

# Биомеханические характеристики

Количественные

Качественные

Механические

Биологические

*Кинематические*

*Энергетические*

*Динамические*

Биомеханические характеристики позволяют:

- различать разные движения

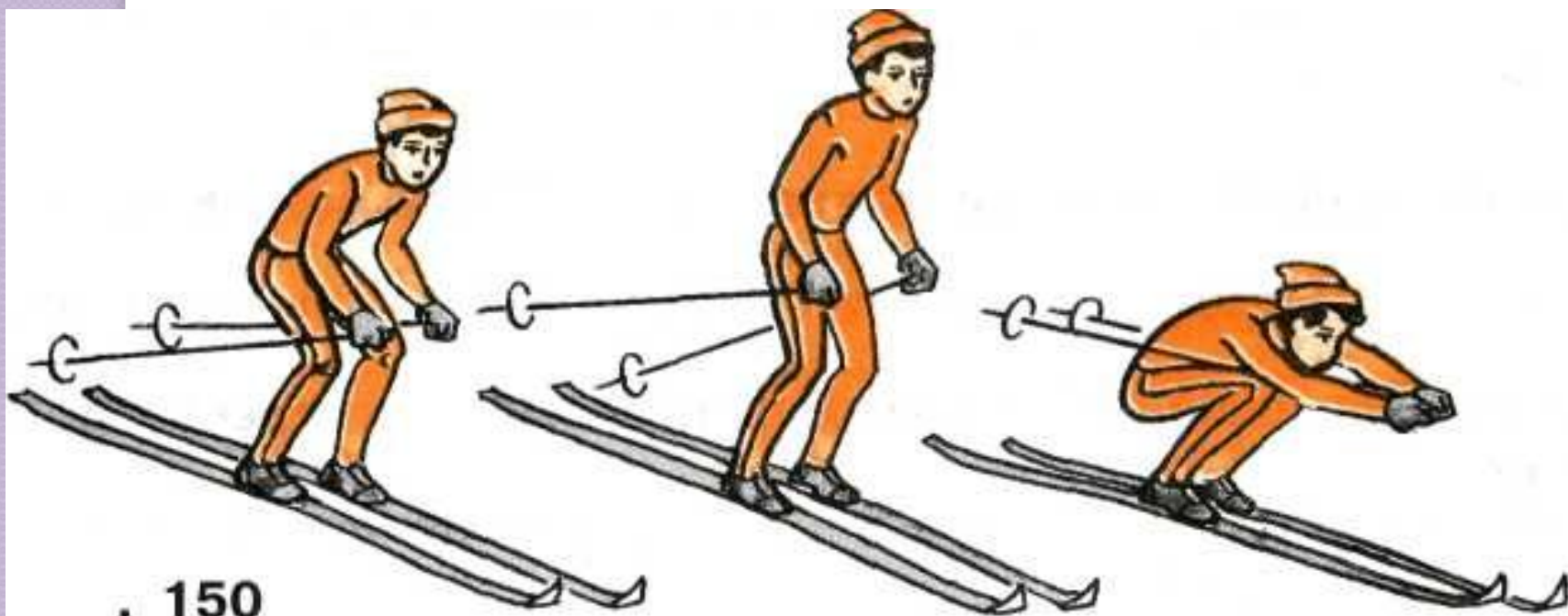


Биомеханические характеристики позволяют:

- установить изменения одних движений под воздействием других

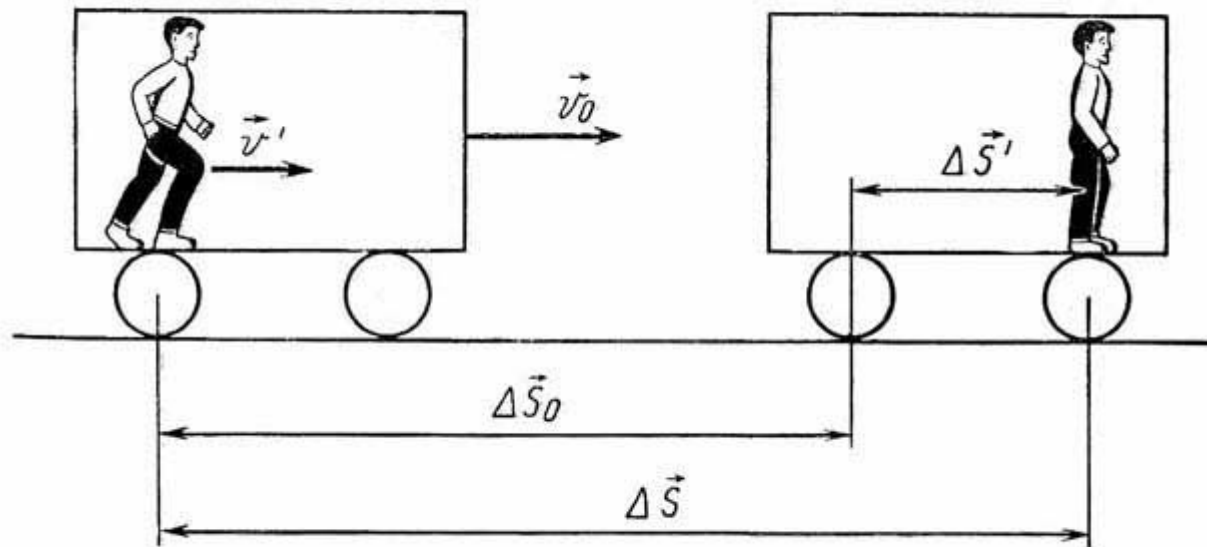


Отличительная особенность  
механического состояния и поведения  
биосистемы – переменный характер



. 150

- Механика занимается рассмотрением простейшей формы движения материи – механической.
- Такое движение состоит в изменении взаимного расположения тел или их частей в пространстве с течением времени.
- При анализе необходимо исходить из ряда основных понятий. Рассмотрим их в отдельности.



# Движения тела человека можно изучать рассматривая его тело:

- Как систему материальных точек или тел – в случае когда происходит взаимодействие мысленно выделенной совокупности материальных точек или тел, которые, в общем случае, взаимодействуют как друг с другом, так и с телами, не включенными в состав этой системы.



