

# 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. Атракцион «Американские горки».**

Катасонова Н., МОУ Аннинский  
лицей



**Пример 4. Атракцион в аквапарке.**

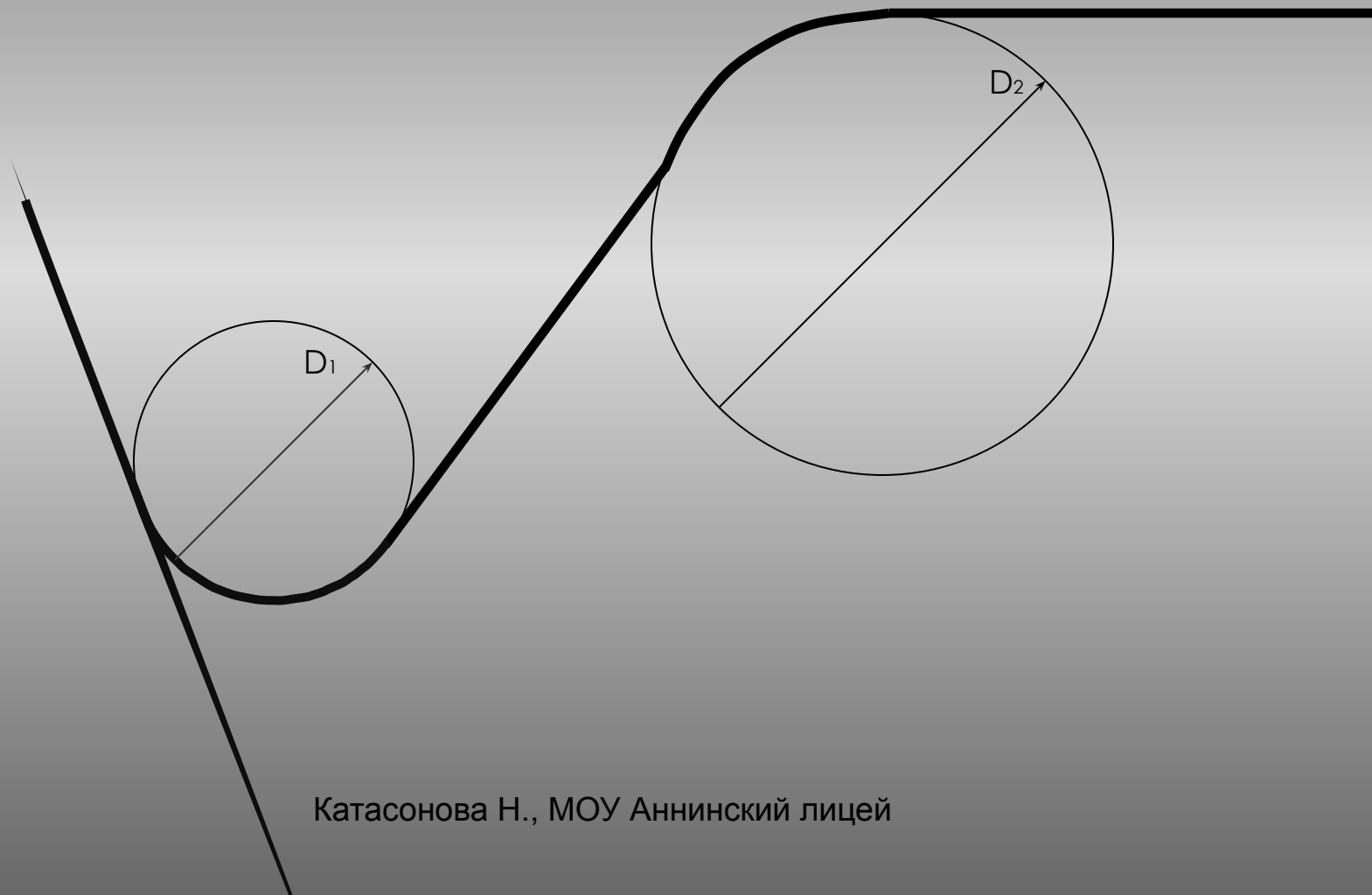
Катасонова Н., МОУ Аннинский  
лицей



## 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.



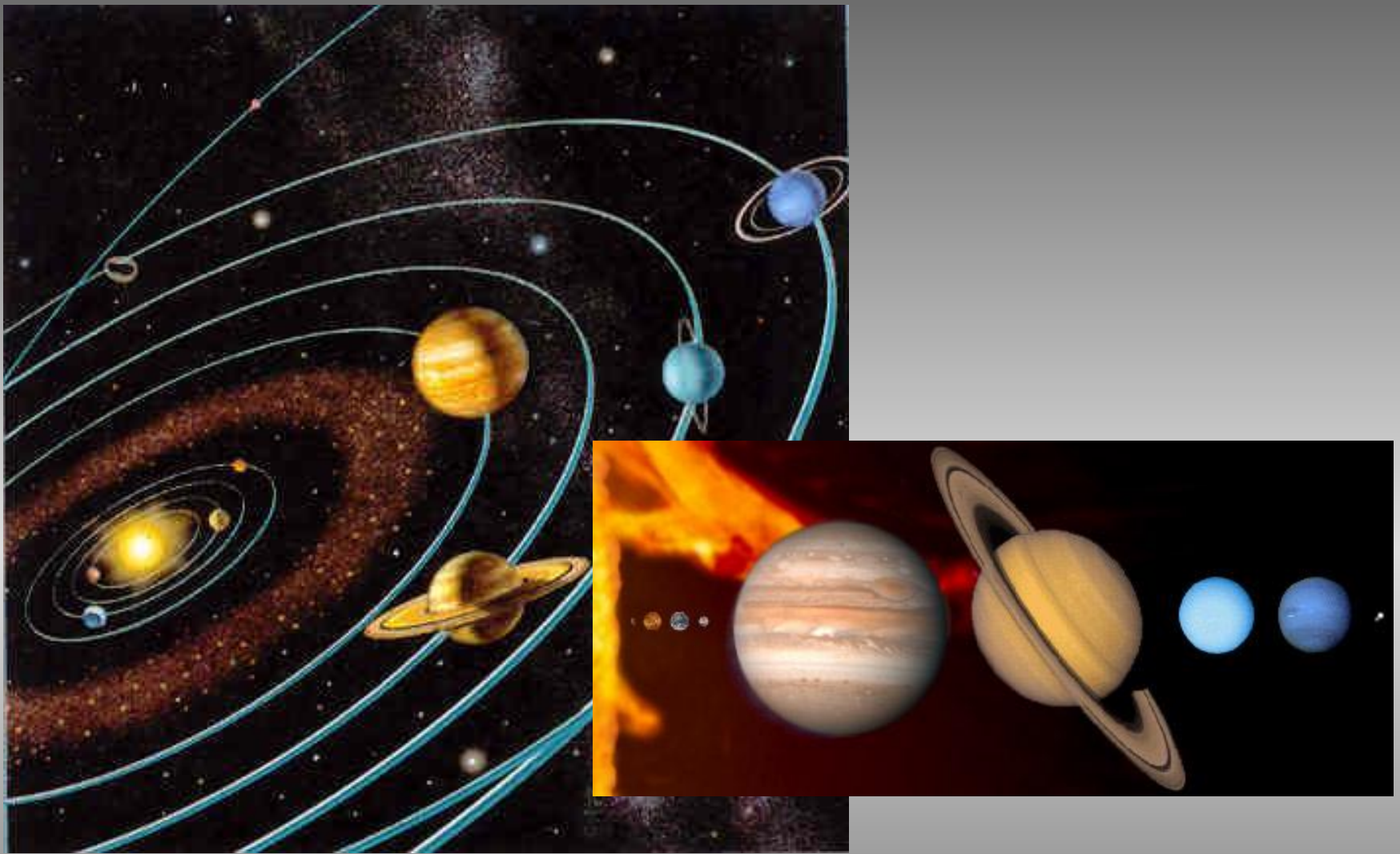


