



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Естественные науки»

**Учебное пособие**  
по физике для иностранных слушателей  
дополнительных общеобразовательных  
программ  
**«Физика.  
Кинематика»**

Автор  
Цветковская С. М.

Ростов-на-Дону, 2020

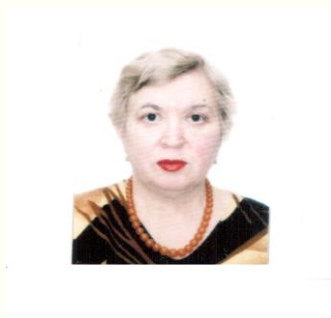
## Аннотация

Учебное пособие соответствует программе по физике для иностранных слушателей дополнительных общеобразовательных программ инженерно-технической и технологической, медико-биологической и естественнонаучной направленностям. Содержит краткую теорию, контрольные вопросы. Оборудовано таблицами, графиками, пояснительными рисунками

Рекомендуется для практических занятий и самостоятельной работы слушателей.

Учебное пособие «Физика. Кинематика» предназначено для иностранных слушателей дополнительных общеобразовательных программ.

## Автор



доцент, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Естественные науки»  
Цветковская С.М.



<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1.Механическое движение .....</b>	<b>6</b>
1.1 Траектория .....	6
1.2 Перемещение.....	7
1.3 Скорость .....	8
<b>2.Прямолинейное движение .....</b>	<b>10</b>
2.1Равномерное прямолинейное движение.....	10
2.2 Неравномерное прямолинейное движение .....	13
<b>3 Прямолинейное движение с постоянным ускорением ..</b>	<b>15</b>
3.1Равноускоренное прямолинейное движение .....	16
3.2 Равнозамедленное прямолинейное движение.....	19
<b>Список литературы .....</b>	<b>21</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Физика – наука о наиболее общих и фундаментальных закономерностях, определяющих структуру и эволюцию материального мира.

Физический закон – описание соотношений в природе, проявляющихся при определённых условиях в эксперименте.

Модель в физике – упрощённая версия физической системы (процесса), сохраняющая её (его) главные черты.

Основные разделы базового курса физики

Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. Электромагнитное излучение. Физика высоких энергий

Физические величины

Базовые физические величины в механике: длина, время, масса.

Длина характеризует протяжённость или расстояние в пространстве.

Время - мера скорости, с которой происходят какие-либо изменения, т.е. мера скорости развития событий.

Масса – мера количества вещества и энергии.

Таблица 1. Базовые физические величины в механике

Наименование физической величины	Символ (обозначение) латинский алфавит	Единица измерения физической величины	
		Наименование единицы измерения	Символ (обозначение) кириллица
длина	l	метр	м
время	t	секунда	с
масса	m	килограмм м	кг

Эталон метра.

Метр – единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время  $1/299\,792\,458$  секунд.

Эталон секунды.

Секунда – единица времени, равная 9 192 631 770 периодам

## Физика. Кинематика

излучения изотопа атома цезия-133.

Эталон килограмма.

Килограмм – единица массы, равная массе международного эталона килограмма.

Таблица 2. Международная система физических величин СИ

Физическая величина					
Наименование физической величины	Символ (обозначение) латинский алфавит	Единица измерения физической величины			
		Наименование единицы измерения		Символ	
		русское	французское/английское	русское	международное
длина	l	метр	mètre/metre	м	m
время	t	секунда	kilogramme/kilogram	кг	kg
масса	m	килограмм	seconde/second	с	s
сила электрического тока	I	ампер	ampère/ampere	А	A
термодинамическая температура	T	кельвин	kelvin	К	K
количество вещества	M	моль	mole	моль	mol
сила света	J	кандела	candela	кд	cd

Таблица 3. Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Приставка (наименование)	Символ (обозначение)	Множитель
<b>экса-</b>	Э	$10^{18}$
<b>пета-</b>	П	$10^{15}$
<b>тера-</b>	Т	$10^{12}$
<b>гига-</b>	Г	$10^9$
<b>мега-</b>	М	$10^6$
<b>кило-</b>	к	$10^3$
<b>гекто-</b>	г	$10^2$
<b>дека-</b>	да	$10^1$
<b>деци-</b>	д	$10^{-1}$
<b>санти-</b>	с	$10^{-2}$
<b>милли-</b>	м	$10^{-3}$
<b>микро-</b>	мк	$10^{-6}$
<b>нано-</b>	н	$10^{-9}$
<b>пико-</b>	п	$10^{-12}$
<b>фемто-</b>	ф	$10^{-15}$

