

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра теории и методики профессионального образования

Составитель
Ю. В. Струкова

**ПД.03 ФИЗИКА.
РАЗДЕЛ «МЕХАНИКА»**

Практикум
для студентов 1 курса всех специальностей СПО

Рекомендовано цикловой методической комиссией
математических и естественнонаучных дисциплин
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензент: Кабачевская Е. В. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой теории и методики профессионального образования ИПО

Струкова Юлия Викторовна

ПД.03 Физика. Раздел «Механика» : практикум для студентов 1 курса всех специальностей СПО / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра теории и методики профессионального образования ; составитель Ю. В. Струкова. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (562 КБ). – Текст: электронный.

В материалах приведены основные теоретические положения, определения, формулы, а также задачи для самостоятельного решения по физике, раздел «Механика».

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2025
© Струкова Ю. В., составление,
2025

Оглавление

Кинематика. Основные физические величины.....	3
Равномерное движение.....	4
Неравномерное движение	5
Движение по окружности	7
Динамика. Основные физические величины	7
Силы. Законы Ньютона	10
Импульс. Закон сохранения импульса	11
Энергия. Закон сохранения энергии	12
Работа. Мощность. КПД	12
Статика Основные физические величины	13
Список литературы	15

Кинематика.

Основные физические величины

Кинематика – это наука, которая описывает количественные характеристики движения: время, расстояние, скорость.

Физические величины

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость

$\vec{v}_{\text{отн}}$ – относительная скорость

\vec{v}_1 – скорость первого тела

\vec{v}_2 – скорость второго тела

S – модуль перемещения

Δt – промежуток времени

x – конечная координата тела

x_0 – начальная координата тела

v_{0x} – проекция начальной скорости

a_x – проекция ускорения

t – момент времени

R – радиус окружности

ω – угловая скорость

Определения и формулы

Механическое движение – это изменение взаимного расположения тел или частей тела. Его можно наблюдать только относительно других тел.

Материальная точка – это объект, размеры которого можно не учитывать в расчетах в данных условиях.

Траектория движения тела – это линия, по которой движется тело.

Путь, пройденный телом – это определенный участок траектории, пройденный телом за определенное время.

Перемещение – векторная величина, связывающая две любые точки траектории.

Скорость \vec{v} – это векторная величина, которая характеризует направление и быстроту движения.

Средняя скорость – это отношение всего пройденного пути к затраченному на это движение времени:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{\Delta t}.$$

Относительная скорость равна векторной разности скоростей:

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2.$$

Ускорение тела \vec{a} является векторной величиной, равной отношению изменения скорости движения тела $\Delta\vec{v}$ к длительности промежутка времени, за которое это изменение скорости произошло, это тангенциальное ускорение:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}.$$

Уравнение движения для координаты:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Уравнение движения для скорости:

$$v_x = v_{0x} + a_x t.$$

Центростремительное (нормальное) ускорение направлено к центру кривизны траектории перпендикулярно к вектору скорости:

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}.$$

Угловая скорость:

$$\omega = \frac{v}{R}.$$

Равномерное движение

1. Мотоцикл едет по прямой дороге с постоянной скоростью 50 км/ч. По той же дороге навстречу ему едет автомобиль с постоянной скоростью 70 км/ч. Чему равен модуль скорости движения мотоцикла относительно автомобиля?

2. Движение двух велосипедистов задано уравнениями $x_1 = 10 + 2t$ и $x_2 = 4 + 5t$. Как эти велосипедисты движутся? Найдите время и координату места встречи велосипедистов. Велосипедисты двигаются вдоль одной прямой. Решите задачу аналитически и графически.

3. Опишите движения тел, графики которых приведены на рисунке 1. Запишите для каждого тела уравнение зависимости $x(t)$.

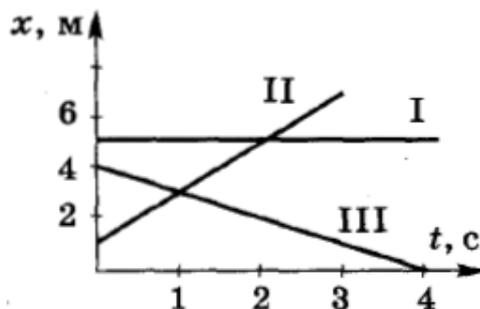


Рис. 1

4. На рисунке 2 изображен график зависимости координаты материальной точки от времени. Опишите движение точки в различные интервалы времени. Запишите уравнения движения для каждого интервала. Постройте графики проекции скорости в зависимости от времени.