Не менее распространено движение по окружности.

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

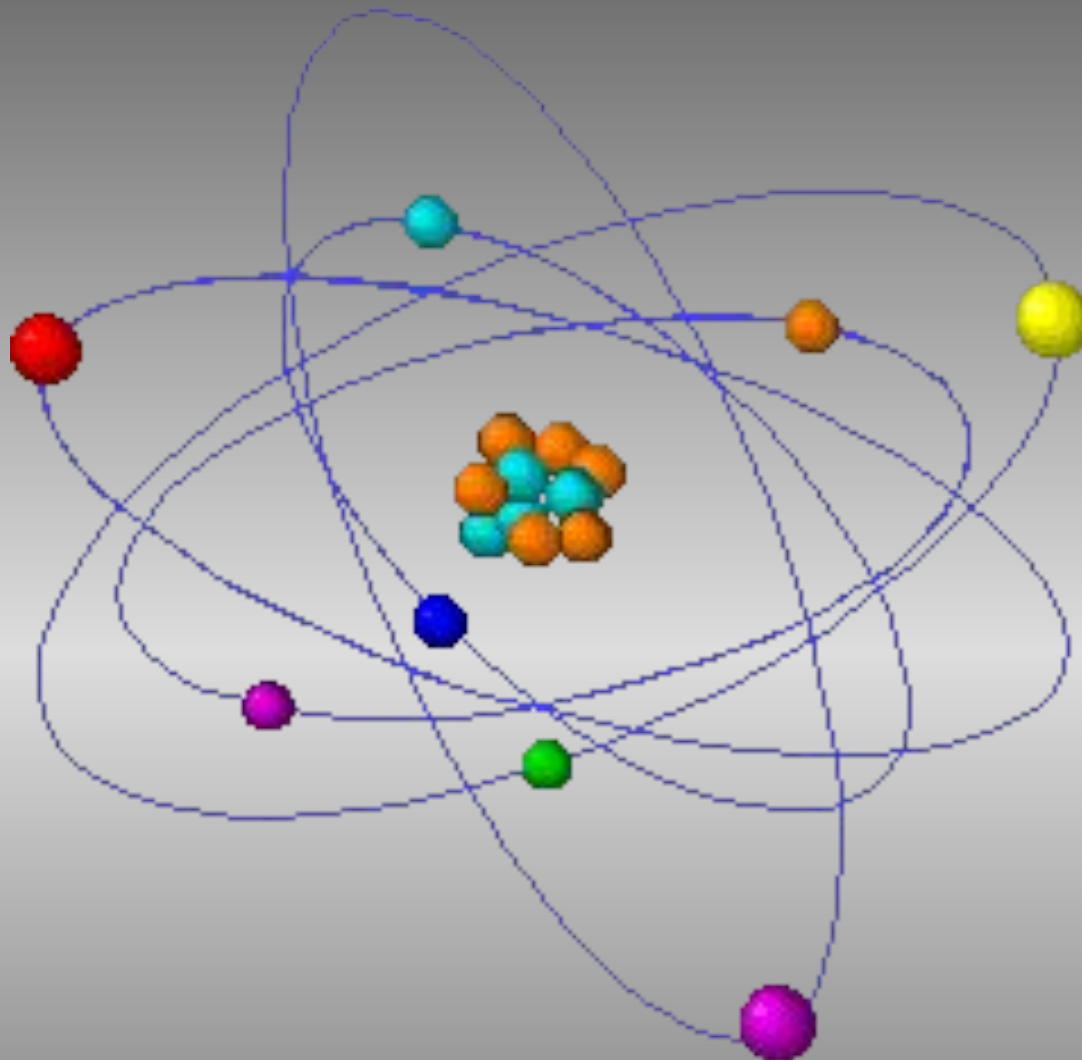
Нередки случаи, когда линейная скорость движения меняется. Например, когда колесо обозрения только начинает вращаться, скорость кабинок увеличивается, а когда заканчивает – скорость уменьшается.

