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 эксперимен-та**, в ходе которого происходит измерение **физических величин**, характери-зующих 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=$3{,}16\cdot10^{7}$ с)
10^{6}	0,864 дня
10^{3}	Свет идет от Солнца до Землигод $0{,}48\cdot10^{3}$ 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 иллюстраций и в таблице.

Время	10^{-32} с	10^{-6} с	3 мин	300 тыс	1 млрд	15 млрд
Темпер	10^{27} К	10^{13} К	10^{8} К	10 000	20 К	3 К

Краткая история развития Вселенной

Время	Температура	Состояние Вселенной
10^{-45} - 10^{-37} сек	Более 10^{26}K	Инфляционное расширение
10^{-6} сек	Более 10^{13}K	Появление кварков и электронов
10^{-5} сек	10^{12}K	Образование протонов и нейтронов
10^{-4} сек - 3 мин	10^{11} - 10^{9} K	Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития
400 тыс. лет	4000 К	Образование атомов
15 млн. лет	300 K	Продолжение расширения газового облака
1 млрд. лет	20 K	Зарождение первых звезд и галактик
3 млрд. лет	10 K	Образование тяжелых ядер при взрывах звезд
10 - 15 млрд. лет	3 K	Появление планет и разумной жизни
10^{14} лет	10^{-2} K	Прекращение процесса рождения звезд
10^{37} лет	10^{-18} K	Истощение энергии всех звезд
10^{40} лет	-20 K	Испарение черных дыр и рождение элементарных частиц
10^{100} лет	10^{-60} - 10^{-40} K	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 эффектным 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 эту температуру в 3 К. 1964 — американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вилсон открыли космический фон излучения и измерили его температуру: она оказалась равной 3 К!

ВВЕДЕНИЕ

- Достижения физики последних лет наглядно иллюстрируются следующими примерами.

Графен

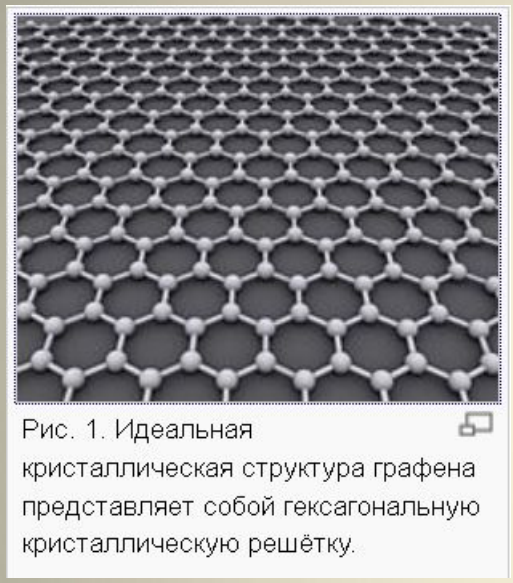


Рис. 1. Идеальная кристаллическая структура графена представляет собой гексагональную кристаллическую решётку.

