

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра физики

А.М. Кириллов

**ФИЗИКА
В КОНСПЕКТАХ И ПРИМЕРАХ**

**ЧАСТЬ 1
КИНЕМАТИКА**

Учебно-методическое пособие для поступающих в ТУСУР

2006

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Тематический план по физике для готовящихся к поступлению в ТУСУР

Инструкция по оформлению решения задачи по физике

Кинематика

Траектория, путь, перемещение, скорость, ускорение

Кинематические уравнения движения

Геометрический смысл пути

Равномерное движение по окружности (равномерное вращательное движение)

Относительность механического движения и закон сложения скоростей

Движение тела в поле силы тяжести

Свободное падение

Движение тела, брошенного вертикально вверх

Движение тела, брошенного горизонтально

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Средняя скорость

Относительность движения и закон сложения скоростей

Равномерное и равноускоренное движение

Движение в поле силы тяжести

Вращательное движение

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено, в первую очередь, для желающих поступить в ТУСУР и для преподавателей, ведущих их подготовку. Поскольку работа письменная, то первостепенное значение имеет умение абитуриента уверенно решать задачи и грамотно оформлять их решение. Поэтому основная цель этого пособия – способствовать приобретению этих навыков. Пособие ни в коей мере не заменяет учебник, оно призвано помочь лучше усвоить курс при самостоятельной работе с учебником или на подготовительных курсах.

Сжатый объём пособия естественным образом повлиял на стиль изложения и оформления материала. В тексте возможны неточности и опечатки, незамеченные автором.

Данное пособие базируется на банке задач для школьных олимпиад, который разработан преподавателями кафедры физики ТУСУР («Банк задач по физике для поступающих ТУСУР» под редакцией А.Г. Риппа.). Банк задач состоит из следующих разделов:

КИНЕМАТИКА

ДИНАМИКА

ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

СИЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

ПОТЕНЦИАЛ И ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

МИКРОФИЗИКА

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

В таблицах приводятся основные формулы и законы, с которых должно начинаться решение задач. Формулы, следующие за знаком « \Rightarrow », являются “выводными”. В решении задачи должна присутствовать вся «цепочка» рассуждений, приводящая к “выводной” формуле. Рисунки, изображенные в пособии – это типовые рисунки, которые должны присутствовать в решении задач.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ГОТОВЯЩИХСЯ К ПОСТУПЛЕНИЮ В ТУСУР

Кинематика

Система единиц измерения. Механическое движение. Система отсчёта. Траектория. Путь и перемещение. Скорость. Равномерное движение. Ускорение. Равноускоренное движение. Свободное падение тел. Движение тела, брошенного горизонтально. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Криволинейное движение. Равномерное движение по окружности. Линейная и угловая скорости. Ускорение при равномерном движении по окружности. Относительность движения. Закон сложения скоростей.

Динамика

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта. Принцип относительности Галилея. Инерция. Масса. Сила. Силы в механике (гравитационная, упругости, трения). Равнодействующая сил (принцип суперпозиции сил). Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Сила тяжести, вес. Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса.

Механическая работа. Мощность. Энергия (кинетическая, потенциальная, полная). Закон сохранения энергии в механике. Ударные взаимодействия тел. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Коэффициент полезного действия. Момент силы.

Жидкости и газы

Плотность вещества. Давление. Закон Паскаля для жидкостей и газов. Гидравлический пресс. Давление столба жидкости (газа). Атмосферное давление. Закон Архимеда. Сила Архимеда. Плавание тел.

Постулаты молекулярно-кинетической теории (МКТ). Количество вещества. Молярная масса. Концентрация. Температура тела. Шкалы Цельсия и Кельвина. Идеальный газ. Средняя кинетическая энергия. Среднеквадратичная скорость. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Газовые законы (изопроцессы, адиабатный процесс, закон Дальтона).

Поверхностное натяжение жидкостей. Капиллярные явления. Влажность воздуха.

Тепловые явления

Внутренняя энергия. Количество теплоты. Теплоёмкость (молярная, удельная, полная). Работа в термодинамике. Первое начало термодинамики. Первое начало термодинамики применительно к изо- и адиабатным процессам. Фазовые переходы (испарение-конденсация, плавление-отвердевание). Горение. Круговые процессы (циклы). Тепловые машины. Коэффициент полезного действия цикла (тепловой машины). Цикл Карно. Идеальная тепловая машина.

Силовое действие электрического поля

Электрический заряд. Элементарный электрический заряд. Дискретность электрического заряда. Закон сохранения электрического заряда. Поверхностная плотность электрического заряда. Объёмная плотность электрического заряда. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Диэлектрическая среда. Диэлектрическая проницаемость среды. Принцип суперпозиции кулоновских сил.

Электростатическое поле. Напряженность электрического поля. Силовые линии. Напряженность поля точечного заряда. Однородное электрическое поле. Напряженность поля бесконечной равномерно заряженной плоскости (пластины). Принцип суперпозиции электрических полей. Поле системы точечных зарядов. Поле между двумя плоскостями.

Потенциал и энергия электрического поля

Работа по перемещению заряда. Электрический потенциал. Энергия заряда в электрическом поле. Разность потенциалов и работа электрического поля. Разность потенциалов и напряженность электрического поля. Потенциал и принцип суперпозиции электрических полей. Электроёмкость. Ёмкость уединенного проводника. Ёмкость шара. Энергия заряженного проводника. Конденсатор. Параллельное и последовательное

соединения конденсаторов. Энергия конденсатора. Энергия электрического поля. Объёмная плотность энергии электрического поля.

