

КГКП «Сарыкольский колледж агробизнеса и права»

Учебно-методическое пособие по физике

Раздел «Динамика»

Составитель: Курмангалеев Б.М

П. Сарыколь
2024

Программа курса «Механика и теория относительности».

I. Организационно-методический раздел первого семестра.

1.1. Название курса: Механика и теория относительности.

Курс реализуется в рамках направления подготовки 230100.62 «Информатика и вычислительная техника», относится к циклу общих математических и естественно-научных дисциплин. Курс читается во втором семестре

1.2. Цели и задачи курса.

Основной целью освоения дисциплины является изучение основных законов нерелятивистской и релятивистской механики. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса: изучить механику Ньютона и специальную теорию относительности. Кроме этого введен небольшой раздел механических волн для знакомства с волновыми движениями и волновым уравнением.

1.3. Требования к уровню освоения содержания курса (дисциплины).

По окончании изучения указанной дисциплины студент должен

- **иметь представление** о естественнонаучной картине мира, о фундаментальных силах взаимодействия - гравитационное, электрослабое и сильное взаимодействия.

—

– **знать** основные законы механики и специальной теории относительности, основные принципы ядерной энергетики и её перспективах.

– **уметь** делать оценки и решать простые задачи по данному курсу

1.4. Формы контроля

Итоговый контроль. Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен.

Текущий контроль. В течение семестра выполняются 2 контрольные работы, принимаются 2 задания. Выполнение указанных видов работ является обязательным для всех студентов, а результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в ведомость контрольной недели на факультете.

1.4. Структура и содержание дисциплины _____ Механика и теория относительности

№ п/ п	Раздел дисципли ны	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)		
		Л ек - ц и и,	Прак - тичес кие занят ия,	В начале каждого очередного занятия проверка задач, заданных на дом
1	Нерелятивистс кая кинематика	2	2	4
2	Релятивистск ая кинематика	2	2	4
3	Нерелятивистс кая динамика. Фундаментальн ые взаимодействия	2	2	8
4	Релятивистск ая динамика	2	2	5
5	Колебания	2	2	5
8	Волнов ые движени я	2	2	4
6	Момент импульса. Центральное поле	2	2	5
7	Движение твёрдого тела. Статика	2	2	6

Содержание разделов и тем курса:

Нерелятивистская кинематика --- 2 л + 2 п.

1. Координаты, скорость, ускорение.
2. Движение по окружности, нормальная и тангенциальная составляющие ускорения. Общий случай движения по криволинейной траектории.
3. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности.
4. Преобразования Галилея.

Релятивистская кинематика --- 2 л + 2 п.

5. Постулаты Эйнштейна. Относительность одновременности. Неизменность поперечных размеров движущегося предмета. Замедление хода движущихся часов. Сокращение продольных размеров движущегося предмета.
6. Преобразования Лоренца. Релятивистские преобразования скорости.

Нерелятивистская динамика.

Фундаментальные взаимодействия --- 2 л 2 п.

7. Законы динамики Ньютона.
8. Импульс. Закон сохранения импульса у замкнутой системы тел. Центр инерции.
9. Работа. Кинетическая энергия. Связь работы силы с изменением кинетической энергии.
10. Потенциальные силы. Потенциальная энергия.
11. Закон сохранения энергии.
12. Распады и соударения в нерелятивистской механике

Релятивистская динамика --- 2 л + 2 п.

13. Релятивистские энергия и импульс. Фотон.
14. Понятие о методе встречных пучков.

Колебания --- 2 л + 2 п.

15. Одномерное движение в потенциальном поле. Период колебаний.
16. Линейный осциллятор. Линейность уравнений и принцип суперпозиции.
17. Затухающие и вынужденные колебания, резонанс.
18. Механические волны. Волновое уравнение. Волны на струне.

Момент импульса. Центральное поле --- 2 л + 2 п

19. Момент силы. Момент импульса и его связь с секториальной скоростью. Закон сохранения момента импульса для движения частицы в центральном поле и у

замкнутой системы тел.

20. Движение в центральном поле.

21. Задача Кеплера.

Движение твердого тела. Статика --- 2 л + 2 п.

22. Поступательное и вращательное движение твердого тела.

23. Кинетическая энергия твердого тела. Момент инерции.

24. Момент импульса твердого тела.

25. Элементы статики.

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен.

Выполнение указанных видов работ является обязательным для всех студентов, а результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в журнал.

