

## Вопросы к экзамену по теоретической механике

2-й курс, 2014/15 уч. г.

### МЕХАНИКА НЬЮТОНА. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПОЛЕ

1. Место механики в физике. Область применимости механики. Основные понятия и принципы классической механики. Приближение инерциальной системы отсчета, принцип относительности и преобразования Галилея. Свойства пространства и времени. Основная задача механики.
2. Законы Ньютона. Механика материальной точки, принцип суперпозиции сил. Потенциал, энергия, импульс, момента импульса. Решение уравнений движения. Законы сохранения.
3. Задача двух тел. Система центра масс, приведенная масса. Уравнения движения частицы в центрально-симметричном потенциальном поле. Понятие эффективного потенциала. Общее решение задачи движения частицы в центральном поле. Исследование траекторий движения. Условие замкнутости траектории финитного движения. Падение на центр.
4. Законы Кеплера и задача Кеплера. Решение задачи Кеплера. Все интегралы движения в кулоновском поле.
5. Постановка задачи о рассеянии частиц, эффективное сечение рассеяния (полное, дифференциальное по телесному углу и углу рассеяния). Рассеяние частицы в поле кулоновского потенциала, формула Резерфорда.
6. Теорема вириала, примеры применения: изотропный осциллятор  $U(r) = kr^2/2$ , кулоновское поле  $U(r) = -\alpha/r$ .

### МЕХАНИКА ЛАГРАНЖА

7. Дифференциальные (кинематические)  $f(\vec{r}, \vec{V}, t) = 0$  и конечные (геометрические)  $f(\vec{r}, t) = 0$  связи. Голономные и неголономные системы, обобщенные координаты и число степеней свободы, реакции связей. Основная задача динамики системы со связями. Две трудности механики Ньютона.
8. Функция Лагранжа (кинетический потенциал), действие. Вариационный принцип Гамильтона (принцип наименьшего действия), уравнения Лагранжа 2-го рода. Ковариантность уравнений Лагранжа. Неоднозначность выбора функции Лагранжа. Циклические переменные и интегралы движения, обобщенная энергия. Уравнения Лагранжа для частицы в потенциальном поле. Примеры функций Лагранжа и уравнений Лагранжа: гармонический осциллятор, частица в однородном поле, частица в центральном поле.
9. Симметрия и законы сохранения, теорема Нётер. Примеры. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса свободной системы материальных точек, как следствие однородности времени, однородности и изотропности пространства.
10. Обобщенный потенциал (зависящий от скоростей), функция Лагранжа заряженной частицы в электромагнитном поле, уравнения движения, сила Лоренца. Решение задач о движении заряда в кулоновском поле и однородном электрическом поле.

### МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ

11. Свободные малые колебания систем с одной степенью свободы. Исследование движения материальной точки в потенциальном поле в окрестности положения устойчивого равновесия. Вынужденные колебания и резонанс. Затухающие колебания.
12. Малые колебания систем со многими степенями свободы. Функция Лагранжа и уравнения движения. Нормальные координаты и нормальные моды. Продольные колебания молекул на примере трехатомной симметричной молекулы.

## **ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

13. Кинематика твердого тела. Импульс, момент импульса и кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции, теорема Гюйгенса–Штейнера, примеры вычисления главных моментов инерции шарового и симметрического волчка. Уравнения движения твердого тела. Уравнения Эйлера, их решение для свободного симметрического волчка.

## **МЕХАНИКА ГАМИЛЬТОНА**

14. Функция Гамильтона. Построение функции Гамильтона из заданной функции Лагранжа. Канонические уравнения Гамильтона. Получение канонических уравнений из вариационного принципа. Теоремы о сохранении и физический смысл гамильтониана. Общий вид функции Гамильтона и канонических уравнений движения заряженной частицы в электромагнитном поле, заданном скалярным и векторным потенциалами. Решение задачи о движении заряда в стационарном однородном магнитном поле.
15. Скобки Пуассона. Запись уравнений Гамильтона через скобки Пуассона. Фундаментальные скобки Пуассона. Интегралы движения и скобки Пуассона. Тождество Якоби, теорема Пуассона и получение новых интегралов движения. Примеры вычисления скобок Пуассона для канонических переменных и компонент момента импульса.
16. Канонические преобразования. Производящие функции канонических преобразований. Примеры канонических преобразований. Действие как функция координат и времени. Движение как каноническое преобразование. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема гамильтоновой системы.

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1988.
2. Голдстейн Г. Классическая механика. М.: Наука, 1975.
3. Коткин Г.Л., Сербо В.Г., Черных А.И. Лекции по аналитической механике. НГУ, 2007.
4. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. Ижевск: РХД, 2001.

### **Дополнительная**

5. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. М.: Госиздат физ.-мат. лит., 1960.
6. Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. МГУ, 1991.
7. Медведев Б.В. Начала теоретической физики. Москва. Наука: 1977.
8. Арнольд В.И. Математические методы классической механики.- М.: Наука: 1979.
9. Павленко Ю.Г. Задачи по теоретической механике. МГУ, 1988.
10. Ольховский И.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков, М: Высшая школа, 1977.

Составил С. Синеговский