Электрический ток

Электрический ток. Постоянный электрический ток. Сила электрического тока. Плотность тока. Электрическое сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединения проводников. Зависимость сопротивления от температуры. Явление электролиза. Закон Ома для участка цепи. Источник электрического тока. Электродвижущая сила. Однородный и неоднородный участки цепи. Напряжение. Закон Ома для полной цепи.

Работа и тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца. Мощность электрического тока. Коэффициент полезного действия источника тока.

Переменный электрический ток (действующие напряжения и сила тока, мощность).

Электромагнетизм

Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Действие магнитного поля на рамку с током. Момент силы, действующий на рамку с током в магнитном поле. Сила Ампера. Сила Лоренца. Правило левой руки. Движение электрического заряда в магнитном поле.

Магнитный поток. Явление электромагнитной индукции. Индукционный ток. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея). ЭДС электромагнитной индукции. Движущийся в магнитном поле прямолинейный отрезок проводника. Работа магнитного поля. Индуктивность. Явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции. Энергия магнитного поля.

Колебания и волны

Колебательный процесс. Гармонические колебания. Амплитуда, период, частота, фаза колебаний. Уравнение гармонических колебаний. Механические колебания. Координата, скорость, ускорение, возвращающая сила. Пружинный и математический маятники. Энергия механических колебаний.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания и их характеристики. Формула Томсона. Энергия электромагнитных колебаний.

Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток. Цепь переменного тока. Действующие значения силы тока и напряжения. Цепь с активным сопротивлением. Цепь с реактивным сопротивлением. Емкостное и индуктивное сопротивления. Резонанс в цепи переменного тока. Энергия и мощность переменного тока.

Волновой процесс. Гармонические волны. Уравнение волны. Длина, амплитуда, фаза, частота, скорость волны. Волновое число. Разность фаз колебаний частиц среды, отстоящих на некотором расстоянии друг от друга. Упругие и электромагнитные волны

Геометрическая оптика

Скорость света в вакууме и в среде. Абсолютный показатель преломления. Относительный показатель преломления. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Закон преломления света. Ход лучей в призме. Полное внутреннее отражения. Собирающая и рассеивающая линзы. Формула тонкой линзы. Оптическая сила линзы. Дифракция света. Дифракционная решетка. Условие дифракционных максимумов.

Микрофизика

Фотоны – кванты света. Энергия и импульс фотона. Давление света. Внешний фотоэффект. Работа выхода. Красная граница фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Энергия покоя. Связь массы и энергии.

Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Испускание и поглощение атомами света. Радиоактивность. Альфа-, бета-, гамма-излучение. Энергия связи атомных ядер. Ядерная реакция. Закон сохранения нуклонов. Закон сохранения зарядов. Дефект масс. Энергия ядерной реакции.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Работа должна иметь подробное физически верное решение, приводящее к правильному ответу. В решении задачи выделяются следующие обязательные элементы.

Анализ. Суть его в том, что абитуриент должен описать основные свойства явления (явлений), о котором идёт речь в задаче. Пример: в задаче надо найти время полёта камня, брошенного вертикально вверх. Абитуриент должен написать, что: 1) движение камня в поле тяжести Земли является равноускоренным; 2) ускорение равно $g=9,8 \text{ м/с}^2$ и направлено оно вертикально вниз; 3) камень движется по прямолинейной траектории, поэтому для описания его движения достаточно одной оси координат.

Рисунок. Рисунок, иллюстрирующий условие задачи и ход рассуждений по ее решению, обязателен во всех задачах:

- а) кинематики, динамики, где используются векторные величины (при этом необходимо указать направления всех векторных величин в выбранной системе отсчета);
- б) молекулярной физики и термодинамики (графики процессов);
- в) на расчет электрических и магнитных полей и движение тел в этих полях (направление силовых характеристик полей, направление движения, направление силы);
- г) на явление электромагнитной индукции и поток вектора магнитной индукции (направление вектора магнитной индукции, положение контура, направление нормали к поверхности ограниченной контуром, направление тока в контуре, в том числе индукционного);
- д) на электрические цепи (электрическая схема, колебательный контур, соединения конденсаторов и сопротивлений);
- е) геометрической оптики (показать ход лучей на границе раздела сред, в оптических системах с линзами и зеркалами).

Название формул. Примеры: «по определению», «закон Джоуля-Ленца», «уравнение кинематики равноускоренного движения», «формула тонкой линзы», «из геометрии».

Условия применимости формул. Примеры: 1. «Будем решать задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Эту систему можно приближённо считать инерциальной. Тогда справедлив второй закон Ньютона». 2. «При протекании тока в проводниках справедлив закон Ома».

Пояснения к выкладкам. Это элемент может отсутствовать, если задача решается с помощью одной формулы, применённой один раз.

Проверка размерности.

Правильный числовой ответ.

Указание единиц измерения искомой величины (искомых величин, если задача решена по действиям).

При отсутствии каких-либо элементов налагаются штрафные санкции.

