

Цели урока:

Иметь представление о поступательном движении, его особенностях и параметрах, о вращательном движении тела и его параметрах.

Знать формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений тела.

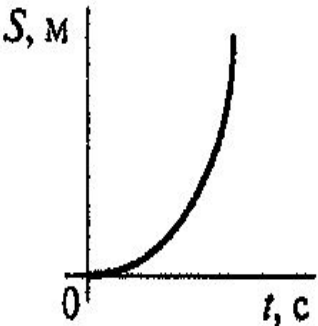
Уметь определять кинематические параметры тела при поступательном и вращательном движениях, определять параметры любой точки тела.

Анализ видов и кинематических параметров движений

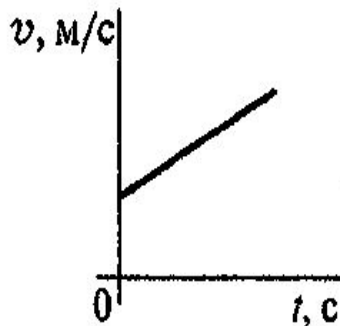
- **Равномерное движение**
- **Равнопеременное
движение**
- **Неравномерное движение**

Проверка домашнего задания

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. По приведенным кинематическим графикам определить соответствующий закон движения точки	$S=vt$	1
	$S = S_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$	2
	$S = v_0t + \frac{at^2}{2}$	3
	$S = v_0t - \frac{at^2}{2}$	4



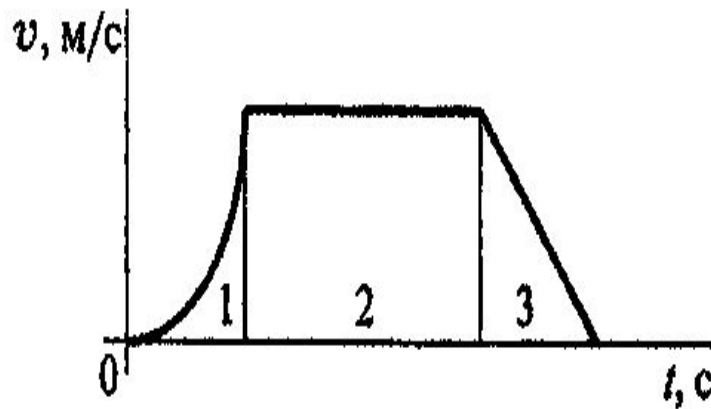
Graph of displacement S (m) versus time t (s). The vertical axis is labeled $S, \text{ м}$ and the horizontal axis is labeled $t, \text{ с}$. The origin is marked with 0. The curve starts at the origin and increases with an increasing slope, characteristic of uniformly accelerated motion starting from rest.



Graph of velocity v (m/s) versus time t (s). The vertical axis is labeled $v, \text{ м/с}$ and the horizontal axis is labeled $t, \text{ с}$. The origin is marked with 0. The graph shows a straight line starting from a positive value on the vertical axis and increasing linearly with time, characteristic of uniformly accelerated motion with a non-zero initial velocity.

Проверка домашнего задания

2. По графику скоростей определить вид движения на каждом участке



Равномерное

Равноускоренное

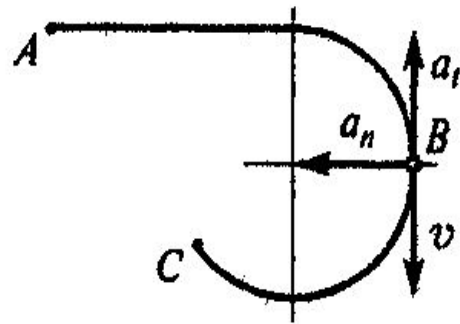
Равнозамедленное

Неравномерное

Проверка домашнего задания

3. Точка движется по линии ABC и в момент t занимает положение B .

Определить вид движения точки, если $a_t = \text{const}$



Равномерное	1
Равноускоренное	2
Равнозамедленное	3
Неравномерное	4

Проверка домашнего задания

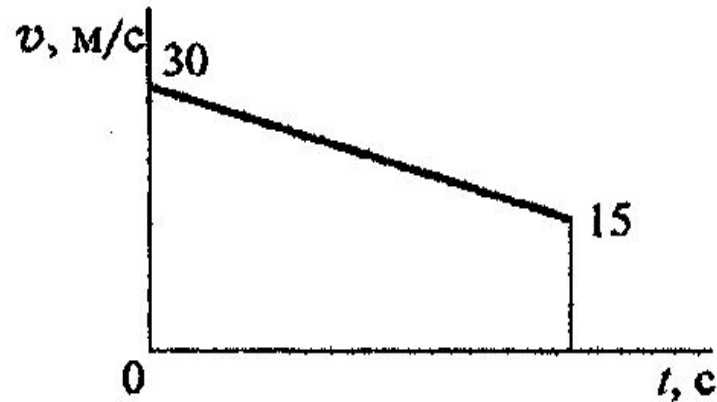
4. Автомобиль движется по круглому арочному мосту $r=50$ м согласно уравнению $S=10t$.

Определить полное ускорение автомобиля через 3 с движения

$a=2 \text{ м/с}^2$	1
$a=4 \text{ м/с}^2$	2
$a=4,47 \text{ м/с}^2$	3
$a=6,67 \text{ м/с}^2$	4

Проверка домашнего задания

5. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения



Решение: $t =$

На доске записаны правые части формул.

Назовите номер формулы :

1. $= (v - v_0) / t$

2. $= v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$

3. $= t \cdot v$

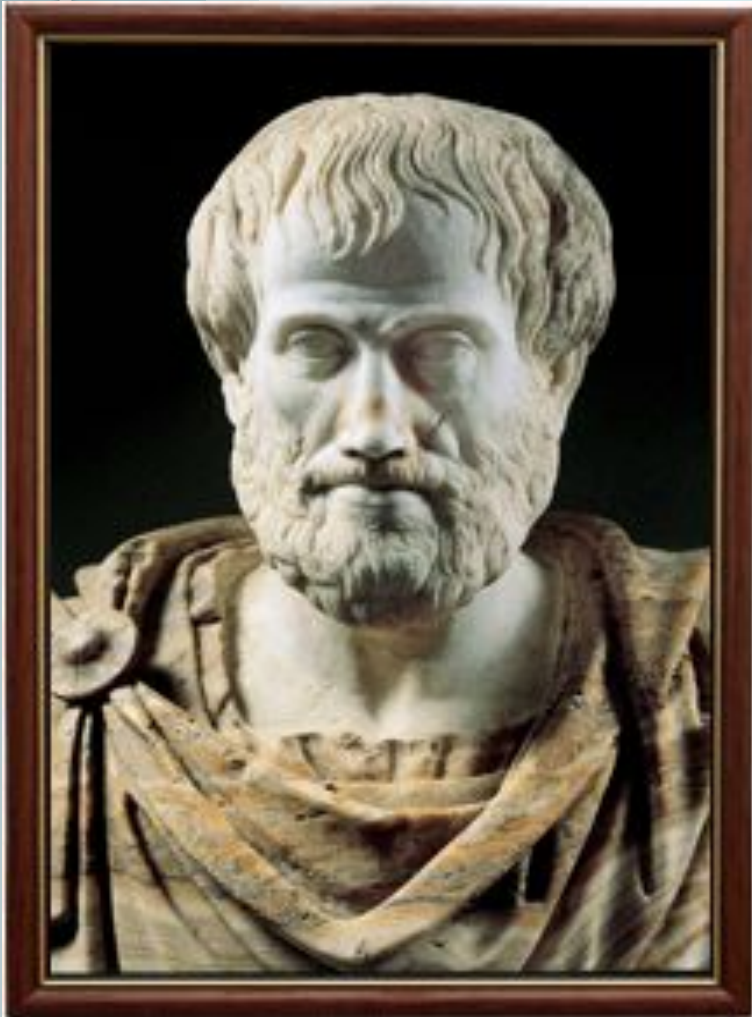
4. $= S / t$

5. $= \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$

6. $= v^2 / r$

7. $= v_0 + a \cdot t$

История развития кинематики



- Долгое время понятия о кинематике были основаны на работах Аристотеля, в которых утверждалось, что скорость падения пропорциональна весу тела, а движение в отсутствие сил невозможно.
- Аристотель родился в Стагире, во Фракии, в 384 г. до н. э. Он был учеником Платона.
- Естественные движения бывают прямолинейными, как, например, те движения, которые мы постоянно видим вокруг себя (падение тяжелых тел, подъем легких тел), или круговыми, подобно круговращению звезд

История развития кинематики



- **Галилео Галилей** - великий итальянский физик, математик, инженер и астроном, один из основателей современного естествознания. Еще подростком познакомился Галилей с трудами древнегреческих ученых Аристотеля, Архимеда, Евклида и в 20 лет, оставив медицину, которую изучал в Пизанском университете, погрузился в занятия физикой и астрономией.
- Он создал раздел науки о движении — кинематику, законы которой вывел из точных экспериментов; сформулировал некоторые принципы классической

История развития кинематики



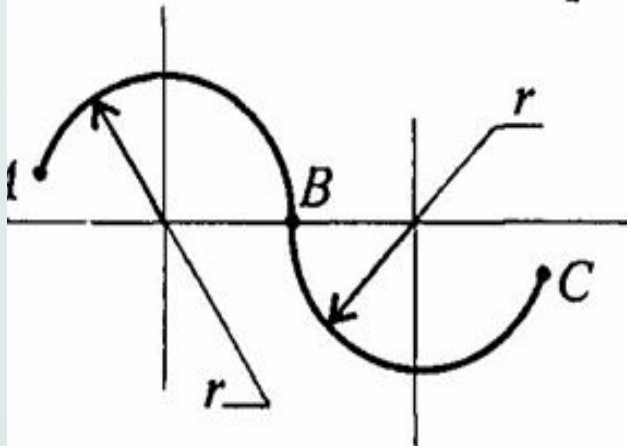
- Рождением современной кинематики можно считать выступление **Пьера Вариньона** перед Французской Академией наук 20 января 1700 года. Тогда впервые были даны **понятия скорости и ускорения в дифференциальном виде.**

Проверка знаний пройденного материала

1. Запишите формулу ускорения при прямолинейном движении.