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**



**Рисунок 4. Карусель.**

Катасонова Н., МОУ Аннинский  
лицей



**Рисунок 3. Работающие аттракционы.**

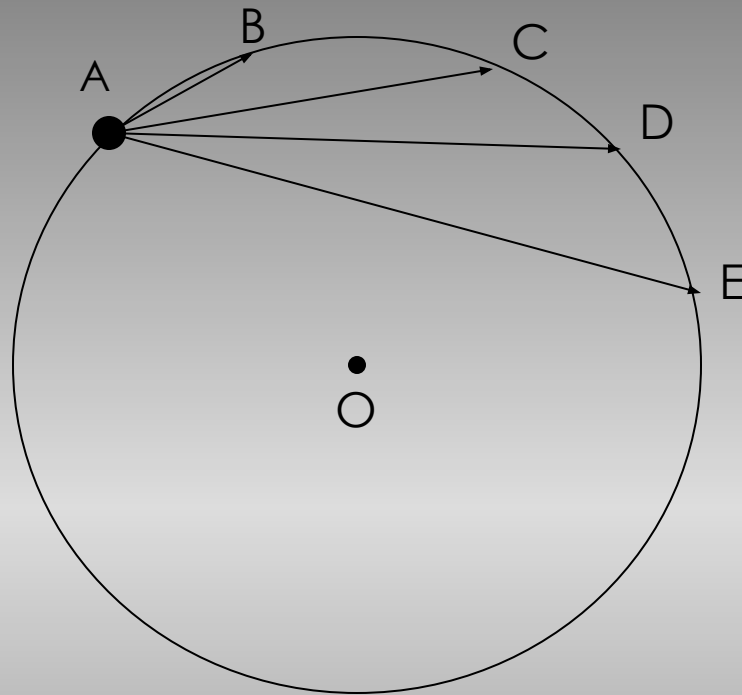
Катасонова Н., МОУ Аннинский лицей



**Рисунок 5. Синхротрон Soleil, Париж.**

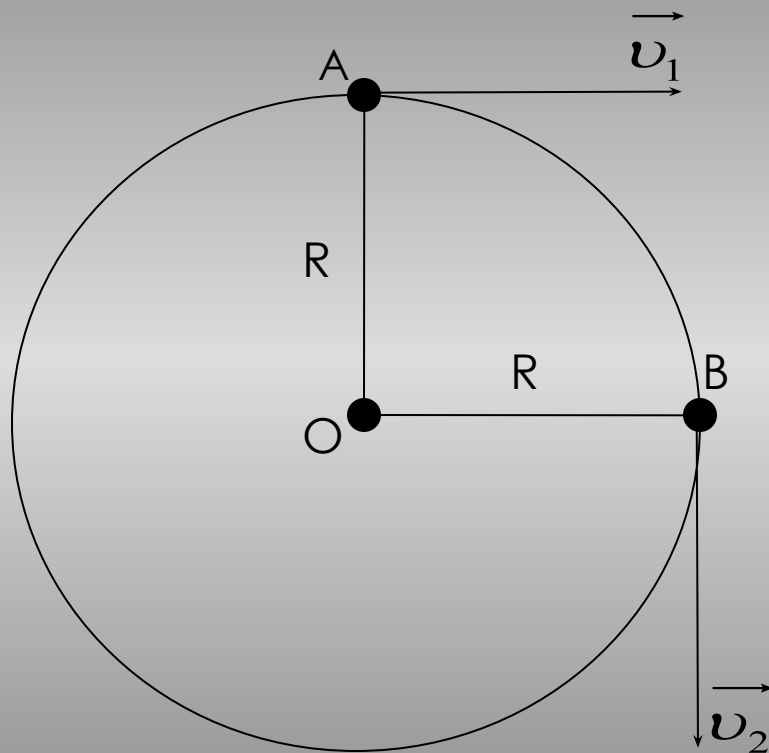
Катасонова Н., МОУ Аннинский  
лицей

## Движение по окружности.



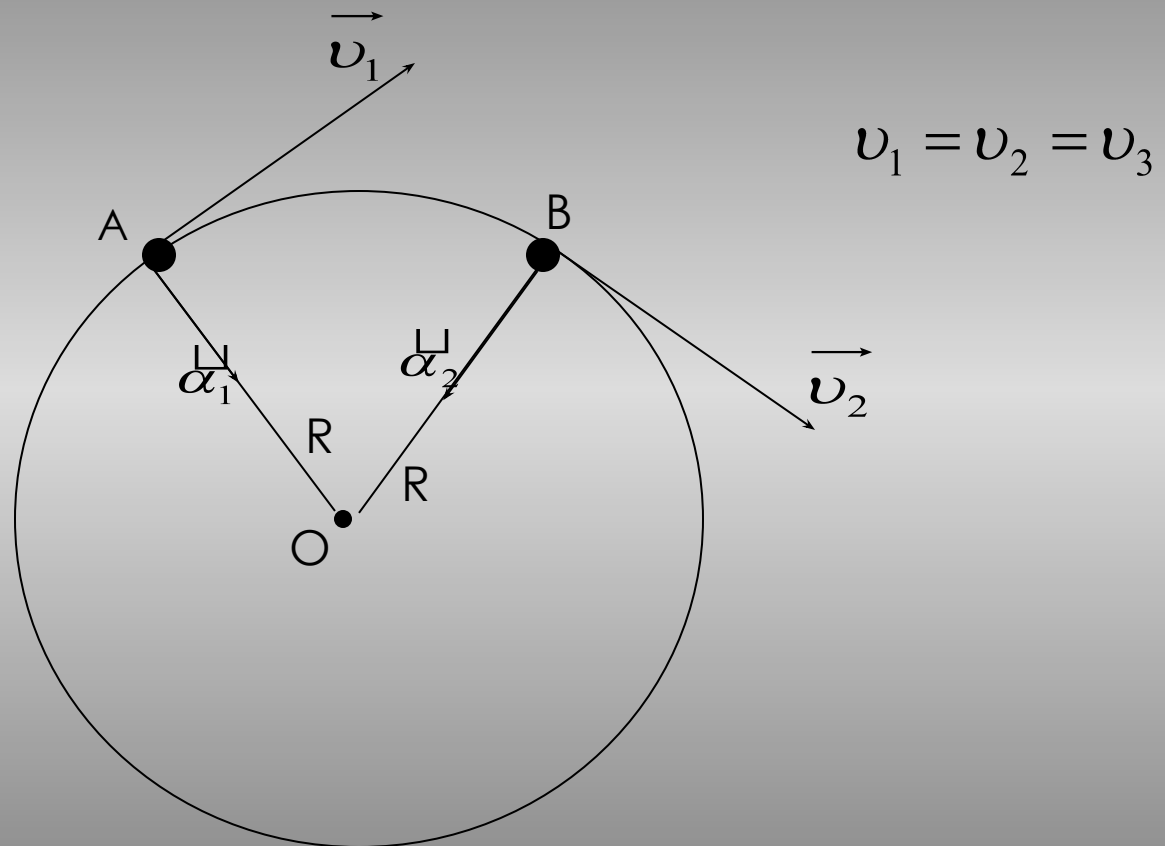
