

КУРС ФИЗИКИ. ВВЕДЕНИЕ

- Физика – наука, изучающая законы движения и взаимодействия материальных тел и полей.
- Курс физики принято разделять на 3 раздела:
- часть 1. Механика и молекулярная физика
- часть 2. Электромагнетизм и волны
- часть 3. Квантовая физика

В курсе физики изучаются **физические законы** – общие закономерности, которым подчиняются физические процессы. Эти процессы изучаются, как правило, в специальных условиях **физического эксперимента**, в ходе которого происходит измерение **физических величин**, характеризующих свойства тел или явление. Мир пространства и времени, в котором мы живем характеризуется фундаментальными величинами – длиной (мерой протяженности тел) и временем (мерой продолжительности процесса). Для описания движения тела в физике выбирается система отсчета – система координат, связанная с некоторым телом и часы.

Диапазон расстояний и интервалов времени во Вселенной представлены на следующих таблицах.

ДИАПАЗОН РАССТОЯНИЙ ВО ВСЕЛЕННОЙ (м)

| | |
|---------------------|--|
| 10^{27} | Границы Вселенной (~10-15 млрд.свет лет) |
| 10^{21} | Ближайшая галактика |
| 10^{18} | Радиус галактики |
| $4 \cdot 10^{16}$ | Ближайшая звезда (Проксима Центавра – 3,26 св.лет) |
| $1,5 \cdot 10^{11}$ | Расстояние от Земли до Солнца |
| ~1,5-1,8 | Рост человека |
| 10^{-9} | Размер вируса |
| 10^{-11} | Радиус атома водорода |
| 10^{-15} | Размер протона |

ДИАПАЗОН ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ВО ВСЕЛЕННОЙ (с)

| | |
|------------|---|
| 10^{18} | Возраст Вселенной (~14,5 млрд.лет) |
| 10^{15} | Возраст Земли (~5млрд.лет) |
| 10^{12} | Появление человека (~1 млн. лет) |
| 10^9 | Среднее время жизни человека (1 год= $3,16 \cdot 10^7$ с) |
| 10^6 | 0,864 дня |
| 10^3 | Свет идет от Солнца до Земли $0,48 \cdot 10^3$ с |
| 1 | Интервал между ударами сердца |
| 10^{-3} | Период колебаний звуковой волны |
| 10^{-6} | Период колебаний радиоволны |
| 10^{-9} | Свет проходит расстояние в 30 см |
| 10^{-12} | Период колебаний молекул |
| 10^{-15} | Период колебаний световой волны |
| 10^{-18} | Свет проходит расстояние, равное размеру атома |
| 10^{-21} | Период колебаний ядра |
| 10^{-24} | Свет проходит расстояние, равное размеру атомного ядра |

ВВЕДЕНИЕ

- Круг вопросов, изучаемых физикой чрезвычайно широк – от процессов, происходящих в микромире до теории «Большого взрыва», сценарий которого представлен следующей иллюстрацией и в таблице.



Краткая история развития Вселенной

| Время | Температура | Состояние Вселенной |
|---------------------------|-------------------------|---|
| $10^{-45} - 10^{-37}$ сек | Более 10^{26} К | Инфляционное расширение |
| 10^{-6} сек | Более 10^{13} К | Появление кварков и электронов |
| 10^{-5} сек | 10^{12} К | Образование протонов и нейтронов |
| 10^{-4} сек - 3 мин | $10^{11} - 10^9$ К | Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития |
| 400 тыс. лет | 4000 К | Образование атомов |
| 15 млн. лет | 300 К | Продолжение расширения газового облака |
| 1 млрд. лет | 20 К | Зарождение первых звезд и галактик |
| 3 млрд. лет | 10 К | Образование тяжелых ядер при взрывах звезд |
| 10 - 15 млрд. лет | 3 К | Появление планет и разумной жизни |
| 10^{14} лет | 10^{-2} К | Прекращение процесса рождения звезд |
| 10^{37} лет | 10^{-18} К | Истощение энергии всех звезд |
| 10^{40} лет | -20 К | Испарение черных дыр и рождение элементарных частиц |
| 10^{100} лет | $10^{-60} - 10^{-40}$ К | Завершение испарения всех черных дыр |

1922 — советский математик Ал. Ал. Фридман нашёл нестационарные решения гравитационного уравнения Эйнштейна и предсказал расширение Вселенной в результате Большого взрыва.

