

ПЛАН ПРОХОЖДЕНИЯ КУРСА ФИЗИКИ ч.1 студентами ФАВТ специальности ИВТб, ПИБ в первом семестре 2020/2021 учеб. года.

1. Предмет физики. Механическое движение. Модели в механике.
Система единиц СИ.
2. Кинематика материальной точки. Вектор перемещения.
Средняя и мгновенная скорости. Ускорение.
3. Движение точки по окружности. Тангенциальное и нормальное ускорения.
Радиус кривизны.
4. Поступательное и вращательное движения абсолютно твердого тела.
Вектора угловой скорости и углового ускорения.
5. Инерциальные системы отсчета. Понятие массы. Первый закон Ньютона.
6. Сила и импульс тела. Второй закон Ньютона.
Уравнение движения материальной точки.
7. Третий закон Ньютона. Центр масс и закон его движения.
8. Категории и виды сил в механике. Природа контактных сил. Закон Гука.
Сила трения. Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле.
Сила тяжести и вес тела.
9. Динамика вращательного движения. Основные понятия. Уравнение моментов.
10. Основной закон динамики вращательного движения.
Работа сил при вращении твердого тела.

11. Момент инерции твердого тела. Свободные оси. Расчет моментов инерции. Теорема Штейнера.
12. Закон сохранения импульса. Реактивное движение
13. Энергия, работа, мощность. Консервативные и диссипативные силы. Силовое поле. Потенциальная и кинетическая энергии. Закон сохранения механической энергии.
13. Применение законов сохранения к столкновению упругих и неупругих тел. Коэффициент восстановления.
14. Закон сохранения момента импульса. Связь законов сохранения в механике со свойствами симметрии пространства и времени.
13. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежная сила. Сила Кориолиса. Неинерциальность земных систем отсчета. Принцип эквивалентности.
13. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Закон сложения скоростей в релятивистской кинематике.
18. Понятие о релятивистской динамике. Связь между ускорением и силой. Закон взаимосвязи массы и энергии. Четырехмерный вектор энергии-импульса частицы.
19. Тепловое движение материи. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамические параметры. Равновесные состояния и процессы

20. Основные положения молекулярно-кинетической теории газов.
Их опытное обоснование.
21. Модель идеального газа. Опытные газовые законы.
Уравнение состояния идеального газа.
22. Основное уравнение кинетической теории идеального газа.
Средняя квадратичная скорость молекул.
Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры.
23. Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям.
Экспериментальная проверка распределения Максвелла.
24. Распределение молекул во внешнем потенциальном поле.
Барометрическая формула. Объединенный закон Максвелла-Больцмана.
25. Межмолекулярные взаимодействия. Эффективный диаметр молекулы.
Среднее число столкновений молекул и средняя длина свободного пробега.
Понятие вакуума.
26. Внутренняя энергия системы, способы её изменения: механическая работа и количество теплоты.
27. Первое начало термодинамики, его опытное подтверждение.
Применение первого начала к изопроцессам. Уравнение Майера.
Физический смысл универсальной газовой постоянной.
28. Адиабатный и политропный процессы. Показатели адиабаты и политропы.
Уравнение Пуассона. Работа процессов.

29. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическая вероятность и энтропия. Основные свойства энтропии.
30. Второе начало термодинамики. Статистическое истолкование второго начала. Понятие о третьем начале термодинамики.
31. Круговые процессы (циклы). Тепловые двигатели и холодильные машины. Термический коэффициент полезного действия (КПД) машин.
32. Круговые процессы. Цикл Карно. КПД цикла.
33. Явления переноса. Диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Молекулярно-кинетическое объяснение явления.
34. Явления переноса. Внутреннее трение (вязкость). Закон Ньютона. Теплопроводность. Закон Фурье. Молекулярно-кинетическое объяснение явлений.
35. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние вещества. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона.
36. Понятие фазы вещества. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Тройная точка. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Рекомендуемая учебная литература.

1. А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. Курс физики. Учеб. пособие для втузов. - М.: Высшая школа, 1999.
2. Т. И. Трофимова. Курс физики. Учеб. пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 2003.

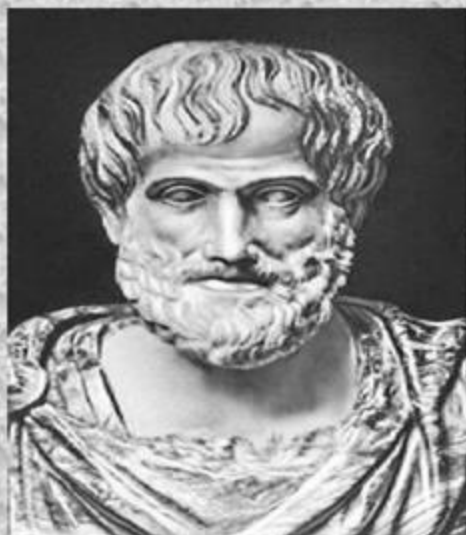
МЕХАНИКА

Ф́изика (от др.-греч. φύσις(фюзис) — природа) — область естествознания: наука о простейших и вместе с тем наиболее общих законах природы, о материи, её структуре и движении. Законы физики лежат в основе всего естествознания.

ФИЗИКА



НАУКА О
ПРИРОД
Е



Аристотель

(4 в. до н.э.) –

ввел понятие

«физика»

(по гречески «фюзис»-природа)

**Задача физики –
открывать и
изучать законы,
связывающие
различные
физические
явления,
происходящие в
природе**



Ломоносов М.В.

(1711- 1765 г.г.)

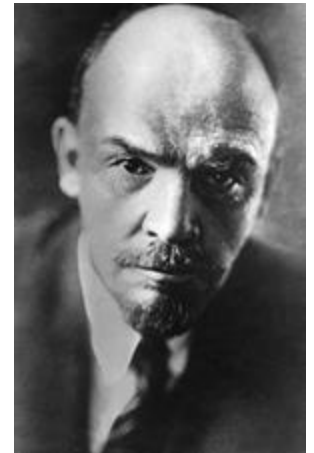
издал первый в России
учебник физики и ввел
слово «физика» в
русский язык

материя

То, что объединяет всё многообразие окружающего нас мира, всё существующее вне нас и внутри нас называется материей.

Определение, лежащее в основе марксистских формулировок термина, дал В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокритицизм» (1909 год):

материя — «...философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них».



Владимир Ильич
Ульянов – Ленин
(1870-1924)

Материя – это всё то, что обладает массой и энергией.

Материя существует объективно, т. е. независимо от нашего сознания или ощущения, тем более от чьей либо воли и желания.

Материя копируется, отображается нашими ощущениями – т. е. она познаваема.

История развития всех естественных наук (физики, химии, астрономии, биологии, геологии и др.) неопровержимо доказывает материальность мира, объективность и познаваемость его законов развития.

Вещество и поле.

В настоящее время признано существование двух видов материи – вещества и поля.

Вещество — форма материи, обладающая массой покоя. Вещество состоит из частиц, среди которых чаще всего встречаются электроны, протоны и нейтроны. Последние два образуют атомные ядра, а все вместе — атомы, из которых состоят молекулы, кристаллы и т. д.

Известны 4 фазы вещества: твердое, жидкое, газообразное и плазменное.

Полевая форма материи заполняет промежутки между вещественными образованиями, между телами и атомами, а также находится внутри тел и атомов, через поля передается взаимодействие тел.

Существует всего 4 вида взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное.

В 60 – 70 годах XX века установлено, что оба вида материи состоят из небольшого числа элементарных или фундаментальных частиц, которые способны взаимопревращаться и одновременно обладать и корпускулярными и волновыми свойствами согласно корпускулярно-волнового дуализма материи.

Этими частицами являются:

6 лептонов – электроны, мюоны, таоны ,
электронное нейтрино, мюонное нейтрино ,
таонное нейтрино и их античастицы;

6 кварков – верхний, нижний, очарованный,
странный, истинный и прелестный;

переносчики взаимодействий – гравитоны,
фотоны, пионы, промежуточные бозоны.

Понятие движения.

Материя вечна, она всегда была, есть и будет, материя несотворима и неуничтожима. Неотъемлемым свойством материи является её непрерывное изменение, переход из одного вида в другой.

Любое изменение материи называется движением.

Движение материи так же как материя несотворимо и неуничтожимо.

Физика – одна из наук о природе, наука о строении материи, о наиболее простых и о наиболее общих формах движениях материи и их взаимных превращениях.

Кроме физических видов движения (механическое, тепловое, электромагнитное, ядерное) различают химическое, биологическое, социальное виды движений.

Фундаментальные
взаимодействия

Гравитационное

Электромагнитное

Сильное

Слабое

Пространственно-
временная протяженность
масса покоя

Вещество

Пространственно-
временная протяженность
отсутствие массы покоя

Поле

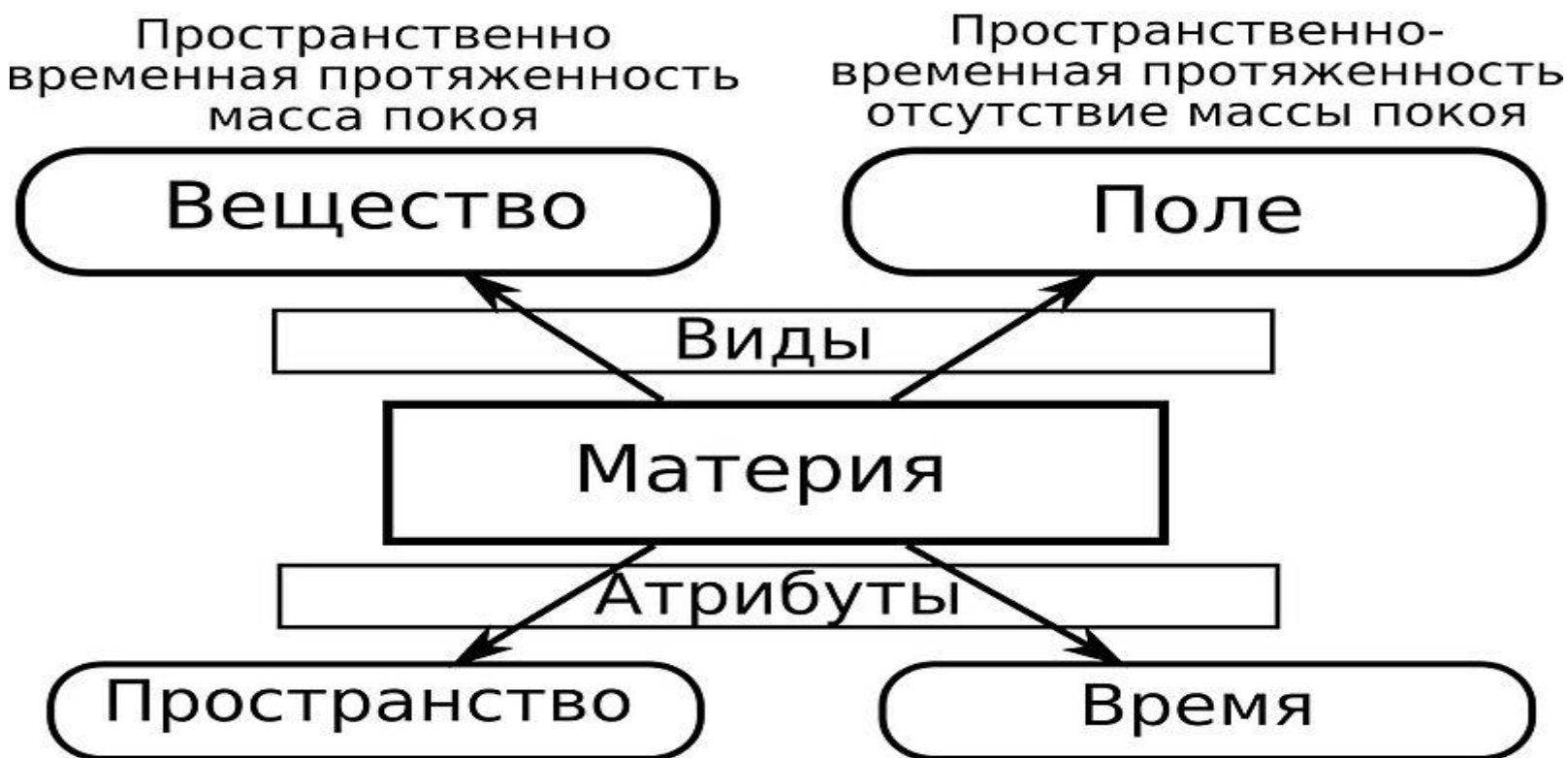
Виды

Материя

Атрибуты

Пространство

Время



Пространство и время.

Материя существует и непрерывно изменяется или движется в пространстве и во времени.

Понятие пространства связано с порядком сосуществования, с порядком взаимного расположения и протяженностью отдельных объектов окружающего мира.

Понятие времени охватывает порядок смены и продолжительность отдельных явлений мира.

