

Методика изучения темы
«Кинематика
материальной точки»
(10 класс)

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ МИНИМУМ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Кинематика материальной точки:

- Механическое движение
- Относительность движения
- Система отсчёта
- Материальная точка
- Траектория
- Путь и перемещение
- Мгновенная скорость
- Ускорение
- Равномерное прямолинейное движение
- График зависимости кинематических величин от времени при равномерном и равноускоренном движениях
- Ускорение свободного падения
- Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью
- Центробежное ускорение

Примерное планирование темы по урокам:

<u>№ урока</u>	<u>Содержание учебного материала</u>
1	Движение точки и тела. Положение в пространстве. Векторные величины. Действия над векторами.
2	Проекция вектора на ось. Способы описания движения. Система отсчёта. Перемещение.
3	Равномерное прямолинейное движение. Скорость. Уравнение равномерного движения.
4	Графики прямолинейного равномерного движения. Решения задач.
5	Скорость при неравномерном движении. Мгновенная скорость. Сложение скоростей.
6	Прямолинейное равноускоренное движение. Скорость и перемещение при прямолинейном равноускоренном движении.
7	Решение задач
8	Свободное падение тел. Движение с постоянным ускорением свободного падения.
9	Решение задач по теме: «Движение тела в поле силы тяжести».
10	Равномерное движение точки по окружности.
11	Вращательное движение твёрдого тела. Угловая и линейная скорости тела.
12	Решение задач.
13	Контрольная работа №1.

Обязательный демонстрационный эксперимент

- ▶ Относительность движения
- ▶ Стробоскоп
- ▶ Прямолинейное и криволинейное движение
- ▶ Спидометр
- ▶ Сложение перемещений
- ▶ Падение тел в воздухе и разряженном пространстве Падение тел в воздухе и разряженном пространстве Падение тел в воздухе и разряженном пространстве (в трубке Ньютона)
- ▶ Измерение ускорения при свободном падении
- ▶ Направление скорости при движении по окружности

Фронтальная лабораторная работа:

- ▶ Измерение ускорения тела при равноускоренном движении
- ▶ Исследование зависимости перемещения тела при равноускоренном движении

Возможные направления использования ЦОР при изучении темы

- ▶ Иллюстративное сопровождение уроков:
 - Видео
 - Рисунки
- ▶ Организация интерактивного контроля по теме «Кинематика материальной точки»

Требования к усвоению программы Учащиеся должны знать:

Понятия:

- Материальная точка
- Относительность механического движения
- Путь
- Перемещение
- Мгновенная скорость
- Ускорение

Учащиеся должны уметь:

- Пользоваться секундомером
- Измерять и вычислять физические величины (время, расстояние, скорость, ускорение)
- Читать и строить графики, выражающие зависимость кинематических величин от времени при равномерном и равноускоренном движениях
- Решать простейшие задачи на определение скорости, ускорения, пути и перемещения при равноускоренном движении, скорость и ускорение при движении тела по окружности с постоянной по модулю скоростью
- Изображать на чертеже при решении задач направления векторов скорости и ускорения

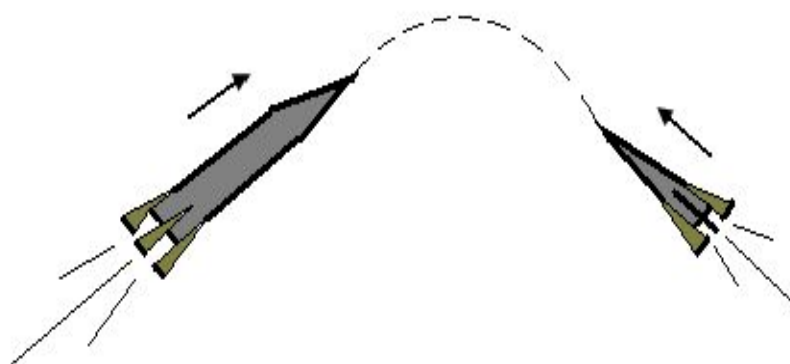
Методика изучения вопроса

Сначала вводят понятия:

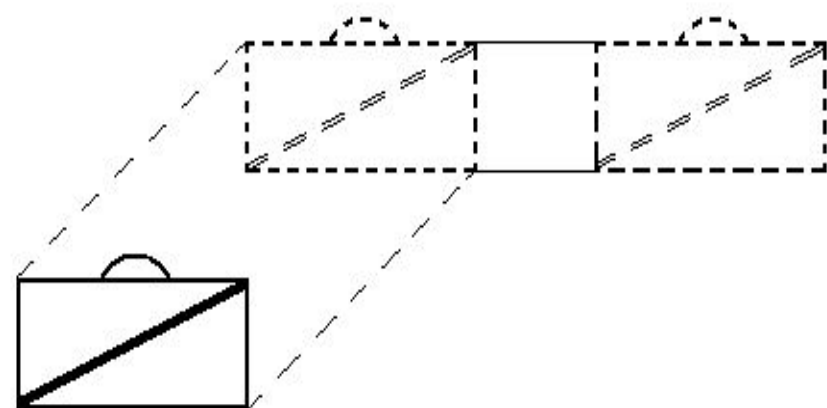
- Механическое движение;
- Материальная точка;
- Система отсчёта.