<b>атто-</b>	<b>а</b>	$10^{-18}$
--------------	----------	------------

### Вопросы

1. Какие физические величины в механике называют базовыми или основными?
2. Какое свойство пространства характеризует длина? Что является эталоном метра?
3. Что характеризует время? Какой эталон секунды принят в настоящее время?
4. Какие свойства тела характеризует масса? Что является эталоном килограмма?
5. Приведите примеры кратных и дольных единиц.

## 1.МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

### 1.1 Траектория

Механическое движение – изменение пространственного положения тела относительно других тел с течением времени.

Кинематика изучает механическое движение тел. Кинематика не рассматривает причины, которыми это движение вызывается. Кинематика объясняет как движется тело, но не объясняет почему тело движется.

Материальная точка – тело, обладающее массой, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.

Тело отсчёта – произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки (или тела).

Траектория – линия, по которой движется тело.

Путь – длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени .

Единица пути – метр (м).

### Вопросы

1. Что называется механическим движением?
2. Что изучает кинематика?
3. Какое тело можно считать материальной точкой?
4. Что такое тело отсчёта?
5. Что называется траекторией?
6. Что такое путь?

## 1.2 Перемещение

Перемещение – вектор, проведённый из начального положения в конечное.

Единица модуля перемещения – метр (м).

Пусть тело движется по пути  $S$  из точки 1 в точку 2.

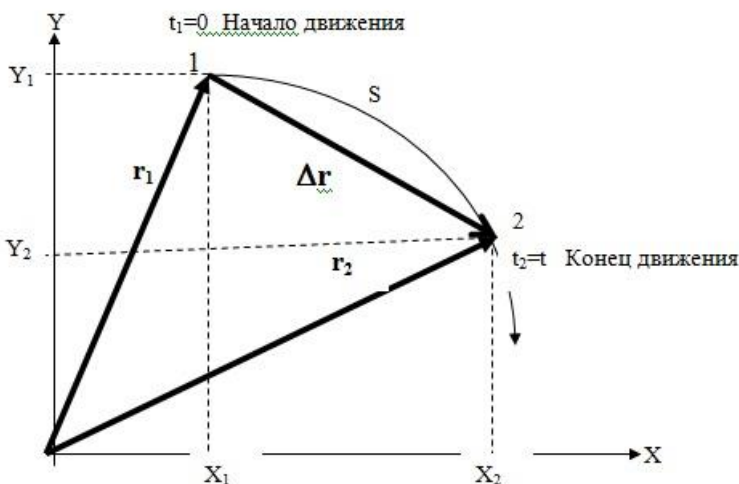


Рис. 1 Путь  $S$  и вектор перемещения  $\Delta r$

$r_1$  – радиус- вектор начала движения;

$r_2$  – радиус- вектор конца движения;

$\Delta r$  – вектор перемещения;  $\Delta r = r_2 - r_1$ ;

$S$  – путь, который совершает тело из точки 1 в точку 2.

Перемещение – это вектор, который проведён из начальной точки в конечную.

$\Delta X$  - проекция вектора смещения на ось  $X$ ;  $\Delta X = X_2 - X_1$ ;

$\Delta Y$  - проекция вектора смещения на ось  $Y$ ;  $\Delta Y = Y_2 - Y_1$ ;

Пусть тело движется по оси  $X$ . Тело может двигаться как вдоль оси  $X$ , так и против оси  $X$ .