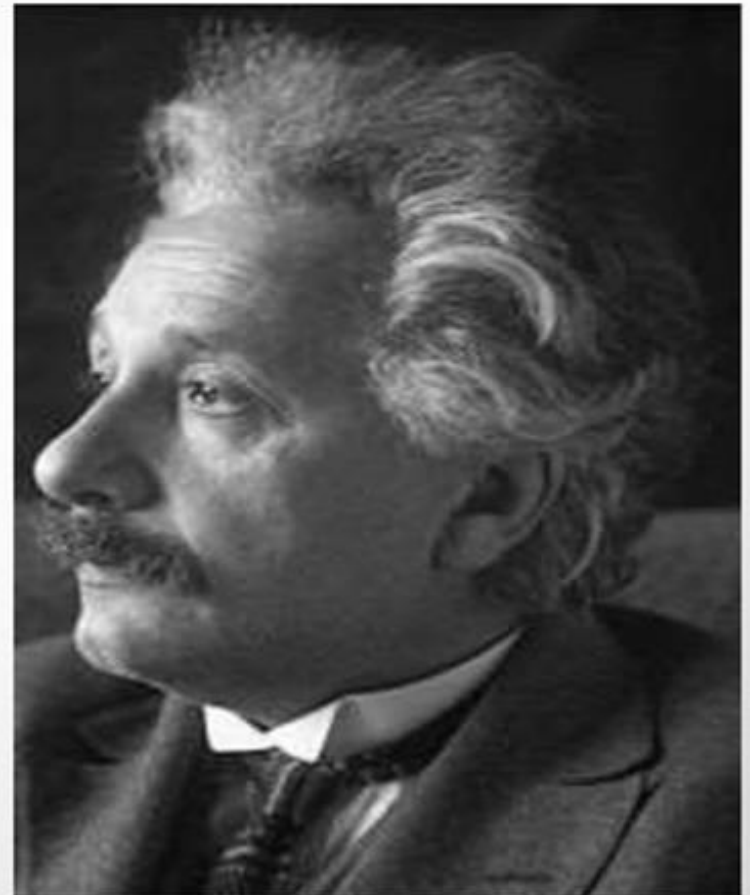
Пространство и время – основные понятия всех разделов физики и других дисциплин. Они обеспечивают отождествление и различие отдельных фрагментов материальной действительности, способствуют построению общей (физической) картины мира.

Материя, движение, пространство и время нельзя
отделить друг от друга, эти понятия тесно взаимосвязаны.

СВЯЗЬ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ С МАТЕРИЕЙ

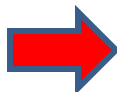
**«Прежде считали, что
если все материальные
тела исчезнут из
Вселенной, время и
пространство
сохранятся. Согласно
же теории
относительности,
время и пространство
исчезнут вместе с
телами».**

А.Эйнштейн



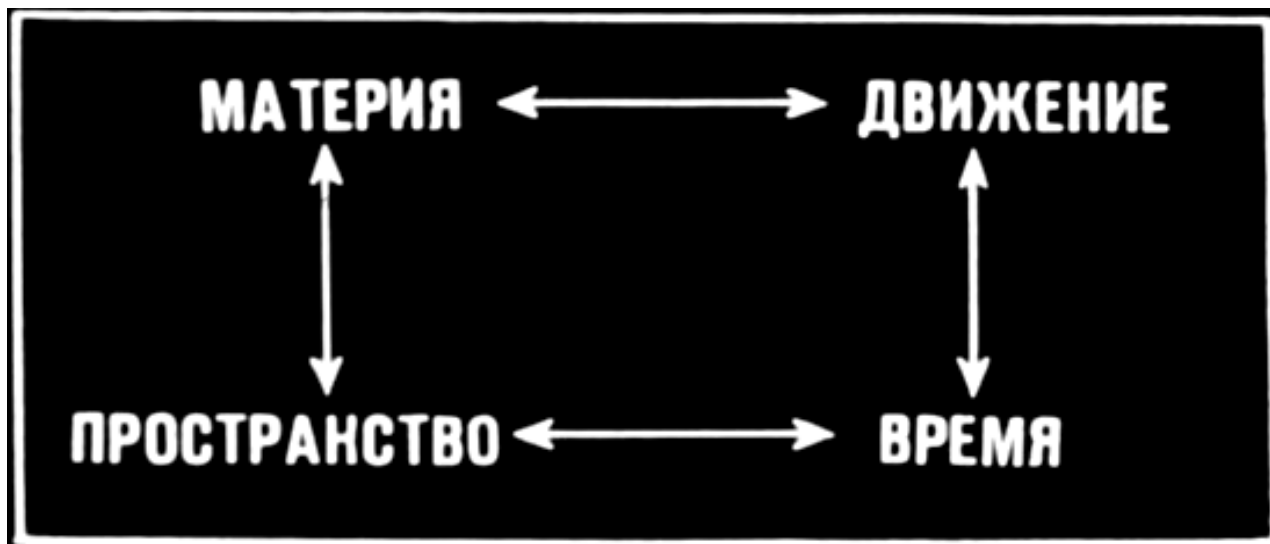
Материя

Движение
Пространство
Время



Система отсчета

Тело отсчета
Система координат
Часы



Уже в простейшей формуле $V = \frac{S}{t}$ обнаруживается взаимосвязь материи, движения, пространства и времени, поскольку V —это скорость движения материального тела (движение материи), S —расстояние (пространство), а t —это время.

Физика- наука о природе



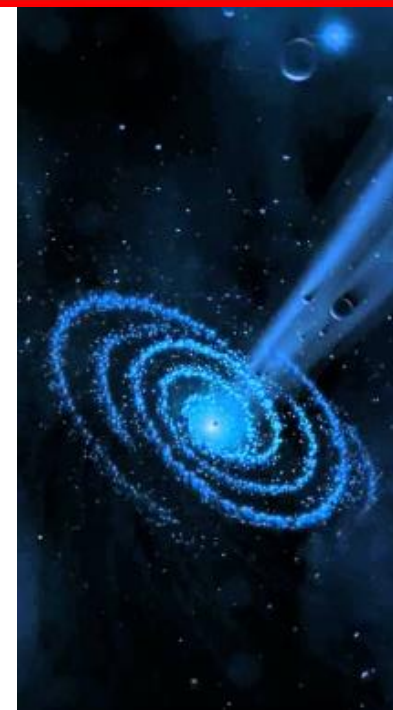
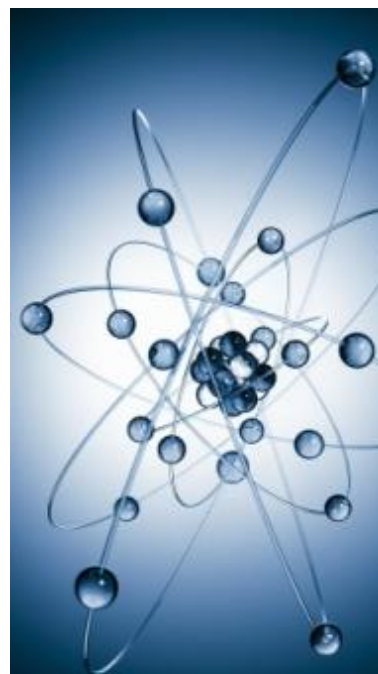
Синее небо



Идет дождь



Летают птицы



Физика - философия

Физика, как и другие науки, выделилась из философии.

Крупные открытия и законы физики были связаны с борьбой материализма и идеализма:

- закон сохранения и превращения энергии;
- второе начало термодинамики;
- корпускулярно-волновой дуализм материи;
- соотношение неопределенностей Гейзенберга;
- принцип причинности в микромире;
- статистический характер закономерностей в микромире.

Вся история физики является блестящим подтверждением основных положений диалектического материализма.

- физика формирует подлинно научное мировоззрение.

Связь физики с другими науками

физика как наука выросла из потребностей техники

физика – база развития новых отраслей



Знание основ физики необходимо для освоения специальных дисциплин



Изучаемые физикой формы движения материи (механическая, тепловая и др.) присутствуют во всех высших и более сложных формах движения материи (химических, биологических и др.). Более сложные формы движения включают в себя более простые, но не сводятся к их простой сумме, а подчиняются другим закономерностям (механическое – тепловое движения).

Высшие и более сложные формы движения материи – предмет изучения других наук (химии, биологии и др.).

Физику иногда называют «фундаментальной наукой», поскольку другие естественные науки описывают только некоторый класс материальных систем, подчиняющихся законам физики. Например, химия изучает атомы, образованные из них вещества и превращения одного вещества в другое. Химические же свойства вещества однозначно определяются физическими свойствами атомов и молекул, описываемыми в таких разделах физики, как термодинамика, электромагнетизм и квантовая физика.

Физика и биология.

Революцию в биологии обычно связывают с возникновением молекулярной биологии и генетики, изучающих жизненные процессы на молекулярном уровне. Основные средства и методы, используемые молекулярной биологией для обнаружения, выделения и изучения своих объектов (электронные и протонные микроскопы, рентгеноструктурный анализ, электронография, меченые атомы, ультрацентрифуги и т. п.), **заимствованы у физики.**

Электронный микроскоп на несколько порядков повысил возможности различения деталей объектов, позволив наблюдать отдельные молекулы. С помощью рентгеноструктурного анализа изучаются не только кристаллы, но и сложнейшие биологические структуры. Подлинным его триумфом явилось установление структуры молекул ДНК, входящих в состав хромосом клеточных ядер всех живых организмов и являющихся носителями наследственного кода. Революция в биологии была бы невозможна без физики.

Физика и астрономия.

На протяжении тысячелетий астрономы получали только ту информацию о небесных явлениях, которую им приносил свет. Можно сказать, что они изучали эти явления через узенькую щель в обширном спектре электромагнитных излучений. В последней четверти XX века благодаря развитию радиофизики возникла радиоастрономия, необычайно расширившая наши представления о Вселенной.

Огромный поток научной информации приносят из космоса другие виды электромагнитного излучения, которые не достигают поверхности Земли, поглощаясь в ее атмосфере. С выходом человека в космическое пространство родились новые разделы астрономии: ультрафиолетовая и инфракрасная астрономия, рентгеновская и гамма-астрономия. Объем научной информации, полученной астрономами за последние десятилетия, намного превысил объем информации, добытой за всю прошлую историю астрономии. Используемые при этом методы исследования и регистрирующая аппаратура заимствуются из арсенала современной физики; древняя астрономия превращается бурно развивающуюся астрофизику.

Сейчас создаются основы нейтринной астрономии, которая будет доставлять ученым сведения о процессах, происходящих в недрах космических тел, например в глубинах нашего Солнца. Создание нейтринной астрономии стало возможным только благодаря успехам физики атомных ядер и элементарных частиц.

Астрономия – старше физики. Но как наука астрономия встала на ноги только тогда, когда физики смогли объяснить, почему планеты и звезды движутся именно так, а не иначе. Самым поразительным открытием астрономии был тот факт, что звезды состоят из тех же атомов, что и Земля. Доказано это было физиками-спектроскопистами. Откуда звезды черпают свою энергию? Ясно это стало только к 1940 г., после открытия физиками реакции деления и термоядерного синтеза. Астрономия столь близка к физике, что трудно провести грань между ними.



Физика и информатика

Физика вносит решающий вклад в создание современной вычислительной техники, представляющей собой материальную базу информатики. Все поколения электронных вычислительных машин (на вакуумных лампах, полупроводниках и интегральных схемах), созданные до наших дней, родилась в современных физических лабораториях. Современная физика открывает новейшие перспективы для дальнейшей миниатюризации, роста быстродействия и надежности вычислительных машин. Применение лазеров и развивающейся на их базе голографии таит в себе большие резервы для совершенствования вычислительной техники.

В будущем электронно-вычислительная техника объединится не только со средствами связи, различными технологическими процессами, но и с биологическими организмами. Станет возможным создание искусственных имплантантов, человеко-машинных киборгов, разумных роботов-андроидов. К 2050 году ЭВМ достигнет мощности человеческого мозга.

Для физики актуально физико-компьютерное моделирование.

Физика позволяет создавать приборы и вырабатывать методы исследования, необходимые для успешного развития всех естественных и прикладных наук. Трудно переоценить значение, которое имели, например, микроскоп в развитии биологии, телескоп — в астрономии, спектральный анализ — в химии, рентгеновский анализ — в медицине и т. п. Все естественные и прикладные науки широко и плодотворно применяют теперь метод меченых атомов, электронную аппаратуру и другие физические приборы и методы исследования. Почти все эти науки имеют сейчас специальные физические разделы: астрофизика — в астрономии, физическая химия — в химии, биофизика — в биологии, агрофизика — в агрономии, электрофизика — в электротехнике; металлофизика — в металловедении и т. д. Можно поэтому утверждать, что физика является фундаментом, на котором строятся все естественные и прикладные науки.

Физика и математика

Роль математики в физике сложно переоценить. Известна цитата Галилео Галилея «Математика — это язык, на котором написана книга Природы».

Математика как наука сформировалась первой, но по мере развития физических знаний математические методы находили всё большее применение в физических исследованиях.

Математика — логически замкнутая дисциплина, она замкнута сама в себе, может развиваться в отрыве от действительности, требуется логическая непротиворечивость её понятий и аксиом.

В физике с помощью математического аппарата анализируются сложные закономерности в физических явлениях. Всякое теоретическое исследование реальных объектов, выполненное строго математически, не может считаться физически строгим до его экспериментальной проверки в пределах точности измерений.

Физические законы всегда формулируются в виде математических выражений, причём используются более сложные разделы математики, чем обычно в других науках. И наоборот, развитие многих областей математики стимулировалось потребностями физических теорий.

Только с помощью математического аппарата можно разобраться и проанализировать сложные закономерности в физических явлениях.

После построения идеальной модели физического явления можно производить все дальнейшие расчеты математически абсолютно точно. Однако эти расчеты могут быть очень громоздкими (даже возможно неосуществимыми из-за сложности).