Механическое движение

– изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени



Все точки одинаково!



Материальная точка

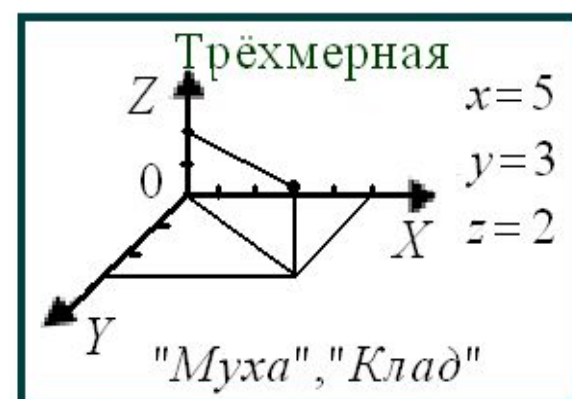
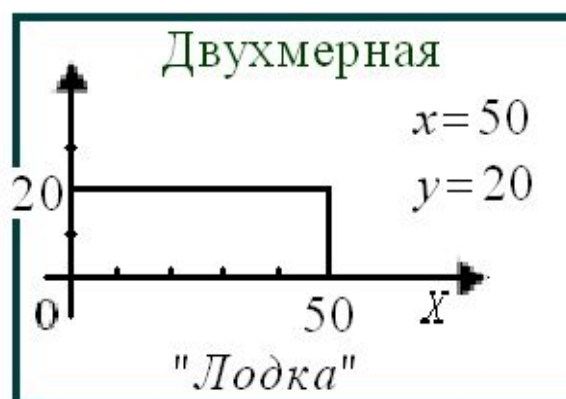
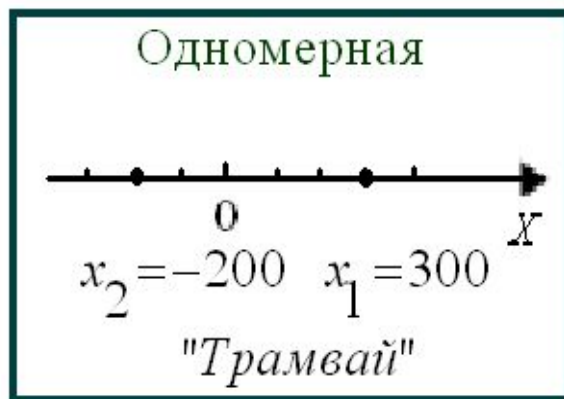
расстояние \gg размеров

мяч
юла
Земля

Если можно
пренебречь размерами

Система отсчёта

1. Тело отсчёта
2. Система координат (СК)
3. Часы (начало отсчёта времени)



Путь – расстояние... l

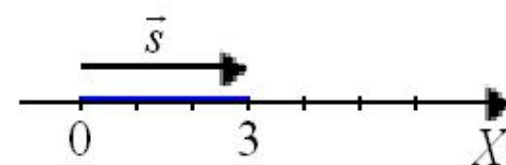
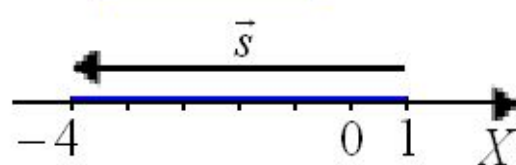
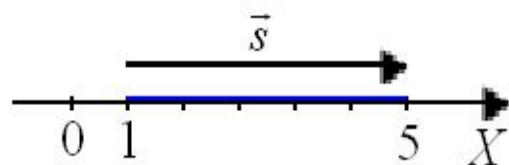
Перемещение – вектор... \vec{s}

Модуль перемещения – скаляр... s



Проекция вектора перемещения на ось X (в одномерной системе координат)

$$s_x = x - x_0$$



Для описания механического движения применяют различные способы:

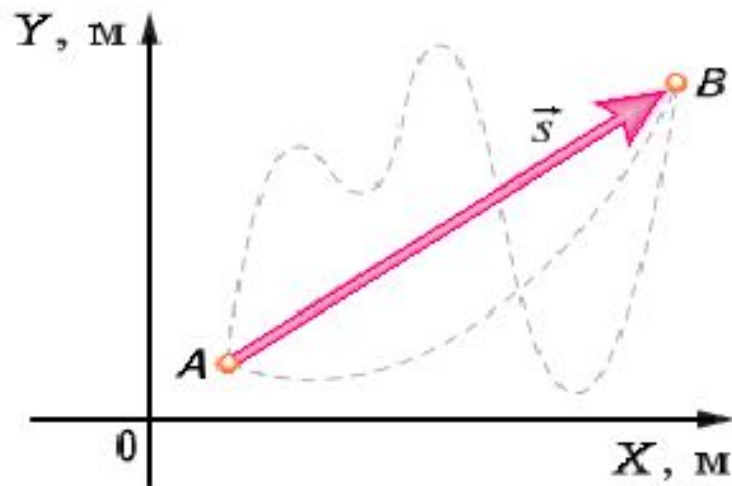
- 1) Естественный** (описание движения с помощью пути, (как функции времени), пройденного материальной точкой вдоль траектории);
- 2) Векторный** (описание движения с помощью радиус-вектора и его изменение со временем – перемещение);
- 3) Координатный** (определяет положение материальной точки в пространстве посредством проекции конца радиус-вектора на координатной оси – координат).

