

## НЕГИЗГИ ФИЗИКАЛЫК ЧОНДУКТАРДЫ АЛГА УМТУЛГАН ТЕЛОНУН КЫЙМЫЛДАРЫН ОКУУДА КОЛДОНУЛУШУ

**Исманбаев А.И.<sup>1</sup>, Садыков М.А.<sup>2</sup>, Бердибекова К.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>КГТУ, им. И. Раззакова, КР, e-mail: [aismanbaev@mail.ru](mailto:aismanbaev@mail.ru), <sup>2</sup>МУИТ, КР, e-mail: [sadmaks@mail.ru](mailto:sadmaks@mail.ru), <sup>3</sup>КГУСТА, им. Н. Исанова, КР, e-mail: [kberdibekova@mail.ru](mailto:kberdibekova@mail.ru)

## ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕМАТИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ

**Исманбаев А.И.<sup>1</sup>, Садыков М.А.<sup>2</sup>, Бердибекова К.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>КГТУ, им. И. Раззакова, КР, e-mail: [aismanbaev@mail.ru](mailto:aismanbaev@mail.ru), <sup>2</sup>МУИТ, КР, e-mail: [sadmaks@mail.ru](mailto:sadmaks@mail.ru), <sup>3</sup>КГУСТА, им. Н. Исанова, КР, e-mail: [kberdibekova@mail.ru](mailto:kberdibekova@mail.ru)

## THE USE OF BASIC PHYSICAL VALUES IN THE STUDY OF THE KINEMATICS OF INCOMING MOTION OF BODIES

**A.I. Ismanbaev<sup>1</sup>, M.A. Cadykov<sup>2</sup>, K.N. Berdibekova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>KSTU n.a. I.Razzakov, Bishkek, KR, <sup>2</sup>MUIT, Bishkek, KR, <sup>3</sup>KSUCTA n.a.N. Isanova, Bishkek, KR.

Излагаются способы использования основных физических величин для изучения кинематики – одного из разделов механики.

В разделе механики курса физики изучаются закономерности наиболее простых форм движения тел и причины их возникновения.

Кинематика изучает движения тел без учета причин, его вызывающих, т.е. исследует пространственно-временное перемещение тел. Она оперирует такими понятиями как величины. Среди них выделяются перемещение- $(\Delta\vec{r})$  пройденный путь -  $(S)$ , время  $(t)$ , скорость  $(\vec{v})$  и ускорение  $(\vec{a})$  для поступательного движения.

В результате обобщения опытов, экспериментов, приведенных с природными явлениями, устанавливаются физические законы-устойчивые повторяющиеся объективные закономерности. Законы устанавливают связь между физическими величинами, для чего необходимо раскрыть физический смысл этих величин и измерить их. Измерение физических величин осуществляются с помощью точных измерительных приборов, предназначенных нахождения их числовых значений в общепринятых единицах.

Все физические величины делятся на основные и производные. Основными называется величины, которые независят от других величин. Единицы их измерения также называют основными.

Производные физические величины имеют прямую или косвенную зависимость от основных величин. Они взаимосвязаны. Их взаимосвязь устанавливаются физическими законами.

Еще в СССР по Государственному стандарту (ГОСТ 8.417-81) стала обязательно к применению Система Интернациональная (СИ), которая строится на семи основных единицах измерения физических величин:

1 метр(м)-длина пути,

- 1 секунда(с)-время,
- 1 килограмм(кг)-масса,
- 1 Кельвин (К)-термодинамическая температура,
- 1 моль (  $\nu$  )-количество вещества,
- 1 Ампер (А)-сила тока
- 1 Кандела (кд) – сила света.

наряду с этим включены две дополнительные величины: угол (1радиан) и телесный угол (1стерадиан).

Измеряя количественно основные и производные физические величины, определяют их зависимости в виде математических формул. Эти формулы представляют собой математическую запись сформулированных физических законов, описывающих природные явления и процессы.