Если тело движется вдоль оси X, то  $\Delta X > 0$ ;

Если тело движется против оси X, то  $\Delta X < 0$ ;

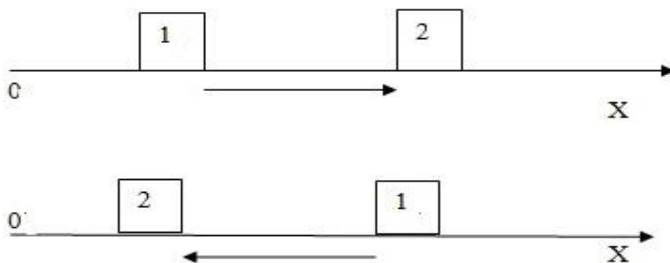


Рис.2 Движение тела по оси X

### Вопросы

1. Что такое радиус-вектор
2. Что называется вектором перемещения?
3. Чему равен вектор перемещения?
4. Что такое проекция вектора смещения на ось X?
5. Что такое проекция вектора смещения на ось Y?
6. При каком направлении движения проекция вектора смещения считается положительной?
7. Когда модуль вектора перемещения равен длине пути?

## 1.3 Скорость

**Средняя скорость пути** – скалярная величина, которая равна отношению пути к промежутку времени, за которое тело прошло этот путь.

$$V_{\text{средняя}} = \frac{S}{\Delta t},$$

где

$V_{\text{средняя}}$  – средняя скорость пути, м/с;

$S$  – путь, м;

$\Delta t$  – промежуток времени, с.

**Мгновенная скорость** – средняя скорость за бесконечно малый промежуток времени.

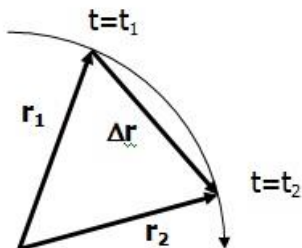


Если за промежуток времени  $\Delta t$  тело походит путь  $\Delta S$ , то модуль мгновенной скорости определяется следующим образом:

$$v_{\text{мгновенная}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_{\text{средняя}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

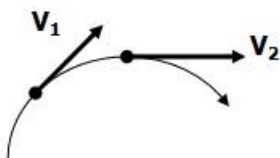
### Вектор скорости

Скорость (мгновенная скорость) – это физическая векторная величина, равная пределу отношения перемещения тела  $\Delta \vec{r}$  к промежутку времени  $\Delta t$ , за которое это перемещение произошло:



$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Рис.3 Вектор перемещения



Мгновенная скорость тела направлена по касательной к траектории в сторону его движения.

Рис.4 Мгновенная скорость

Относительная скорость первого тела относительно второго тела равна разности скоростей этих тел:

$$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2'$$

где  $\vec{v}_{12}$  - относительная скорость первого тела относительно второго;  $\vec{v}_1, \vec{v}_2'$  - скорости первого и второго тел в одной и той же системе отсчёта (например, системе отсчёта, связанной с Зем-

лём).

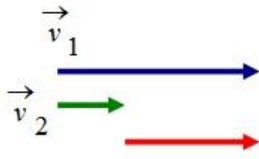
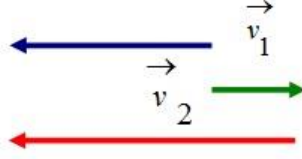
Относительная скорость:	
при движении в одном направлении	при встречном движении
	
$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$	$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$
$ \vec{v}_{12}  =  \vec{v}_1  -  \vec{v}_2 $	$ \vec{v}_{12}  =  \vec{v}_1  +  \vec{v}_2 $

Рис.5 Относительная скорость

При движении тела в одном направлении (например, при обгоне) модуль относительной скорости равен разности скоростей.

При встречном движении тела сближаются со скоростью, равной сумме их скоростей.

### Вопросы

1. Что такое средняя скорость?
2. Как определяется мгновенная скорость при прямолинейном движении?
3. Чему равен модуль мгновенной скорости?
4. Что такое вектор мгновенной скорости?
5. Как направлен вектор мгновенной скорости? Почему?

## 2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

### 2.1 Равномерное прямолинейное движение

При *прямолинейном* движении тела вектор скорости не изменяется по направлению, модуль скорости при этом может оставаться постоянным или изменяться с течением времени.

При *равномерном прямолинейном* движении тело за любые равные промежутки времени совершает равное перемещение.

Равномерное прямолинейное движение – движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю и направлению скоростью:

$$\vec{v} = const .$$

Проекции скорости на оси координат

Пусть тело движется на плоскости  $XOY$ .