1948 — выходит работа Г. А. Гамова о "**горячей вселенной**", построенная на теории расширяющейся после Большого взрыва вселенной Фридмана. Гамов предположил, что первичное вещество было не только очень плотным, но и очень горячим, в нем происходили ядерные реакции, и за несколько минут были синтезированы лёгкие химические элементы. Самым эффективным



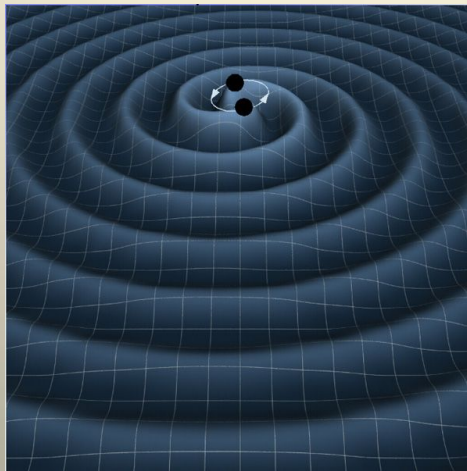
результатом этой теории стало предсказание космического фона излучения. Электромагнитное излучение должно было, по законам термодинамики, существовать вместе с горячим веществом в "горячую" эпоху ранней Вселенной и сохраняется только сильно охлаждённым - и до сих пор. В 1950 году Гамов нашёл эту температуру 3 К. 1964 американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вилсон открыли **космический фон реликтового излучения** и измерили его температуру: она оказалась равной 3 К!

Состав Вселенной

Согласно космологическим теориям современности, наша Вселенная состоит всего из 5% обычной, так называемой барионной материи, которая образует все наблюдаемые объекты; 25% темной материи, регистрируемой благодаря гравитации; и темной энергии, составляющей целых 70% от общего объема.

Гравитационные волны открыты!

После полувека поисков открыты гравитационные волны, колебания самого пространства-времени, предсказанные Эйнштейном сто лет назад. **14 сентября 2015 года обновленная обсерватория LIGO зарегистрировала гравитационно-волновой всплеск, порожденный слиянием двух черных дыр с массами 29 и 36 солнечных масс в далекой галактике на расстоянии примерно 1,3 млрд световых лет.** Гравитационно-волновая астрономия стала полноценным разделом физики; она открыла нам новый способ наблюдать за Вселенной и позволит изучать недоступные ранее эффекты сильной гравитации.



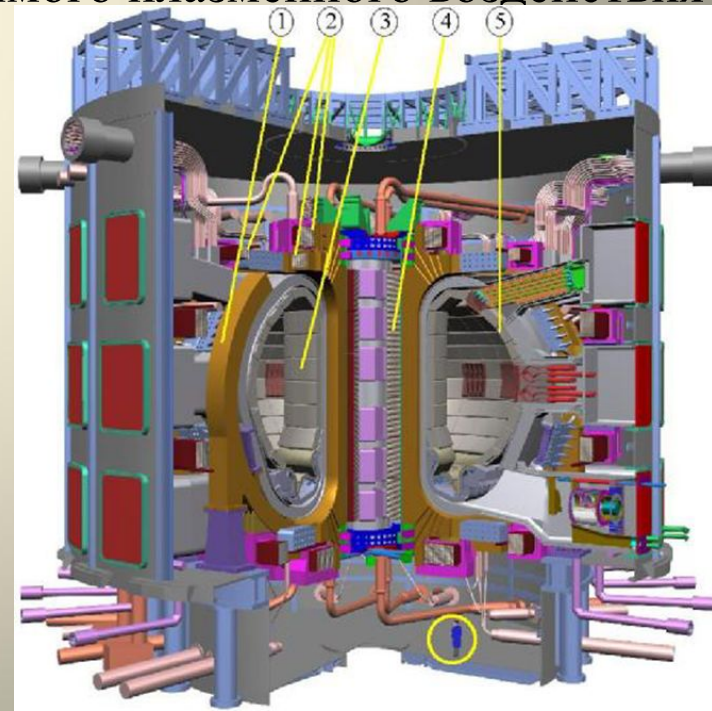
Проблемы управляемого термоядерного синтеза

• 21 ноября 2006 года в Париже ЕС, Китай, Россия, США, Южная Корея и Япония подписали международное соглашение о создании Интернационального Термоядерного Экспериментального Ядерного Реактора (ИТЭР), 14 октября 2007 года было начато его строительство в Кадараше (под Ниццей, Франция). Главная задача ИТЭР, - достичь момента «зажигания», когда начнется самоподдерживающееся горение плазмы, а системы внешнего нагрева плазмы можно будет отключить. Это должно произойти предположительно в 2025 году при длительности реакции порядка 400 сек и мощности ядерного синтеза от 300-500 МВт. Создание первого энергетического реактора возможно к 2040 г.