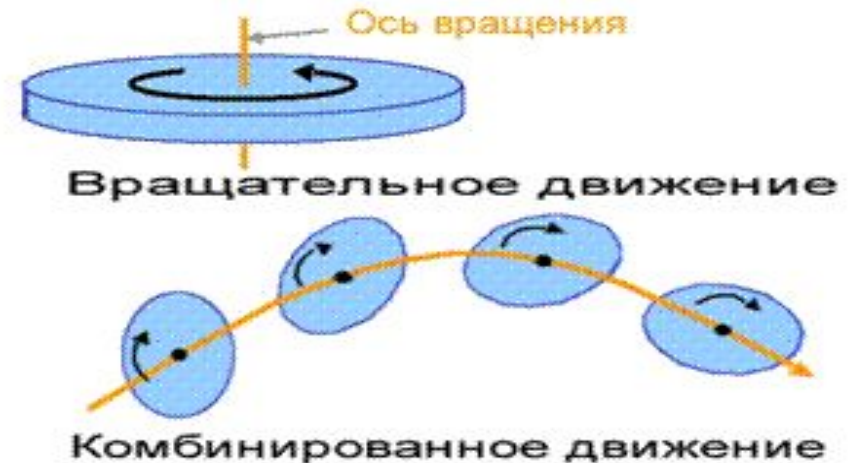
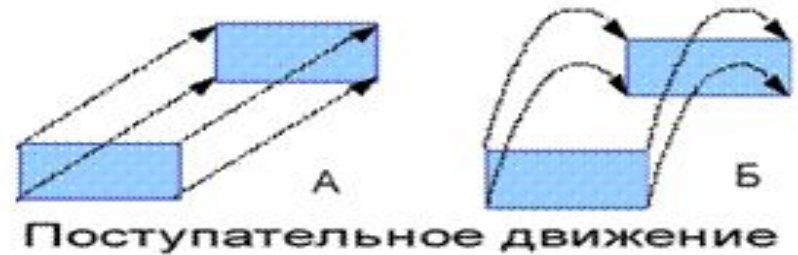
# Основные виды движений

- вращательное движение (ротация или угловое перемещение).

При вращательном движении все точки объекта или системы движутся по кругу вокруг оси вращения. Угловое перемещение каждой точки характеризуется углом поворота в течение определенного отрезка времени.

- В реальных условиях обычно встречается комбинированное движение – сочетание поступательного и вращательного движений.

- поступательное движение (линейное перемещение).  
при поступательном движении все части объекта или системы перемещаются прямолинейно (А) или криволинейно (Б) в течение определенного промежутка времени



# Системы отсчета кинематических характеристик

- Движения человека и спортивных снарядов можно измерить только сравнивая их положения с положением выбранного для сравнения тела. Все движения рассматриваются как относительные

Система отсчета  
расстояний

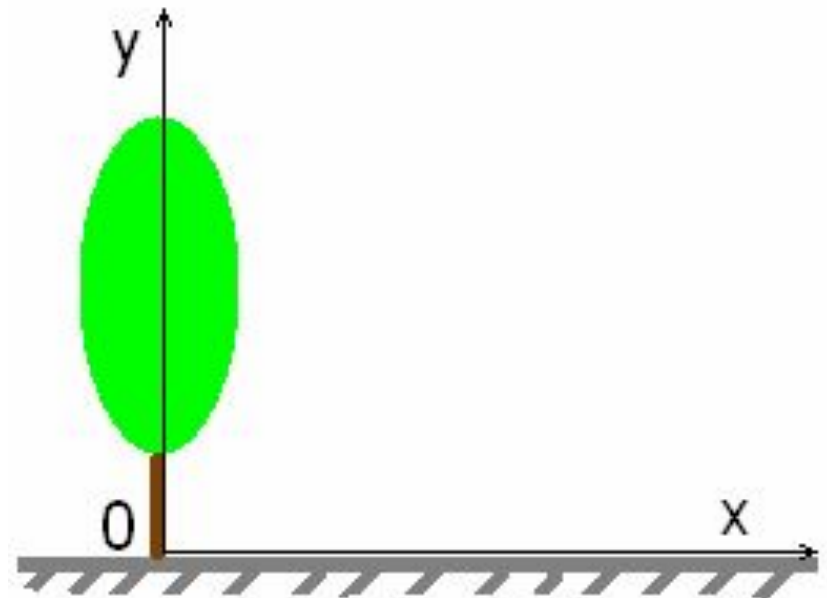
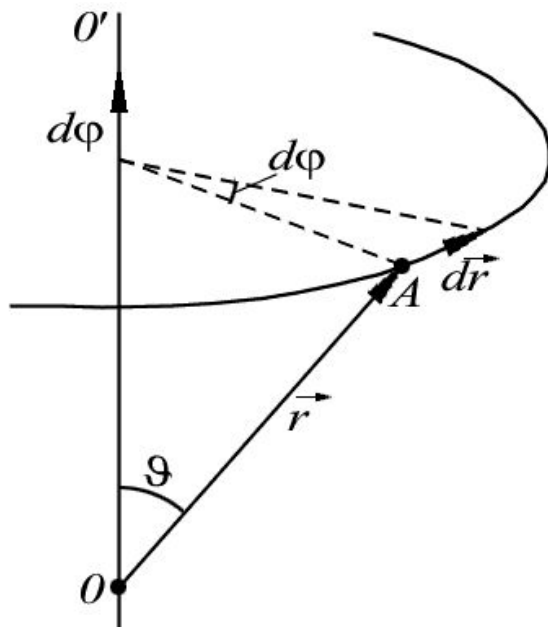
Система отсчета  
времени



Система отсчета расстояний – условно выбранное твердое тело, по отношению к которому определяют положение других тел в разные моменты времени.

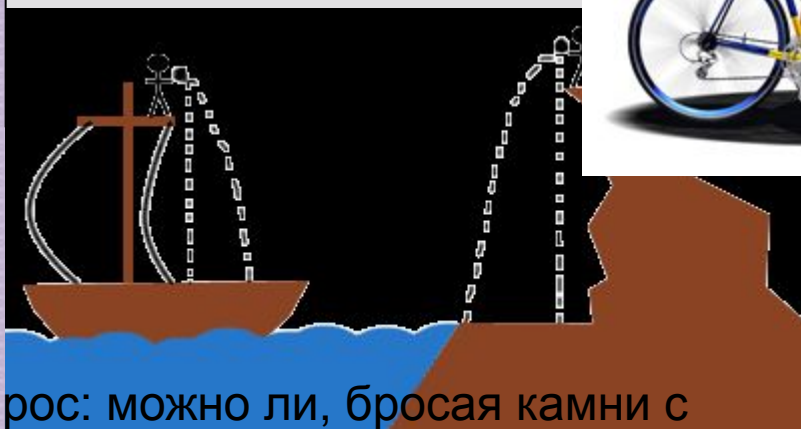
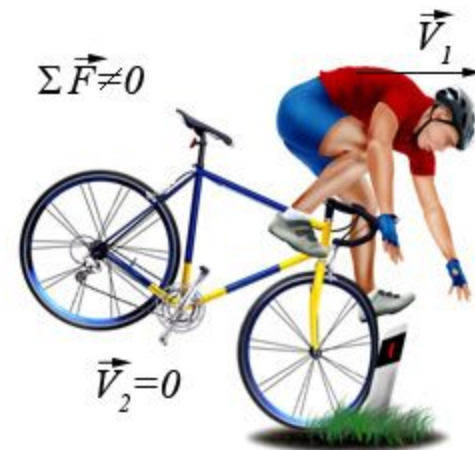
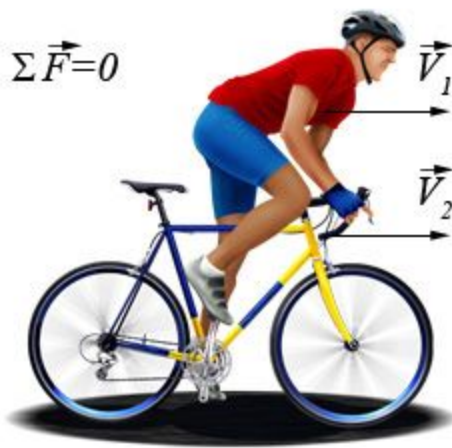
С телом отсчета связывают начало и направление измерения расстояния и устанавливают единицы отсчета.

