МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.И.ЛОБАЧЕВСКОГО

Радиофизический факультет

Кафедра теории колебаний и автоматического регулирования

РАЗВЕРНУТАЯ ПРОГРАММА КУРСА “КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА”

(*учебно-методическое пособие*)

Нижний Новгород, 2006

I. Вариационная формулировка закона движения механических систем

1.1. Принцип Гамильтона

1.1.1 Понятие обобщенных координат и обобщенных скоростей.

1.1.2. Определение «действия» механической системы. Формулировка принципа стационарного действия (принципа Гамильтона).

1.1.3. Неоднозначность функций Лагранжа.

1.2. Уравнения Лагранжа

1.2.1. Вывод Уравнений Лагранжа из принципа Гамильтона

1.2.2. Инвариантность уравнений Лагранжа относительно точечных преобразований обобщенных координат

1.3. Вывод лагранжиана для свободной материальной точки

1.3.1. Однородность и изотропность пространства и однородность времени в нерелятивистской механике точечных систем (закон инерции и принцип относительности Галилея).

1.3.2. Бесконечно-малые преобразования Галилея и обобщение вывода функции Лагранжа свободной материальной точки на случай произвольных преобразований Галилея.

1.4. Лагранжиан потенциальной системы взаимодействующих частиц.

1.4.1. Определение и примеры потенциальных систем.

1.4.2. Теорема о функции Лагранжа потенциальной системы взаимодействующих материальных точек.

1.4.3. Понятие открытой потенциальной системы

1.4.4. Структура функций кинетической энергии и лагранжиана в обобщенных координатах. Обобщенная потенциальная сила.

1.4.5. Примеры функций Лагранжа, включая вид функций Лагранжа для материальной точки в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.

1.4.6. Теорема Эйлера об однородных функциях. Теорема о вириале.

__Контрольные вопросы__ к разделам 1.1-1.4:

1. Указать число обобщенных координат системы, состоящей из материальной точки, движущейся а) по сфере, радиус которой меняется по заданному закону $R = R_0 + vt$; б) по конусу с углом при вершине, меняющимся по заданному закону $\alpha = \alpha_0 + \omega t$; в) по конусу с углом $\theta = const$.

2. Указать число обобщенных координат сферического маятника, вращающегося вокруг вертикальной оси с заданной скоростью Ω

3. Указать число обобщенных координат системы, состоящей из двух материальных точек, движущихся в пространстве и связанных между собой жестким невесомым стержнем фиксированной длины.

4. Указать число обобщенных координат системы, состоящей из двух материальных точек, если центр масс этой системы движется с постоянной по величине и направлению скоростью.

5. Найти главную вариацию «действия» $S=\int\limits_{t_1}^{t_2} L dt$ при условии варьирования верхнего предела интегрирования.

6. Как изменяется «действие» свободной частицы при преобразовании Галилея

7. Упростить функцию Лагранжа

$$L=\frac{m\dot{\varphi}^2}{2}+m\dot{\varphi}\Omega\cos(\varphi-\Omega t).$$

8. Дать интерпретацию слагаемым следующей функции Лагранжа

$$L=\frac{1}{2}(\dot{q}_1^2+\dot{q}_2^2+t^2\dot{q}_3^2)+tq_3\dot{q}_3+\frac{1}{2}q_3^2.$$

9. Записать функцию Лагранжа тяжелой материальной точки, движущейся по плоскости, перпендикулярной заданному вектору $\vec{n}$.

10. Записать функцию Лагранжа тяжелой материальной точки, движущейся по конусу с вертикально ориентированной осью симметрии и заданном углом $\alpha = const$ при вершине.

11. Частица движется в потенциальном поле $U(\vec{r})=-\dfrac{\alpha}{r^3}$**.** Доказать, что при $E<0$ частица будет падать на центр с бесконечно большой скоростью.

1.5 Системы с обобщенно-потенциальными силами.