Для усвоения понятий, в том числе величин и законов, в теории формулирования понятий и других структурных элементов системы научных знаний академиком Российской педагогической академии А.В.Усовой [1], [2], [5] определены требования в виде обобщенных планов. Следование этим требованиям позволяет систематизировать знания студентов и рационально их усваивать. Так при усвоении величин в соответствии с этими требованиями нужно придерживаться нижеследующего плана.

### **План изучения величин** (или Что нужно знать о величине?)

1. Указание свойства тел или явления, которые характеризует данная величина.
2. Определение величины и формула, её выражения.
3. Формулы, выражающие зависимость данной величины от других.
4. Отнесение величины к основным или производным, скалярным или векторным.
5. Единицы и способы измерения величины (преимущественно в СИ).

На основе выше изложенных положений относительно физических величин ниже предлагаются способы их применения. Так, например, основные физические величины  $S$ (путь пройденный телом при движении) и  $t$ (время, в течении которого тела перемещается из одной точки в другую), раскрывается при изучении различных видов движений и характеризует их

### **Физические основы механики.**

Механика – часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение и состоит из 3-х разделов: (кинематика, динамика, статика)

Кинематика изучает движение тел, не рассматривая причины, которые движение обуславливают.

Динамика изучает законы движения тел и причины которые вызывают или изменяют это движение.

Статика изучает законы равновесия системы тел и условия их пребывания в состоянии равновесии.

### **Механическое движение. Материальная точка.**

Механическим движениям называется движения взаимного расположения тел(частей тела) относительно друг друга в пространстве с течением времени. Любое механическое движение относительно.

Механические движения относятся к сложным процессам и при их изучении возникают ряд затруднений. Эти затруднения могут быть упрощены с применением конкретных динамических моделей или абстрактных понятий. Для описания движения тел в зависимости от условий конкретных задач используются разные физические модели. Простейшей моделью является материальная точка – тело, обладающие массой, размерами которого в данной задаче можно пренебречь. Понятие материальной точки - абстрактное, но его применение облегчает решение практических задач.

Если движения снаряда или планеты рассматривается, как движение материальной точки, тогда их величины (диаметры, радиусы) будут намного меньше, чем размеры траектории их движения.

Движение тел происходит в пространстве и во времени, при этом время, как основная физическая величина, описывается длительность протекания явлений и процессов.

### 1. Система отсчета, траектория и вектор перемещения.

Для описания движения материальной точки необходимо знать, в каких местах пространства эта точка находилась и в какие моменты времени она проходила то или иное положение. При изучении движения тел применяется система отчета. Положение материальной точки определяется по отношению к какому-либо другому, условно неподвижному выбранному телу, которая называется **телом отчета**. С ним связывается система отчета – совокупность системы координат и времени, связанных с телом отчета. Математическое описание положения материальной точки А реализуется за частую заменой системы отчета, декартовой (прямоугольной) системой координат (рис. 1). Приведенные (рис.1) - (рис.6) указаны во всех учебниках по физике для вузов [3], [4], [5].

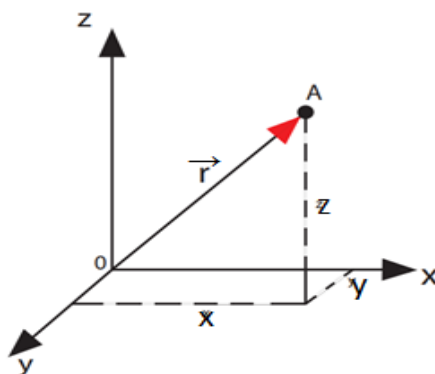


Рис.1.

В декартовой системе координат, применяемой наиболее часто, положение точка А в данной момент времени по отношению к данной системе характеризуется тремя координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  или радиусом – вектором  $\vec{r}$ , проведенным из начала системы координат в рассматриваемой точки А.

При движении материальной точки А с течением времени ее координаты меняются и являются уравнениями вида:

$$\begin{aligned} x &= x(t), \\ y &= y(t), \\ z &= z(t). \end{aligned} \quad (1)$$

или эквивалентными векторному уравнению.

$$\vec{z} = \vec{z}(t). \quad (2)$$

Пусть материальная точка движется из А в В (рис.2).