Система отсчета расстояний включает в себя также пункт отсчета (точка на исследуемом теле), либо линию отсчета (при вращательном движении).



- Инерциальная система отсчета – в случае когда изменения скоростей и ускорений движущихся тел не существенны для решения двигательной задачи и поэтому ими можно пренебречь. Земля и тела связанные с ней неподвижно. Они не испытывают действия и ни одно движение не начинается без действия

- Неинерциальная система отсчета – в случае когда тела движутся с ускорениями, которые существенно влияют на решение двигательной задачи (скользящая лыжа, конек)



Вопрос: можно ли, бросая камни с башни, определить движение Земли?

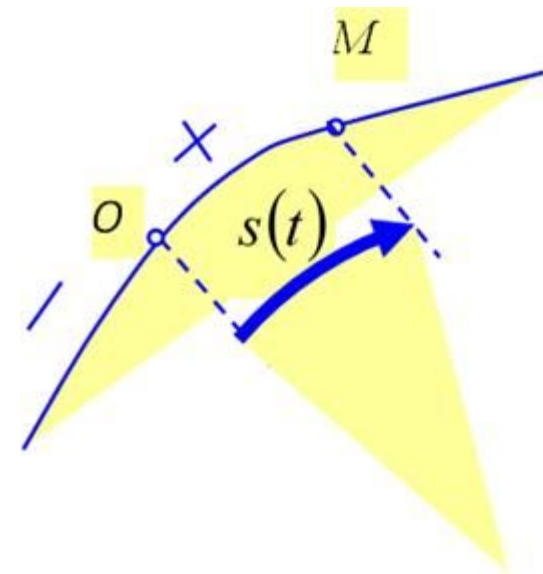
# Системы отсчета времени

- Полночь
- Полночь, полдень
- Судейское время

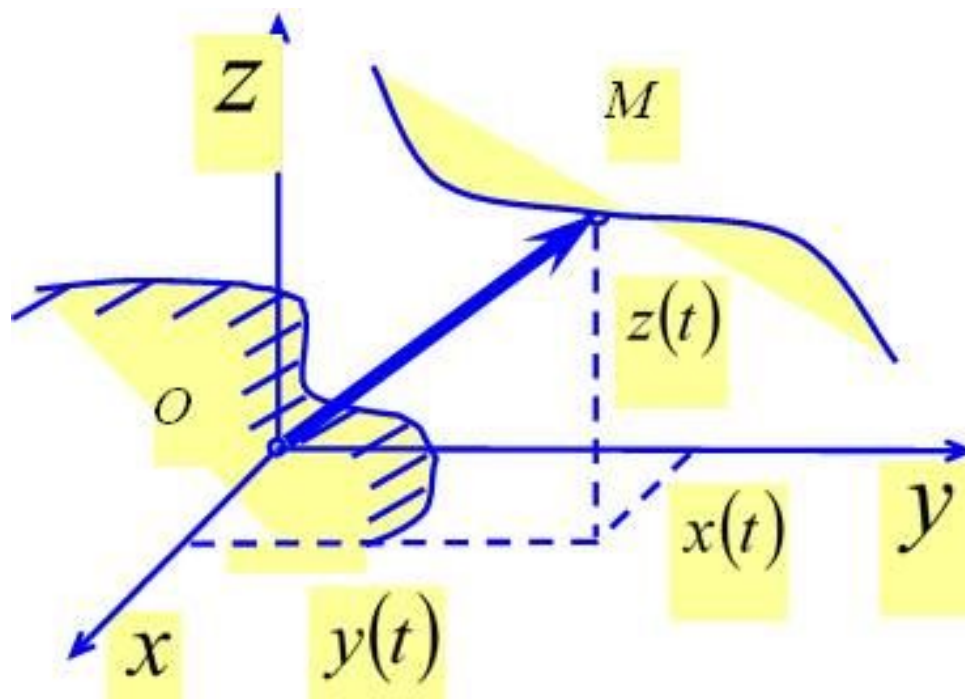


## Естественный способ описания движения

- Естественным способом задания движения удобно пользоваться в тех случаях, когда траектория движущейся точки известна заранее.



Способ прямоугольных координат - за начало отсчета принимают точку взаимно перпендикулярных координатных осей



В зависимости от характера движения может использоваться:

- - одномерная система координат, если движение прямолинейное (например, бег на 100м);
- - двумерная система координат, если движение криволинейное и происходит на плоскости (например, бег на длинные дистанции по стадиону - 400м, 800м);
- - трехмерная система координат, если движение криволинейное и происходит в пространстве (например, прыжки спортсменов, полет спортивных снарядов).

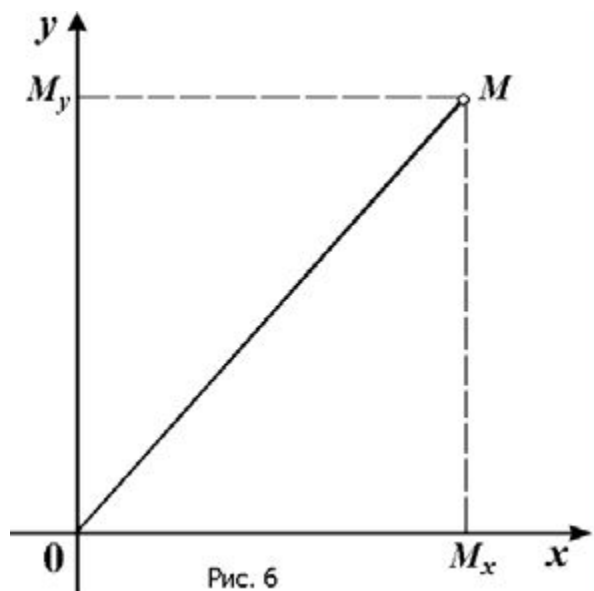
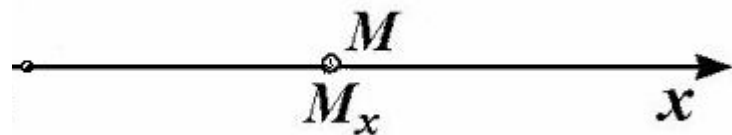
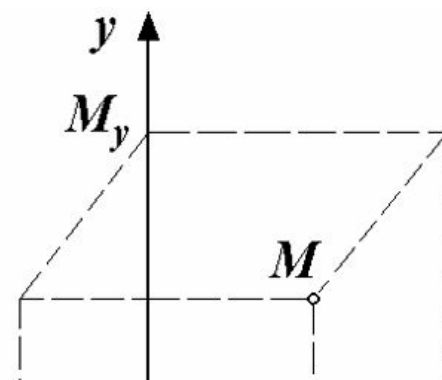