1.5.1 Обобщение понятия потенциальных сил. Определение и структура обобщенного потенциала.

1.5.2 Структура обобщенно-потенциальных сил и лагранжиана в обобщенных координатах.

1.5.2 Сила Лоренца как обобщенно-потенциальная сила. Лагранжиан заряженной частицы в электромагнитном поле.

1.6 Законы сохранения обобщенного импульса и обобщенной энергии.

1.6.1 Понятие I и II интегралов движения. Дивергентная форма законов изменения.

1.6.2 Определение и закон изменения обобщенного импульса.

1.6.3 Определение и закон изменения обобщенной энергии.

1.6.4 Определение циклических переменных (времени и координат).

1.6.5 Теорема о сохранении заданной компоненты обобщенного импульса.

1.6.6 Теорема о сохранении заданной обобщенной энергии.

1.6.7 Связь интегралов движения с симметрией системы. Теорема Нётер для лагранжевых систем.

Контрольные вопросы *к разделу 1.5-1.6:*

1. Показать, что мощность стационарной обобщенно-потенциальной силы равна нулю.
2. Найти силы, действующие в системе, описываемой лагранжианом:

а) $L = \frac{1}{2}(\dot{q}_1^2 + \alpha \dot{q}_1 \dot{q}_2 + t_2 \dot{q}_3^2) + t\dot{q}_3 q_3 + \frac{1}{2} q_3^2,$ $\qquad (|\alpha| < 2)$

б) $L = \frac{1}{2}(\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + t^2 \dot{q}_3^2) + 2t\dot{q}_3 q_3 + 3q_3^2 .$

3. Записать I и II интегралы движения для системы, описываемой лагранжианом:

$$L = \frac{m\dot{x}^2}{2} - \alpha\, x \qquad \alpha = const\ .$$

3. Система описывается лагранжианом:

$$L = \frac{m}{2}(\dot{r}^2 + r^2 \sin^2\theta\dot{\varphi}^2 + r^2\dot{\theta}^2) - \frac{eh}{c}\dot{\varphi}\cos\theta\ .$$

Привести закон изменения переменной θ к дивергентной форме.

5. Как изменяется энергия системы, состоящей из двух частиц, связанных невесомым стержнем, который увеличивает свою длину по заданному закону?

6. Найти первые интегралы тяжелой материальной точки, движущейся по плоскости, перпендикулярной заданному вектору $\vec{n}$.

7. С помощью теоремы Нётер найти интеграл движения частицы, двигающейся в поле:

а) $U(\vec{r}) = (\vec{a}\cdot\vec{r}),$ $\qquad (\vec{a} = const)$

б) $U(\vec{r},t) = U(\vec{r} - \vec{v}t),$ $\qquad (\vec{v} = const)$.

1.7. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).

1.7.1. Преобразования Лежандра.

1.7.2. Вывод уравнений Гамильтона с помощью преобразований Лежандра.

1.7.3. Первые интегралы уравнений Гамильтона.

1.7.4. Примеры функций Гамильтона потенциальных и обобщенно-потенциальных систем.

1.7.5. Понятие функции Раусса. Метод функции Раусса.

1.7.6. Вывод уравнений Гамильтона из вариационного принципа.

1.8. Скобки Пуассона.

1.8.1. Определение скобки Пуассона. Связь скорости изменения произвольной функции импульсов и координат на траектории движения заданной гамильтоновой системы со скобками Пуассона.

1.8.2. Свойства скобок Пуассона (с доказательством каждого из них).

1.8.3. Теорема Пуассона.

1.8.4. Запись уравнений Гамильтона через скобки Пуассона.

1.8.5. Классические аналоги коммутационных соотношений Гейзенберга.

Контрольные вопросы *к разделу 1.7-1.8:*

1. Выполнить преобразование Лежандра функции

$$f(x,y,z) = \frac{1}{2}x(y^2 + z^2) \qquad \text{по переменным } y \text{ и } z\ .$$

2. Найти первые интегралы уравнений Гамильтона для системы заряженных частиц, движущейся в постоянном магнитном поле.

