

И. И. Гайкова

ФИЗИКА

**учимся
решать
задачи**



Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»

2012

УДК 53(075.3)
ББК 22.3я72
Г14

Гайкова И. И.

Г14 Физика. Учимся решать задачи. 9 класс. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 80 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-0786-8

Пособие представляет собой сборник задач по школьному курсу физики 9 класса и тематически соответствует учебнику А. В. Перышкина, Е. М. Гутник. Кратко представлен теоретический материал в табличной форме и типовые расчетные задачи по темам 9 класса. В методике изложения особое внимание уделено взаимосвязи физических величин в формулах. Пособие предназначено для освоения материала учащимися среднего и ниже среднего уровня подготовки и позволяет подготовить их к итоговой аттестации по темам курса физики 9 класса. Содержит ответы на задачи.

Для общеобразовательных школ

УДК 53(075.3)
ББК 22.3я72

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Людмила Еремеевская</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Алексей Семенов</i>
Дизайн обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Оформление обложки	<i>Марины Дамбиевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Подписано в печать 31.01.12.
Формат 70×100¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,45.
Тираж 2500 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0786-8

© Гайкова И. И., 2012
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2012

Содержание

Предисловие.....	5
I. Прямолинейное равномерное движение	7
II. Прямолинейное равноускоренное движение	21
III. Законы Ньютона	31
IV. Свободное падение тел	36
V. Закон всемирного тяготения	40
VI. Движение тела по окружности.....	44
VII. Искусственные спутники Земли и других планет	47
VIII. Импульс тела	49
IX. Закон сохранения импульса	50
X. Механические колебания.....	52
XI. Механические волны	57
XII. Магнитное поле	61
XIII. Электромагнитные волны.....	62
XIV. Состав атома и атомного ядра. Ядерные реакции	65
XV. Энергия связи атомного ядра	68
Ответы	71

Учебно-дидактическое пособие «Учимся решать задачи» представляет собой комплекты расчетных и графических задач по темам учебника физики А. В. Перышкина, Е. М. Гутник для 9-го класса.

Каждый комплект содержит теоретический материал (величины и формулы), образец решения задач, задачи для самостоятельного решения.

Материал в пособии изложен доступным языком. Для каждого изучаемого закона приводится набор задач, благодаря которому ученик может хорошо понять взаимосвязь всех физических величин, задействованных в законе или формуле.

Первые темы: равномерное и равноускоренное движения рассматриваются особенно подробно, используются задачи расчетные, графические, на чтение и построение графиков, на чтение уравнений скорости и координаты.

Задачи для самостоятельного решения рассчитаны в первую очередь на слабоуспевающего ученика, у которого в силу каких-то причин много пробелов в теоретических знаниях по физике. Но для более сильных учеников тоже можно применить данное пособие, так как есть задачи простые, где нужно только правильно записать условие и применить нужную формулу; есть и более сложные, требующие работы мысли.

Предлагаемый сборник задач можно применять на уроках физики, используя индивидуальный и дифференцированный подход к учащимся; также он пригодится ученикам для самостоятельной работы дома и их родителям для оказания посильной помощи ребенку.

I. Прямолинейное равномерное движение

Задачи, описывающие движение, содержат два типа величин: **векторные** (имеющие направление) и **скалярные** (выражающиеся только числом). К векторным величинам при описании равномерного прямолинейного движения относятся скорость и перемещение. Для перехода от векторов к скалярам выбирают координатную ось и находят проекции векторов на эту ось, руководствуясь следующим правилом: если вектор сонаправлен с осью, то его проекция положительна, если противоположно направлен — отрицательна. (Могут быть и более сложные случаи, когда вектор не параллелен координатной оси, а направлен к ней под некоторым углом.) Поэтому при решении задачи обязательно нужно сделать чертеж, на котором изобразить направления всех векторов и координатную ось. При записи «дано» следует учитывать знаки проекций.

При решении задач все величины должны выражаться в **международной системе единиц (СИ)**, если нет специальных оговорок.

1 мин = 60 с; 1 ч = 3600 с; 1 км = 1000 м.

Чтобы скорость из км/ч перевести в м/с, нужно значение скорости умножить на 1000 (так как в 1 км — 1000 м) и разделить на 3600 (так как в 1 ч — 3600 с).

$$18 \text{ км/ч} = \frac{18 \cdot 1000}{3600} = 5 \text{ м/с}$$

В решении задачи единицы величин не пишутся, а записываются только после найденного значения величины.

При изучении данной темы учащиеся должны уметь решать задачи следующих типов:

1. Определение неизвестной величины из уравнения движения (уравнения координаты).
2. Чтение уравнения движения, движение двух тел, определение времени и места встречи.
3. Чтение графика координаты, определение по графику начальной координаты и скорости тела, запись уравнения движения.
4. Определение места и времени встречи тел по графику.
5. По заданному уравнению координаты построение графика координаты.

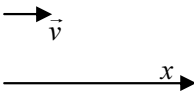
I. Прямолинейное равномерное движение

ВАРИАНТ 1. УРАВНЕНИЕ КООРДИНАТЫ (НАХОЖДЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОЙ ВЕЛИЧИНЫ)

Название величины	Обозначение	Единица измерения (в СИ)	Связь с другими величинами
Начальная координата	x_0	м	$x_0 = x - s_x$ $x_0 = x - v_x t$
Координата в любой момент времени	x	м	$x = x_0 + s_x$ $x = x_0 + v_x t$
Проекция скорости	v_x	м/с	$v_x = \frac{x - x_0}{t}$ $v_x = \frac{s_x}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_x t$ $s_x = x - x_0$
Время	t	с	$t = \frac{x - x_0}{v_x}$ $t = \frac{s_x}{v_x}$

Образец решения задачи:

В начальный момент времени тело находилось в точке с координатой 5 м, а через 2 мин от начала движения — в точке с координатой 95 м. Определите скорость тела и его перемещение.

Дано: $x_0 = 5$ м $x = 95$ м $t = 2$ мин $v_x = ?$ $s_x = ?$	СИ 120 с	 $v_x > 0; s_x > 0$	Решение: $x = x_0 + v_x t; \quad v_x = \frac{x - x_0}{t};$ $v_x = \frac{95 - 5}{120 \text{ с}} = 0,75 \text{ (м/с)};$ $s_x = x - x_0;$ $s_x = 95 - 5 = 90 \text{ (м)}$ Ответ: 0,75 м/с; 90 м
---	------------------------	--	--

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Автомобиль, выехав из поселка, доехал до заправочной станции, находящейся в 2-х км от поселка. Через 10 мин после этого автомобиль оказался на мосту, расположенном в 14 км от поселка. Каково расстояние между мостом и заправочной станцией? (За начало отсчета выберите поселок.) С какой скоростью двигался автомобиль?
- 2) За какое время тело, движущееся со скоростью 18 км/ч, попадет из точки с координатой 20 м в точку с координатой 260 м?
- 3) Определите начальную координату тела, если при движении со скоростью 54 км/ч, через 3 мин от начала движения оно оказалось в точке с координатой 2800 м.

I. Прямолинейное равномерное движение

ВАРИАНТ 2. УРАВНЕНИЕ КООРДИНАТЫ. ДВИЖЕНИЕ ДВУХ ТЕЛ

Название величины	Обозначение	Единица измерения (в СИ)	Связь с другими величинами
Начальная координата	x_0	м	$x_0 = x - s_x$ $x_0 = x - v_x t$
Координата в любой момент времени	x	м	$x = x_0 + s_x$ $x = x_0 + v_x t$
Проекция скорости	v_x	м/с	$v_x = \frac{x - x_0}{t}$ $v_x = \frac{s_x}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_x t$ $s_x = x - x_0$
Время	t	с	$t = \frac{x - x_0}{v_x}$ $t = \frac{s_x}{v_x}$

Образец решения задачи:

Движение двух тел задано уравнениями: $x_1 = 20 - 8t$ и $x_2 = -16 + 10t$ (время измеряется в секундах, координата — в метрах).

Определите для каждого тела начальную координату, проекцию скорости, направление скорости. Вычислите время и место встречи тел.

Дано:

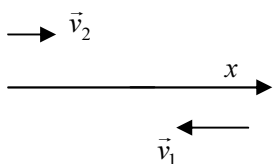
$$x_1 = 20 - 8t$$

$$x_2 = -16 + 10t$$

$$x_{01} = ? \quad v_{x1} = ?$$

$$x_{02} = ? \quad v_{x2} = ?$$

$$t = ? \quad x = ?$$



$$v_{x1} < 0$$

$$v_{x2} > 0$$

Решение:

I тело:

$$x_{01} = 20 \text{ м}$$

$$v_{x1} = -8 \text{ м/с}$$

Тело движется против направления оси x .

II тело:

$$x_{02} = -16 \text{ м}$$

$$v_{x2} = 10 \text{ м/с}$$

Тело движется по направлению оси x .

В момент встречи тела имеют одинаковую координату.

$$x_1 = 20 - 8t$$

$$x_2 = -16 + 10t$$

Значит, правые части уравнений можно приравнять.

$$20 - 8t = -16 + 10t$$

$$20 + 16 = 10t + 8t$$

$$36 = 18t$$

$$x = 20 - 8 \cdot 2$$

$$x = 4 \text{ (м)}$$

$$t = \frac{36}{18}$$

$$t = 2 \text{ (с)}$$

Ответ: 20 м; -8 м/с ; -16 м ; 10 м/с ; 2 с; 4 м

Задачи для самостоятельного решения:

1) Движения двух тел заданы уравнениями: $x_1 = 30 + 5t$; $x_2 = 120 - 10t$ (время измеряется в секундах, координата — в метрах). Для каждого тела определите начальную координату, проекцию скорости, направление скорости. Найдите время и место встречи тел.

2) Два автомобиля движутся навстречу друг другу со скоростями 10 и 20 м/с соответственно. Расстояние между ними в начальный момент времени 3 км. Запишите уравнения движения для каждого автомобиля, приняв за начало отсчета координату первого из них. Определите время и место встречи автомобилей.

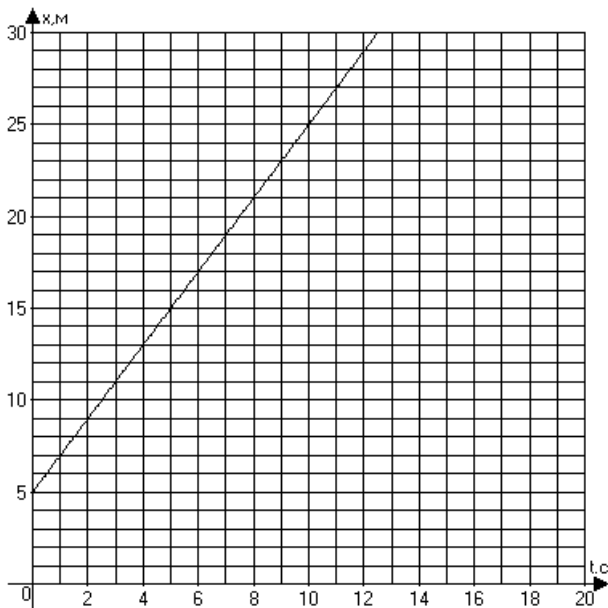
3) От заправочной станции отправился автобус со скоростью 54 км/ч. Через 5 мин вслед за ним выехал легковой автомобиль со скоростью 72 км/ч. Через какое время и на каком расстоянии от заправочной станции автомобиль догонит автобус?

I. Прямолинейное равномерное движение

ВАРИАНТ 3. ГРАФИК КООРДИНАТЫ

Название величины	Обозначение	Единица измерения (в СИ)	Связь с другими величинами
Начальная координата	x_0	м	$x_0 = x - s_x$ $x_0 = x - v_x t$
Координата в любой момент времени	x	м	$x = x_0 + s_x$ $x = x_0 + v_x t$
Проекция скорости	v_x	м/с	$v_x = \frac{x - x_0}{t}$ $v_x = \frac{s_x}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_x t$ $s_x = x - x_0$
Время	t	с	$t = \frac{x - x_0}{v_x}$ $t = \frac{s_x}{v_x}$

Образец решения задачи:



Движение тела задано графиком координаты (зависимости координаты от времени). По графику определите:

- а) начальную координату тела;
- б) проекцию скорости тела;
- в) направление движения тела (по оси x или против оси x);
- г) запишите уравнение координаты.

Решение:

а) Начальная координата — это координата в момент времени $t = 0$. $x_0 = 5$ м.