Рис. 6



## Векторный способ описания движения

- Положение точки определяют радиус вектором проведенным из центра системы координат к интересующей точке

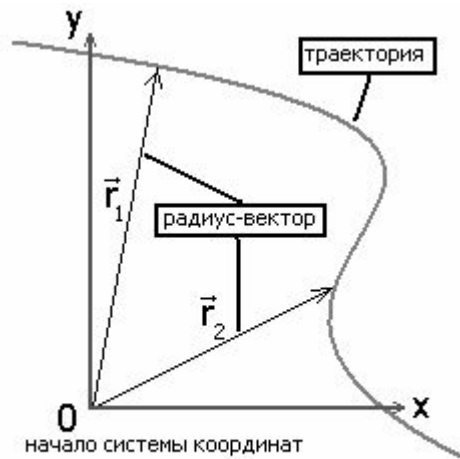
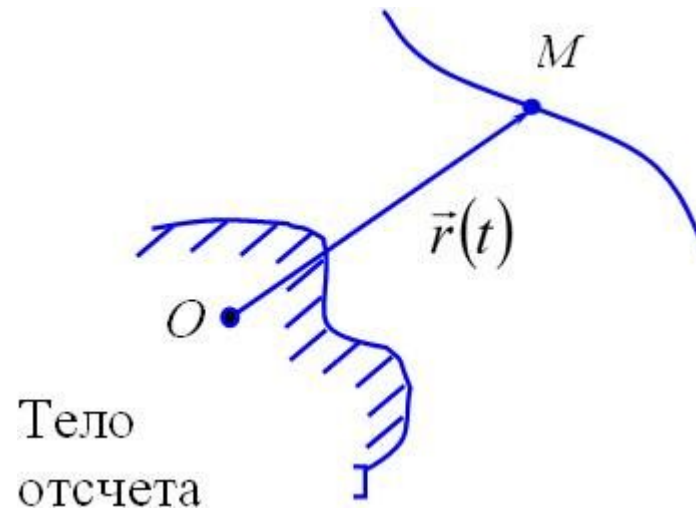


Рис. 10



# Единицы измерения расстояний

## Линейные

- Километр, км
- Метр, м
- Сантиметр, см
- Миллиметр, мм

- Угловые
- Градус
- Минута
- Секунда
- Оборот
- Пол-оборота
- радиан



- В механике используются **два типа величин: скалярные - это те, которые имеют только числовое значение (масса, время, пройденный путь) и векторные - это те, которые, кроме числового значения, характеризуются еще и направлением в пространстве (перемещение, скорость, ускорение, сила).**

# Кинематика движений человека

**Кинематика** (от греч. *κίνημα*, - движение) – раздел механики, посвященный изучению геометрических свойств движений без учета их масс и действующих на них сил.

## **Основная задача кинематики**

установление (при помощи тех или иных математических методов) способов задания движения точек или тел и определение по уравнениям их движений соответствующих кинематических характеристик движения (таких, как траектории, скорости и ускорения движущихся точек, угловые скорости и угловые ускорения вращающихся тел и др.).

Наблюдая сам факт движений, их внешнюю картину, различают пространственную форму (рисунок, узор) движений и их характер (изменение во времени - быстрее, чаще и т.п.).



Кинематические  
характеристики

Пространственные

Временные

Пространственно-  
временные

Кинематические характеристики позволяют сравнивать :

- сравнивать внешнюю картину движений у разных спортсменов.



Daron Rahlves  
Skiing (Downhill & Super-G)  
5' 9" 175 lbs.

Tara Lipinski  
Figure Skating  
5' 1" 95 lbs.

Patrik Elias  
Hockey  
6' 1" 200 lbs.

Dan O'Brien  
Decathlon  
6' 2" 185 lbs.

Joseph Chebat  
Marathon  
5' 4.5" 114 lbs.

Johnny Gray  
Running (800m)  
6' 4" 175 lbs.

Chris Bloch  
Rock Climbing  
5' 9" 150 lbs.

Yadim Vinokur  
Rock Climbing  
5' 8" 140 lbs.

Michael Smedley  
Triathlon  
5' 11" 155 lbs.

От учета  
кинематических  
характеристик  
зависит:

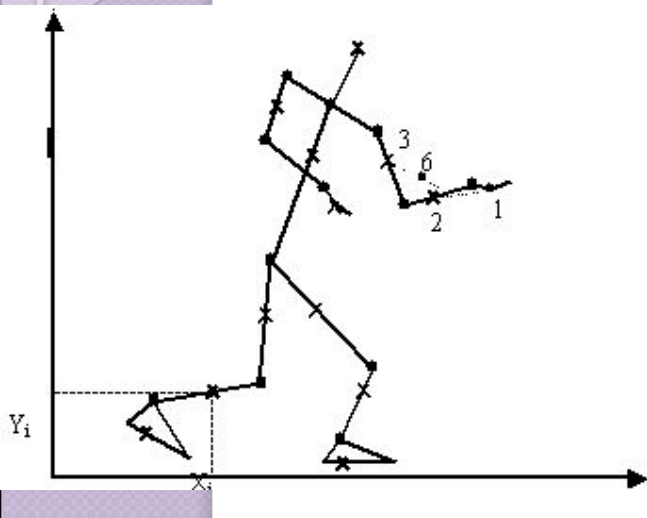
- индивидуализация техники,
- поиск наиболее оптимальных для каждого индивида движений



# Координаты

- Координата точки — это пространственная мера местоположения точки относительно системы отсчета.
- С точки зрения механики описать движение - это означает описать положение в любой момент времени, определить координаты опознавательных точек тела, по которым изучают ход движения в пространстве.