Экзамен проводится только после полной сдачи заданий.

Вопросы к экзамену по курсу Механика и теория относительности:

1. Координаты, скорость, ускорение.

2. Движение по окружности. Нормальная и тангенциальная составляющие ускорения. Общий случай движения по криволинейной траектории.

3. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности. Преобразования Галилея.

4. Постулаты Эйнштейна и первые следствия из них. Замедление хода движущихся часов. Сокращение продольных размеров движущегося предмета.

5. Преобразования Лоренца. Релятивистские преобразования скорости.

6. Интервал и собственное время. 4-векторы.

7. Законы динамики Ньютона.

8. Закон сохранения импульса у замкнутой системы тел. Центр масс.

9. Работа. Кинетическая энергия. Связь работы силы с изменением кинетической энергии.

10. Потенциальные силы. Потенциальная энергия. Примеры.

11. Закон сохранения энергии.

12. Релятивистские энергия и импульс.
13. Фотон. Эффект Доплера.
14. Понятие о методе встречных пучков.
15. Одномерное движение в потенциальном поле. Линейный осциллятор.
16. Затухающие колебания.
17. Вынужденные колебания, резонанс.
18. Момент силы. Момент импульса и его связь с секториальной скоростью.
19. Закон сохранения момента импульса для движения частицы в центральном поле и у замкнутой системы частиц.
20. Движение в центральном поле.
21. Задача Кеплера.
22. Поступательное и вращательное движение твердого тела.
23. Кинетическая энергия твердого тела. Момент инерции.
24. Момент импульса твердого тела.

2. **Учебно-методическое обеспечение дисциплины:** имеется учебное пособие по курсу

2.1 примеры заданий и контрольных:

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ №1

1. Жук ползёт по глобусу радиуса $R = 0,5$ м из Камчатки (160° восточной долготы и 60° северной широты) в Бразилию (50° западной долготы и 10° южной широты), выбирая кратчайшее расстояние. Найти длину этого пути.

2. Самолёт летит по прямой с постоянной скоростью V и пролетает мимо радиолокатора на наименьшем расстоянии L . Найти **зависимость** от времени угла поворота , угловой скорости и углового ускорения антенны локатора, следящего засамолётом. Привести графики этих величин.

3. Для тела, брошенного под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту с начальной

скоростью V
 $= 40$ м/с, найти значения скорости V , ускорения a , нормальной a_n и тангенциальной a_t составляющих ускорения, а также радиус кривизны траектории $R_{кр}$ через 1 секунду после начала движения.

4. Автомобиль спускается по винтовой дороге (радиус ее R , шаг винта h) со скоростью $V = \square t$. Найти ускорение автомобиля a и его нормальную a_n и тангенциальную a_t составляющие, а также радиус кривизны $R_{кр}$ траектории автомобиля.

5. Пусть в некоторой инерциальной системе отсчета S произошли три события $(ct_1; x_1) = (1; 1)$ м, $(ct_2; x_2) = (5; 6)$ м и $(ct_3; x_3) = (6; 5)$ м. Рассмотрим пару событий i и j ($i, j = 1,2; 1,3; 2,3$). В какой инерциальной системе отсчета S' эти события одновременны или одноместны? Для одновременных событий указать расстояние между ними в S' -системе, а для одноместных - разницу во времени между ними в S' -системе.

6. Мимо перрона проезжает со скоростью V релятивистский поезд. Ученый А определил его длину следующим образом: он выставил наблюдателей с часами вдоль перрона и велел им засечь в одно и то же время координаты начала X_1 и конца X_2 поезда, после чего объявил, что длина поезда $L = (x_2 - x_1)$. Ученый В определил длину поезда иначе: стоя на одном месте перрона, он засек по своим часам время t_1 и t_2 прохождения мимо него головы и хвоста поезда. С его точки зрения длина поезда

$L = (t_2 - t_1)$. Попробуйте стать судьей в споре ученых А и В и указать, кто из них прав. На сколько будут отличаться полученные ими длины L_A и L_B от собственной длины поезда L_0 ?

7. Над Омском и Новосибирском одновременно в системе Земли навстречу друг другу пролетели два релятивистских самолета, со скоростями V_1 и V_2 . Найдите время полета самолетов до встречи, в системе Земли и в системе 1го самолета.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ №2

8. Веревка длиной $l = 1$ м соскальзывает без трения в отверстие в столе под действием силы тяжести ($g = 10$ м/с). Найти время соскальзывания, если в начальный момент длина свисающей части равна половине длины веревки.