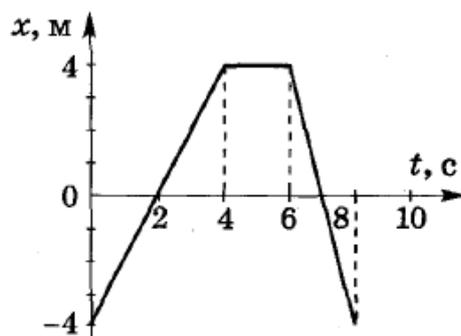


Рис. 2

Неравномерное движение

5. Велосипедист, двигаясь под уклон, проехал расстояние между двумя пунктами со скоростью, равной 15 км/ч. Обрато он ехал вдвое медленнее. Какова средняя путевая скорость на всем пути?

6. Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускоренно. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста $-0,5 \text{ м/с}^2$. Сколько секунд длился спуск?

7. Мальчик съезжает на санках равноускоренно со снежной горки. Скорость санок в конце спуска 10 м/с. Ускорение равно 1 м/с^2 , начальная скорость равна нулю. Какова длина горки?

8. Уравнение движения точки имеет вид $x = t^2 + 2$, м. Определите: а) среднюю скорость в промежутке времени от 2

до 4 с; б) значение скорости в момент времени $t = 3$ с.

9. Движение точки задано уравнением $x = 4t - 0,05t^2$. Определите момент времени, в который скорость равна нулю.

10. Координата x тела меняется с течением времени t согласно закону $x = 23 + 5t - 2t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию ускорения a_x этого тела. Найдите скорость тела в момент времени 1 с.

11. График зависимости координаты тела x имеет вид, указанный на рисунке. Найдите зависимость $x = x(t)$ и укажите, какое это движение.

12. На рисунке 3 представлен график зависимости модуля скорости v тела от времени t . Найдите путь, пройденный телом за время от 0 до 12 с. Определите ускорение на каждом из участков.

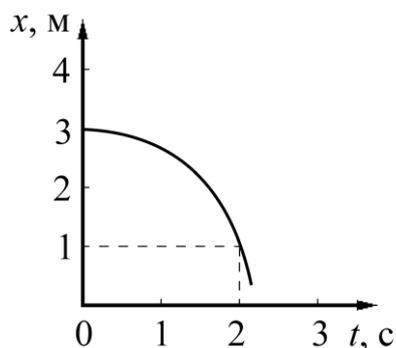


Рис. 3

13. На рисунке 4 показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Какой путь прошло тело в интервале времени от 5 до 10 с? Какова проекция a_x ускорения этого тела в каждый интервал времени?

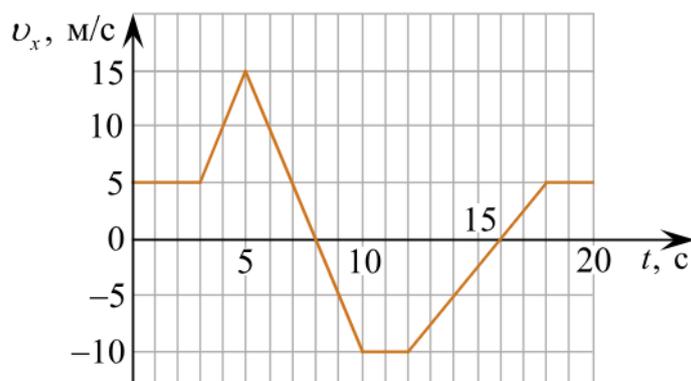


Рис. 4

14. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равен модуль скорости тела через 0,5 с после начала отсчета времени? Через какое время тело достигнет максимальной высоты подъема? Какое время спустя тело упадет на землю?

15. Человек, находящийся на балконе на высоте 20 м, подбрасывает вертикально вверх монету, сообщая ей начальную скорость 2 м/с. Через какое время после начала свободного полета монета упадет на землю?

16. Из окна бросили мяч в горизонтальном направлении со скоростью 12 м/с. Он упал на землю через 2 с. С какой высоты был брошен мяч, и на каком расстоянии от здания он упал?

17. Камень брошен под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 10 м/с. Через какое время камень будет на высоте 1 м?