Физические измерения всегда производятся с ограниченной точностью – поэтому нужно переходить к приближенным методам расчета. При этом однако величины могут потерять физический смысл, если к их измерениям предъявить требования высокой точности (линейный размер не может быть меньше радиуса атома).

Физика и техника.

Физика тесно взаимосвязана с техникой.

Физика возникла из экономических потребностей общества, техника определяет направления физических исследований:

- развитие механики у древних греков вызвано запросами строительной и военной техники;
- бурное развитие термодинамики вызвано необходимостью создания наиболее экономичных тепловых двигателей;
- создание теории намагничивания вызвано потребностью построения промышленных электрических генераторов;
- исследования полупроводников вызвано необходимостью усовершенствования техники связи и быстрогодействия электронно-вычислительных машин;
- исследования в атомной и ядерной физике вызвано необходимостью использования внутриатомной энергии в энергетике и военном деле и т. д.

С другой стороны от развития физики зависит технический уровень производства , на базе физики создаются новые отрасли техники: ядерная энергетика, лазерная техника, техника полупроводников, космическая техника.

Техника оказывает огромное влияние на совершенствование экспериментальных методов физических исследований. Современная техника дает такие приборы и установки, как лазеры, ЭВМ, ускорители заряженных частиц , коллайдеры, космические станции, масс-спектрометры и т. д.

Между открытием нового физического явления и его практического использования в технике проходит некоторое время – это время внедрения постоянно сокращается.

В прошлом оно составляло несколько десятилетий.

XX век: 1939 г. – открыта цепная реакция деления урана при бомбардировке нейтронов,

1954 г. – в Советском Союзе пущена в эксплуатацию первая АЭС - т. е. всего через 15 лет.

Роль и задачи курса физики в вузах.

1. Изучение физики имеет большое значение для **выработки научного мировоззрения**, которое объясняет явления, происходящие в природе и технике, которое необходимо для Вашей успешной будущей деятельности.
2. Физика является **базовой дисциплиной** для большого числа общепромышленных и специализирующих дисциплин (сопромат, электротехника, теплотехника и другие технические курсы).
Физика – это фундамент для теоретической подготовки студентов в техническом вузе.
3. Современное производство постоянно обновляется на основе открытий новых физических явлений. **Выпускник вуза должен овладеть физическими методами исследования в такой степени, чтобы применять их на производстве поддерживать его на высоком техническом уровне.**

Метод познания природы.

Физика – наука экспериментальная.

Физика изучается как посредством наблюдения явлений, происходящих в природе в естественном виде, так и при постановке специальных лабораторных экспериментов.

■ Наблюдения



При наблюдении физических явлений устанавливаются определенные связи между характеристиками явления. Для уточнения связи ставится опыт.

Опыт (эксперимент) – основной метод исследования в физике,
- это наблюдение исследуемого явления в точно контролируемых условиях, которые позволяют следить за ходом явления и воссоздавать его при повторении этих условий.

В ходе опытов изучаемая связь устанавливается четко и ясно.

Для объяснения экспериментальных фактов выдвигаются гипотезы.

Гипотеза – это научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления и требующее дополнительной проверки на опыте и теоретического (математического) обоснования для того, чтобы стать научной теорией или законом.

Гипотезы дополнительно проверяются экспериментально в измененных условиях, проверяются согласие следствий, вытекающих из гипотез, с результатами опытов и наблюдений.

После тщательной проверки гипотез устанавливаются физические законы.

Физические законы – устойчивые повторяющиеся объективные закономерности, существующие в природе.

Совокупность физических законов составляют физическую теорию.

Физическая теория дает объяснение целой области явлений природы с единой точки зрения, она представляет собой систему основных идей, обобщающих опытные данные и отражающих объективные закономерности природы.

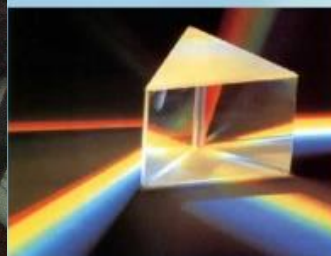
Итог: опыт и практика являются не только источником знаний, но и критерием истинности теории.

Все физические законы проходят такой путь установления.



Практические и лабораторные работы

Опыт, наблюдение



Эксперимент



Решение трудных задач



Учёные - физики



Галилео Галилей



И.Ньютон



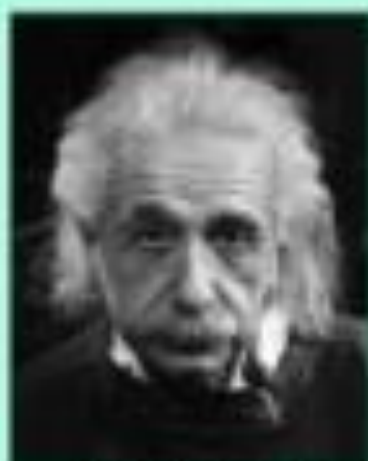
Д.Джоуль



Э.Резерфорд



Д.Максвелл



А.Эйнштейн



И.Курчатов



С.П.Королев

1. Предмет физики. Механическое движение. Модели в механике. Система единиц СИ

Физика – наука о наиболее простых и о наиболее общих формах движения материи

Физика – наука о природе и не только...



Аристотель



Галилей



Ньютон



Эйнштейн

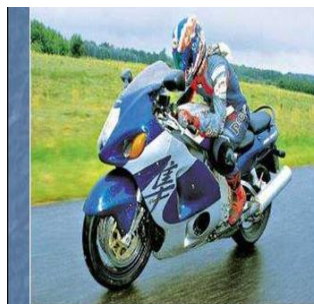
Механическое движение.

Простейшей формой движение материи и наиболее часто встречающейся формой является механическое движение.

Механическое движение — это изменение взаимного расположения тел или их частей в пространстве с течением времени.



Примеры механического движения

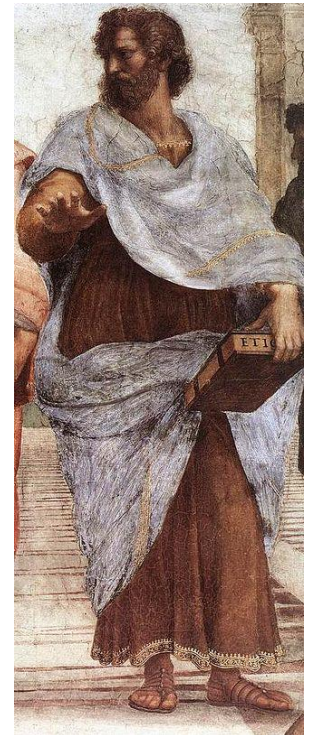


МЕХАНИКА

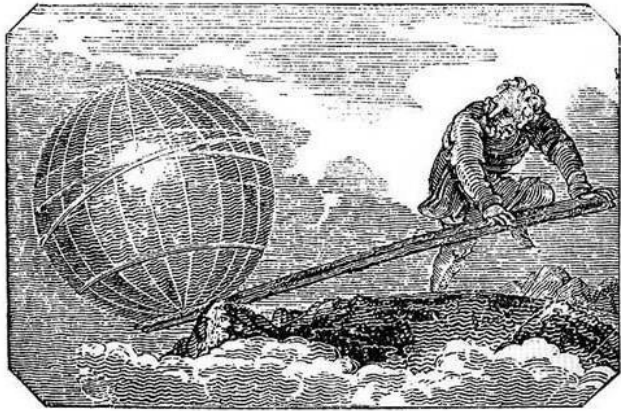
Часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение, называется механикой.

Первые дошедшие до наших дней рукописи и научные сообщения в области механики принадлежат **античным ученым Египта и Греции**. В первую очередь здесь нужно назвать сочинения выдающегося философа древней Греции Аристотеля (384—322 гг. до нашей эры), который ввел в научную терминологию название **механика**.

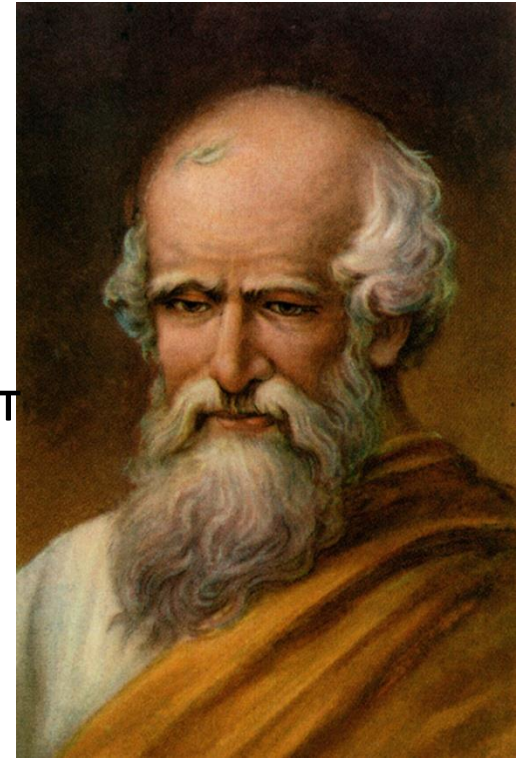
К **правильным** догадкам Аристотеля относится содержание теоремы о сложении скоростей и утверждение, что воздух имеет вес.



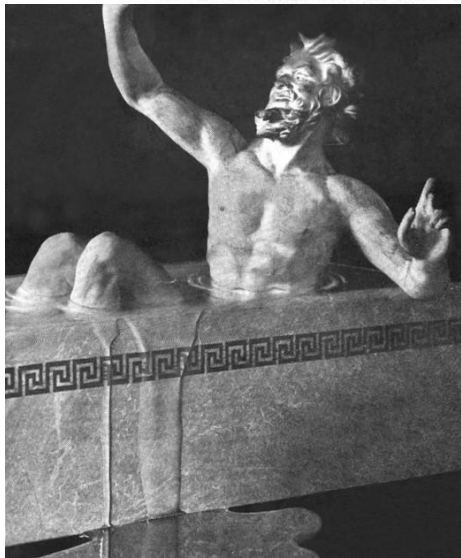
Механика как наука начинает развиваться с III века до наших дней, когда древнегреческий ученый Архимед сформулировал закон равновесия рычага и закон равновесия плавающих тел.



Архимед переворачивает планету Земля
“Дайте мне точку опоры и я переверну мир”



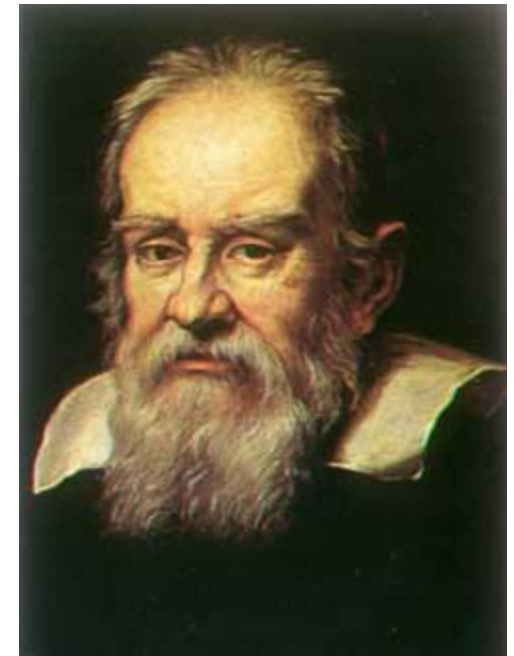
Архимед (287-212 до н.э.) – великий древнегреческий ученый, физик и изобретатель.



Архимед выскочил голый на улицу с криком «Эврика!» (др.-греч. εὕρηκα), то есть «Нашёл!». В этот момент был открыт основной закон гидростатики – закон Архимеда.

Основной закон механики установлен в XVII веке итальянским физиком и астрономом Г. Галилеем.

Галилей сформулировал закон инерции, который стал основополагающей аксиомой механики. Еще одним открытием стало обоснование принципа относительности для классической механики, а также расчет формулы колебания маятников

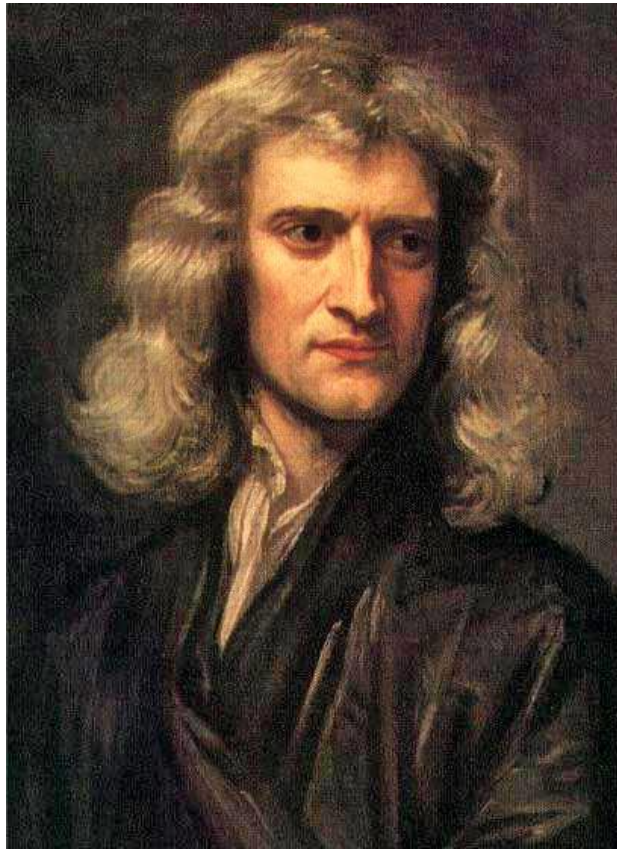


Галилéo Галилэй
(1564-1642)

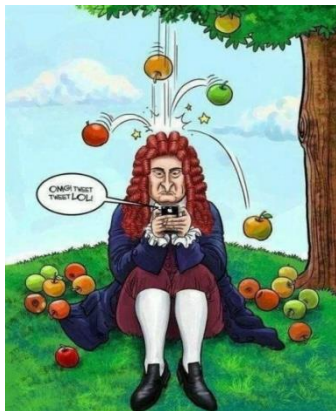


Галилео Галилей, родившийся в Пизе, использовал башню для своих опытов.