3. Найти первые интегралы уравнений Гамильтона свободного симметричного волчка с закрепленной точкой, описываемого лагранжианом

$$L = \frac{I}{2}(\dot{\varphi}^2 \sin^2\theta + \dot{\theta}^2) + \frac{I_3}{2}(\dot{\varphi}\cos\theta + \dot{\psi})^2 .$$

4. Записать функцию Раусса для свободного симметричного волчка с закрепленной точкой (см. вопрос 3).

5. Записать функцию Гамильтона для системы, описываемой лагранжианом

$$L = \frac{1}{2}(\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 .$$

6. Доказать тождество Якоби.

7. Доказать, что частная производная по времени от интеграла движения консервативной гамильтоновой системы тоже является интегралом движения этой системы.

8. Найти скобку Пуассона $\left[v_i, v_j\right]$ для заряженной частицы в поле $\vec{A} = \frac{1}{2}(\vec{h}\times\vec{r})$, где $h = const$, v_i - декартова компонента вектора скорости частицы.

9. Найти интегралы движения электрона в кристалле при наложении на него однородного магнитного поля $A = \frac{1}{2}(\vec{h}\times\vec{r})$, если невозмущенное движение электрона описывается интегралом энергии $E = \varepsilon(\vec{p})$.

10. Доказать тождество Якоби для коммутаторов (квантовых скобок Пуассона).

II. Движения в центрально-симметричном поле.

2.1. Интегрирование уравнений движения материальной точки в центрально-симметричном поле (ЦСП).

2.1.1. Определение и свойства ЦСП.

2.1.2. Лагранжиан, интегралы движения и закон движения (в квадратурах) частицы в ЦСП.

2.1.3. Четыре режима движения в ЦСП, условия замкнутости орбиты и падения на центр.

2.2. Задача двух тел

2.2.1.Определение задачи двух тел, лагранжиан. Сведение задачи двух тел к задаче о движении в ЦСП.

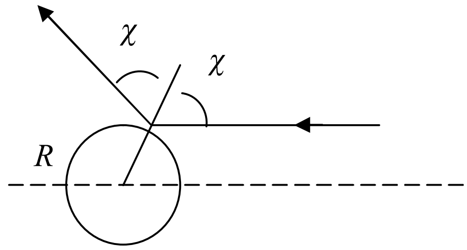
2.3. Задача Кеплера

2.3.1. Траектория и параметры движения материальной точки в задаче Кеплера (в полярной системе координат).

2.3.2. Законы Кеплера.

Контрольные вопросы *к разделу 2.1 - 2.3*

1. К какому типу поля – отталкивающему или притягивающему – относится поле, описываемое потенциалом $V(r) = \dfrac{\alpha}{r} - \dfrac{\beta}{r^3}$.
2. Охарактеризовать движение частицы в центральном поле, если оно описывается с помощью вращающейся с постоянной угловой скоростью Ω вокруг оси z сферической системы координат, при условии, что направление оси z перпендикулярно вектору кинетического момента частицы.
3. Сформулировать начальные условия, при которых две разноименные заряженные частицы разных масс будут совершать движение по окружности с заданной угловой скоростью Ω вокруг центра масс системы.
4. При каком условии рассеяние частицы в поле
$$V(r) = \begin{cases} V_0, & r < R \\ 0, & r > R \end{cases}$$
происходит так, как изображено на рисунке