2. Запишите формулу ускорения (полного) при криволинейном движении.

3. Тело скатывается по желобу (рис. 10.7). Какие параметры движения меняются при переходе через точку B и почему?



Ответы:

1. a_n .

2. a_t .

3. v .

4. Параметры движения не меняются.

Проверка знаний пройденного материала

4. По заданному уравнению движения точки $S = 25 + 1,5t + 6t^2$ определите вид движения и без расчетов, используя законы движения точки, ответьте, чему равны начальная скорость и ускорение.

5. По заданному уравнению движения точки $S = 22t - 4t^2$ постройте графики скорости и касательного ускорения.

Решение задач

Пример 1. По заданному закону движения $S = 10 + 20t - 5t^2$ ($[S] = \text{м}$; $[t] = \text{с}$) определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки.

(Рекомендуется обойтись без расчетов, использовать метод сравнения заданного уравнения с уравнениями различных видов движений в общем виде.)

Пример 1. По заданному закону движения $S = 10 + 20t - 5t^2$ ($[S] = \text{м}$; $[t] = \text{с}$) определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки.

(Рекомендуется обойтись без расчетов, использовать метод сравнения заданного уравнения с уравнениями различных видов движений в общем виде.)

Решение

1. Вид движения: равнопеременное ($S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$).

2. При сравнении уравнений очевидно, что

— начальный путь, пройденный до начала отсчета 10 м;

— начальная скорость 20 м/с;

— постоянное касательное ускорение $\frac{a_t}{2} = -5 \text{ м/с}^2$; $a_t = -10 \text{ м/с}^2$.

— ускорение отрицательное, следовательно, движение замедленное (равнозамедленное), ускорение направлено в сторону, противоположную направлению скорости движения.

3. Можно определить время, при котором скорость точки будет равна нулю: $v = S' = 20 - 2 \cdot 5t$; $v = 20 - 10t$; $v = 0$; $t = \frac{20}{10} = 2 \text{ с}$.

Примечание. Если при равнопеременном движении скорость растет, значит, ускорение — положительная величина, график пути — вогнутая парабола. При торможении скорость падает, ускорение (замедление) — отрицательная величина, график пути — выпуклая парабола (рис. 10.4).

Решение задач

Пример 2 По заданному графику скорости найти путь, пройденный за время движения (рис. 10.6).

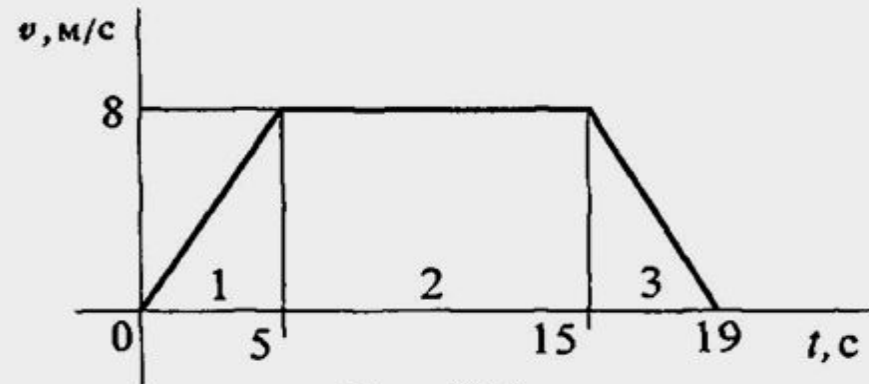


Рис. 10.6

Решение

1. По графику следует рассмотреть три участка движения.

Первый участок — разгон из состояния покоя (равноускоренное движение).

Уравнение скорости $v_1 = v_0 + a_1 t_1$; $v_0 = 0$.

Ускорение $a_1 = \frac{v_1}{t_1}$; $a_1 = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ м/с}^2$.

Второй участок — равномерное движение: $v = 8 \text{ м/с}$; $a_2 = 0$.

Третий участок — торможение до остановки (равнозамедленное движение).

Уравнение скорости $v_3 = v_{03} + a_3 t_3$; $v_3 = 0$.

Ускорение $a_3 = -\frac{v_{03}}{t_3}$; $a_3 = -\frac{8}{4} = -2 \text{ м/с}^2$.

2. Путь, пройденный за время движения, будет равен:

первый участок: $S_1 = S_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$; $S_0 = 0$; $v_0 = 0$;

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}; \quad S_1 = \frac{1,6 \cdot 5^2}{2} = 20 \text{ м/с};$$

второй участок: $S_2 = vt_2 = 8 \cdot 10 = 80 \text{ м/с}$;

третий участок: $S_3 = S_{03} + v_{03} t_3 + \frac{a_3 t_3^2}{2}$; $S_{03} = S_1 + S_2$;

$v_{03} = 8 \text{ м/с}$; $a_3 = -2 \text{ м/с}^2$.

Путь за время движения

$$S_{\Sigma} = S_3 = 100 + 8 \cdot 4 + \frac{-2 \cdot 4^2}{2} = 116 \text{ м.}$$

Решение задач

Пример 3. Тело, имевшее начальную скорость 36 км/ч, прошло 50 м до остановки. Считая движение равнозамедленным, определить время торможения.

Решение

1. Записываем уравнение скорости для равнозамедленного движения:

$$v = v_0 + at = 0.$$

Определяем начальную скорость в м/с: $v_0 = \frac{36 \cdot 1000}{3600} = 10 \text{ м/с}$.

Выразим ускорение (замедление) из уравнения скорости:

$$a = -\frac{v_0}{t}.$$

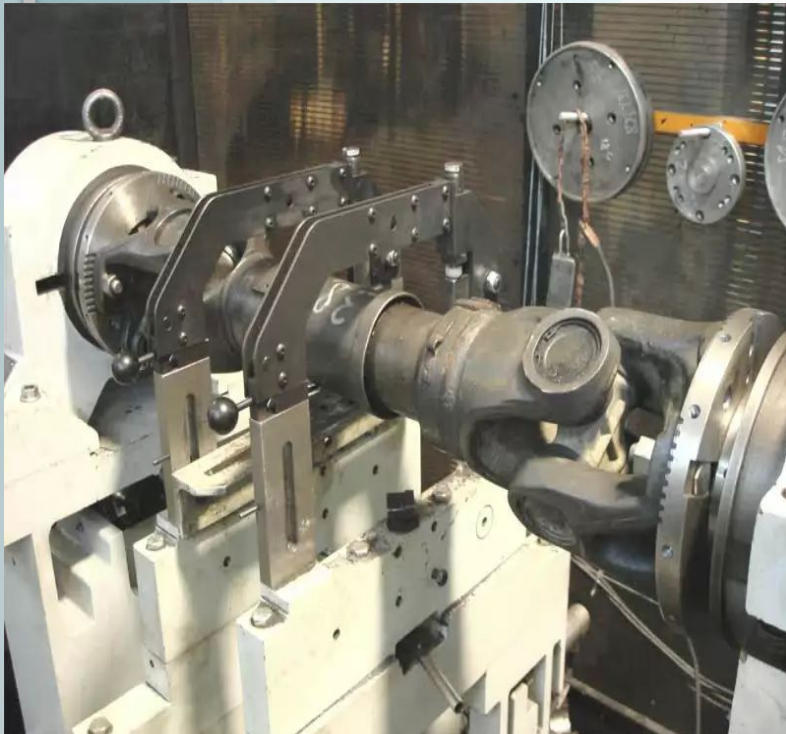
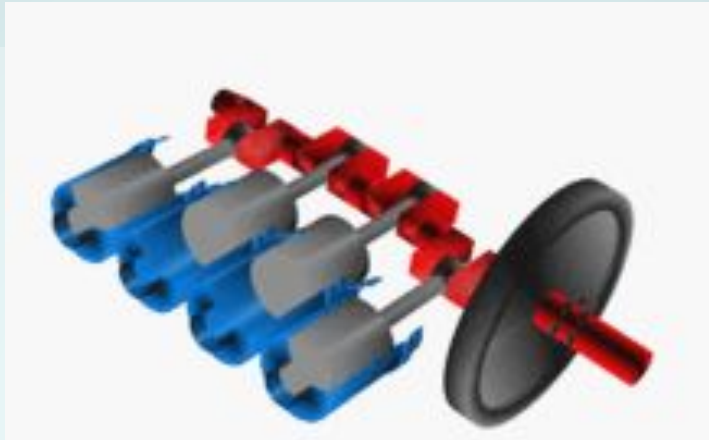
2. Записываем уравнение пути: $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

После подстановки получим: $S = \frac{v_0 t}{2}$.