Движение по окружности

18. Материальная точка равномерно движется по окружности радиусом 2 м с центростремительным ускорением, равным 2 м/с^2 . Определите скорость точки.

19. Вал диаметром 20 см при вращении делает один оборот за 0,4 с. Определите линейную скорость, а также центростремительное ускорение точек на поверхности вала. Вычислите угловую скорость.

20. Движение точки по окружности радиусом $R = 4 \text{ м}$ задано уравнением $S = 15 - 2t + t^2$. Все величины заданы в системе СИ. Найдите тангенциальное, нормальное и полное ускорения точки в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

Динамика.

Основные физические величины

Динамика – это наука о движении тел при воздействии на них внешних сил.

Физические величины

\vec{F} – сила

\vec{a} – ускорение

m – масса тела

\vec{p} – импульс тела

$\Delta\vec{p}$ – изменение импульса тела

$\vec{F}t$ – импульс силы

$E_{\text{кин}}$ – кинетическая энергия

$E_{\text{пот}}$ – потенциальная энергия

$E_{\text{мех}}$ – механическая энергия

h – высота тела над поверхностью

A – работа силы

$A_{\text{пол}}$ – полезная работа

$A_{\text{затр}}$ – затраченная работа

S – перемещение

P – мощность

η – коэффициент полезного действия

μ – коэффициент трения

k – коэффициент упругости пружины

Δl – растяжение или сжатие пружины

r – расстояние между центрами масс двух тел

Определения и формулы

Сила – это векторная величина, которая характеризует воздействие тел друг на друга. Сила, как любой вектор, имеет модуль, направление и точку приложения.

Сила тяжести $F_{\text{тяж}}$ – возникает из-за притяжения тела к Земле. Направлена вертикально вниз, приложена к центру масс тела:

$$F_{\text{тяж}} = mg.$$

Сила нормальной реакции опоры N – возникает из-за действия опоры на тело. Направлена перпендикулярно плоскости опоры или тела в точке контакта.

Сила трения $F_{\text{тр}}$ пропорциональна силе реакции опоры и перпендикулярна ей, направлена по касательной к поверхности против движения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$

Сила упругости направлена противоположно растяжению и прямо пропорциональна ему:

$$F_{\text{упр}} = -k\Delta l.$$

Вес тела возникает из-за действия тела на опору. Направлен перпендикулярно плоскости опоры или тела в точке контакта. Вес приложен к опоре или к подвесу.

Сила всемирного тяготения прямо пропорциональна массам взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

$G = 6,6 \times 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.

Сила натяжения нити $\vec{F}_{\text{НН}}$ возникает из-за действия нити на тело, приложена к точке подвеса.

Масса – это физическая величина, характеризующая гравитационные и инерционные свойства объекта.

Первый закон Ньютона предполагает существование таких систем отсчета, в которых материальные тела находятся в покое или движутся равномерно и по прямой, при условии, что на них нет воздействия каких-либо сил или действие этих сил скомпенсировано.

Второй закон Ньютона иллюстрирует зависимость ускорения тела от его массы и результирующей силы, действующей на него:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}.$$

Третий закон Ньютона предполагает, что при воздействии одного тела на другое с определенной силой, второе тело действует на первое с такой же силой. Их часто называют силами действия и противодействия:

$$F_{12} = -F_{21}.$$

Импульс – это векторная величина, которая рассчитывается по формуле

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Импульс силы связан с изменением импульса тела:

$$\vec{F}t = \Delta\vec{p}.$$

Закон сохранения импульса: векторная сумма импульсов всех тел, находящихся в системе, – величина постоянная, если внешнее воздействие на систему отсутствует или же их векторная сумма равна нулю:

$$\sum \vec{p} = \text{const.}$$

Энергия – это скалярная физическая величина, характеризующая способность физических объектов совершать работу.

Работа силы – это скалярная физическая величина, которая вычисляется по формуле

$$A = FS\cos\alpha.$$

Работа совершается, когда изменяется механическая энергия.

Механическая энергия бывает двух видов:

- кинетическая – является количественной мерой движения материальных тел:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2};$$

- потенциальная – обозначает энергию взаимодействия тел или их частей между собой:

потенциальная энергия тела, поднятого над землей

$$E_{\text{пот}} = mgh;$$

потенциальная энергия упруго деформированного тела

$$E_{\text{пот}} = \frac{k\Delta l^2}{2}.$$

Закон сохранения энергии в механике: энергия не исчезает и не возникает снова, она только переходит из одного вида энергии в другой или передается от одного объекта к другому.