5. Частица массы m_1 налетает из бесконечности со скоростью v_0 на покоящуюся частицу массы m_2. При каком условии частицы не столкнутся друг с другом, если потенциал их взаимодействия равен $V(r) = -\dfrac{\alpha}{r^2}$.
6. При каком условии центр масс двух заряженных частиц, взаимодействующих с постоянным магнитным полем, будет двигаться с постоянной по величине и по направлению скоростью.
7. По какой траектории будет происходить движение в поле $V(r) = -\dfrac{\alpha}{r} + \dfrac{\beta}{r^2}$. Найти выражения (в полярной системе координат) для соответствующей ей кривой.
8. Доказать, что в поле $V(r) = -\dfrac{\alpha}{r}$ (задача Кеплера) сохраняется вектор Лапласа $\vec{f} = (\vec{v} \times \vec{K}) - \dfrac{\alpha\,\vec{r}}{r}$, где $\vec{K} = m(\vec{r} \times \vec{v})$ - вектор кинетического момента частицы.
9. Определить время падения частицы с расстояния R в центр поля $V(r) = -\dfrac{\alpha}{r}$, если в начальный момент скорость частицы равна нулю (рассматривать траекторию как вырожденный эллипс).

III. Малые колебания консервативных систем.

3.1. Состояния равновесия механических систем и их устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости положений равновесия консервативных систем.

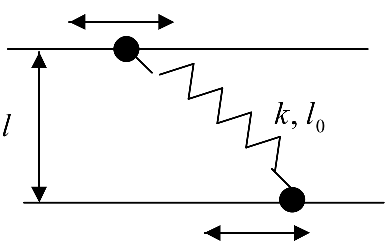
3.2. Линеаризация консервативных систем в малой окрестности устойчивых состояний равновесия. Определение и лагранжиан малых колебаний. Разбиение линеаризованных систем на парциальные подсистемы. Силовая и инерционная связь.

3.3. Отыскание нормальных частот и нормальных колебаний (алгебраический и динамический подход). Условие ортонормированности собственных векторов линеаризованной задачи, включая случай вырождения.

Контрольные вопросы *к разделу3.1 - 3.3*

1. Для системы, описываемой лагранжианом $L = \frac{1}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) - \frac{1}{3}x^3\dot{y}$. Найти положение равновесия и охарактеризовать его устойчивость.
2. Система, описывается лагранжианом $L = \frac{1}{2}(y\dot{x} + x\dot{y})^2 - \frac{1}{2}(y(x-x_0)^2 + x(y-y_0)^2)$. Найти разбиение системы на парциальные подсистемы. Указать тип связей и найти их коэффициенты.

3. Для системы, изображенной на рисунке найти нормальные колебания



4. Найти нормальные колебания в системе, описываемой лагранжианом $$L = \frac{1}{2}ml^2\,\dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2}ml^2(\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^2 + mgl\cos\varphi_1 + mgl\cos(\varphi_1 + \varphi_2).$$

IV.Движение твердого тела

4.1. Описание движения твердого тела.

4.1.1. Задание положения твердого тела. Углы Эйлера. Соотношения Эйлера.

4.1.2. Теорема Кёнига (кинетическая энергия твердого тела).

4.1.3. Кинетический момент твердого тела. Тензор инерции. Приведение тензора инерции к главным осям эллипсоида инерции.

4.1.4. Запись осевого момента, кинетической энергии вращения и кинетического момента вращения через тензор инерции.

4.2. Интегрируемые задачи механики твердого тела.

4.2.1. Уравнения Эйлера. Задача Эйлера для случаев симметричного и произвольного волчка. Интерпретация Пуансо.

4.2.2. Задача Лагранжа. Лагранжиан , эффективный потенциал и качественное описание движения твердого тела в задаче Лагранжа.

Контрольные вопросы к разделу 4.1 - 4.2

1. Симметричный волчок совершает вращение в вертикальной плоскости, которая, в свою очередь, вращается вокруг вертикальной оси с заданной угловой скоростью Ω . Расписать проекции вектора угловой скорости тела на главные оси его тензора инерции.

2. Записать кинетическую энергию и кинетический момент ротатора, свободно движущегося в пространстве.

3. Найти закон движения в квадратурах тяжелого ротатора, движущегося в неподвижной вертикальной плоскости так, что один конец его скользит по горизонтальной прямой.