9. Найти закон движения частицы в поле $U(x) = -kx^4$, если ее энергия равна нулю. Рассмотреть случаи: $x(0) = a, V(0) < 0$ и $x(0) = a, V(0) > 0$.

10. Бусинка скользит по гладкой проволоке, имеющей форму $y = a \operatorname{ch}(x/b)$ и расположенной в вертикальной плоскости в поле тяжести ($g = 10$ м/с).. Найти частоту малых колебаний бусинки.

11. Определить порог рождения протон-антипротонной пары при столкновении позитрона с покоившимся электроном. Сравнить со случаем встречных $e + e^-$ пучков.

12. На будущих линейных ускорителях со встречными $e + e^-$ пучками предполагается получать пучки высокоэнергичных фотонов, рассеивая свет мощного лазера на e^\pm пучках. Найти максимальную энергию фотона, рассеянного электроном с энергией 250 ГэВ, если энергия начального (лазерного) фотона равна 1 эВ.

13. Две одинаковые частицы массы m каждая связаны нитью, пропущенной через отверстие O в столе. Найти частоту малых вертикальных колебаний нижней частицы, если верхняя движется по гладкому горизонтальному столу по траектории, близкой к окружности радиуса R .

14. На подлете к Земле на расстоянии $OA = R$, $AB = 3R$ обнаружена комета (здесь R – радиус Земли). Найти минимальную скорость кометы v_0 , при которой она еще не упадет на Землю. Ускорение на поверхности Земли g .

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ ВАРИАНТ 1

1. Вертикальная решётка состоит из тонких пластин, образующих угол α с горизонтом. Справа на решётку налетают частицы с горизонтальной скоростью v . При какой вертикальной скорости решётки и частицы проходят через решётку? Влиянием силы тяжести на движение частиц пренебречь.

2. Частица движется в плоскости xu по окружности радиуса R так, что её угол $\varphi(t) = \beta t^4$. Найти модули скорости $v(t)$, продольного $a_t(t)$ и поперечного $a_n(t)$ ускорения частицы.

3. Длина стороны равностороннего треугольника в его собственной системе отсчёта S' равна l_0 . В инерциальной системе отсчёта S треугольник движется со скоростью $v=0,99c$ перпендикулярной к одной из сторон треугольника. Найти периметр этого треугольника в системе S .

4. Две релятивистских ракеты вылетают одновременно (в момент времени $t_1=t_2=0$) из городов A и B и направляются с постоянными скоростями v_1 и v_2 в город C .

Треугольник ABC --- равносторонний, длина $AB=l_0$. Найти время старта второй ракеты и время её прибытия в конечный пункт C по часам пилота первой ракеты.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ 21 ВАРИАНТ 2

1. Капли дождя из-за сопротивления воздуха падают с постоянной скоростью v , перпендикулярной поверхности земли. Под каким углом α необходимо расположить цилиндрическое ведро, находящееся на движущейся горизонтально со скоростью u платформе, чтобы капли не попадали на его стенки?
2. Частица движется в плоскости xu по окружности радиуса R так, что её угол $\phi(t) = \beta t^5$. Найти модули скорости $v(t)$, продольного $a_t(t)$ и поперечного $a_n(t)$ ускорения частицы.
3. Длина катета равнобедренного прямоугольного треугольника в его собственной системе отсчёта S' равна l_0 . В инерциальной системе отсчёта S треугольник движется со скоростью $v=0,99c$ параллельной одному из катетов треугольника. Найти периметр этого треугольника в системе S .
4. Две релятивистских ракеты вылетают одновременно (в момент времени $t_1=t_2=0$) из городов A и B и направляются с постоянными скоростями v_1 и v_2 в город C. Треугольник ABC --- прямоугольный равнобедренный, катет $AB=l_0$. Найти время старта первой ракеты и время её прибытия в конечный пункт C по часам пилота второй ракеты.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ,

1. Пуля массы m пролетает сквозь вязкую среду толщиной l . Сила сопротивления при движении в этой среде равна $F_x = -\alpha v^2$. Найти начальную скорость пули v_0 , если конечная скорость пули равна v_k .
2. Период обращения спутника, вращающегося по круговой траектории вблизи поверхности Луны, равен 110 мин. Известно, что гравитационная постоянная $G=6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2/\text{кг}^2$. По этим двум данным определить

плотность Луны, считая её однородным шаром.