Проблемы управляемого термоядерного синтеза

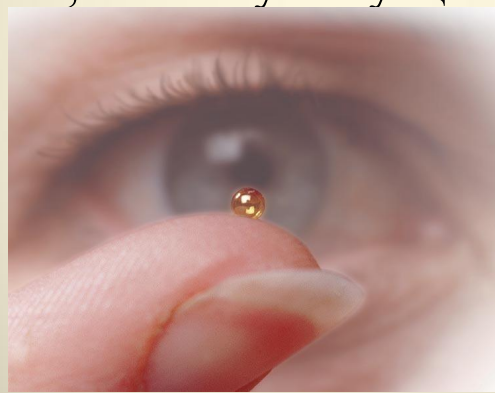
• Высота плазменной камеры 3 около 8 метров, ее поперечник – около 4 метров. Тороидальное магнитное поле, создаваемое сверхпроводящими катушками 1, должно достигать на оси камеры 6 Тл, полный плазменный ток – 18 МА. Первичная обмотка трансформатора 4 и обмотки тороидального поля 2 также являются сверхпроводящими. Это принципиально позволяет получать импульс термоядерного горения длительностью 400–1000 секунд. Мощность термоядерного горения должна достичь при этом 500 МВт, что уже превысит полный уровень энергозатрат на его поддержание. Для изучения процессов наработки трития и утилизации энергии быстрых нейтронов в ИТЭРе будут установлены различные варианты бланкетных модулей 5. От прямого плазменного воздействия они будут защищены пластинами бериллия.

Задача управляемого термоядерного синтеза будет обязательно будет решена, когда термоядерная энергия будет совершенно необходима человечеству
Академик Л. А. Арцимович



Проблемы управляемого термоядерного синтеза

• Дейтериево-тритиевая (ДТ) энергетика почти не ограничена ресурсами. Литий, который необходим для получения трития – элемент, широко распространенный в природе, а запасы дейтерия практически безграничны. ДТ-энергетика, по современным оценкам, будет безопасней примерно на два порядка энергетике деления урана, главным образом, за счет того, что в ней должны отсутствовать газообразные и жидкие радиоактивные отходы, а твердые, по мнению экспертов, не представляют большой опасности. Наконец, термоядерная энергетика практически безынерционна, поэтому ситуации типа чернобыльской в ней исключены.



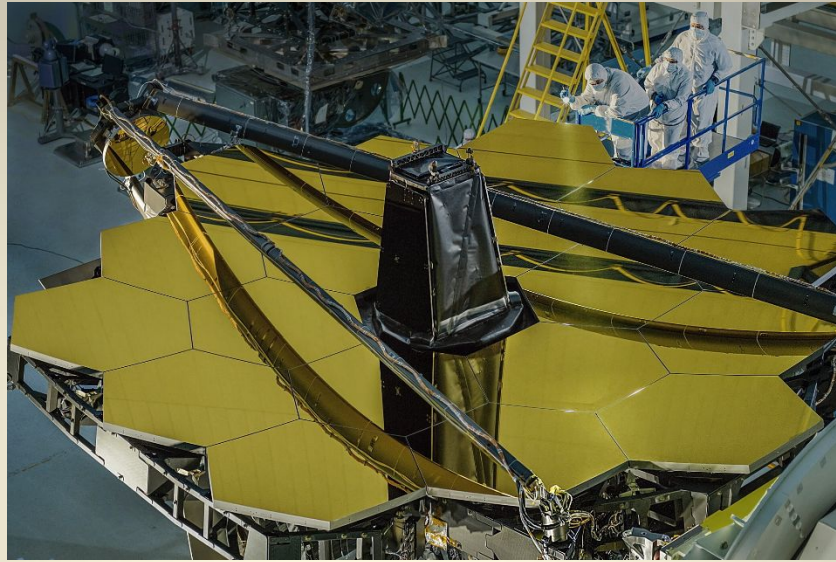
[Инерциальный термоядерный синтез](#) (ICF) с помощью лазеров
Научный комплекс находится в [Ливерморской национальной лаборатории](#)
Научный комплекс находится в Ливерморской национальной лаборатории в городе [Ливермор](#) (штат Калифорния, США). В августе 2021 года, проекту удалось продемонстрировать термоядерную реакцию, выделившую 70% от