Перемещение совпадает с хордой, поэтому средняя скорость направлена вдоль хорды:  $(\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{s})$

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

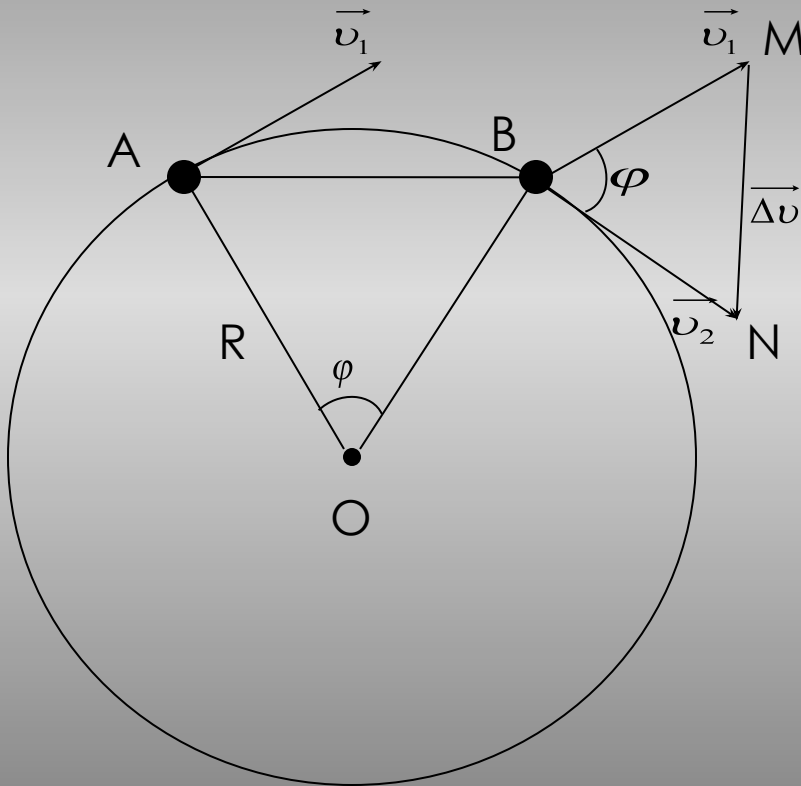




При движении по окружности направление вектора скорости меняется при переходе из точки в точку; если модуль вектора скорости не меняется, то вектор изменения скорости направлен к центру окружности, поэтому тело движется с центростремительным ускорением.



