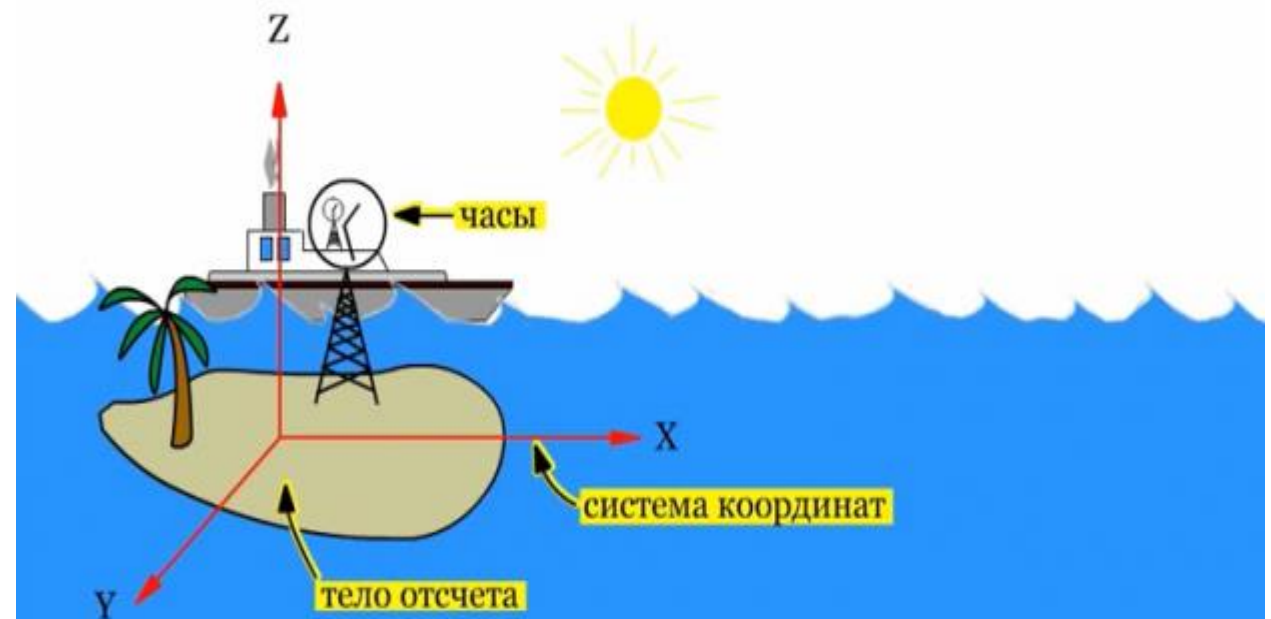


Тема: «Основы кинематики»

Система отсчета — тело отсчета, связанная с ним система координат, часы (как инструмент отсчета времени), покоящиеся в этой системе.