Мощность – это скалярная физическая величина, которая показывает, как быстро совершается работа:

$$P = \frac{A}{t}.$$

КПД – коэффициент полезного действия показывает, какая часть затраченной работы уходит в полезную. Измеряется в долях от единицы или в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \times 100\%$$

Силы. Законы Ньютона

21. Под действием силы 150 Н тело движется прямолинейно так, что его координаты изменяется по закону $x = 100 + 5t + 0,5t^2$. Какова масса тела?

22. На тело массой 5 кг вдоль одной прямой действуют две силы: 12 Н и 8 Н. Определите ускорение этого тела в случаях:

- а) угол между ними составляет 0° ;

б) угол между ними – 180° .

23. Пружина с коэффициентом жёсткости 100 Н/м под действием некоторой силы удлинилась на 5 см . Каков коэффициент жёсткости другой пружины, которая под действием той же силы удлинилась на 1 см ?

24. Каково расстояние между однородными шарами массой 100 кг каждый, если они притягиваются друг к другу с силой равной $0,01 \text{ Н}$?

25. Космическая ракета при старте с поверхности земли движется вертикально с ускорением 20 м/с^2 . Найдите вес лётчика-космонавта в кабине, если его масса 90 кг .

26. Лыжник массой 60 кг , имеющий в конце спуска скорость 10 м/с , останавливается через 40 с после окончания спуска. Определите силу трения и коэффициент трения.

27. Автобус массой 10 т , трогаясь с места, приобрёл на пути в 50 м скорость 10 м/с . Найдите коэффициент трения, если сила тяги равна 14 кН .

28. Автобус массой 15 т движется так, что его скорость изменяется по закону $v = 0,7t$. Найдите силу тяги, если коэффициент трения равен $0,03$.

Импульс. Закон сохранения импульса

29. Движение материальной точки описывается уравнением $x = 5 - 8t + 4t^2$. Приняв её массу равной 2 кг , найти импульс через 2 с после отсчёта времени.

30. Тело движется по прямой под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н . Сколько времени потребуется для того, чтобы под действием этой силы импульс тела изменился на $50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$?

31. Движение материальной точки, масса которой 3 кг , описывается уравнением $x = 5 - 10t + 2t^2$. Найдите изменение импульса тела за первые 8 секунд её движения. Найдите импульс силы, вызвавший это изменение за это же время.

32. Вагон массой 30 т , движущийся горизонтально со скоростью $1,5 \text{ м/с}$, автоматически на ходу сцепляется с неподвижным вагоном 20 т . С какой скоростью движется сцепка?

33. Человек массой 60 кг переходит с носа на корму лод-

ки. На какое расстояние переместится лодка длиной 3 м, если ее масса 120 кг?

34. Ядро, летевшее горизонтально со скоростью 20 м/с, разорвалось на два осколка массами 5 и 10 кг. Скорость меньшего осколка 90 м/с и направлена также, как и скорость ядра до разрыва. Найти проекцию скорости большего осколка.

Энергия. Закон сохранения энергии

35. До какой высоты поднялся при бросании мяч, если его потенциальная энергия относительно земли оказалось равной 60 Дж? Масса мяча 300 г.

36. На пружине подвешен груз 300 г, под действием которого она удлинилась на 6 см. Определите энергию деформированной пружины.

37. По горизонтальному столу скользит брусок массой 400 г с постоянной скоростью 15 см/с. Чему равна его кинетическая энергия?

38. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной?

39. По склону горы длиной 500 м и высотой 10 м скатываются санки массой 60 кг. Определите среднюю силу сопротивления при скатывании санок, если у основания горы они имели скорость 8 м/с. Начальная скорость санок равна нулю.

Работа. Мощность. КПД

40. Автокран, поднимая груз массой 1,5 т, совершил работу 22,5 кДж. На какую высоту поднят при этом груз?

41. Равнодействующая сил, действующих на тело, равна 20 Н и направлена горизонтально. Тело движется так, что его координата изменяется по закону $x = 10 + 2t + t^2$. Какую работу совершает сила за 5 секунд?

42. Какую среднюю мощность развивает человек, поднимающий ведро воды весом 120 Н из колодца глубиной 20 м за 15 секунд?