Вывод формулы для расчёта центростремительного ускорения.



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

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \Delta v$$

$$\Delta AOB \sim \Delta MBN$$

$\Downarrow$

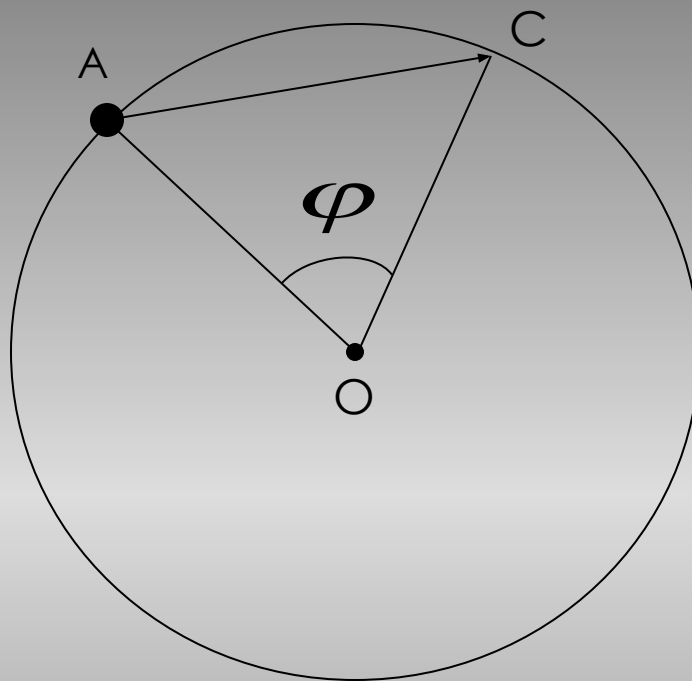
$$\frac{AB}{AO} = \frac{MN}{MB}$$

$$\frac{vt}{R} = \frac{\Delta v}{v}$$

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

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

## Угловое перемещение при движении по окружности.



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

# Описание вращательного движения.

## Линейная скорость.

$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rn$$

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

T – период вращения;

t – время;

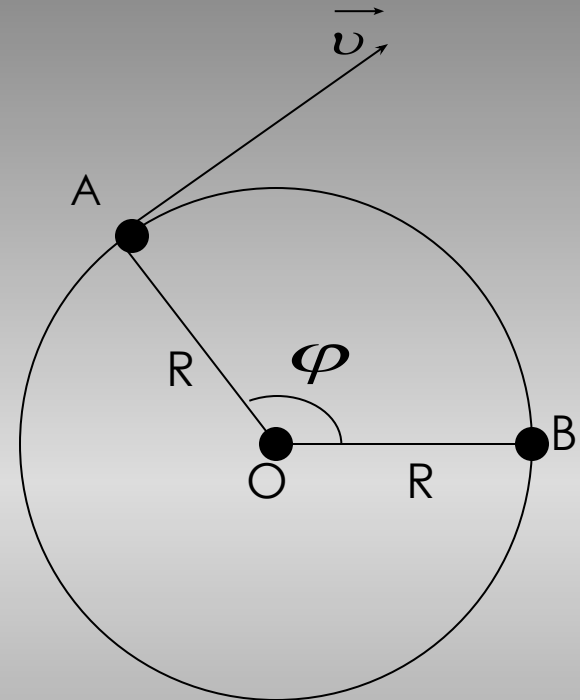
N – число оборотов.

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

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

n – частота вращения.