То, что Галилей якобы сказал знаменитую фразу «А все-таки она вертится!» (Eppur si muove!) сразу после своего отречения – всего лишь красивая легенда.



Исаак Ньютон (1643 — 1727)



Основные законы механики были окончательно сформулированы английским ученым **И. Ньютоном** в 1687 г. в труде “**Математические начала натуральной философии**”.

Основные достижения Ньютона

Ньютон — основатель механики, важного раздела физики.

Открыл закон всемирного тяготения.

Разложил солнечный свет на спектр и обратно.

Стал автором популярной корпускулярной теории света.

Открыл «кольца Ньютона», изучая интерференцию света.

Объяснил с научной точки зрения движение Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца.

В настоящее время известно 3 вида механики, они не противоречат друг другу, а одна механика переходит в другую в предельных случаях.

Классическая (ньютоновская) **механика** — изучает движение макроскопических тел со скоростями, которые малы по сравнению со скоростью света в вакууме.

Релятивистская механика — механика, основанная на специальной теории относительности, изучает движение макроскопических тел со скоростями, сравнимых со скоростью света в вакууме.

Квантовая механика - изучает движение микрочастиц, сравнимых с электронами и атомами.

В мире микромира физики столкнулись с качественно новыми явлениями, которые не допускают наглядного моделирования процесса. По словам академика Л.Д. Ландау "Физик способен понять то, что он не может себе представить".

Разделы классической механики.

Классическая механика состоит из трех разделов: кинематики, динамики и статики.

Кинематика — изучает движение тел, не рассматривая причины, которые это движение вызывают и обеспечивают.

Динамика — изучает причины, вызывающие механическое движение, изучает влияние взаимодействия между телами на их движение.

Статика — рассматривает законы сложения сил и условия равновесия тел.

В курсе общей физики законы статики отдельно не рассматриваются, так как законы равновесия вытекают из законов движения тел.

Основная задача механики.

Совокупность материальных тел, которые взаимодействуют между собой, и которые играют существенную роль в рассматриваемом механическом явлении, называется механической системой.

Основная задача механики заключается в том, что зная состояние механической системы в начальный момент времени, а также зная взаимодействие тел и законы, управляющие движением, определить состояние системы в любой последующий момент времени.

Модели в механике.

Любое физическое явление – это сложный процесс, при его изучении всегда стараются выделить главные связи и закономерности и не учитывать второстепенные.

В механике не рассматривают внутреннее строение тел и физическую природу взаимодействия между частями этих тел, даже если они определяют механические свойства объекта.

При изучении явлений обычно пользуются моделями рассматриваемого явления.

Модели или абстракции наблюдаемого явления отображают только существенную сторону действительного процесса. Их применение ограничено и зависит от условий, при которых рассматривается изучаемое явление.

Простейшими моделями в механике являются **материальная точка и абсолютно твердое тело.**

Материальная точка – это тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

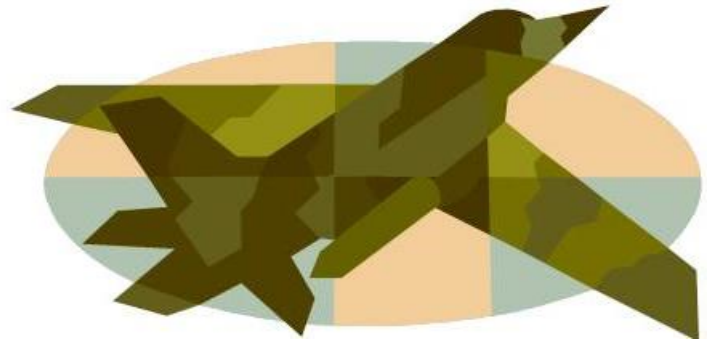
Понятие “материальная точка” зависит не от размеров тела, а от условий задачи.

1. Машина заезжает в гараж - здесь машина не является материальной точкой.
2. Эта же машина преодолевает расстояние в 60 км - здесь машина является материальной точкой



Система материальных точек – это любое тело или система тел мысленно разбитая на малые взаимодействующие между собой части, каждая из которых рассматривается как материальная точка в объеме всей системы.

Абсолютно твердое тело - это тело, деформацией которого в условиях данной задачи можно пренебречь - это система материальных точек, жестко связанных между собой.



Абсолютно упругое тело — тело, деформации которого подчиняются закону Гука, после прекращения внешнего воздействия тело полностью восстанавливает первоначальные размеры и форму.

Абсолютно неупругое тело — тело, которое после прекращения внешнего воздействия полностью сохраняет деформированное состояние, вызванное этим воздействием.

Среда называется **сплошной**, если при рассмотрении физического явления не учитывается дискретное (молекулярное) строение среды, она рассматривается непрерывно распределенная в пространстве и обладающая упругими свойствами.

Физика – наука точная, где характеристики объекта или явления имеют количественное значение.

Свойства тел и характеристики объекта измеряются **физическими величинами**, которые определяются посредством измерений.

Физические величины бывают двух видов – скалярные и векторные.

Скалярные величины имеют только численное значение (модуль) – масса m , время t , площадь S , температура T и т. д.

Векторные величины кроме модуля имеют направление в пространстве – скорость \vec{v} , сила \vec{F} , импульс \vec{p} , плотность тока \vec{j} и т. д.

Система единиц СИ.

Международная система единиц СИ (система интернациональная) принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам.

ВЕЛИЧИНА

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
				РУССКОЕ	МЕЖДУНАРОДНОЕ
ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ДЛИНА	<i>l</i>	-	Метр	м	m
МАССА	<i>m</i>	-	Килограмм	кг	kg
ВРЕМЯ	<i>t</i>	-	Секунда	с	S
СИЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	<i>I</i>	-	Ампер	А	A
ТЕРМО- ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	<i>T</i>	-	Кельвин	К	K
КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА	<i>n</i>	-	Моль	моль	mol
СИЛА СВЕТА	<i>I</i>	-	Кандела	кД	cd

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

ПЛОСКИЙ УГОЛ	α, φ	-	Радан	рад	rad
ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ	Ω, ω	-	Стерadian	ср	sr

Наименование

Русское обозначение

Международное обозначение

Множитель

экса

Э

E

10^{18}

пета

П

P

10^{15}

тера

Т

T

10^{12}

гига

Г

G

10^9

мега

М

M

10^6

кило

к

k

10^3

гекто

г

h

10^2

дека

да

da

10^1

деци

д

d

10^{-1}

санти

с

c

10^{-2}

милли

м

m

10^{-3}

микро

мк

μ

10^{-6}

нано

н

n

10^{-9}

пикто

п

p

10^{-12}

фемто

ф

f

10^{-15}

атто

а

a

10^{-18}

ВЕЛИЧИНА			ЕДИНИЦА		СООТНОШЕНИЯ ДРУГИХ ЕДИНИЦ С ЕДИНИЦАМИ СИ. ЕДИНИЦЫ, ОБОЗНАЧЕНИЯ КОТОРЫХ ПОМЕЩЕНЫ В РАМКЕ, ПОДЛЕЖАТ ИЗЪЯТИЮ
НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
				РУССКОЕ	

ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ

ПЛОЩАДЬ	S	$S=lb$	КВАДРАТНЫЙ МЕТР	m^2	m^2	1 ГА (ГЕКТАР) = $10^4 m^2$
ОБЪЕМ, ВМЕСТИМОСТЬ	V	$V=lbh$	КУБИЧЕСКИЙ МЕТР	m^3	m^3	1 Л (ЛИТР) = $10^{-3} m^3$
ЧАСТОТА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	f	$f = \frac{1}{T}$	ГЕРЦ	$Гц$	Hz	
ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	n	$n = \frac{\omega}{2\pi}$	СЕКУНДА В МИНУС ПЕРВОЙ СТЕПЕНИ	s^{-1}	s^{-1}	$1[об/с] = 1C^{-1}$; $1[об/мин] = \frac{1}{60} C^{-1}$
СКОРОСТЬ	u	$u = \frac{s}{t}$	МЕТР В СЕКУНДУ	m/c	m/s	$1 км/ч \approx 0,278 м/с$
УСКОРЕНИЕ	a	$a = \frac{u}{t}$	МЕТР НА СЕКУНДУ В КВАДРАТЕ	m/c^2	m/s^2	$1 \frac{cm}{c^2} = 1 \cdot 10^{-4} \frac{m}{c^2}$
УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ	ω	$\omega = \frac{l}{t}$	РАДИАН В СЕКУНДУ	$рад/с$	rad/s	$1[об/с] = 2\pi рад/с$; $1[об/мин] = \frac{\pi}{30} рад/с$
ПЛОТНОСТЬ	ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	КИЛОГРАММ НА КУБИЧ. МЕТР	$кг/м^3$	kg/m^3	$1г/см^3 = 1кг/дм^3 = 1т/м^3 = 10^3 кг/м^3$
КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ (ИМПУЛЬС)	p	$p=mu$	КИЛОГРАММ-МЕТР В СЕКУНДУ	$кг \cdot м/с$	$kg \cdot m/s$	$1г \cdot см/с = 10^{-3} кг \cdot м/с$
СИЛА, ВЕС	F, G	$F=ma$	НЬЮТОН	H	N	$1 дин = 10^{-5} H$; $1 кгс \approx 9,81H$
ИМПУЛЬС СИЛЫ	i	$i=Fi$	НЬЮТОН-СЕКУНДА	$H \cdot c$	$N \cdot s$	$1 дин \cdot c = 10^{-5} H \cdot c$; $1 кгс \cdot c \approx 9,81H$
МОМЕНТ СИЛЫ	M	$M=Fr$	НЬЮТОН-МЕТР	$H \cdot м$	$N \cdot m$	$1 дин \cdot см = 10^{-7} H \cdot м$; $1 кгс \cdot м \approx 9,81H$
ДАВЛЕНИЕ	P	$P = \frac{F}{S}$	ПАСКАЛЬ	$Па$	Pa	$1 атм = 1,01 \cdot 10^5 Па$; $1 мм рт.ст. \approx 133,3 Па$ $1 ат = 1 кгс/см^2 = 9,81 \cdot 10^4 Па$; $1 мм вод.ст. \approx 9,81 Па$
РАБОТА, ЭНЕРГИЯ	A, W	$A = FS \cos \alpha$ $A = W$	ДЖОУЛЬ	$Дж$	J	$1 эрг = 10^{-7} Дж$; $1 кгс \cdot м \approx 9,81 Дж$; $1 эВ = 1,6 \cdot 10^{-19} Дж$
МОЩНОСТЬ	P	$P = \frac{A}{t}$	ВАТТ	$Вт$	W	$1 эрг/с = 10^{-7} Вт$; $1 кгс \cdot м/с \approx 9,81 Вт$; $1 л.с. = 735,5 Вт$

Правила написания обозначений единиц

Обозначения единиц печатают прямым шрифтом, точку как знак сокращения после обозначения не ставят.

Обозначения помещают за числовыми значениями величин через пробел, перенос на другую строку не допускается. Исключения составляют обозначения в виде знака над строкой, перед ними пробел не ставится. Примеры: 10 м/с, 15°.

Если числовое значение представляет собой дробь с косой чертой, его заключают в скобки, например: (1/60) с⁻¹.

При указании значений величин с предельными отклонениями их заключают в скобки или проставляют обозначение единицы за числовым значением величины и за её предельным отклонением: (100,0 ± 0,1) кг, 50 г ± 1 г.

Обозначения единиц, входящие в произведение, отделяют точками на средней линии (Н·м, Па·с), не допускается использовать для этой цели символ «х». В машинописных текстах допускается точку не поднимать или разделять обозначения пробелами, если это не может вызвать недоразумения.

В качестве знака деления в обозначениях можно использовать горизонтальную черту или косую черту (только одну). При применении косой черты, если в знаменателе стоит произведение единиц, его заключают в скобки. Правильно: Вт/(м·К), неправильно: Вт/м/К, Вт/м·К.

Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведённых в степени (положительные и отрицательные): Вт·м⁻²·К⁻¹, А·м². При использовании отрицательных степеней не разрешается использовать горизонтальную или косую черту (знак деления).

Допускается применять сочетания специальных знаков с буквенными обозначениями, например: °/с (градус в секунду).

Не допускается комбинировать обозначения и полные наименования единиц. Неправильно: км/час, правильно: км/ч.

Обозначения единиц, произошедшие от фамилий, пишутся с заглавной буквы, в том числе с приставками СИ, например: ампер — А, мегапаскаль — МПа, килоньютон — кН, гигагерц — ГГц.

Метр — единица длины, равная расстоянию, проходимому в вакууме плоской электромагнитной волной за интервал времени $1/299\,792\,458$ доли секунды.

Принято XVII [Генеральной конференцией по мерам и весам](#) (ГКМВ) в [1983 году](#).