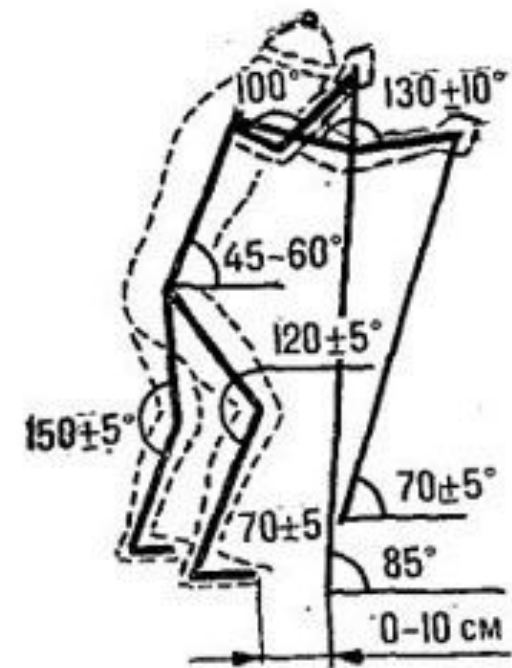
# Координаты



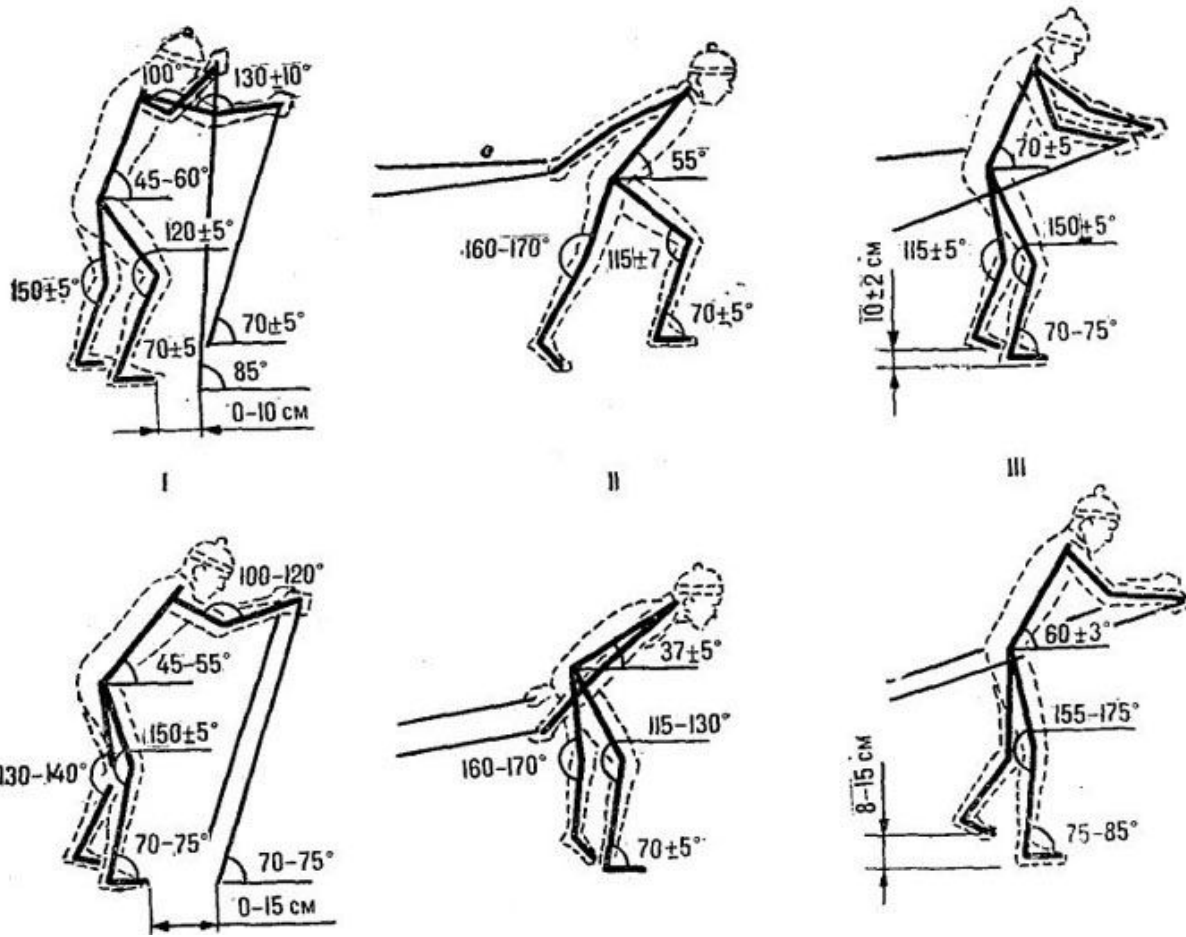
● Положение твердого тела в пространстве можно определить по положению (координатам) трех его точек, не лежащих на одной прямой.

Используют также координаты общего центра тяжести тела (ОЦТ) и угловые координаты относительно исходного положения (неподвижной системы отсчета).

- Положение системы тел, которая может изменять свою конфигурацию, определяют по положению каждого звена в пространстве. В этом случае удобно использовать угловые координаты, например, суставные углы или углы поворота звеньев, и по ним устанавливать позу тела как взаимное расположение звеньев.