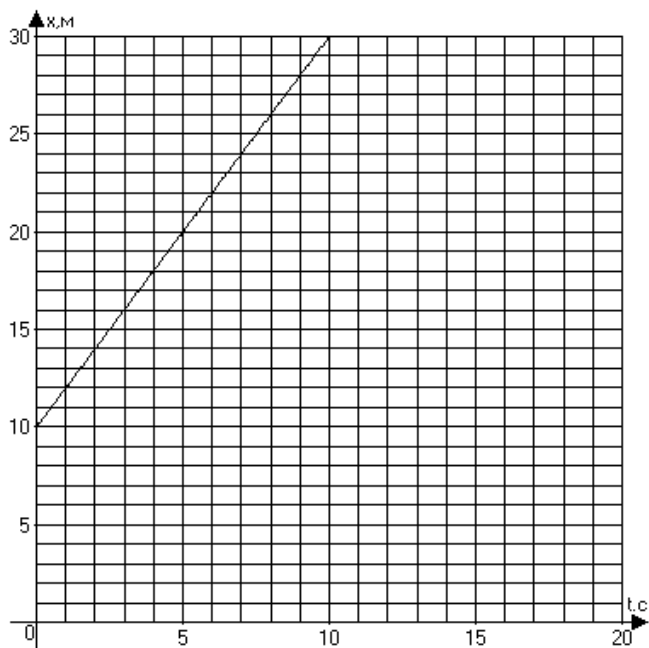
б)
$$v_x = \frac{x - x_0}{t} = \frac{25 - 5}{10} = 2 \text{ м/с}$$

в) Так как координата тела возрастает и проекция скорости положительна, тело движется по направлению координатной оси x .

г)
$$x(t) = x_0 + v_x t = 5 + 2t$$

Задачи для самостоятельного решения:

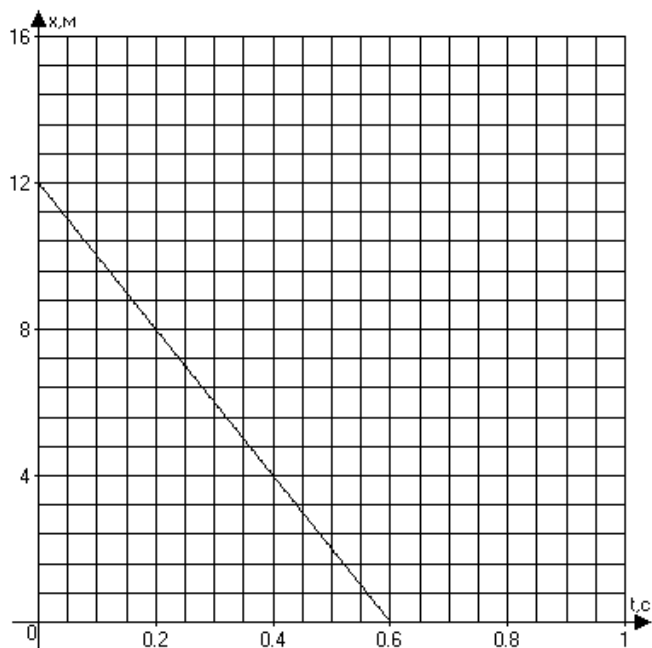
1)



По графику координаты определите:

- а) начальную координату тела;
- б) проекцию скорости тела;
- в) направление движения тела;
- г) запишите уравнение координаты.

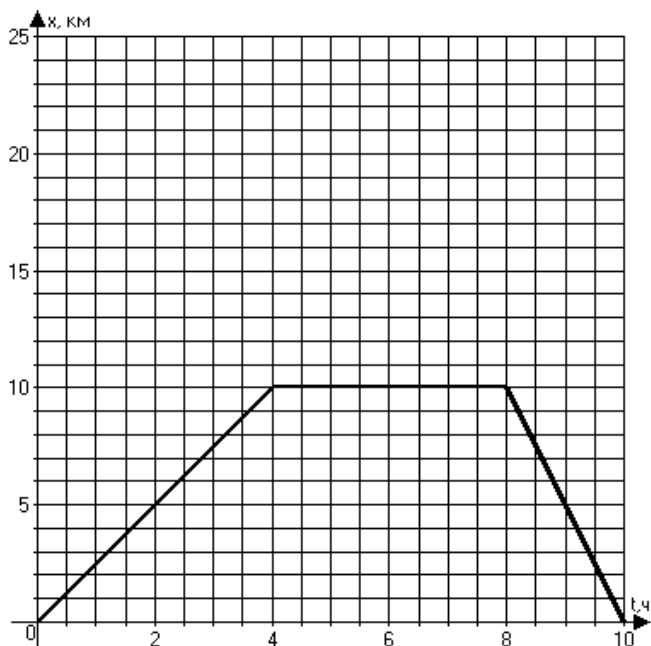
2)



По графику координаты определите:

- а) начальную координату тела;
- б) проекцию скорости тела;
- в) направление движения тела;
- г) запишите уравнение координаты.

3)



Туристы, совершая однодневный поход, вернулись домой через 10 ч после выхода. Движение туристов задано графиком координаты. Изучив график, ответьте на вопросы:

- 1) на какое расстояние туристы удалились от дома?
- 2) с какой скоростью они двигались до места привала?
- 3) сколько времени туристы отдыхали?
- 4) какова была их скорость на обратном пути?
- 5) запишите уравнение координаты для каждого участка пути.

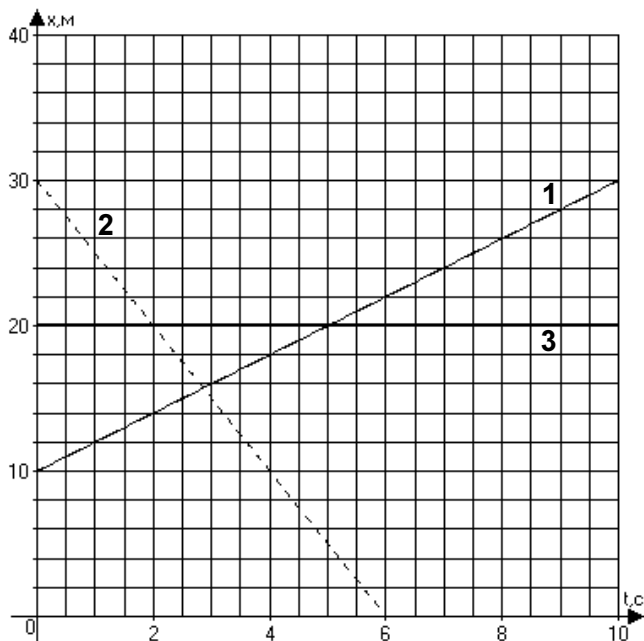
I. Прямолинейное равномерное движение

ВАРИАНТ 4

ГРАФИК КООРДИНАТЫ. ДВИЖЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Название величины	Обозначение	Единица измерения (в СИ)	Связь с другими величинами
Начальная координата	x_0	м	$x_0 = x - s_x$ $x_0 = x - v_x t$
Координата в любой момент времени	x	м	$x = x_0 + s_x$ $x = x_0 + v_x t$
Проекция скорости	v_x	м/с	$v_x = \frac{x - x_0}{t}$ $v_x = \frac{s_x}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_x t$ $s_x = x - x_0$
Время	t	с	$t = \frac{x - x_0}{v_x}$ $t = \frac{s_x}{v_x}$

Образец решения задачи:



На рисунке изображены графики движения трех тел. Изучив рисунок, для каждого тела определите:

- а) начальную координату;
- б) скорость;
- в) направление движения;
- г) запишите уравнение координаты.

Решение:

I тело:

а) $x_0 = 10$ (м);

б) $v_x = \frac{x - x_0}{t} = \frac{20 - 10}{5} = 2$ (м/с);

в) тело движется по направлению оси x ;

г) $x(t) = x_0 + v_x t = 10 + 2t$.

II тело:

а) $x_0 = 30$ (м);

б) $v_x = \frac{0 - 30}{6} = -5$ (м/с);

в) тело движется против оси x ;

г) $x(t) = 30 - 5t$.

III тело:

а) $x_0 = 20$ (м);

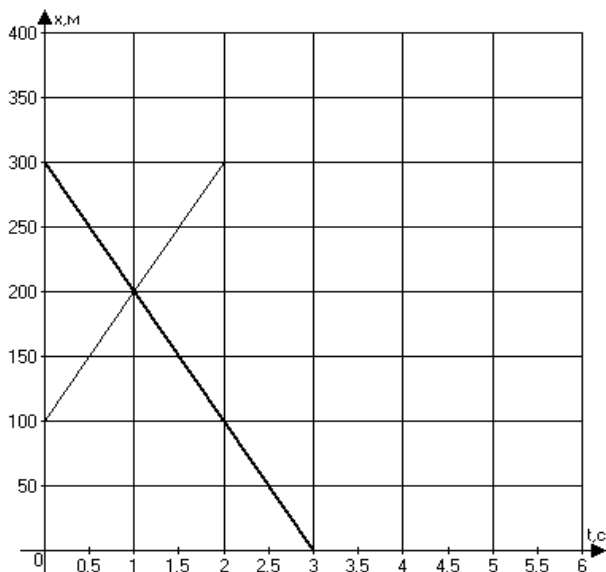
б) $v_x = 0$;

в) тело покоится;

г) $x(t) = 20$.

Задачи для самостоятельного решения:

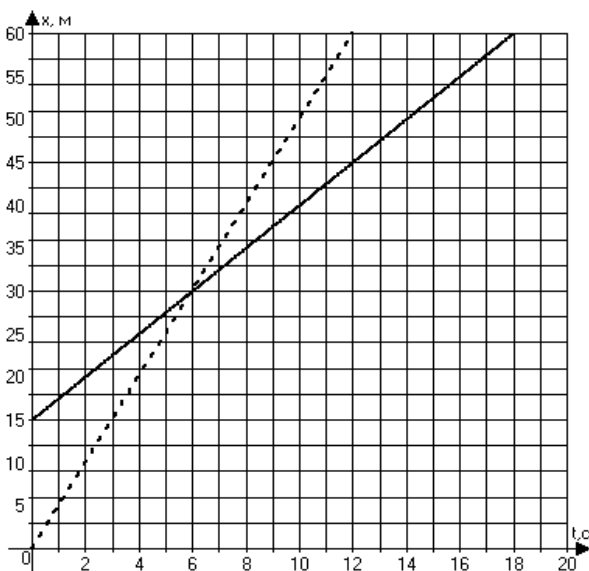
1)



На рисунке изображены графики движения двух тел. Изучив рисунок, для каждого тела определите:

- а) начальную координату;
- б) скорость;
- в) направление движения;
- г) запишите уравнение координаты;
- д) определите место и время встречи тел.

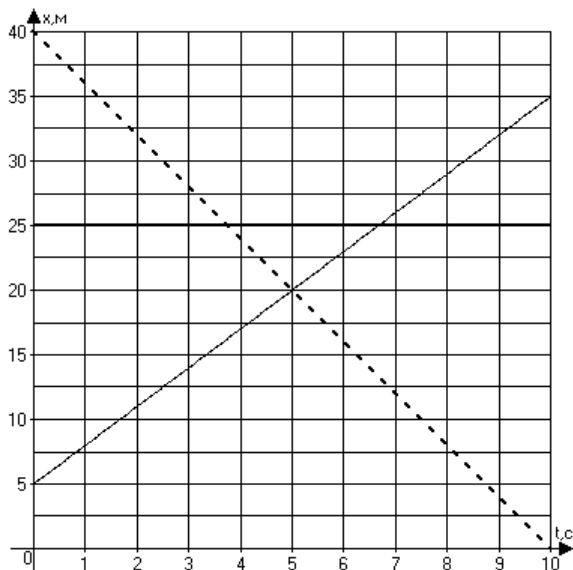
2)



На рисунке изображены графики движения двух тел. Изучив рисунок, для каждого тела определите:

- а) начальную координату;
- б) скорость;
- в) направление движения;
- г) запишите уравнение координаты;
- д) определите место и время встречи тел.

3)



На рисунке изображены графики движения трех тел. Изучив рисунок, для каждого тела определите:

- а) начальную координату;
- б) скорость;
- в) направление движения;
- г) запишите уравнение координаты.

II. Прямолинейное равноускоренное движение

Равноускоренным движением называется такое движение, при котором тело за равные промежутки времени изменяет свою скорость на одну и ту же величину.

Движение, при котором скорость равномерно уменьшается, тоже считают равноускоренным (иногда его называют равнозамедленным).

Величины, участвующие в описании равноускоренного движения, почти все векторные. При решении задач формулы записывают обычно через проекции векторов на координатные оси. Если тело движется по горизонтали, ось обозначают буквой x , если по вертикали — буквой y .

Если векторы скорости и ускорения **сонаправлены** (их проекции имеют одинаковые знаки), тело **разгоняется**, т. е. его скорость увеличивается. Если же векторы скорости и ускорения **противоположно направлены**, тело **тормозит**.

При изучении данной темы учащиеся должны уметь решать задачи следующих типов:

- 1) расчетные задачи на применение уравнения проекции скорости;
- 2) расчетные задачи на применение формулы проекции перемещения;
- 3) задачи на чтение графика проекции скорости;
- 4) задачи на чтение уравнения проекции скорости и построения графика;
- 5) задачи на чтение уравнения координаты.

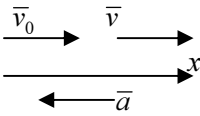
II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 1. СКОРОСТЬ ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
Проекция начальной скорости	v_{0x}	м/с	$v_{0x} = v_x - a_x t$
Проекция мгновенной скорости	v_x	м/с	$v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекция ускорения	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата	x	м	$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

Образец решения задачи:

Автомобиль, двигаясь с ускорением $-0,5 \text{ м/с}^2$, уменьшил свою скорость от 54 до 18 км/ч. Сколько времени ему для этого понадобилось?