[30 марта 1791](#) определили метр через длину меридиана было принято следующим: одна сорокамиллионная часть [Парижского меридиана](#) (то есть одна десятиmillionная часть расстояния от [северного полюса](#) до [экватора](#) по поверхности земного эллипсоида на [долготе](#) Парижа).



Международный эталон метра, использовавшийся с 1889 по 1960 год

По нему изготовили эталон в виде штриховой меры длины – бруса из сплава платины (90 процентов) и иридия (10 процентов).

Эталон метра и две его контрольные копии хранятся в Севре (Франция) в Международном бюро мер и весов.

Килограмм — единица массы, равная массе международного прототипа килограмма

Международный прототип ([эталон](#)) килограмма хранится в [Международном бюро мер и весов](#) (расположено в [Севре](#) близ [Парижа](#)) и представляет собой [цилиндр](#) диаметром и высотой 39,17 мм из [платино-иридиевого сплава](#) (90 % платины, 10 % иридия).

Утвержден III [Генеральной конференцией по мерам и весам \(ГКМВ\)](#) в 1901 году

Всего было создано более 80 копий. Две копии международного эталона были переданы России, они хранятся во [ВНИИ метрологии им. Менделеева](#)



Первоначально было введено понятие не килограмма, а [грамма](#), который был определён в 1795 году как вес одного кубического сантиметра чистой [воды](#) при [температуре](#) таяния льда, из чего следовало, что килограмм эквивалентен массе одного кубического дециметра ([литра](#)) воды. Килограмм является единственной из основных единиц системы СИ, которая используется с [приставкой](#) («кило», обозначение «к»). Также является единственной из оставшихся к настоящему времени единиц СИ, которые определены на основе объекта, изготовленного человеком, а не на основе физических свойств, что могут быть воспроизведены в разных лабораториях. Четыре из семи базовых единиц в системе СИ определены с учётом килограмма, поэтому постоянство его величины очень важно.

Секунда — единица времени, равное 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Принято на XIII Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ) в 1967 году

В 1997 году Международный комитет мер и весов (МКМВ) уточнил, что данное определение относится к атому цезия, находящемуся в покое при температуре 0 К.

«1/31 556 925,9747 доля тропического года для 0 января 1900 в 12 часов эфемеридного времени»

Долгота суток составляет 23 часа 56 минут и 4,1 секунды.

Месяц — периоду полной смены фаз Луны (называемому синодическим месяцем, равным 29,53 суток).

Год приблизительно равен периоду обращения Земли вокруг Солнца (примерно 365,2422 суток).

Самый маленький экспериментально наблюдаемый промежуток времени составляет порядка аттосекунды (10^{-18} с),

В индуизме «день Брахмы» — **кальпа** — равен 4,32 млрд. лет. Эта единица вошла в Книгу рекордов Гиннеса как самая большая единица измерения времени.

Ампер — сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона.

Принято IX Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ) в 1948 году.

Кельвин —единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки ВОДЫ.

Единица предложена в 1848 году.

Начало шкалы (0 K) совпадает с абсолютным нулём.

Температура по Кельвину = Температура по Цельсия + 273.16

Моль — единица количества вещества, равная количеству вещества системы, в которой содержится столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в [углероде-12](#) [массой](#) 0,012 [кг](#).

При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц.

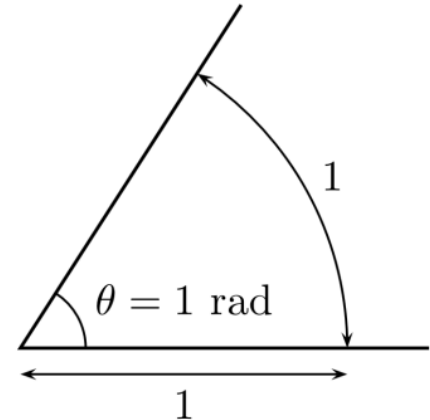
Моль принят в качестве основной единицы СИ XIV [Генеральной конференцией по мерам и весам](#) (ГКМВ) в [1971 году](#).

Кандéла— единица [силы света](#), равная силе света в заданном направлении от источника испускающего [монохроматическое излучение частотой](#) $540 \cdot 10^{12}$ [Гц](#), [энергетическая сила света](#) которого в этом направлении составляет $1/683$ [Вт/ср](#).

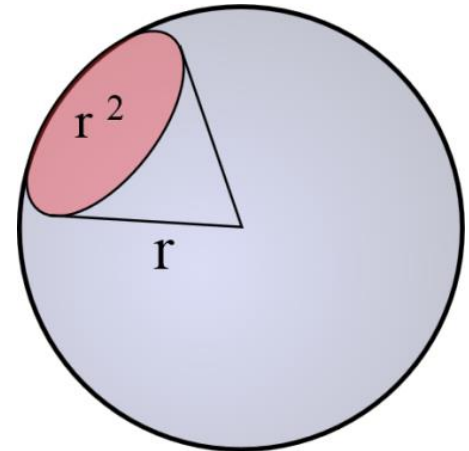
Принята в качестве единицы СИ в [1979 году](#) XVI [Генеральной конференцией по мерам и весам](#).

Дополнительные единицы.

Радиа́н (от лат. *radius* — луч, радиус) — плоский угол между двумя радиусами окружности, , длина дуги между которыми равна её радиусу.



Стерadian - телесный угол с вершиной в центре сферы радиусом r , вырезающий на поверхности этой сферы площадь r^2 .



Килограмм останется единицей массы, но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения постоянной Планка равным в точности $6,626\ 06X \cdot 10^{-34}$, когда она выражена единицей СИ $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$, что эквивалентно Дж·с.

Ампер останется единицей силы электрического тока, но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения элементарного электрического заряда равным в точности $1,602\ 17X \cdot 10^{-19}$, когда он выражен единицей СИ с·А, что эквивалентно Кл.

Кельвин останется единицей термодинамической температуры, но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения постоянной Больцмана равным в точности $1,380\ 6X \cdot 10^{-23}$, когда она выражена единицей СИ $\text{м}^{-2} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$, что эквивалентно Дж·К⁻¹.

Моль останется единицей количества вещества, но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения постоянной Авогадро равным в точности $6,022\ 14X \cdot 10^{23}$, когда она выражена единицей СИ моль⁻¹.

Выше и далее X заменяет одну или более значащих цифр, которые будут определены в дальнейшем на основании наиболее точных рекомендаций CODATA.

Производные единицы, имеющие специальные наименования и обозначения

Величина	русское наименование	французское/английское наименование	русское	международное	Выражение через основные единицы
Температура Цельсия	градус Цельсия	degré Celsius/degree Celsius	°C	°C	K
Частота	герц	hertz	Гц	Hz	s^{-1}
Сила	ньютон	newton	Н	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
Энергия	джоуль	joule	Дж	J	$N \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
Мощность	ватт	watt	Вт	W	$J/s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
Давление	паскаль	pascal	Па	Pa	$N/m^2 = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
Электрический заряд	кулон	coulomb	Кл	C	$A \cdot s$
Разность потенциалов	вольт	volt	В	V	$J/Kл = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Сопротивление	ом	ohm	Ом	Ω	$V/A = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Емкость	фарад	farad	Ф	F	$Kл/V = s^4 \cdot A^2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2}$
Магнитный поток	вебер	weber	Вб	Wb	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

Величина	русское наименование	французское /английское наименование	русское	международное	<u>Выражение</u> через основные единицы
<u>Магнитная индукция</u>	<u>тесла</u>	tesla	Тл	T	$\text{Вб/м}^2 = \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
<u>Индуктивность</u>	<u>генри</u>	henry	Гн	H	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
<u>Электрическая проводимость</u>	<u>сименс</u>	siemens	См	S	$\text{Ом}^{-1} = \text{с}^3 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
<u>Активность радиоактивного источника</u>	<u>беккерель</u>	becquerel	Бк	Bq	с^{-1}
<u>Поглощённая доза ионизирующего излучения</u>	<u>грей</u>	gray	Гр	Gy	$\text{Дж/кг} = \text{м}^2/\text{с}^2$
<u>Эффективная доза ионизирующего излучения</u>	<u>зиверт</u>	sievert	Зв	Sv	$\text{Дж/кг} = \text{м}^2/\text{с}^2$
<u>Активность катализатора</u>	<u>катал</u>	katal	кат	kat	моль/с

2. Кинематика материальной точки.

Вектор перемещения.

Средняя и мгновенная скорости.

Ускорение.

Материальной точкой называется тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи.

Система отсчета.

Механическое движение происходит в пространстве и во времени. Положение точки в пространстве определяется относительно какого-нибудь тела.

Абсолютно твердое тело, которое условно считается неподвижным, и по отношению к которому рассматривается движение других тел, называется

телом отсчета.



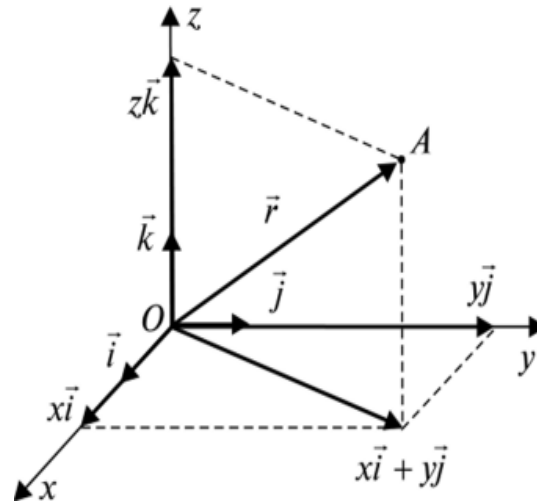
Тело отсчета, жестко связанная с ним система координат и выбранный способ измерения времени определяют систему отсчета.

*РЕНЕ ДЕКАРТ (1596-1650)



*Впервые ввёл прямоугольную систему координат в своей работе «Рассуждение о методе» в 1637 году.

WWWWEB.ru



$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – орты,
единичные векторы
вдоль осей координат

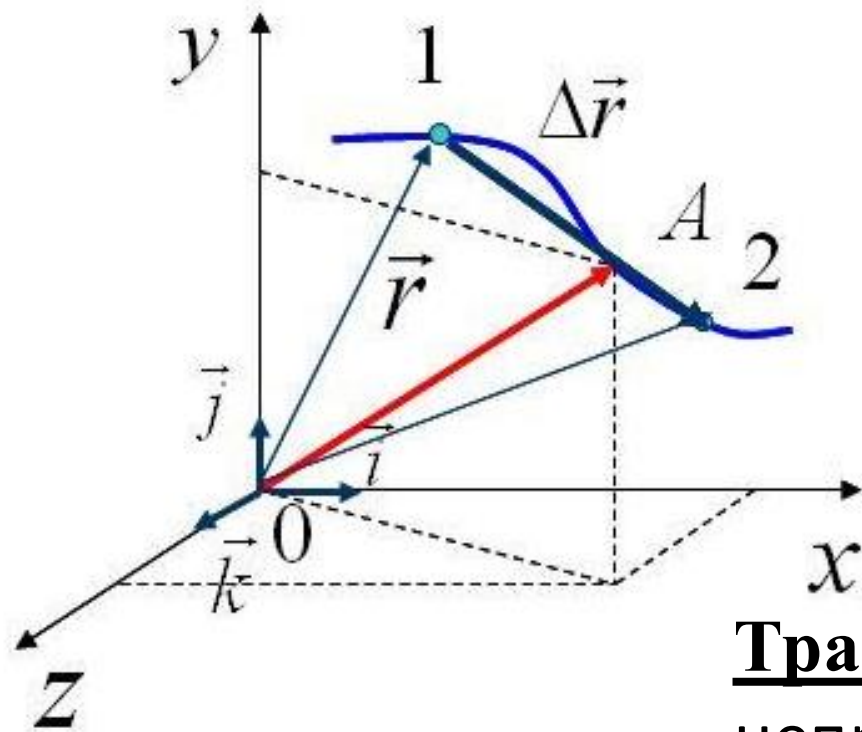
x, y, z – координаты точки

Положение точки A в момент времени t – $A(x, y, z, t)$ или $A(\vec{r})$

\vec{r} – радиус вектор точки, направленный отрезок прямой, проведенный из начала координат в рассматриваемую точку.

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad |r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

С течением времени положение точки в пространстве изменяется.