Линия, описываемая этой точкой в пространстве называется **траекторией**. В зависимости от формы траектории движения может быть прямолинейным или криволинейным.

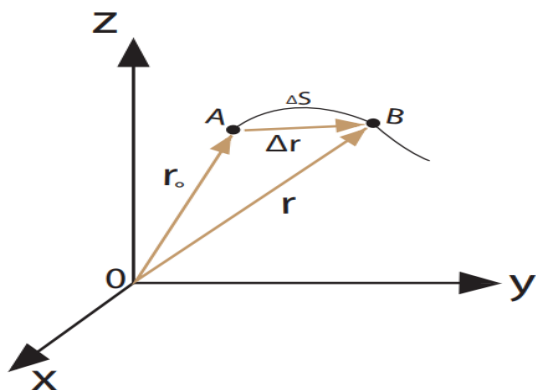


Рис.2.

Длина участка траектории АВ, пройденного материальной точкой с момента отсчета времени, называется длиной пути  $\Delta S$  и является скалярной функцией времени:

$$\Delta S = f(t)$$

Прямая линия, проведенная из начального положения движущейся точки в положение рассматриваемого в данный момент времени - называется вектором перемещения (рис.2.)

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 \quad (3)$$

Вектор перемещения указывает направление движения материальной точки.

При прямолинейном движении вектор перемещения совпадает с соответствующим участком траектории и модуль вектора перемещения равен пройденному пути (рис. 3).

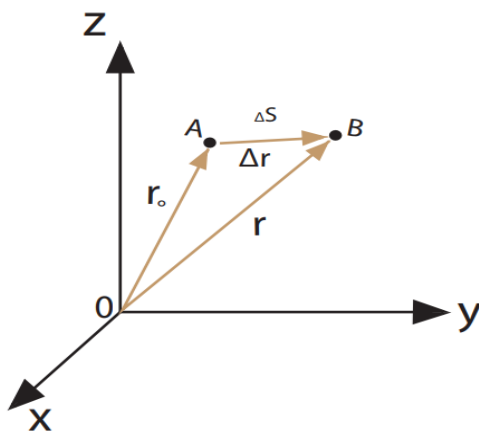


Рис.3

$$\begin{aligned} \Delta \vec{r} &= \vec{r} - \vec{r}_0, \\ |\Delta \vec{r}| &= \Delta S, \end{aligned} \quad (4)$$

В общем случае

$$|\Delta \vec{r}| \neq \Delta S. \quad (5)$$

При криволинейном движении (4) выполняется для малого промежутка времени, где  $|\Delta \vec{r}| \rightarrow 0$ .

$$\lim_{|\Delta \vec{r}| \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{|\Delta \vec{r}|} = 1. \quad (6)$$

Длина пройденного пути материальной точкой количественно равна модулю вектора перемещения. За единицу пройденного пути в системе СИ берется метр (м) и единицу времени секунда (с).

**Вывод:** Применяя основные физические величины  $S$  (путь пройденный телом при движении) и  $t$  (время в течении которого тело перемещается из одной точки в другую), определяется производная величина вектор перемещения  $\Delta\vec{r}$ , а также направления и виды движения материальной точки в общем виде.

## 2. Скорость.

Траектория и вектор перемещения является геометрическими характеристиками движения. Если две материальные точки обладают за разные промежутки времени одинаковыми значениями вектора перемещения, то характер кинематики их движения будет различным. Характер кинематики движения зависит от изменения состояния материальной точки. Быстрота изменения состояния материальной точки определяется физической производной величиной скоростью, которая является векторной величиной и измеряется в  $1\text{м/с}$  и может быть измерена с помощью спидометра.