Дано:	СИ		Решение:
$a_x = -0,5 \text{ м/с}^2$			$v_{0x} = v_x - a_x t; \quad t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
$v_{0x} = 54 \text{ км/ч}$	15 м/с		$t = \frac{5 - 15}{-0,5} = 20 \text{ (с)}$
$v_x = 18 \text{ км/ч}$	5 м/с		Ответ: 20 с
$t = ?$			

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Какую скорость развил поезд через две минуты после отправления, если его ускорение $0,25 \text{ м/с}^2$?
- 2) Велосипедист, двигаясь под уклон, разогнался от 18 км/ч до скорости 36 км/ч за 40 с. С каким ускорением он двигался?
- 3) Автомобиль преодолел подъем за 0,5 мин, двигаясь с ускорением $-0,3 \text{ м/с}^2$. Какова была его скорость в начале подъема, если в его конце скорость составляла 10 м/с?

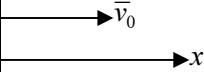
II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 2. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
Проекция начальной скорости	v_{0x}	м/с	$v_{0x} = v_x - a_x t$
Проекция мгновенной скорости	v_x	м/с	$v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекция ускорения	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата	x	м	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$

Образец решения задачи:

При подходе к станции поезд начал торможение, имея начальную скорость 90 км/ч и ускорение 0,1 м/с². Определите тормозной путь поезда, если торможение длилось 1 мин.

Дано:	СИ		Решение:
$v_{0x} = 90$ км/ч	25 м/с		$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$
$a_x = -0,1$ м/с ²		$\bar{a} \leftarrow$	$s_x = 25 \cdot 60 - \frac{0,1 \cdot 60^2}{2} = 1320$ (м)
$t = 1$ мин	60 с	$v_{0x} > 0$	Ответ: 1320 м
$s_x = ?$		$a_x < 0$	

Задачи для самостоятельного решения:

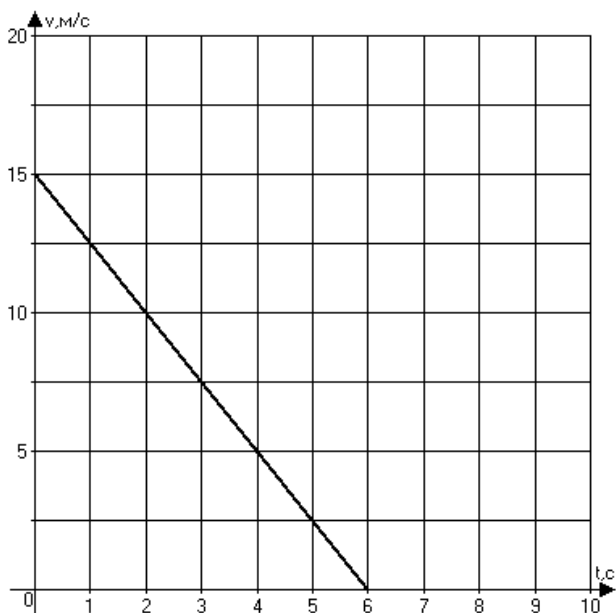
- Какова начальная скорость автомобиля, если за 20 с он проходит 400 м, двигаясь с ускорением 1,2 м/с²?
- С каким ускорением движется хоккейная шайба, если после удара клюшкой она приобрела скорость 12 м/с и за 2 с прошла путь 20 м?
- Определите тормозной путь автомобиля, если торможение длилось 3 с при начальной скорости 36 км/ч и ускорении 0,4 м/с².
- Лыжник спускается с горы длиной 300 м при начальной скорости 10 м/с и ускорении 0,5 м/с². Сколько времени займет спуск?

II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 3. ГРАФИК ПРОЕКЦИИ СКОРОСТИ (ЧТЕНИЕ ГРАФИКА)

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
Проекция начальной скорости	v_{0x}	м/с	$v_{0x} = v_x - a_x t$
Проекция мгновенной скорости	v_x	м/с	$v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекция ускорения	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата	x	м	$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

Образец решения задачи:

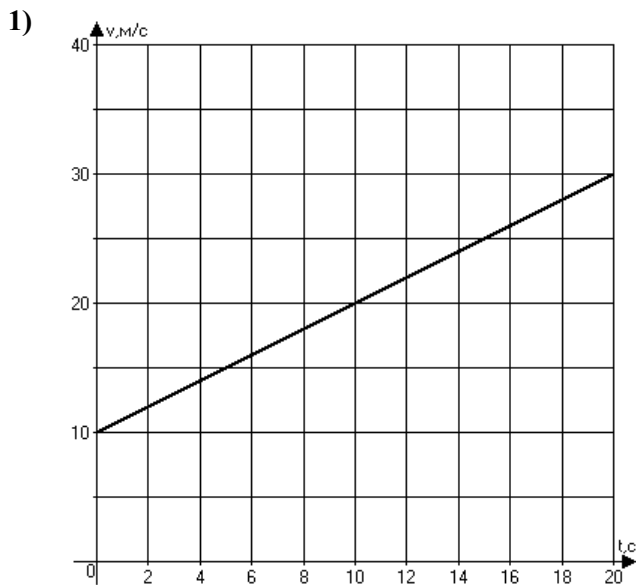


По графику проекции скорости определите:

- 1) начальную скорость тела;
- 2) время движения тела до остановки;

- 3) ускорение тела;
 - 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
 - 5) запишите уравнение проекции скорости;
 - 6) запишите уравнение координаты (начальную координату считайте равной нулю).
- 1) $v_{0x} = 15 \text{ м/с}$;
 - 2) $t = 6 \text{ с}$;
 - 3) $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} = \frac{5 - 15}{4} = -2,5 \text{ м/с}^2$;
 - 4) тело тормозит, так как скорость его уменьшается;
 - 5) $v_x(t) = v_{0x} + a_x t = 15 - 2,5t$;
 - 6) $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} = 15t - 1,25t^2$.

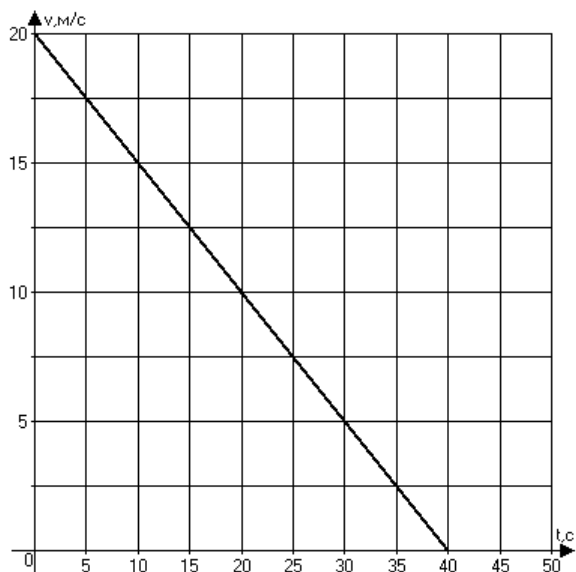
Задачи для самостоятельного решения:



По графику проекции скорости определите:

- 1) начальную скорость тела;
- 2) ускорение тела;
- 3) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 4) запишите уравнение проекции скорости;
- 5) запишите уравнение координаты (начальную координату считайте равной нулю).

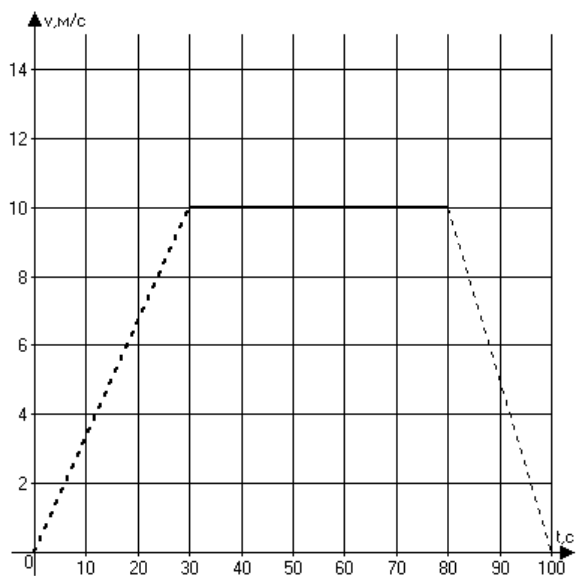
2)



По графику проекции скорости определите:

- 1) начальную скорость тела;
- 2) ускорение тела;
- 3) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 4) запишите уравнение проекции скорости;
- 5) запишите уравнение координаты (начальную координату считайте равной нулю).

3) Тело движется с переменной скоростью. Охарактеризуйте движение на каждом участке. Для каждого участка запишите уравнение проекции скорости.



II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 4. ГРАФИК ПРОЕКЦИИ СКОРОСТИ (ПОСТРОЕНИЕ)

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
Проекция начальной скорости	v_{0x}	м/с	$v_{0x} = v_x - a_x t$
Проекция мгновенной скорости	v_x	м/с	$v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекция ускорения	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата	x	м	$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

Образец решения задачи:

Движение двух тел задано уравнениями проекции скорости:

$$v_{1x}(t) = 2 + 2t$$

$$v_{2x}(t) = 6 - 2t$$

В одной координатной плоскости постройте график проекции скорости каждого тела. Что означает точка пересечения графиков?

Решение:

Для каждого уравнения заполним таблицу значений из двух точек (уравнение проекции скорости представляет собой линейную функцию. Графиком линейной функции является прямая. Для построения прямой достаточно взять две точки).

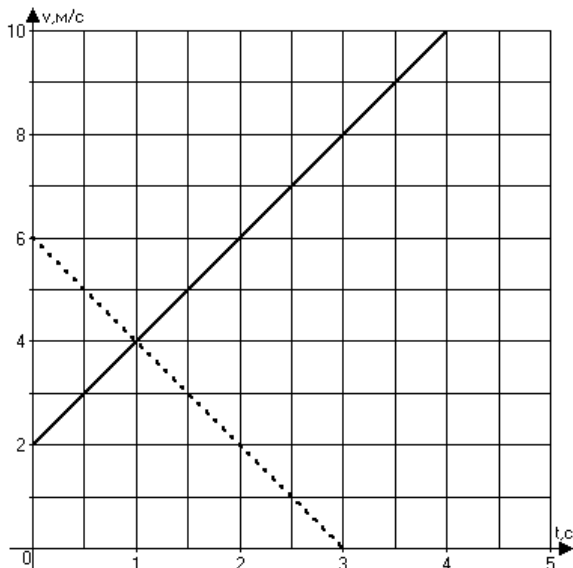
1)

t	0	3
v	2	8

2)

t	0	3
v	6	0

Теперь начертим координатную плоскость, откладывая по горизонтальной оси время в секундах (t , с), по вертикальной — скорость в метрах в секунду (v , м/с). Масштаб выбираем такой, какой удобно для данных значений точек. Наносим точки на плоскость и проводим через них прямые линии.



Точка пересечения графиков означает, что скорости тел в момент времени 1 с одинаковы: 4 м/с.

Задачи для самостоятельного решения:

1) Движение тела задано уравнением проекции скорости: $v_x(t) = 15 - 3t$. Постройте график проекции скорости.

2) Движение тела задано уравнением проекции скорости: $v_x(t) = 4 + 0,5t$. Постройте график проекции скорости.

3) Движение двух тел задано уравнениями проекции скорости:

$$v_{1x}(t) = 2t$$

$$v_{2x}(t) = 10 - 0,5t$$

В одной координатной плоскости постройте графики проекций скоростей данных тел.

4) Тело двигалось в течение двух секунд из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 . Следующие 6 с тело двигалось равномерно. Последние 4 с — равноускоренно с ускорением -1 м/с^2 . Постройте график проекции скорости тела для всех этапов движения.

II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 5. УРАВНЕНИЕ КООРДИНАТЫ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$
Проекция начальной скорости	v_{0x}	м/с	$v_{0x} = v_x - a_x t$
Проекция мгновенной скорости	v_x	м/с	$v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекция ускорения	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Проекция перемещения	s_x	м	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата	x	м	$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

Образец решения задачи:

Движение тела задано уравнением $x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$.

Определите:

- 1) начальную координату тела;
- 2) проекцию скорости тела;
- 3) проекцию ускорения;
- 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 5) запишите уравнение проекции скорости;
- 6) определите значение координаты и скорости в момент времени $t = 4$ с.

Сравним уравнение координаты в общем виде с данным уравнением и найдем искомые величины.

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

$$x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$$

- 1) $x_0 = 5$ (м);
- 2) $v_{0x} = 10$ (м/с);
- 3) $\frac{a_x}{2} = -0,5$ м/с²; $a_x = -1$ (м/с²);
- 4) тело тормозит, так как проекции скорости и ускорения имеют разные знаки;

5) $v_x(t) = 10 - t$;

6) $x(4 \text{ с}) = 5 + 10 \cdot 4 - 0,5 \cdot 4^2 = 37 \text{ (м)} ;$

$v_x(4 \text{ с}) = 10 - 4 = 6 \text{ (м/с)} .$

Задачи для самостоятельного решения:

1) Движение задано уравнением координаты $x(t) = 2 + 3t + 0,4t^2$.