В конце решения задачи необходимо записать ответ в виде:

<i>Ответ: $A=23,5 \text{ кДж}$</i>

Ответ должен включать численное значение результата в виде десятичной дроби и единицы измерения. Необходимо давать ответ в тех единицах измерения, которые указаны в условии задачи.

КИНЕМАТИКА

Траектория, путь, перемещение, скорость, ускорение

Траектория – это линия, вдоль которой происходит движение тела.

Путь S – это расстояние между начальным и конечным положениями точки, измеренное вдоль траектории движения.

Перемещение Δr – это длина отрезка прямой, соединяющего начальное и конечное положение тела в пространстве.

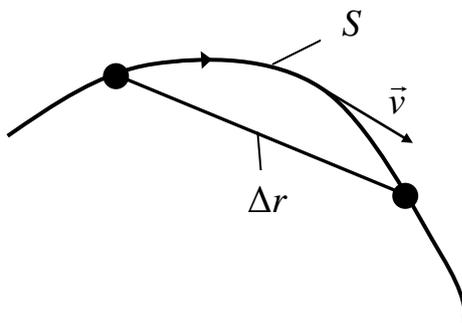


Рисунок 1 - Траектория, путь, перемещение и скорость

Средняя скорость – величина, характеризующая быстроту прохождения пути, равная отношению пути S , пройденного телом за интервал времени t , к длительности этого интервала:

$$v_{cp} = \frac{S}{t}. \quad (1)$$

Мгновенная скорость $v(t)$ – величина, определяющая быстроту движения в заданный момент времени (в заданной точке траектории).

$$v(t) = \frac{dS}{dt} = S'(t). \quad (2)$$

Вектор мгновенной скорости (далее просто скорости) направлен по касательной к траектории (см. рисунок 1). Единица измерения скорости – м/с (метр в секунду).

Ускорение a – величина, характеризующая быстроту изменения скорости (в общем случае не только по величине, но и по направлению).

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = v'(t). \quad (3)$$

В случае равноускоренного движения:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (4)$$

где $\Delta v = v_2 - v_1$ – приращение скорости за промежуток времени Δt .

Формулы (3) и (4) определяют быстроту изменения скорости по величине. Единица измерения ускорения – м/с² (метр на секунду в квадрате).

Кинематические уравнения движения

Равномерное движение – движение с постоянной по модулю (величине) скоростью $v = const$.

Путь, пройденный телом, движущегося с постоянной скоростью v за промежуток времени t :

$$S = v \cdot t. \quad (5)$$

Равноускоренное движение – движение с постоянным ускорением $a = const$.

Если $a > 0$, то движение ускоренное (скорость возрастает); если $a < 0$, то движение замедленное (скорость убывает).

Зависимость скорости от времени при равноускоренном движении:

$$v(t) = v_0 + a \cdot t, \quad (6)$$

где v_0 - скорость тела в момент времени $t=0$ (начальная скорость).

Зависимость пути от времени при равноускоренном движении:

$$S(t) = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}. \quad (7)$$

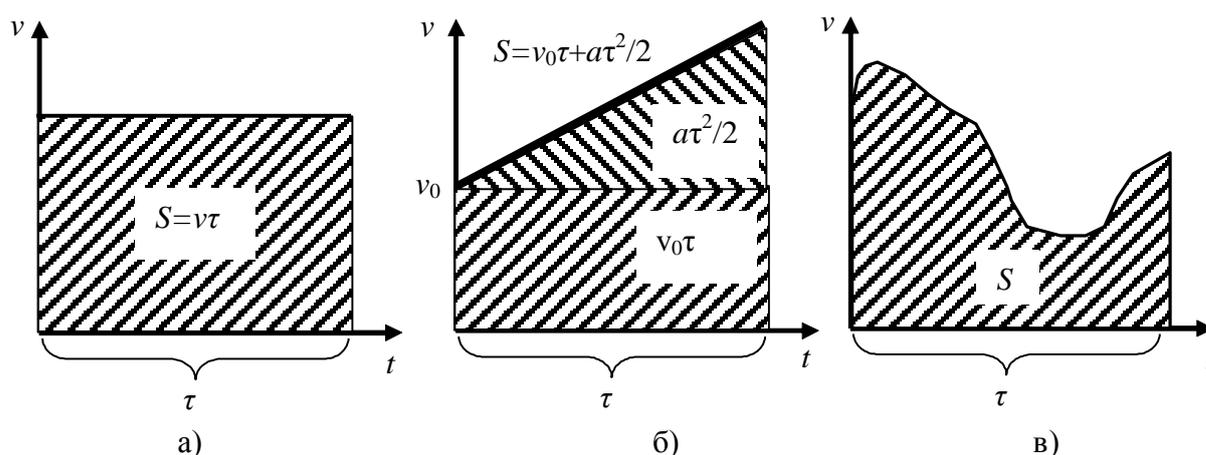
В случае равнозамедленного движения формулы (6) и (7) могут быть представлены в виде

$$v(t) = v_0 - a \cdot t,$$

$$S(t) = v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2}.$$

В этом случае под a понимается абсолютная величина (модуль) ускорения. В формулы же (6) и (7) ускорение подставляется в виде отрицательного числа.