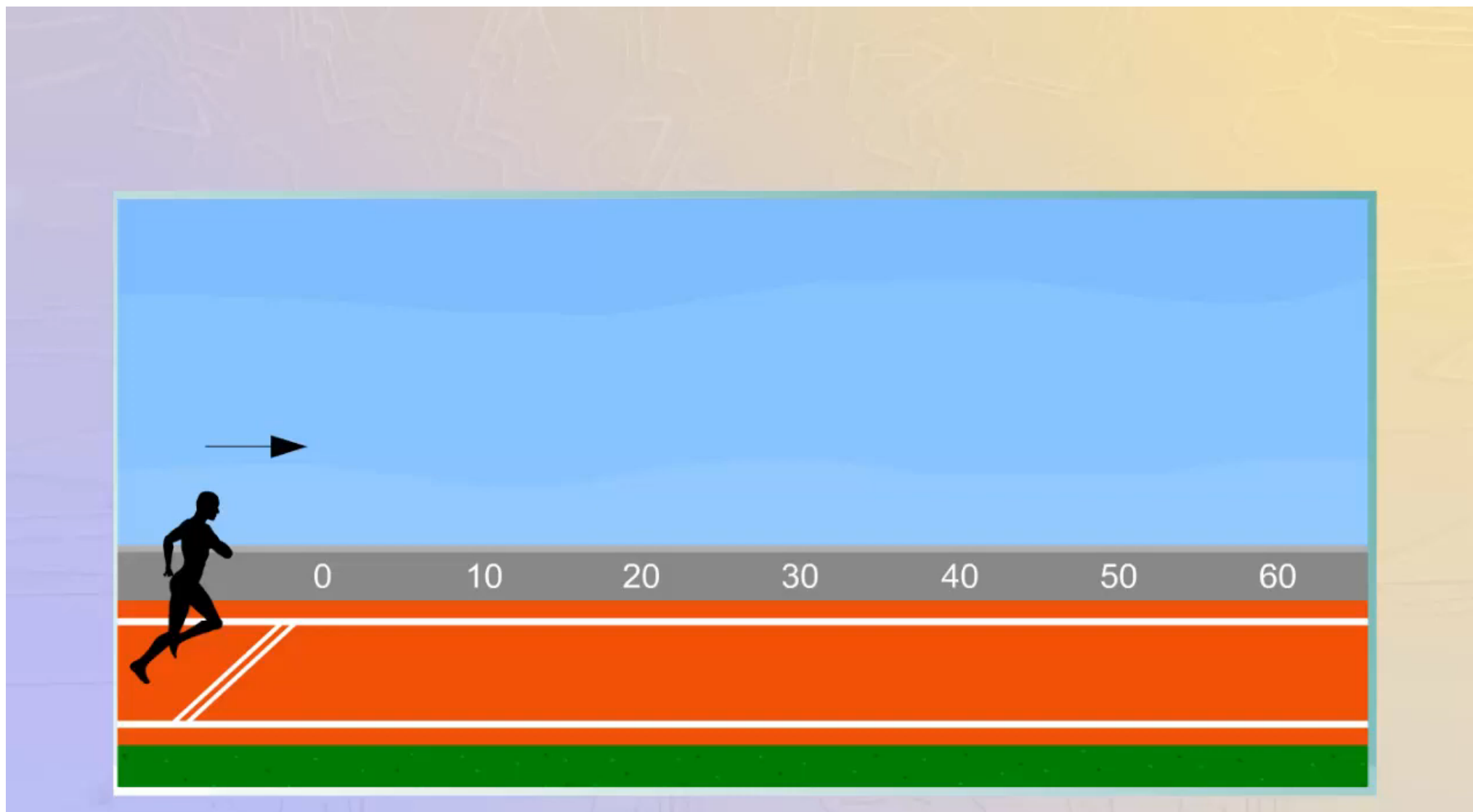


Подготовил преподаватель
Мантурова Г.П.
Занятие 3

ВОПРОСЫ:

1. Мгновенная скорость
2. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением
3. Движение с постоянным ускорением свободного падения
4. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость. Центробежное ускорение.
5. Кинематика абсолютно твердого тела.

1. Мгновенная скорость



- **Скорость** - векторная величина, характеризующая направление и быстроту изменения положения тела
- **Мгновенная скорость** - скорость тела в данный момент времени в данной точке траектории. В любой точке криволинейной траектории она направлена по касательной к траектории в этой точке
- **Мгновенная скорость** – это векторная физическая величина, численно равная пределу, к которому стремится средняя скорость за бесконечно малый промежуток времени

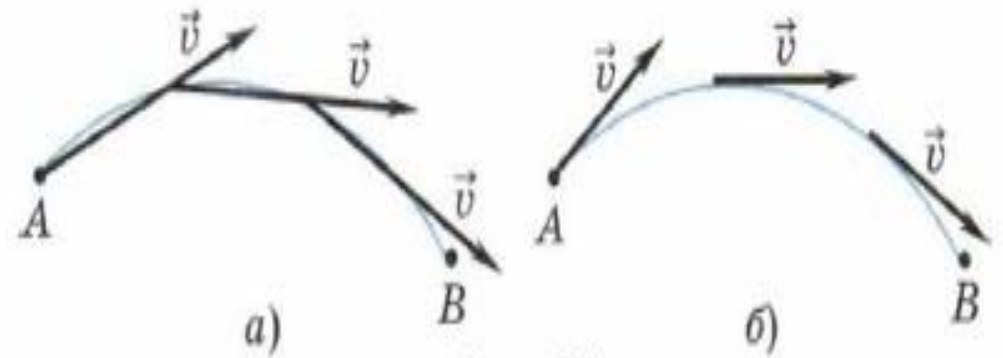
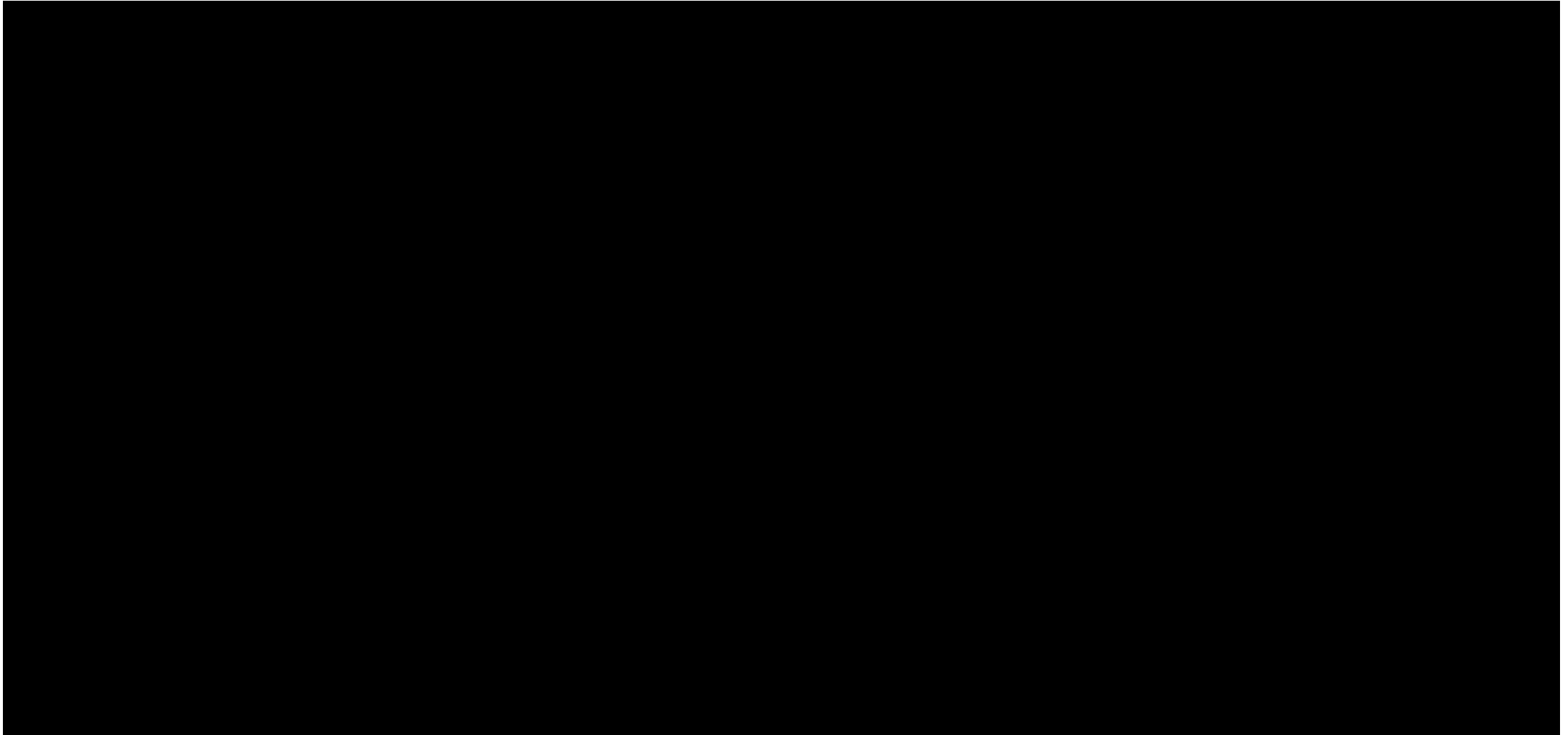


