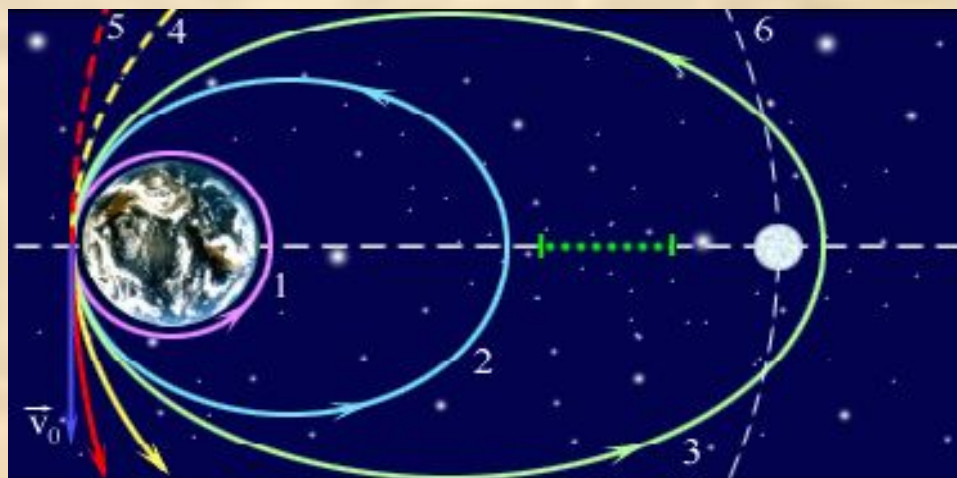


Движение по окружности



Цели

- Изучить основные характеристики движения:
 - **угловая скорость;**
 - **линейная скорость;**
 - **ускорение;**
 - **период.**
- Рассмотреть всевозможные случаи применения движения по окружности:
 - **вращение тела;**
 - **движение на поворотах;**
 - **движение планет;**
 - **движение заряженных частиц.**

Характеристики движения

- Линейная скорость, V (м/с).
- Угловая скорость, ω (рад/с).
- Центробежное ускорение, a (м/с²).
- Период обращения, T (с).
- Частота обращения, ν (рад/с).

Перемещение

Линейное:

$$\Delta \vec{s}$$

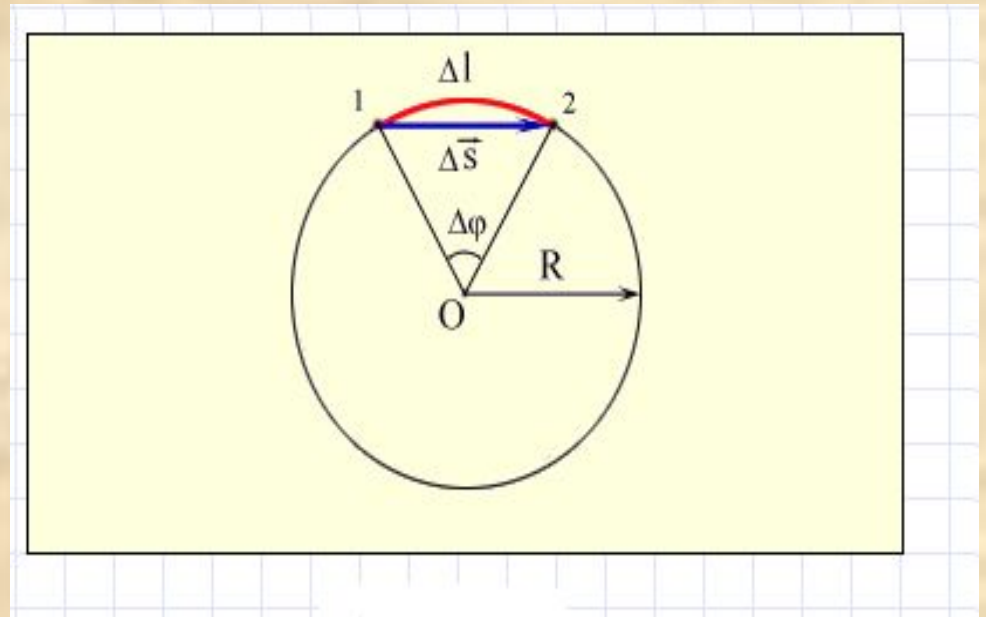
Угловое:

$$\Delta \varphi$$

При малых углах поворота:

$$\Delta l \approx \Delta s.$$

$$\Delta l = R \Delta \varphi.$$



Линейное и угловое перемещение при движении тела по окружности.