$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

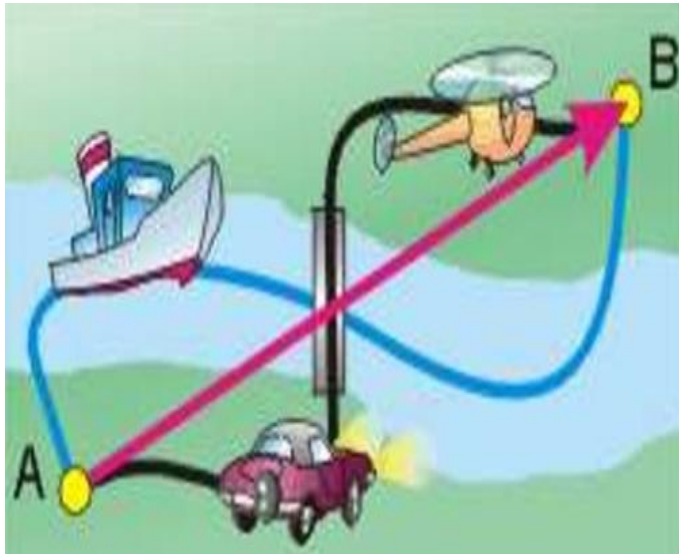
-это кинематические уравнения движения материальной точки

Траекторией

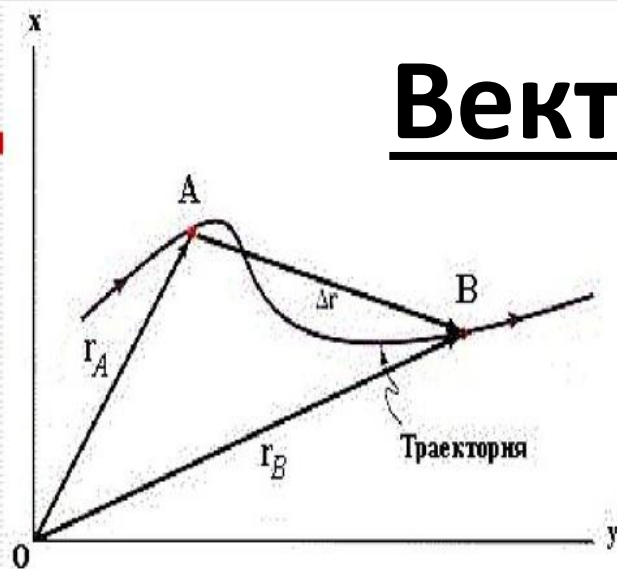
называется

непрерывная линия, которую описывает точка в пространстве при своем движении.

Длиной пути называется сумма длин всех участков траектории, пройденной точкой за рассматриваемый промежуток времени.

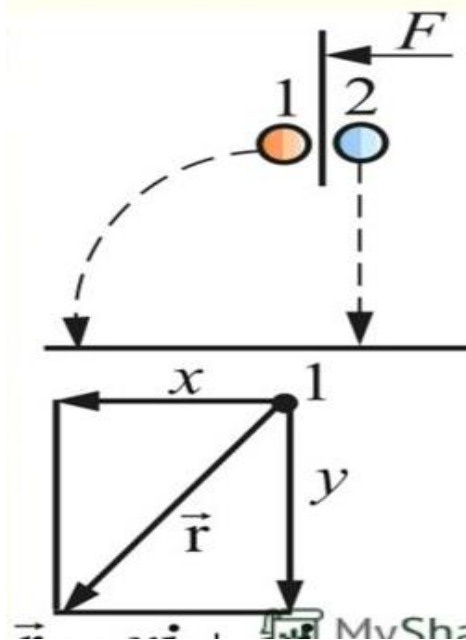


Вектор перемещения.



Вектором перемещения называется вектор, проведенный из начального положения точки в её конечное положение.

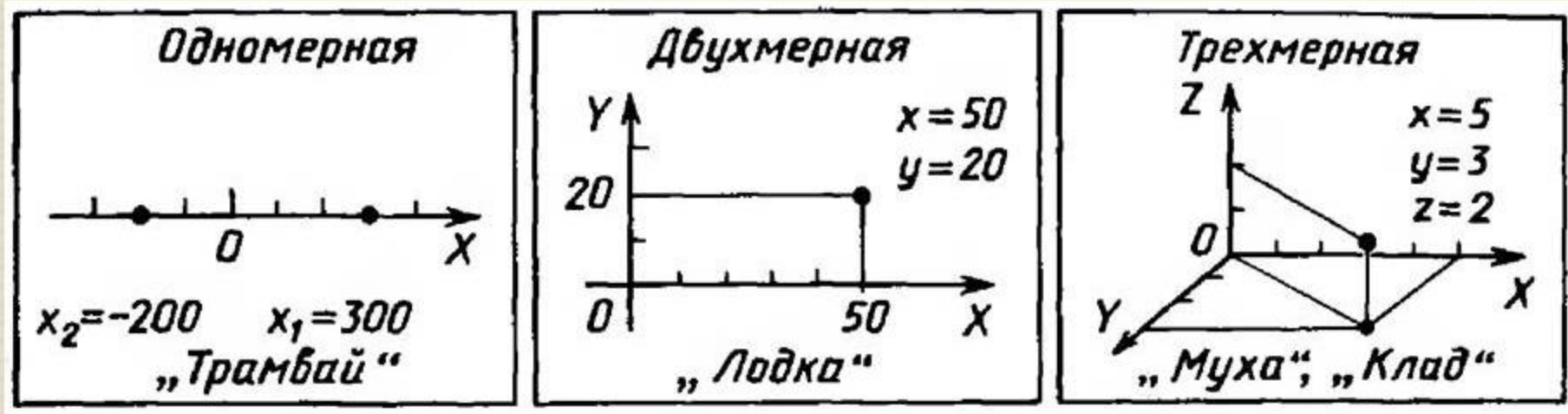
$$\vec{S} = \Delta \vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$$



Закон независимости движений — если точка одновременно участвует в нескольких движениях, то результирующее перемещение точки равно векторной сумме перемещений, совершаемых точкой в каждом из движений по отдельности.

Каждое движение происходит самостоятельно независимо от других.

В зависимости от формы траектории возможны одно-, двух- и трехмерные системы координат.

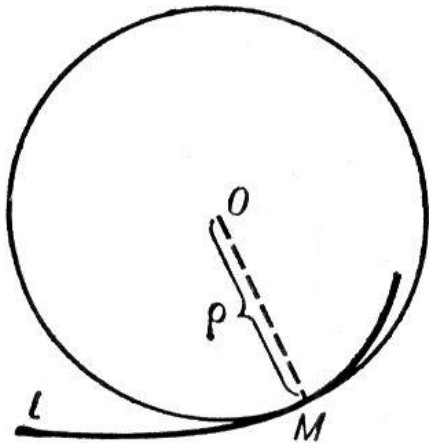


Общее движение разлагается на движения вдоль осей координат. Согласно принципа независимости механических движений каждое прямолинейное движение вдоль осей считается независимым, происходящим самостоятельно.

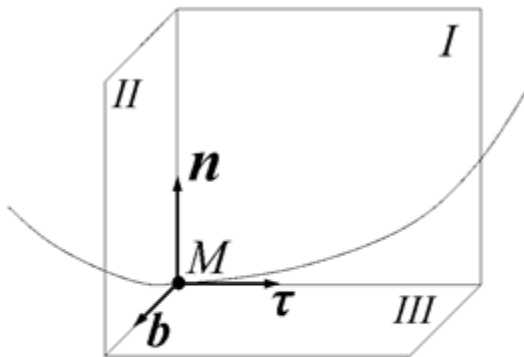
Следовательно для изучения движения материальной точки достаточно рассмотреть прямолинейное движение.

По форме траектории различают **прямолинейное и криволинейное** движение точки.

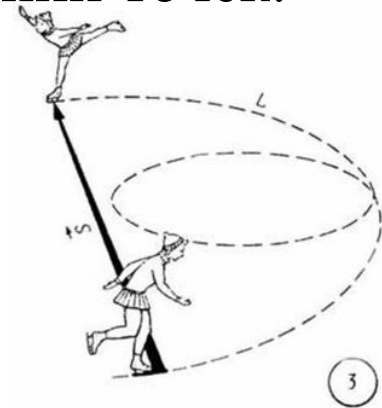
Форма траектории относительна, она зависит от выбора системы отсчета.



В случае пространственной кривой рассматривают **соприкасающуюся окружность** — это предельное положение окружности в точке М, проведенной через три ближайшие точки кривой при предельном приближении точек.



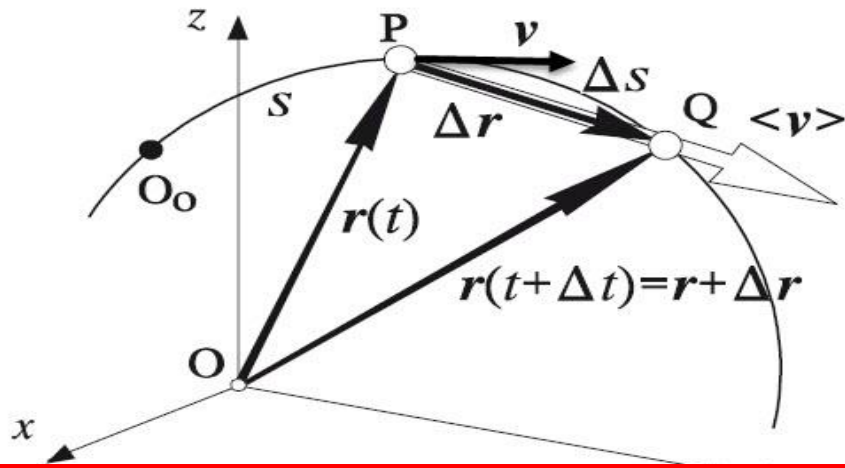
Вектор перемещения \vec{s} направлен вдоль хорды, стягивающей точки траектории.



L- путь (скалярная величина)
 \vec{s} - перемещение

- I Соприкасающаяся плоскость
- II Нормальная плоскость
- III Спрямяющая плоскость

Средняя и мгновенная скорости.



Для решения основной задачи механики нужно рассчитать перемещение точки.

Быстроту изменения перемещения характеризует скорость.

Вектором средней скорости называется отношение приращения радиуса вектора к промежутку времени, в течении которого произошло перемещение.

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} - \text{направлен вдоль } \vec{S} \quad [\vec{v}] = \frac{M}{c}$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{\Delta L}{\Delta t} - \text{средняя путевая скорость, скалярная величина.}$$

Более точно положение точки на траектории определяет мгновенная скорость, которая находится при $\Delta \mathbf{x} \rightarrow \mathbf{0}$.

Мгновенная скорость – это скорость точки в данный момент времени в данной точке траектории. Направлена по касательной к траектории.

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

$$|v| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta l} * \frac{\Delta l}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta l} * \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = 1 * \frac{dl}{dt}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}} = \dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} + \dot{z}\vec{k}$$

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$$

$$v_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$$

Ускорение.

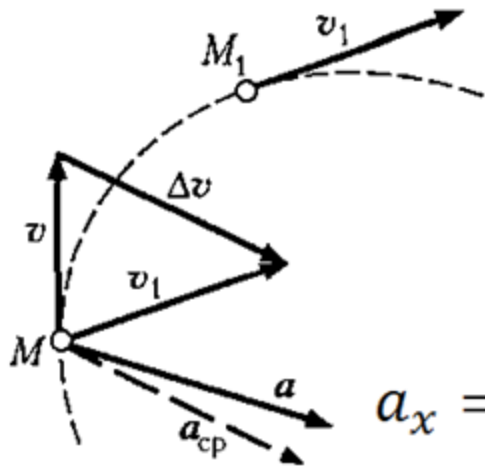
Скорость векторная величина, характеризуется численным значением и направлением в пространстве. Кроме прямолинейного равномерного движения скорость изменяется.

Быстрота изменения скорости характеризуется ускорением — изменением скорости в единицу времени.

Среднее ускорение - $\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ $[\vec{a}] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Мгновенное ускорение

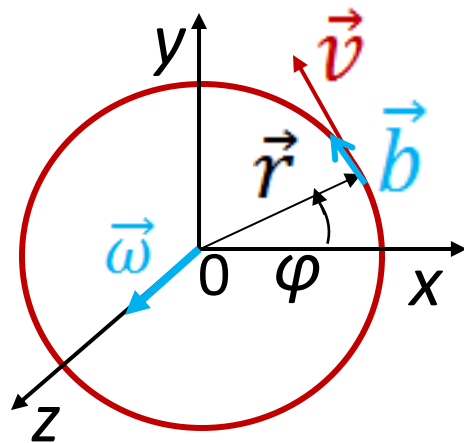
$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \quad \vec{a} = \dot{\vec{v}} = \ddot{\vec{r}}$$



$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}; \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

3. Движение точки по окружности. Тангенциальное и нормальное ускорение.

Радиус кривизны.



Декартовы координаты точки

$$\begin{cases} x = r * \cos\varphi \\ y = r * \sin\varphi \\ z = 0 \end{cases}$$

$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$ - угол поворота
- угловая скорость, вдоль оси OZ
по правилу правого буравчика

С конца вектора движение точки происходит против часовой стрелки.

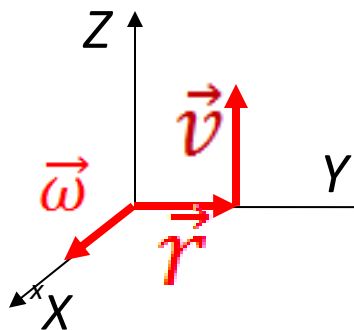
Радиус вектор точки - $\vec{r} = r(\cos \varphi * \vec{i} + \sin \varphi * \vec{j})$

$$|r| = \sqrt{(r * \cos \varphi)^2 + (r * \sin \varphi)^2} = r = \text{Const}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = r * \frac{d\varphi}{dt} (-\sin \varphi * \vec{i} + \cos \varphi * \vec{j}) = r\omega \vec{b}$$

где $|\vec{b}| = \sqrt{\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi} = 1$ - единичный вектор,
направлен по касательной к траектории.

$$\underline{\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{r}]} \quad |v| = \omega * r$$

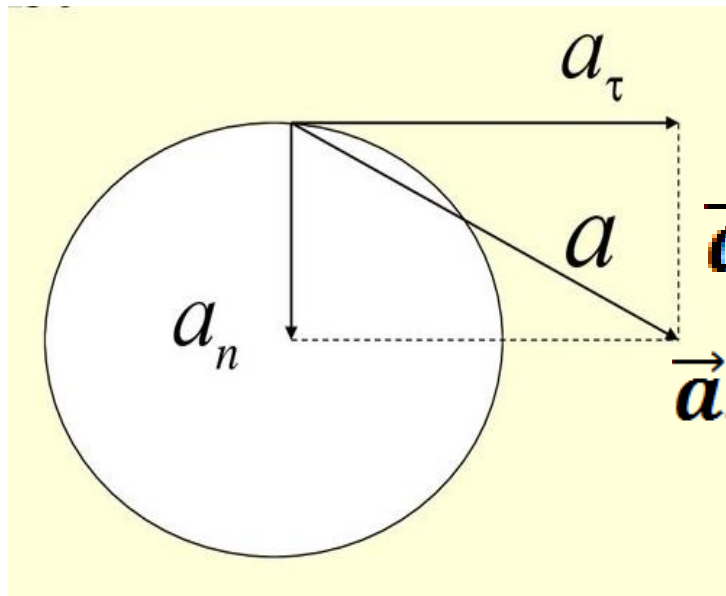


Имеем векторное произведение векторов:
с конца вектора произведения ($\vec{v} \uparrow OZ$)
поворот первого вектора ($\vec{\omega} \uparrow OX$) ко
второму ($\vec{r} \uparrow OY$) происходит против
часовой стрелки.