Геометрический смысл пути



а – равномерное движение; б – равноускоренное движение; в – произвольное движение.
Рисунок 2 - Путь как площадь

Таблица 1 Основные формулы для поступательного движения

Средняя скорость	$v_{cp} = \frac{S}{t}$
Мгновенная скорость	$v(t) = \frac{dS}{dt} = S'(t)$
Ускорение	$a(t) = \frac{dv}{dt} = v'(t)$ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
Путь при равномерном движении	$S = v \cdot t$

Скорость при равноускоренном движении	$v(t) = v_0 + a \cdot t$
Путь при равноускоренном движении	$S(t) = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$
Путь, пройденный до остановки при торможении	$v = v_0 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{a},$ $S = v_0 t - \frac{at^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{a} - \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{v_0}{a}\right)^2 = \frac{v_0^2}{2a},$ $S = \frac{v_0^2}{2a}$
Путь, пройденный при изменении скорости от v_1 до v_2	$v_2 = v_1 + at \Rightarrow t = \frac{v_2 - v_1}{a},$ $S = v_1 t + \frac{at^2}{2} = v_1 \cdot \frac{v_2 - v_1}{a} + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{v_2 - v_1}{a}\right)^2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a},$ $S = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$

Равномерное движение по окружности ($v = |\vec{v}| = const$) (равномерное вращательное движение)

Рассмотрим движение по окружности радиуса R с постоянной по модулю скоростью $v = const$.

Быстроту вращения характеризуют периодом T , частотой ν и угловой скоростью ω .

Период T – время, за которое тело совершает один полный оборот.

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{t}{N}, \quad (8)$$

где t – время, за которое совершено N оборотов.

Частота ν – число оборотов, которое тело делает за единицу времени.

$$\nu = \frac{N}{t}, \quad (9)$$

где N – число оборотов, совершенных за время t . Единица измерения частоты – s^{-1} или Гц (Герц).

Сравнив соотношения (8) и (9), можно видеть, что

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (10)$$

При движении тела по окружности, оно описывает дугу S , ограниченную радиусами угол между которыми равен φ . Длина дуги окружности $S = v \cdot t$ связана с углом поворота φ соотношением

$$S = \varphi \cdot R. \quad (11)$$

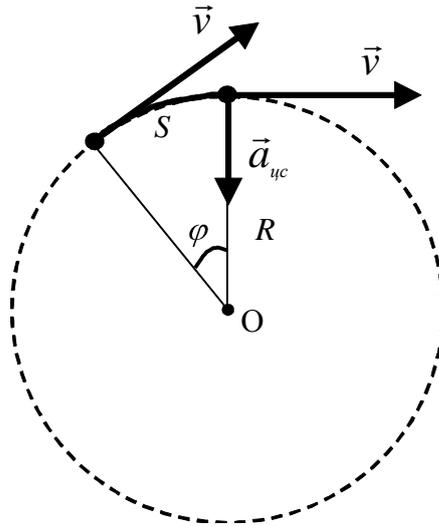


Рисунок 3 – Равномерное движение по окружности

Численное значение угла φ в соотношении (11) должно быть выражено в радианах. С учетом выражения (5) из соотношения (11) получаем $\varphi = \frac{v}{R} \cdot t$. Величина

$$\omega = \frac{v}{R} \quad (12)$$

при равномерном движении по окружности характеризует быстроту вращения и называется угловой скоростью.

Угловая (круговая) скорость ω при равномерном движении по окружности – это отношение угла поворота φ за промежуток времени t к величине этого промежутка:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \quad (13)$$

Единица измерения угловой скорости (угловой частоты) – рад/с.

Возьмём, например, один полный оборот, тогда $\varphi = 2\pi$, а $t = T$. В результате из (13) получим:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu. \quad (14)$$

Величину ω также называют угловой частотой, круговой частотой и циклической частотой.

Т.к. в общем случае **ускорение характеризует быстроту изменения скорости** не только по величине, но и **по направлению**, то даже при равномерном движении по криволинейной траектории (частный случай – равномерное движение по окружности) **существует ускорение**. Составляющую ускорения, характеризующую быстроту изменения скорости по направлению, называют **нормальным (центростремительным) ускорением**. Центростремительное ускорение направлено по радиусу окружности к её центру.

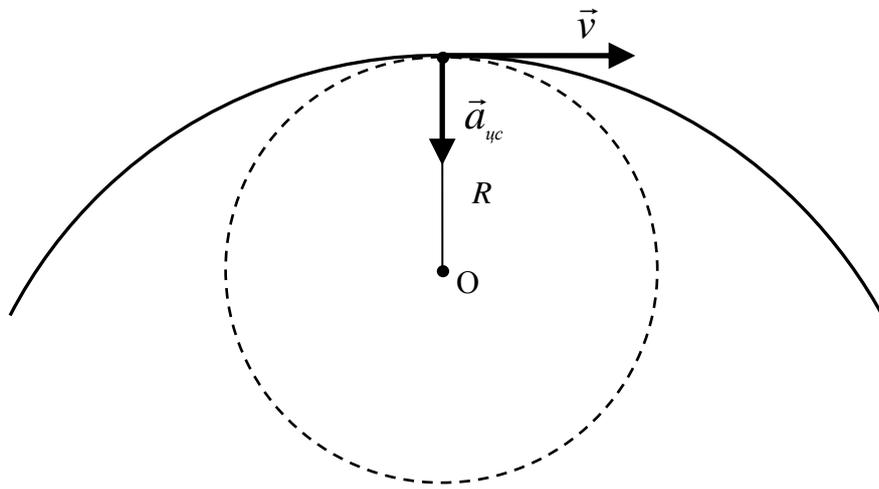


Рисунок 4 - Движение по криволинейной траектории

Центростремительное ускорение точки (тела), движущейся со скоростью v по криволинейной траектории с радиусом кривизны R , определяется выражением:

$$a_{uc} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R. \quad (15)$$

Таблица 2 Основные формулы для вращательного движения

Период	$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$
Частота	$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$
Длина дуги окружности	$S = \varphi \cdot R$
Угловая скорость	$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$
Связь линейной и угловой скоростей	$v = \omega R$
Центростремительное (нормальное) ускорение	$a_{uc} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

