**§4 Ускорение.**

**Тангенциальная и нормальная  составляющие ускорения**

**Ускорение** – векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости движущегося тела по величине и направлению.

**Средним ускорением** точки в интервале времени Δt называется вектор аср, равный отношению приращения вектора скорости ΔV к промежутку Δt.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image002_0000.png

**Ускорением (мгновенным ускорением)**точки называется векторная величина a, равная первой производной скорости vпо времени (или вторая производная радиус - вектора http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image004.png по времени):

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image002_0001.png

  Ускорение точки в момент времени t равно пределу среднего ускорения http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image008_0000.png при http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image010_0000.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image012_0000.png

   В декартовой системе координат вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image014.png можно записать через его координаты:

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image016.png, где

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image018.png

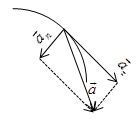
Модуль вектора ускорения

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image020.png

Вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image014_0000.png можно представить в виде суммы двух составляющих:

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image022.png- тангенциальная составляющая ускорения направлена по касательной к траектории точки и равна

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image024.png

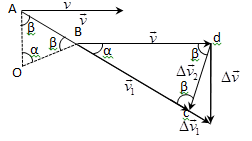
где вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image027.png – единичный вектор касательной, проведенной в точке траектории и направлении скорости http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image029.png

Векторы http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image022_0000.png и http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image031.png сонаправлены при равноускоренном движении; http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image033.png при http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image035.png т.е. при равнозамедленном движении.

Касательное ускорение http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image022_0001.png - характеризует быстроту изменения модуля вектора скорости точки (характеризует изменение скорости по величине).

Для равномерного движения:

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image002_0002.png

  
http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image040.png-нормальная составляющая ускорения (нормальное ускорение) направлена по нормали к траектории и рассматриваемой точке в сторону к центру кривизны траектории. Криволинейную траекторию можно представить как совокупность элементарных участков, каждый из которых может рассматриваться как дуга окружности некоторого радиуса R (называемого радиусом кривизны кривой в окружности данной точки траектории)

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image042.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image044.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image046.png

  Нормальное ускорение характеризует быстроту изменения направления вектора скорости (характеризует изменение скорости по направлению).

Модуль полного ускорения:

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image048.png

Классификация движений зависит от тангенциальных и нормальных составляющих:

1)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image050.png

2)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image052.png                 http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image054.png

3)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image056.png http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image058.png

4)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image060.png

5)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image062.png

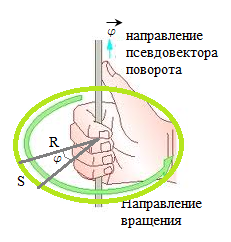
6)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image064.png http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image066.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image068.png

7)http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image070.png http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image072.png

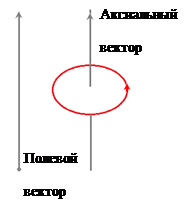
**§5 Кинематика вращательного движения**

Поворот тела на некоторый угол *φ* можно описать с помощью вектора, длина которого равна *φ*, а направление совпадает с осью вращения и определяется по правилу правого винта (буравчика, правой руки):

Четыре пальца правой руки – по направлению вращения, согнутый большой палец укажет направление вектора http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image003_0001.png.

Направление вектора поворота φ, связывается с направлением вращения **правилом правой руки**. Такие векторы называют аксиальными (осевыми) или псевдовекторами, чтобы подчеркнуть их отличие от обычных (иногда называемых полевыми) векторов. Угловой скоростью называют вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image005_0004.png который численно равен первой производной от угла поворота http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image003_0002.png по времени *t* и направлен вдоль неподвижной оси по правилу правой руки.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image009_0000.png

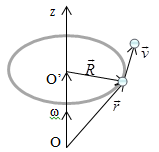
Угловая скорость http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image005_0005.png, как и http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image011.pngявляется аксиальным вектором. Аксиальные векторы не имеют определённых точек приложения, они могут откладываться из любой точки оси вращения. Часто их откладывают от неподвижной точки оси вращения, принимаемой одновременно за начало координат системы отчёта. Вращение тела называют равномерным, если http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image013_0000.png.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image015_0000.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image017_0000.png

Скорость http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image019_0000.png точки в отличие от угловой скорости http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image005_0006.png, тела называют линейной скоростью. Она направлена перпендикулярно как к оси вращения (т.е. к вектору http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image005_0007.png), так и радиус - вектору  *R*, проведённому в точку *Р* из центра окружности *О* и равна их векторному произведению:

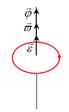
http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image021_0000.png

Равномерное вращение можно  характеризировать периодом вращения *Т*, под которым понимают время, за которое тело делает один оборот, т.е. поворачивается на угол http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image024_0000.png. Тогда http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image026_0000.png - связь угловой скорости с периодом обращения.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image028_0000.png

Частота вращения - число оборотов в единицу времени http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image030_0000.png     http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image032_0000.png ;   http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image034_0000.png.

В случае переменного вращательного движения угловая скорость http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image036_0000.png        материальной точки не изменяется как по величине, так и по направлению. Для характеристики быстроты изменения вектора угловой скорости http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image036_0001.png  при неравномерном вращении вокруг неподвижной оси вводится вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image038_0000.png       углового ускорения тела, равный первой производной от его угловой скорости http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image036_0002.png  по времени.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image044_0000.png

Вектор http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image038_0001.png так же является аксиальным (или псевдовектором). Векторы http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image038_0002.png и  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image036_0003.png сонаправлены при ускоренном вращении (http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image046_0000.png) и http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image048_0000.png          противоположно направлены при замедленном вращении.

 (http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image050_0000.png)

Ускорение http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image052_0000.png произвольной точки *Р* тела в отличие от углового ускорения http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image038_0003.png тела называет линейным ускорением.

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image054_0000.png

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image056_0000.png

Для равноускоренного вращательного движения можно записать:

http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image058_0000.png

**Связь линейных и угловых величин:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image060_0000.png        http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image062_0000.png      http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image064_0000.png | http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image003_0003.png        http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image066_0000.png      http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image068_0000.png | http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image070_0000.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image072_0000.png        http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image074.png    http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image076.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image078.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image080.png | http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image082.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image084.png    http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image086.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image088.png    http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image090.png  http://www.bog5.in.ua/lection/mechanics_lect/image_mech/clip_image092.png |