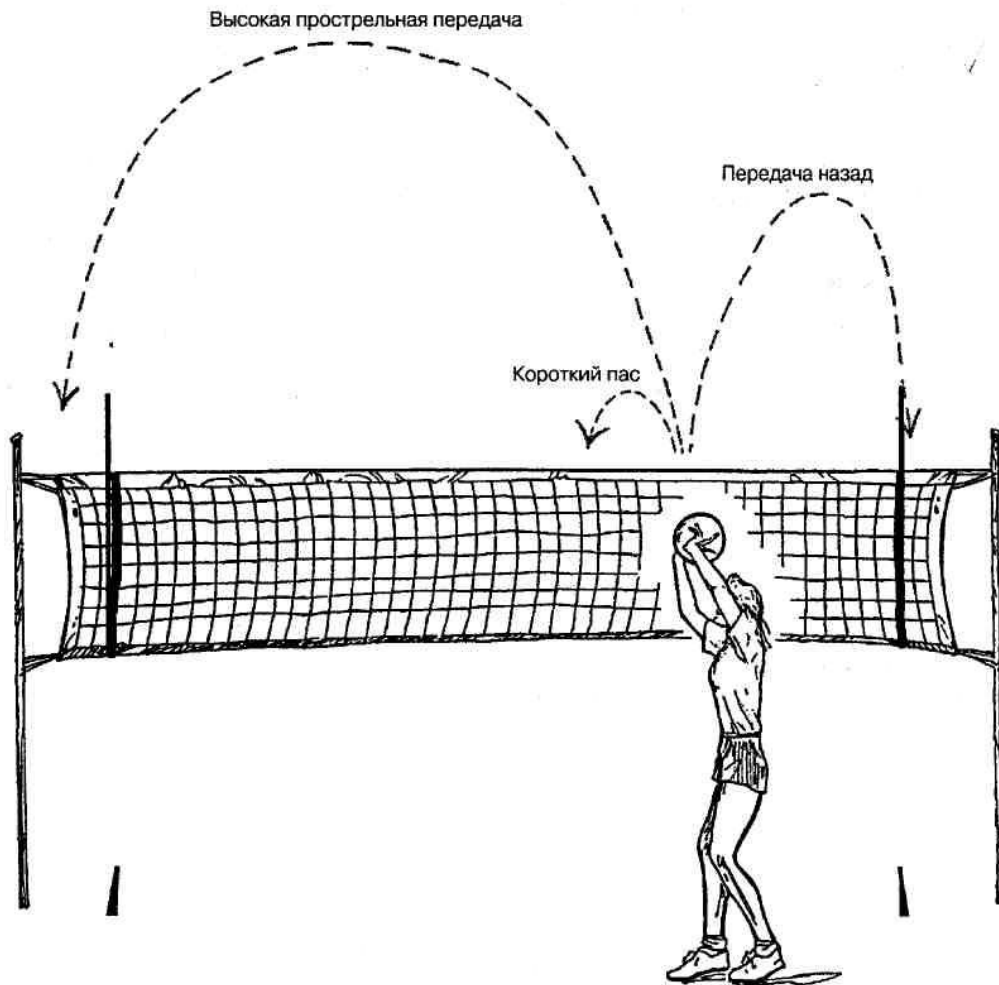
- При изучении движения определяют исходное положение, из которого движение начинается, конечное положение, в котором движение заканчивается, мгновенные (промежуточные) положения. Выделяют также начальное положение – положение в момент начала данного измерения.





# Траектория точки

- Траектория точки – это геометрическое место положения движущейся точки в рассматриваемой системе отсчета.

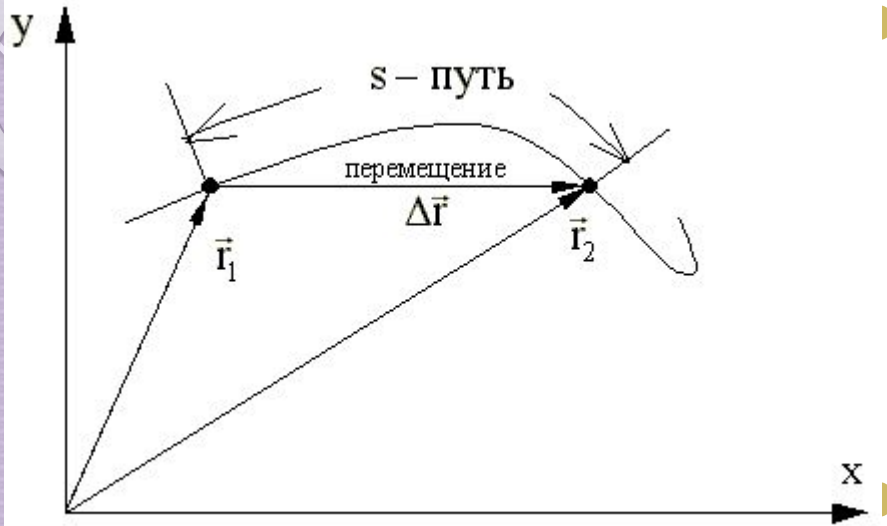


- На траектории выделяют ее длину, кривизну и ориентацию в пространстве.
- Траектория дает пространственный рисунок движения точки.

- Расстояние по траектории равно пути точки -  $L$ .
- Кривизна траектории показывает какова форма движения точки в пространстве. Кривизна траектории – величина обратная радиусу кривизны:

$$k = \frac{1}{R}$$

- Ориентация траектории в пространстве при одной и той же ее форме может быть разной. Ориентацию прямолинейной траектории определяют по координатам точек исходного (начального) и конечного положений; ориентацию криволинейной траектории – по координатам этих двух и третьей точки, не лежащей с ними на одной прямой.