3. Определяем время до полной остановки (время торможения):

$$t = \frac{2S}{v_0} = \frac{2 \cdot 50}{10} = 10 \text{ с}.$$

Поступательное и вращательное движение



Поступательное движение

Поступательным называют такое движение твердого тела, при котором всякая прямая линия на теле при движении остается параллельной своему начальному положению (рис. 11.1, 11.2).

При поступательном движении все точки тела движутся одинаково: скорости и ускорения в каждый момент одинаковы. Поэтому для описания движения тела можно рассматривать движение одной его точки, обычно центра масс.

Поступательное движение может быть прямолинейным и криволинейным.

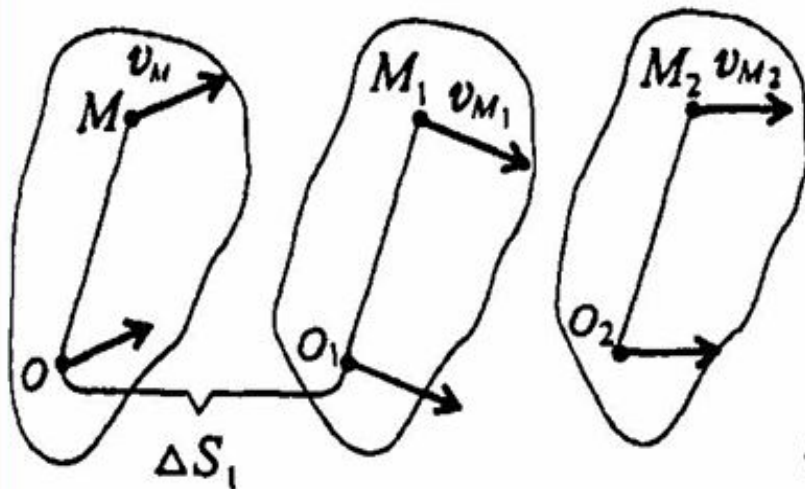


Рис. 11.1

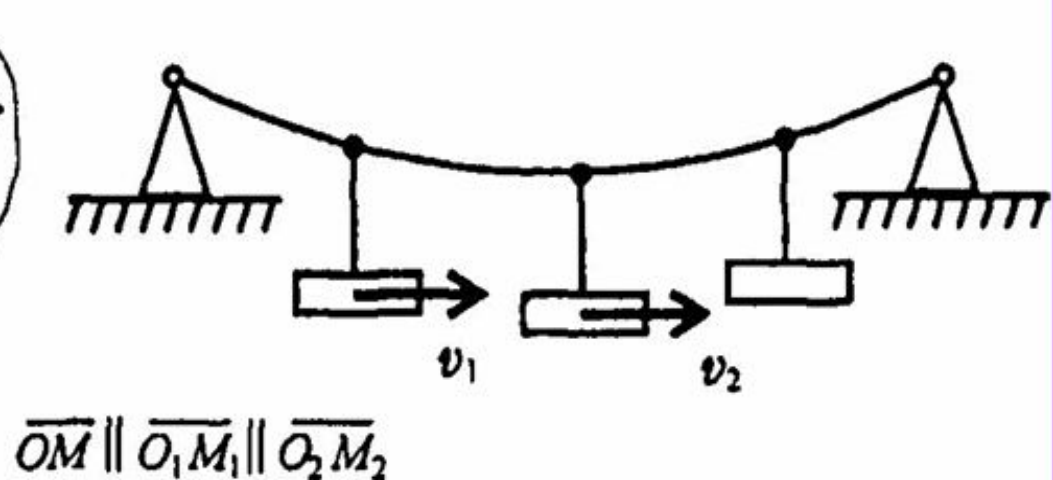


Рис. 11.2

Вращательное движение

Неподвижная ось, вокруг которой вращаются все точки тела называется *осью вращения*.

При этом каждая точка движется по окружности, радиус которой равен расстоянию точки до оси вращения. Точки на оси вращения не перемещаются.

Для описания вращательного движения тела вокруг неподвижной оси можно использовать только угловые параметры (рис. 11.3):

φ — угол поворота тела, $[\varphi] = \text{рад}$;

ω — угловая скорость, определяет изменение угла поворота в единицу времени, $[\omega] = \text{рад/с}$.

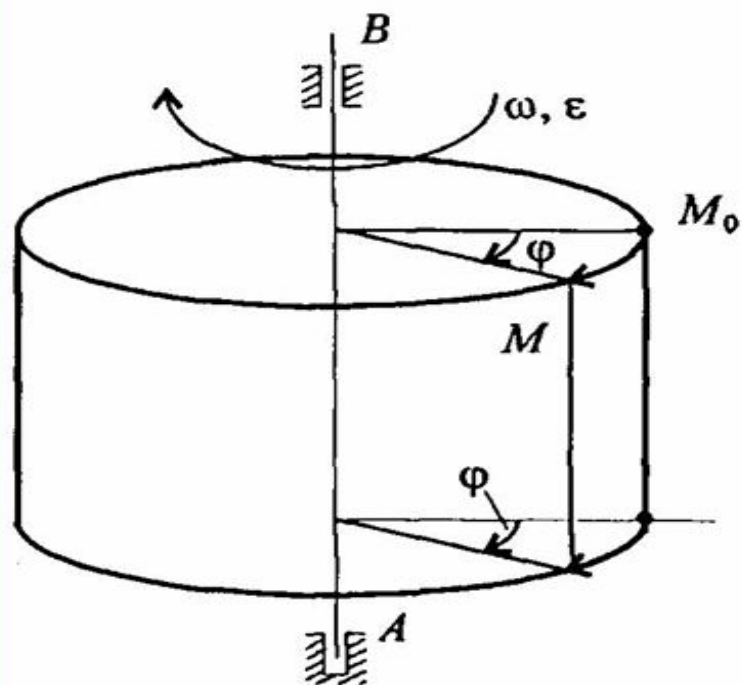


Рис. 11.3

Для определения положения тела в любой момент времени используется уравнение $\varphi = f(t)$.

Следовательно, для определения угловой скорости можно пользоваться выражением $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.

Иногда для оценки быстроты вращения используют угловую частоту вращения n , которая оценивается в оборотах в минуту.

Угловая скорость и частота вращения физически близкие величины:

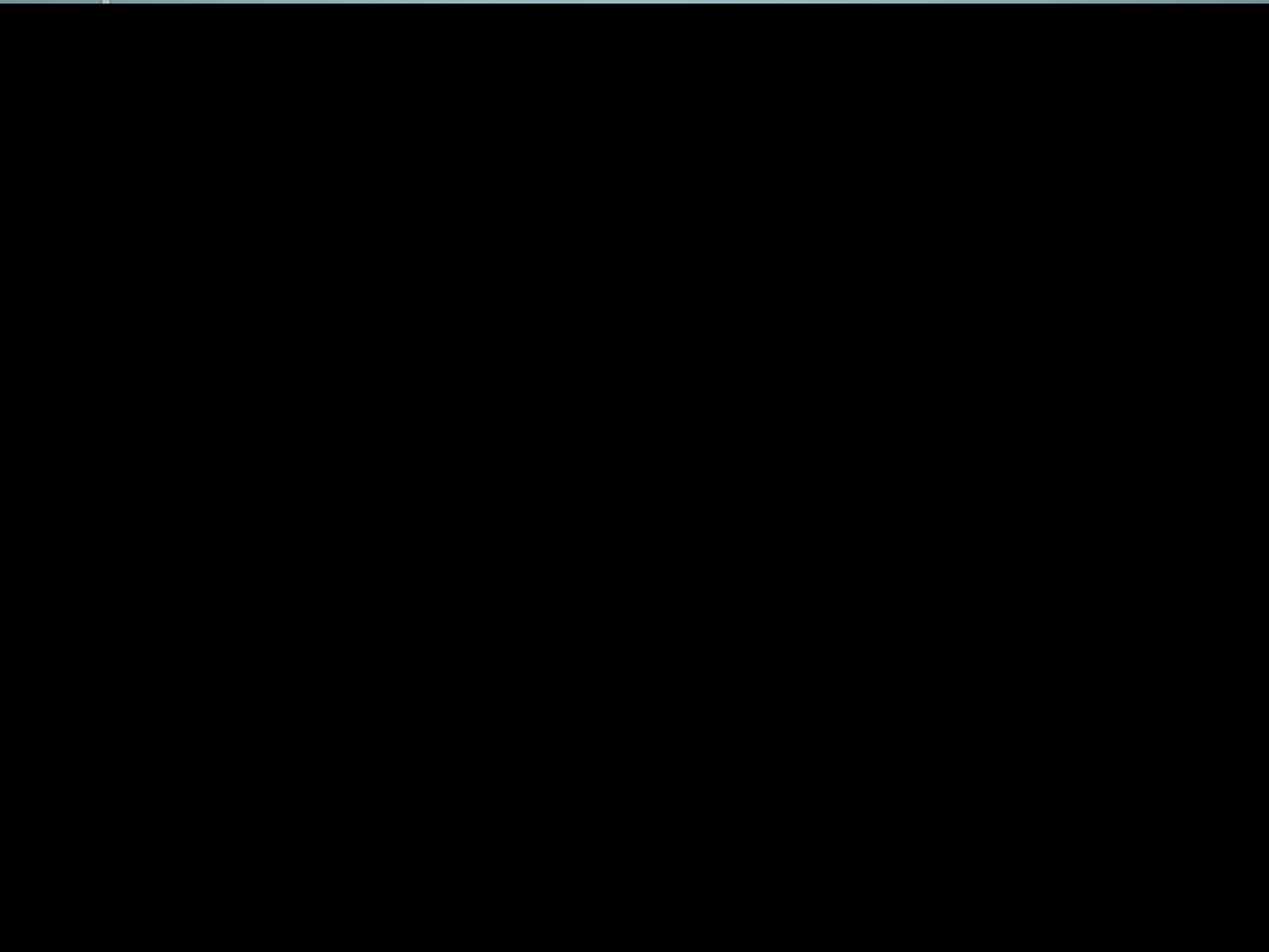
$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}.$$