Ускорение точки: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} \vec{b} + r\omega \frac{d\vec{b}}{dt}$

$$\frac{d\vec{b}}{dt} = \frac{d}{dt}(-\sin \varphi * \vec{i} + \cos \varphi * \vec{j}) = -\frac{d\varphi}{dt}(\cos \varphi * \vec{i} + \sin \varphi * \vec{j}) = -\omega \frac{\vec{r}}{r}$$

ИТОГ: $\vec{a} = r\varepsilon \vec{b} - \omega^2 \vec{r} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$



$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ - угловое ускорение

$\vec{a}_\tau = r\varepsilon \vec{b}$ - тангенциальное ускорение

$\vec{a}_\tau \uparrow \vec{b}$ - направлен по касательной к траектории.

$$\underline{\vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon} \vec{r}]}$$

$$\varepsilon > 0 \rightarrow \vec{a}_\tau \uparrow \vec{v}$$

$$\varepsilon < 0 \rightarrow \vec{a}_\tau \downarrow \vec{v}$$

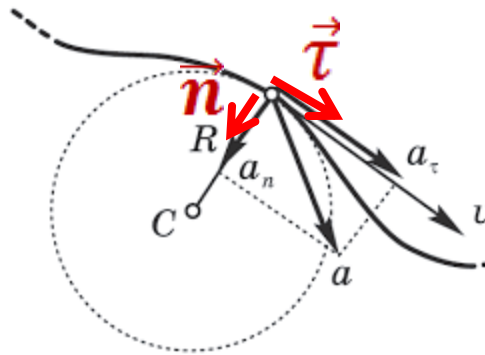
$$|a_\tau| = r\varepsilon = r \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(\omega r)}{dt} = \frac{dv}{dt}$$

Тангенциальное ускорение характеризует изменение скорости по модулю: $\varepsilon > 0$ - движение ускоренное, модуль увеличивается, $\varepsilon < 0$ - движение замедленное, модуль уменьшается.

$$\underline{\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{r}} \quad (\vec{a}_n \perp \vec{r}) - \text{направлено к центру окружности}$$

Нормальное ускорение точки характеризует изменение скорости по направлению в пространстве.

$$|a_n| = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} \quad |a| = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

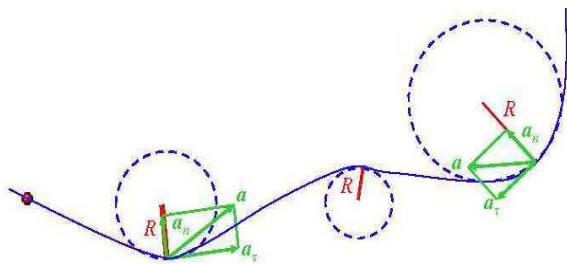


При движении по криволинейной траектории на каждом элементарном участке траектории можно построить окружность максимально совпадающую с траекторией – **соприкасающуюся окружность**.

Радиус этой окружности R называется **радиусом кривизны траектории**. Вводятся два единичных вектора:

$\vec{\tau}$ - вектор направлен по касательной к траектории в сторону движения точки;

\vec{n} - вектор главной нормали, перпендикулярен к траектории, направлен к центру кривизны траектории, к центру соприкасающейся окружности.



$$\begin{array}{l} \vec{v} = v\vec{\tau} \\ \vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \vec{n} \perp \vec{\tau} \\ \vec{a}_n = \frac{v^2}{R}\vec{n} \end{array} \right| \quad \vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + \frac{v^2}{R}\vec{n}$$

Простейшие виды движения материальной точки.

1. $a = 0, a_\tau = 0, a_n = 0$ - равномерное прямолинейное движение $v = v_0 = \text{Const}$

Скорость численно равна пути, которое точка проходит за единицу времени.

Признак равномерного движения – за любые равные промежутки времени точка проходит одинаковые расстояния.

2. $\vec{a} = \text{Const}, a_n = 0$ - равноускоренное прямолинейное движение $\vec{a} \uparrow \vec{v}$

Ускорение численно равно изменению скорости за единицу времени.

$$a = \text{Const} \quad v = \int a dt = v_0 + at$$

$$S = \int v dt = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

3. $a_n = 0, a_\tau = f(t)$ - прямолинейное ускоренное движение
 $v = \int a dt, \quad S = \int v dt$

4. $a = Const, a_\tau = 0$ - равномерное движение по окружности $\vec{a} \perp \vec{v}, |v| = Const$

$$R = \frac{v^2}{a} = Const, \omega = \frac{v}{R} = Const, \varepsilon = 0$$

5. $a_\tau = f(t), a_n \neq 0$ - криволинейное движение с переменным ускорением

$\angle \varphi = (\vec{v} \wedge \vec{a}) : \varphi < \frac{\pi}{2}$ - движение ускоренное;

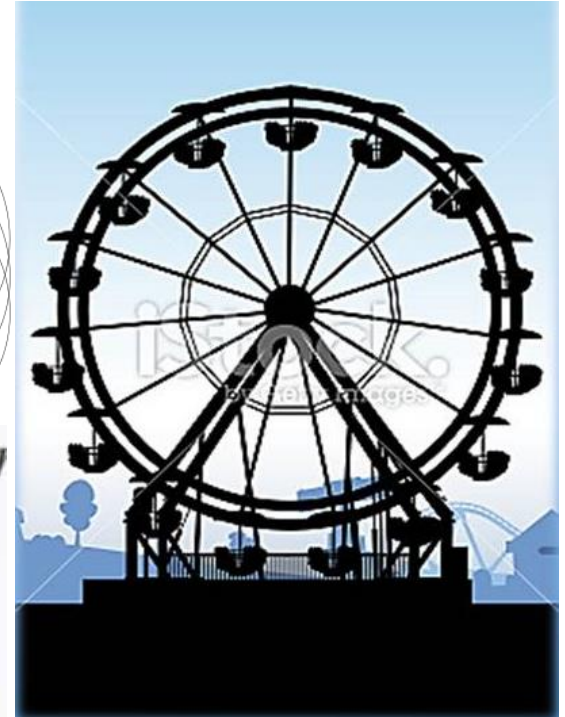
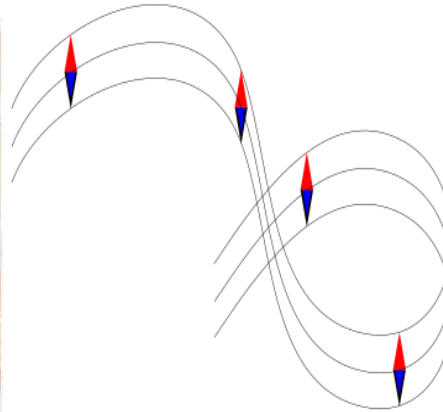
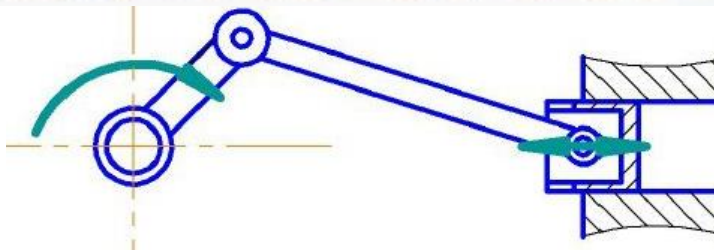
$\varphi > \frac{\pi}{2}$ - движение замедленное.

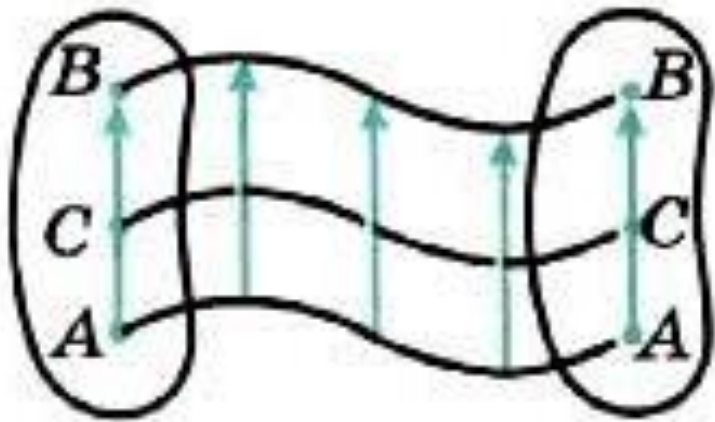
4. Поступательное и вращательное движения абсолютно твердого тела. Вектора угловой скорости и углового ускорения.

Абсолютно твердое тело - это тело, деформацией которого в условиях данной задачи можно пренебречь при любых внешних воздействиях.

Любое движение твердого тела можно разложить на два простейшего вида – поступательное и вращательное.

Поступательным движением твердого тела называется такое движение, когда любая прямая, проведенная в теле, остается параллельной самой себе при движении этого тела.





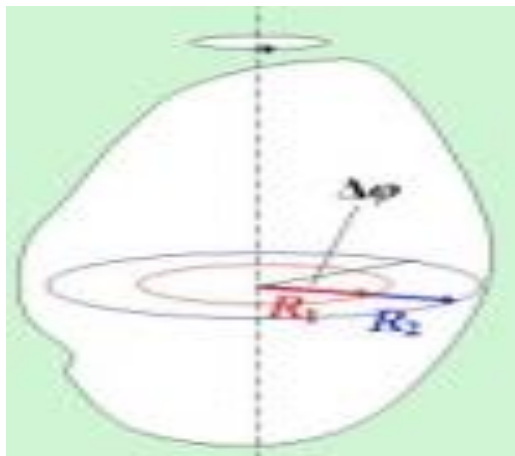
При поступательном движении траектории любых двух точек совершенно одинаковы и их можно совместить путем параллельного переноса.

Перемещение точек А и В совершенно одинаковы за любой промежуток времени, а следовательно у них в любой момент времени одинаковы скорости и ускорения.

Значит для изучения поступательного движения твердого тела достаточно изучить движение любой точки твердого тела.

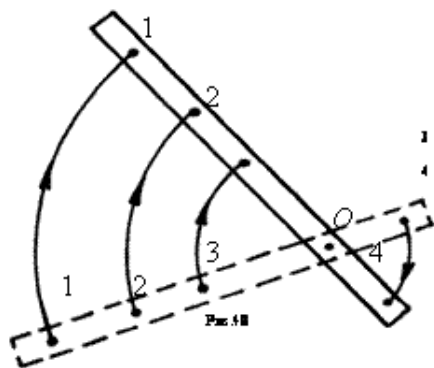
Этой точкой может быть центр масс тела — точка С.

Движение твердого тела называется вращательным движением если все точки тела двигаются по окружностям, центры которых находятся на одной прямой, называемой осью вращения.



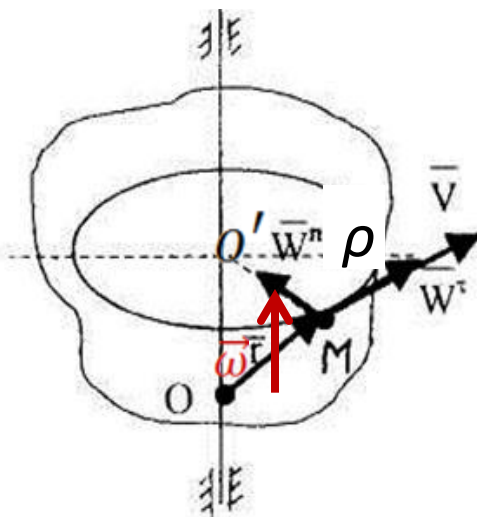
Точки тела, находящиеся на разных расстояниях от оси вращения, имеют разные перемещения, скорости и ускорения.

$$R_2 > R_1 \text{ значит } v_2 > v_1$$



У всех точек один и тот же угол поворота φ радиуса вектора точки ρ .

$\vec{\varphi}$ - угол поворота вектор, направленный по правилу правого буравчика.



Угловая скорость точек $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt} = \text{Const}$
 $\vec{\omega}$ - псевдовектор, направленный вдоль оси вращения, он связан с вращением.

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

$$\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{r}] = [\vec{\omega} \vec{\rho}] \quad \omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$$

$T = \frac{2\pi}{\omega}$ - период вращения – это время одного полного оборота (при равномерном вращении).