Траектория движения



Траектория движения

Траектория движения

Траектория движения

Скорость

Линейная скорость

$$V=s/t$$

Угловая скорость

$$\omega=\phi/t$$

$$V=\square$$

R

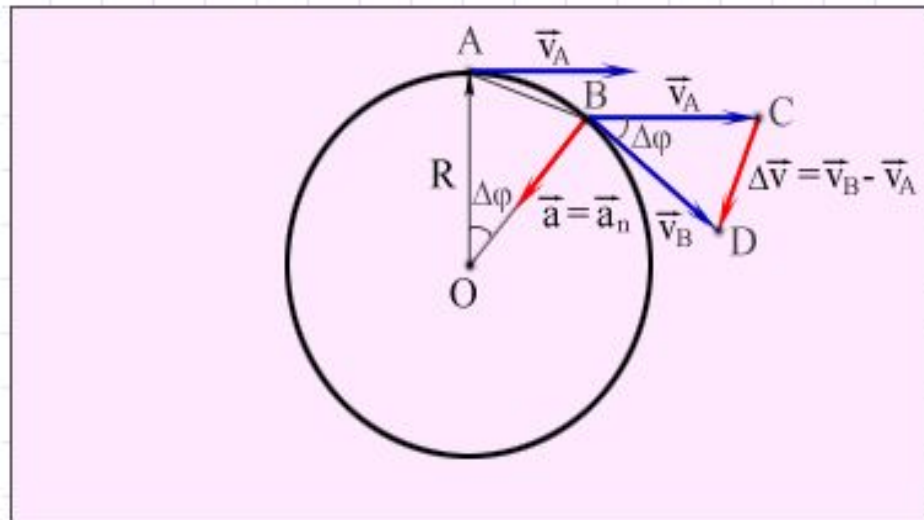
Модель. Скорость тела при
движении по окружности.

Ускорение

Движение по окружности – это движение с ускорением.

Центростремительное ускорение тела направлено по радиусу к центру окружности.

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



Центростремительное ускорение тела при движении по окружности.

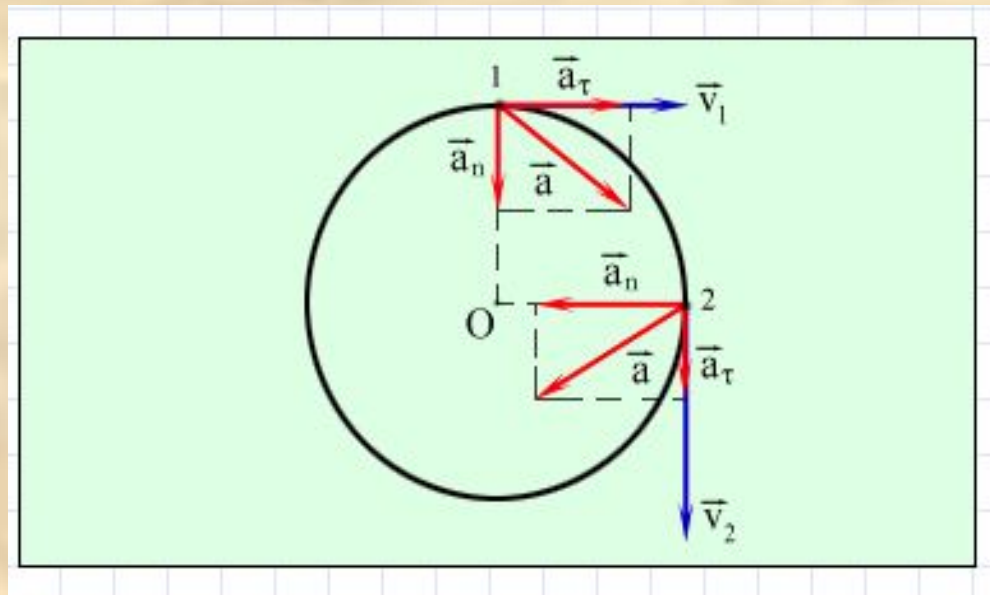
Тангенциальное ускорение

При неравномерном движении тела:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

Тангенциальное ускорение тела:

$$a_\tau = \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t}; (\Delta t \rightarrow 0).$$



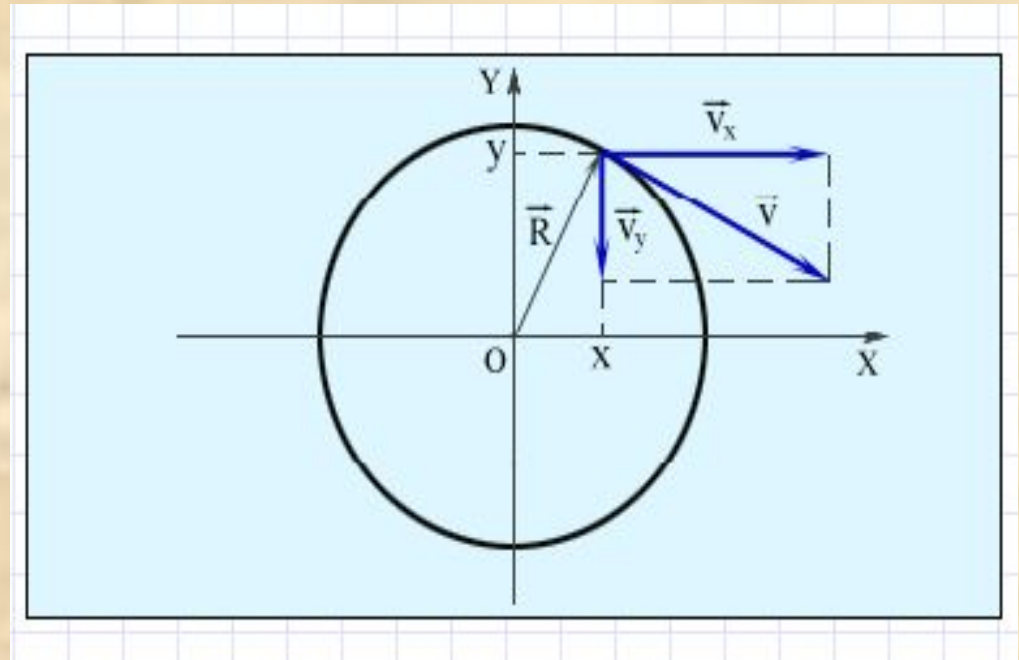
Ускорение тела при неравномерном движении по окружности.

