МОУ Аннинский лицей

Кинематика криволинейного движения материальной точки

Выполнила: ученица X класса «А»
Катасонова Наталья
Проверила: учитель физики
Шевцова Э.Н.

Криволинейное движение

Криволинейное движение тел, которые в данных условиях движения можно принять за материальные точки, часто встречается в повседневной жизни: поворачивают поезда и автомобили, велосипедисты и мотоциклисты на треке и т.д.

Пример 1. Самолёты в небе.

Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

Пример 2. Движение по горному серпантину.

Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

Пример 3. Аттракцион «Американские горки».

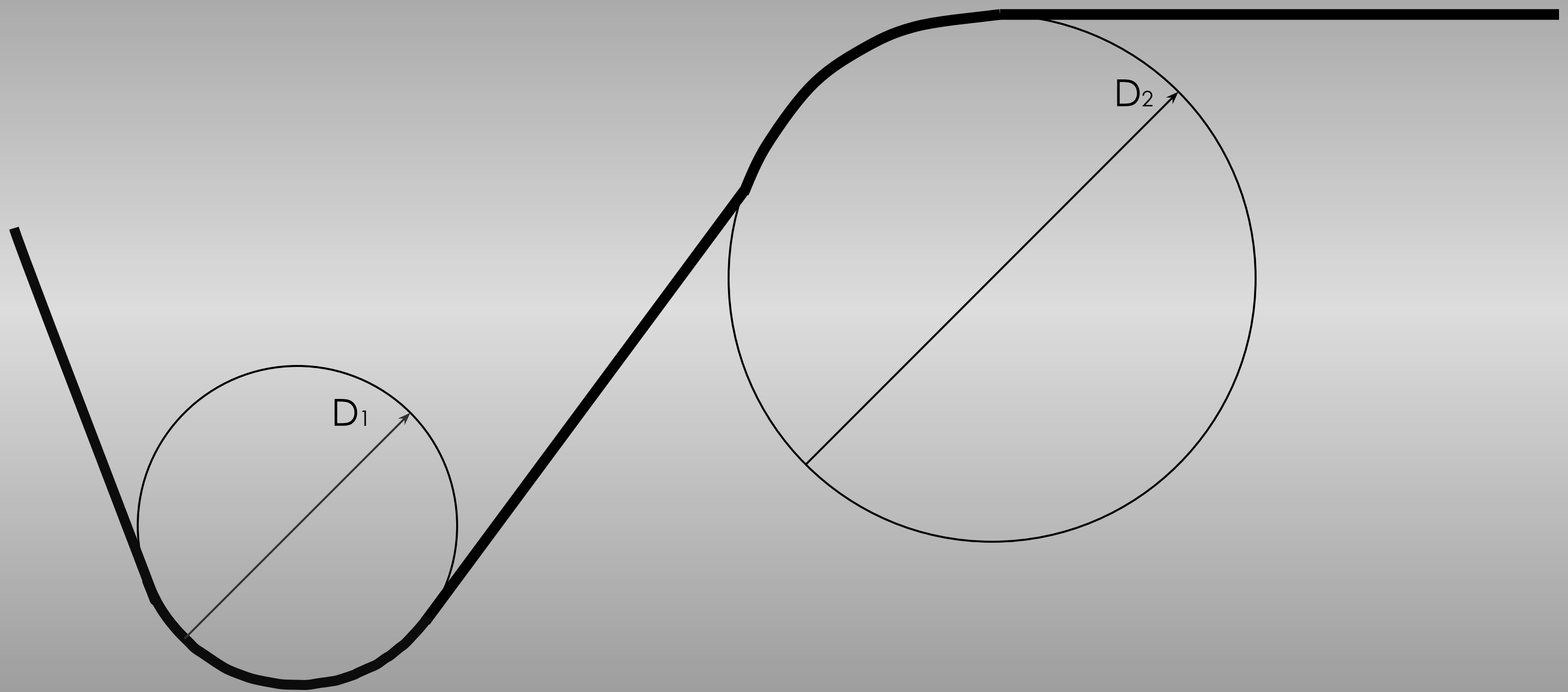
Пример 4. Аттракцион в аквапарке.

Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

Пример 5. Движение по велотреку.

Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Криволинейное движение можно рассматривать как движение по дугам окружностей и сопряжёнными с ними прямолинейным участкам.



Не менее распространено движение по окружности.

Скорость движения может оставаться постоянной по величине: практически с постоянной по модулю скоростью движутся Луна вокруг Земли и Земля вокруг Солнца.

Нередки случаи, когда линейная скорость движения меняется. Например, когда колесо обозрения только начинает вращаться, скорость кабинок увеличивается, а когда заканчивает – скорость уменьшается.

Прямолинейное движение можно рассматривать как движение по окружности бесконечно большого радиуса, что не может не наталкивать на мысль об описании движения по окружности с использованием метода аналогий.