Определите:

- 1) начальную координату тела;
- 2) проекцию скорости тела;
- 3) проекцию ускорения;
- 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 5) запишите уравнение проекции скорости;
- 6) определите значение координаты и скорости в момент времени $t = 6 \text{ с}$.

2) Движение тела задано уравнением: $x(t) = 20t - t^2$.

Определите:

- 1) начальную координату тела;
- 2) проекцию скорости тела;
- 3) проекцию ускорения;
- 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 5) запишите уравнение проекции скорости;
- 6) определите значение координаты и скорости в момент времени $t = 10 \text{ с}$.

3) Движение тела задано уравнением: $x(t) = 30 - 5t - 0,3t^2$.

Определите:

- 1) начальную координату тела;
- 2) проекцию скорости тела;
- 3) проекцию ускорения;
- 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);
- 5) запишите уравнение проекции скорости;
- 6) определите значение координаты и скорости в момент времени $t = 8 \text{ с}$.

Раздел механики, изучающий законы Ньютона, называется динамикой. Если при изучении кинематики рассматривается вопрос: **как** тело движется (равномерно, равноускоренно и т. д.), то динамика дает ответ: **почему** тело движется так, а не иначе.

I закон говорит о состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Если $\sum \vec{F} = 0$, то $v = \text{const}$. Существуют такие системы отсчета, относительно которых тело сохраняет свою скорость неизменной, если на него не действуют другие тела (или их действие скомпенсировано), (или равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю).

II закон говорит о движении тела с ускорением.

Если $\sum \vec{F} = \text{const}$, то $\vec{a} = \text{const}$, $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Если на тело действует постоянная сила (или несколько сил), то тело движется с постоянным ускорением. Причем ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе.

Вектор ускорения сонаправлен с вектором равнодействующей сил.

При решении простых задач, где на тело действует только одна сила, можно применять формулу сразу в виде: $a_x = \frac{F_x}{m}$ или $F_x = ma_x$, $m = \frac{F_x}{a_x}$.

Если же на тело действует несколько сил, то нужно делать чертеж и геометрическим путем определять направление равнодействующей сил.

III закон говорит о взаимодействии тел.

$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ — запись закона в векторной форме.

$F_{1x} = -F_{2x}$ — запись закона в скалярной форме.

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению.

Особенности сил:

1) Силы появляются парами.

2) Силы одной природы.

3) Силы приложены к разным телам, поэтому не могут уравновешивать друг друга.

Например, Земля притягивает к себе тело массой 1 кг с силой 9,8 Н. Камень точно с такой же силой притягивает к себе Землю.

Однако ускорения эти тела приобретают различные, так как у них разные массы. Камень получает большое ускорение вследствие своей малой массы, а Земля получает мизерное ускорение вследствие своей огромной массы.

Разнообразие задач на законы Ньютона очень велико. Но, так как по программе отводится на физику всего 2 часа в неделю, поэтому рассматриваются лишь простые задачи. Более сложные (на движение тела под действием нескольких сил: по наклонной плоскости, движение связанных тел и т. д.) просто нет возможности решать на уроках.

III. Законы Ньютона

ВАРИАНТ 1. II ЗАКОН НЬЮТОНА (САМЫЕ ПРОСТЫЕ ЗАДАЧИ)

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса	m	кг	$m = \frac{F_x}{a_x}$
Ускорение (проекция на ось x)	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{F_x}{m}$
Сила (проекция на ось x)	F_x	Н	$F_x = ma_x$

Образец решения задачи:

Какое ускорение приобретет тело массой 500 г под действием силы 0,2 Н?

Дано:	СИ	Решение:
$m = 500 \text{ г}$	0,5 кг	$a_x = \frac{F_x}{m}$
$F_x = 0,2 \text{ Н}$		$a_x = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ (м/с}^2\text{)}$
$a_x - ?$		Ответ: 0,4 м/с ²

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Какая сила сообщает автомобилю массой 0,7 т ускорение 2 м/с²?
- 2) Какова масса шарика, если под действием силы 0,03 Н он приобрел ускорение 15 см/с²?
- 3) С каким ускорением двигался поезд массой 1200 т, если сила тяги электровоза 180 кН?

III. Законы Ньютона

ВАРИАНТ 2. II ЗАКОН НЬЮТОНА

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса	m	кг	$m = \frac{F_x}{a_x}$
Ускорение (проекция на ось x)	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{F_x}{m}$
Сила (проекция на ось x)	F_x	Н	$F_x = ma_x$

Образец решения задачи:

Сила 30 Н сообщает телу ускорение 0,4 м/с. Какая сила сообщит тому же телу ускорение 2 м/с²?

Дано:

$$F_{1x} = 30 \text{ Н}$$

$$a_{1x} = 0,4 \text{ м/с}^2$$

$$a_{2x} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$F_{2x} = ?$$

Решение:

1) Найдем массу тела, применив II закон для первого тела.

$$F_{1x} = ma_{1x}; \quad m = \frac{F_{1x}}{a_{1x}}$$

$$m = \frac{30}{0,4} = 75 \text{ (кг)}$$

2) Найдем силу F_{2x} , применив II закон для второго тела.

$$F_{2x} = ma_{2x} = 75 \cdot 2 = 150 \text{ (Н)}$$

Ответ: 150 Н

Задачи для самостоятельного решения:

1) Сила 2 кН сообщает телу ускорение 0,5 м/с². Какая сила сообщит тому же телу ускорение 0,1 м/с²?

2) Тело массой 50 кг под действием некоторой силы приобрело ускорение 0,2 м/с². Какое ускорение приобретет тело массой 200 кг под действием той же силы?

3) Легковой автомобиль массой 800 кг движется под действием силы тяги 400 Н. Какова должна быть сила тяги грузового автомобиля для сообщения ему такого же ускорения, если его масса 4 т?

III. Законы Ньютона

ВАРИАНТ 3. II ЗАКОН НЬЮТОНА (КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРМУЛ ДЛЯ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ)

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса	m	кг	$m = \frac{F_x}{a_x}$
Ускорение (проекция на ось x)	a_x	м/с ²	$a_x = \frac{F_x}{m}$; $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$
Сила (проекция на ось x)	F_x	Н	$F_x = ma_x$

Образец решения задачи:

Сколько времени потребуется автомобилю массой 700 кг, чтобы разогнаться из состояния покоя до скорости 72 км/ч, если сила тяги двигателя 1,4 кН?

Дано:	СИ	Решение:
$m = 700$ кг		$F_x = ma_x$; $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$; $F_x = \frac{m(v_x - v_{0x})}{t}$
$v_{0x} = 0$		
$v_x = 72$ км/ч	20 м/с	$t = \frac{m(v_x - v_{0x})}{F_x} = \frac{700 \cdot 20}{1400} = 10$ (с)
$F_x = 1,4$ кН	1400 Н	
$t = ?$		Ответ: 10 с

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Автомобиль массой 3 т, двигаясь из состояния покоя, развил скорость 36 км/ч за 5 с. Определите силу, сообщившую автомобилю ускорение.
- 2) Тело массой 200 кг двигалось под действием постоянной силы 500 Н в течение 4 с. Какую скорость приобрело тело, если оно начало движение из состояния покоя?
- 3) На автомобиль при торможении действует сила 2,5 кН. Определите массу автомобиля, если торможение длилось 20 с, а начальная скорость автомобиля была равна 36 км/ч.

Свободное падение — это движение тела под действием силы тяжести (другие силы — сила сопротивления, выталкивающая сила — отсутствуют либо ими пренебрегают).

Так как сила тяжести направлена вниз, то ускорение, которое она сообщает телу, тоже направлено вниз. **Свободное падение** — это **равноускоренное движение**. Ускорение, сообщаемое телу силой тяжести, называют **ускорением свободного падения**. Оно одинаково для всех тел вблизи поверхности Земли и имеет значение $9,8 \text{ м/с}^2$. При решении задач в большинстве случаев это число округляется до 10 м/с^2 .

При решении задач применяются формулы равноускоренного движения. Для нахождения проекций векторов координатную ось обычно обозначают буквой y , так как движение происходит по вертикали. Направляют ее вверх или вниз — как удобней при решении конкретной задачи. Скорость свободно падающего тела возрастает.

Движение тела, брошенного вертикально вверх — частный случай свободного падения. Только скорость тела уменьшается, так как оно движется против силы тяжести, и вектор начальной скорости и вектор ускорения противоположно направлены. Достигая некоторой точки (наивысшей точки подъема), тело на мгновение останавливается (в это время его скорость равна нулю), а затем начинает падать. Так как движение вверх и вниз происходит с одинаковым ускорением, то время подъема и время падения тела равны.

Если координатную ось направить вверх, то проекция ускорения будет отрицательна, если вниз — положительна. Но при любом направлении оси для падающего тела векторы ускорения и скорости сонаправлены, а для тела, брошенного вверх — противоположно направлены.

IV. Свободное падение тел

ВАРИАНТ 1. ДВИЖЕНИЕ ВНИЗ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y}$
Проекция начальной скорости	v_{0y}	м/с	$v_{0y} = v_y - g_y t$
Проекция мгновенной скорости	v_y	м/с	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Проекция ускорения	g_y	м/с ²	$g_y = 9,8 \text{ м/с}^2$
Проекция перемещения	s_y	м	$s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
Координата	y	м	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Образец решения задачи:

С балкона 8-го этажа здания вертикально вниз бросили тело, которое упало на землю через 2 с и при падении имело скорость 25 м/с. Какова была начальная скорость тела?

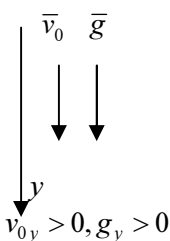
Дано:

$$t = 2 \text{ с}$$

$$v_{0y} = 25 \text{ м/с}$$

$$g_y = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{0y} = ?$$



Решение:

$$v_y = v_{0y} + g_y t; \quad v_{0y} = v_y - g_y t$$

$$v_{0y} = 25 - 10 \cdot 2 = 5 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 5 м/с

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Камень упал со скалы и достиг дна ущелья через 3 с. Определите скорость камня в момент падения. (Начальную скорость считать равной нулю.)
- 2) Сколько времени и с какой высоты падал мяч, если его начальная скорость была равна нулю, а скорость в момент падения составляла 15 м/с?
- 3) Определите начальную скорость сокола, отвесно падающего на свою добычу, если его скорость в момент падения 50 м/с, а время падения — 4,8 с.
- 4) На высоте 2 км над поверхностью Земли находится аэростат. С него сбрасывают балласт (без начальной скорости). Через какое время балласт достигнет Земли?

IV. Свободное падение тел

ВАРИАНТ 2. ДВИЖЕНИЕ ВВЕРХ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y}$
Проекция начальной скорости	v_{0y}	м/с	$v_{0y} = v_y - g_y t$
Проекция мгновенной скорости	v_y	м/с	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Проекция ускорения	g_y	м/с ²	$g_y = 9,8 \text{ м/с}^2$
Проекция перемещения	s_y	м	$s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
Координата	y	м	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Образец решения задачи:

Какой высоты достигнет мяч, брошенный вертикально вверх со скоростью 20 м/с? Сколько времени для этого ему понадобится?

<i>Дано:</i> $v_{0y} = 20 \text{ м/с}$ $v_y = 0$ $g_y = -10 \text{ м/с}^2$ $h - ?$ $t - ?$		<i>Решение:</i> $v_y = v_{0y} + g_y t; \quad t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y} = \frac{0 - 20}{-10} = 2 \text{ (с)}$ $h = s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} = 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2} = 20 \text{ (м)}$ <i>Ответ:</i> 20 м; 2 с
---	--	---

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Из пружинного пистолета сделали выстрел вертикально вверх. Какова была начальная скорость пули, если она достигла наивысшей точки подъема за 3 с? На какую высоту поднялась пуля?
- 2) Тело, брошенное вертикально вверх, оказалось на высоте 50 м через 4 с. Определите его начальную скорость.
- 3) Сколько времени потребуется стреле, выпущенной из лука вертикально вверх, для того, чтобы скорость ее уменьшилась в 4 раза? На какой высоте это произойдет? Начальная скорость стрелы 40 м/с.

IV. Свободное падение тел

ВАРИАНТ 3. КОМБИНИРОВАННОЕ ДВИЖЕНИЕ (ВВЕРХ И ВНИЗ)

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Время	t	с	$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y}$
Проекция начальной скорости	v_{0y}	м/с	$v_{0y} = v_y - g_y t$
Проекция мгновенной скорости	v_y	м/с	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Проекция ускорения	g_y	м/с ²	$g_y = 9,8 \text{ м/с}^2$
Проекция перемещения	s_y	м	$s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
Координата	y	м	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Образец решения задачи:

Мяч бросили вертикально вверх со скоростью 15 м/с. Через какое время он будет находиться на высоте 10 м?

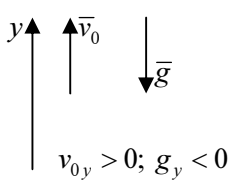
Дано:

$$v_{0y} = 15 \text{ м/с}$$

$$h = 10 \text{ м}$$

$$g_y = -10 \text{ м/с}^2$$

$$t - ?$$



Решение:

В этой задаче получается квадратное уравнение относительно времени.

$$10 = 15t - \frac{10t^2}{2}$$

$$h = s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad 5t^2 - 15t + 10 = 0$$

$$t^2 - 3t + 2 = 0$$

$$t_1 = 2; t_2 = 1$$

Пояснение: в момент времени 1 с мяч был на высоте 10 м и двигался вверх. В момент времени 2 с мяч был снова на той же высоте, но уже падал.