Относительность механического движения и закон сложения скоростей

Движение одной и той же точки (тела) можно рассматривать в различных системах отсчёта. Например, движение лодки по реке, может рассматриваться относительно воды и относительно берега. Если относительно воды лодка имеет скорость \vec{v}_1 , а река имеет скорость движения \vec{v}_2 , то относительно берега лодка имеет скорость

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2. \quad (16)$$

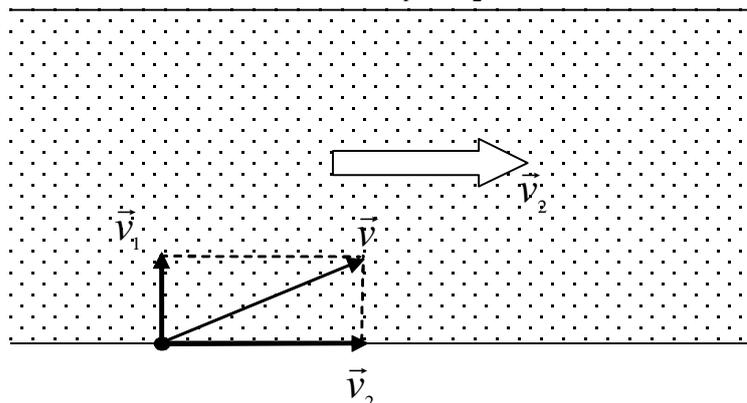


Рисунок 5 - Сложение скоростей

Движение тела в поле силы тяжести

Свободным падением называется движение, которое совершало бы тело только под действием силы тяжести без учета сопротивления воздуха. При свободном падении тела с небольшой высоты h от поверхности Земли ($h \ll R_3$, где R_3 – радиус Земли) оно движется с постоянным ускорением \vec{g} , направленным по вертикали вниз.

Свободное падение

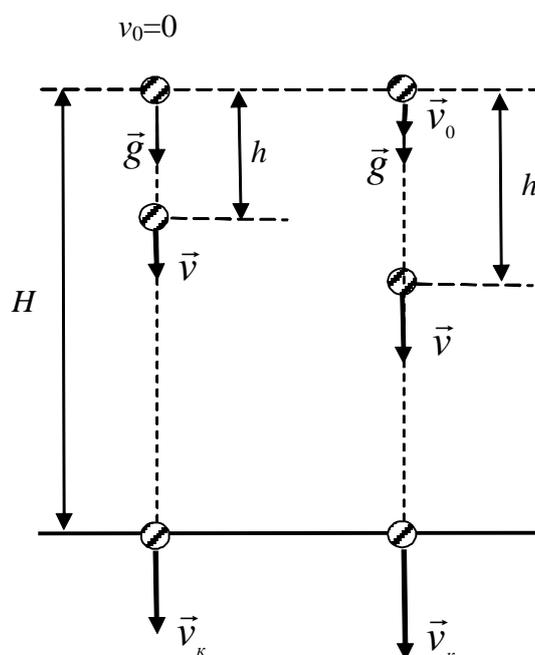


Рисунок 6 - Свободное падение

Таблица 3 Основные формулы для свободного падения

	$v_0 \neq 0$	$v_0 = 0$
Путь, пройденный за некоторое время t	$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$	$h = \frac{gt^2}{2}$
Скорость в некоторый момент времени	$v = v_0 + gt$	$v = gt$
Путь, пройденный за время падения $t_{пад}$	$H = v_0 t_{пад} + \frac{gt_{пад}^2}{2}$	$H = \frac{gt_{пад}^2}{2}$
Конечная скорость	$v_k = v_0 + gt_{пад}$	$v_k = gt_{пад}$

Движение тела, брошенного вертикально вверх

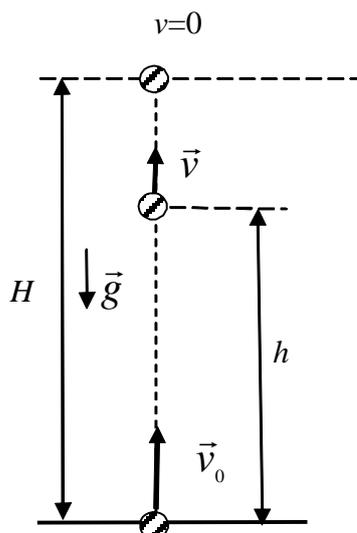


Рисунок 7 - Движение тела, брошенного вертикально вверх

Таблица 4 Основные формулы для тела, брошенного вертикально вверх

Путь, пройденный за некоторое время t	$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
Скорость в некоторый момент времени	$v = v_0 - gt$
Путь, пройденный за время подъёма $t_{\text{под}}$ (максимальная высота подъёма)	$H = v_0 t_{\text{под}} - \frac{gt_{\text{под}}^2}{2} = \frac{gt_{\text{под}}^2}{2} \Rightarrow$
Время подъёма на максимальную высоту H	$\Rightarrow t_{\text{под}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
Конечная скорость	$v = v_0 - gt_{\text{под}} = 0 \Rightarrow$
Время подъёма на максимальную высоту H	$\Rightarrow t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}$