Координаты

На плоскости движение можно описать с помощью координат x и y .

Все величины будут периодически изменяться во времени по гармоническому закону с периодом:

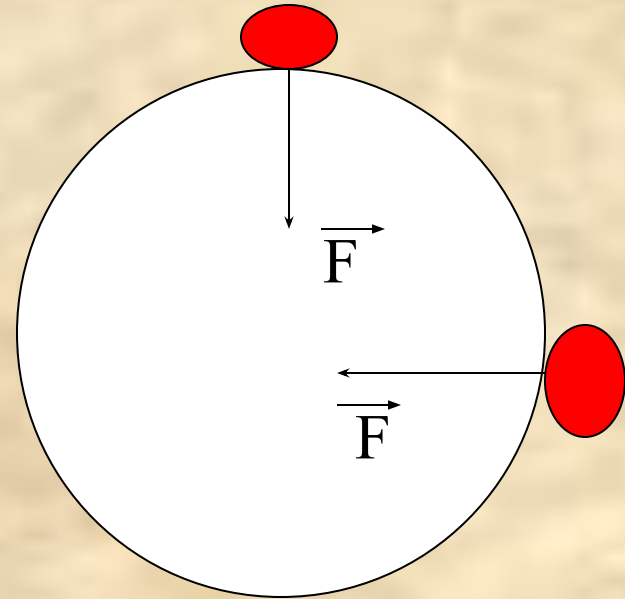
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}.$$



Разложение вектора скорости по координатным осям.

Условие движения

Для движения тела по окружности необходимо, чтобы на это тело действовала сила, направленная к центру окружности и равная:
 $-F = mv^2/r$ или $F = m\omega^2 r$.

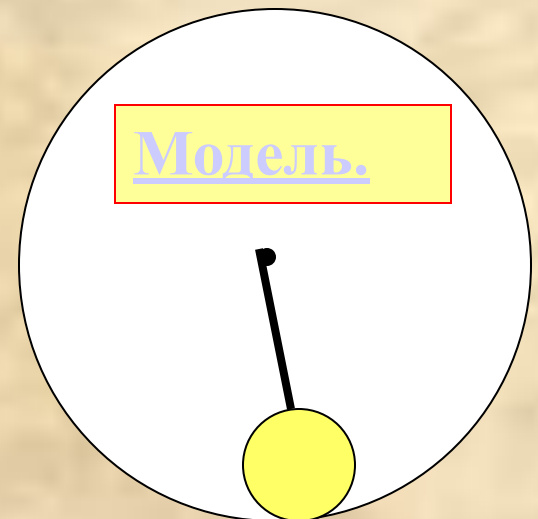


Вращение шара в вертикальной плоскости

Центростремительное ускорение вызывается равнодействующей сил упругости и тяжести.

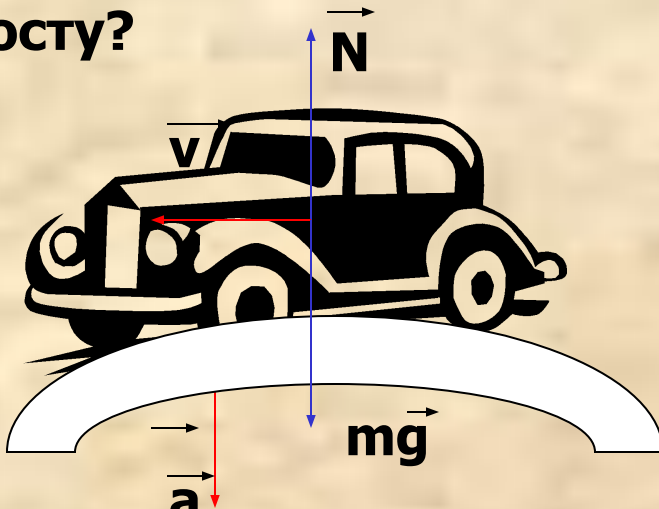
В нижней точке: $R = F_{\text{упр}} - mg$,
направлена вверх.

В верхней точке: $R = F_{\text{упр}} + mg$,
направлена вниз.