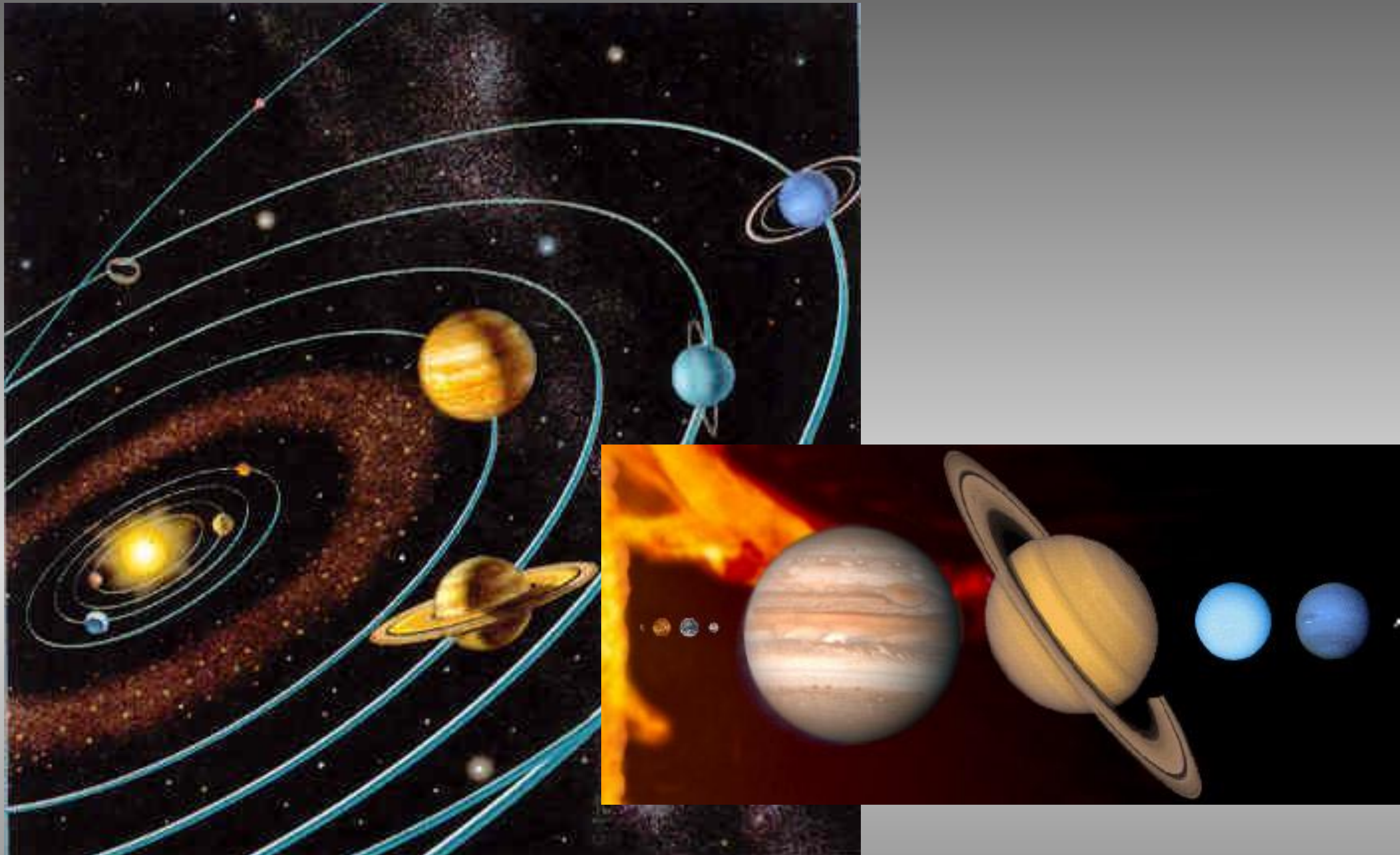


Рисунок 1. Движение планет (модель Солнечной системы)

Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

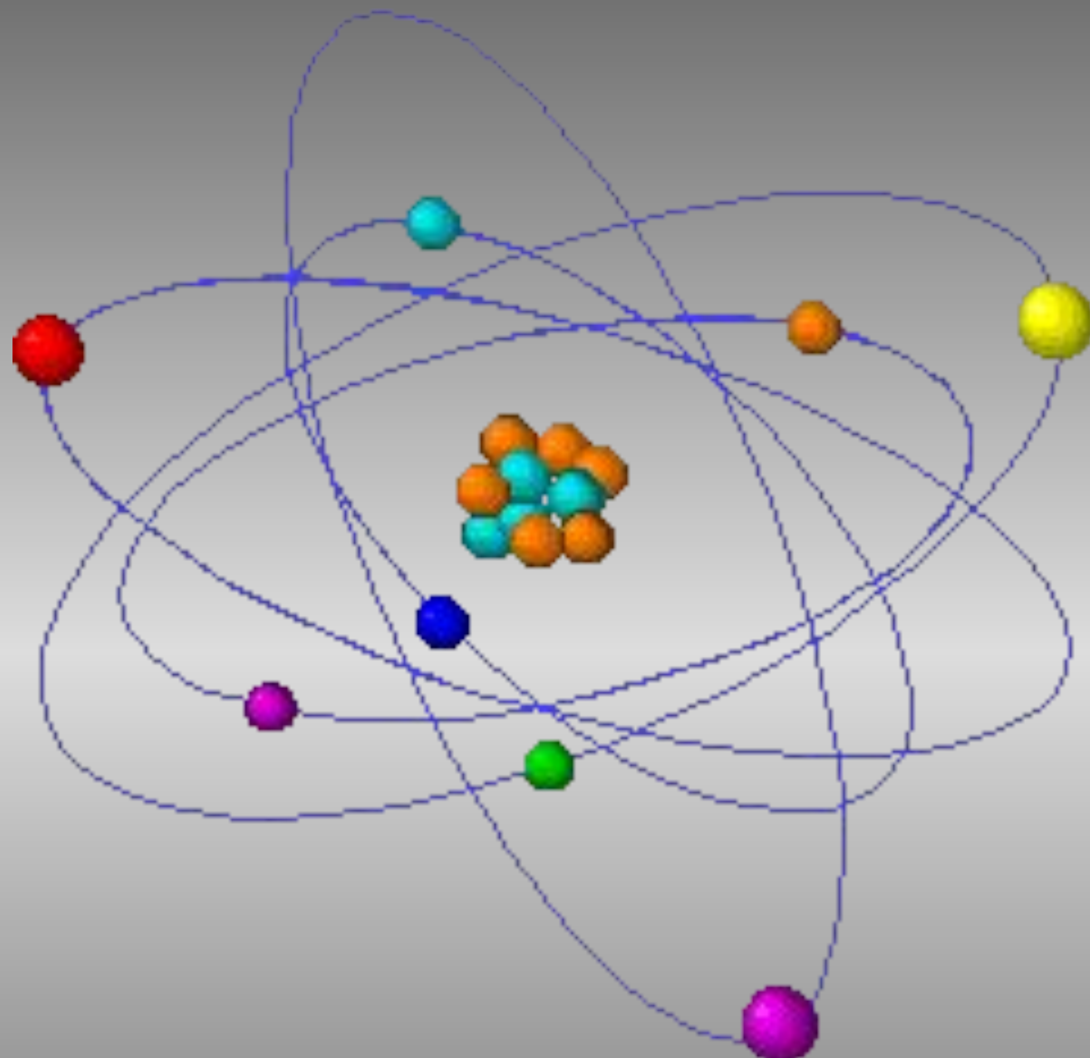


Рисунок 2. Движение электрона в планетарной модели атома

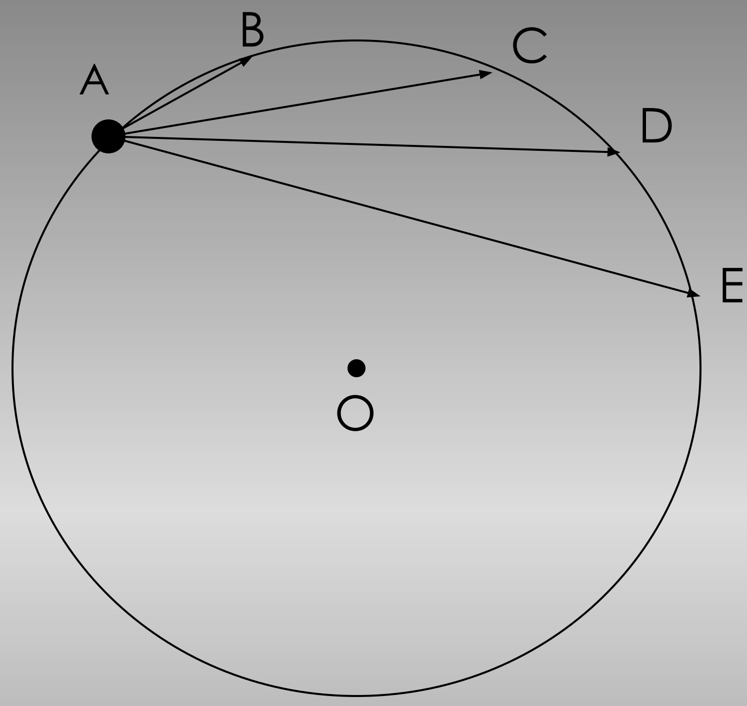
Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

Рисунок 4. Карусель.

Рисунок 3. Работающие аттракционы.

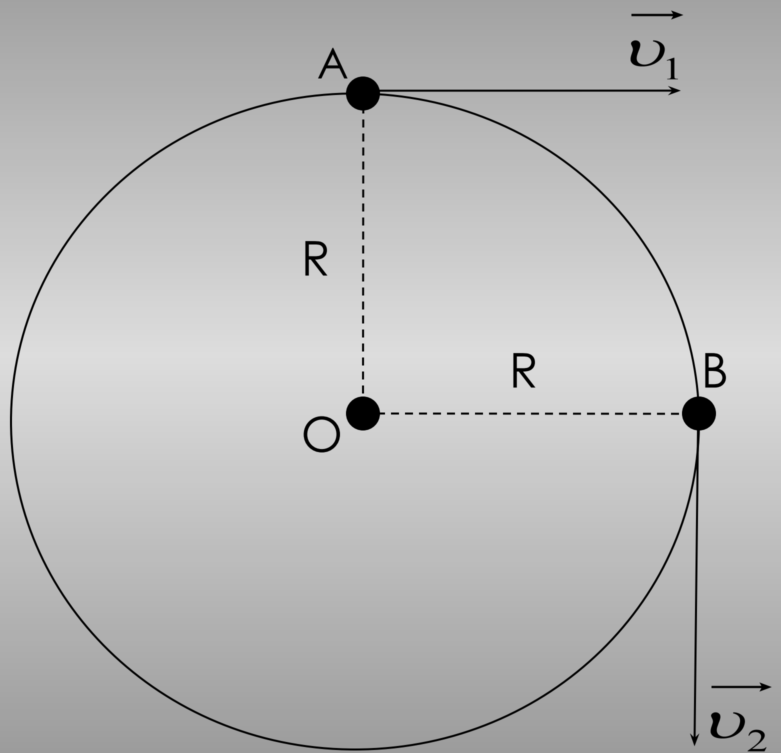
Рисунок 5. Синхротрон Soleil, Париж.