$v_x$ -проекция скорости на ось  $X$ ,

$v_y$ -проекция скорости на ось  $Y$

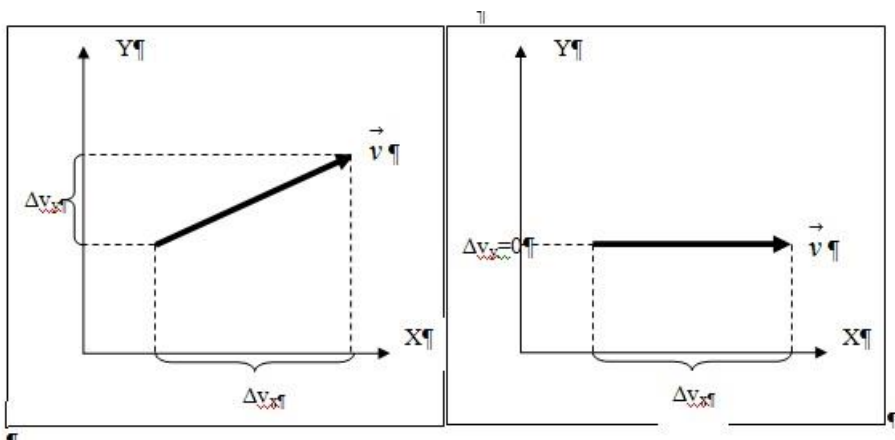


Рис. 6 Проекция скорости на оси координат

Пусть тело движется по оси  $X$

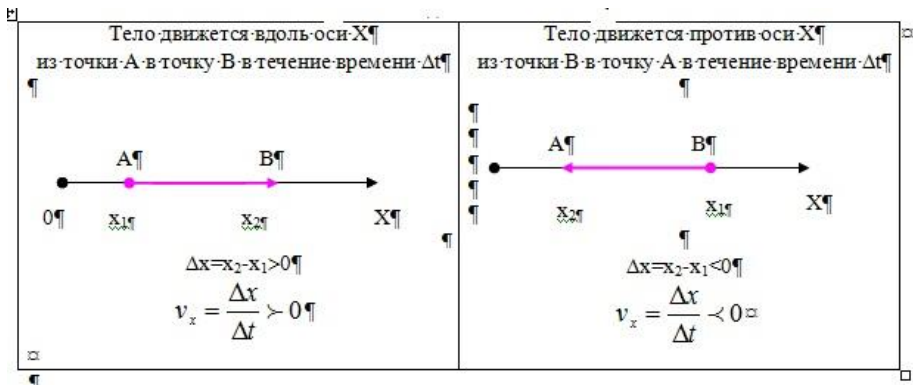


Рис.7 Проекция скорости на ось X

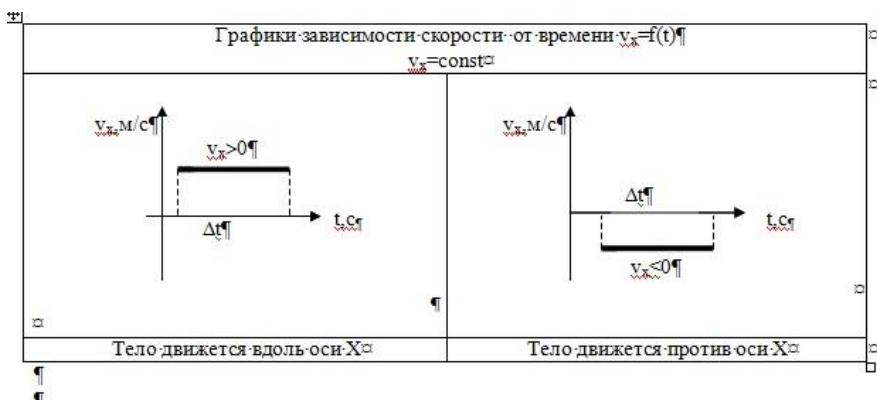


Рис. 8 Графики проекции скорости

Закон равномерного прямолинейного движения:

Нам известно, что проекция вектора перемещения  $\Delta x$  на ось  $X$  равна разности конечной и начальной координат перемещения:

$$\Delta X = X_t - X_0.$$

Скорость  $v_x = \frac{\Delta x}{t}$ . Перемещение.  $\Delta X = v_x \cdot t$

Получаем закон равномерного прямолинейного движения:

$$x_t = x_0 + \Delta x = x_0 + v_x \cdot t$$

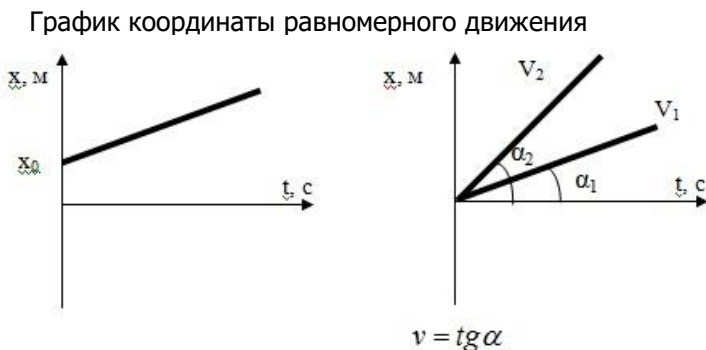


Рис.9 Графики координаты

### Вопросы

1. Какое движение называется равномерным прямолинейным?
2. При равномерном движении средняя скорость совпадает с мгновенной скоростью. Почему?
3. Почему при равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело перемещается на равные расстояния?
4. Как по графику зависимости скорости от времени  $v(t)$  определяется путь тела при равномерном прямолинейном движении?
5. Как по графику зависимости координаты от времени  $x(t)$  определяется скорость тела при равномерном прямолинейном движении?

## 2.2 Неравномерное прямолинейное движение

Неравномерное прямолинейное движение – это движение тела по прямой линии с непостоянной скоростью.

Мгновенное ускорение

→

Мгновенное ускорение  $a$  – это векторная физическая величина, равная пределу отношения изменения скорости к проме-

жутку времени, в течение которого это изменения произошло.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t},$$

где  $\vec{\Delta v}$  - изменение скорости;  
 $\Delta t$  – интервал времени, за которое это изменении произошло.

*Мгновенное ускорение численно равно изменению скорости в единицу времени.*

Размерность ускорения следует из определения ускорения и равна

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{м/с}{с} = м/с^2$$

Тангенциальное и нормальное ускорение

→  
 $a_\tau$  - касательное (или тангенциальное) ускорение направлено по касательной к траектории;

→  
 $a_n$  - нормальное (или центростремительное) ускорение направлено по нормали (перпендикулярно) к траектории.

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

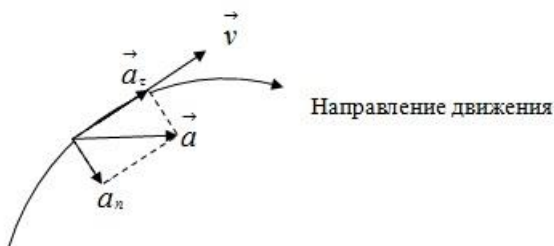


Рис.10 Ускорение

При прямолинейном движении тела нормальное ускорение равно нулю ( $a_n=0$ ), поэтому мгновенное ускорение совпадает с касательным ускорением

$$\vec{a} = a \vec{\tau}$$

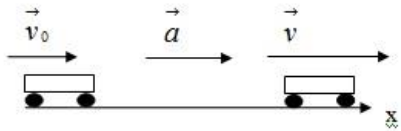
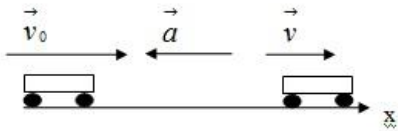
Равнопеременное движение Тело движется вдоль оси $x$	
Ускоренное движение	Замедленное движение
скорость $ v $ – увеличивается	скорость $ v $ – уменьшается
	
$\vec{\Delta v} = \vec{v} - \vec{v}_0$	$\vec{\Delta v} = \vec{v} - \vec{v}_0$
$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}$	$\vec{a} \downarrow \downarrow \vec{v}$

Рис.11 Движение тела с ускорением

При прямолинейном ускоренном движении тела вектор ускорения параллелен (сонаправлен, направлен в ту же сторону) вектору скорости.

При прямолинейном замедленном движении тела (при торможении) вектор ускорения антипараллелен (направлен в противоположную сторону) вектору скорости.