Задача 1

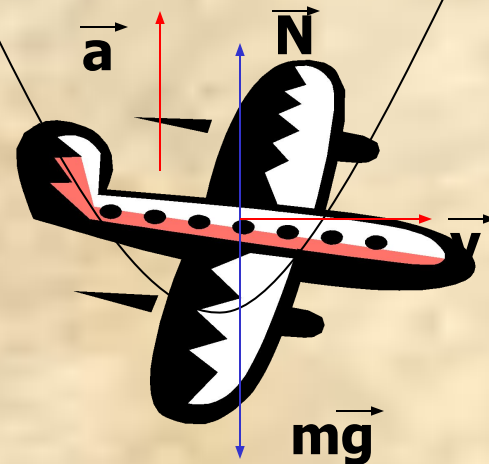
Какое состояние испытывает
водитель автомобиля при
движении по выпуклому
мосту?



$$P=N=m(g-v^2/r), P<mg.$$

Состояние частичной
невесомости.

Летчик выводящий самолет
из пикирования в нижней
части траектории?



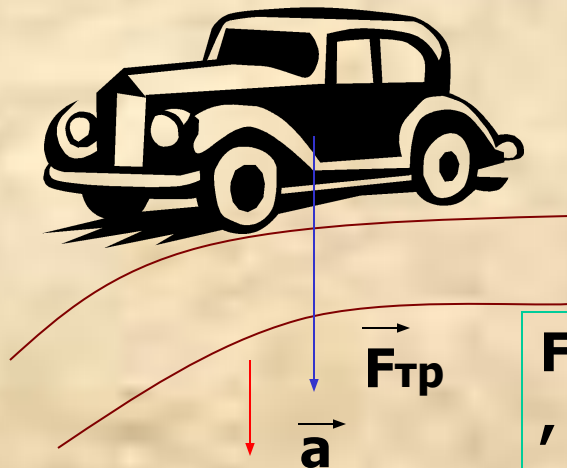
$$P=N=m(g+v^2/r), P>mg.$$

Состояние перегрузки.

Движение тела на поворотах

Центростремительное ускорение на поворотах дороги вызывает сила трения.

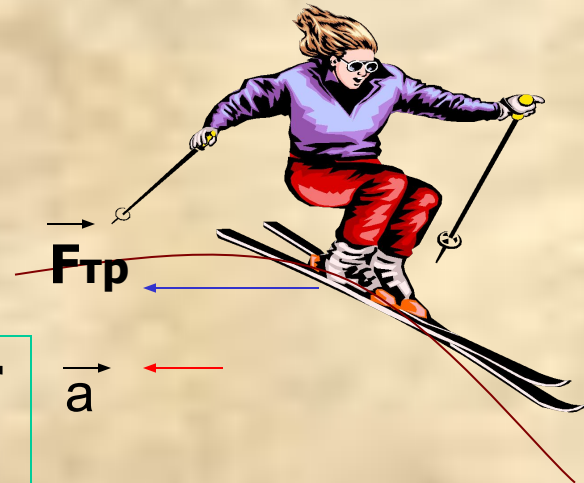
Для этого водитель автомобиля разворачивает рулем передние колеса.



$$F_{тр} = \mu mg = mv^2 / r$$

$$\mu g = v^2 / r.$$

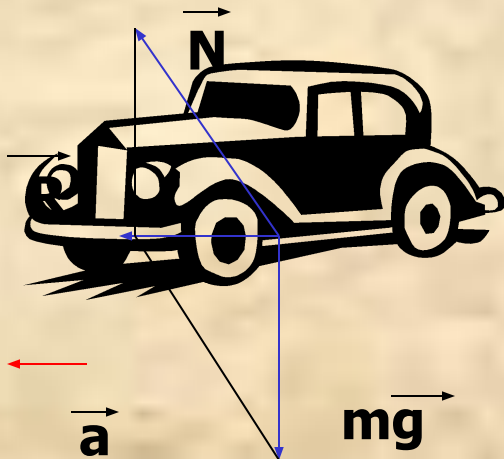
Спортсмен наклоняет корпус в сторону центра поворота.



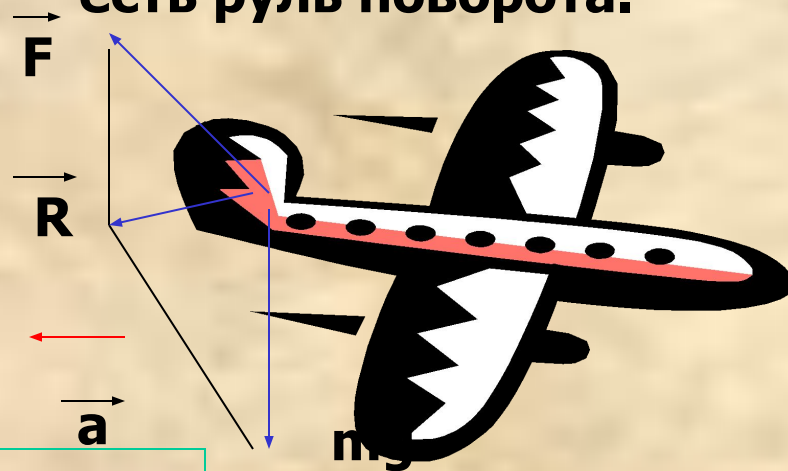
Движение тела на поворотах

При повороте равнодействующая всех сил должна быть направлена к центру поворота.

