

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Программа курса, 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. Принцип детерминированности. Основная задача механики.
2. Законы Ньютона. Механика материальной точки, принцип суперпозиции сил. Потенциал, энергия, импульс, момента импульса. Решение уравнений движения. Законы сохранения.
3. Механика системы материальных точек. Уравнение движения. Центр масс. Теоремы о сохранении импульса, момента импульса и кинетической энергии системы материальных точек.
4. 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 траекторий движения при финитном движении. Падение на центр
5. Кеплерова задача. Законы Кеплера. Интегралы движения в кулоновском поле.
6. Понятие эффективного сечения рассеяния. Рассеяние частицы в поле кулоновского потенциала, формула Резерфорда.
7. Теорема вириала, примеры применения - изотропный осциллятор $U(r) = kr^2 / 2$, кулоновское поле $U(r) = -\alpha / r$.

МЕХАНИКА ЛАГРАНЖА

8. Дифференциальные (кинематические) $f(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) = 0$ и конечные (геометрические) $f(\vec{r}, t) = 0$ связи. Голономные и неголономные системы. Обобщенные координаты и число степеней свободы, переход от декартовых к обобщенным координатам. Реакции связей. Примеры. Основная задача динамики системы со связями. Две трудности механики Ньютона. Идеальные связи.
9. Функция Лагранжа (кинетический потенциал), действие. Вариационный принцип Гамильтона (принцип наименьшего действия), уравнения Лагранжа 2-го рода. Ковариантность уравнений Лагранжа. Неоднозначность выбора лагранжиана. Циклические переменные и интегралы движения, обобщенная энергия. Уравнения Лагранжа для частицы в потенциальном поле. Примеры уравнений Лагранжа: осциллятор, задача двух тел, частица в центральном поле. Преимущества лагранжева подхода в механике.
10. Симметрии и законы сохранения, теорема Нётер. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса свободной системы материальных точек, как следствия однородности времени, однородности и изотропности пространства.
11. Обобщенный потенциал (линейно зависящий от скоростей), функция Лагранжа заряженной частицы в электромагнитном поле, уравнения движения, сила Лоренца. Решение задачи о движении заряда в стационарном однородном электрическом поле.
12. Движение в неинерциальных системах отсчета, силы инерции. Функция Лагранжа и уравнение Лагранжа для материальной точки в системе отсчета, вращающейся относительно ИСО. Сила Кориолиса, центробежная сила инерции.

МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ

13. 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. Ангармонические колебания. Параметрический резонанс.
14. Малые колебания систем со многими степенями свободы. Функция Лагранжа и уравнения движения в нормальных координатах. Колебания молекул.

МЕХАНИКА ГАМИЛЬТОНА

15. Канонические уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона. Вариационный принцип Теоремы о сохранении и физический смысл гамильтониана. Гамильтониан заряженной частицы в электромагнитном поле. Решение задачи о движении заряда в стационарном однородном магнитном поле.
16. Скобки Пуассона. Примеры скобок Пуассона для компонент момента количества движения и компонент радиуса вектора (самостоятельно). Запись уравнения Гамильтона через скобки Пуассона. Интегралы движения и скобки Пуассона. Фундаментальные скобки Пуассона. Тождество Якоби, теорема Пуассона и получение новых интегралов движения. Задача об изотропном трехмерном осцилляторе.
17. Канонические преобразования. Производящие функции и индуцированные ими канонические преобразования. Примеры канонических преобразований. Движение как каноническое преобразование. Теорема Лиувилля. Адиабатические инварианты.
18. Действие как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона–Якоби. Оптико-механическая аналогия.

ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

19. 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.

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. М.: 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

Практические занятия

2 семестровых задания (18 б. каждое) +

2 аудиторные контрольные работы (по 12 б.)

Итого за семестр студент может заработать $2 \cdot (18 + 12) = 60$ баллов. + премиальные

1. Движение частицы в потенциальном поле. Интегралы движения. Интегрирование уравнений движения одномерной системы.
2. Приближенное решение уравнений движения в потенциальном поле с малым возмущением.
3. Движение частицы в центрально-симметричном потенциальном поле. Эффективный потенциал, нахождение траектории частицы, падение на центр.
4. Вычисление сечений рассеяния частиц.
5. Движение частицы в поле кулоновского потенциала, интегралы движения, уравнения траектории, вычисление космических скоростей.
6. Приближенное решение задачи о смещении перигелия планеты как задачи о движении при малых возмущениях кулоновского потенциала.
7. Теорема вириала, применение ее для оценки температуры в центре Солнца
8. Уравнения Лагранжа, их инвариантность, циклические координаты. Задача о бусинке на вращающемся стержне, задача о маятнике с движущейся точкой подвеса.
9. Теорема Нетер для движения в однородном поле.
10. Функция Лагранжа обобщенно-потенциальной системы, решение задач о движении заряженной частицы в электромагнитном поле, сила Лоренца.
11. Малые колебания систем с одной степенью свободы, задача о движении осциллятора под действием внешней силы.
12. Решение задач о малых колебаниях многомерной системы.
13. Решение уравнений Гамильтона для простых систем. Вычисление скобок Пуассона.
14. Решение задачи о движении частицы в постоянном магнитном поле в механике Гамильтона.
15. Неинерциальные системы, задача о движении тела с учетом вращения Земли.
16. Твердое тело. Задача о движении симметричного волчка.