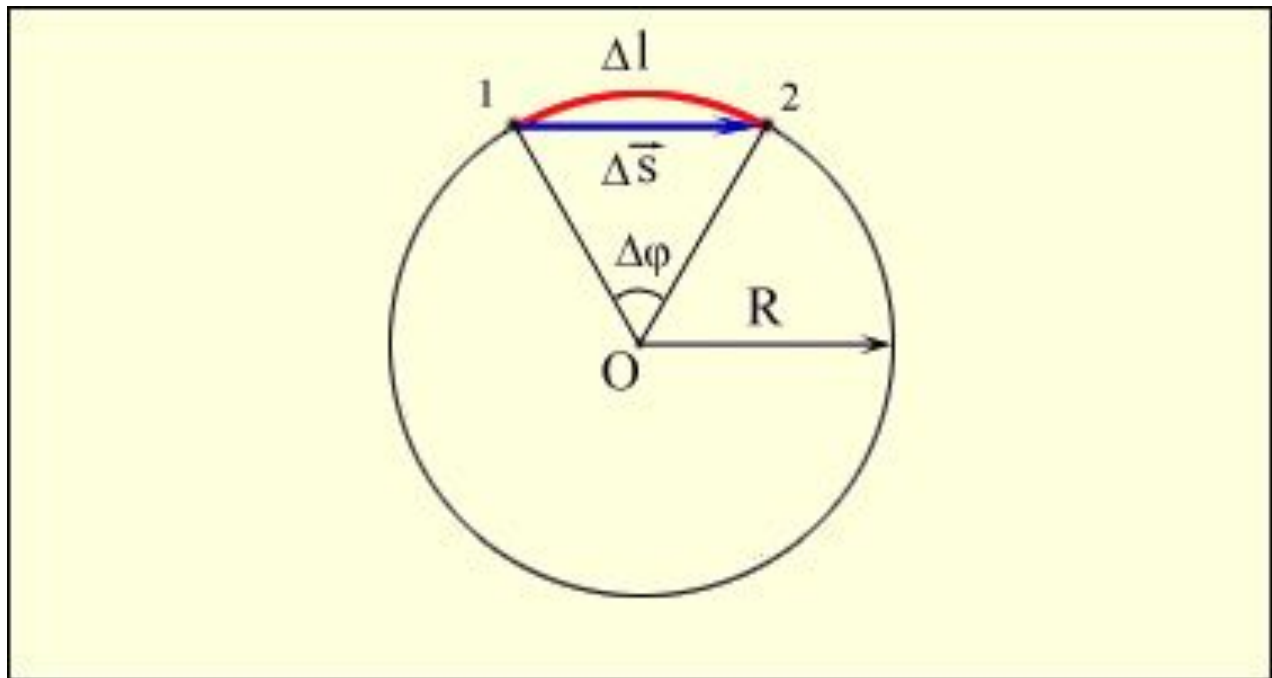


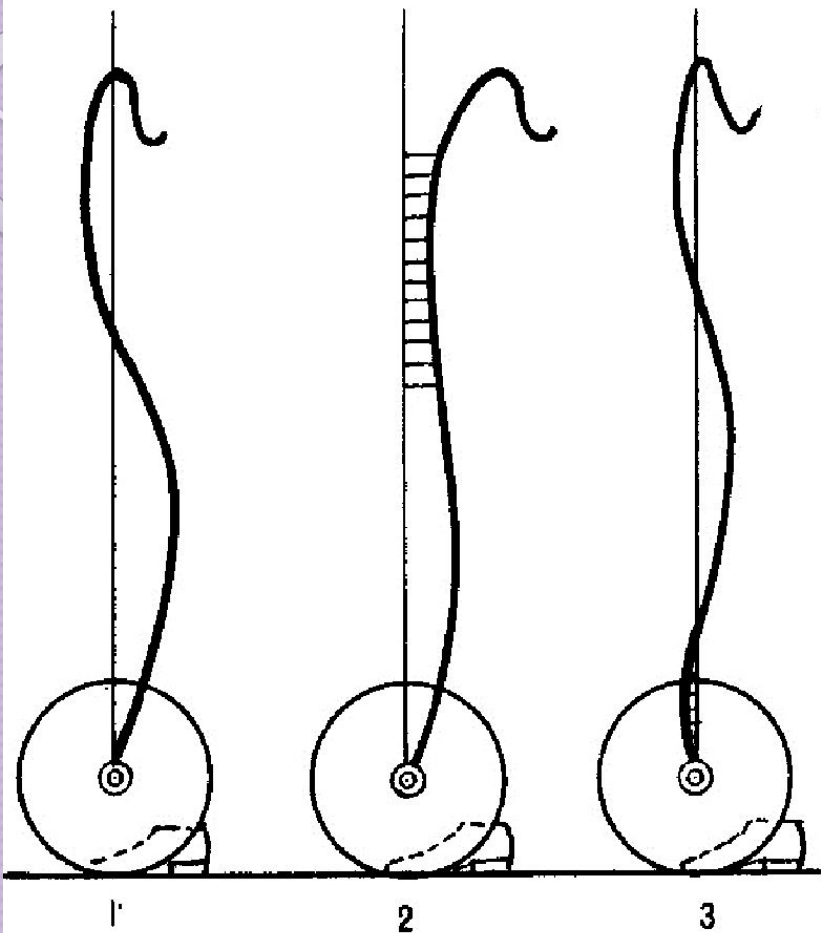
- Перемещение точки показывает в каком направлении и на какое расстояние сместилась точка, то есть перемещение определяет размах и направление движения.
- Линейное перемещение тела можно определить по линейному перемещению любой его точки, так как при этом все точки тела движутся одинаково – по подобным траекториям, с одинаковыми скоростями и ускорениями.

$$\Delta S = S_{кон} - S_{нач}$$

- Угловое перемещение тела определяют по углу поворота радиуса поворота. Следовательно любое перемещение тела в пространстве можно представить как геометрическую сумму его поступательного и вращательного движений.

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$$





- Перемещение системы тел (биомеханической системы), изменяющей свою конфигурацию, определить весьма сложно. Поэтому его иногда рассматривают как движение ОЦТ, либо сводят несколько звеньев в одно.

# Временные характеристики - раскрывают движение во времени

- Момент времени – временная мера положения точки, тела, системы тел.
- Момент времени определяют промежутком времени до него от начала отсчета.
- Выделяют не только момент начала и окончания движения, но и моменты существенно изменения движения – моменты смены фаз.

$t_1; t_2; t_1; t_1; t_1;$



# Временные характеристики

- Длительность движения – это его временная мера, которая измеряется разностью моментов времени окончания и начала движения:

$$\Delta t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}$$

Моменты, как границы между двумя смежными промежутками времени длительности не имеют.

- Величина обратная длительности движения называется темп или частота движений. Она измеряется количеством движений, повторяющихся в единицу времени:

$$f = 1 / \Delta t.$$

Частота движений – временная мера повторности движений. Она может служить показателем подготовленности в циклических видах спорта.

# Временные характеристики

- Ритм движений (временной) – это временная мера соотношения частей (фаз) движения.



ТН  
Д  
ер  
ни  
йс  
ап  
м.  
ом  
о в  
в  
ы а  
о п

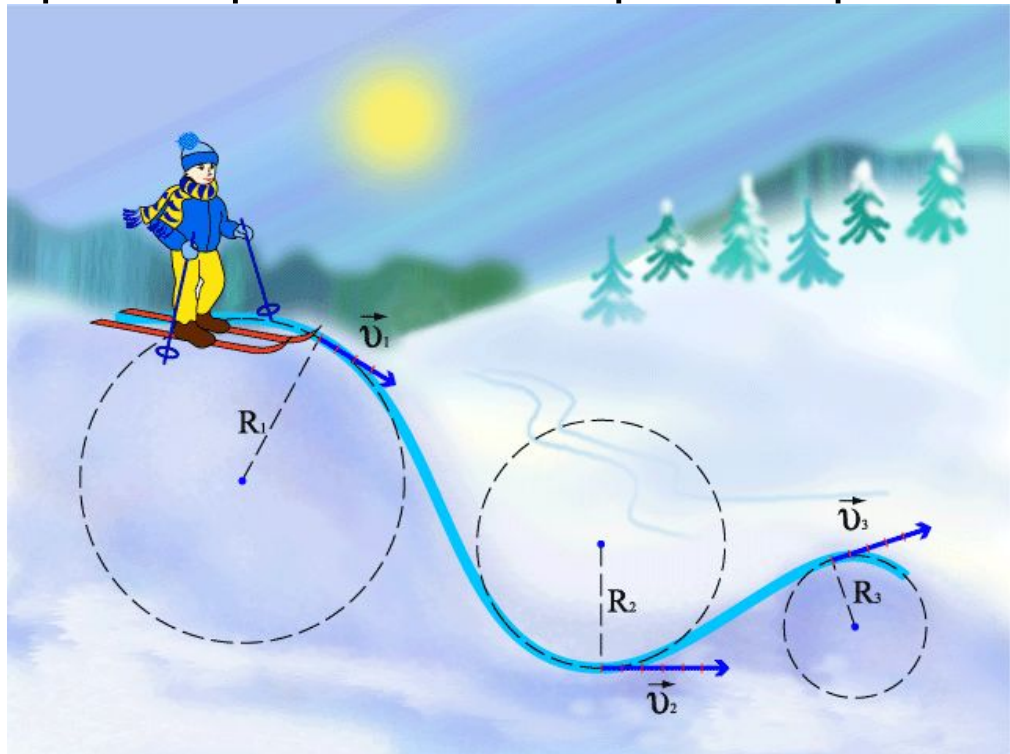


# Пространственно-временные характеристики

- Скорость точки – пространственно-временная мера движения точки (быстрота изменения ее положения).
- Она определяется отношением пути ко времени, за которое он был пройден, а точнее по изменению координат во времени.
- Так как скорость движения человека чаще всего не постоянная, а переменная (движение неравномерное и криволинейное), для разбора упражнений определяют мгновенные скорости, то есть скорости в данный момент времени или в данной точке траектории – своего рода скорости равномерного движения на очень малом отрезке траектории.
- Скорость величина векторная, то есть она характеризует – что, куда и как быстро движется.

