**ЛЕКЦИЯ 1**

**ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ**

План

1. Физика как наука. Предмет и методы исследования в физике.

2. Механическое движение. Системы отсчета.

3. Поступательное движение и его характеристики.

4. Вращательное движение и его характеристики.

5. Связь между векторами линейных, угловых скоростей и ускорений.

**1.**

*Физика* – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, а также законы ее движения.

*Материя* – все, что нас окружает.

На сегодняшний день изучены 2 формы существования материи: вещество и поле. Однако, они составляют малую часть Вселенной. Темная энергия и темное вещество (составляют более 90% Вселенной) – пока практически не изучены.

Вещество состоит из молекул, молекулы – из атомов, атомы – из элементарных частиц. Частицы обладают массой, зарядом и др. характеристиками.

Поле можно представить, как взаимодействие между частицами. Например, тело, обладающее массой, создает гравитационное поле, действующее на другое тело, обладающее массой. Неподвижное тело, обладающее зарядом, создает электрическое поле, действующее на неподвижное тело, обладающее зарядом. Электромагнитное поле может существовать и без породивших его частиц – это волна, свет.

Характерные черты вещества: ограниченность в пространстве, дискретность. Характерные черты полей: неограниченность в пространстве, непрерывность.

Но непреодолимой грани между веществом и полем нет: элементарные частицы обладают свойствами полей (неограниченность в пространстве, волновые свойства), поля обладают свойством дискретности (квантовые свойства). То есть в природе имеет место корпускулярно-волновой дуализм:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | , |  |  |  |

Фундаментальные физические законы лежат в основе химических и биологических закономерностей.

Физические методы исследования: наблюдение, эксперимент, выдвижение гипотез.

*Наблюдение* – изучение явлений в естественной, природной обстановке. Научное наблюдение представляет собой далеко не простую задачу, так как требует умения совместно сгруппировать ряд родственных явлений, отметив их характерные черты сходства и различия, выяснения факторов, от которых зависит изучаемое явление, и установление влияния каждого фактора в отдельности при сохранении неизменными всех остальных.

*Эксперимент* – изучение явления путем его воспроизведения в искусственной (лабораторной) обстановке, т.е. наблюдение исследуемых явление в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом процессов и многократно воспроизводить их при повторении этих условий. То есть воспроизводится в строго контролируемых условиях.

*Гипотеза* – научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления и требующее проверки на опыте и теоретического обоснования для того, чтобы стать достоверным научным фактом. Гипотеза создается на основе теоретического мышления. Если гипотеза прошла экспериментальную проверку, то она превращается в *теорию* – систему основных идей, обобщающих опытные данные. Теория дает объяснение целому ряду явлений с единой точки зрения.

При исследовании явлений или процессов в зависимости от условий конкретной задачи используют различные *физические модели*. Это позволяет рассмотреть физическое явление таким образом, чтобы можно было абстрагироваться от целого ряда реальных факторов, являющихся второстепенными для конкретного случая.

К физическим моделям относятся следующие:

- *материальная точка* – точка, характеризующаяся только массой и положением в пространстве. Приближением материальной точки может быть любое тело, размерами и формой которого можно пренебречь в данных условиях (то есть размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с масштабами движения);

- *абсолютно твердое тело* – тело, расстояние между любыми двумя точками которого всегда остается неизменным;

- *абсолютно упругое тело* – тело, деформации которого пропорциональны вызывающим их силам, после прекращения действия сил такое тело полностью восстанавливает свои размеры и форму.

В результате обобщения экспериментальных фактов устанавливаются *физические законы* – устойчиво повторяющиеся объективные закономерности, существующие в природе. Физические законы выражаются в виде математических соотношений между *физическими величинами* – измеряемыми характеристиками физических объектов и параметрами процессов.

Физические величины разделяются на:

- *скалярные* – полностью характеризуются численным значением и единицей измерения. Например: время , масса . В расчетах скалярные величины выражаются действительными числами и с ними можно производить все без исключения действия, которые выполняются с действительными числами;

- *векторные* – полностью характеризуются численным значением, единицей измерения и направлением. Например: скорость , сила . Векторная величина геометрически изображается вектором, т.е. отрезком, имеющим определенные направление и длину. Математические операции над векторными величинами подчиняются особым закономерностям.

Измерение физической величины – это действие, выполняемое с помощью средств измерений для нахождения значения физической величины в принятых единицах. В принципе единицы физических величин можно выбрать произвольно, но тогда возникнут трудности при их сравнении. Поэтому вводятся *системы единиц*, охватывающие единицы всех физических величин и позволяющие оперировать с ними.

Для построения системы единиц произвольно выбирают единицы для нескольких не зависящих друг от друга физических величин. Эти единицы называются *основными*. Остальные величины и их единицы выводятся из законов, связывающих эти величины с основными. Они называются *производными* величинами. В России согласно государственному стандарту обязательна к применению Международная система единиц SI (система СИ). Она базируется на семи основных единицах и двух дополнительных – радиан и стерадиан:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование величины** | **Единица измерения** | **Обозначение** |
| Длина | метр | м |
| Масса | килограмм | кг |
| Время | секунда | с |
| Сила электрического тока | ампер | А |
| Термодинамическая температура | кельвин | К |
| Количества вещества | моль | моль |
| Сила света | кандела | кд |
| Плоский угол | радиан | рад |
| Телесный угол | стерадиан | ср |

**2.**

*Механика* - раздел физики, в котором изучается механическое движение.