Рис. 36

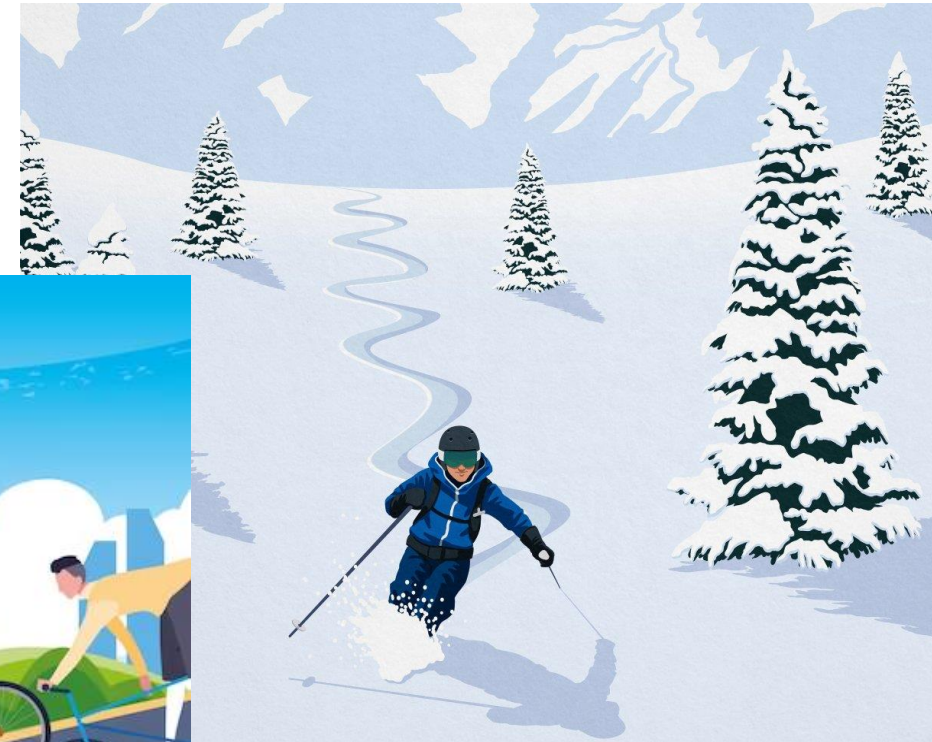
2. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением.



- **Ускорение** — физическая, векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела. Ускорение показывает, на какую величину изменяется скорость за 1 секунду. Взаимное расположение векторов ускорения и начальной скорости определяет характер движения.
- **Прямолинейное равноускоренное движение** — это прямолинейное движение, при котором скорость тела изменяется на одну и ту же величину за равные промежутки времени (не только ускорение (т. е. увеличение скорости), но и замедление)

Примеры равноускоренного движения

- разгон самолета перед взлетом
- торможение лыжника на горном склоне
- свободное падение в результате прыжка с парашютом
- велосипедист, спускающийся с горки;
- мальчишки, играющие в догонялки.



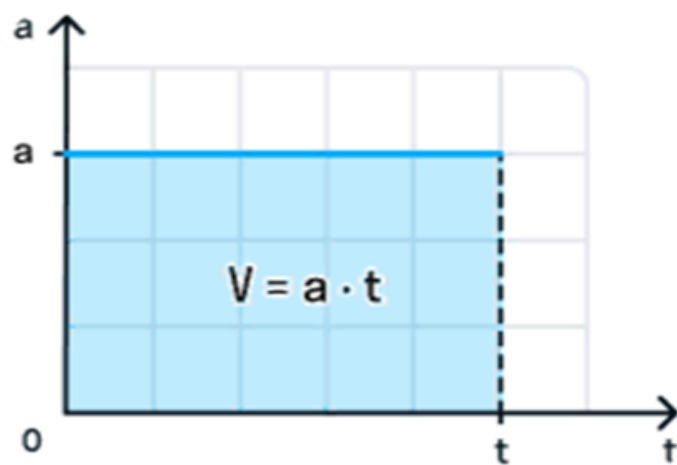
Формула ускорения при равноускоренном движении

$$\vec{a} = \frac{\vec{V} - \vec{V}_0}{t},$$

где a — ускорение тела [м/с²],
 V — мгновенная скорость [м/с],
 V_0 — начальная скорость [м/с],
 t — время [с].