Движение тела, брошенного горизонтально со скоростью v_0

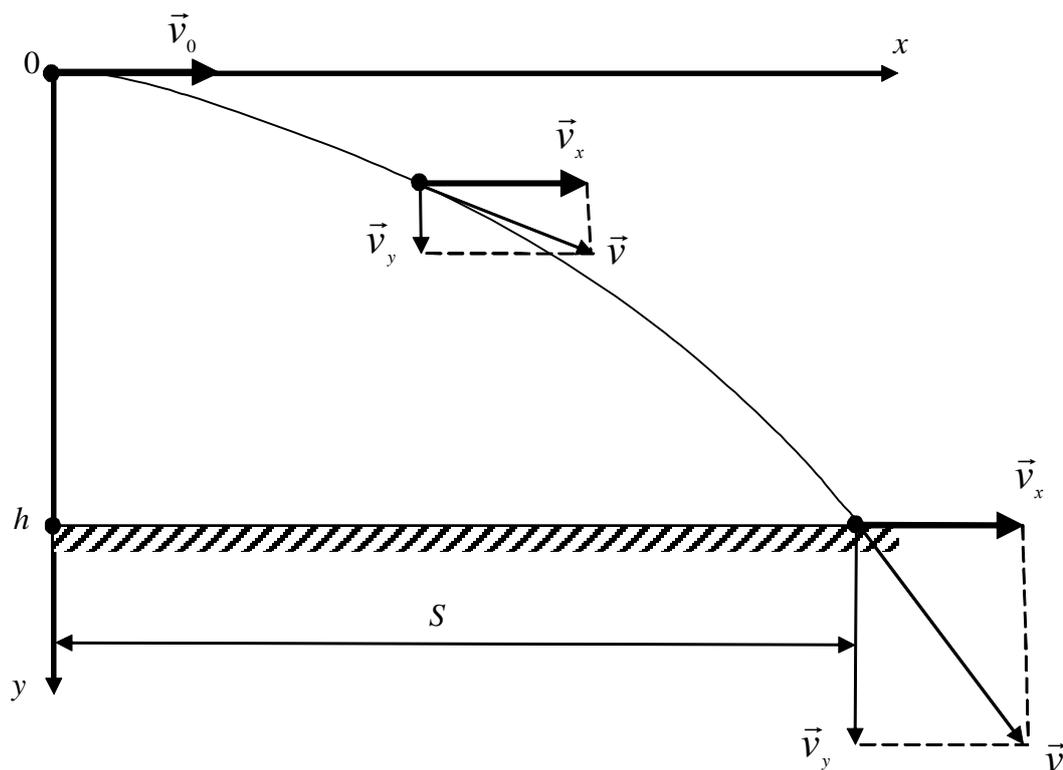


Рисунок 8 - Движение тела, брошенного горизонтально

Таблица 5 Основные формулы для тела, брошенного горизонтально

Скорость по горизонтали	$v_x = v_0 = const$
Скорость по вертикали	$v_y = gt$
Скорость тела	$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y,$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$
Высота, с которой брошено тело	$h = \frac{gt_{nao}^2}{2} \Rightarrow$
Время падения	$\Rightarrow t_{nao} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
Дальность полёта	$S = v_0 t_{nao}$