Изменение угловой скорости во времени определяется угловым ускорением ϵ , $[\epsilon] = \text{рад/с}^2$;

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt}.$$

Частные случаи вращательного движения
Равномерное вращение (угловая скорость постоянна):

$$\omega = \text{const.}$$



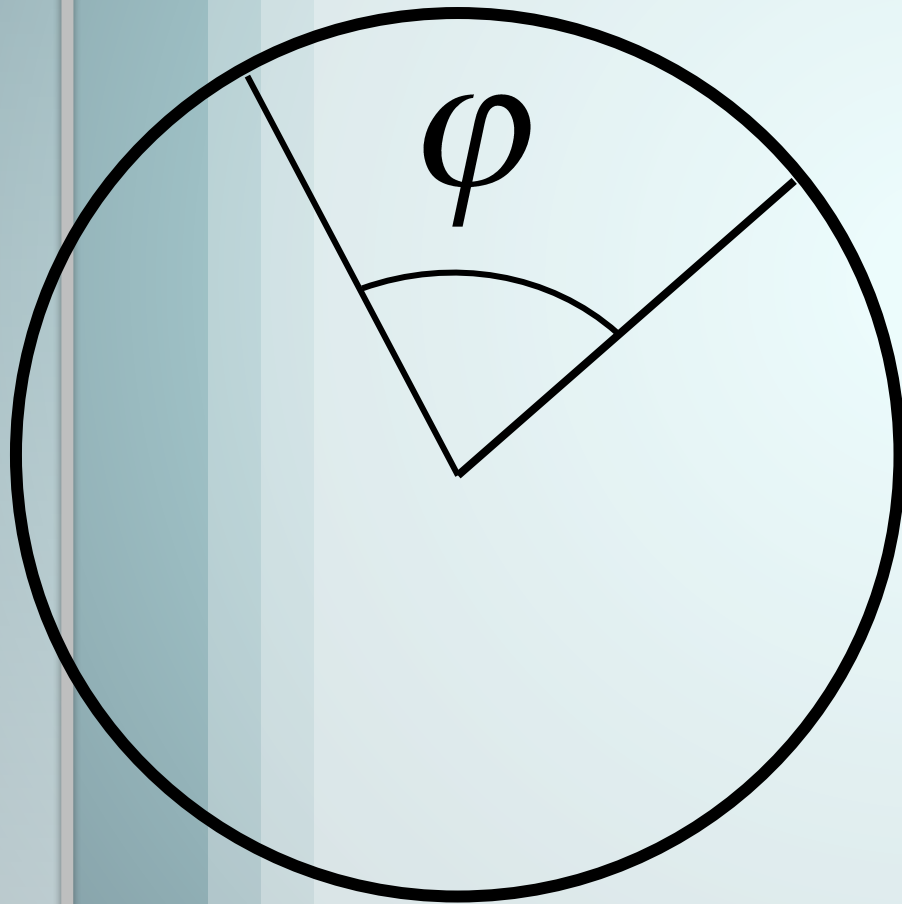
Вращательное движение

φ - угловое перемещение

$[\varphi]$ – рад

за один период

$$\varphi = 2\pi$$



Радян – угол между двумя радиусами, длина дуги между которыми равна радиусу.

Скорость

Линейная скорость

Угловая скорость

$$V = s/t$$

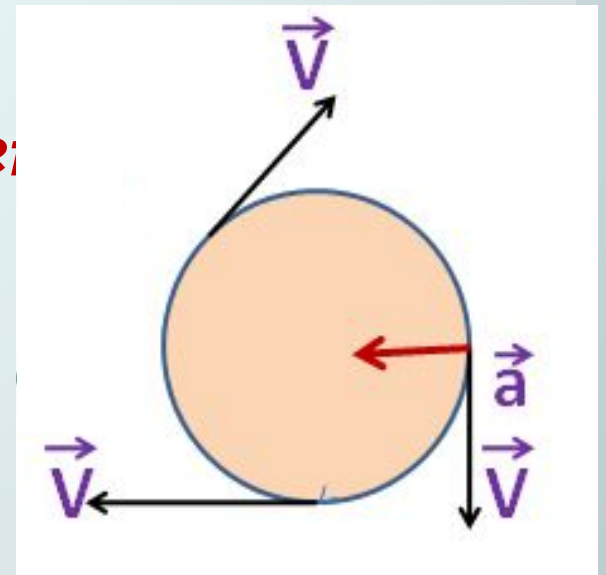
$$\omega = \phi/t$$

$$V = \omega R$$

**Скорость тела при движении
по окружности**

ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

- движение **криволинейное**, так как траекторией является окружность
- движение **равномерное**, так как модуль скорости не меняется
- вектор скорости **направлен по касательной** к окружности
- вектор ускорения **направлен к центру** окружности



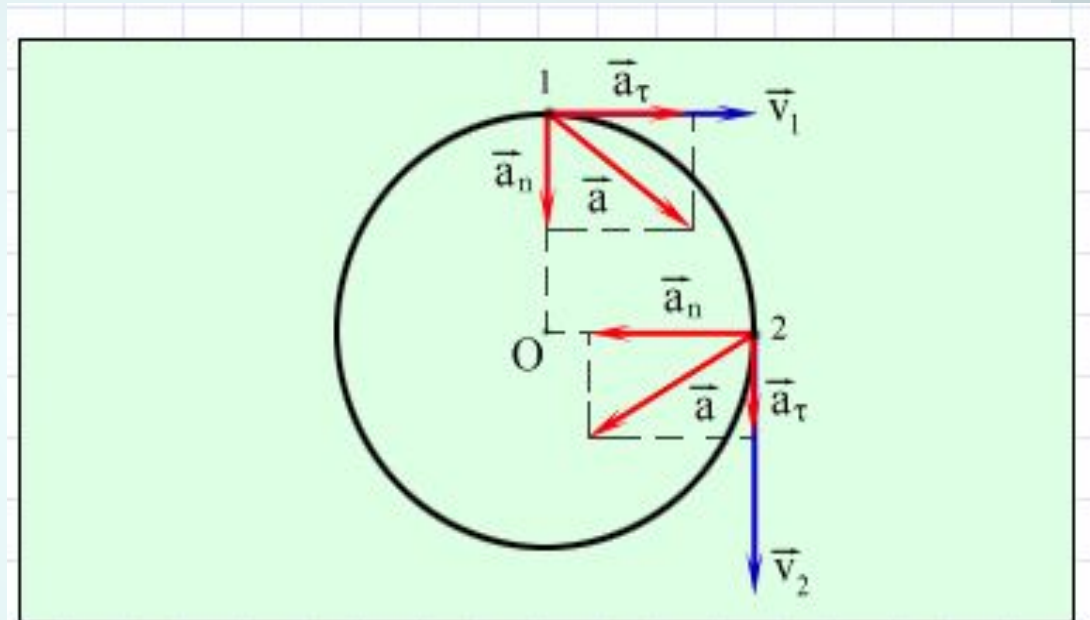
Ускорение при вращательном движении

При неравномерном движении тела:

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

Касательное ускорение тела:

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



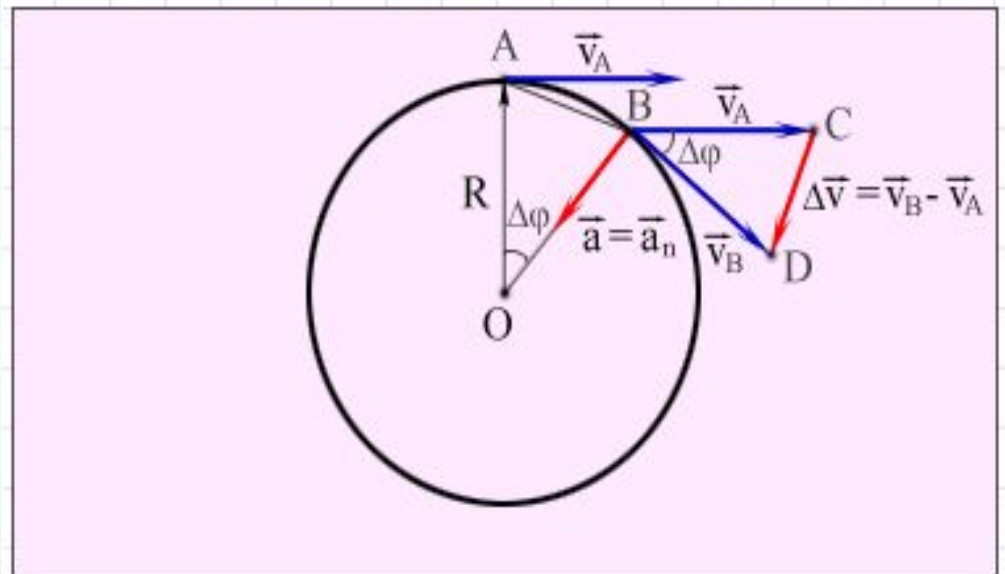
Ускорение тела при неравномерном движении по окружности.