#### Вопросы

1. Что такое мгновенное ускорение?
2. Что такое тангенциальное (касательное) ускорение?
3. Что такое нормальное (цетростремительное) ускорение?
4. Почему нормальное ускорение при прямолинейном движении равно нулю?
5. Почему при прямолинейном ускоренном движении вектор ускорения параллелен вектору скорости?
6. Почему при прямолинейном замедленном движении вектор ускорения антипараллелен вектору скорости?

### 3. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ С

## ПОСТОЯННЫМ УСКОРЕНИЕМ

### 3.1 Равноускоренное прямолинейное движение

Равноускоренное прямолинейное движение – это прямолинейное движение, при котором ускорение параллельно (сонаправлено) скорости и постоянно по модулю:

$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & & \rightarrow \\ a & \uparrow\uparrow & v \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \rightarrow \\ a = \text{const} \end{array}$$

Ускорение тела

Пусть тело , начинает двигаться с начальной скоростью

$\rightarrow$

$v_0$  - , движется в течение промежутка времени  $\Delta t$ , скорость из-

меняется и становится равной  $\rightarrow$   
 $v_t$

$$\begin{array}{c} \rightarrow \quad \rightarrow \\ \rightarrow \\ a = \frac{v_t - v_0}{\Delta t}, \end{array}$$

$\rightarrow$   
где  $a$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$\rightarrow$

$v_t$  - конечная скорость, м/с;

$\rightarrow$

$v_0$  - начальная скорость м/с;

$\Delta t$  – промежуток ( интервал) времени, с

Скорость

Тело движется равноускоренно вдоль оси X



$$v_t = v_0 + a \cdot \Delta t.$$

График зависимости скорости от времени для тела, которое начинает двигаться без начальной скорости ( $v_0=0$ )

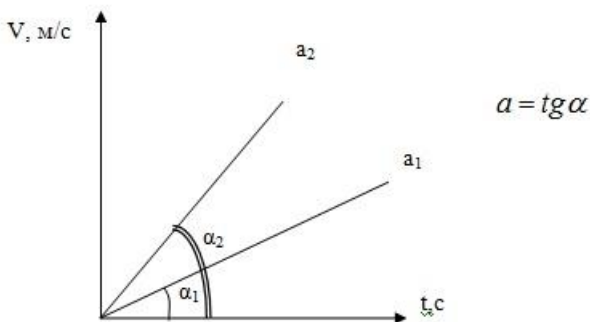


Рис. 12 График зависимости скорости от времени

График зависимости скорости от времени для тела, которое начинает двигаться с начальной скоростью  $V_0$

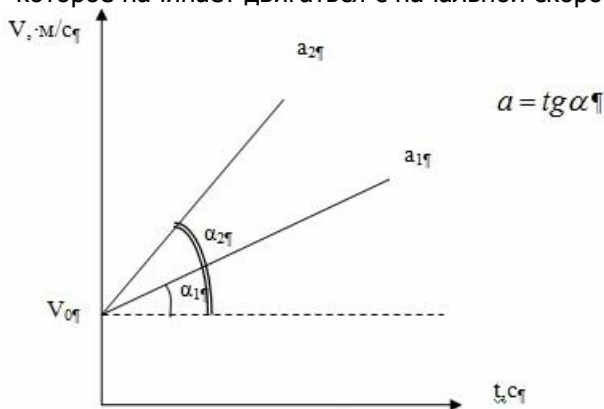


Рис.13 График зависимости скорости от времени

Вычисление пути тела по графику скорости.

Пусть тело начинает движение без начальной скорости. Тело начинает двигаться из состояния покоя