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

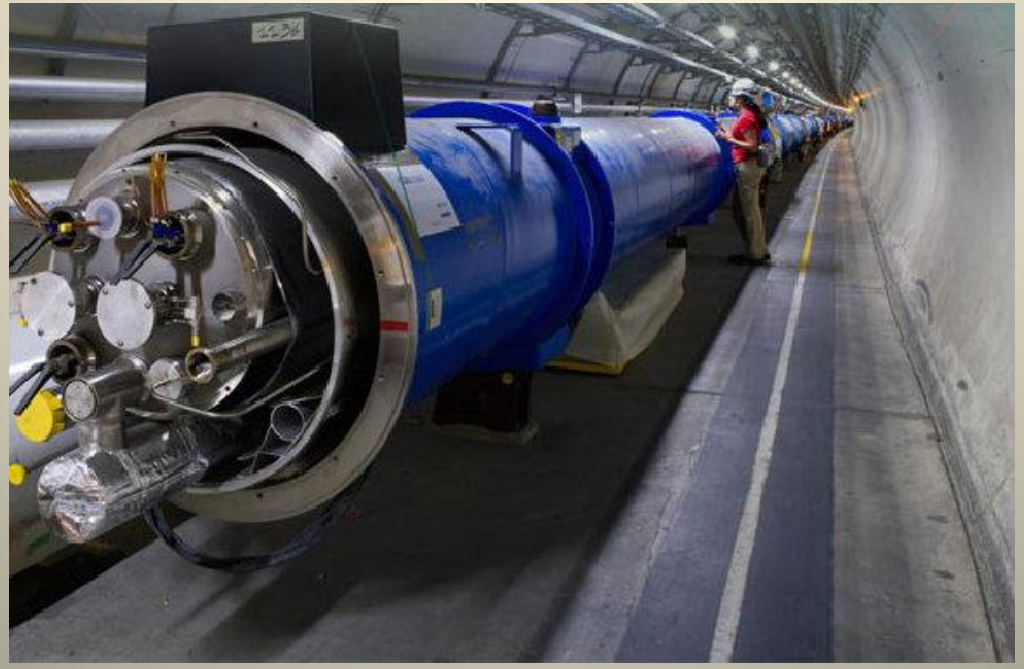
За «передовые опыты с двумерным материалом графеном» А. К. ГеймуЗа «передовые опыты с двумерным материалом графеном» А. К. Гейму и К. С. НовосёловуЗа «передовые опыты с двумерным материалом графеном» А. К. Гейму и К. С. Новосёлову была присуждена Нобелевская премияЗа «передовые

ВВЕДЕНИЕ

105 лет с момента открытия сверхпроводимости.

В 1908 году нидерландский физик и химик Хейке Камерлинг-Оннес (1853 - 1926) впервые получил гелий и достиг рекордно низкой на тот момент температуры 0.9 K. В 1911 году он впервые наблюдал резкое падение электрического сопротив-ления ртути при температуре ниже 4.1 K. Это явление получило название сверхпроводимости. Нобелевская премия по физике 1913 г.

Большой адронный коллайдер. Сверхпроводящий магнит длиной 29 км



ВВЕДЕНИЕ

Телескоп Хаббл

ВВЕДЕНИЕ

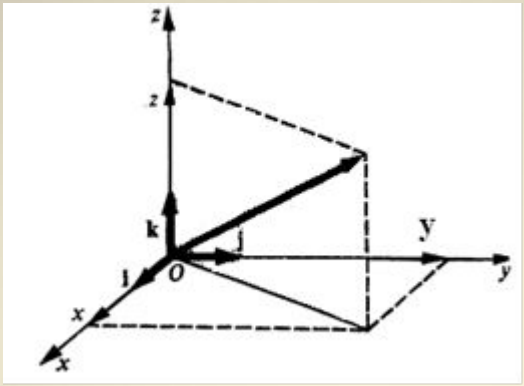
Active Galaxy M82
Hubble Space Telescope • Chandra X-Ray Observatory • Spitzer Space Telescope
NASA, ESA, CXC, and JPL-Caltech
STScI-PRC06-14c

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 $v << c$ и макроскопических размеров. Для скоростей сравнимых со скоростью света 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.

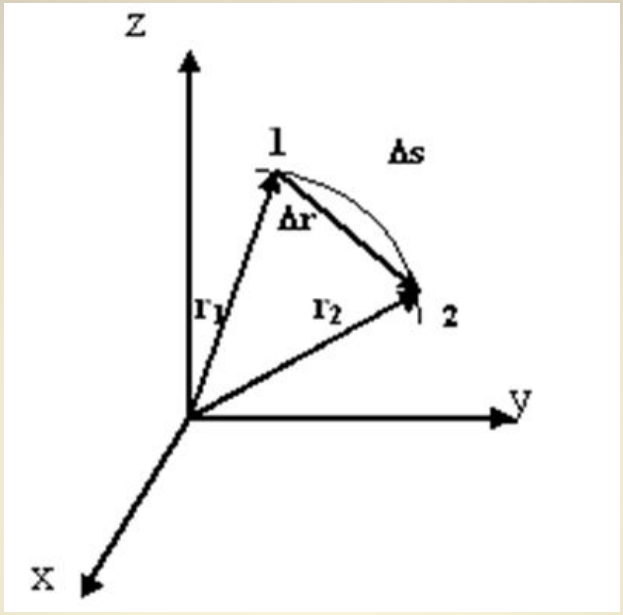
I.Механика. Кинематика

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$



- 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



Для характеристики движения вводится средняя скорость на участке 12

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

I.Механика. Кинематика

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

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

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

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

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

I.Механика. Кинематика

Скорость в данной точке направлена по касательной к траектории

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

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

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

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

I.Механика. Кинематика

Ускорение – быстрота изменения скорости. Среднее значение ускорения равно

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

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

$v_x - v_0 = \int_0^t a_x dt = a_x t$, где v_0 – начальная скорость, а $a_x = \pm a$.