Ответ: 1 с; 2 с.

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Мяч бросили вертикально вверх со скоростью 20 м/с. На какой высоте он будет через 2 с? Через 4 с?
- 2) Тело, брошенное вертикально вверх, упало на землю через 3 с. Определите его начальную скорость. (Время подъема тела равно времени падения.)
- 3) Стрела выпущена из лука вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Через какое время она упадет?

V. Закон всемирного тяготения

Закон всемирного тяготения — это один из фундаментальных законов природы. Ему подчиняются и маленькие песчинки, и огромные планеты.

Два тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

Формула закона дает точный результат в трех случаях:

- 1) если размеры тел пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними;
- 2) если оба тела — однородные и шарообразные;
- 3) если одно из тел — шар, размеры и масса которого значительно больше, чем у второго тела.

Но заметно сила всемирного тяготения проявляет себя лишь тогда, когда тела имеют очень большие массы (или хотя бы одно из тел обладает большой массой). Тела же, которые нас окружают в повседневной жизни, тоже притягиваются друг к другу, но это притяжение настолько мало, что мы его не замечаем. Только притяжение всех тел к Земле имеет уже значительную величину.

Решение задач на закон всемирного тяготения представляет особую сложность, так как в большинстве задач довольно громоздкие вычисления. Поэтому в данном случае уместно использование микрокалькулятора.

V. Закон всемирного тяготения

ВАРИАНТ 1. ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса тела	m	кг	
Расстояние между телами или их центрами	r	м	$r = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}$
Сила всемирного тяготения	F	Н	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
Постоянная всемирного тяготения	G	$\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$

Образец решения задачи:

На каком расстоянии друг от друга находятся два одинаковых шара массами по 20 т, если сила тяготения между ними $6,67 \cdot 10^{-5}$ Н?

Дано:

$$m_1 = m_2 = 20 \text{ т}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$r = ?$$

СИ

$$2 \cdot 10^4 \text{ кг}$$

Решение:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}; \quad r = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}$$

$$r = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (2 \cdot 10^4)^2}{6,67 \cdot 10^{-5}}} = 20 \text{ (м)}$$

Ответ: 20 м

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Вычислите силу притяжения между Землей и Луной, если масса Луны $7,4 \cdot 10^{22}$ кг, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, а расстояние между ними 384 000 км.
- 2) Сила тяготения между Землей и Солнцем $3,6 \cdot 10^{22}$ Н, а расстояние между ними — 1 а.е. (150 млн км). Определите массу Солнца. Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг.
- 3) Определите расстояние между Солнцем и Нептуном, если масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, масса Нептуна $1 \cdot 10^{23}$ кг, а сила тяготения между ними — $6,6 \cdot 10^{17}$ Н.

V. Закон всемирного тяготения

ВАРИАНТ 2. УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ. СИЛА ТЯГОТЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ТЕЛО, УДАЛЕННОЕ ОТ ЗЕМЛИ НА БОЛЬШОЕ РАССТОЯНИЕ

Если закон всемирного тяготения записать для Земли и тела, находящегося вблизи поверхности Земли, то он запишется таким образом:

$$F = G \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2}. \text{ Произведем замену: } g = \frac{GM_3}{R_3^2}, \text{ получим формулу для силы тяжести}$$

вблизи поверхности Земли: $F = gm$, где g — ускорение свободного падения. (Вблизи поверхности Земли $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.)

Если же тело удалено от Земли на расстояние h , сравнимое с радиусом планеты, то ускорение свободного падения уже нельзя считать постоянным, так как оно будет уменьшаться с увеличением расстояния.

$$g = \frac{GM_3}{(R_3 + h)^2} \text{ — так теперь будет выглядеть выражение для величины ускорения}$$

свободного падения. Ускорение свободного падения и силу тяжести на других планетах можно вычислять, пользуясь этими же законами, только вместо радиуса Земли и массы Земли нужно брать параметры другой планеты.

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса планеты	M	кг	$M = \frac{gR^2}{G}$
Радиус планеты	R	м	$R = \sqrt{\frac{GM}{g}}$
Высота	h	м	$h = \sqrt{\frac{GM}{g}} - R$
Ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты	g	м/с^2	$g = \frac{GM}{R^2}$
Постоянная всемирного тяготения	G	$\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$
Ускорение свободного падения на большом расстоянии от поверхности планеты	g	м/с^2	$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$

Образец решения задачи:

Масса Сатурна $5,7 \cdot 10^{26}$ кг, а его радиус — $6 \cdot 10^7$ м. Определите ускорение свободного падения на Сатурне.

Дано:

$$M_c = 5,7 \cdot 10^{26} \text{ кг}$$

$$R_c = 6 \cdot 10^7 \text{ м}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$g - ?$$

Решение:

$$g = \frac{GM_c}{R_c^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,7 \cdot 10^{26}}{(6 \cdot 10^7)^2} \approx 10,6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Ответ: $10,6 \text{ м/с}^2$

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Определите ускорение свободного падения на Меркурии (ближайшей к Солнцу планете). Масса Меркурия $3,3 \cdot 10^{23}$ кг, радиус — 2440 км.
- 2) На какой высоте над Землей ускорение свободного падения имеет значение 5 м/с^2 ? Радиус Земли 6400 км, масса — $6 \cdot 10^{24}$ кг.
- 3) Ускорение свободного падения на планете Уран (вблизи поверхности планеты) такое же, как на Земле. Радиус планеты 25 000 км. Какова масса Урана?

VI. Движение тела по окружности

Движение тела по криволинейной траектории встречается в природе и технике очень часто. Это более сложный вид движения, чем прямолинейное движение, и его математическое описание выходит за рамки школьного курса физики. Но криволинейное движение можно свести к движению по дугам окружности. В курсе физики 9-го класса рассматривается наиболее простой вид движения тела по окружности — движение с постоянной по модулю скоростью (**равномерное движение по окружности**). Но так как скорость, кроме числового значения, имеет еще и направление (а направление скорости при движении по окружности все время изменяется), то **движение тела по окружности — это движение с ускорением**. Скорость тела в любой точке окружности направлена по касательной к окружности, а ускорение направлено к центру окружности, и поэтому называется **центростремительным ускорением**. Сила, которая сообщает телу ускорение, тоже направлена к центру окружности. В каждом конкретном случае природа центростремительной силы различна. Это может быть сила трения (при повороте автомобиля), сила упругости (при вращении шарика на нити), сила тяготения (при движении искусственного спутника вокруг Земли).

VI. Движение тела по окружности

ВАРИАНТ 1. ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Радиус окружности	r	м	$r = \frac{v^2}{a}$
Линейная скорость (модуль)	v	м/с	$v = \sqrt{ar}$
Центростремительное ускорение (модуль)	a	м/с ²	$a = \frac{v^2}{r}$
Центростремительная сила (модуль)	F	Н	$F = \frac{mv^2}{r}$

Образец решения задачи:

Какова линейная скорость тела, движущегося по окружности радиусом 40 м с ускорением 2,5 м/с²?

Дано:

$$a = 2,5 \text{ м/с}^2$$

$$r = 40 \text{ м}$$

$$v = ?$$

Решение:

$$a = \frac{v^2}{r}; \quad v = \sqrt{ar}$$

$$v = \sqrt{2,5 \cdot 40} = 10 \text{ (м/с)}$$

$$\text{Ответ: } 10 \text{ м/с}$$

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Определите центростремительное ускорение трамвая, движущегося по закруглению дороги радиусом 50 м со скоростью 18 км/ч.
- 2) Определите скорость и ускорение секундной стрелки часов, если радиус циферблата 15 см. (Указание: секундная стрелка совершает один оборот за 1 мин, т. е. за 60 с, проходя путь, равный длине окружности: $s = l = 2\pi r$. Для нахождения скорости примените формулу $v = \frac{s}{t}$.) Число $\pi = 3,14$.
- 3) Точка, находящаяся на конце лопасти воздушного винта самолета ИЛ-18, движется с линейной скоростью 254 м/с и с ускорением 12 840 м/с². Определите длину лопасти.
- 4) Каков радиус выпуклого моста, если его середину автомобиль проходит с ускорением 5 м/с² при скорости 54 км/ч?

VI. Движение тела по окружности

ВАРИАНТ 2. ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНАЯ СИЛА

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Радиус окружности	r	м	$r = \frac{v^2}{a}$
Линейная скорость (модуль)	v	м/с	$v = \sqrt{ar}$
Центростремительное ускорение (модуль)	a	м/с ²	$a = \frac{v^2}{r}$
Центростремительная сила (модуль)	F	Н	$F = \frac{mv^2}{r}$
Масса тела	m	кг	$m = \frac{Fr}{v^2}$

Образец решения задачи:

С какой наибольшей скоростью может двигаться автомобиль массой 1 т на повороте радиусом 100 м, чтобы его не «занесло», если максимальная сила трения 4 кН?

Дано:	СИ	Решение:
$m = 1 \text{ т}$	10^3 кг	$F = \frac{mv^2}{r}; \quad v = \sqrt{\frac{Fr}{m}}$
$F = 4 \text{ кН}$	$4 \cdot 10^3 \text{ Н}$	$v = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^3 \cdot 100}{10^3}} = 20 \text{ (м/с)}$
$r = 100 \text{ м}$		Ответ: 20 м/с
$v - ?$		

Задачи для самостоятельного решения:

- Груз массой 400 г, подвешенный на нити длиной 1 м, двигаясь равномерно со скоростью 2 м/с, описывает окружность в вертикальной плоскости. Какова сила упругости нити?
- Автомобиль массой 800 кг совершает поворот на горизонтальном участке дороги, двигаясь со скоростью 36 км/ч. Определите радиус закругления дороги, если сила трения равна 2 кН.
- Какова масса велосипеда вместе с велосипедистом, если он совершает поворот по закруглению дороги радиусом 200 м, двигаясь со скоростью 36 км/ч, а сила трения резины о дорогу равна 40 Н?

VII. Искусственные спутники Земли и других планет

Чтобы тело стало искусственным спутником Земли (ИСЗ), его нужно поднять на такую высоту, на которой атмосфера очень разрежена и практически не оказывает сопротивления движению. Затем телу нужно сообщить определенную скорость, направленную горизонтально. Эта скорость называется **первой космической скоростью**.

$v = \sqrt{gR_3}$ — по такой формуле рассчитывается первая космическая скорость для ИСЗ, запускаемого на небольшую высоту (400—500 км) над поверхностью Земли. При такой скорости спутник будет двигаться по круговой орбите. Если же ему сообщить скорость большую, чем первая космическая скорость для данной высоты, то он будет двигаться по эллиптической орбите. Чем больше скорость, тем больше будет вытянута орбита. Многие спутники, которые запускают на орбиту (спутники связи, спутники службы спасения и т. д.), имеют именно эллиптическую орбиту.

$v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}}$ — эта формула применяется для расчета первой космической скорости, с которой запускают на большую высоту (тысячи километров). Эту формулу можно применять для расчета скорости на любой планете.

При решении задач по данной теме желательно использование микрокалькулятора.

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Радиус планеты	R	м	$R = \frac{v^2}{g}$; $R = \frac{GM}{v^2} - h$
Масса планеты	M	кг	$M = \frac{v^2(R + h)}{g}$
Высота	h	м	$h = \frac{GM}{v^2} - R$
Постоянная всемирного тяготения	G	$\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$
Первая космическая скорость	v	м/с	$v = \sqrt{gR}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$
Ускорение свободного падения	g	м/с ²	$g = \frac{v^2}{R}$

Образец решения задачи:

Первый искусственный спутник Земли, запущенный в СССР 4 октября 1957 года, двигался на высоте 950 км над поверхностью Земли. Вычислите скорость этого спутника.

<i>Дано:</i>	СИ	<i>Решение:</i>
$h = 950 \text{ км}$	$0,95 \cdot 10^6 \text{ м}$	$v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}}$
$R = 6400 \text{ км}$	$6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$	$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(0,95 + 6,4) \cdot 10^6}} \approx 7,3 \cdot 10^3 \text{ (м/с)} =$
$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$		$= 7,3 \text{ (км/с)}$
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$		<i>Ответ:</i> 7,3 км/с
$v = ?$		

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Какую скорость будет иметь спутник Луны, запущенный на высоту 2000 км над поверхностью Луны? Масса Луны $7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$, радиус Луны $1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$.
- 2) На какую высоту надо поднять искусственный спутник Земли, чтобы он двигался со скоростью 7,57 км/с? (Массу Земли и радиус Земли возьмите из задачи в образце.)
- 3) Вычислите первую космическую скорость для искусственного спутника Марса, движущегося вокруг планеты на небольшой высоте. Радиус Марса 3394 км, ускорение свободного падения $3,8 \text{ м/с}^2$.

VIII. Импульс тела

Импульс тела (иначе — количество движения) — это величина, равная произведению скорости тела на его массу.

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

Импульс — это величина **векторная**, т. е. имеющая направление. Вектор импульса направлен так же, как и вектор скорости тела.