Космический телескоп Хаббл

24 апреля 1990-го года, шаттл Дискавери вывел телескоп на орбиту. К этому моменту на Хаббл потратили 2,5 миллиарда долларов. В настоящее время расходы приближаются к десяти миллиардам. Параметры: длина — 13,1 м, диаметр — 4,2 м, размах солнечных батарей — 12 м, масса — 11,3 т, диаметр главного зеркала телескопа-рефлектора — 2,4 м.



Новый космический телескоп Джеймс Вебб



ВВЕДЕНИЕ



Active Galaxy M82

Hubble Space Telescope • Chandra X-Ray Observatory • Spitzer Space Telescope

NASA, ESA, CXC, and JPL-Caltech

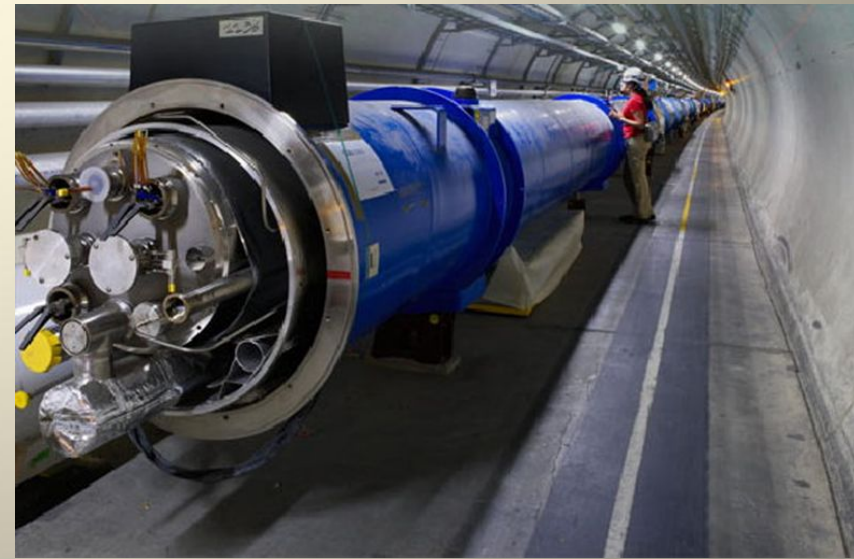
STScI-PRC06-14c

Состав Вселенной

Согласно космологическим теориям современности, наша Вселенная состоит всего из 5% обычной, так называемой барионной материи, которая образует все наблюдаемые объекты; 25% темной материи, регистрируемой благодаря гравитации; и темной энергии, составляющей 70% от общего объема.

Большой адронный коллайдер (БАК)

гигантский замкнутый туннель длиной 27 км, построенный под землей на границе Франции и Швейцарии, на глубине от 50 до 175 метров. В ускорителе протоны разгоняются до энергии 7 [ТэВ](#) на протон, так что полная энергия в системе центра масс двух сталкивающихся протонов равна 14 ТэВ. Проектная мощность достигнута в 2009 г. 4 июля 2012 г. на БАК открыт бозон Хиггса.



ВВЕДЕНИЕ

- Достижения физики последних лет наглядно иллюстрируются следующими примерами.

Графен

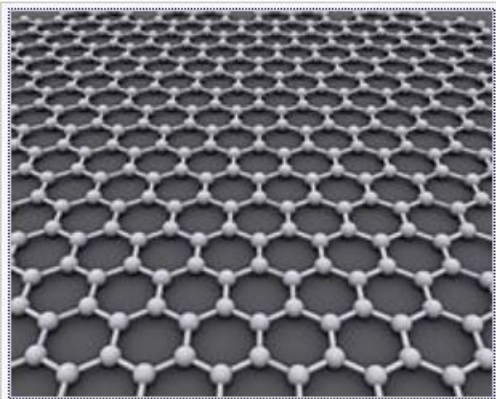
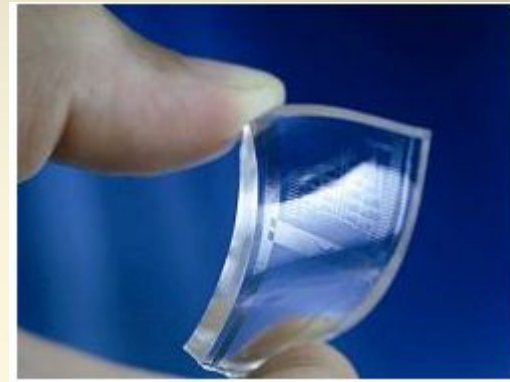