При описании движения с помощью пути как функции времени основные кинематические характеристики (скорость и ускорение) приходится вводить в два этапа:

- 1) Сначала как скалярные величины (производные соответственно первого и второго порядка пути по времени);
- 2) Как векторные величины (либо им приписывают направление, либо вводят единичный вектор, при умножении которого на скаляр получают векторные величины.

При описании движения с помощью
радиус-вектора как функции
времени или с помощью
координат основные
кинематические характеристики
вводят сразу как векторные
величины.

Введение понятий координат и перемещения материальной точки определяет и способ введения понятий скорости и ускорения



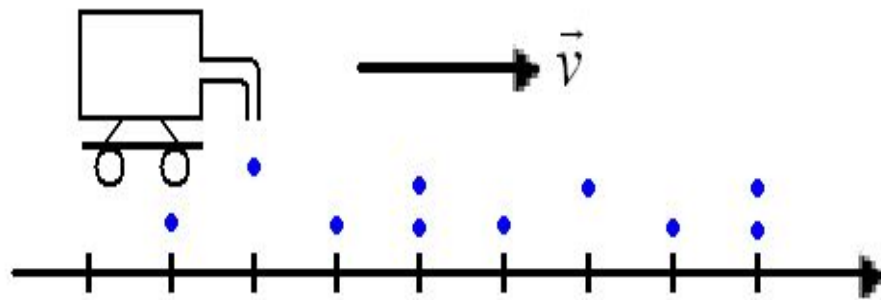
Перемещение:

1. Вектор (направленный отрезок), который соединяет начальное положение точки с конечным
2. Обозначение: \vec{s}
3. $[s] = \text{м}$

При повторении равномерного
прямолинейного движения выделяют
основной его признак:

материальная точка в любые
равные промежутки времени
совершает одинаковые (равные)
перемещения.

Прямолинейное равномерное движение



...любые t
равные... s

Всплывает пузырёк, тонут тела, опускается парашют.

Время — t — с

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

$$\vec{s} = \vec{v}t$$

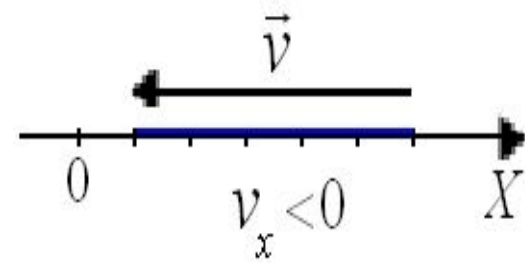
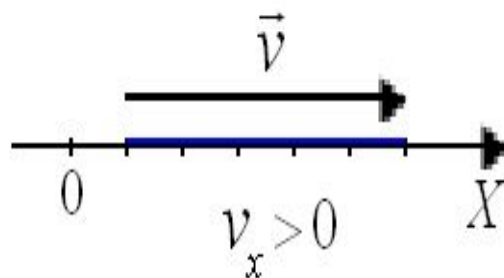
Путь — l — м

Модуль перемещения — s — м

Модуль скорости — v — м/с

СПИДОМЕТР

проекция скорости



Так как равномерное движение разных тел отличается друг от друга, необходимо ввести характеристику движения – скорость.