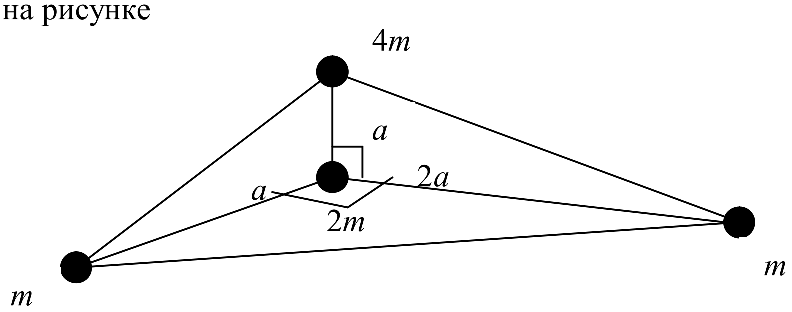
4. Найти частоту малых колебаний плоского физического маятника.

5. Записать осевой момент твердого тела вращающегося вокруг оси, лежащей в плоскости (x_1, x_2) главных осей тензора инерции $I_{i,j} = \delta_{i,j} I_i$ под углом 30^0 к оси x_1.

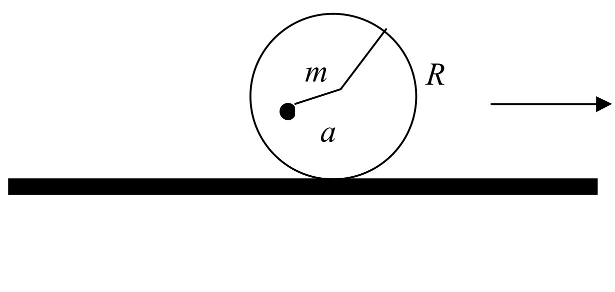
6. Изобразить эллипсоид инерции а) однородного цилиндра конечной длины;
б) ротатора.

7. Записать гамильтониан тяжелого симметричного волчка задачи Лагранжа.

8. Найти главные центральные моменты инерции твердого тела, состоящего из четырех материальных точек, расположенных в вершинах тетраэдра так, как показано на рисунке



9. Цилиндр радиуса R и массы M проткнут параллельно оси тонкой спицей массы m на расстоянии a от центра и катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Записать функцию Лагранжа такого тела.



V. Канонические преобразования.

5.1. Канонические преобразования общего вида

5.1.1 Определение канонических преобразований. Производящая функция (4вида) и формулы преобразований канонических переменных и энергии.

5.1.2. Примеры канонических преобразований. Производящие функции тождественного и точечного преобразований.

5.1.3.Критерий каноничности. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований.

5.2. Бесконечно малые канонические преобразования.

5.2.1. Определение и производящая функция бесконечно малых канонических преобразований. Движение гамильтоновой системы как частный случай канонического преобразования импульсов и координат системы.

5.2.2. Преобразование симметрии. Теорема о симметрии с существованием интегралов движения гамильтоновых систем.

5.2.3. Основные симметрии ньютоновой механики.

5.3. Теорема и уравнение Лиувиля.

5.3.1. Интегральные инварианты Пуанкаре. Якобиан канонических преобразований и сохранение фазового объема при движении гамильтоновых систем.

5.3.2. Теорема Лиувиля о сохранении функции плотности состояний при движении гамильтоновых систем. Уравнения Лиувиля.

Контрольные вопросы *к разделу 5.1 -5.3*

1. Найти условия каноничности и производящую функцию типа $F_1(q,Q)$ для касательного преобразования вида

$$\begin{cases} q = P + aQ^2 \\ p = bQ + (P - cQ^2)^2 \end{cases}.$$

2. Дана производящая функция $F_1 = qQ^2$. Найти соответствующую ей производящую функцию типа $F_2(q,P)$.

3. Дано преобразование, описываемое производящей функцией $F_1 = \frac{1}{2}q^2 Q$.

Показать, что для него выполнено условие $\frac{\partial p}{\partial q} = 0$.