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

Во время движения тела ускорение остается постоянным. График зависимости ускорения от времени имеет следующий вид:



Если из формулы ускорения выразить мгновенную скорость, т. е. скорость в момент времени t , то мы получим уравнение скорости при равноускоренном движении:

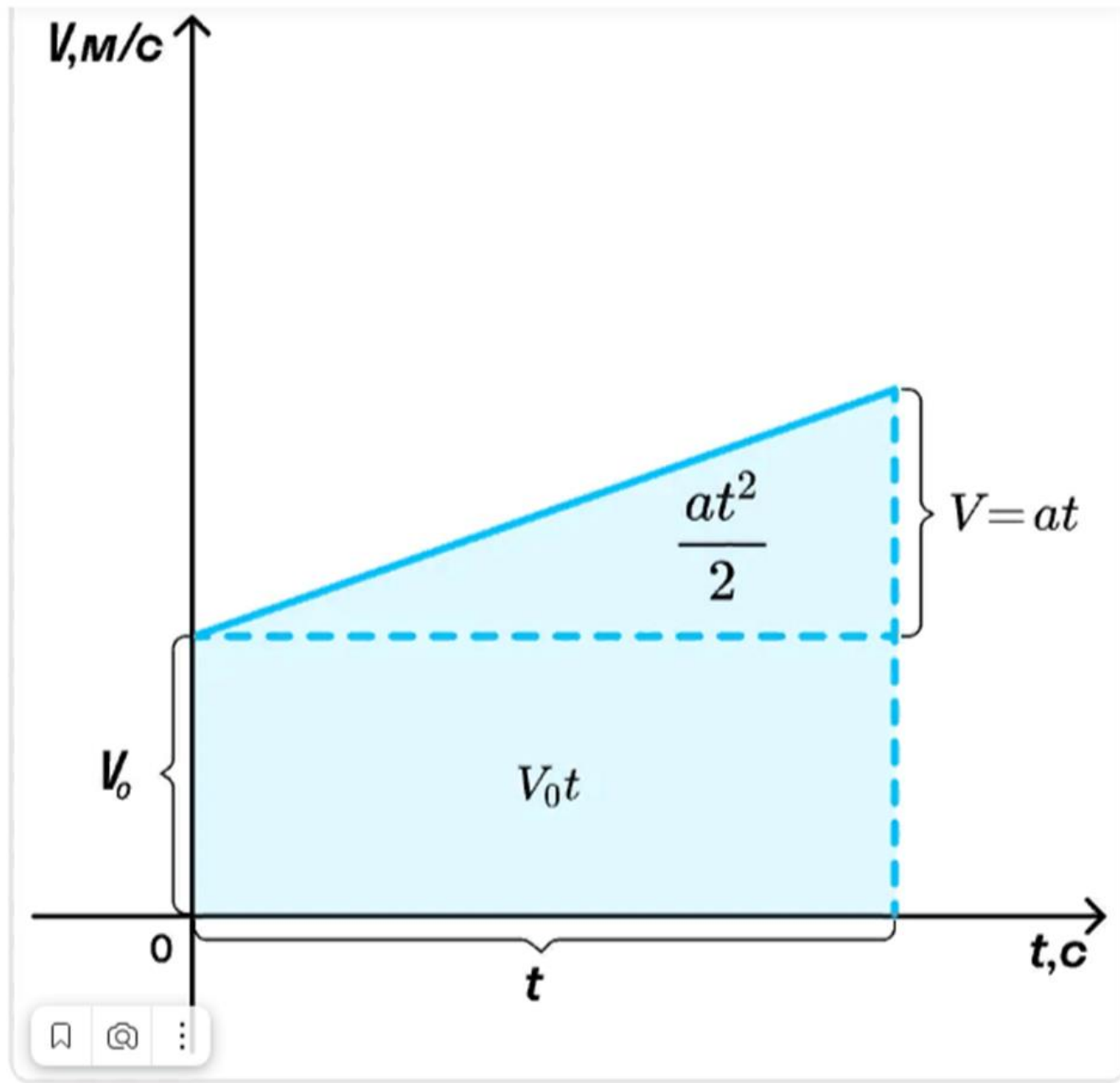
$$V(t) = V_0 + at,$$

где $V(t)$ — скорость в момент времени t [м/с],

V_0 — начальная скорость [м/с],

a — ускорение тела [м/с²],

t — время [с].



В случае равноускоренного движения с неизвестным временем движения, но с заданными начальной и конечной скоростями пройденный путь можно найти с помощью следующей формулы:

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a},$$

где S — путь, пройденный за время t [м],

V_0 — начальная скорость [м/с],

V — скорость в момент времени t [м/с],

a — ускорение тела [м/с²].

Уравнение перемещения при равноускоренном движении

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2},$$

где S — перемещение за время t [м],

V_0 — начальная скорость [м/с],

a — ускорение тела [м/с²],

t — время [с].

Уравнение равноускоренного движения

$$x(t) = x_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2},$$

где $x(t)$ — координата в момент времени t [м],

x_0 — начальная координата [м],

V_0 — начальная скорость [м/с],

a — ускорение тела [м/с²],

t — время [с].

3. Движение с постоянным ускорением свободного падения

- **Свободное падение** — распространённый частный случай равноускоренного движения, при котором тело движется только под действием силы тяжести, без учета силы сопротивления воздуха.