Спидометр – прибор для измерения скорости

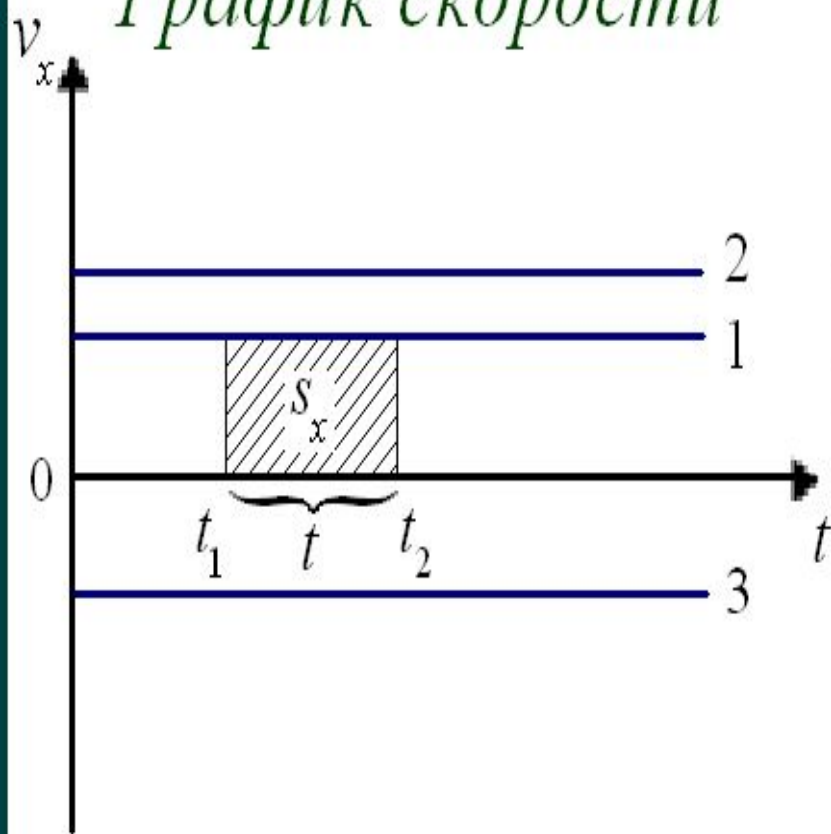


$$[v] = \frac{\hat{e}i}{\div}$$

После повторения понятия скорости для равномерного прямолинейного движения вводят понятие **средней скорости** **неравномерного движения**.

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$$

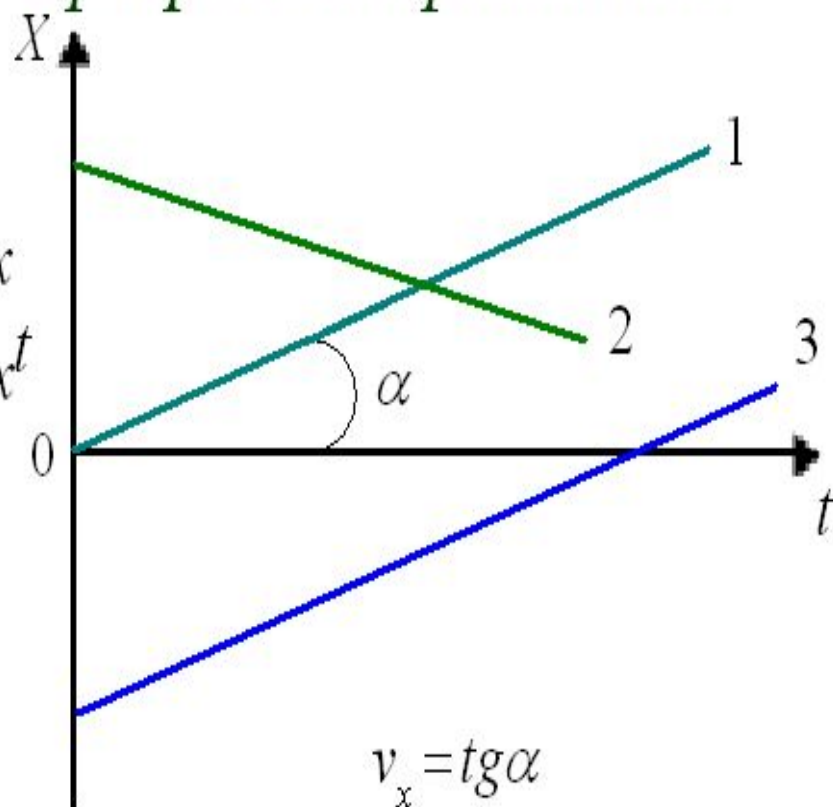
График скорости



$$x = x_0 + s_x$$

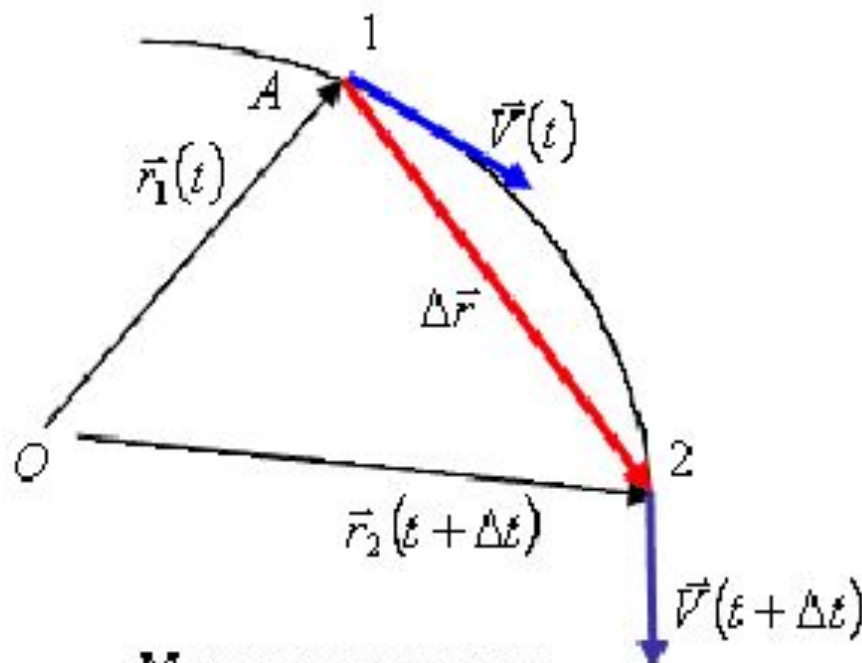
$$x = x_0 + v_x t$$

График координаты



Следующим звеном в
рассмотрении основных
кинематических характеристик
является рассмотрение