Импульсом обладают только движущиеся тела. Если же тело покоится, то его скорость равна нулю, а значит, и его импульс равен нулю.

При решении простых задач можно формулу записывать сразу в скалярной форме:

$$p_x = mv_x \text{ или } p = mv.$$

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Скорость тела (модуль)	v	м/с	$v = \frac{p}{m}$
Масса тела	m	кг	$m = \frac{p}{v}$
Импульс тела (модуль)	p	кгм/с	$p = mv$

Образец решения задачи:

Определите массу автомобиля, имеющего импульс $2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ и движущегося со скоростью 90 км/ч.

Дано:	СИ	$p = mv$
$p = 2,5 \cdot 10^4 \text{ кгм/с}$		$m = \frac{p}{v}$
$v = 90 \text{ км/ч}$	25 м/с	$m = \frac{2,5 \cdot 10^4}{25} = 0,1 \cdot 10^4 \text{ (кг)} = 1 \text{ (т)}$
$m = ?$		Ответ: 1 т

Задачи для самостоятельного решения:

1) Масса хоккейной шайбы 160 г, а футбольного мяча — 400 г. С какой скоростью должен двигаться мяч, чтобы его импульс был равен импульсу шайбы, если она движется со скоростью 20 м/с?

2) Самолет массой 2 т, подлетая к аэродрому, снизил свою скорость от 50 до 30 м/с. Найдите изменение импульса самолета. (Изменение импульса — это разность между вторым и первым значением импульса: $\Delta p = p_2 - p_1$.)

3) Камень массой 300 г, брошенный вертикально вверх, имел первоначальный импульс 6 кгм/с. Через какое время его импульс уменьшится в 4 раза?

IX. Закон сохранения импульса

Импульс — одна из немногих величин в природе, обладающих замечательным свойством — **свойством сохранения**.

Если тела взаимодействуют друг с другом, то их импульсы могут изменяться, но геометрическая сумма импульсов тел в замкнутой системе остается неизменной.

Замкнутая система — это система, в которой отсутствуют внешние силы.

Для двух взаимодействующих тел закон сохранения импульса можно записать так:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' \text{ или так: } m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{v}_1' + m\vec{v}_2'$$

В левой части равенства — геометрическая сумма импульсов тел до взаимодействия, а в правой — после взаимодействия.

Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса:

1. Записать «дано».
2. Сделать чертёж, на котором изобразить направления импульсов (или скоростей) каждого тела до взаимодействия и после взаимодействия.
3. Записать закон сохранения импульса для данной системы в векторной форме.
4. Выбрать координатную ось (оси), найти проекции векторов на эту ось (оси).
5. Записать закон сохранения импульса в скалярной форме.
6. Решить получившееся уравнение относительно неизвестной величины.
7. Оценить ответ на реальность.

Рассмотрим взаимодействия тел, при котором они движутся вдоль одной прямой в одном направлении или навстречу друг другу. При столкновении тела испытывают соударение. Соударение может быть двух типов: упругий удар и неупругий удар.

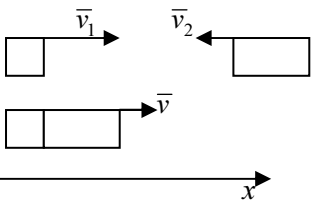
Упругий удар — тела после взаимодействия приобретают скорости, направленные в разные стороны.

Неупругий удар — тела после взаимодействия будут двигаться вместе, как одно целое.

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Скорость тела (модуль)	v	м/с	$v = \frac{p}{m}$
Масса тела	m	кг	$m = \frac{p}{v}$
Импульс тела (модуль)	p	кгм/с	$p = mv$

Образец решения задачи:

Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки ?

<i>Дано:</i> $m_1 = 40 \text{ кг}$ $m_2 = 60 \text{ кг}$ $v_1 = 4 \text{ м/с}$ $v_2 = 2 \text{ м/с}$ $v - ?$		<i>Решение:</i> $m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = (m_1 + m_2) \bar{v}$ ОХ: $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 \cdot 4 - 60 \cdot 2}{40 + 60} = 0,4 \text{ (м/с)}$ <i>Ответ:</i> 0,4 м/с
--	---	---

В сторону движения первой тележки.

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Два неупругих шара массой по 300 г каждый движутся навстречу друг другу со скоростями 5 м/с и 10 м/с. Определите совместную скорость шаров после столкновения.
- 2) Железнодорожный вагон массой 40 т, двигаясь со скоростью 2 м/с, догоняет платформу массой 20 т, движущуюся со скоростью 1 м/с. После автосцепки вагон и платформа продолжают движение. Определите их совместную скорость.
- 3) Железнодорожный вагон, имеющий скорость движения 0,6 м/с, сталкивается с неподвижным вагоном массой 20 т. После автосцепки вагоны продолжают движение со скоростью 0,2 м/с. Определите массу первого вагона.

Кроме прямолинейного движения и движения по окружности, в курсе физики 9-го класса рассматривается еще один вид движения — **колебательное движение**.

Колебания очень распространены в природе и технике. Под колебанием понимается движение, повторяющееся через определенный промежуток времени. Например, движение маятника в часах — это колебательное движение, движение поршня в цилиндре двигателя внутреннего сгорания — это тоже колебание.

Колебания могут быть **свободные** и **вынужденные**.

Свободные колебания — это колебания, возникающие в системе после того, как ее однократно вывели из положения равновесия (качнули шарик на нити).

В реальной среде (воздухе, воде и т. д.), обладающей сопротивлением, свободные колебания будут постепенно затухать, так как энергия, сообщенная системе в момент выведения ее из положения равновесия, будет расходоваться на преодоление сил сопротивления среды. (При решении многих задач силами сопротивления среды пренебрегают и считают систему замкнутой.)

Вынужденные колебания — это колебания, происходящие под действием периодической силы (игла в швейной машине, поршень в цилиндре двигателя внутреннего сгорания).

Гармонические колебания — это колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Уравнение координаты для гармонических колебаний имеет вид:

$$x = A \sin 2\pi \nu t \text{ или } x = A \cos 2\pi \nu t .$$

В математическом описании колебаний участвуют следующие величины: амплитуда колебаний, период колебаний и частота колебаний.

Амплитуда колебаний — наибольшее по модулю отклонение колеблющегося тела от положения равновесия (наибольшая координата).

Период колебаний — время, за которое совершается одно колебание.

Частота колебаний — число колебаний в единицу времени (обычно в одну секунду).

Период и частота — это взаимно обратные величины.

Если известно число колебаний за какой-то промежуток времени, то период и частоту колебаний можно определить, составив пропорцию:

$$N \text{ колебаний} \text{ — } t \text{ с} \qquad T = \frac{t}{N}$$

$$1 \text{ колебание} \text{ — } T \text{ с}$$

$$N \text{ колебаний} \text{ — } t \text{ с} \qquad \nu = \frac{N}{t}$$

$$\nu \text{ колебаний} \text{ — } 1 \text{ с}$$

X. Механические колебания

ВАРИАНТ 1. СВЯЗЬ МЕЖДУ ПЕРИОДОМ И ЧАСТОТОЙ КОЛЕБАНИЙ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Амплитуда колебаний (амплитуда координаты)	A	м	
Период колебаний	T	с	$T = \frac{1}{\nu}$; $T = \frac{t}{N}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$; $\nu = \frac{N}{t}$
Число колебаний за какое-то время	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$
Время	t	с	$t = NT$; $t = \frac{N}{\nu}$

Образец решения задачи:

Шарик на нити совершил 60 колебаний за 2 мин. Определите период и частоту колебаний шарика.

Дано: $N = 60$ $t = 2 \text{ мин}$	СИ 120 с	Решение: $T = \frac{t}{N} = \frac{120}{60} = 2 \text{ (с)}$ $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (Гц)}$ Ответ: 2 с; 0,5 Гц
$T - ?$ $\nu - ?$		

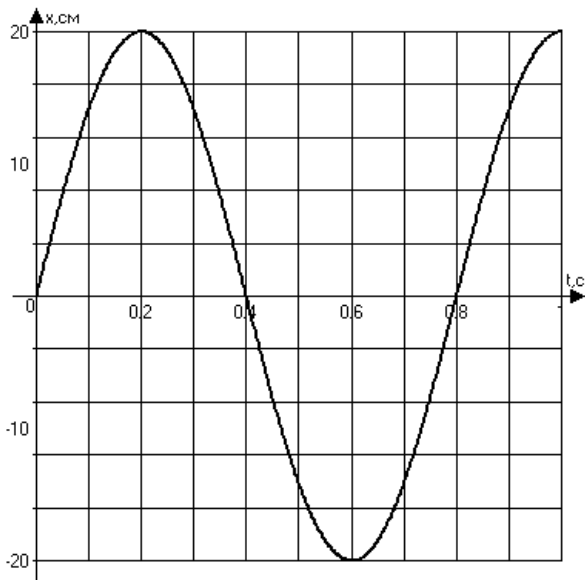
Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Сурок, чтобы зимой выжить без питания, замедляет свое сердцебиение с 80 ударов в минуту до 4-х ударов в минуту. Определите период колебаний и частоту ударов сердца сурка в активный период и в период спячки.
- 2) Комар за 3 мин взмахивает крыльями 108 000 раз. Определите частоту колебаний.
- 3) Груз на пружине за 12 с совершил 60 колебаний. Определите период и частоту колебаний груза.

ВАРИАНТ 2. ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Амплитуда колебаний (амплитуда координаты)	A	м	
Период колебаний	T	с	$T = \frac{1}{\nu}$; $T = \frac{t}{N}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$; $\nu = \frac{N}{t}$
Число колебаний за какое-то время	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$
Время	t	с	$t = NT$; $t = \frac{N}{\nu}$

Образец решения задачи:



На рисунке изображен график зависимости координаты от времени колеблющегося тела. По графику определите:

- 1) амплитуду колебаний;
- 2) период колебаний;
- 3) частоту колебаний;
- 4) запишите уравнение координаты.

Решение:

1) $A = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м};$

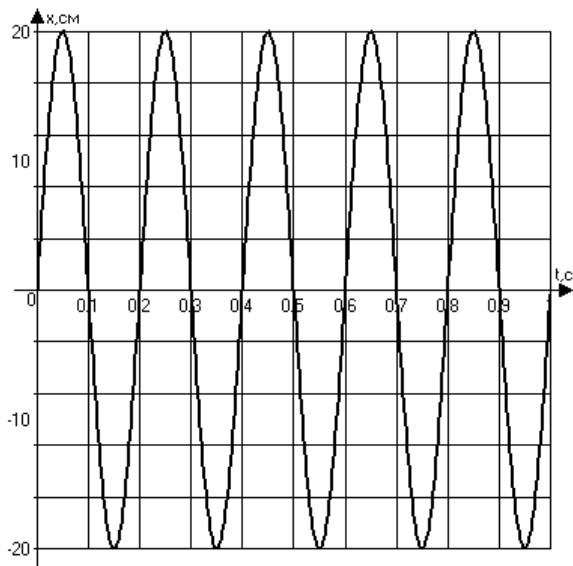
2) $T = 0,8 \text{ с};$

3) $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ Гц};$

4) $x(t) = A \sin 2\pi \nu t = 0,2 \sin 2\pi \cdot 1,25t = 0,2 \sin 2,5\pi t.$

Задачи для самостоятельного решения:

1)



На рисунке изображен график зависимости координаты от времени колеблющегося тела. По графику определите:

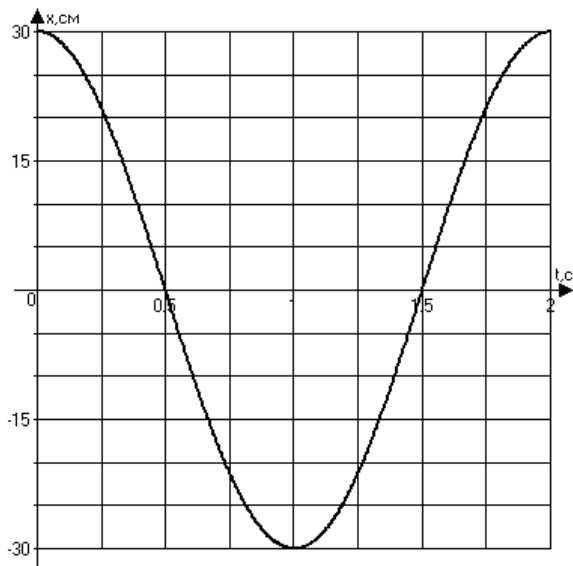
1) амплитуду колебаний;

2) период колебаний;

3) частоту колебаний;

4) запишите уравнение координаты.