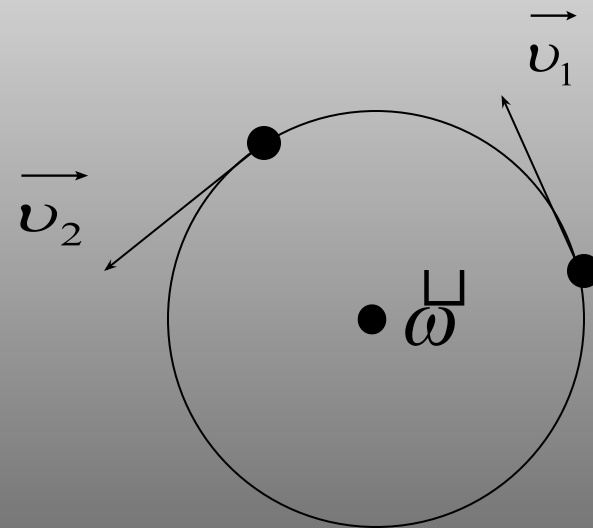
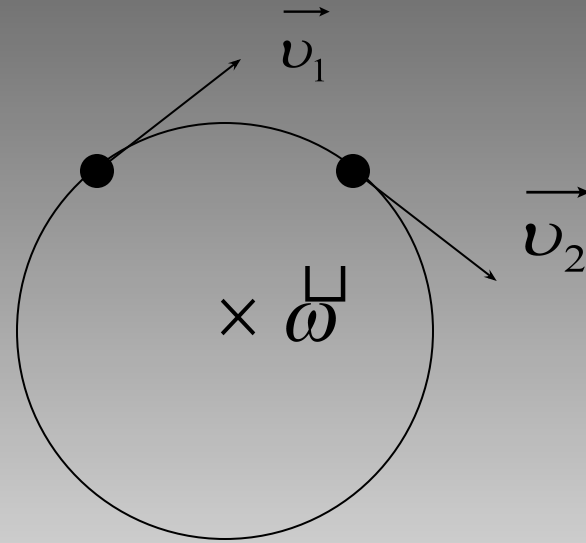
## Угловая скорость.



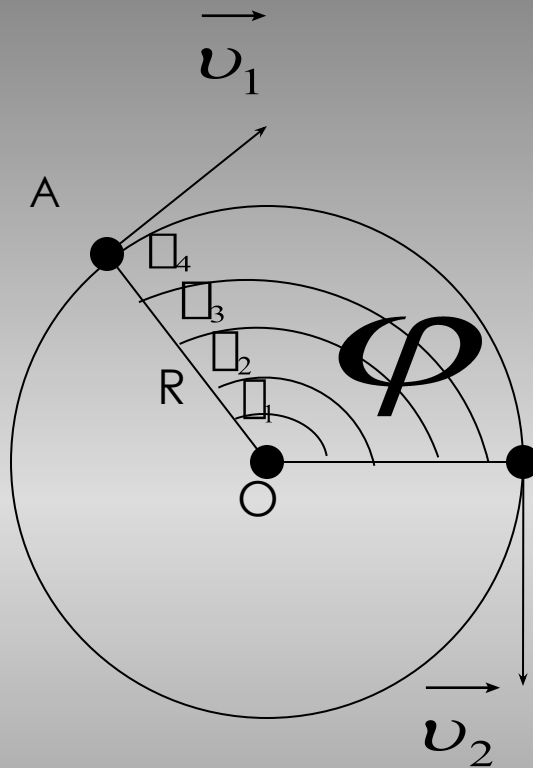
$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n, \quad [\omega] = \frac{\text{рад}}{c}$$

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

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.



$$v = 2\pi Rn$$

$$\omega = 2\pi n$$

$$\frac{v}{\omega} = \frac{2\pi Rn}{2\pi n} = R$$

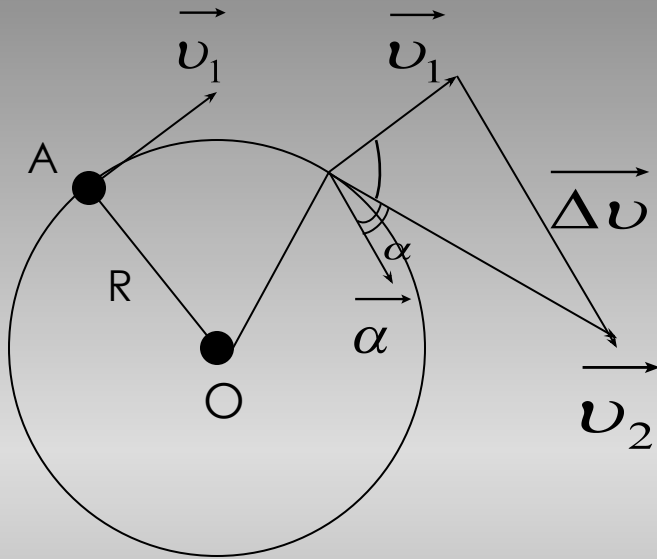
$$v = \omega R$$

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

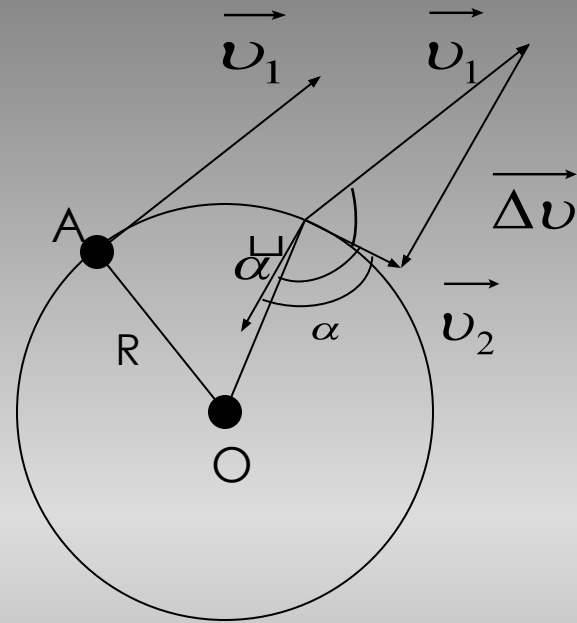
## Центростремительное ускорение.