Ускорение

Движение по окружности – движение с ускорением.

Нормальное ускорение тела направлено по радиусу к центру окружности.

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



Нормальное ускорение тела при движении по окружности.

ДВИЖЕНИЯ

<i>Величина</i>	<i>Обозн</i>	<i>Единица</i>	<i>Формула</i>
Перемещение	S	м	
Частота	n	об/мин.	
Линейная скорость	V	м/с	
Угловая скорость	ω	рад/с	
Ускорение	a	м/с²	

Частные случаи вращательного движения

Равномерное вращение (угловая скорость постоянна):

$$\omega = \text{const.}$$

Уравнение (закон) равномерного вращения в данном случае имеет вид:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t,$$

где φ_0 — угол поворота до начала отсчета.

Кинематические графики для этого вида движения изображены на рис. 11.4.

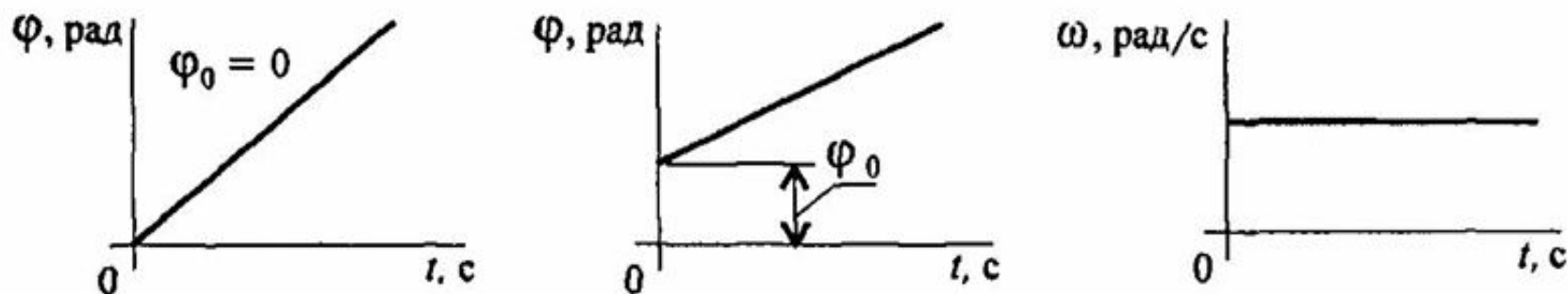


Рис. 11.4

Равнопеременное вращение (угловое ускорение постоянно):

$$\varepsilon = \text{const.}$$

Уравнение (закон) равнопеременного вращения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

где ω_0 — начальная угловая скорость.

Угловое ускорение при ускоренном движении — величина *положительная*; угловая скорость будет все время возрастать.

Угловое ускорение при замедленном движении — величина *отрицательная*; угловая скорость убывает.

Для данного движения кинематические графики представлены на рис. 11.5.

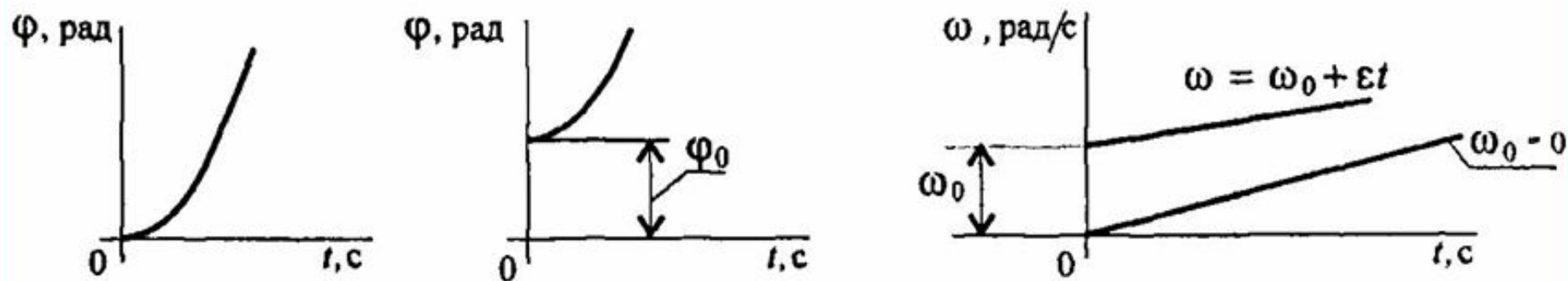
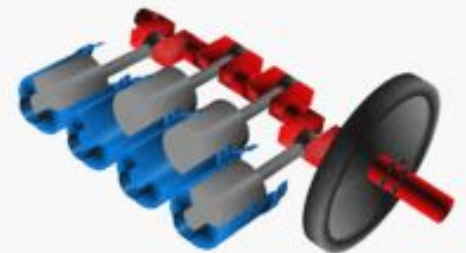


Рис. 11.5

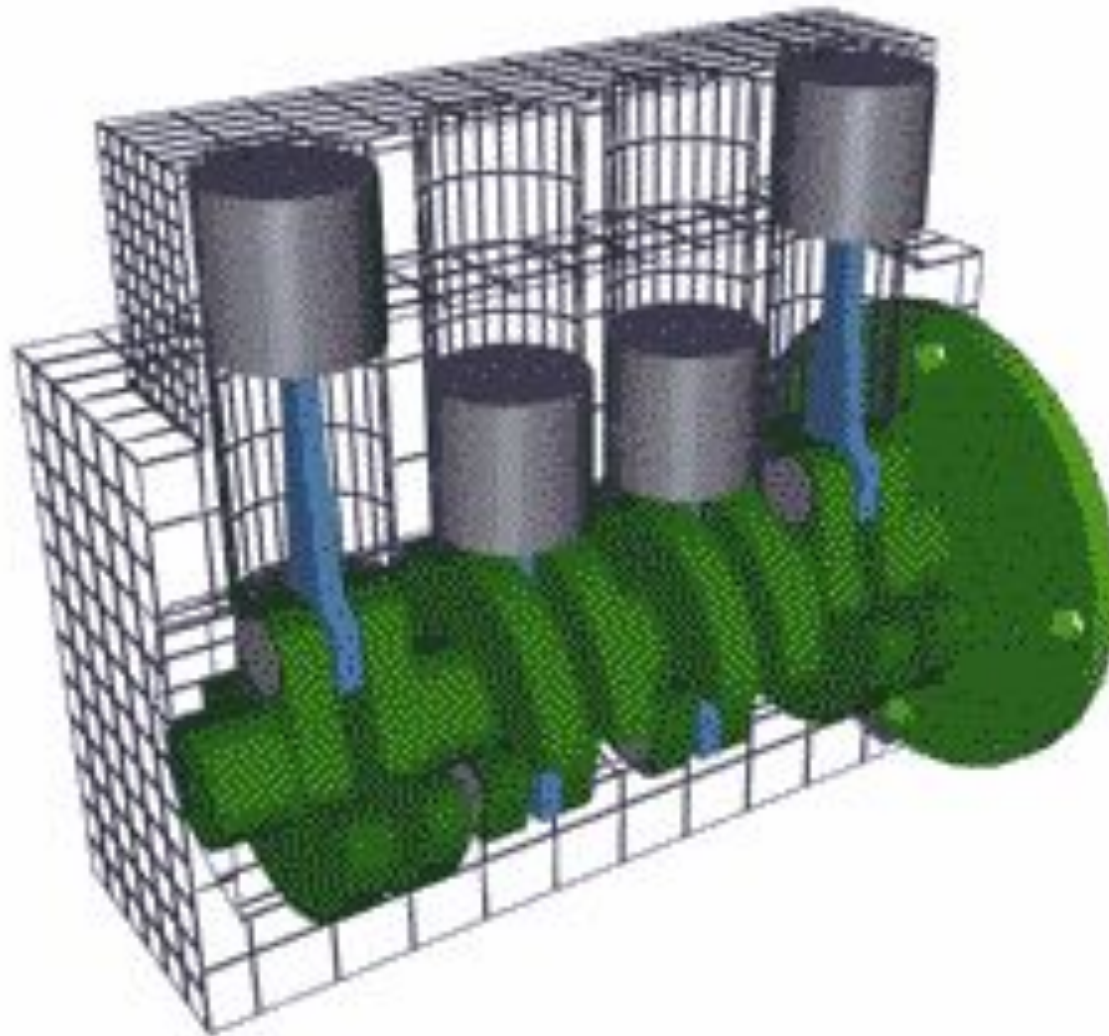
Назначение, общее устройство, принципы работы КШМ