МГНО



Мгновенная скорость
материальной точки

Переменное прямолинейное движение

1. Переменное движение

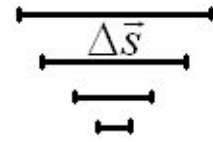
v_{cp} – средняя скорость

скаляр $v_{cp} = \frac{l}{t}$

вектор $\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{s}}{t}$

$v_{мгн}$ – мгновенная скорость

$$\vec{v}_{мгн} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

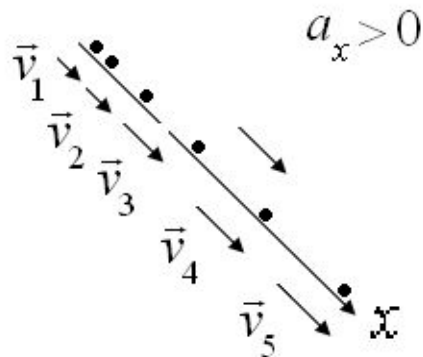


$v_{мгн}$ – скорость, измеренная за такой малый промежуток времени, что на этом участке движение можно считать равномерным;

– скорость в данной точке;

– скорость в данный момент.

2. Равномерное движение

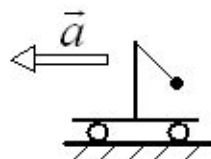


Ускорение

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

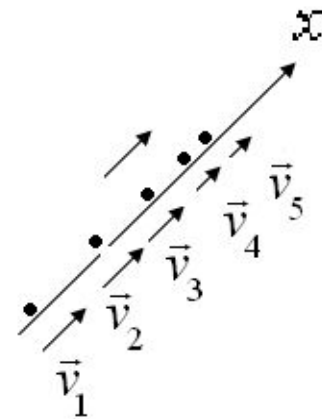
$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

a – м/с²



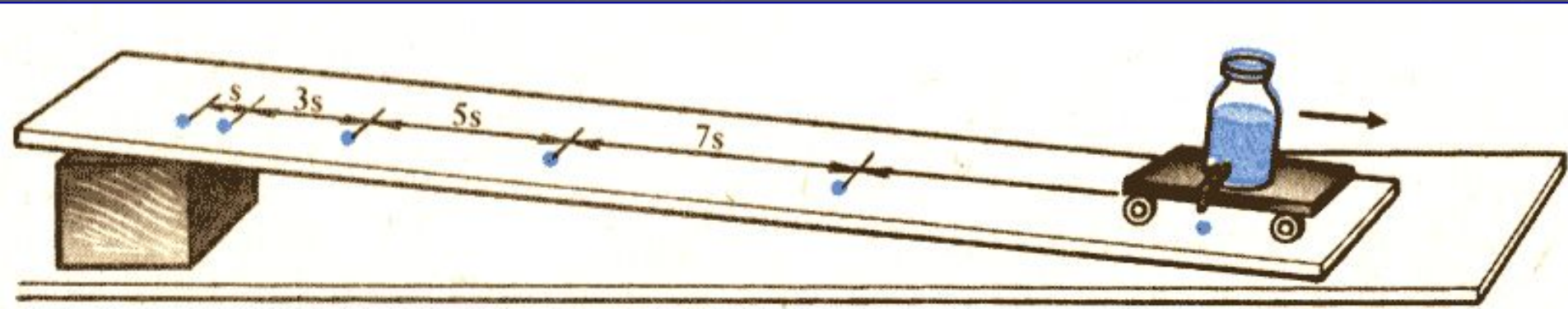
Акселерометр

$$a_x < 0$$



Вводят понятие ускорения:

Если скорость тела при неравномерном движении меняется одинаково, то движение называют **равноускоренным**.



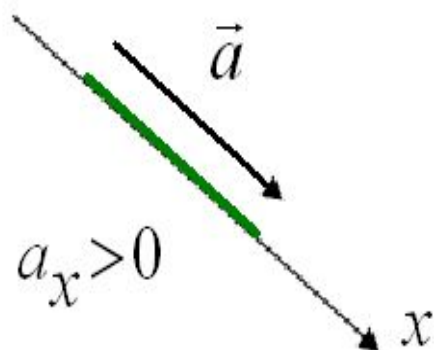
Физическую величину, показывающую быстроту изменения скорости называют **ускорением**.