Пусть материальная точка за время  $\Delta t$  из состояния  $A_1$  переходит в  $A_2$ , при этом вектор перемещения равна  $\Delta\vec{r}$ . Быстрота изменения состояния материальной точки определяется отношением  $\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ , которая характеризует среднюю скорость движения и записывается в виде:

$$\langle \vec{\vartheta} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}, \quad (7)$$

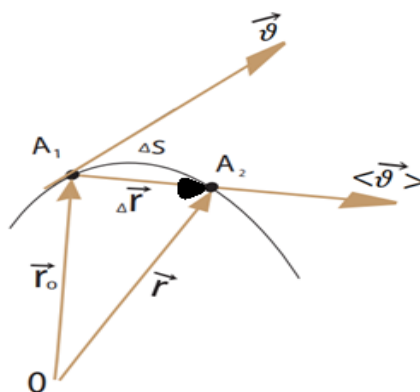


Рис.4.

Модуль средней скорости имеет вид:

$$\langle \vartheta \rangle = |\langle \vec{\vartheta} \rangle| = \frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta t}. \quad (8)$$

Направление вектора средней скорости совпадает с направлением вектора перемещения (рис. 4)

Мгновенная скорость материальной точки определяется соотношением:

$$\vec{\vartheta} = \lim_{A_2 \rightarrow A_1} \langle \vec{\vartheta} \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad (9)$$

Скалярное значение скорости запишем в виде:

$$\vartheta = |\langle \vec{\vartheta} \rangle| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}. \quad (10)$$

Скорость материальной точки равна производной пройденной пути от времени.

При равномерном движении материальной точки скорость равна

$$\vartheta = \frac{S}{t}, \quad (11)$$

Не изменяется со временем ( $\vartheta = const$ ).

В системе СИ за единицу скорости принимается  $\text{м/с}$ .

**Вывод:** Используя основные физические величины –  $S$  (путь) и  $t$  (время), выражаемые или производная физическая величина  $\vec{v}$  называется скоростью движения материальной точки, характеризующий быстроту движения, также направление его в данный момент времени.

### 3. Ускорение.

При неравномерном движении материальной точки необходимо знать, как быстро изменяется скорость материальной точки с течением времени. Физическая величина, характеризующей быстроту изменения скорости по модулю и направлению, является ускорение являющейся производной векторной величиной.

Рассмотрим положение материальной точки  $A_1$  и  $A_2$  расположенные на траектории движения (рис. 5).

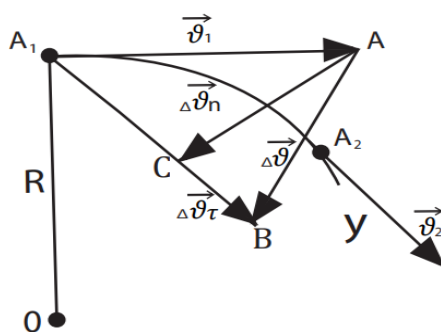


Рис.5.

Скорость точки  $A_1$  равна  $\vec{v}_1$ , точка  $A_2$  определяется скоростью  $\vec{v}_2$ , которая направлена по касательной, описываемой кривой радиуса  $R$ .

$\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  отличаются друг от друга величиной и направлением. Осуществляем мысленно параллельный перенос вектора скорости  $\vec{v}_2$  к началу точки  $A_1$ , который примет величину вектора  $\vec{A_1B}$ .

Соединяя концы векторов  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ , определяем вектор  $\Delta\vec{v}$ .

$$\Delta\vec{v} = \vec{A_1B} - \vec{v}_1 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad (12),$$

$\Delta\vec{v}$  – характеризует приращение вектора  $\vec{v}_1$  за время  $\Delta t$ , с другой стороны  $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$  равна величине среднего ускорения материальной точки при перемещении из положения  $A_1$  в  $A_2$ . Отношение  $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$  выражает среднее ускорение материальной точки

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}. \quad (13)$$

Ускорение материальной точки имеет вид:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (14)$$

Из рис.5 используя треугольник  $ABC$  находим изменения вектора скорости в виде:

$$\Delta\vec{v} = \Delta\vec{v}_n + \Delta\vec{v}_\tau. \quad (15)$$

$\Delta\vec{v}_\tau$  - характеризует изменение скорости по величине за время  $\Delta t$

$$\Delta\vec{v}_\tau = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

Используя уравнения (14), можно записать в виде:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}_\tau}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}_n}{\Delta t} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n, \quad (16)$$

Тангенциальная составляющая ускорения

$$a_{\tau} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_{\tau}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}, \quad (17)$$

то есть она равна первой производной по времени модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю.