Движение по окружности.

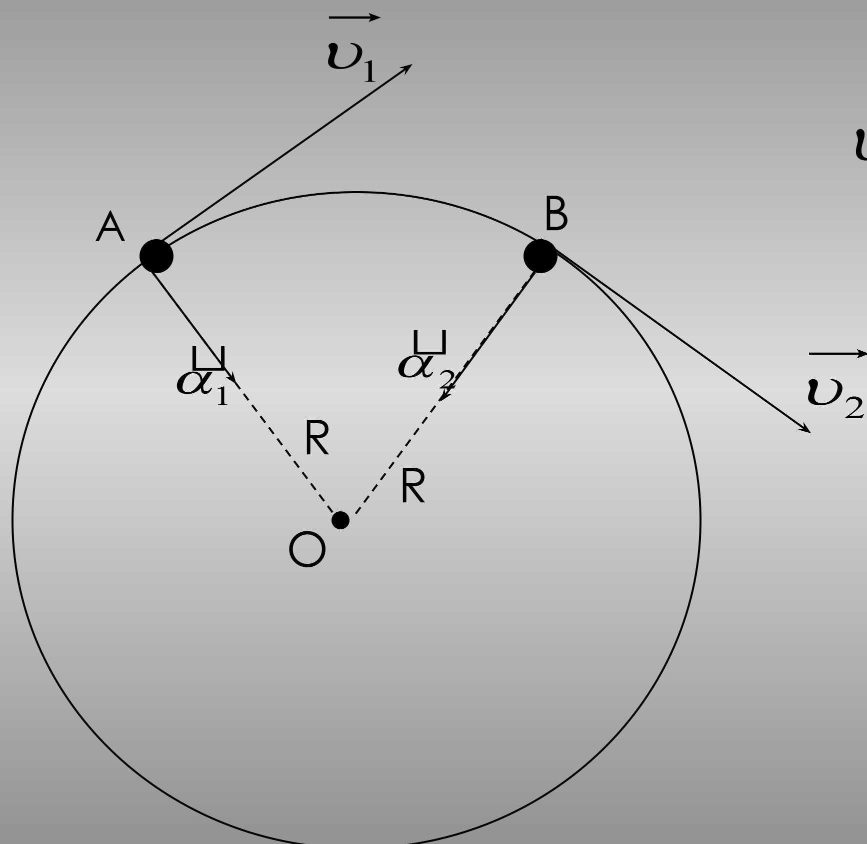


Перемещение совпадает с хордой, поэтому средняя скорость направлена вдоль хорды: ($\vec{\upsilon} \uparrow\uparrow \vec{s}$)

Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к окружности в данной точке, т. к. хорда стягивается в точку.



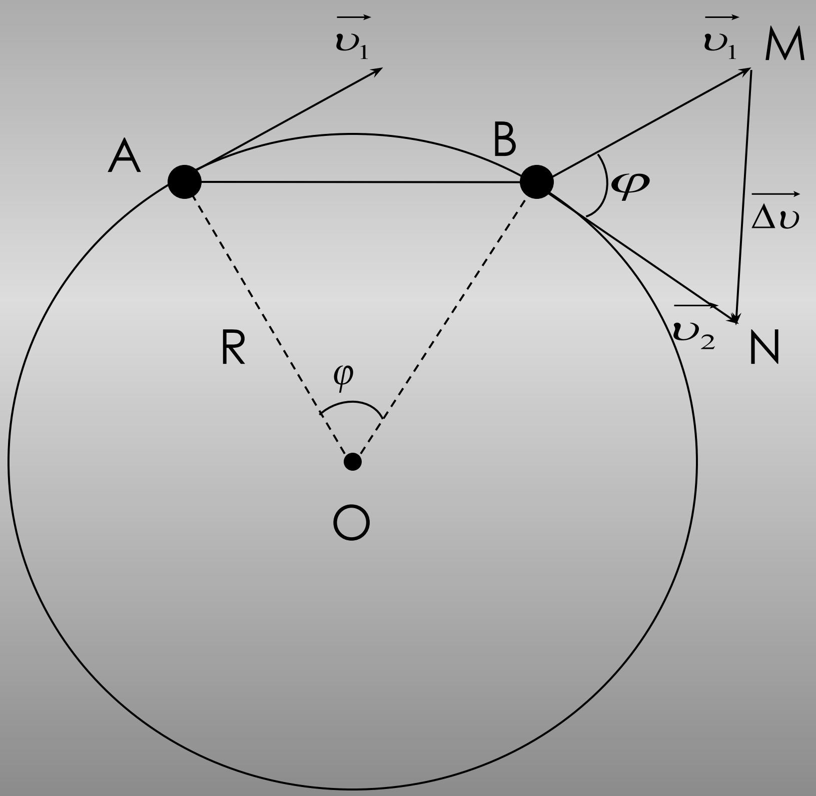
При движении по окружности направление вектора скорости меняется при переходе из точки в точку; если модуль вектора скорости не меняется, то вектор изменения скорости направлен к центру окружности, поэтому тело движется с центростремительным ускорением.



$$\upsilon_1 = \upsilon_2 = \upsilon_3$$

Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Вывод формулы для расчёта центростремительного ускорения.