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

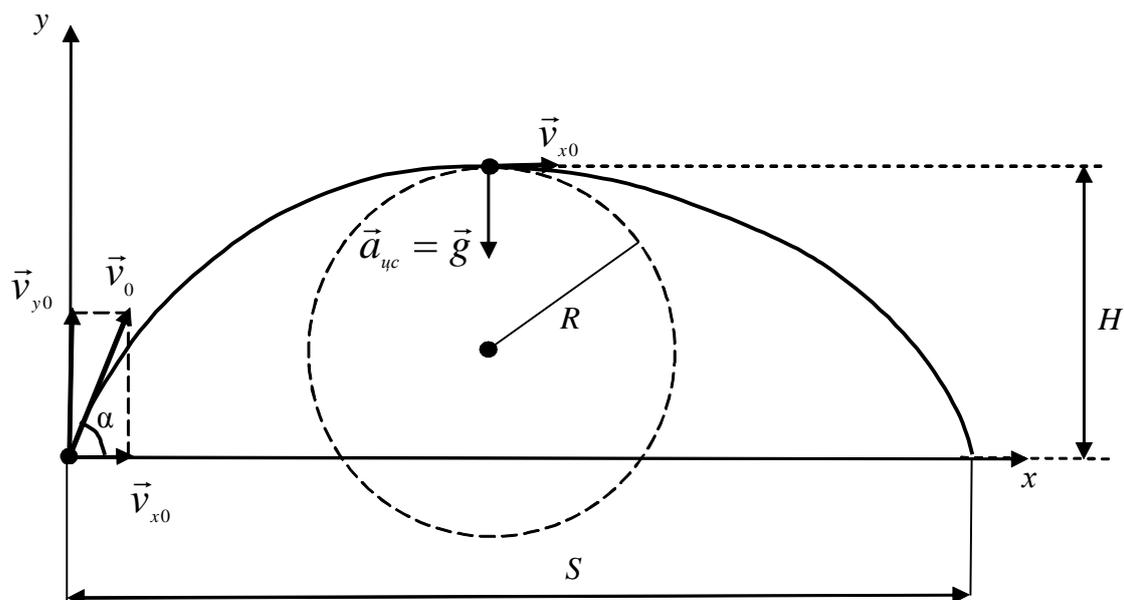


Рисунок 9 - Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Таблица 6 Основные формулы для тела, брошенного под углом к горизонту

Начальная скорость по горизонтали	$v_{x0} = v_0 \cdot \cos \alpha$
Скорость по горизонтали	$v_x = v_{x0} = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{const}$
Начальная скорость по вертикали	$v_{y0} = v_0 \cdot \sin \alpha$
Скорость по вертикали	$v_y = v_{y0} - gt$
Скорость тела	$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y,$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
Максимальная высота подъёма	$H = v_{y0} t_{\text{под}} - \frac{gt_{\text{под}}^2}{2} = \frac{gt_{\text{пад}}^2}{2} \Rightarrow$
Время подъёма на максимальную высоту H , равное времени падения с высоты H	$\Rightarrow t_{\text{под}} = t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow$
Время полёта	$\Rightarrow t_{\text{пол}} = t_{\text{под}} + t_{\text{пад}} = 2t_{\text{под}} = 2\sqrt{\frac{2H}{g}}$

Скорость на высоте H	$v = v_x = v_{x0} = v_0 \cdot \cos \alpha,$
Вертикальная составляющая скорости на высоте H	$v_y = v_{y0} - gt_{\text{под}} = 0 \Rightarrow$
Время подъёма на максимальную высоту H	$\Rightarrow t_{\text{под}} = t_{\text{над}} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow$
Время полёта	$\Rightarrow t_{\text{пол}} = t_{\text{под}} + t_{\text{над}} = 2t_{\text{под}} = 2 \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$
Максимальная высота подъёма	$\Rightarrow H = \frac{gt_{\text{над}}^2}{2} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$
Дальность полёта	$\Rightarrow S = v_x t_{\text{пол}} = v_{x0} \cdot 2 \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} =$ $= v_0 \cdot \cos \alpha \cdot 2 \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot v_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} =$ $= \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$
Центростремительное ускорение на высоте H	$a_{\text{uc}} = g = \frac{v^2}{R} = \frac{v_{x0}^2}{R} = \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{R}$

Задачи

Средняя скорость

1. Автомобиль, двигаясь равномерно, проходит первую половину пути со скоростью 20 км/ч, а вторую – 10 км/ч. Определить среднюю скорость на всём пути. Ответ дать в км/ч. [13,3]

2. Автомобиль, двигаясь равномерно, проходит первую половину времени со скоростью 20 км/ч, а вторую – 10 км/ч. Определить среднюю скорость на всём пути. Ответ дать в км/ч. [15]

Относительность движения и закон сложения скоростей

3. По шоссе в одном направлении движутся два автомобиля. Скорость первого – 10 м/с, второй догоняет его со скоростью 20 м/с. Расстояние между автомобилями в начальный момент времени равно 100 м. Через сколько секунд второй автомобиль догонит первый? [10]

4. Две пристани находятся на противоположных берегах реки, шириной 500 м, точно напротив друг друга. Определить в СИ минимальный промежуток времени, за который можно осуществить переправу на лодке, скорость которой в стоячей воде равна 5 м/с. Скорость течения реки – 3 м/с. [125]

5. Ширина реки 500 м. Определить в СИ минимальный промежуток времени, за который можно осуществить переправу с одного берега на другой на лодке, скорость которой в стоячей воде равна 5 м/с. Скорость течения реки – 3 м/с. [100]

Равномерное и равноускоренно движение

6. Тележка из состояния покоя скатывается с наклонной плоскости длиной 4 м. С каким ускорением скатывается тележка, если её скорость в конце пути равна 4 м/с? Ответ дать в СИ. [2]

7. Поезд начал торможение в тот момент, когда его скорость равнялась 2,5 м/с. Через 4 с поезд остановился. Найти в СИ путь, пройденный поездом при торможении. [5]

8. Время отправления электрички по расписанию 12 часов дня. Вы подошли к тому месту, где должно находиться начало первого вагона. На Ваших часах 12^{00} , но мимо Вас уже начинает проезжать предпоследний вагон, который движется мимо в течение 3,14 с. На сколько секунд отстают Ваши часы, если электричка состоит из 6-и вагонов? [26,66]

9. Каждые пять минут с конечных остановок, расстояние между которыми 6 км, одновременно во встречном направлении отправляются троллейбусы, движущиеся со средней скоростью 18 км/ч. Сколько троллейбусов встретит на протяжении всего маршрута пассажир, выехавший с конечной остановки? Встречи на конечных остановках не учитывать. [7]