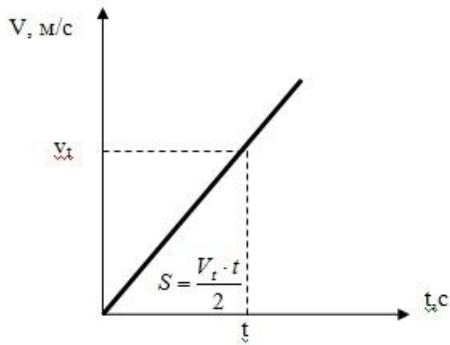


Рис.14 Вычисление пути по графику скорости

Путь тела на графике скорости.  
Тело движется с начальной скоростью  $v_0$

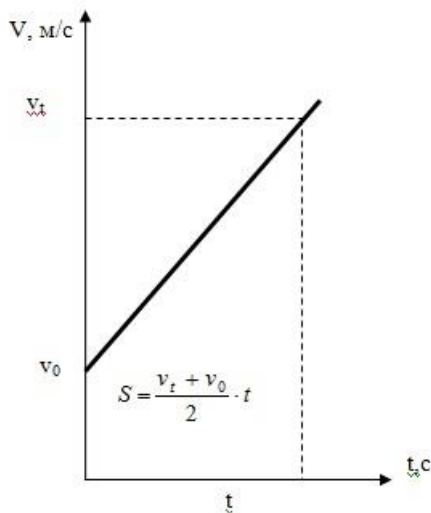


Рис.15 Вычисление пути по графику скорости

Формула вычисления пути тела для равноускоренного движения

$$S = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2},$$

где:  $S$  – путь, м;

$v_0$  – начальная скорость, м/с;

$a$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$t$  – время, с.

Уравнение движения тела, которое движется равноускоренно

вдоль оси X	против оси X
$X = X_0 + S$	$X = X_0 - S$
$X = X_0 + (v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2})$	$X = X_0 - (v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2})$

### 3.2 Равнозамедленное прямолинейное движение

Равнозамедленное прямолинейное движение – это прямолинейное движение, при котором ускорение антипараллельно (противоположно по направлению) скорости и постоянно по модулю:

$$\begin{array}{c} \rightarrow \\ a \uparrow \downarrow v \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \rightarrow \\ a = const \end{array}$$

Скорость тела, которое движется равнозамедленно

$$v_t = v_0 - a \cdot \Delta t.$$

График зависимости скорости от времени представлен на Рис.16.

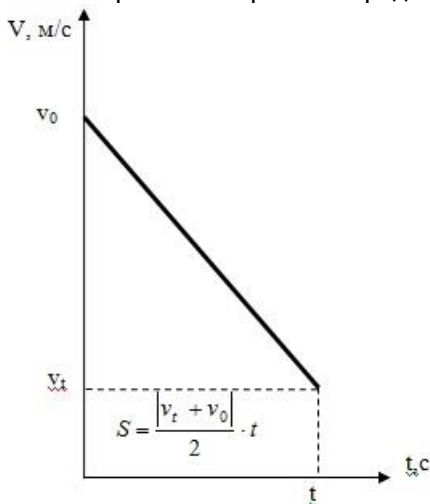


Рис.16 График скорости равнозамедленного движения

Формула вычисления пути тела для равнозамедленного движения

$$S = v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2},$$

где:  $S$  – путь, м;

$v_0$  – начальная скорость, м/с;

$a$  - ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$t$  – время, с.

Уравнение движения тела, которое движется равнозамедленно

вдоль оси $X$	против оси $X$
$X = X_0 + S$	$X = X_0 - S$
$X = X_0 + (v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2})$	$X = X_0 - (v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2})$

## Вопросы

1. Какое движение называется равнопеременным?
2. Какое движение называется равноускоренным?
3. Какое движение называется авнозамедленным?
4. Определить направление ускорения, если тело движется вдоль оси  $X$  равноускоренно.
5. Определить направление ускорения, если тело движется вдоль оси  $X$  равнозамедленно.
6. Определить направление ускорения, если тело движется против оси  $X$  равноускоренно.
7. Определить направление ускорения, если тело движется против оси  $X$  равнозамедленно.
8. Как определить графически путь тела, которое движется равноускоренно?
9. Как определить графически путь тела, которое движется равнозамедленно?
10. Какая кривая определяет зависимость координаты от времени?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Физика: учеб. пособие для студ.-иностранцев. подгот. фак. вузов/Корочкина Л.Н.; Каурова Л.Д.; Шутенко Л.Д. – М.: Высш. Шк.. 1983. – 392 с.
2. Вердеревская Н.Н., Егорова С.П. Сборник задач и вопросов по физике: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – Высш. школа, 1980. – 216 с.
3. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учебн. Для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2002. – 416 с.: ил.