$$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1}{t} = \frac{\overrightarrow{\Delta\upsilon}}{t}$$

$$\vec{a} \uparrow\uparrow \overrightarrow{\Delta\upsilon}$$

$$\Delta AOB \infty \Delta MBN$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{AB}{AO} = \frac{MN}{MB}$$

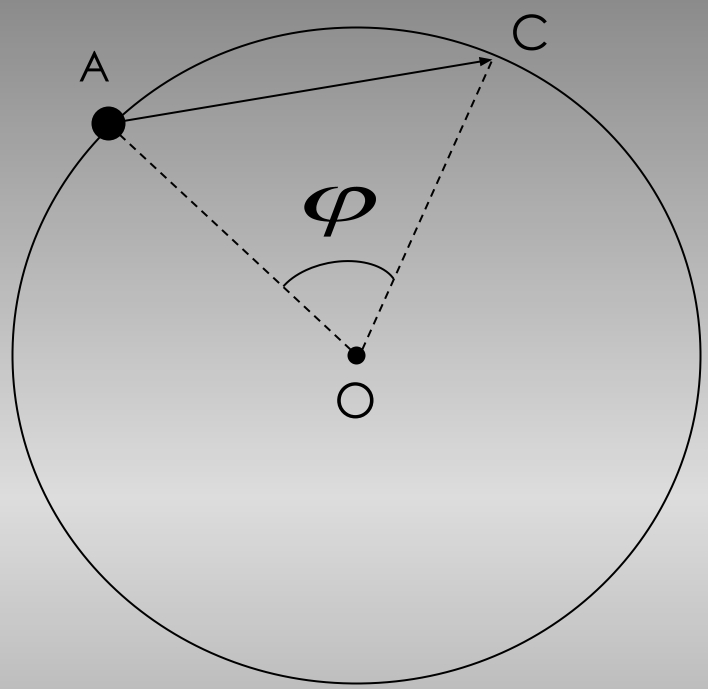
$$\frac{\upsilon t}{R} = \frac{\Delta\upsilon}{\upsilon}$$

$$a = \frac{\Delta\upsilon}{t} = \frac{\upsilon^2}{R}$$

$$a = \frac{\upsilon^2}{R}$$

Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Угловое перемещение при движении по окружности.



Движение по окружности можно характеризовать углом поворота радиус-вектора φ, называемого угловым перемещением. По аналогии с поступательным движением можно ввести понятие угловой скорости.

Описание вращательного движения.

Линейная скорость.

$$\upsilon = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R n$$

$$T = \frac{t}{N}, \quad [T] = c$$

T – период вращения;

t – время;

N – число оборотов.

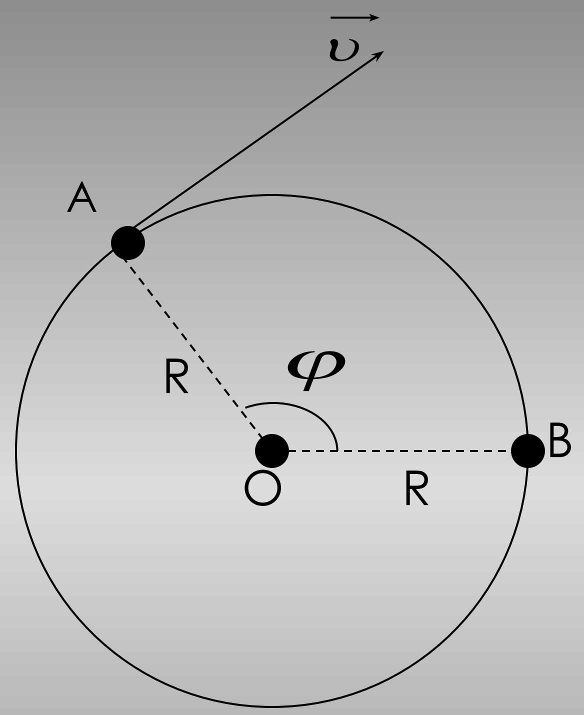
$$n = \frac{N}{t}, \quad [n] = \frac{об}{c}$$

$$\Downarrow$$

$$n = \frac{1}{T}$$

n – частота вращения.

Угловая скорость.