4. Найти производящую функцию для преобразования

$$\begin{cases} q_1 = q_2 - P_1 \\ q_2 = -q_1 + P_2 \end{cases}.$$

5. Найти производящую функцию типа F_1, диагонализирующую гамильтониан $H = \frac{1}{2}p_1^2 + \frac{1}{2}(q_1 + q_2)^2$.

6. Найти функцию Лагранжа системы, описываемой гамильтонианом $H = \frac{1}{2} p_1^2 + \frac{1}{2}(q_1 + q_2)^2$.

7. Найти производящую функцию бесконечно- малого преобразования Галилея.

8. Найти производящую функцию бесконечно- малого преобразования поворота $\varphi' = \varphi + \varepsilon\, \Omega\, t \qquad (\varepsilon > 0)$.

9. Используя теорему о симметрии гамильтоновых систем, найти интеграл движения материальной точки, движущейся в потенциальном поле

а) $U(\vec{r}) = -(\vec{a} \cdot \vec{r}) \qquad (\vec{a} = const)$

б) $U(\vec{r}, t) = U(\vec{r} - \vec{v}t) \qquad (\vec{v} = const)$.

10. Прямым вычислением доказать, что Якобиан канонического преобразования равен единице.

VI. Метод Гамильтона – Якоби.

6.1. Постановка задачи в методе Гамильтона – Якоби. Уравнения Гамильтона – Якоби. Полный интеграл и разделение переменных в уравнениях Гамильтона – Якоби. Отыскание закона движения с помощью полного интеграла.

6.2. Характеристическая функция Гамильтона. Отыскание закона движения консервативных систем методом характеристической функции Гамильтона.

6.3 Периодические и условно – периодические движения. Определение полностью интегрируемых систем.

6.4. Переменные действие-угол. Отыскание спектра частот полностью интегрируемых систем с помощью переменных действие-угол. Переменные действие-угол в задаче о линейном гармоническом осцилляторе.

6.5. Лучевые свойства механических траекторий. Геометро - оптическая аналогия и волновая механика.

Контрольные вопросы *к разделу 5.1 -5.3*

1. Доказать, что, если гамильтониан системы имеет вид

$$H = H(\varphi(q_1, p_1), q_2, \ldots q_s, p_2, \ldots p_s, t),$$

то функция $\varphi(q_1, p_1)$ является интегралом движения.

2. Методом Гамильтона – Якоби проинтегрировать систему

а) $L = \frac{1}{2}\dot{q}_1^2 + \frac{1}{2} q_2^2 \dot{q}_2^2 - q_2$

б) $L = \frac{1}{2}\frac{\dot{q}_1^2}{q_1} + \frac{1}{2}\dot{q}_2^2 + \frac{1}{2} q_2^2$.

3. Записать уравнения для производящей функции типа F_1, преобразующей гамильтониан консервативной системы к виду $H' + Q_1$.

Выразить с помощью F_1 закон движения системы в исходных переменных.

VII. Дифференциальная формулировка закона движения механических систем

7.1. Принцип Даламбера.

7.1.1. Связи и их классификация. Виртуальные и возможные перемещения. Число степеней свободы неголономных систем.

7.1.2.Виртуальная работа. Обобщенная сила. Понятие и примеры идеальных связей.

7.1.3.Формулировка принципа Даламбера. Общее уравнение динамики (уравнение Даламбера – Лагранжа). Вывод уравнений Лагранжа I иII второго рода из общего уравнения динамики.

7.2. Динамика непотенциальных систем.

7.2.1.Законы изменения обобщенного импульса и обобщенной энергии для непотенциальных систем. Определение гироскопических и диссипативных сил.

7.2.2.Диссипативные силы вязкого трения. Функция Рэлея. Уравнение Лагранжа для диссипативных систем в случае вязкого трения.