Рис. 1. Идеальная кристаллическая структура графена представляет собой гексагональную кристаллическую решётку.



Представьте себе углеродную пластину толщиной всего в один атом, но более прочную, чем алмаз, и пропускающую электричество в 100 раз лучше, чем кремний компьютерных чипов. — Графен — самый тонкий и самый прочный материал во вселенной, — заявил 19 июня английский физик Андре Гейм (Andre Geim) из Университета Манчестера.

ВВЕДЕНИЕ

Андрей Константинович Гейм



Дата рождения: 21 октября 1958 (52 года)

Место рождения: Сочи, РСФСР, СССР

Страна:  СССР
 Нидерланды

Научная сфера: физика твёрдого тела
нанотехнологии

Место работы: ИФТТ АН СССР, Университет Неймегена (1994—2000)
Манчестерский университет (2001—)

Альма-матер: МФТИ

Константин Сергеевич Новосёлов

[[Файл: |200px]]



Константин Новосёлов выступает с лекцией в МФТИ 1 ноября 2010 года

Дата рождения: 23 августа 1974 (37 лет)

Место рождения: Нижний Тагил, Свердловская область, РСФСР, СССР

Страна:  СССР →  Россия,
 Великобритания

Научная сфера: изучение графена

Место работы: ИПТМ РАН
Университет Неймегена
Манчестерский университет

Учёная степень: доктор философии (2004)

Учёное звание: профессор

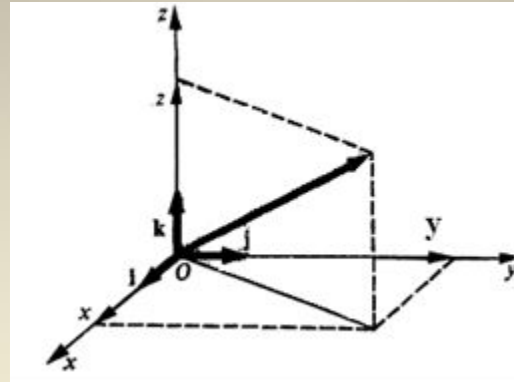
Альма-матер: МФТИ

За «передовые опыты с двумерным материалом графеном» [А. К. Гейму](#) За «передовые опыты с двумерным материалом графеном» [А. К. Гейму](#) и [К. С. Новосёлову](#) За «передовые опыты с двумерным материалом графеном» [А. К. Гейму](#) и [К. С. Новосёлову](#) была присуждена [Нобелевская премия](#) За «передовые опыты с двумерным

I. Механика. Кинематика

- **Механика** – раздел физики, изучающий простейшую форму движения материи – механическую, т.е. изменение положения тела в пространстве и во времени. Обычная или классическая механика справедлива для малых скоростей $v \ll c$ и макроскопических размеров. Для скоростей сравнимых со скоростью света c используется механика СТО, а для микромира – квантовая механика, которые в пределе переходят в классическую механику. Механика делится на кинематику, динамику и статику.
- **Кинематика** изучает движение тел без учета действия сил (причин его вызывающих).
- **Динамика** изучает движение тел под действием сил.
- **Статика** изучает равновесие тел под действием сил.
- **Кинематика материальной точки**
- **Материальная точка** – тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь. Двигаясь в пространстве тело описывает некоторую кривую, называемую траекторией. В зависимости от ее формы движение бывает прямолинейным, криволинейным, по окружности и т.д. Для описания движения используется радиус-вектор, соединяющий в данный момент точку на траектории с началом координат.