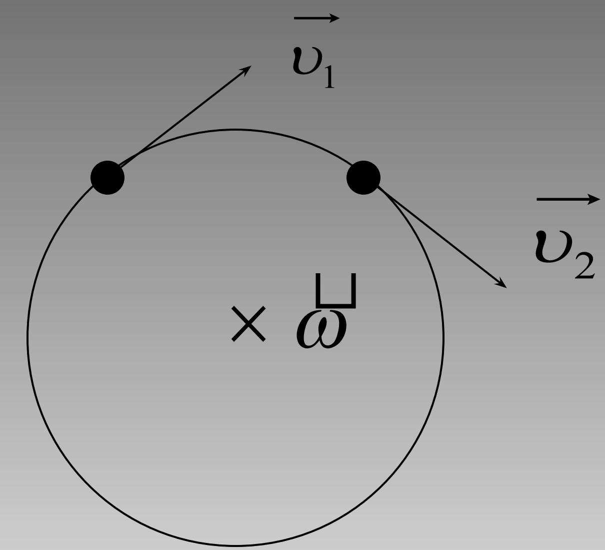


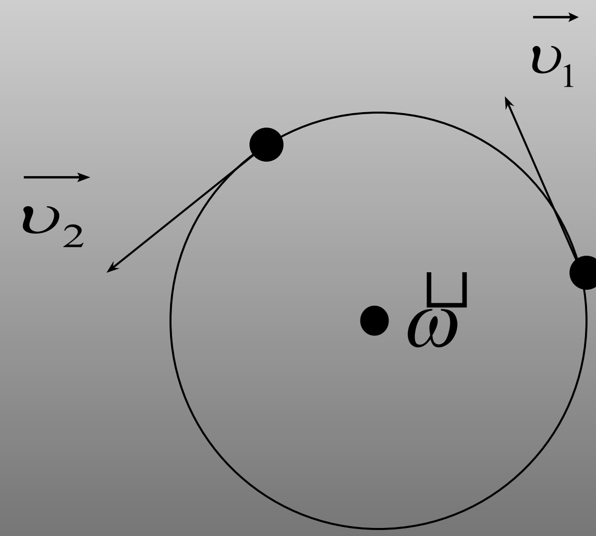
$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n, \quad [\omega] = \frac{рад}{c}$$

1 радиан – угол, стягиваемый дугой, длина которой равна R.

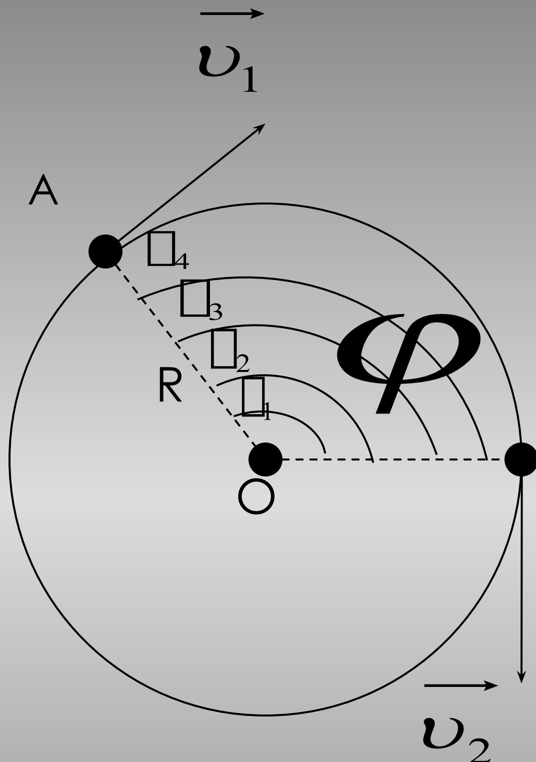
Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Угловую скорость принято рассматривать как вектор, направленный вдоль оси вращения по правилу правого винта: Если винт вращать в направлении движения тела по окружности, то направление поступательного движения винта совпадёт с направлением вектора угловой скорости.





Связь линейной и угловой скоростей.



$$\upsilon = 2\pi R n$$

$$\omega = 2\pi n$$

$$\frac{\upsilon}{\omega} = \frac{2\pi R n}{2\pi n} = R$$

$$\upsilon = \omega R$$

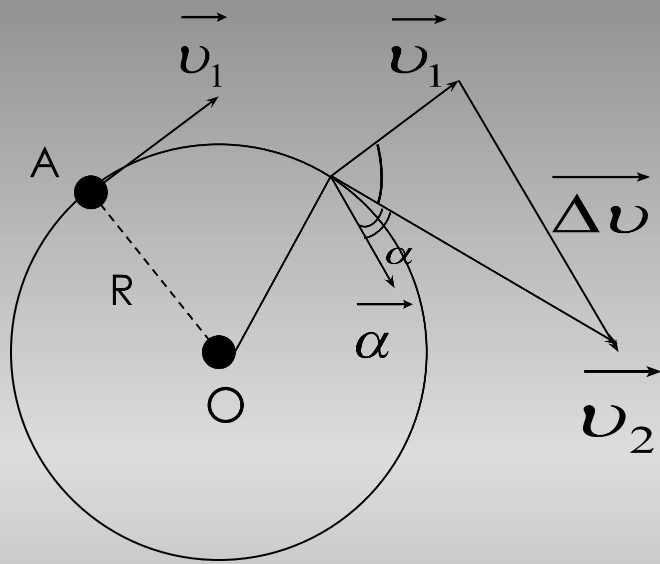
При вращательном движении точек, лежащих на одном радиусе, угловая скорость не меняется, а линейная увеличивается по мере удаления точки от центра окружности.

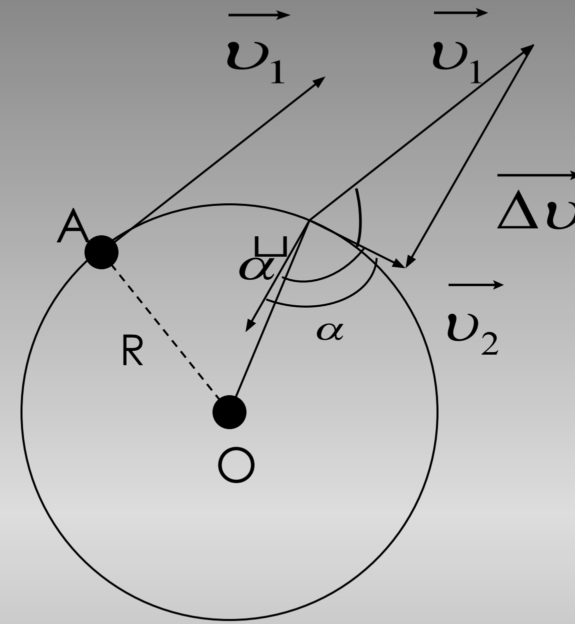
Центростремительное ускорение.

$$a = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R = 4\pi^2 n^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Скорость движения по окружности изменяется:





Если скорость при движении по окружности возрастает, то векторы скорости и ускорения образуют острый угол.