10. Вагонетка должна в кратчайший срок перевозить груз на расстояние 1 км. Она может ускорять или замедлять своё движение только с одинаковым по величине ускорением $0,9 \text{ м/с}^2$, переходя затем в равномерное движение или останавливаясь. Какую наибольшую скорость (в СИ) должна развивать вагонетка, чтобы выполнить указанное требование? [30]

Движение в поле силы тяжести

11. Скорость движущегося вверх лифта нарастает с ускорением $6,2 \text{ м/с}^2$. В момент времени, когда его скорость становится равной 1,2 м/с, с потолка падает болт и ударяется о пол. Определить в СИ расстояние, пройденное болтом относительно шахты за время его падения. Высота кабины лифта равна 2 м. [0,625]

12. С балкона высотой 10 м над поверхностью Земли вертикально вверх бросили камешек с начальной скоростью 5 м/с. Найти в СИ модуль скорости, с которой камешек упадёт на Землю? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [15]

13. На горизонтальной поверхности лежит клин, а на его наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол, тангенс которого равен 1,6, лежит тело. С каким наименьшим ускорением должен двигаться клин по горизонтали, чтобы тело свободно падало вниз? Ответ дать в СИ. [6,125]

14. Самолёт, летящий на высоте 4,5 км по прямой со скоростью 100 м/с, должен сбросить бомбу в цель, находящуюся впереди по курсу. На каком расстоянии от цели должна находиться точка на Земле, над которой должен произойти сброс бомбы? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ дать в км. [3]

15. Камень брошен с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Наивысшая точка его траектории оказалась на высоте 25 м над Землёй. В этой точке радиус кривизны

траектории составил 40 м. Определить в СИ начальную скорость камня. Ускорение свободного падения равным 10 м/с^2 . [30]

16. Из миномёта, расположенного у основания горы, ведётся обстрел объектов противника, расположенных на плоском склоне горы. Склон составляет с горизонтом угол 30° . Ствол миномёта установлен под углом 60° к горизонту, и мины вылетают из него со скоростью 90 м/с. Определить в СИ минимальное расстояние между миномётом и местом падения мины. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [540]

17. Камень брошен с Земли со скоростью 21 м/с под углом 60° к горизонту. Определить в СИ высоту, на которой вектор скорости камня будет составлять с горизонтом 30° . Сопротивлением воздуха пренебречь. [15]

18. Теплоход плывёт по морю со скоростью 36 км/ч. На палубе мальчик играет с мячом. В некоторый момент он бросает мяч вертикально вверх со скоростью 20 м/с, и спустя некоторое время мяч достигает высшей точки своей траектории. Определить перемещение мяча относительно Земли за данное время. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [28,2]

19. На пути шарика, свободно падающего с высоты 6 м, находится расположенная под углом 45° к горизонту площадка. В результате удара о площадку направление скорости становится горизонтальным. На какой высоте должна находиться площадка, чтобы время падения было максимальным? Ответ дать в СИ. [3]

20. Автомобиль с колёсами радиусом 40 см движется со скоростью 10 м/с по горизонтальной дороге. На какую максимальную высоту может быть заброшена вверх грязь, срывающаяся с колёс автомобиля? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ дать в СИ. [5,408]

Вращательное движение

21. При вращении вала с постоянной угловой скоростью линейная скорость точек на его поверхности равна 9 м/с, а скорость точек, находящихся на 10 см ближе к оси, равна 6 м/с. Найти в СИ радиус вала. [0,3]

22. Найти в СИ длину лопасти винта вертолёта, если винт делает 50 оборотов за 10 секунд, и центростремительное ускорение точек на конце винта равно 2000 м/с^2 . [2]

23. Пустотелый цилиндр диаметром 1 м вращается с постоянной частотой 100 Гц вокруг своей оси, расположенной вертикально. Горизонтально летевшая с постоянной скоростью пуля пробила цилиндр вдоль его диаметра. При этом входное и выходное отверстия совпали. Определить в СИ максимальную скорость пули внутри цилиндра. [200]

24. При снижении вертолёт опускался вертикально с постоянной скоростью 10 м/с. Начиная с некоторой высоты h и до посадки он опускался равнозамедленно с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Сколько оборотов сделал винт вертолёта за время снижения с высоты h до посадки, если угловая скорость вращения винта $31,4 \text{ рад/с}$? [250]

25. Два груза разной массы связаны тонкой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок радиусом 5 см. Найти в СИ угловую скорость блока через 10 с после начала движения грузов, если более тяжёлый груз опустился за это время на 0,5 м. [2]

Следует отметить, что практически любая задача может иметь альтернативные решения. Например, задачи механики на движение под действием некоторой силы можно решать 1) через кинематические соотношения и второй закон Ньютона; 2) используя закон сохранения энергии. В качестве примера рассмотрим задачу № 17.

Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Тогда

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}.$$

Т.к. $v_x = v_0 \cos \alpha = v \cos \beta$, то $v = v_0 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$. Отсюда

$$h = \frac{v_0^2 \left[1 - \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right)^2 \right]}{2g}.$$

$$\text{Итак, } h = \frac{21^2 \left[1 - \left(\frac{1/2}{\sqrt{3}/2} \right)^2 \right]}{2 \cdot 9.8} = \frac{441}{3 \cdot 9.8} = 15 \text{ м.}$$