Контрольные вопросы *к разделу 7.1 -7.2*

1. Записать уравнения связи для системы, состоящей из двух материальных точек, размещенных на концах невесомого стержня фиксированной длины l, центр которого совершает вращение по окружности заданного радиуса R с постоянной угловой скоростью Ω.

2. Тяжелая материальная точка движется по окружности заданного радиуса R. Показать, что связи, наложенные на систему, идеальные.

3. Доказать, что сила Лоренца – гироскопическая сила.

4. Записать законы изменения обобщенного импульса и обобщенной энергии тяжелой частицы, движущейся в вязкой среде.

5. Записать Лагранжиан и уравнения Лагранжа сферического маятника, колеблющегося в вязкой среде.

Программа минимум

1. Формулировка принципа Гамильтона.
2. . Уравнения Лагранжа обобщенных потенциальных систем.
3. Функция Лагранжа

   а)математической точки в поле силы тяжести

   б)сферического маятника

   в) заряженной частицы в электромагнитном поле

   г)гармонического осциллятора .
4. Законы сохранения и изменения обобщенного импульса и энергии для потенциальных и непотенциальных систем.
5. Циклические переменные и обобщенные интегралы движения.
6. Определение обобщенно- потенциально силы.

7. Уравнения Гамильтона. Основные законы сохранения.
8. Гамильтониан а) заряженной частицы в электромагнитном поле
   б) гармонического осциллятора .
9. Определение скобок Пуассона.
10. Выражение для скорости изменения произвольной функции на траектории движения гамильтоновой системы.
11. Функция Лагранжа частицы в поле центральной силы.
12. Эффективный потенциал частицы в поле центральной силы.
13. Основные интегралы движения частицы в поле центральной силы.
14. Четыре режима движения в поле центральной силы.
15. Условия равновесия и устойчивость консервативных потенциальных систем.
16. Лагранжиан малых колебаний консервативных потенциальных систем.
17. Характеристическое уравнение для нормальных колебаний.
18. Углы и соотношения Эйлера.
19. Кинетическая энергия твердого тела (теорема Кенига).
20. Тензор инерции твердого тела.
21. Запись кинетической энергии вращения и кинетического момента через тензор инерции общего вида и тензор инерции, приведенный к главным осям.
22. Запись осевого момента через тензор инерции.
23. Четыре вида производящих функций (вместе с формулами преобразований).
24. Критерий каноничности преобразований.
25. Бесконечно- малые канонические преобразования (запись через производящую функцию).
26. Производящая функция основных преобразований симметрии ньютоновой механики.
27. Уравнение Гамильтона-Якоби. Полный интеграл в случае разделения переменных.
28. Отыскание закона движения с помощью полного интеграла уравнения Гамильтона-Якоби.
29. Полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби для консервативных систем. Укороченное уравнение Гамильтона-Якоби.
30. Переменные «действие- угол»: определение, отыскание частот периодических движений.
31. Виртуальная работа. Определение идеальных связей.
32. Принцип Даламбера, общее уравнение механики.
33. Определение гироскопических и диссипативных сил.
34. Уравнение Лагранжа II рода.

Функция Рэлея. Уравнение Лагранжа для диссипативных систем с вязким трением.

ЛИТЕРАТУРА ПО КУРСУ

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Механика.-М.: Наука, 1988.

2. Голдстейн Г. Классическая механика.-М.: Наука, 1975.
Дополнительная литература
1. Ольховский И.Н. Курс теоретической механики для физиков.-М.: Наука, 1970.
2. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике.-М.: Наука, 1966.
3. Арноль В.И. Математические методы классической механики.-М.: Наука, 1979.

ПРОГРАММА УПРАЖНЕНИЙ ПО КУРСУ МЕХАНИКА (классическая)

Интегрирование уравнений с одной степенью свободы.

1.1 Метод баланса энергии
1.2 Метод фазовой плоскости.
1.3 Режимы возможных движений.
1.4 Закон движения в квадратурах.
Задачи: [1,2] *№№* 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6.