*Кривошипно-шатунный механизм
предназначен для*

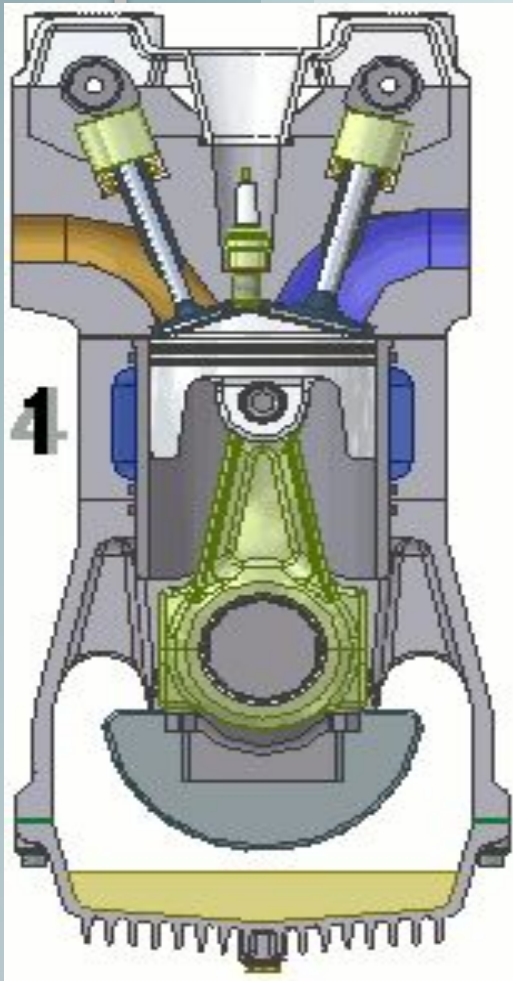
*преобразования прямолинейного
возвратно-поступательного
движения поршней, восприятия
силы давления газов, во
вращательное движение
коленчатого вала*



Назначение, общее устройство, принципы работы КШМ

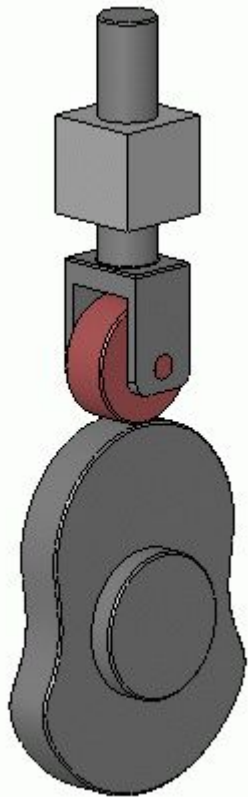


Назначение, общее устройство, принципы работы КШМ



- Поршневой двигатель — двигатель внутреннего сгорания, в котором энергия расширяющихся газов, образовавшаяся в результате сгорания топлива в замкнутом объёме, преобразуется в механическую работу поступательного движения поршня за счёт расширения рабочего тела в цилиндре, в который вставлен поршень. Поступательное движение поршня преобразуется во вращение коленчатого вала кривошипно-шатунным механизмом

Назначение, общее устройство, принципы работы кулачкового механизма



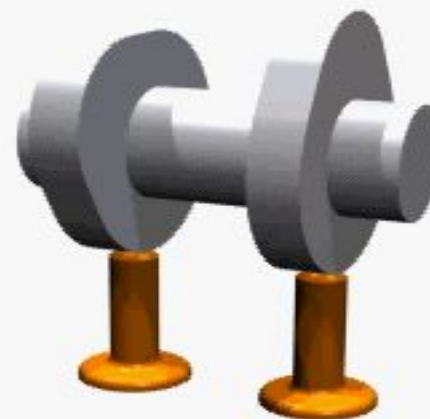
Кулачковые механизмы служат для преобразования вращательного движения (кулачка) в возвратно-поступательное. Механизм состоит из кулачка - криволинейного диска, насаженного на вал, и стержня, который одним концом опирается на криволинейную поверхность диска. Стержень вставлен в направляющую втулку. Для лучшего прилегания к кулачку, стержень снабжается нажимной пружиной. Чтобы стержень легко скользил по кулачку, на его конце устанавливается ролик.

Назначение, общее устройство, принципы работы кулачкового

механизма

□ В автомобиле

Для достижения высоких динамических и скоростных характеристик автомобиля мало улучшить мотор. Чтобы реализовать его возросшие возможности, нужна и соответствующая коробка передач. Такая коробка должна обладать высокой скоростью переключения, другими передаточными числами, способностью выдерживать высокие нагрузки. Этим требованиям в полной мере отвечают кулачковые КПП, спортивных автомобилей.



Скорость и ускорение точек вращающегося тела

Тело вращается вокруг точки O . Определим параметры движения точки A , расположенной на расстоянии r_A от оси вращения (рис. 11.6, 11.7).

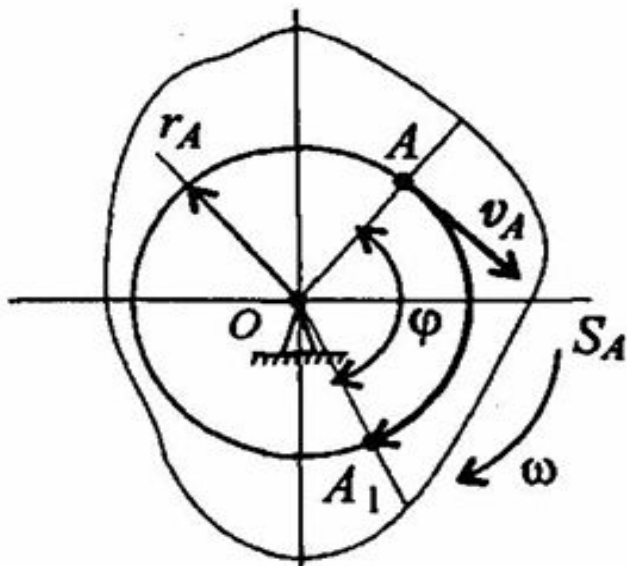


Рис. 11.6

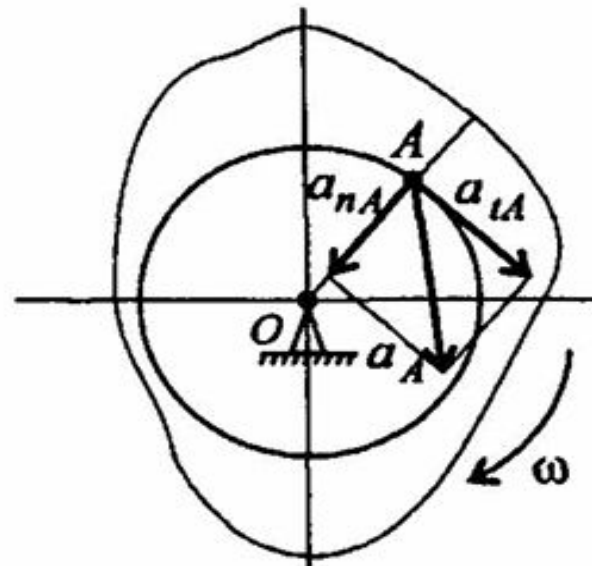


Рис. 11.7

Путь точки A : $S_A = \varphi r_A$.

Линейная скорость точки A : $v_A = \omega r_A$.

Ускорения точки A : $a_{tA} = \varepsilon r_A$ — касательное; $a_{nA} = \omega^2 r_A$ — нормальное, где r_A — радиус окружности, траектории точки A .

Пример 1. По заданному графику угловой скорости (рис. 11.8) определить вид вращательного движения.

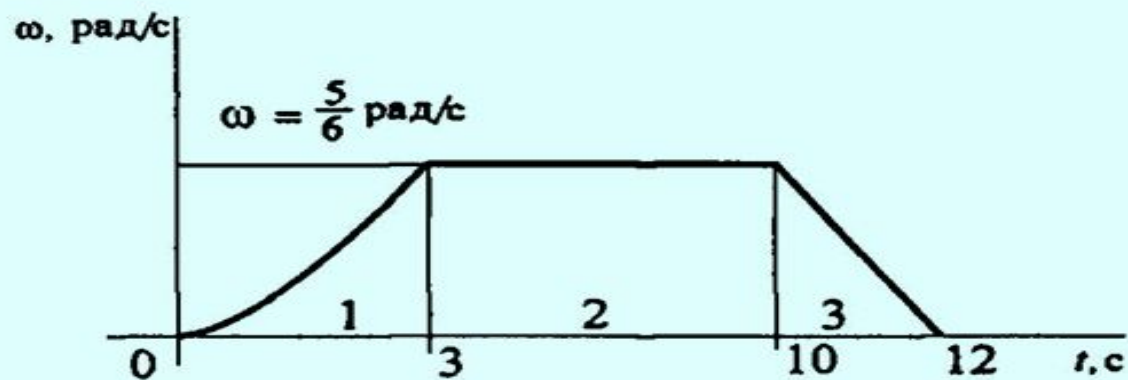


Рис. 11.8

Пример 1. По заданному графику угловой скорости (рис. 11.8) определить вид вращательного движения.