I. Механика. Кинематика



$$\vec{r} = xi + yj + zk$$

Рис.1

-
-
- Пусть в начальный момент времени t_1 материальная точка находится на траектории в положении 1, а в момент времени t_2 – в положении 2 (рис.2). **Путь** – длина участка 12 вдоль траектории, пройденного телом за рассматриваемый промежуток времени. – неубывающая положительная скалярная величина.

Перемещением называется вектор, соединяющий точки 1 и 2 траектории:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

I. Механика. Кинематика

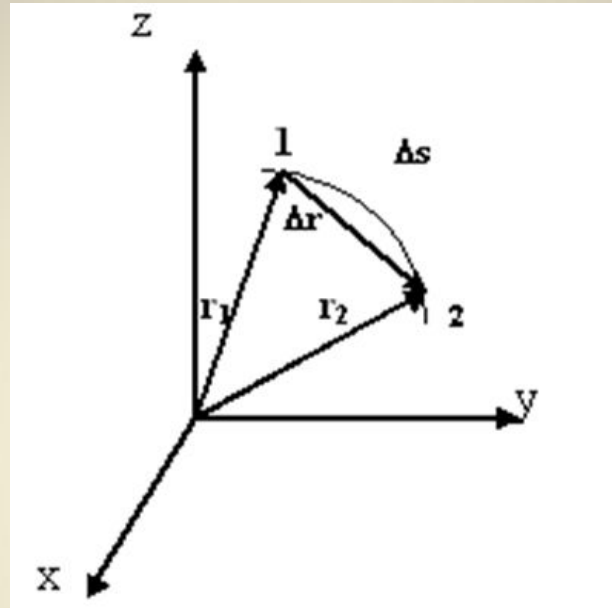


Рис.2

Для характеристики движения на участке 12 вводится средняя скорость

$$\vec{v}_{cp} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

I. Механика. Кинематика

- При неравномерном движении средняя скорость постоянно меняется, поэтому вводят мгновенную скорость или просто скорость. Она определяется как предел средней скорости при $\Delta t \rightarrow 0$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$

- При $\Delta t \rightarrow 0$ модуль перемещения $|\Delta \vec{r}|$ стремится к соответствующей длине пути, поэтому модуль или величина скорости

$$v = |\vec{v}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

Обратное соотношение имеет вид $\Delta \vec{r} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{v}(t) dt$.

I. Механика. Кинематика

Скорость в данной точке направлена по касательной к траектории

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta s} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \frac{d\vec{r}}{ds} = v \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{|\Delta \vec{r}|} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta s} = v \vec{\tau},$$

где $\vec{\tau}$ - единичный вектор, определяющий направление касательной в данной точке траектории.

Для определения пройденного пути на конечном участке 12 траектории его необходимо разбить на отрезки

$$s_{12} \cong \Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_n = v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + \dots + v_n \Delta t_n = \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i$$

В пределе при $\Delta t_n \rightarrow 0$ получим $s_{12} = \lim_{\Delta t_n \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} v dt.$

I. Механика. Кинематика

Ускорение – быстрота изменения скорости. Среднее значение у-

скорения равно

$$\overline{a_{\text{ср}}} = \frac{\overline{\Delta v}}{\overline{\Delta t}} = \frac{\overline{v_2 - v_1}}{t_2 - t_1},$$

а мгновенное ускорение или просто ускорение

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k}$$

Обратное соотношение имеет вид

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{a}(t)dt.$$

Используя связь между \vec{r}, \vec{v} и \vec{a} , можно получить закон движения

$\vec{r} = \vec{r}(t)$ или $x(t), y(t), z(t)$. При равнопеременном движении с

постоянным ускорением a_x вдоль оси x получим:

I. Механика. Кинематика

$$v_x - v_0 = \int_0^t a_x dt = a_x t, \text{ где } v_0 \text{ — начальная скорость, а } a_x = \pm a.$$

Для координаты x получим:

$$x - x_0 = \int_0^t v_x dt = \int_0^t (v_{0x} + a_x t) dt = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} \text{ или}$$

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

Найдем путь, пройденный телом, движущимся из начала координат с постоянным ускорением a_x , если его скорость возросла от v_{1x} до v_{2x} .

Выразим t из соотношения между скоростью и ускорением

и
$$v_{2x} = v_{1x} + a_x t : t = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{a_x}$$

подставим его в выражение для перемещения вдоль оси x .

Полученная формула $2a_x s_x = v_{2x}^2 - v_{1x}^2$ полезна при решении ряда задач.