II. Динамика лагранжевых систем.

2.1 Составление функции Лагранжа
2.1.1 Потенциальные системы
2.1.2 Обобщенно- потенциальные системы
2.2 Циклические переменные и первые интегралы движений уравнений Лагранжа.
Задачи: [1,2] *№№* 4.3, 4.4, 4.6, 4.12, 4.13, 4.15, 4.16.

III. Уравнения Гамильтона.

3.1 Первые интегралы уравнений Гамильтона.
3.2 Скобки Пуассона
Задачи: [1] *№№* 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7; 10.8, 10.10, 10.14,10.15, 10.21, 10.24, 10.25, 10.26.
[2] *№№* 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7; 10.9, 11.1,11.2, 11.8.

IV. Движение частиц в полях

4.1 Движение частиц в центрально- симметричном поле.
4.2 Эффективная потенциальная энергия при движении в ЦСП
4.3 Траектория и закон движения частицы в ЦСП.
4.4 Движение частиц в магнитном поле
4.5 Задача двух тел.
Задачи: [1] *№№* 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9; 2.10, 2.11, 2.12, 2.25, 2.26; 2.31, 2.32.
[2] №№ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.22, 2.23, 2.27, 2.28.

V. Малые колебания консервативных систем

5.1 Малые колебания с одной степенью свободы, частота колебаний.
5.2 Малые колебания с несколькими степенями свободы
5.2.1 «Линеаризация» функции Лагранжа, спектр собственных частот.
5.2.2 Ортогональность и нормировка собственных векторов.
Задачи: [1] *№№* 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.9; 6.1, 6.3, 6.5, 6.7, 6.8, 6.18, 6.20.
[2] *№№* 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.9; 6.1, 6.4, 6.6, 6.7, 6.10.

Движение твердого тела.

5.3 Тензор инерции, приведение к диагональному виду.
5.4 Углы Эйлера и соотношения Эйлера.
5.5 Функция Лагранжа при движении твердого тела.
5.6 Уравнения Эйлера, задача Эйлера.
Задачи: [1] *№№* 9.1, 9.2, 9.4, 9.6, 9.17.
[2] *№№* 9.1, 9.2, 9.4, 9.6, 9.10.

VI. Канонические преобразования

6.1 Производящие функции.

6.2 Условия каноничности преобразований.

6.3 Диагонализация гамильтониана с помощью производящих функций.

Задачи: [1] *№№* 11.1, 11.2, 11.3, 11.7,11.12, 11.18, 11.25.

[2] *№№* 11.13, 11.14 11.15, 11.19,11.24, 11.30.

VIII. **Уравнения Гамильтона- Якоби**

8.1 Составление уравнений

8.2 Метод разделения переменных, отыскание интеграла уравнения.

8.3 Уравнения траектории и закон движения

Задачи: [1,2] *№№* 12.1, 12.2, 12.7, 12.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо. Сборник задач по классической механике, изд Наука, гл ред физ-мат лит, М, **1977** г.
2. Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо. Сборник задач по классической механике, изд Наука, гл ред физ-мат лит, М, **1969** г.

УДК **530.1**

Развернутая программа курса «Классическая механика»
Учебно-методическое пособие/ Сост. Мотова М.И., Петров В.В. —
Нижний Новгород: ННГУ, 2006. 15 с.

Пособие предназначено для студентов-радиофизиков, а также для студентов физических специальностей университетов.
Рис. 4. Библиогр. назв. 7

Составители: **Мотова М.И., Петров В.В.**

Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского, 2006

РАЗВЕРНУТАЯ ПРОГРАММА КУРСА

«КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Методическое пособие

Составители: **Марина Ильинична Мотова,**
Валерий Владимирович Петров

Подписано к печати______________ . Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл.печ.л. 1,1. Тираж 100 экз. Заказ ________
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского.
603950 ГСП-20, Н. Новгород, просп. Гагариаа, 23.

Типография ННГУ. 603000, Н. Новгород, ул. Б. Покровская, 37.