Все тела, независимо от их массы и других физических характеристик совершают свободное падение с одинаковым ускорением (ускорением свободного падения)

ОК-9.8 **СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ**
движение тел под действием силы тяжести

\vec{mg}

$\vec{g} \approx 9,8 \text{ м/с}^2$
ускорение свободного падения

$v_x = v_{0x} + g_x t$

$s_x = v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2}$

X ↑ \vec{v}

↓ \vec{g}

↑ \vec{v}_0

§13

§14

Формула ускорения свободного падения

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

g — ускорение свободного падения [м/с²]

M — масса планеты [кг]

R — расстояние между телами [м]

G — гравитационная постоянная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$$

◇ Гравитационная постоянная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$$

◇ Масса Земли

$$M = 5,97 \times 10^{24} \text{ кг}$$

◇ Радиус Земли

$$R = 6371 \text{ км}$$

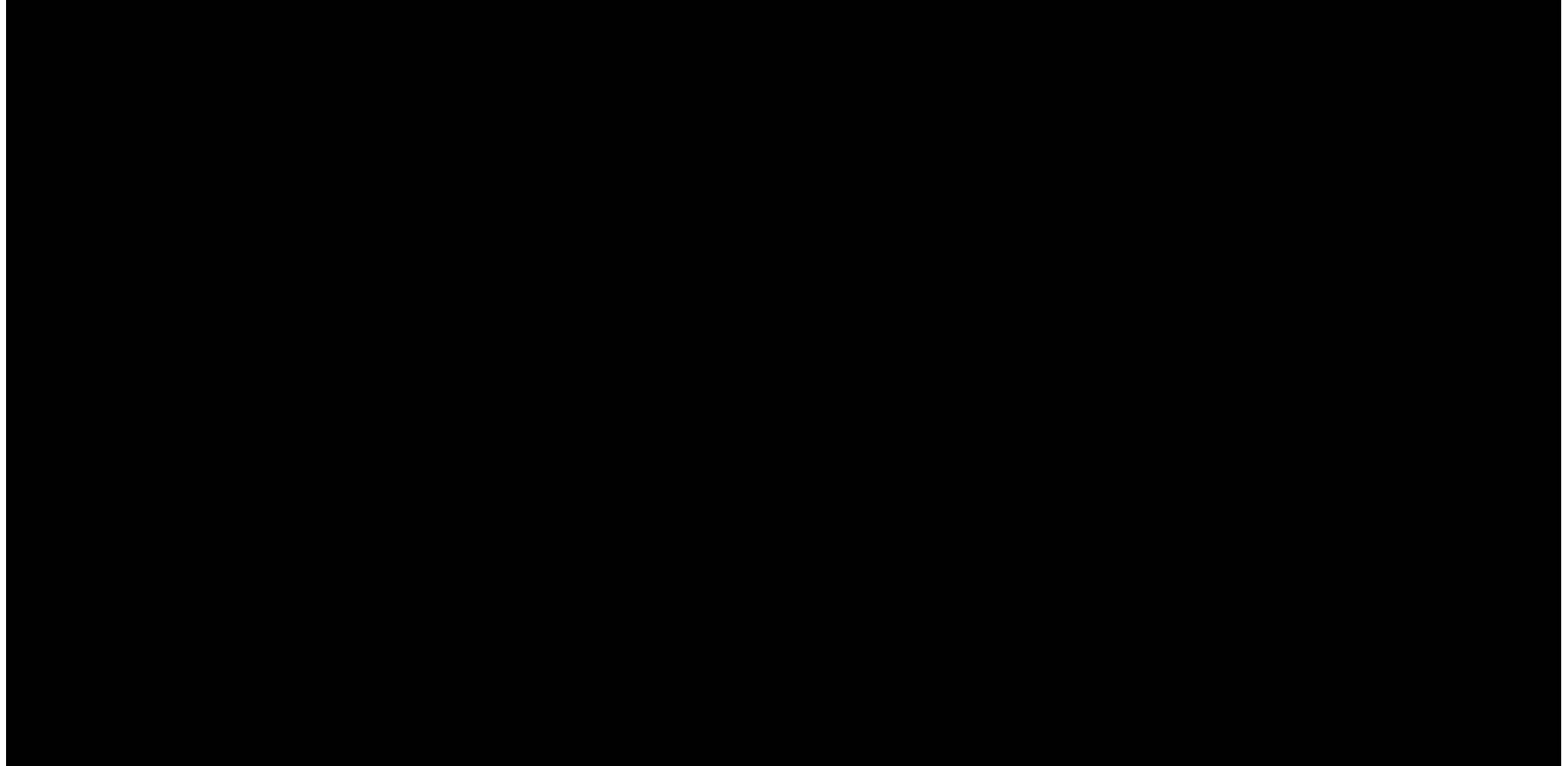
$$g = G \frac{M}{R^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{6371000^2} = \frac{6,67 \cdot 5,97 \cdot 10^7}{6371^2} \approx 9,81$$

- В разных городах ускорения свободного падения тоже различаются. Это происходит из-за того, что Земля имеет форму **геоида — приплюснутого шара**, и в разных точках у нее **различается радиус**. Если подставить эти радиусы в формулу ускорения свободного падения, получатся разные значения

Город	Долгота	Широта	Высота над уровнем моря, м	Ускорение свободного падения, м/с ²
Алматы	76,85 в. д.	43,22 с. ш.	786	9,78125
Минск	27,55 в. д.	53,92 с. ш.	220	9,81347
Москва	37,61 в. д.	55,75 с. ш.	151	9,8154
Владивосток	131,53 в. д.	43,06 с. ш.	50	9,80424

Небесное тело	Ускорение свободного падения, м/с ²	Диаметр, км	Расстояние до Солнца, миллионы км	Масса, кг	Соотношение с массой Земли
Меркурий	3,7	4 878	58	3,3×10 ²³	0,055
Венера	8,87	12 103	108	4,9×10 ²⁴	0,82
Земля	9,8	12 756,28	150	6,0×10 ²⁴	1
Марс	3,7	6 794	228	6,4×10 ²³	0,11
Юпитер	24,8	142 984	778	1,9×10 ²⁷	317,8
Сатурн	10,4	120 536	1 427	5,7×10 ²⁶	95,0
Уран	8,87	51 118	2 871	8,7×10 ²⁵	14,4
Нептун	10,15	49 532	4 498	1,02×10 ²⁶	17,1
Плутон	0,66	2 390	5 906	1,3×10 ²²	0,0022
Луна	1,62	3 473,8	0,3844 (до Земли)	7,35×10 ²²	0,0123
Солнце	274,0	1 391 000	0	2,0×10 ³⁰	332 900

4.Равномерное движение точки по окружности,
угловая скорость. Центробежное ускорение.