Для координаты x получим:

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

I.Механика. Кинематика

- **Ускорение при криволинейном движении**
- В общем случае криволинейного движения материальной точки ускорение равно

$$\vec{a} = \frac{d}{dt}(v\vec{\tau}) = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + v\frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

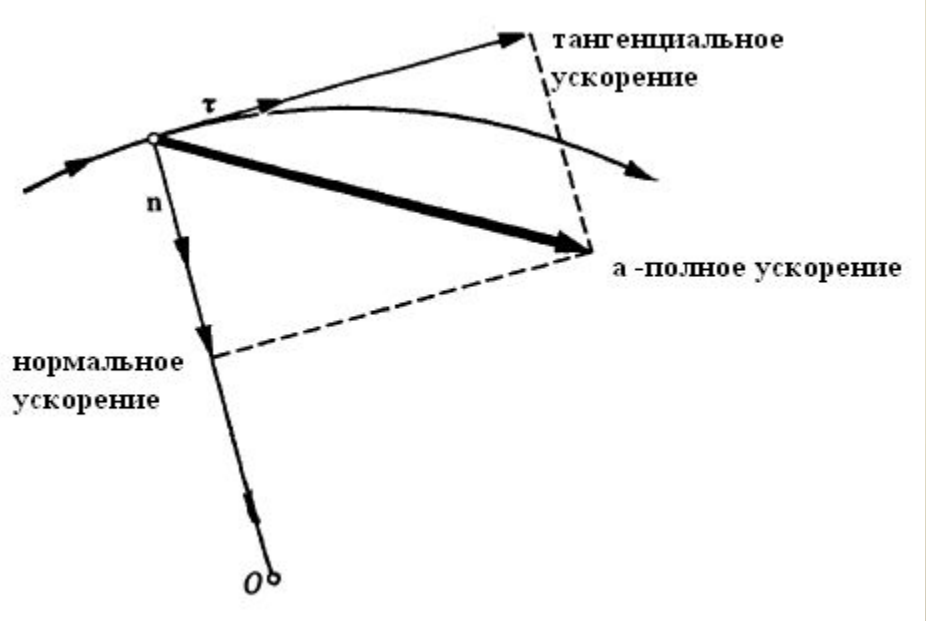
$\vec{\tau} = \vec{\tau}(s)$ - единичный вектор, поэтому $\vec{\tau}^2 = 1$. Продифференцируем это равенство $2\vec{\tau}\frac{d\vec{\tau}}{ds} = 0$. Каждый из векторов $\vec{\tau}$ и $\frac{d\vec{\tau}}{ds}$ отличен от нуля, поэтому угол между ними равен 90°, $\frac{d\vec{\tau}}{ds}$ перпендикулярен вектору $\vec{\tau}$ и направлен по нормали к касательной в данной точке.

$$\left|\frac{d\vec{\tau}}{ds}\right| = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{\Delta\tau}{\Delta s} = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{\tau\Delta\varphi}{\Delta s} = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{1\Delta\varphi}{R\,\Delta\varphi} = \frac{1}{R}$$

Модуль этого вектора равен $\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{d\vec{\tau}}{ds}\cdot\frac{ds}{dt} = \frac{d\vec{\tau}}{ds}v$, $\frac{d\vec{\tau}}{dt} = v\frac{1}{R}\vec{n}$, т.е. И где $\vec{n}$ - единичный вектор

I.Механика. Кинематика

- Окончательно, получим $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + \frac{v^2}{R}\vec{n}$. Первое слагаемое –
- $\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt}\vec{\tau}$ тангенциальное ускорение , а второе – нормальное
- ускорение $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R}\vec{n}$,



I.Механика. Кинематика

- Благодарю за внимание