$$a = \frac{v}{t}$$

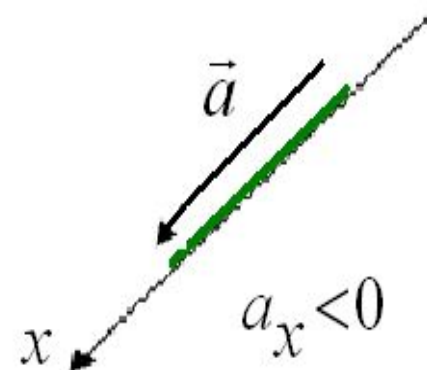
$$[a] = \text{м/с}^2$$

Скорость при равноускоренном движении

Проекция вектора скорости на ось



$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$
$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

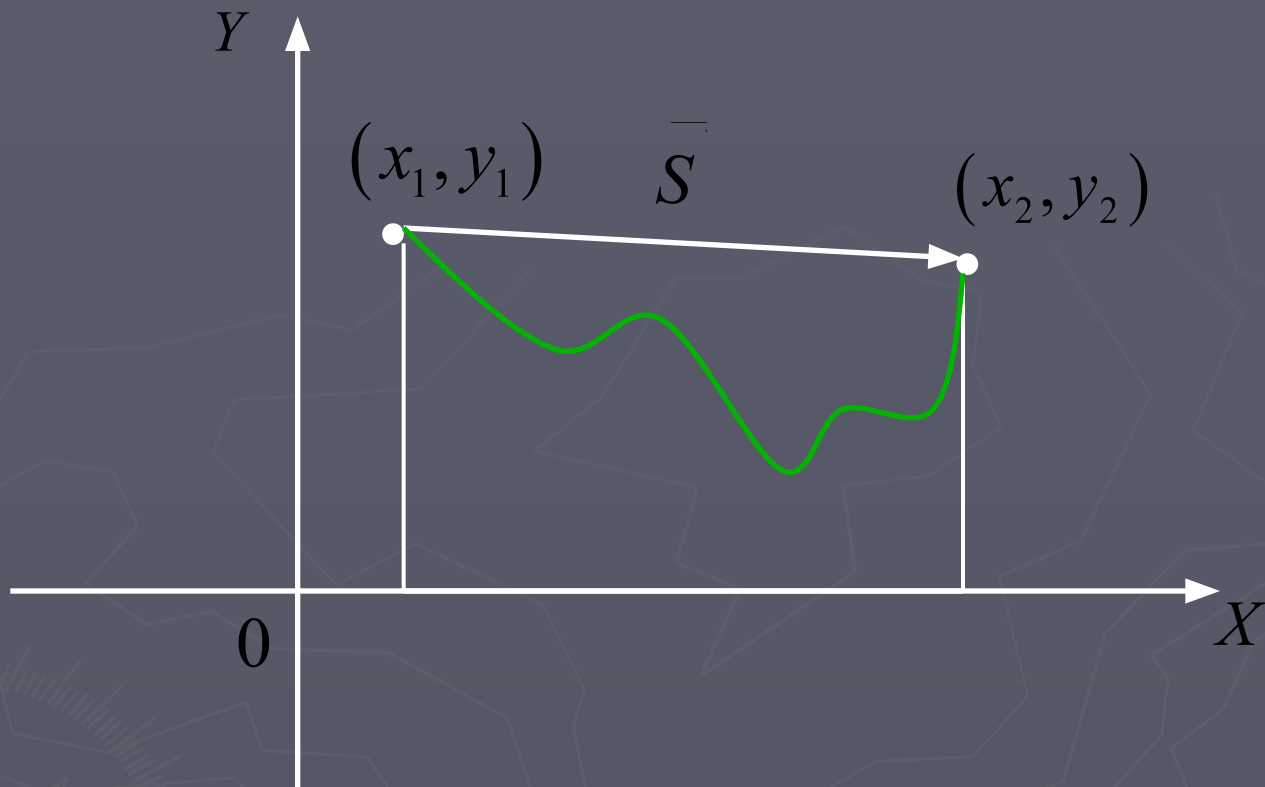


Виды движения рассматривают на основе координатного метода. Для этого вводят ПОНЯТИЯ:

- ▶ **система отсчета;**
- ▶ **координаты точки.**

Переходят к рассмотрению
механического движения
материальной точки на
плоскости.

Анализируя конкретные случаи движения, раскрывают понятие координаты, вектора перемещения в пути, пройденного телом вдоль траектории.



После введения понятий
координаты, вектора
перемещения, его проекции и
системы отсчёта механическое
движение можно анализировать
на основе координатного метода.