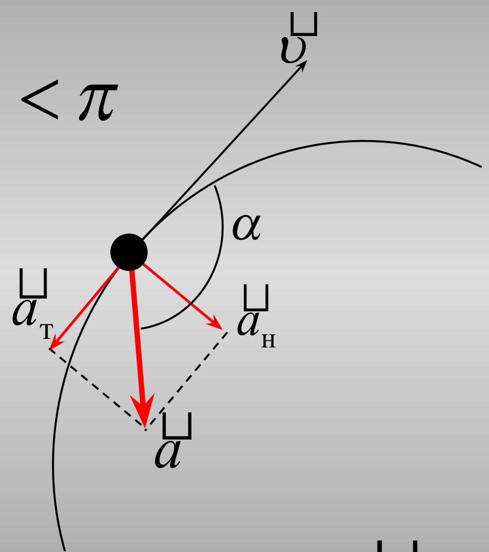
Если скорость при движении по окружности убывает по модулю, то векторы скорости и ускорения образуют тупой угол.

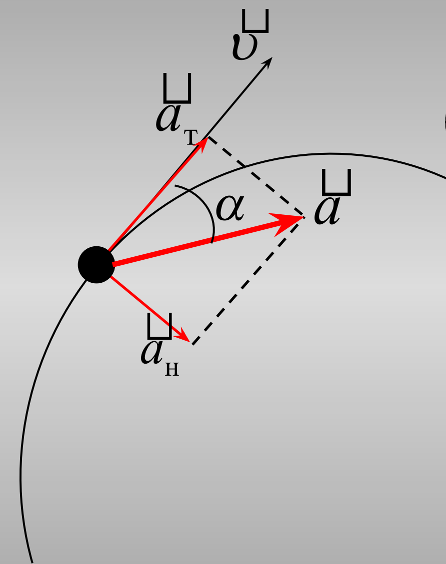
Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

Вектор ускорения при прямолинейном движении может быть направлен к вектору скорости под любым углом в пределах от 0 до π.

Его можно представить в виде двух составляющих: тангенциальной и нормальной.

$$\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$$





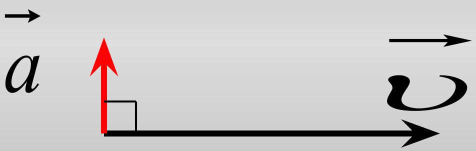
$$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{т}} + \vec{a}_{\text{н}}$$

$$a = \sqrt{a_{\text{т}}^2 + a_{\text{н}}^2}$$

- Нормальное (центростремительное) ускорение $a_{н}$ характеризует изменение вектора линейной скорости **по направлению** и направлено перпендикулярно вектору скорости в сторону вогнутости траектории.
- Тангенциальное (линейное) ускорение $a_{т}$ характеризует изменение вектора линейной скорости **по величине** и направлено по касательной в данной точке траектории.
- Если за любые равные промежутки времени линейная скорость изменяется по величине одинаково, то величина тангенциального ускорения будет оставаться постоянной.

Классификация движений.

	$\vec{\upsilon} \uparrow\uparrow \vec{a}$	прямолинейное равноускоренное
	$\vec{\upsilon} \uparrow\downarrow \vec{a}$	прямолинейное равнозамедленное
	$\vec{\upsilon} \perp \vec{a}$	движение по окружности с постоянной по модулю скоростью
	$0 < \alpha < 90^\circ$	криволинейное с возрастающей скоростью
	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	криволинейное с убывающей скоростью

Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей

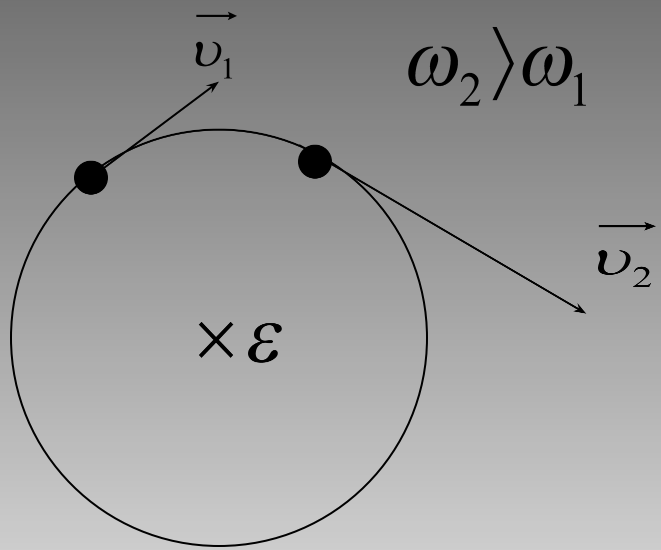
Угловое ускорение.

