. Рівняння руху матеріальної точки в полі центральних сил. Особливості руху в полі центральних сил. Секторальна швидкість. Ефективна потенціальна енергія. Межі руху і їх визначення. Фінітний, інфінітний рух. Приклад.
3. Траєкторія руху в гравітаційному полі. Рівняння конічного розрізу. Рух по еліпсу. Закони Кеплера.
4. Задача двох тіл. Рух подвійних зірок.
5. Поле поблизу поверхні Землі. Космічні швидкості.

### **Рух в неінерціальних системах відліку**

1. Сили інерції і закони Ньютона. Рівняння руху в неінерціальній системі відліку (НСВ). Рівняння руху в системі відліку, що рухається з прискоренням поступально.
2. Формула Пуансо. Рівняння руху в неінерціальній системі відліку, що рухається довільним чином. Швидкість і прискорення відносно НСВ. Теорема Коріоліса. Сили інерції в НСВ: відцентрова сила, сила Коріоліса, переносна сила інерції. Загальне рівняння руху в НСВ.
3. Системи відліку, що рухаються поступально і обертально. Приклади руху в них тіл.
4. Рух точки відносно Землі з урахуванням її обертання. Вага тіла. Абсолютне прискорення. Принцип еквівалентності. Енергетичні співвідношення при русі в НСВ.

### **Динаміка твердого тіла**

1. Кількість ступенів свободи твердого тіла. Системи відліку і кількість рівнянь для опису руху твердого тіла. Типи руху твердих тіл.
2. Динаміка обертального руху. Момент імпульсу твердого тіла при обертальному русі. Моменти інерції. Тензор інерції. Головні осі інерції, центральні головні осі інерції.
3. Момент імпульсу і моменти інерції відносно осей. Приклади обчислення моментів інерції симетричних твердих тіл відносно осей. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
4. Основне рівняння динаміки обертального руху. Робота, потужність і кінетична енергія обертального руху.
5. Площинний рух твердого тіла. Вільне скочування без ковзання циліндра з похилої площини. Рух з ковзанням і без ковзання, зв'язок між лінійної та кутової швидкостями при русі з ковзанням. Кінетична енергія при площинному русі.

6. Дзиги, гіроскопи. Вільні осі обертання. Рух осей обертання. Карданний підвіс. Рух вільних і навантажених гіроскопів. Прецесія гіроскопа під дією зовнішніх сил.

#### **Коливальний рух.**

1. Періодичний рух. Математичний маятник. Пружинний маятник. Рівняння руху гармонічного осцилятора. Власні коливання, частота і період коливань. Фізичний маятник.
2. Умови гармонічності коливань. Приклад обчислювання періоду малих коливань в полі консервативних сил. Енергія гармонічного осцилятора.
3. Згасаючі власні коливання. Логарифмічний декремент згасання. Режими згасаючих коливань.
4. Вимушені коливання. Явище резонансу. Амплітудно-частотна і фазово-частотна характеристики при резонансі.
5. Додавання коливань однакової частоти. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Лісажу. Модульовані коливання. Биття.

#### **Основна література:**

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. – М., Высш. школа, 1978г.
2. Сивухин А.Д. Общий курс физики. Т. 1. Механика. – М., Наука, 1979 г.
3. Стрелков С.П. Механика. – М., Наука, 1975 г.
4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т.1. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: «Техніка», 1999 р.
5. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М., Наука, 1969 г.
6. Иродов И.Е. Механика. Основные законы.– М., Высшая школа, 2002г
7. Алешкевич А.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Механика.– М., АCADEMIA, 2004г.
8. Сивухин А.Д. Общий курс физики. Т. 4 (релятивистские явления). – М., Наука, 1979 г.
9. Загальна фізика. Механіка [Електронний ресурс]: підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 6.040204 «Прикладна фізика та наноматеріали». НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 6,06 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 363 с. – Доступ: – <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16983>.

#### **Додаткова література:**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т1. Механика и молекулярная физика.–М., Наука, 1982г.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 1. Механика. – М., Наука, 1988 г.
3. Бондарев Б.В., Калашников Н.П., Спирин Г.Г. Курс общей физики. Книга 1. Механика. – М., Высшая школа, 2003г.
4. Берклиевский курс физики. Т.1. Механика. Авт.: Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. – М., Наука, 1971г.
5. Ольховский. И.И. Курс теоретической механика для физиков. – М, Наука, 1970 г.
6. Леденев А.Н. Физика. Механика.– М., Физматлит, 2005 г.

Програму склав доц. кафедри прикладної фізики ФТІ НТУУ «КПІ»

Загородній В.В.