Рассматривают:

- ▣ равноускоренное прямолинейное движение;

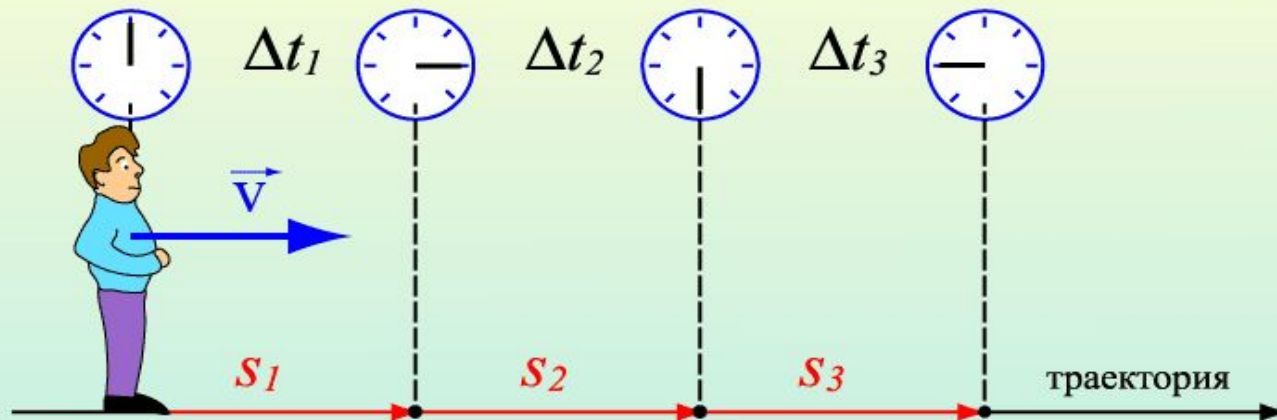


Рассматривают:

□ равномерное движение.

Равномерное движение

– движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути



$$S_1 = S_2 = S_3$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$$

$$v_1 = v_2 = v_3$$

Равномерное движение – движение с постоянной скоростью

$$v_1 = \frac{S_1}{\Delta t_1} \quad v_2 = \frac{S_2}{\Delta t_2} \quad v_3 = \frac{S_3}{\Delta t_3}$$

$$\vec{s} = \vec{v}t$$
$$x = x_0 + v_x t$$

Вопрос о видах движения тесно связан с уравнением движения. Учащиеся должны уяснить, что уравнения движения в кинематике позволяют решить основную задачу механики: определить положение материальной точки в пространстве в любой момент времени, если известны начальные условия и ускорение.

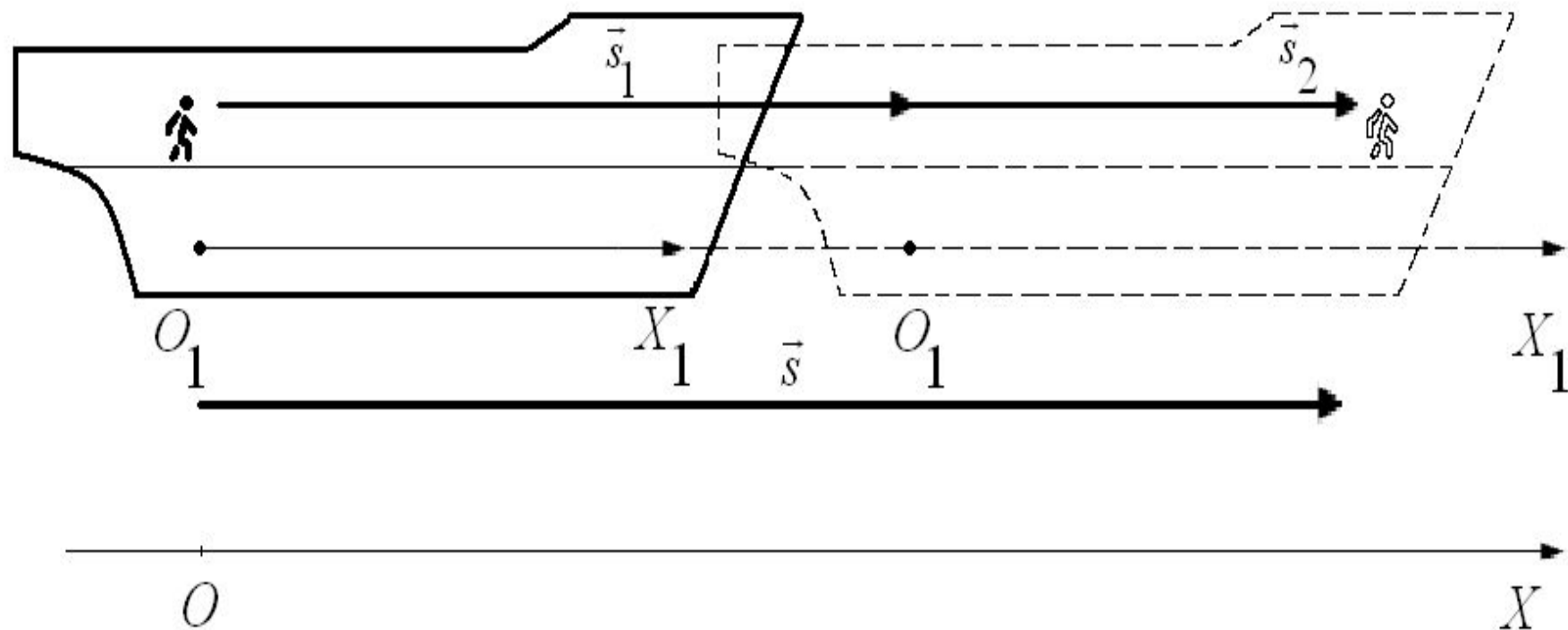
При изучении кинематики у учащихся
должны быть сформированы знания об
относительности механического
движения:

- 1) Относительность механического движения и покоя, относительность траектории;
- 2) Понятие системы отсчёта (тело отсчёта, система координат, связанная с телом отсчёта, начало отсчёта координаты и времени, масштаб расстояний, часы – эталон времени);
- 3) Относительность перемещения, координаты, скорости, преобразование (сложение) перемещений и скоростей;
- 4) Инвариантность ускорений для систем отсчёта, которые движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно.