Вторая составляющая ускорения равна

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{d\vartheta_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}, \quad (18) \quad (R - \text{радиус кривизны траектории})$$

называется нормальной составляющей ускорения и направлена по нормали к траектории к центру её кривизны и называют центростремительным ускорением (рис.6.)

Полное ускорение тела есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих (рис.6.)

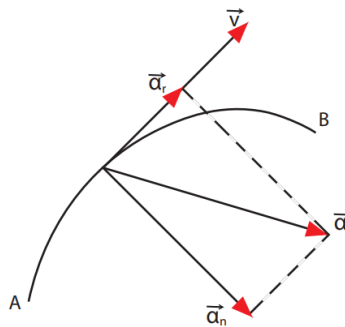


Рис.6.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_{\tau} + \vec{a}_n, \quad (19)$$

Модуль полного ускорения равен

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}, \quad (20)$$

Если зависимость пройденного телом пути  $S$  от времени дается уравнением  $S = f(t)$ , тогда ускорение тела равно второй производной пути от времени

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}. \quad (21)$$

Используя  $a_{\tau}, a_n$  составляющих ускорения тела, можно квалифицировать кинематику движения в виде:

- 1)  $a_{\tau} = 0, a_n = 0$  - равномерное прямолинейное движение,
- 2)  $a_{\tau} = a = const, a_n = 0$  - прямолинейное движение с переменным ускорением

$$a_{\tau} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Если начальный момент времени  $t_1 = 0$ , а начальную скорость  $v_1 = v_0$  то, обозначив  $t_2 = t$  и  $v_2 = v$ , получим  $a = (v - v_0) / t$ .  $v = v_0 + at$

Проинтегрировав данное выражение найдем пройденный путь при равнопеременном движении

$$S = \int_0^t v dt = \int_0^t (v_0 + at) dt = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

- 3)  $a_{\tau} = f(t), a_n = 0$  - прямолинейное движение переменным ускорением

- 4)  $a_{\tau} = 0, a_n = const$  - при постоянной скорости движение по окружности является равномерным ( $a_n = \frac{v^2}{R}$ )

- 5)  $a_\tau = 0, a_n \neq 0$  - равномерное криволинейное движение;  
 6)  $a_\tau = const, a_n \neq 0$  - криволинейное равнопеременное движение;  
 7)  $a_\tau = f(t), a_n \neq 0$  - криволинейное движение с переменным ускорением.

### **Вывод:**

Для полного изучения и освоения кинематики механического движения тел, возникает необходимость использования основных физических величин  $S$  (путь) и  $t$  (время).

Используя  $S$  (путь) и  $t$  (время) для конкретного вида механического движения после соответствующих преобразований определяются производные физические величины:  $\vec{v}, \vec{a}$  и их составляющие  $\vec{v}_n, \vec{v}_\tau, \vec{a}_\tau, \vec{a}_n$ , которые имеют глубокий физический смысл. Векторная и скалярная форма записи производных физических величин подробно иллюстрируют виды механического движения и их численные значения.

### **Литература**

1. Усова А.В. Новая концепция естественно-научного образования, 2-ое изд.- Челябинск: Факел, 1996 – 46с.
  2. Гудимова А.Н., Токтомышев С.Ж. Совершенствование методики преподавания курса общей физики. Методические рекомендации под редакцией В. Журпвлева Фрунзе, ФПИ, 1981г.
  3. Трофимова Т.И. Курс физики, М., Высшая школа 1990.
  4. Исманбаев А., Артыкбаева З.К., Токтомышев С.Ж., Мамбетакунов Э.М. Физика, 1 бөлүм, на кыргызском языке, Бишкек, 1993г.
- Механиканын жана молекулалык физиканын билимдерин структуралык элементтердин негизинде окулушу (окуу куралы) на кыргызском языке, ПИ, Бишкек, 1991г.*