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

## Скорость движения по окружности изменяется:



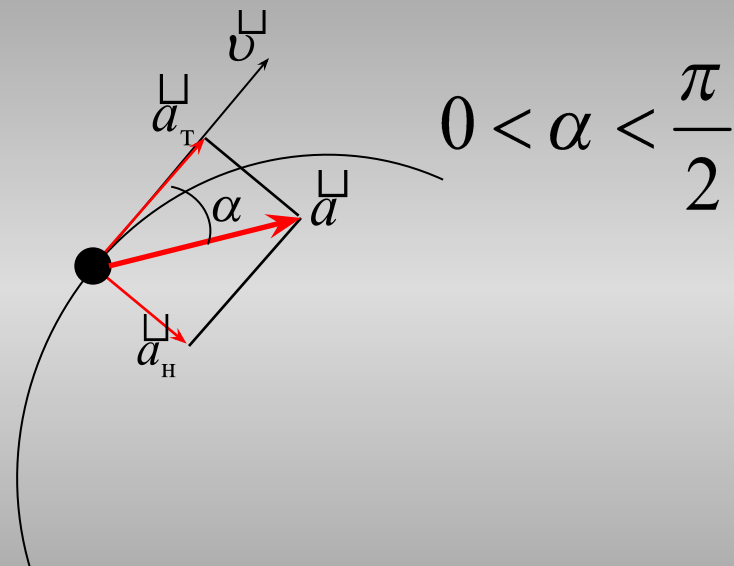
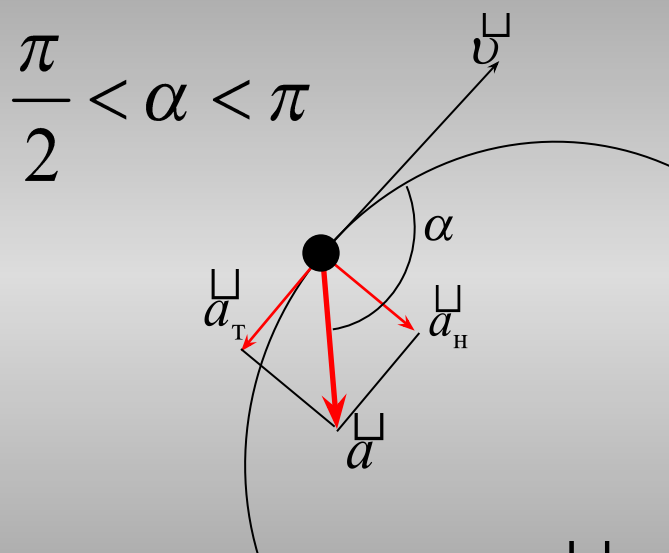
Если скорость при движении по окружности возрастает, то векторы скорости и ускорения образуют острый угол.



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

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

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



$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_H$$

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_H^2}$$



- Нормальное (центростремительное) ускорение  $a_H$  характеризует изменение вектора линейной скорости **по направлению** и направлено перпендикулярно вектору скорости в сторону вогнутости траектории.
- Тангенциальное (линейное) ускорение  $a_T$  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.

|   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
|  <p>Diagram: Acceleration vector <math>\vec{a}</math> (red arrow pointing right) and velocity vector <math>\vec{v}</math> (black arrow pointing right).</p>  | $\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{a}$   | <p>прямолинейное<br/>равноускоренное</p>                                   |
|  <p>Diagram: Acceleration vector <math>\vec{a}</math> (red arrow pointing left) and velocity vector <math>\vec{v}</math> (black arrow pointing right).</p>   | $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{a}$ | <p>прямолинейное<br/>равнозамедленное</p>                                  |
|  <p>Diagram: Acceleration vector <math>\vec{a}</math> (red arrow pointing up) and velocity vector <math>\vec{v}</math> (black arrow pointing right). A right-angle symbol is shown between them.</p>                         | $\vec{v} \perp \vec{a}$               | <p>движение<br/>по окружности<br/>с постоянной по<br/>модулю скоростью</p> |
|  <p>Diagram: Acceleration vector <math>\vec{a}</math> (red arrow pointing up and right) and velocity vector <math>\vec{v}</math> (black arrow pointing right). The angle between them is labeled <math>\alpha</math>.</p>   | $0 < \alpha < 90^\circ$               | <p>криволинейное<br/>с возрастающей<br/>скоростью</p>                      |
|  <p>Diagram: Acceleration vector <math>\vec{a}</math> (red arrow pointing down and left) and velocity vector <math>\vec{v}</math> (black arrow pointing right). The angle between them is labeled <math>\alpha</math>.</p> | $90^\circ < \alpha < 180^\circ$       | <p>криволинейное<br/>с убывающей<br/>скоростью</p>                         |