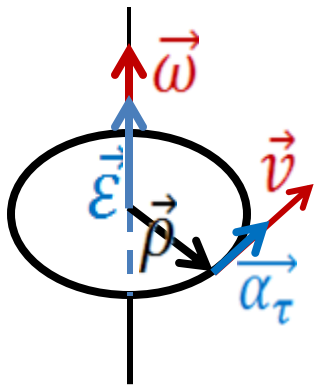
Частота вращения $n = 1/T$ - число оборотов за 1 времени.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}[\vec{\omega}\vec{\rho}] = \left[\frac{d\vec{\omega}}{dt} \vec{\rho} \right] + \left[\vec{\omega} \frac{d\vec{\rho}}{dt} \right]$$

$$dS = d\rho \rightarrow \frac{d\vec{\rho}}{dt} = \vec{v}, \quad \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\varepsilon}$$

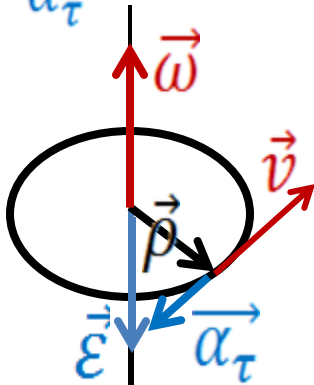
$$\vec{a} = [\vec{\varepsilon}\vec{\rho}] + [\vec{\omega}[\vec{\omega}\vec{\rho}]] = \vec{\alpha}_\tau + \vec{\alpha}_n$$

$$\vec{\alpha}_\tau = [\vec{\varepsilon}\vec{\rho}]; \quad \vec{\alpha}_n = -\omega^2\vec{\rho}; \quad \vec{v} = [\vec{\omega}\vec{\rho}] \rightarrow \sim \rho$$



$$\frac{d\vec{\omega}}{dt} > 0 \rightarrow \vec{\varepsilon} \uparrow \vec{\omega} - \text{ускоренное движение}$$

$$\text{т.е. и } \frac{d\vec{v}}{dt} > 0 \rightarrow \vec{\alpha}_\tau \uparrow \vec{v}, \text{ путь } S = L = \varphi\rho$$



$$\frac{d\vec{\omega}}{dt} < 0 \rightarrow \vec{\varepsilon} \downarrow \vec{\omega} - \text{движение замедленное}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} < 0 \rightarrow \vec{\alpha}_\tau \downarrow \vec{v}$$

Уравнения равноускоренного движения абсолютно твердого тела.

Типы движений

Поступательное

$$\vec{a} = \text{Const}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \vec{a} \frac{t^2}{2}$$

$$\alpha \rightarrow \varepsilon$$

$$v \rightarrow \omega$$

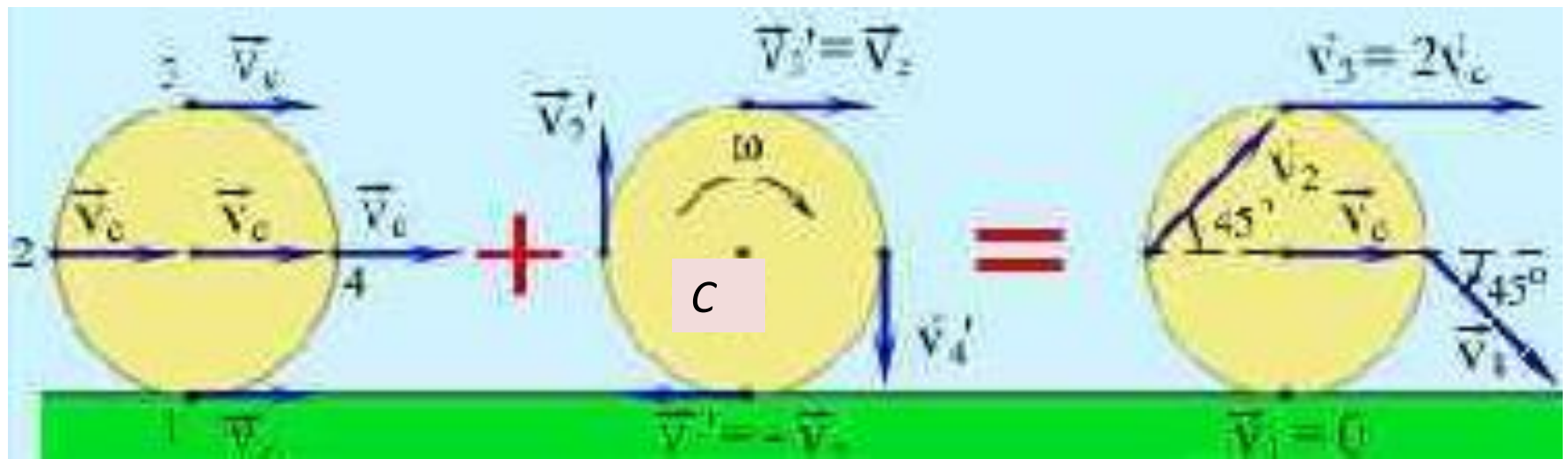
$$S \rightarrow \varphi$$

Вращательное

$$\vec{\varepsilon} = \text{Const}$$

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\varepsilon}t$$

$$\vec{\varphi} = \vec{\omega}_0 t + \vec{\varepsilon} \frac{t^2}{2}$$



Качение цилиндра без скольжения

А) Поступательно со скоростью центра масс

$$\vec{v}_{\text{пост}} = \vec{v}_{\text{перен}} = \vec{v}_C$$

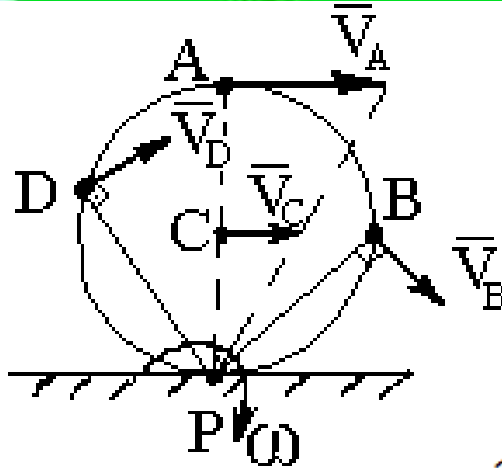
Вращается вокруг центра

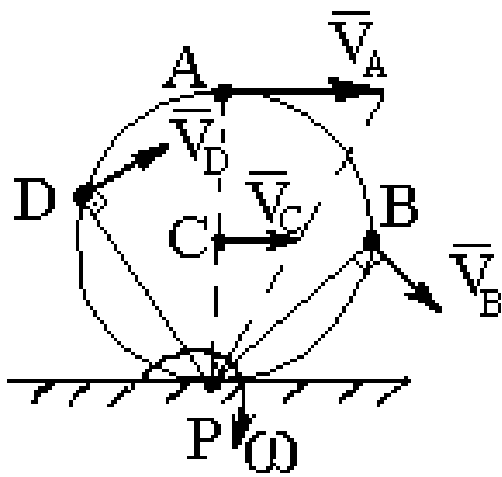
$$v_{\text{вращ}} = v_{\text{отн}} = v' = \omega R = \text{Const}$$

$$\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{перен}} + \vec{v}_{\text{отн}}$$

Скорость нижней точки Р (или 1) $v_1 = v_C - v' = 0$

Нет скольжения $v_C = v' = \omega R$





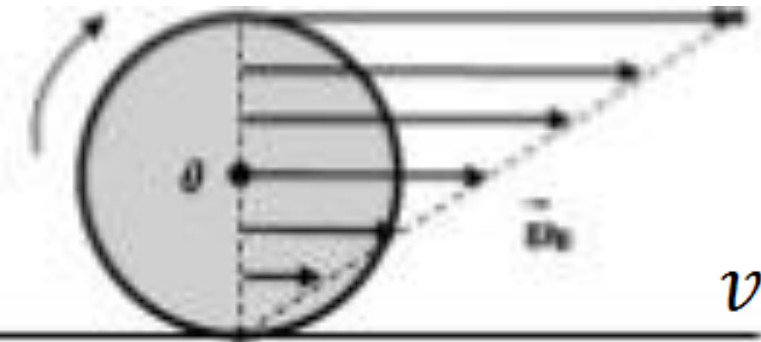
Скорость точки А (3) $v_3 = v_C + v' = 2v_C$
направлена горизонтально.

$$v_2 = v_4 = \sqrt{v_C^2 + v'^2} = v_C\sqrt{2}$$

В) поступательное движение свяжем с нижней точкой Р.

Сейчас

$$\vec{v}_{\text{пост}} = \vec{v}_{\text{перен}} = \vec{v}_P = 0$$



$$v_C = \omega'(CP) = \omega'R$$

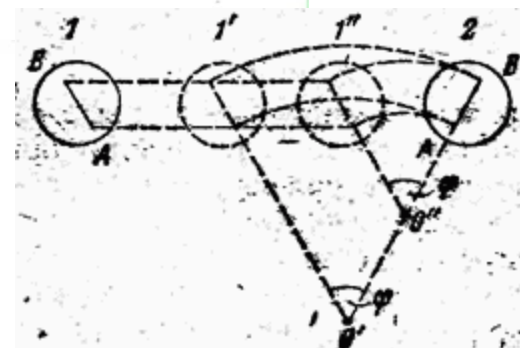
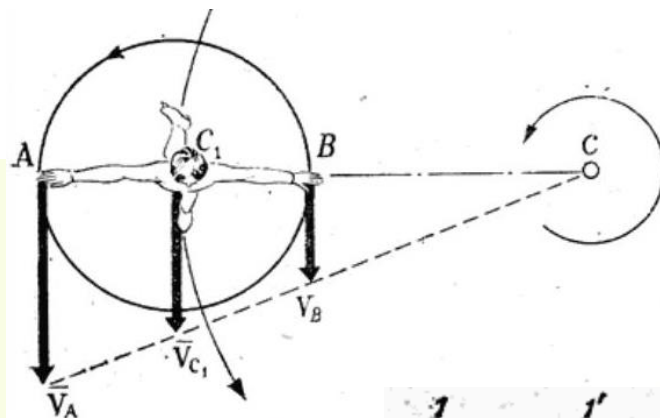
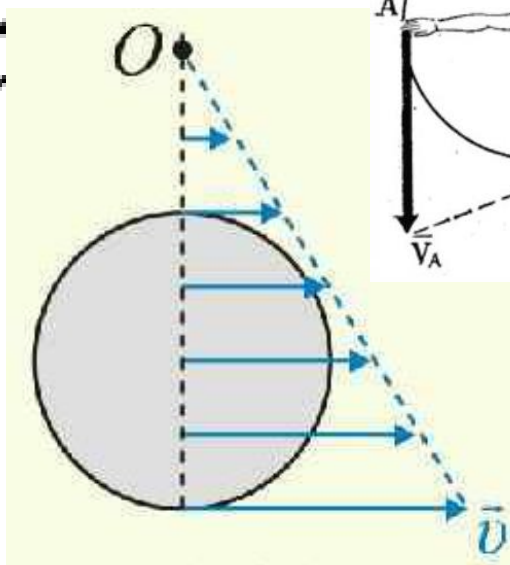
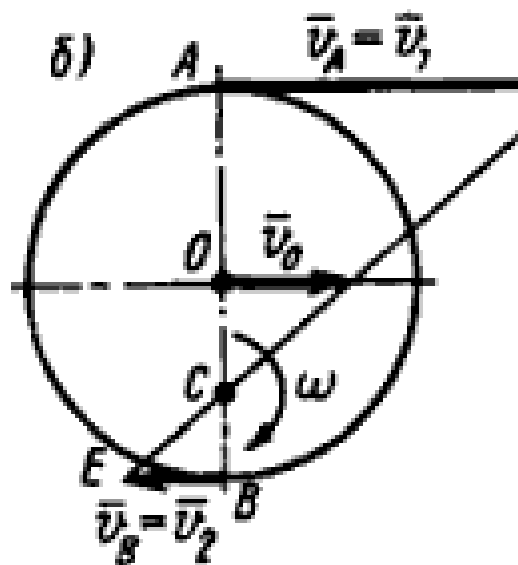
Сравнение А и В: $\omega' = \omega$

$$v_3 = \omega'(AP) = \omega'2R = 2v_C$$

$$v_2 = v_4 = \omega'(BP) = v_C\sqrt{2}$$

Вывод: разложение движения твердого тела на поступательное и вращательное можно осуществить множеством способов, которые отличаются скоростями поступательного движения, но у которых одна и та же угловая скорость.

Величина угловой скорости не зависит от выбора оси вращения.



Контрольные вопросы по теме лекции.

1. Что понимается под материей, под движением материи.
2. Поясните понятия пространства и времени.
3. Укажите связь физики и информатики, физики и техники.
4. Роль курса физики в вузах.
5. Что является предметом изучения физики.
6. Путь установления физических законов.
7. Дать понятие механического движения.
8. Закон независимости движений.
9. Основная задача механики.
10. Назовите основные модели, применяемые при изучении механики.
11. Кинематические уравнения движения материальной точки.
12. Назовите основные единицы измерения системы СИ.
13. Что включает в себя система отсчета.
14. Назовите виды физических величин, приведите их примеры.
15. Что такое вектор перемещения, векторы средней и мгновенной скоростей.
16. Дать определение ускорения и его составляющих.
17. Виды движения абсолютно твердого тела.
18. Дать определения характеристик вращательного движения – угла поворота, угловой скорости, углового ускорения. Указать их направления.
19. Укажите связь линейных и угловых характеристик движения точки твердого тела.
20. Уравнения равноускоренного движения абсолютно твердого тела.