Основные характеристики равномерного движения 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
- модуль центростремительного ускорения равен

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

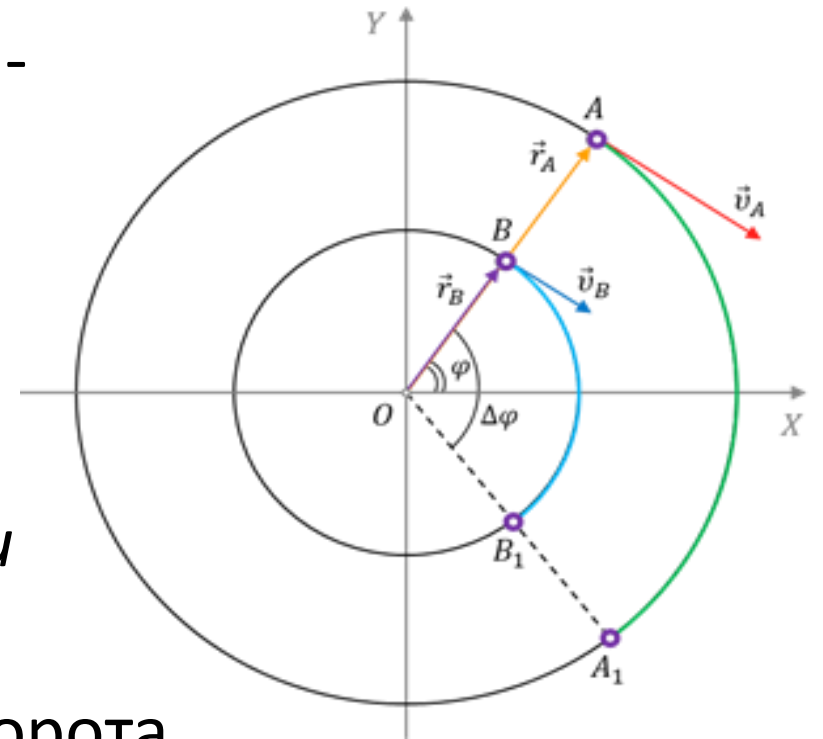
- Характеристика быстроты вращения тела - скалярная физическая величина, называемая **угловой скоростью**

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = 2\pi\nu.$$

(ω) «омега», измерения угловой скорости является радиан в секунду (рад/с)

- Она численно равна отношению угла поворота радиус-вектора к промежутку времени, в течение которого этот поворот произошёл

полному обороту тела по окружности соответствует угол $\Delta\varphi = 2\pi.$



- Время, за которое тело совершает один полный оборот, называется **периодом вращения**

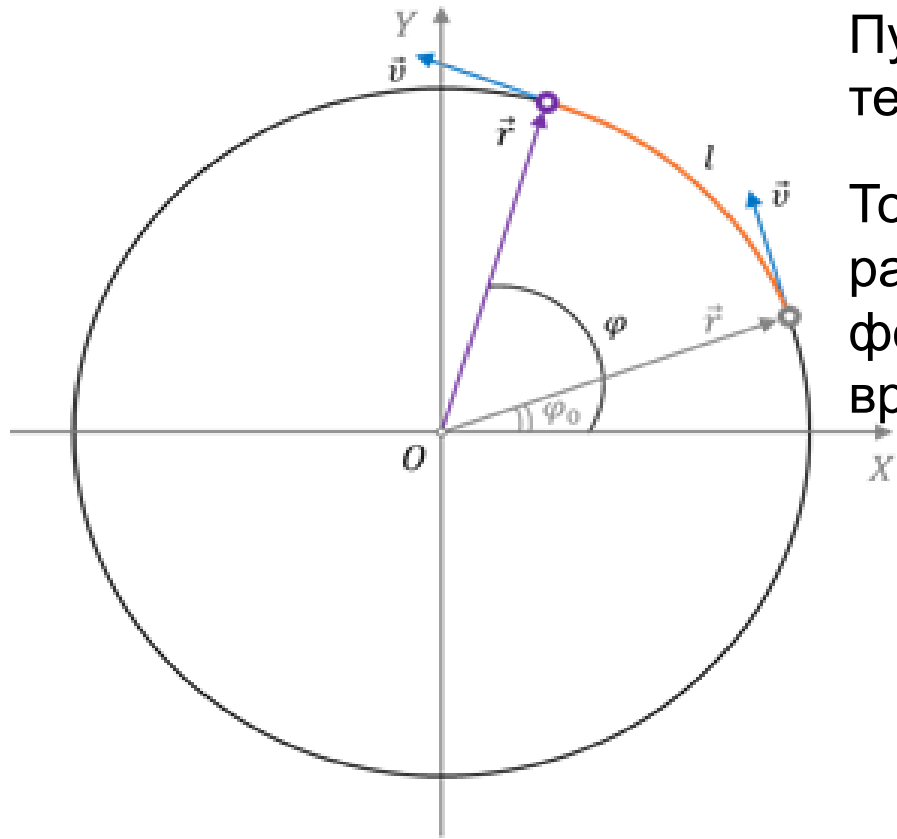
$$T = \frac{\Delta t}{N}$$

Величина, обратная периоду, называется **частотой вращения тела (ню)**. Она показывает, сколько оборотов тело совершает за единицу времени

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{\Delta t}$$

$$[\nu] = \left[\frac{1}{c} \right] = [c^{-1}].$$

Кинематическое уравнение движения тела по окружности



Пусть в начальный момент времени угловая координата тела равна φ_0 , а в некоторый момент времени t — φ .