Для этого на скоростных трассах делают наклон дороги.



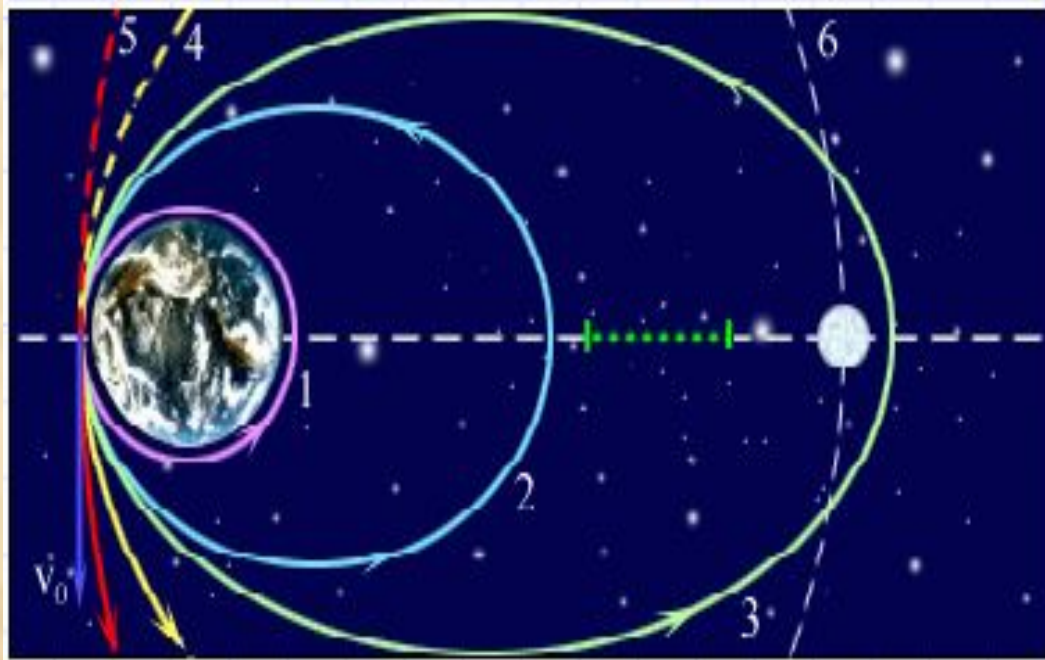
У самолета на хвостовом оперении есть руль поворота.



$$R = mv^2/r.$$

Движение тел в гравитационном поле

Сила гравитационного притяжения сообщает и небесным телам центростремительное ускорение.



Траектории:

- 1-круговая;
- 2,3 –эллиптические;
- 4-параболическая;
- 5-гиперболическая; 6-траектория Луны.

Модель.

Задача 2

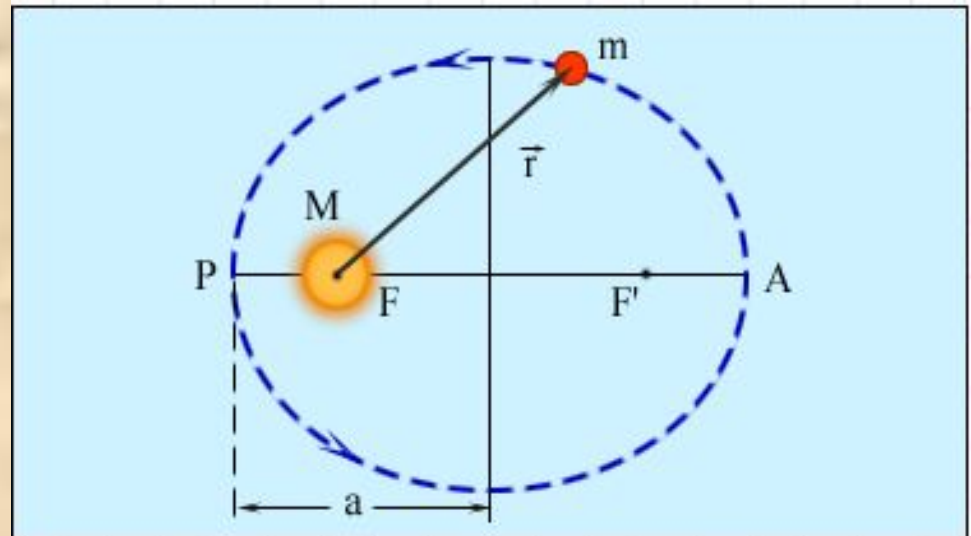
Найти первую космическую скорость для планет Солнечной системы, если известен их радиус и ускорение свободного падения.