# Пространственно-временные характеристики

- Линейная скорость точки в прямолинейном движении направлении по траектории, то есть вектор скорости совпадает с вектором перемещения.
- В криволинейном движении вектор скорости направлен по касательной к траектории в каждой рассматриваемой ее точке.



# Пространственно-временные характеристики

Скорость тела определяют по скорости его точек.

- При поступательном движении тела линейные скорости всех его точек одинаковы по величине и направлению:

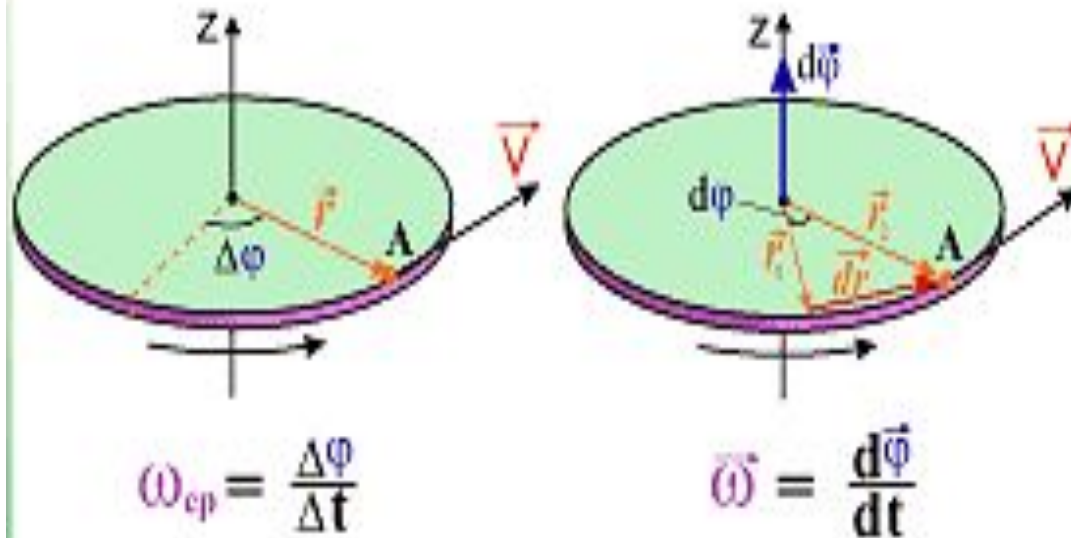
$$\vec{V} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

При вращательном движении определяют угловую скорость тела, как меру быстроты изменения его углового положения.

$$\vec{\omega} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

# Пространственно-временные характеристики

- Линейная скорость точки вращающегося тела равна произведению угловой скорости на радиус вращения этой точки.
- Чем больше расстояние от точки тела до оси вращения, тем больше линейная скорость этой точки.



$$\left. \begin{array}{l} \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \\ d\vec{r} = d\vec{\varphi} \times \vec{r} \end{array} \right\} \rightarrow \vec{v} = \frac{d\vec{\varphi} \times \vec{r}}{dt} \rightarrow \vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

- Ускорение точки - это пространственно-временная мера изменения движения, которая характеризует быстроту изменения скорости по величине и направлению.
- Ускорение измеряется отношением изменения скорости (угловой скорости) к затраченному на него времени.

$$\boxed{a} = \frac{\Delta S}{\Delta t^2}$$

$$\boxed{\varepsilon} = \frac{\Delta \omega}{t^2}$$

- Различают ускорения точки:
- а) положительное, имеющее одинаковое направление со скоростью, - скорость возрастает;
- б) отрицательное, имеющее направление, противоположное направлению скорости, - скорость убывает;
- в) нормальное - скорость прежняя, изменяется направление.

- Вектор ускорения проходит через главную нормаль и касательную к траектории и направлен в сторону вогнутости траектории. Для трехмерного движения, как и в случае со скоростью, необходимо работать с каждой из координат.
- Движение точки называется ускоренным (рис. 14), если численное значение ее скорости возрастает с течением времени и ускорение имеет положительное значение, т.е. происходит разгон. Движение точки называется замедленным (рис. 15), если численное значение ее скорости убывает с течением времени и ускорение имеет отрицательное значение, т.е. происходит торможение.

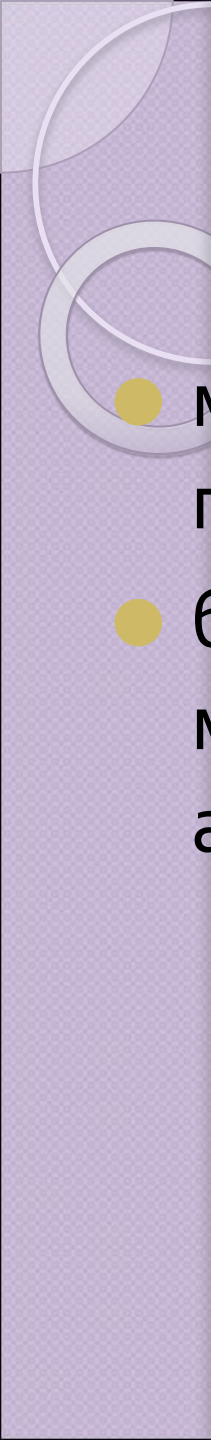
# Количественные характеристики

- измеряются или вычисляются (экспериментально или расчетно);
  - имеют численное значение;
  - выражают меру связи одной меры с другой.
- 
- Изучая количественные характеристики, дают определение (что это такое?) и устанавливают способ измерения (чем измеряется?)

# Качественные характеристики

- описываются словесно
- не имеют точной количественной меры



- 
- механические характеристики (например, перемещение, скорость, ускорение)
  - биологические характеристики (сила тяги мышцы, время суммарной электрической активности мышцы).