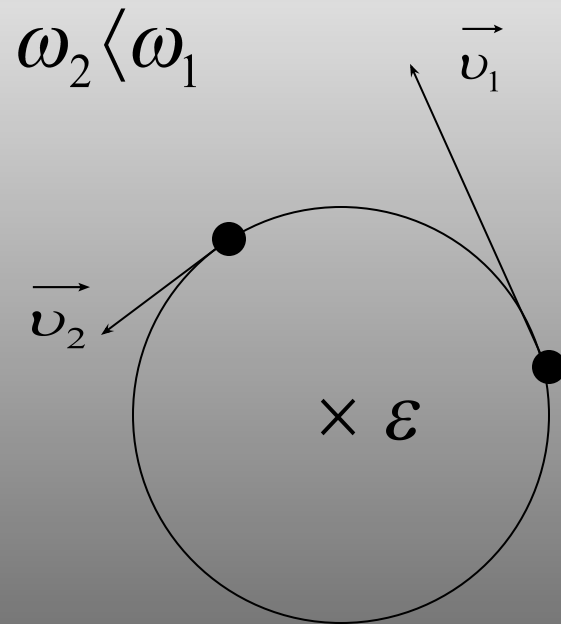
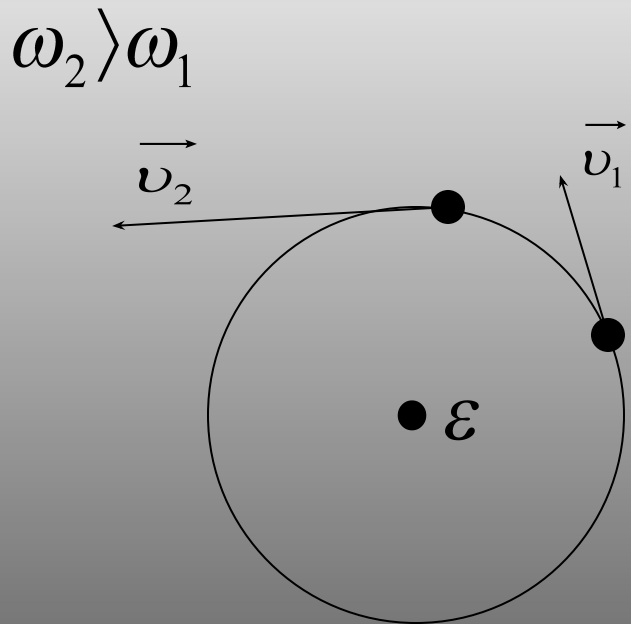
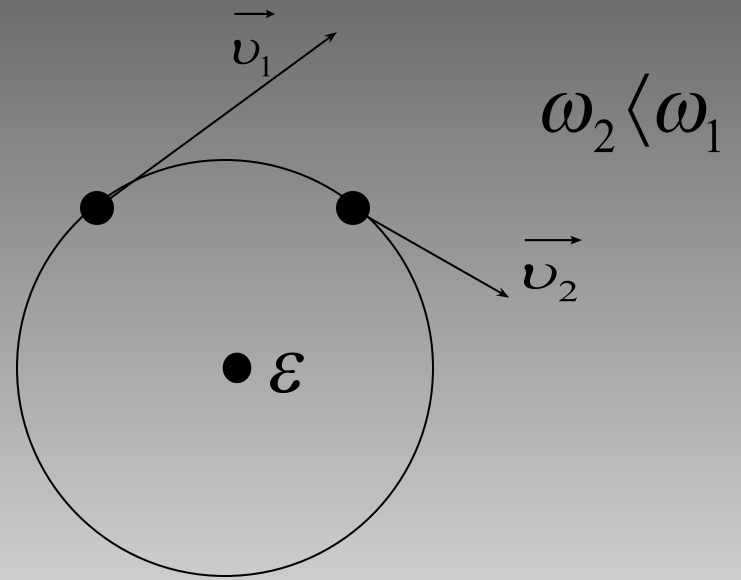
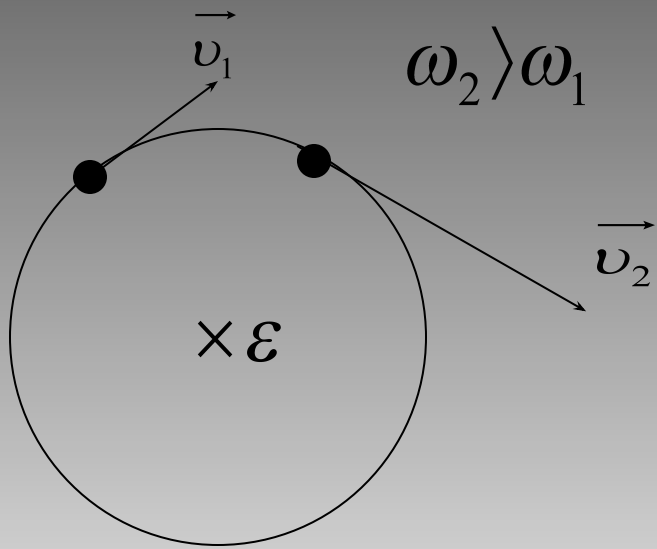
## Угловое ускорение.

Изменение угловой скорости можно по аналогии характеризовать угловым ускорением:

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

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.



# Сравнительная таблица

| Прямолинейное движение |     | Вращательное движение |               |
|------------------------|-----|-----------------------|---------------|
| Линейное перемещение   | $S$ | Угловое перемещение   | $\varphi$     |
| Линейная скорость      | $v$ | Угловая скорость      | $\omega$      |
| Линейное ускорение     | $a$ | Угловое ускорение     | $\varepsilon$ |

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