*Механическое движение* - любое изменение взаимного положения материальных тел, происходящее в пространстве с течением времени. Например, перемещения транспортных средств, деталей машин, а так же органов человека и животных.

*Кинематика* - раздел механики, в котором изучают движения тел, не исследуя причин, вызывающих эти движения.

Описать движение тела - значит задать его положения в пространстве в разные моменты времени в выбранной системе отсчета.

*Система отсчета* – совокупность тела отсчета (неподвижное тело), координатных осей и часов.

В декартовой системе координат положение материальной точки в данный момент времени по отношению к этой системе определяется тремя координатами  или радиус-вектором  - вектором, соединяющим начало координат и положение точки в данный момент времени.



*Рисунок 1.1 Определение положения тела в пространстве для случая движения на плоскости*

*Траектория*  - линия, по которой движется тело.

*Путь* – скалярная физическая величина, численно равная расстоянию, пройденному точкой по траектории.

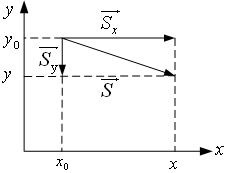
*Перемещение* - отрезок, соединяющий начальную и конечную точки траектории .

При движении материальной точки ее координаты с течением времени изменяются. В общем случае ее движение определяется тремя уравнениями:

 или векторным уравнением .

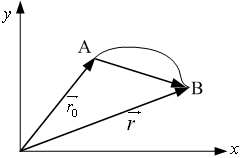
Перемещение тела будет определяться следующим образом:

1) координатный способ ;



*Рисунок 1.2 Определение перемещения тела методом координат*

2) векторный способ .



*Рисунок 1.3 Определение перемещения тела векторным способом*

Исключая время из уравнений движения, получим уравнение траектории движения материальной точки: .

По форме траектории механические движения классифицируются на*прямолинейные* и *криволинейные*. Траектория данного механического движения в различных системах отсчета может иметь разную форму.

**3.**

*Поступательное движение* - такое движение тела, при котором любая прямая, соединяющая две любые его точки, остается параллельной самой себе. При таком движении все точки тела движутся по одинаковым траекториям.

*Скорость* характеризует быстроту и направление перемещения материальной точки.

Рассмотрим движение материальной точки, перемещающейся по прямолинейному участку. Пусть в момент времени  координата материальной точки будет , а в момент времени  координата будет . Тогда за промежуток времени  путь точки будет .

*Средняя путевая скорость* - скалярная физическая величина, численно равная отношению пути, совершенным материальной точкой к промежутку времени , за который этот путь был пройден

. (1.1)

*Средняя скорость*неравномерного движения - векторная физическая величина, модуль которой численно равен отношению изменения радиус-вектора  к промежутку времени :

.

Единица измерения скорости в СИ м/с.

Направление вектора  совпадает с направлением вектора .

Если движение равномерное, то средняя скорость одна и та же при любом промежутке времени. Однако при неравномерном движении тело за одинаковые промежутки времени проходит неодинаковые расстояния. Следовательно, при таком движении величина средней скорости зависит от выбора промежутка времени. Для определения мгновенной скорости в данной точке траектории необходимо выбрать промежуток времени настолько малым, чтобы движение тела в течение этого промежутка времени можно было считать равномерным.

*Мгновенная скорость* неравномерного движения – векторная физическая величина, модуль которой численно равен первой производной перемещения (или координаты) по времени:

. (1.2)

Путь, пройденный телом за время dt, будет равен . Для определения всего пути, пройденного за время t, это выражение надо проинтегрировать:

. (1.3)

*Ускорение* – векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

*Среднее ускорение* – векторная физическая величина, модуль которой численно равен отношению изменения скорости к промежутку времени

. (1.4)

Единица измерения ускорения в СИ – м/с 2 .

Направление вектора  совпадает с направлением вектора  при ускоренном движении и противоположно ему при движении замедленном.

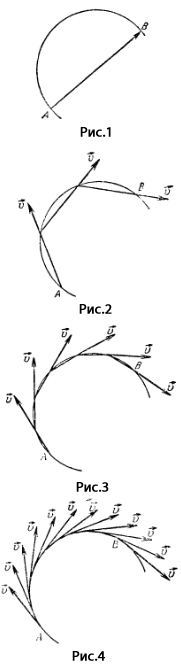
*Мгновенное ускорение* – векторная физическая величина, модуль которой численно первой производной скорости по времени или второй производной перемещения по времени:

. (1.5)

В случае неравномерного прямолинейного движения скорость материальной точки определяется по формуле

. (1.6)

Если материальная точка движется по криволинейной траектории, то ее скорость изменяется не только по величине, но и по направлению и в любой момент времени направлена по касательной к траектории.