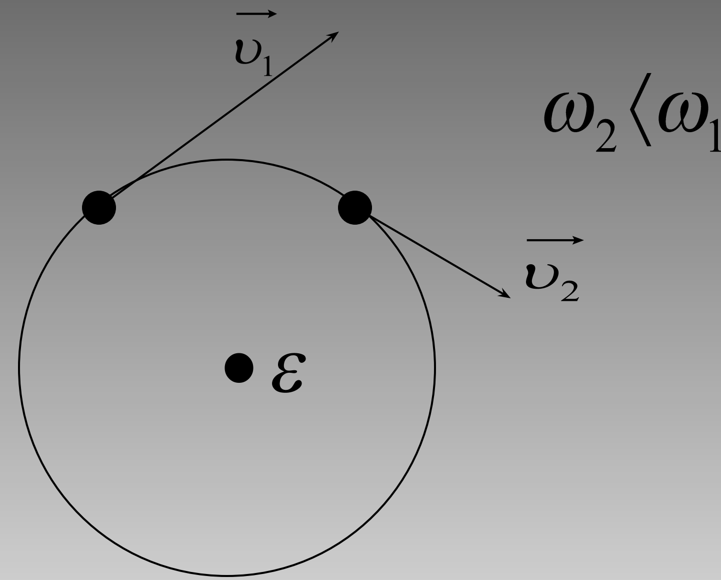
Изменение угловой скорости можно по аналогии характеризовать угловым ускорением:

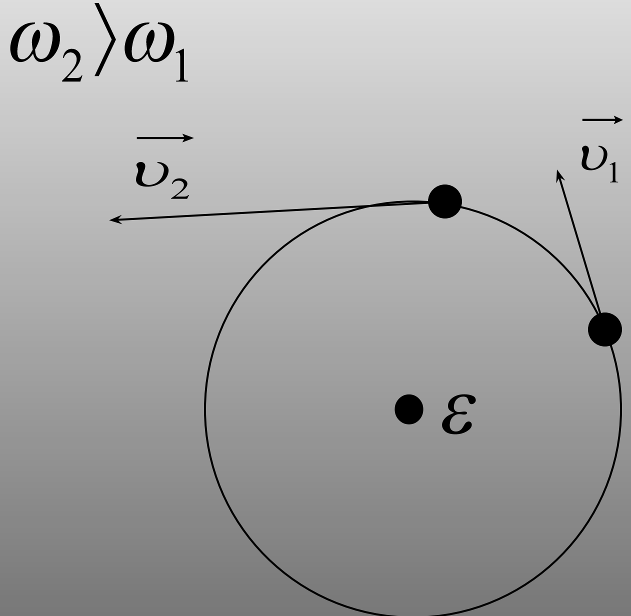
$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{\Delta\omega}{t} \qquad [\varepsilon] = \frac{рад}{с^2}$$

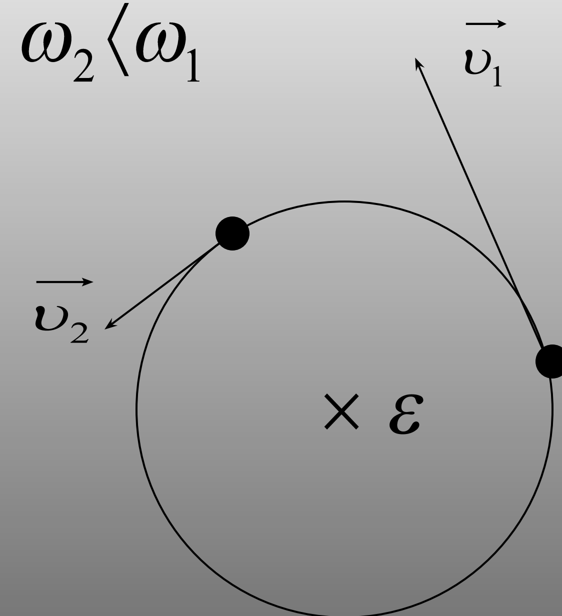
Угловое ускорение - векторная физическая величина. Направление вектора углового ускорения определяется правилом буравчика с правой резьбой.

Для определения направления вектора углового ускорения следует вращать буравчик по направлению движения тела по окружности. Вектор углового ускорения совпадает с направлением поступательного перемещения буравчика, если скорость возрастает и противоположен ему, если скорость убывает.


$\vec{\upsilon}_1$
$\omega_2 \rangle \omega_1$
$\vec{\upsilon}_2$
$\times \varepsilon$


$\vec{\upsilon}_1$
$\omega_2 \langle \omega_1$
$\vec{\upsilon}_2$
$\bullet \varepsilon$


$\omega_2 \rangle \omega_1$
$\vec{\upsilon}_1$
$\vec{\upsilon}_2$
$\bullet \varepsilon$


$\omega_2 \langle \omega_1$
$\vec{\upsilon}_1$
$\vec{\upsilon}_2$
$\times \varepsilon$

Сравнительная таблица

Прямолинейное движение		**Вращательное движение**	
Линейное перемещение	S	Угловое перемещение	φ
Линейная скорость	v	Угловая скорость	ω
Линейное ускорение	a	Угловое ускорение	ε

Вращательное движение твёрдых тел – тоже распространённый вид механического движения. Вращаются пропеллеры самолётов и гребные винты судов, лопасти гидротурбин и роторы электродвигателей, антенны радиолокаторов.

Вращательное движение твёрдых тел можно описывать, используя аналогию с вращательным движением материальной точки.

Примеры вращательного движения твёрдых тел

Катасонова Н., МОУ Аннинский
лицей

Использованные информационные материалы

- Учебник для 10 класса с углублённым изучением физики под редакцией А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. М. : «Просвещение», 2005.
- Факультативный курс физики. О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А. В. Пономарева. М. : «Просвещение», 1977 г.
- Трофимова Т. И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1990.
- Интернет