43. Сколько времени должен работать насос мощностью 50 кВт, чтобы из шахты глубиной 150 м откачать воду объёмом 200 м³?

44. Электровоз при движении со скоростью 50 км/ч потребляет мощность 600 кВт. Определите силу тяги электровоза, если его КПД равен 75%.

45. Найти КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой 0,6 м, если коэффициент трения при равномерном движении тела по плоскости равен 0,1.

Статика

Основные физические величины

Статика – раздел механики, изучающий равновесие твёрдых тел.

Физические величины

F – сила

d – плечо силы

M – момент силы

p – давление

S – площадь поверхности

ρ – плотность жидкости или газа

h – высота столба жидкости или газа

Определения и формулы

Твёрдое тело – тело, расстояние между любыми двумя точками которого сохраняется с течением времени.

Плечом силы относительно некоторой оси вращения называется расстояние от оси вращения до линии действия силы.

Рычаг – это твёрдое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.

Момент силы относительно оси определяется следующим образом:

1) Модуль момента силы равен произведению величины проекции силы на плоскость, перпендикулярную оси вращения, на плечо этой силы:

$$M = Fd .$$

2) Для определения знака момента силы выбирается положительное направление вращения относительно оси (по часовой стрелке). Знак момента силы положителен, если сила стремится вызвать поворот тела по часовой стрелке, и отрицателен в обратном случае.

Равновесие – это состояние твердого тела, в котором все его точки остаются сколь угодно долго неподвижными относительно выбранной инерциальной системы отсчета, называется равновесием.

Условие равновесие твердого тела: равновесие тела достигается при одновременном выполнении двух условий:

1) Векторная сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю:

$$\sum \vec{F} = 0.$$

2) Алгебраическая сумма моментов всех сил, приложенных к телу относительно любой оси, равна нулю:

$$\sum M = 0.$$

Большинство задач по статике сводятся к записи двух условий равновесия.

Виды положений равновесия

Положение равновесия системы называется устойчивым, если при отклонении любого тела системы от этого положения возникают силы, направленные к этому положению.

Положение равновесия называется неустойчивым, если при отклонении любого тела системы от этого положения возникают силы, удаляющие тела системы от равновесия.

Равновесие системы называется безразличным, если существует область отклонений от положения равновесия, в которой смещение любого тела системы не вызывает сил, изменяющих состояние системы.

Давление твердого тела на поверхность – это физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Давление столба жидкости зависит от ее плотности и высоты столба этой жидкости:

$$p = \rho gh .$$

46. На рычаг действуют две силы. Момент первой силы относительно оси вращения рычага равен $50 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Какова вели-

чина второй силы, если ее плечо относительно этой же оси равно 0,5 м и рычаг при этом находится в равновесии?

47. Каменный блок лежит на горизонтальной кладке стены, оказывая на кладку давление 2500 Па. Площадь грани, на которой лежит блок, равна 740 см². Какова масса блока?

48. Грузик массой 0,2 кг привязан к нити длиной 1 м и вращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 0,3 м. Чему равен момент силы тяжести относительно горизонтальной оси, проходящей через точку подвеса?

49. К концу тонкого жесткого однородного стержня длиной 50 см и массой 300 г прикреплен маленький шарик массой 200 г. На каком расстоянии от шарика нужно поставить под него тонкую опору, чтобы эта система тел находилась в равновесии в однородном поле силы тяжести?

50. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил: $F_1 = 5$ Н, $F_2 = 8$ Н. Плечо силы F_2 равно 10 см. Определите плечо силы F_1 .

Список литературы

1. Мякишев, Г. Я. Физика. 10-й класс. Базовый и углубленный уровни : учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский ; под ред. Н. А. Парфентьевой. – 11-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2024. – 432 с. : ил. – (Классический курс). – ISBN 978-5-09-112178-0 // Электронно-библиотечная система Znanium.com : [сайт]. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2157221> (дата обращения: 25.02.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мякишев, Г. Я. Физика. 11-й класс. Базовый и углубленный уровни : учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин ; под ред. Н. А. Парфентьевой. – 12-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2024. – 436 с. : ил. – (Классический курс). – ISBN 978-5-09-112179-7 // Электронно-библиотечная система Znanium.com : [сайт]. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2157215> (дата обращения: 25.02.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.