Тогда за промежуток времени $\Delta t = t - t_0$ угол поворота радиус-вектора $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$. Подставим эти данные в формулу для определения угловой скорости вращения

$$\omega = \frac{\varphi - \varphi_0}{t - t_0} = \frac{\varphi - \varphi_0}{t}.$$

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

Оно позволяет определить положение любой точки тела в произвольный момент времени

Вертолёт начал вертикальное снижение с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Определите число оборотов лопасти винта за время снижения на 40 м , если её длина равна 5 м , а частота вращения вокруг оси — 300 с^{-1} .

ДАНО

$$a = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$s = 40 \text{ м}$$

$$v = 300 \text{ с}^{-1}$$

$$N = ?$$

РЕШЕНИЕ

Кинематическое уравнение движения по окружности: $\varphi = \omega t$.

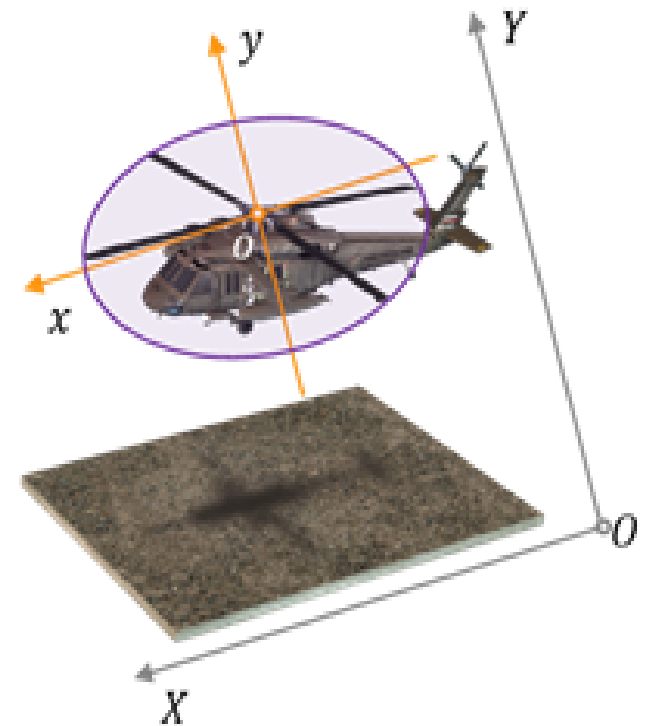
Угловая скорость вращения: $\omega = 2\pi v$.

$$\text{Число оборотов лопасти: } N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{2\pi v t}{2\pi} = v t = v \sqrt{\frac{2s}{a}}.$$

$$\text{Уравнение перемещения: } -s = -\frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}.$$

$$N = 300 \text{ с}^{-1} \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \text{ м}}{0,2 \text{ м/с}^2}} = 300 \text{ с}^{-1} \cdot 20 \text{ с} = 6000$$

ОТВЕТ: за время спуска лопасть совершит 6000 оборотов.



5. Кинематика абсолютно твердого тела

- Форма, и ориентация в пространстве, и местоположение тела с течением времени могут изменяться. И каждому из этих изменений соответствует один из трёх основных видов механического движения — деформация, вращательное движение и поступательное движение.