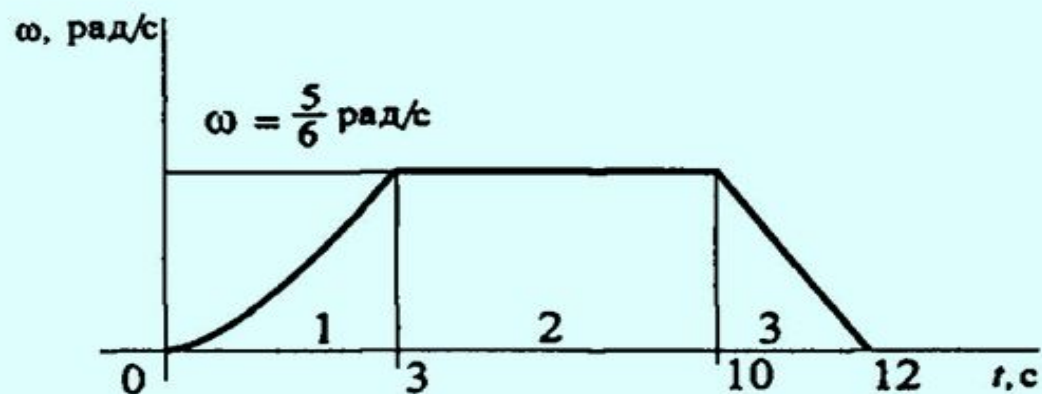


Рис. 11.8

Решение

1. Участок 1 — неравномерное ускоренное движение, $\omega = \varphi'$; $\varepsilon = \omega'$.
2. Участок 2 — скорость постоянна — движение равномерное, $\omega = \text{const}$.
3. Участок 3 — скорость убывает равномерно — равнозамедленное движение, $\varepsilon = \omega' < 0$.

Пример 3. Тело вращалось равноускоренно из состояния покоя и сделало 360 оборотов за 2 мин. Определить угловое ускорение.

Пример 3. Тело вращалось равноускоренно из состояния покоя и сделало 360 оборотов за 2 мин. Определить угловое ускорение.

Решение

1. Один оборот равен 2π радиан. Следовательно:

$$360 \text{ оборотов} = 720\pi \text{ рад}, \quad \varphi = 720\pi \text{ рад.}$$

2. Закон равнопеременного вращательного движения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

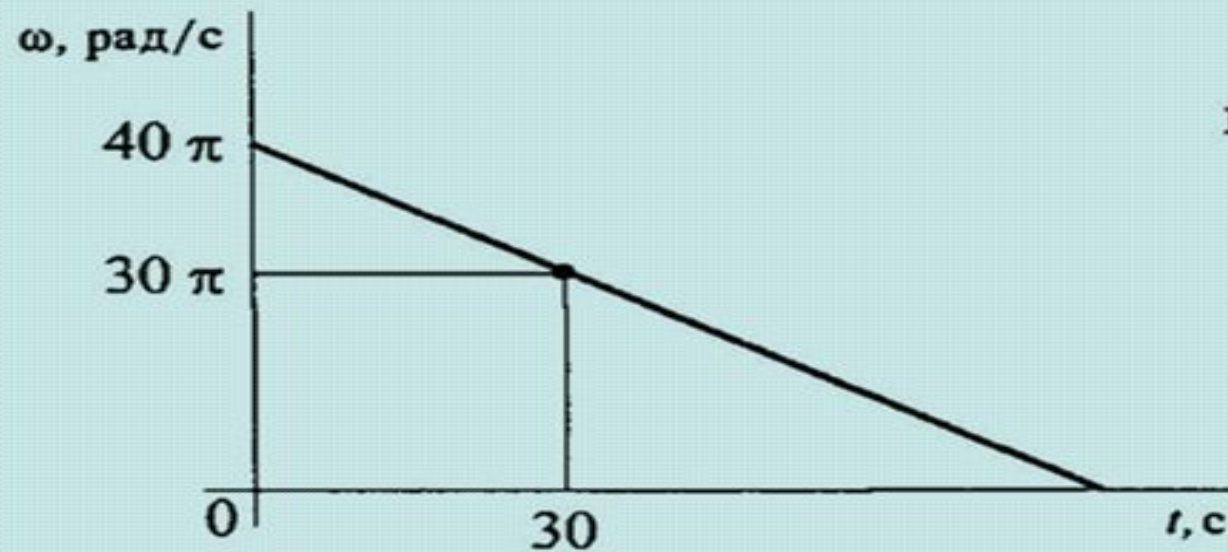
В данном случае $\varphi_0 = 0$; $\omega_0 = 0$.

Следовательно, $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Откуда $\varepsilon = \frac{2\varphi}{t^2}$.

3. Угловое ускорение равно $\varepsilon = \frac{2 \cdot 720 \cdot \pi}{(120)^2} = 0,314 \text{ рад/с}^2$.

Пример 4. Тело вращалось с угловой частотой 1200 об/мин. Затем движение стало равнозамедленным, и за 30 секунд скорость упала до 900 об/мин. Определить число оборотов тела за это время и время до полной остановки.



Решение

1. Построить график изменения скорости за 30 с (рис. 11.9).
Определяем угловую скорость вращения тела:

$$\omega_0 = \frac{1200 \cdot \pi}{30} = 40\pi \text{ рад/с}; \quad \omega = \frac{900\pi}{30} = 30\pi \text{ рад/с.}$$

Определяем угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{30\pi - 40\pi}{30} = -\frac{1}{3}\pi \text{ рад/с}^2.$$

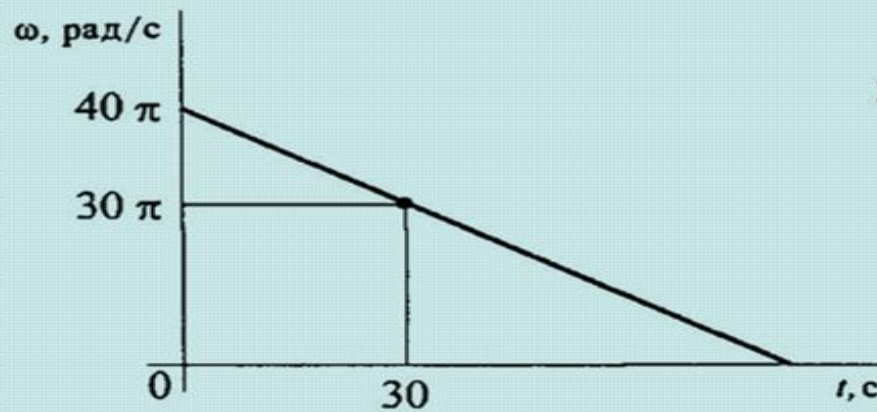


Рис. 11.9

Определяем угол поворота за прошедшее время:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2};$$

$$\varphi_0 = 0;$$

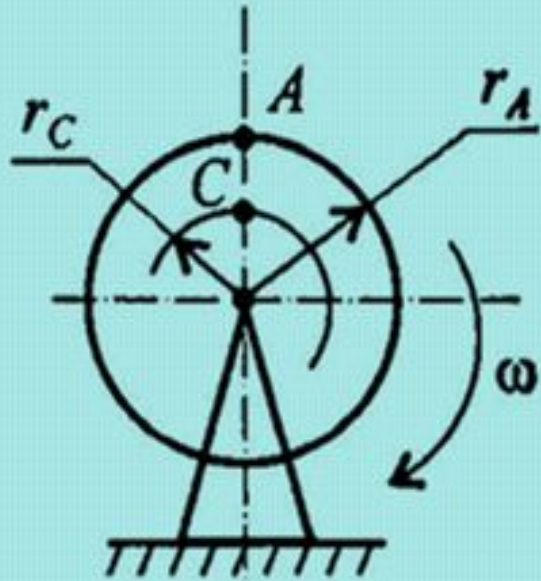
$$\varphi = 40\pi \cdot 30 - \frac{1}{3} \frac{\pi \cdot (30)^2}{2};$$

$$\varphi = 1050\pi \text{ рад.}$$

Число оборотов за 30 с:
$$z = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{1050\pi}{2\pi} = 525 \text{ об.}$$

2. Определяем время до полной остановки.
Скорость при остановке равна нулю, $\omega = 0$.
Таким образом, $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$; $0 = \omega_0 + \varepsilon t$.
Тогда $t_{\text{ост}} = -\frac{\omega_0}{\varepsilon}$; $t_{\text{ост}} = \frac{40\pi \cdot 3}{\pi} = 120 \text{ с.}$

Пример 5. Маховое колесо вращается равномерно со скоростью 120 об/мин (рис. 11.10). Радиус колеса 0,3 м. Определить скорость и полное ускорение точек на ободе колеса, а также скорость точки, находящейся на расстоянии 0,15 м от центра.



Пример 5. Маховое колесо вращается равномерно со скоростью 120 об/мин (рис. 11.10). Радиус колеса 0,3 м. Определить скорость и полное ускорение точек на ободе колеса, а также скорость точки, находящейся на расстоянии 0,15 м от центра.

Решение

1. Угловая скорость

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 120}{30} \approx 12,56 \text{ рад/с.}$$

2. Линейная скорость на ободе колеса

$$v = \omega r; v_A = \omega r_A; v_A = 12,56 \cdot 0,3 = 3,77 \text{ м/с.}$$

3. Скорость в точке C (рис. 11.10)

$$v_C = \omega r_C; v_C = 12,56 \cdot 0,15 = 1,88 \text{ м/с.}$$

4. Угловое ускорение $\varepsilon = \omega' = 0$.