Меркурий	3,7 м/с ²	2 440 км	
Венера	8,9 м/с ²	6 050 км	
Марс	9,8 м/с ²	3 397 км	
Юпитер	25,8 м/с ²	69 900 км	
Сатурн	11,3 м/с ²	58 000 км	
Уран	9,0 м/с ²	25 400 км	
Нептун	11,6 м/с ²	24 300 км	
Плутон	2,0 м/с ²	1 140 км	

Движение планет

Первый закон Кеплера. Орбита каждой планеты есть эллипс, в одном из фокусов (F) которого находится Солнце.

F, F' - фокусы,
a – большая полуось,
P-перигелий,
A-афелий.

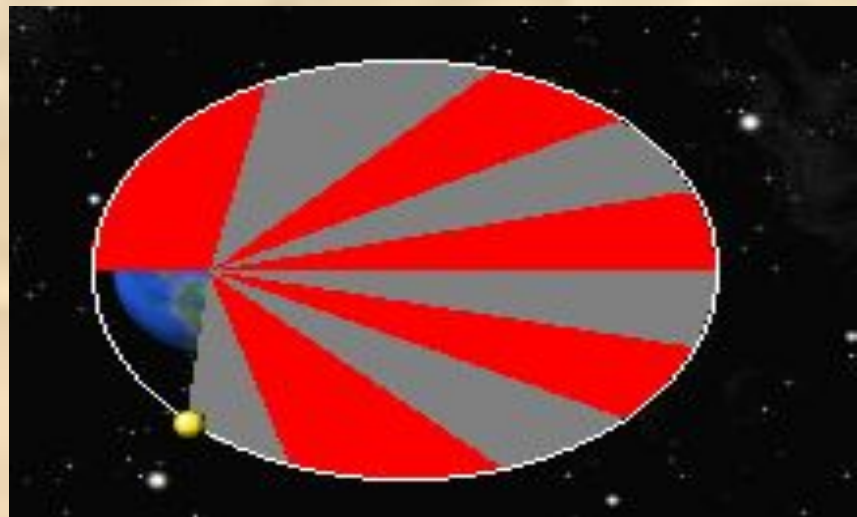


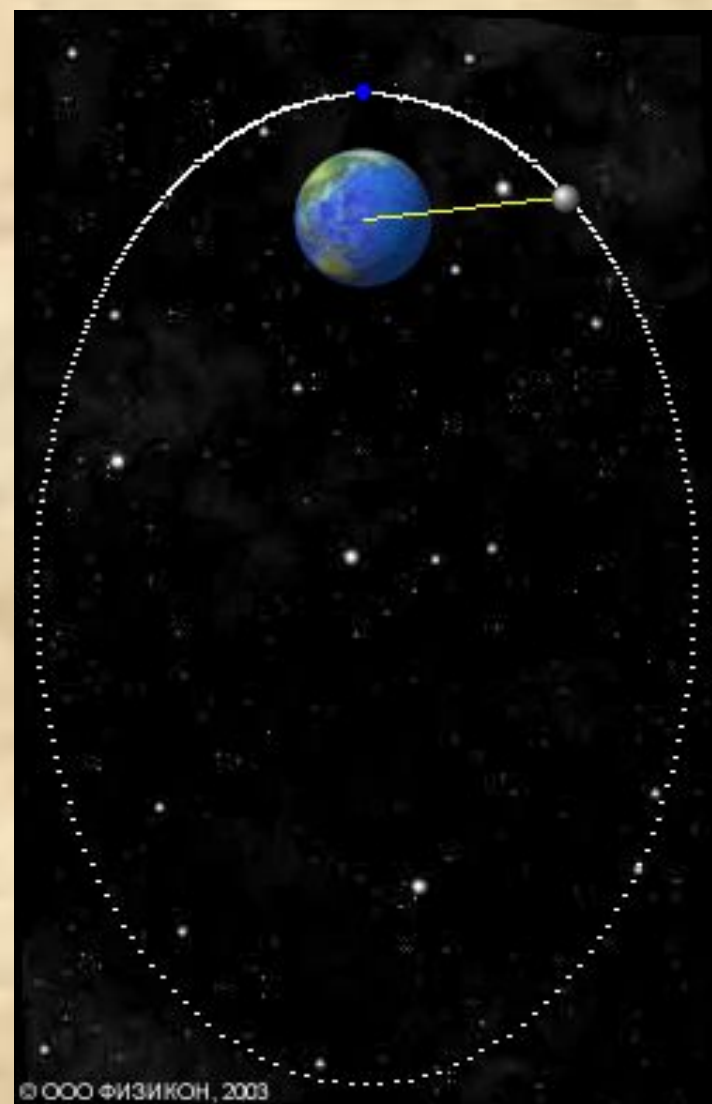
Движение планет

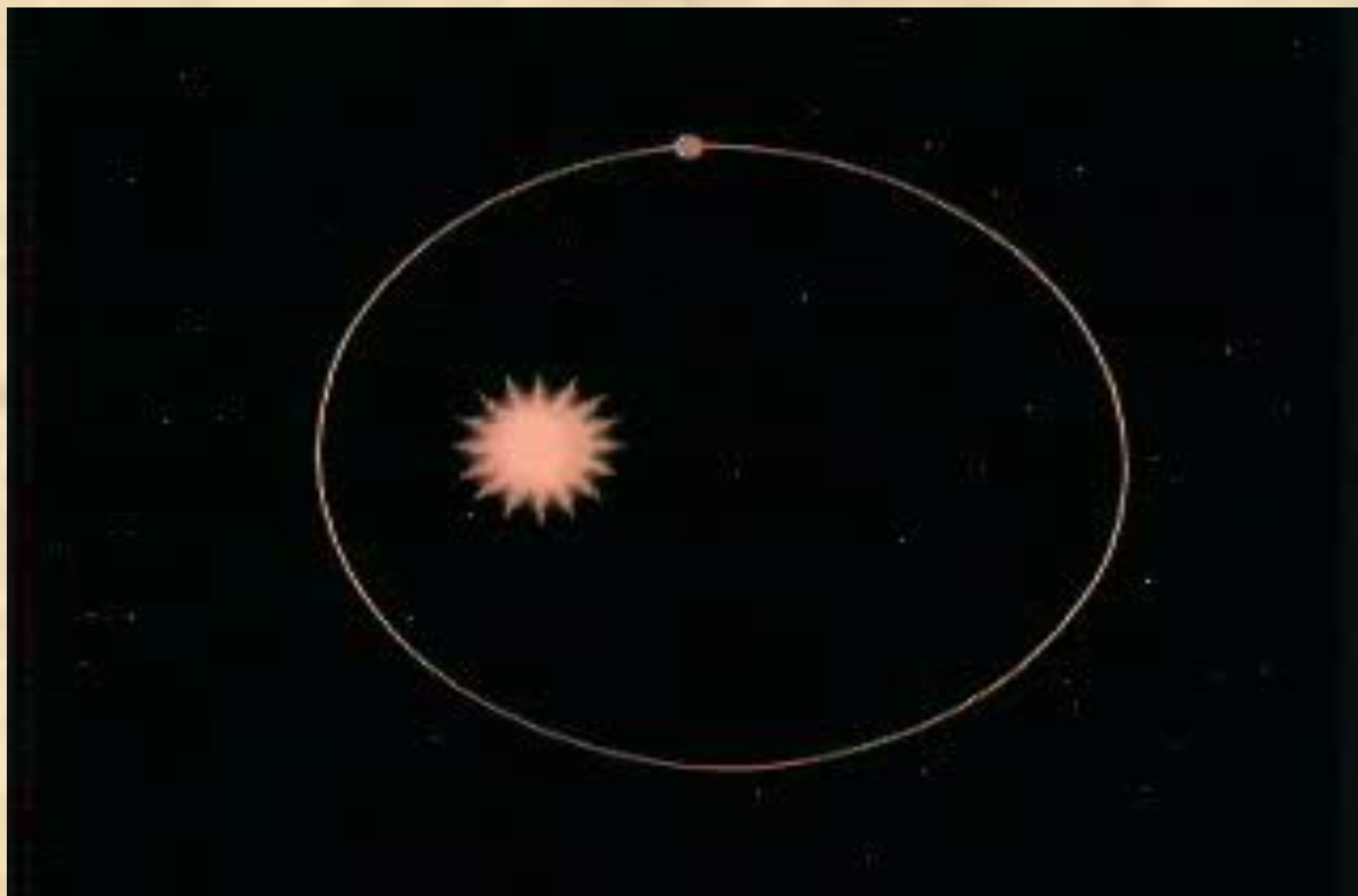
Второй закон Кеплера. Радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает равные площади.

Третий закон Кеплера.

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{const} \text{ или } \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}.$$







Задача 3

Найти период обращения планет земной группы, если известно их среднее расстояние от Солнца.

Меркурий	0,39 а.е.	
Венера	0,72 а.е.	
Марс	1,52 а.е.	
Плутон	39,52 а.е.	

$$T_3 = 1 \text{ год}, a_3 = 1 \text{ а.е.}$$

Задача 4

На каком расстоянии от Солнца находятся планеты-гиганты, если известен их период обращения?