3. Однородный стержень OA может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через точку O . Длина стержня равна $l=1,2$ м. В начальный момент стержень отпускают из горизонтального положения без начальной скорости. Найти скорость точки A стержня в момент, когда он примет вертикальное положение. Ускорение силы тяжести $g=10$ м/с².

4. Неизвестная частица распадается на лету на 4 частицы, разлетающихся с одинаковыми скоростями $v=4c/5$ так, что углы разлёта соседних частиц равны 90° (см. рисунок). Масса одной из частиц равна $2m$, массы трёх остальных частиц одинаковы и равны m . Найти массу M неизвестной частицы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ ВАРИАНТ 1

1. Гладкая шайба скользит со скоростью $v_0=3$ м/с по горизонтальному столу высотой $h=0,8$ м и затем падает. Найти радиус кривизны траектории шайбы в момент касания пола. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

2. Частица движется в плоскости xu по закону (в полярных координатах) $r=v_0 t$, $\phi = \omega t$, где v_0 и ω --- известные константы. Найти модули скорости $v(t)$ и ускорения

$a(t)$ частицы.

3. В собственной системе отсчёта S' ромб $ABCD$ имеет сторону $AB=a_0$ и угол $\angle DAB = \alpha_0 = 60^\circ$. Найти периметр ромба в системе отсчёта S , в которой он движется со скоростью $V=0,8c$ вдоль стороны AB .

4. Две релятивистских ракеты вылетают одновременно (в момент времени $t_1=t_2=0$) из городов A и B и направляются с постоянными скоростями v_1 и v_2 в город C . Треугольник

ABC - равносторонний, длина $AB=l_0$. Найти время старта второй ракеты и время её прибытия в конечный пункт C по часам пилота первой ракеты.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ ВАРИАНТ 2

1. Машина движется со скоростью $v_0=144$ км/час по горизонтальному шоссе и срывается в пропасть глубиной $h=45$ м. Найти радиус кривизны траектории машины в конце её траектории. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².
2. Частица движется в плоскости xu по закону $x=\alpha t, \sin(\beta t), y=\alpha t, \cos(\beta t)$, где α и β --- известные константы. Найти модули скорости $v(t)$ и ускорения $a(t)$ частицы.
3. В собственной системе отсчёта S' ромб $ABCD$ имеет сторону $AB=a_0$ и угол $DAB=\alpha_0 = 120^\circ$. Найти периметр ромба в системе отсчёта S , в которой он движется со скоростью $V=0,6$ с вдоль стороны AB .
4. Две релятивистских ракеты вылетают одновременно (в момент времени $t_1=t_2=0$) из городов A и B и направляются с постоянными скоростями v_1 и v_2 в город C . Треугольник ABC --- прямоугольный равнобедренный, катет $AB=l_0$. Найти время старта первой ракеты и время её прибытия в конечный пункт C по часам пилота второй ракеты.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

1. Пуля массы m пролетает сквозь неподвижную вязкую среду толщиной l . Сила сопротивления при движении в этой среде равна $F_x=-\alpha v$. Найти начальную скорость пули v_0 , если конечная скорость пули равна v_k .
2. Тонкий невесомый стержень длиной $2l$ может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через его середину O . На концах стержня закреплены частицы массы m и $2m$. Найти период малых колебаний этого маятника. Ускорение силы тяжести равно g .
3. На каком расстоянии R от центра Земли должен вращаться спутник, чтобы его период обращения был равен 12 часам. Землю считать однородным шаром радиуса $R_3=6400$ км, ускорение силы тяжести на поверхности Земли $g=10$ м/с².
4. Неизвестная частица распадается на лету на 3 одинаковые частицы,

разлетающиеся с одинаковыми скоростями $v=4c/5$ (здесь c --- скорость света) так, что углы вылета крайних частиц $\alpha=60^\circ$ (см. рисунок). Массы образовавшихся частиц одинаковы и равны m . Найти массу M неизвестной частицы.

2.2. Список основной и дополнительной литературы

1. Кочеев А.А., Сербо В.Г. *Механика и теория относительности*, РИЦ НГУ, 2008; Москва-Ижевск НИЦ РХД, 2012.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. *Фейнмановские лекции по физике*, т.1-2. М.: Мир, 1977.
3. Астахов А.В. *Курс физики*, т.1. М.: Наука, 1977.
4. Сивухин Д.В. *Общий курс физики*, т.1. М.: Наука, 1974.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Механика*. М.: Наука, 1988.