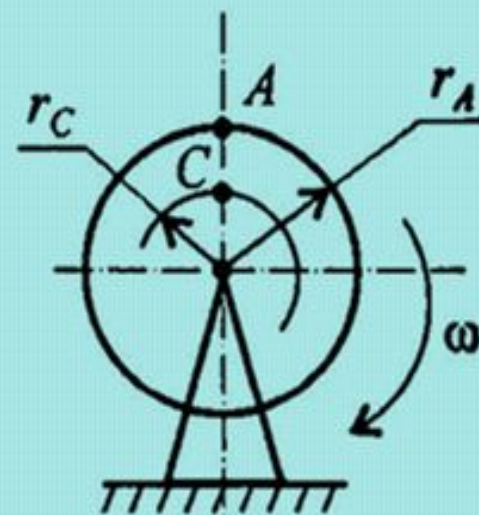


Рис. 11.10

Касательное ускорение точки A $a_{tA} = 0$; нормальное ускорение точки A $a_{nA} = \omega^2 r_A$; $a_{nA} = (12,56)^2 \cdot 0,3 = 47,3 \text{ м/с}^2$.

5. Полное ускорение точек на ободе колеса

$$a_A = \sqrt{a_{tA}^2 + a_{nA}^2}; \quad a_A = a_{nA} = 47,3 \text{ м/с}^2.$$

Закрепление знаний

Контрольные вопросы и задания

1. Какими кинематическими параметрами характеризуется поступательное движение и почему?

2. Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.

Закрепление знаний

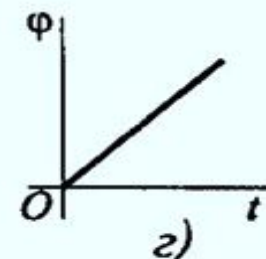
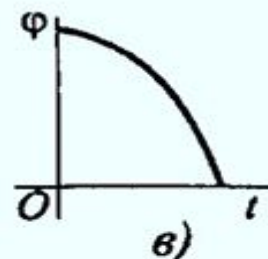
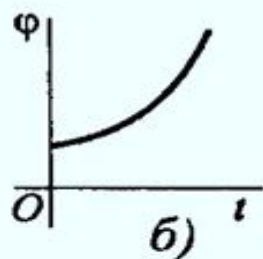
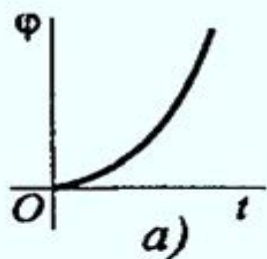
3. Запишите уравнение равнопеременного поступательного движения твердого тела.

4. Запишите уравнения равномерного и равнопеременного вращательного движений твердого тела.

5. Задано уравнение движения тела $S = f(t)$. Как определяют скорость и ускорение?

Закрепление знаний

6. Для заданного закона (уравнения) движения $\varphi = 6,28 + 12t + 3t^2$ выберите соответствующий кинематический график движения (рис. 11.11).



7. Для движения, закон которого задан в вопросе 6, определите угловое ускорение в момент $t = 5$ с.

Качественные задачи

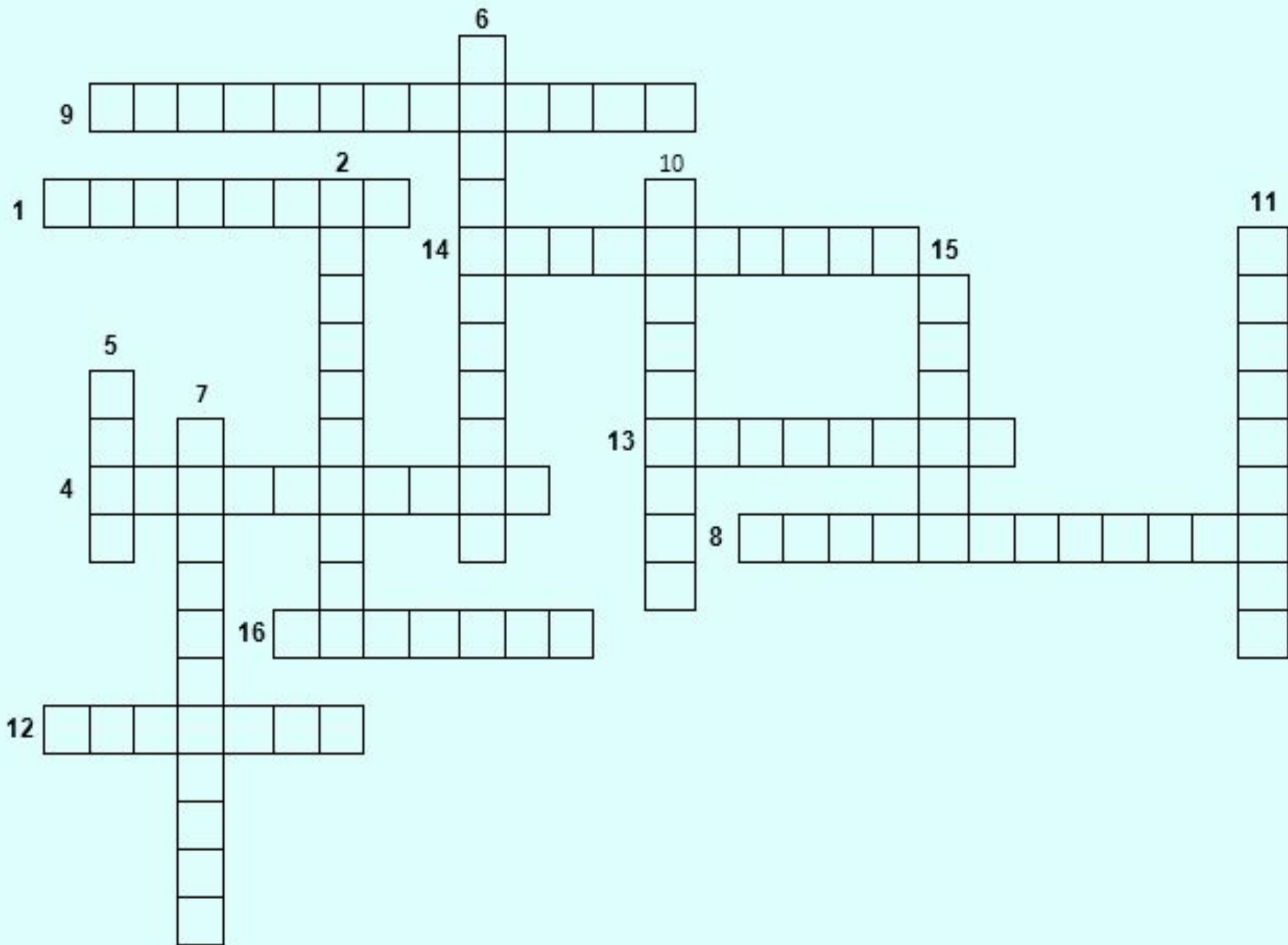
Внимательно прослушайте утверждение. Если Вы считаете, что оно **верно**, то **поднимайте руку**, если **неверно** – **не поднимайте руку**.

1. Ваше движение в колледж является механическим.
2. При резком повороте автобуса влево пассажиры отклоняются вправо.
3. Пассажиры в движущемся автобусе покоятся относительно автобуса.
4. При движении по окружности ускорение направлено по касательной к окружности.

Качественные задачи

Внимательно прослушайте утверждение. Если Вы считаете, что оно **верно, то **поднимаете руку**, если **неверно** – **не поднимайте руки**.**

5. Столкнулись автомобиль МАЗ и мотоцикл. Сила, с которой МАЗ действовал на мотоцикл больше, чем сила, с которой мотоцикл действовал на МАЗ.
6. Ускорения, которые получили МАЗ и мотоцикл при взаимодействии, равны.
7. Автомобиль будет двигаться равномерно по горизонтальному шоссе с выключенным двигателем при отсутствии силы трения и сопротивления воздуха.
8. Металлический шар падает с некоторой высоты. Его движение равноускоренное, так как сила тяжести, сила сопротивления воздуха и архимедова сила не компенсируют друг друга.



РЕФЛЕКСИЯ

Выскажитесь одним предложением. Продолжите мысль:

- ✓ *Сегодня я узнал...*
- ✓ *Было интересно...*
- ✓ *Было трудно...*
- ✓ *Я выполнял задания...*
- ✓ *Чем запомнился вам урок?*
- ✓ *Оцените свою работу на уроке.*

Домашнее задание

- Теория – конспект
- Аркуша А.И. гл. 8 § 1.31-1.34 стр. 98-105
 - Выполнение тестового задания
- Решение задачи по карточкам /5 вар./

Подведение итога урока



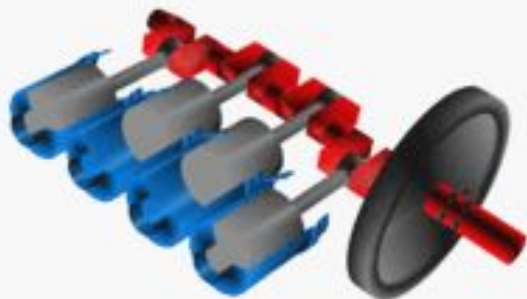
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И КУЛЬТУРЫ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

ЩЁКИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

Урок

по технической механике

«Поступательное и вращательное движение»



Преподаватель: ЮДИНА Н.П.