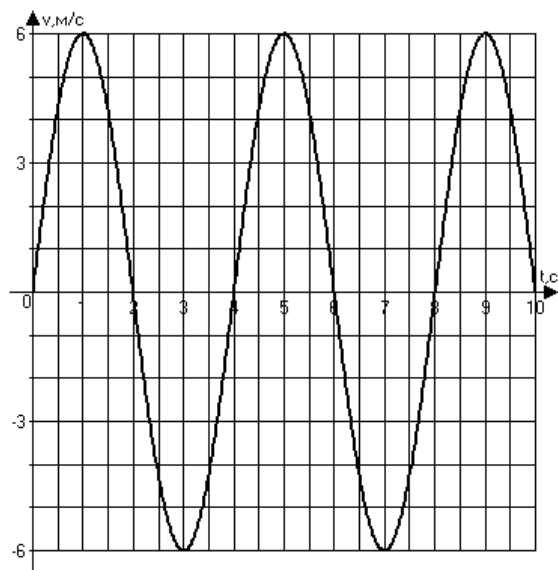
2)



На рисунке изображен график зависимости координаты от времени колеблющегося тела. По графику определите:

- 1) амплитуду колебаний;
- 2) период колебаний;
- 3) частоту колебаний;
- 4) запишите уравнение координаты.

3)



На рисунке изображен график зависимости скорости от времени колеблющегося тела. По графику определите:

- 1) максимальное значение скорости;
 - 2) период колебаний;
 - 3) частоту колебаний;
 - 4) запишите уравнение зависимости скорости от времени.
- Какова кинетическая энергия тела в момент времени 1 с, 2 с, если масса тела 200 г?

Волна — это возмущение, распространяющееся в пространстве.

Для распространения механической волны обязательно нужна какая-то среда — воздух, вода и т. д. В вакууме механические волны распространяться не могут.

Математическое описание волнового процесса включает в себя характеристики колебаний: период и частоту колебаний. Кроме этого, добавляются такие величины, как скорость волны и длина волны.

Длина волны — это расстояние между двумя точками, колеблющимися в одинаковых фазах (между двумя соседними гребнями волн или между двумя соседними впадинами, если речь идет о волнах на поверхности воды).

XI. Механические волны

ВАРИАНТ 1. ВОЛНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Длина волны	λ	м	$\lambda = vT$; $\lambda = \frac{v}{\nu}$
Скорость волны	v	м/с	$v = \frac{\lambda}{T}$; $v = \lambda \nu$
Период колебаний	T	с	$T = \frac{\lambda}{v}$; $T = \frac{t}{N}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{v}{\lambda}$; $\nu = \frac{N}{t}$
Число колебаний	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$

Образец решения задачи:

Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 4 м/с, и за 10 с совершает 20 колебаний. Каково расстояние между соседними гребнями волн?

Дано:

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$N = 20 \text{ к}$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ (с)}$$

$$\lambda = vT = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ (м)}$$

Ответ: 2 м

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Определите скорость волны, распространяющейся на поверхности воды, если расстояние между двумя соседними впадинами 20 м, а щепка на поверхности воды колеблется с частотой 0,4 Гц.
- 2) Волна цунами может иметь скорость до 1000 км/ч. Определите период колебаний, если длина волны 50 км.
- 3) Ветровая волна на поверхности воды имеет период колебаний 20 с и распространяется со скоростью 72 км/ч. Определите длину волны.

XI. Механические волны

ВАРИАНТ 2. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ В ВОЗДУХЕ

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Длина волны	λ	м	$\lambda = vT$; $\lambda = \frac{v}{\nu}$
Скорость волны	v	м/с	$v = \frac{\lambda}{T}$; $v = \lambda \nu$
Период колебаний	T	с	$T = \frac{\lambda}{v}$; $T = \frac{t}{N}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{v}{\lambda}$; $\nu = \frac{N}{t}$
Число колебаний	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$

Образец решения задачи:

Голосовые связки певца, поющего тенором (высоким мужским голосом), колеблются с частотой от 130 до 520 Гц. Определите максимальную и минимальную длину излучаемой звуковой волны в воздухе. Скорость звука в воздухе 330 м/с.

Дано:

$$\nu_1 = 130 \text{ Гц}$$

$$\nu_2 = 520 \text{ Гц}$$

$$v = 330 \text{ м/с}$$

$$\lambda_1 - ? \lambda_2 - ?$$

Решение:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$\lambda_1 = \frac{330}{130} \approx 2,5 \text{ (м)}$$

$$\lambda_2 = \frac{330}{520} = 0,6 \text{ (м)}$$

Ответ: 2,5 м; 0,6 м

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Самый низкий мужской голос — бас. Частота колебаний голосовых связок может быть равной 80 Гц. Самый высокий женский голос — сопрано. Частота колебаний может достигать 1050 Гц. Определите диапазон длин волн в воздухе.
- 2) Пчела, летящая за взятком, машет крыльями с частотой 200 Гц, а нагруженная — с частотой 440 Гц. В каком случае длина звуковой волны больше? Во сколько раз?
- 3) Летучие мыши для ориентации в пространстве и поиска добычи используют явление эхолокации. На каком расстоянии от летучей мыши находится объект, если посланный сигнал возвратился через 1,2 с? (Указание: используйте формулу $2s = vt$, так как сигнал проходит двойной путь — до объекта и назад.)

XI. Механические волны

ВАРИАНТ 3. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ В ДРУГИХ ВЕЩЕСТВАХ

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Длина волны	λ	м	$\lambda = vT$; $\lambda = \frac{v}{\nu}$
Скорость волны	v	м/с	$v = \frac{\lambda}{T}$; $v = \lambda \nu$
Период колебаний	T	с	$T = \frac{\lambda}{v}$; $T = \frac{t}{N}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{v}{\lambda}$; $\nu = \frac{N}{t}$
Число колебаний	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$

Образец решения задачи:

Скорость звука в эбоните 2400 м/с, а в кирпиче — 3600 м/с. В каком веществе звуковому сигналу требуется большее время для распространения? Во сколько раз?

Дано:

$$v_1 = 2400 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 3600 \text{ м/с}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = ?$$

Решение:

Чем скорость больше, тем меньше время требуется сигналу.

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3600}{2400} = 1,5$$

Ответ: В эбоните больше; в 1,5 раза.

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Определите скорость звука в свинце, если расстояние 10,8 см он проходит за 50 мкс.
- 2) Скорость звука во льду 3980 м/с, а в воздухе — 330 м/с. Во сколько раз быстрее дойдет звук взрыва до наблюдателя по льду, чем по воздуху, если он находится на расстоянии 3 км от места взрыва?
- 3) Звук приближающегося поезда доходит до дорожного рабочего по рельсам за 0,3 с. На каком расстоянии от рабочего находится поезд, если скорость звука в стали 5500 м/с? Через какое время звук дойдет по воздуху?

XII. Магнитное поле

С понятием магнитного поля учащиеся знакомились уже в курсе физики 8-го класса. В 9 классе эта тема изучается более глубоко, но в основном еще на качественном уровне, математический аппарат здесь задействован только для описания взаимодействия магнитного поля и проводника с током. Причем рассматривается самый простой случай взаимного расположения магнитных линий и проводника — проводник расположен перпендикулярно магнитным линиям.

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Связь с другими величинами
Сила тока	I	А	$I = \frac{F}{Bl}$
Элемент длины проводника	l	м	$l = \frac{F}{BI}$
Индукция магнитного поля (магнитная индукция)	B	Тл	$B = \frac{F}{Il}$
Сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током	F	Н	$F = BIl$

Образец решения задачи:

В однородное магнитное поле с магнитной индукцией 1 Тл перпендикулярно магнитным линиям поместили прямолинейный проводник с током. Магнитное поле действует с силой 0,2 Н на каждые 10 см длины проводника. Определите силу тока в проводнике.

Дано:	СИ	Решение:
$B = 1 \text{ Тл}$	0,1 м	$B = \frac{F}{Il}; \quad I = \frac{F}{Bl}$
$l = 10 \text{ см}$		
$F = 0,2 \text{ Н}$		$I = \frac{0,2}{1 \cdot 0,1} = 2 \text{ (А)}$
$I - ?$		Ответ: 2 А

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) В однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл перпендикулярно магнитным линиям поместили проводник, по которому течет ток силой 4 А. Определите силу, с которой магнитное поле действует на элемент проводника длиной 8 см.
- 2) Магнитное поле действует с силой 0,6 Н на каждые 10 см проводника, по которому течет ток силой 3 А. Проводник расположен под прямым углом к магнитным линиям. Определите магнитную индукцию поля.
- 3) Какова сила тока в проводнике, если магнитное поле индукцией 2 Тл действует с силой 0,2 Н на каждые 4 см длины проводника. Поле и ток взаимно перпендикулярны.

Электромагнитная волна — это электромагнитное колебание, распространяющееся в пространстве, или чередование переменных электрического и магнитного полей.

В отличие от механических волн, электромагнитным волнам не нужна среда для распространения; более того — она им только мешает. Наибольшая скорость распространения электромагнитной волны в вакууме.

Математический аппарат, описывающий распространение электромагнитных волн, опирается на те же величины и формулы, что и при описании механических волн. Только скорость волны принято обозначать буквой c .

XIII. Электромагнитные волны

ВАРИАНТ 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В РАДИОСВЯЗИ

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Период колебаний	T	с	$T = \frac{1}{\nu}$; $T = \frac{\lambda}{c}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$; $\nu = \frac{c}{\lambda}$
Число колебаний	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$
Длина волны	λ	м	$\lambda = cT$; $\lambda = \frac{c}{\nu}$
Скорость волны в вакууме	c	м/с	$c = 3 \cdot 10^8$

Образец решения задачи:

Радиостанция работает на волне длиной 25 м. Какова частота излучаемых колебаний?

Дано:

$$\lambda = 25 \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\nu = ?$$

Решение:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{25} = 12 \cdot 10^6 \text{ (Гц)} = 12 \text{ (МГц)}$$

Ответ: 12 МГц

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) Сигнал бедствия SOS передается на частоте 500 кГц. Определите длину волны.
- 2) Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне длиной 60 м за 5 с?
- 3) В каком диапазоне длин волн работает радиоприемник, если он настроен на частотный диапазон передающей радиостанции от 30 до 300 МГц?

XIII. Электромагнитные волны

ВАРИАНТ 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В РАДИОЛОКАЦИИ

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Период колебаний	T	с	$T = \frac{1}{\nu}$; $T = \frac{\lambda}{c}$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$; $\nu = \frac{c}{\lambda}$
Число колебаний	N		$N = \frac{t}{T}$; $N = \nu t$
Длина волны	λ	м	$\lambda = cT$; $\lambda = \frac{c}{\nu}$
Скорость волны в вакууме	c	м/с	$c = 3 \cdot 10^8$

Радиолокация — это определение расстояния до объекта с помощью электромагнитных волн. Радиолокация широко применяется в военном деле, в судоходстве. Одно из применений радиолокации — определение расстояний до планет и других тел Солнечной системы.

Основана радиолокация на свойстве электромагнитных волн отражаться от объекта. Для определения расстояния применяется формула: $2S = ct$, где s — расстояние до объекта, t — время прохождения сигнала туда и обратно, c — скорость волны.

Образец решения задачи:

Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

Дано:

$$t = 2,56 \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$s = ?$$

Решение:

$$2s = ct;$$

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2,56}{2} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ (м)} = 384 \text{ 000 (км)}$$

Ответ: 384 000 км

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) На каком расстоянии от радиолокатора находится самолет, если посланный сигнал вернулся обратно через 400 мкс?
- 2) Расстояние до Венеры в момент локации было $23 \cdot 10^6$ км. Через какое время вернется посланный радиосигнал?
- 3) Радиолокатор обнаружил два объекта. Сигнал, посланный к первому объекту, вернулся через 2 мс, а ко второму — через 3 мс. Определите расстояния до этих объектов.

Модель атома Резерфорда (ядерная или планетарная модель) так описывает строение атома: атом состоит из трех сортов элементарных частиц: **протонов, нейтронов и электронов**. Почти вся масса атома и весь положительный заряд сосредоточены в очень маленьком объеме — **ядре** атома. Отрицательный заряд несут электроны, которые вращаются вокруг ядра по определенным орбитам. Суммарный заряд электронов по модулю равен заряду ядра. В целом атом нейтрален.

В состав атомного ядра входят протоны и нейтроны (иначе их называют **нуклонами**). Каждый атом имеет строго индивидуальный набор этих частиц. Число протонов в ядре называется **зарядовым числом** и обозначается буквой **Z**.

Общее число нуклонов в ядре называется **массовым числом** и обозначается буквой **A**.

Число нейтронов в ядре (**N**) равно разности массового числа и зарядового числа.

$$N = A - Z.$$

Число электронов в электронной оболочке атома равно числу протонов в ядре и зарядовому числу.

Массовое число принято писать сверху символа, обозначающего элемент, а зарядовое — внизу: Например, атом азота ${}^7_{14}\text{N}$, $A = 14$, $Z = 7$, $N = 14 - 7 = 7$.

У каждого химического элемента есть несколько разновидностей. Их называют изотопами.

Изотопы — это химические элементы, имеющие одинаковое зарядовое число, но различные массовые числа.

Одинаковое зарядовое число говорит о том, что у изотопов равное количество протонов в ядрах. Различие в массовых числах объясняется разным числом нейтронов.

Например, у водорода есть три изотопа:

${}_1\text{H}^1$ — *протий*, ${}_1\text{H}^2$ — *дейтерий*, ${}_1\text{H}^3$ — *тритий*.

У протия в ядре только один протон, нейтронов нет вообще, у дейтерия — один протон и один нейтрон, у трития — один протон и два нейтрона.

XIV. Состав атома и атомного ядра. Ядерные реакции

ВАРИАНТ 1. СОСТАВ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

Образец решения задачи:

Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода ${}_8O^{17}$.