Юпитер	11,86 года	
Сатурн	29,46 года	
Уран	84,02 года	
Нептун	164,78 года	

$$T_3 = 1 \text{ год}, a_3 = 1 \text{ а.е.}$$

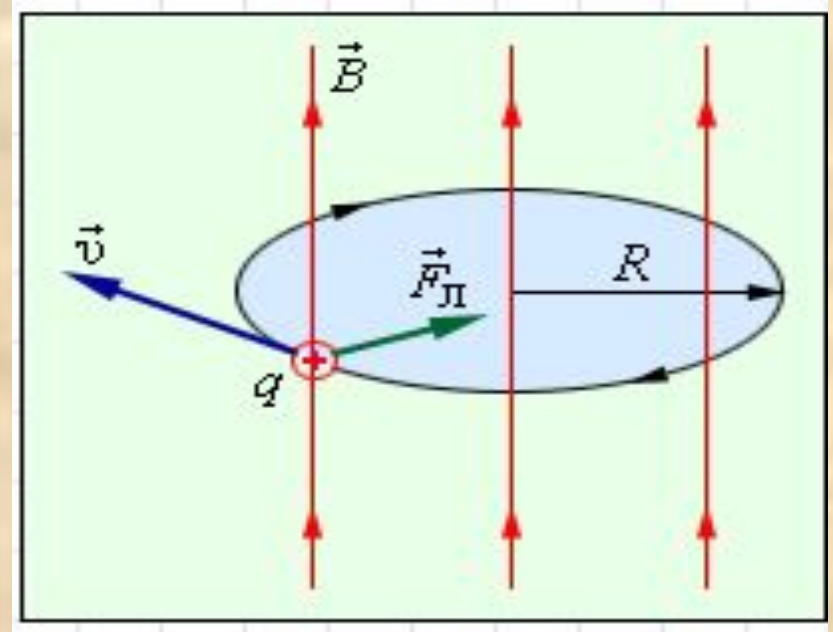
Движение в магнитном поле

Под действием силы Лоренца заряженная частица в магнитном поле движется по окружности.

Период обращения частицы в магнитном поле:

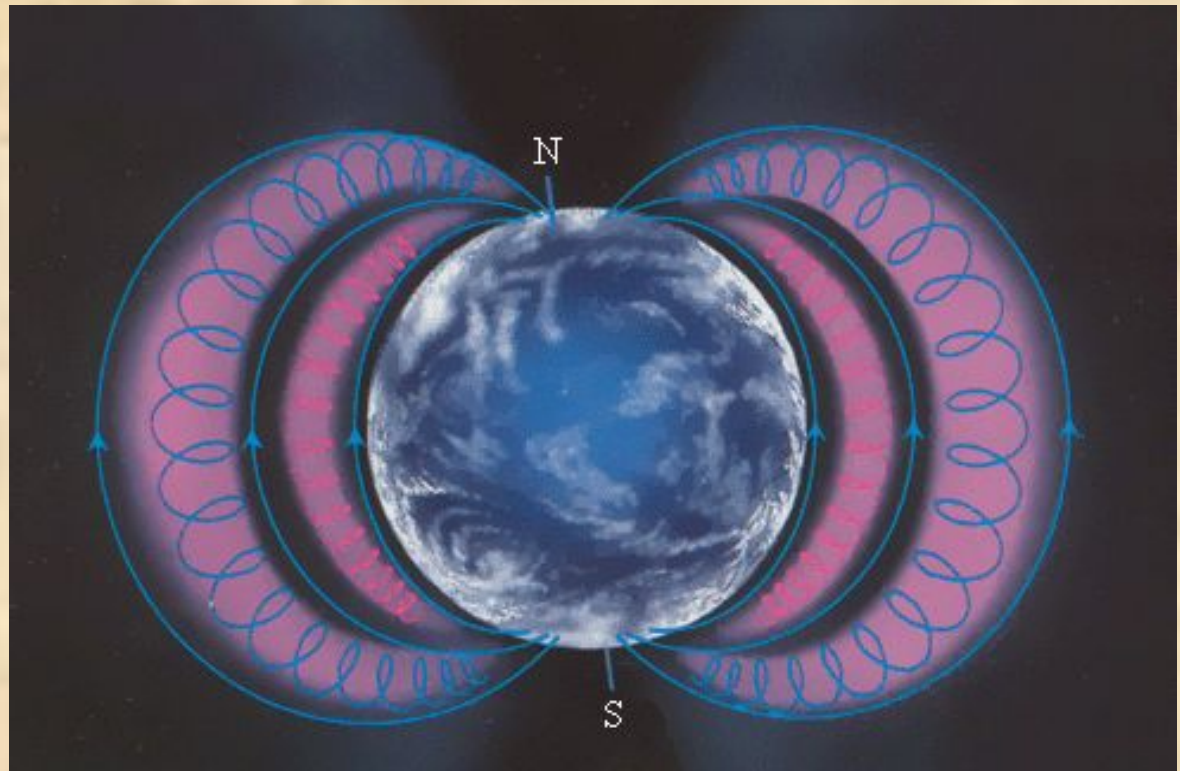
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

Векторы $\vec{v}$, $\vec{B}$ и $\vec{F}_L$ взаимно перпендикулярны
 $F_L = qvB \sin \alpha$, по окружности радиусом $R = mv/qB$.



Радиационные пояса Земли

**Поток
заряженных
частиц, влетая в
магнитное поле
Земли, под
действием силы
Лоренца начинает
двигаться от
одного полюса к
другому и
обратно.**



**Радиационные пояса – области, в которых находятся
частицы задержанные магнитным полем.**

Строение атома

Планетарная модель атома
Резерфорда:

**электроны движутся вокруг ядра
атома по эллипсам.**