Деформация



Вращательное

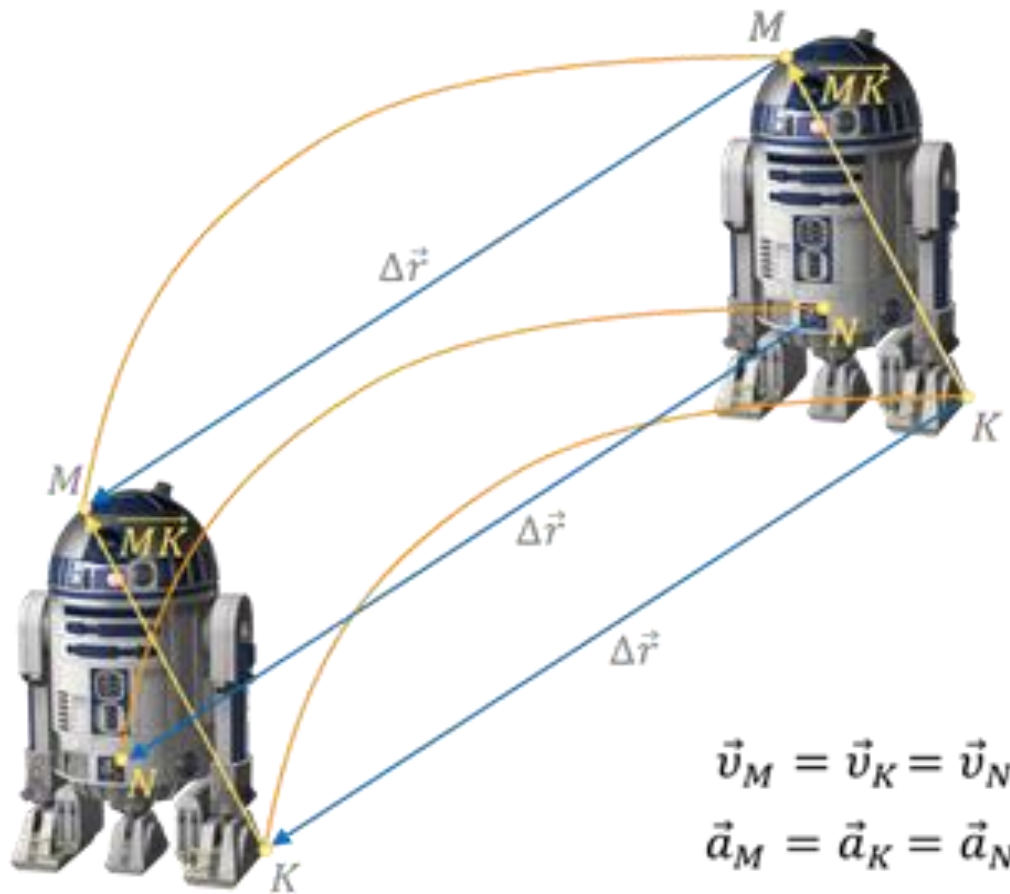


Поступательное

- Во многих задачах по кинематике деформированием тела можно пренебречь. В таких случаях для описания движения тела используют ещё одну **механическую модель — абсолютно твёрдое тело**. Это тело, расстояние между любыми двумя точками которого остаётся неизменным при его движении.

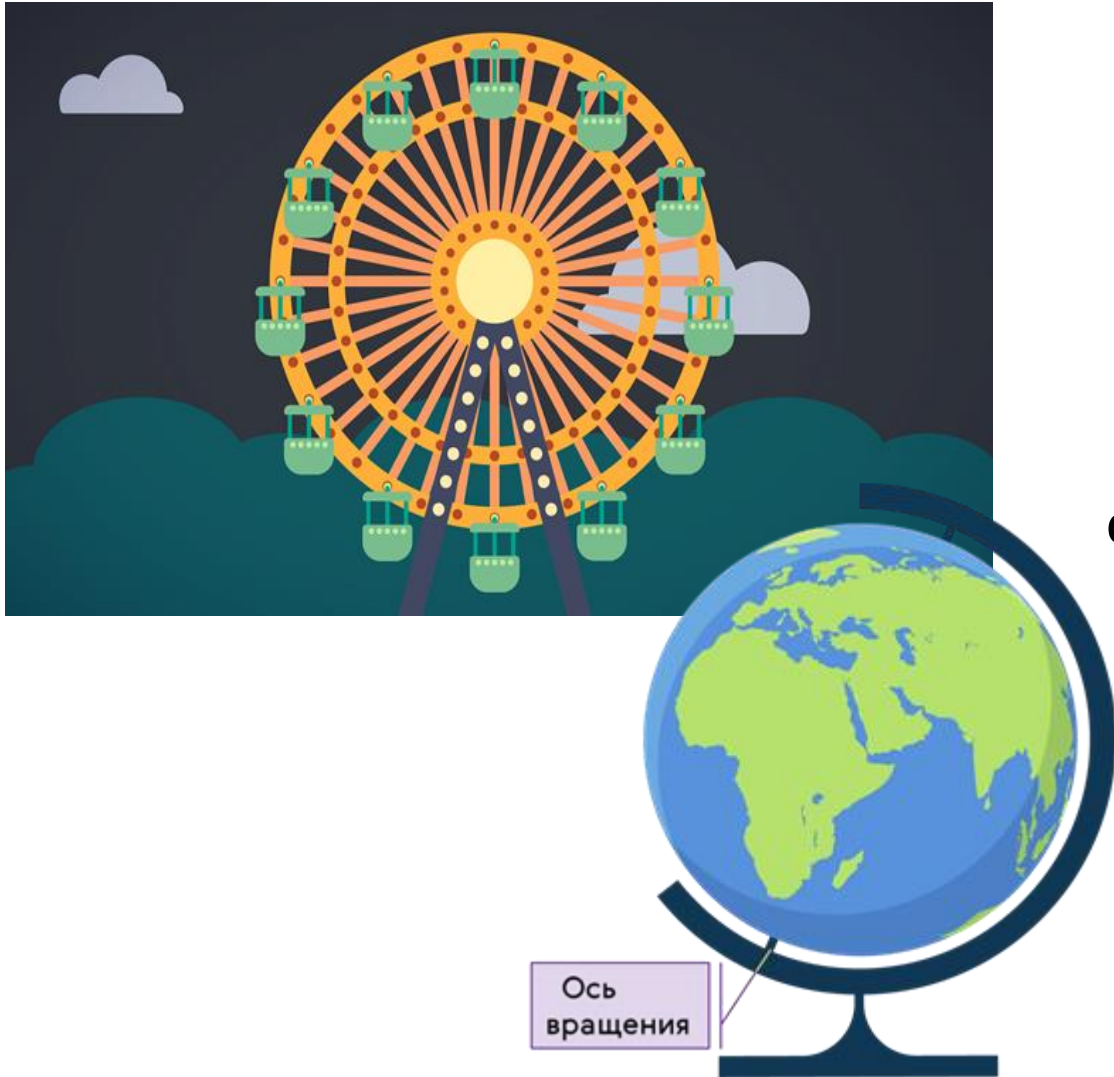


Наиболее просто описывается **поступательное движение абсолютно твёрдого тела**. При таком движении прямая, проходящая через любые две точки тела, остаётся параллельной самой себе.



для описания поступательного движения абсолютно твёрдого тела достаточно описать движение какой-либо одной его точки

Вращательное движение — это движение, при котором происходит изменение ориентации тела в пространстве (проще говоря, его поворот)



Вращательным движением абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором все точки тела описывают окружности, центры которых находятся на одной прямой, называемой осью вращения. При этом плоскости, которым принадлежат эти окружности, перпендикулярны оси вращения.