Дано:	Решение:
${}_8O^{17}$	$Z = 8; e = 8; N = A - Z = 17 - 8 = 9$
$Z - ?$	Ответ: 8 электронов, 8 протонов, 9 нейтронов.
$N - ?$	
$e - ?$	

Задачи для самостоятельного решения:

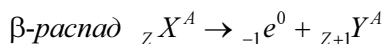
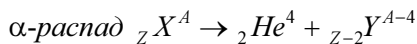
- 1) Определите число протонов, электронов и нейтронов в атоме азота ${}_7N^{15}$, атоме фтора ${}_9F^{19}$, атоме урана ${}_{92}U^{234}$.
- 2) Атом какого химического элемента имеет 6 электронов в электронной оболочке? Сколько протонов содержит ядро этого атома? Каким может быть минимальное число нейтронов?
- 3) Массовое число некоторого атома равно 11. В его ядре 6 нейтронов. Что это за элемент? Сколько протонов в его ядре? Сколько электронов в электронной оболочке?
- 4) Чем отличаются друг от друга изотопы урана: ${}_{92}U^{234}$ и ${}_{92}U^{235}$? Что общего у этих атомов?

XIV. Состав атома и атомного ядра. Ядерные реакции

ВАРИАНТ 2. ПРАВИЛО СМЕЩЕНИЯ — α -распад и β -распад

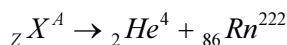
При радиоактивных превращениях ядра одних атомов превращаются в ядра других атомов за счет того, что из ядра вылетает α -частица (ядро атома гелия — ${}_2\text{He}^4$) при α -распаде или β -частица (электрон — ${}_{-1}e^0$) — при β -распаде. В результате этих превращений элемент смещается в таблице Менделеева либо на две клетки влево (при α -распаде), либо на одну клетку вправо (при β -распаде). Поэтому правило, по которому можно определить конечный продукт распада, называется **правил**ом смещения. При этом выполняется закон сохранения электрического заряда, примерно сохраняется масса (масса электрона здесь считается равной нулю).

Правило смещения:



Образец решения задачи:

В результате α -распада ядро некоторого элемента превратилось в ядро радона ${}_{86}\text{Rn}^{222}$. Что это был за элемент?



По закону сохранения массы и заряда: $A = 4 + 222 = 226$; $Z = 2 + 86 = 88$. В таблице Менделеева порядковый номер 88 имеет радий. Следовательно — это ${}_{88}\text{Ra}^{226}$.

Задачи для самостоятельного решения:

- 1) В ядро какого элемента превращается ядро натрия ${}_{11}\text{Na}^{22}$, терпящее α -распад?
- 2) В результате β -распада ядро некоторого элемента превратилось в ядро свинца ${}_{82}\text{Pb}^{204}$. Определите исходный элемент.
- 3) Ядро урана ${}_{92}\text{U}^{238}$ терпит один β -распад и один α -распад. В ядро какого элемента превратится ядро урана?

XV. Энергия связи атомного ядра

Между протонами и нейтронами внутри ядра действуют очень мощные ядерные силы. Поэтому, чтобы разбить ядро на отдельные нуклоны, нужно произвести работу по преодолению ядерных сил, т. е. сообщить ядру определенную энергию.

Если же происходит обратный процесс — слияние свободных нуклонов в ядро, то такая же энергия выделяется. Эта энергия называется **энергией связи атомного ядра**.

Энергия связи ядра — минимальная энергия, которая необходима для расщепления ядра на отдельные нуклоны.

Название величины	Обозначение величины	Единица измерения	Связь с другими величинами
Масса протона	m_p	а.е.м.	$m_p = 1,00728$
Масса нейтрона	m_n	а.е.м.	$m_n = 1,00867$
Число протонов	Z		
Число нейтронов	N		
Масса ядра	$M_{\text{я}}$	а.е.м.	
Дефект масс	Δm	а.е.м., кг	$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$
Энергия связи ядра	ΔE_0	Дж	$\Delta E_0 = \Delta mc^2$
Скорость света	c	м/с	$c = 3 \cdot 10^8$

Алгоритм решения задачи на расчет энергии связи атомного ядра:

1. Определить количество протонов и нейтронов в ядре атома.
2. Вычислить дефект масс в атомных единицах массы.
3. Перевести атомные единицы массы в килограммы: $1 \text{ а.е.м.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.
4. Вычислить энергию связи; ответ записать в стандартном виде.

Важные замечания:

1. Вычисления сложные, поэтому лучше их производить с помощью микрокалькулятора.
2. В ходе вычисления дефекта масс нельзя ничего округлять, иначе дефект масс обратится в ноль. Округлить можно только результат.

Образец решения задачи:

Вычислите энергию связи ядра лития ${}_3\text{Li}^7$. Масса ядра равна 7,01436 а.е.м.

Дано:



$M_{\text{я}} = 7,01436 \text{ а.е.м.}$

$m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$

$m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}$

$\Delta E_0 = ?$

Решение:

$1) Z = 3; N = 4$

$2) \Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$

$\Delta m = (3 \cdot 1,00728 + 4 \cdot 1,00867) - 7,01436 = 0,04216 \text{ (а.е.м.)}$

$3) \Delta m = 0,04216 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ (кг)} = 0,07 \cdot 10^{-27} \text{ (кг)}$

$4) \Delta E_0 = \Delta mc^2 = 0,07 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 0,21 \cdot 10^{-11} \text{ (Дж)} =$

$= 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ (Дж)}$

$\text{Ответ: } 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$

Энергию связи атомного ядра можно также измерять в других единицах: **электронвольтах — эВ** или **мегаэлектронвольтах — МэВ**.

Чтобы джоули перевести в электронвольты, нужно разделить на $1,6 \cdot 10^{-19}$, чтобы в мегаэлектронвольты — на $1,6 \cdot 10^{-13}$.

$$\Delta E_0 = \frac{2,1 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 13,125 \text{ МэВ}$$

Задачи для самостоятельного решения:

1) Вычислите энергию связи ядра дейтерия ${}_1\text{H}^2$. Масса ядра равна 2,01355 а.е.м.

2) Вычислите энергию связи ядра бора ${}_5\text{B}^{11}$. $M_{\text{я}} = 11,00657 \text{ а.е.м.}$

3) Вычислите энергию связи ядра алюминия ${}_{13}\text{Al}^{27}$. $M_{\text{я}} = 26,97433 \text{ а.е.м.}$

I. Прямолинейное равномерное движение

ВАРИАНТ 1. 1) 12 км; 20 м/с. 2) 48 с. 3) 100 м.

ВАРИАНТ 2. 1) 30 м; 5 м/с; 120 м; -10 м/с; 6 с; 60 м.

2) $x_1(t) = 10t$; $x_2(t) = 3000 - 20t$; 1 мин 40 с; 1 км.

3) 15 мин; 18 км.

ВАРИАНТ 3. 1) 10 м; 2 м/с; по оси x ; $x(t) = 10 + 2t$.

2) 12 м; -20 м/с; против оси x ; $x(t) = 12 - 20t$.

3) На 10 км; 2,5 км/ч; 4 ч; -5 км/ч;

$x_1(t) = 2,5t$; $x_2(t) = 10$; $x_3(t) = 10 - 5t$.

ВАРИАНТ 4. 1) 100 м; 100 м/с; по оси x ; $x(t) = 100 + 100t$

300 м; -100 м/с; против оси x ; $x(t) = 300 - 100t$

200 м; 1 с.

2) 0 м; 5 м/с; по оси x ; $x(t) = 5t$

15 м; 2,5 м/с; по оси x ; $x(t) = 15 + 2,5t$

30 м; 6 с.

3) 5 м; 3 м/с; по оси x ; $x(t) = 5 + 3t$

25 м; 0; покоится; $x(t) = 25$

40 м; -4 м/с; против оси x ; $x(t) = 40 - 4t$.

II. Прямолинейное равноускоренное движение

ВАРИАНТ 1. 1) 30 м/с; 2) $0,125$ м/с²; 3) 19 м/с.

ВАРИАНТ 2. 1) 8 м/с; 2) -2 м/с²; 3) 28,2 м; 4) 20 с.

ВАРИАНТ 3. 1) 10 м/с; 1 м/с²; разгоняется; $v_x(t) = 10 + t$; $x(t) = 10t + 0,5t^2$.

2) 20 м/с; $-0,5$ м/с²; $v_x(t) = 20 - 0,5t$; тормозит; $x(t) = 20t - 0,25t^2$.

3) От 0 до 30 с: $v_x(t) = \frac{1}{3}t$; разгоняется.

От 30 до 80 с: $v_x(t) = 10$; движется с постоянной скоростью.

От 80 до 100 с: $v_x(t) = 10 - 0,5t$; тормозит.

ВАРИАНТ 5. 1) 2 м; 3 м/с; $0,8$ м/с²; разгоняется; $v_x(t) = 3 + 0,8t$; 34,4 м; 7,8 м/с.

2) 0 м; 20 м/с; -2 м/с²; тормозит; $v_x(t) = 20 - 2t$; 100 м; 0 м/с.

3) 30 м; -5 м/с; $-0,6$ м/с²; разгоняется; $v_x(t) = -5 - 0,6t$; $-29,2$ м; $-9,8$ м/с.

III. Законы Ньютона

ВАРИАНТ 1. 1) 1400 Н; 2) 200 г; 3) $0,15 \text{ м/с}^2$.

ВАРИАНТ 2. 1) 400 Н; 2) $0,05 \text{ м/с}^2$; 3) 2 кН.

ВАРИАНТ 3. 1) 6 кН; 2) 10 м/с ; 3) 5 т.

IV. Свободное падение тел

ВАРИАНТ 1. 1) 30 м/с ; 2) 1,5 с; 11,25 м; 3) 2 м/с ; 4) 20 с.

ВАРИАНТ 2. 1) 30 м/с ; 45 м; 2) $32,5 \text{ м/с}$; 3) 3 с; 75 м.

ВАРИАНТ 3. 1) 20 м; 0 м; 2) 15 м/с ; 3) 6 с.

V. Закон всемирного тяготения

ВАРИАНТ 1. 1) $2 \cdot 10^{20} \text{ Н}$; 2) $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$; 3) 4,5 млрд км.

ВАРИАНТ 2. 1) $3,7 \text{ м/с}^2$; 2) 2500 км; 3) $9,2 \cdot 10^{25} \text{ кг}$.

VI. Движение тела по окружности

ВАРИАНТ 1. 1) $0,5 \text{ м/с}^2$; 2) $1,6 \text{ см/с}$; $0,17 \text{ см/с}^2$; 3) 5 м; 4) 45 м.

ВАРИАНТ 2. 1) $1,6 \text{ Н}$; 2) 40 м; 3) 80 кг.

VII. Искусственные спутники Земли

1) $1,1 \text{ км/с}$; 2) 600 км; 3) $3,6 \text{ км/с}$.

VIII. Импульс тела

1) 8 м/с ; 2) $-40\,000 \text{ кгм/с}$; 3) 1,5 с.

IX. Закон сохранения импульса

1) $-2,5 \text{ м/с}$; 2) $1,7 \text{ м/с}$; 3) 10 т.

X. Механические колебания

ВАРИАНТ 1. 1) 0,75 с; $1\frac{1}{3} \text{ Гц}$; 15 с; $\frac{1}{15} \text{ Гц}$; 2) 600 Гц; 3) 0,2 с; 5 Гц.

ВАРИАНТ 2. 1) 0,2 м; 0,2 с; 5 Гц; $x(t) = 0,2 \sin 10\pi t$.

2) 0,3 м; 2 с; 0,5 Гц; $x(t) = 0,3 \cos \pi t$.

3) 6 м/с ; 4 с; 0,25 Гц; $v(t) = 6 \sin 0,5\pi t$; 3,6 Дж; 0 Дж.

XI. Механические волны

ВАРИАНТ 1. 1) 8 м/с; 2) 180 с; 3) 400 м.

ВАРИАНТ 2. 1) 4,1 м; 0,3 м; 2) В первом случае больше в 2,2 раза; 3) 198 м.

ВАРИАНТ 3. 1) 2160 м/с; 2) в 12 раз; 3) 1,65 км; 5 с.

XII. Магнитное поле

1) 0,64 Н; 2) 2 Тл; 3) 2,5 А.

XIII. Электромагнитные волны

ВАРИАНТ 1. 1) 600 м; 2) $2,5 \cdot 10^7$; 3) От 1 до 10 м.

ВАРИАНТ 2. 1) 60 км; 2) 2 мин 33 с; 3) 300 км; 450 км.

XIV. Ядерные реакции

ВАРИАНТ 1. 1) Азот: 7р, 7е, 8п. Фтор: 9р, 9е, 10п. Уран: 92р, 92е, 142п.

1) Углерод: 6р, 6п.

2) Бор: 5р, 5е.

3) Числом нейтронов в ядре. Одинаковое число протонов в ядре и электронов в электронной оболочке.

XV. Энергия связи атомного ядра

1) $3,6 \cdot 10^{-13}$ Дж; 2) $1,2 \cdot 10^{-11}$ Дж; 3) $3,6 \cdot 10^{-11}$ Дж.