*Рисунок 1.4 Направление мгновенной скорости при криволинейном движении*

Вектор ускорения параллелен вектору изменения скорости и может составлять с вектором скорости произвольный угол. Тогда вектор ускорения можно разложить на две составляющие, направленные по касательной и перпендикулярно к вектору скорости.



*Рисунок 1.5 Составляющие ускорения при криволинейном движении*

1) *тангенциальное ускорение* – характеризует изменение скорости по величине, совпадает по направлению с вектором скорости и определяется по формуле;

2) *нормальное ускорение* – характеризует изменение скорости по направлению, перпендикулярно вектору скорости

, (1.7)

где R – радиус кривизны траектории.

Полное ускорение определяется по формуле

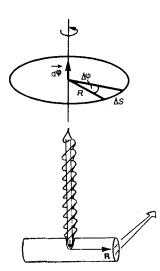
. (1.8)

**4.1**

*Вращательное движение* твердого тела - такое движение, при котором все его точки описывают окружности, лежащие в параллельных плоскостях, если центры окружностей находятся на одной прямой, называемой осью вращения.

Правило буравчика: если ручку буравчика вращать по направлению движения материальной точки по окружности, то поступательное движение буравчика совпадет с направлением углового перемещения.

*Псевдовектор –* вектор, направленный перпендикулярно плоскости, по которой перемещается материальная точка.



*Рисунок 1.6 Применение правила буравчика*

Если материальная точка движется по окружности, то с течением времени радиус-вектор (отрезок, соединяющий центр окружности и материальную точку в каждый момент времени) поворачивается на угол . Модуль вектора  равен углу поворота , выраженный в радианах, а направление данного вектора определяется по правилу буравчика.



*Рисунок 1.7 Движение точки по окружности*

*Средняя угловая скорость* – псевдовекторная физическая величина, модуль которой численно равен отношению угла поворота радиус-вектора к промежутку времени, за который этот поворот был совершен:

. (1.9)

Единицы измерения угловой скорости рад/с.

*Мгновенная угловая скорость* неравномерного движения – псевдовекторная физическая величина, модуль которой равен первой производной углового перемещения по времени:

. (1.10)



*Рисунок 1.8 Линейная и угловая скорости материальной точки*

Угловое перемещение, совершенное телом за время dt, будет равно . Для определения всего пути, пройденного за время t, это выражение надо проинтегрировать:

. (1.11)

Если материальная точка движется по окружности с постоянной угловой скоростью, то используются дополнительные характеристики движения: период, частота, циклическая частота.

*Период* – время, за которое тело совершает один полный оборот.

*Частота* – число оборотов в единицу времени.

(1.12)

*Циклическая частота* – число оборотов, совершенных за  секунды.

(1.13)

*Среднее угловое ускорение* – псевдовекторная физическая величина, модуль которой равен отношению изменения угловой скорости  к промежутку времени :

. (1.14)

Единица измерения ускорения в СИ – рад/с 2 .

*Мгновенное угловое ускорение* – псевдовекторная физическая величина, модуль которой равен первой производной угловой скорости по времени или второй производной углового перемещения по времени:

. (1.15)

Таким образом, мгновенное угловое ускорение равно первой производной угловой скорости по времени или второй производной углового перемещения по времени.

При вращении тела вокруг неподвижной оси вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения в сторону вектора угловой скорости (рис. 1.9); при ускоренном движении (рис. 1.9а) вектор  направлен в ту же сторону, что и , и в противоположную сторону (рис. 1.9б) при замедленном вращении 

0

**ε**

**ω0**

**ω**



**ω**

**ω0**

**ε**

0



а б

*Рисунок 1.9 – Направление вектора углового ускорения: а) при ускоренном вращении; б) при замедленном вращении*

**5.**

Выведем формулы связи линейных и угловых величин.

Дуга окружности связана с радиусом этой окружности соотношением

. (1.16)

Возьмем первую производную уравнения (1.16):. Радиус окружности для окружности является величиной, имеющей постоянное значение. Постоянную можно выносить за знак производной. Получим: . Слева от знака равенства стоит первая производная пути по времени, то есть скорость. Справа от знака равенства стоит первая производная углового перемещения по времени, то есть угловая скорость. Таким образом получим, что линейная и угловая скорости связаны соотношением

(1.17)

Возьмем первую производную уравнения (1.17):. Радиус окружности для окружности является величиной, имеющей постоянное значение. Постоянную можно выносить за знак производной. Получим: . Слева от знака равенства стоит первая производная скорости по времени, то есть ускорение. Справа от знака равенства стоит первая производная угловой скорости по времени, то есть угловое ускорение. Таким образом получим, что тангенциальное ускорение связано с угловым соотношением

. (1.18)

Запишем формулу нормальной составляющей ускорения при криволинейном движении (1.7) . Скорость заменим соотношением (1.17) , получим .

Проведем сокращение и получим, что нормальное ускорение связано с угловой скоростью соотношением

****(1.19)