Относительность движения состоит
в том, что описание данного
движения в разных системах отсчёта
различно.

Необходимо убедить школьников, что одно и то же тело одновременно может находиться и в состоянии покоя и в состоянии движения в зависимости от выбора системы отсчёта.

Относительность движения



$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2,$$
$$s_x = s_{1x} + s_{2x}.$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2,$$
$$v_x = v_{1x} + v_{2x}.$$

Рассматриваем движение точки на диске:

Относительно центра диска она движется по окружности, в другой системе отсчёта её траекторией будет циклоида.

Вывод: траектория – понятие относительное.

В опыте с диском с помощью сантиметровой ленты измеряем длину траектории точки – путь.

Вывод: путь – понятие

Фронтальная работа:
«Определение ускорения при равноускоренном
движении»

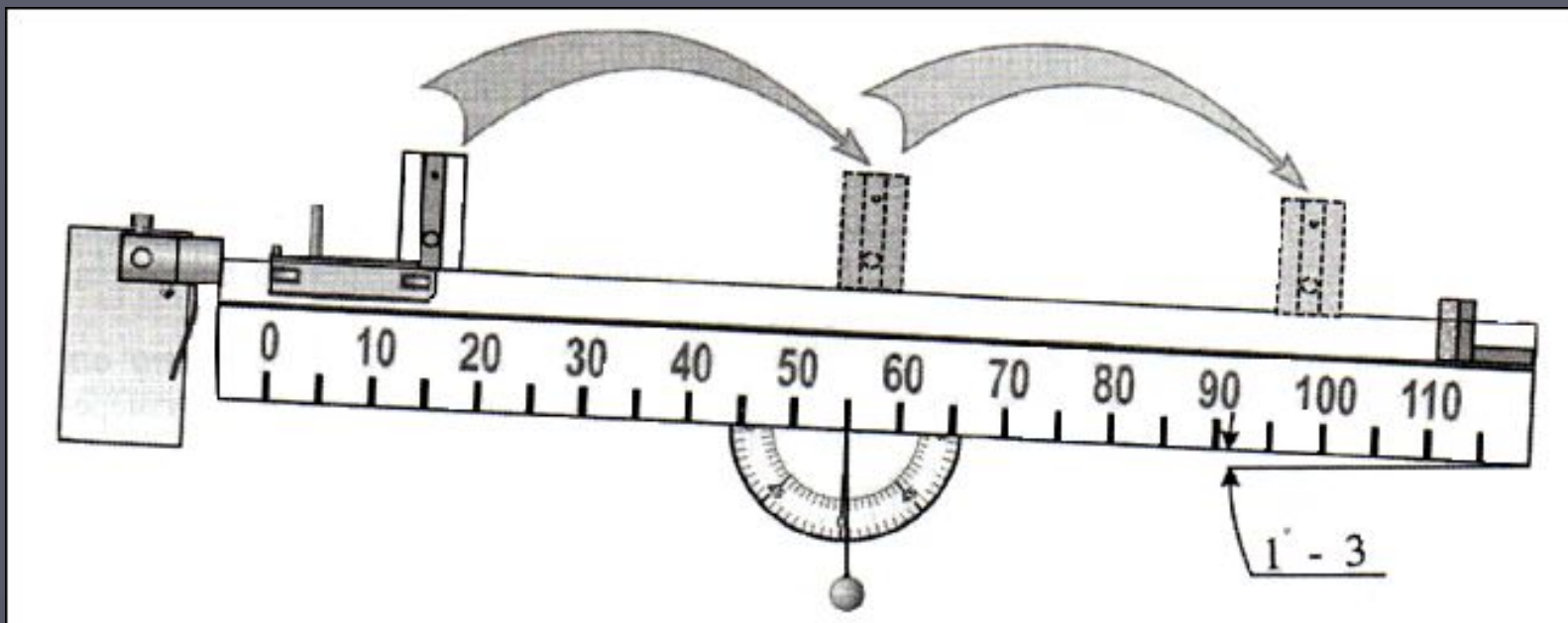
- **Цель:** ввести понятие ускорения и отработать элементы учебного материала, связанные с определением ускорения.
- **Оборудование:**
 - > Скамья
 - > Оптоэлектрические датчики – 2 шт.
 - > Измерительный блок L-микро
 - > Ограничитель
 - > Тележка
 - > Платформа стартового устройства
 - > Транспортёр
 - > Блок питания

Задания:

1. Установите скамью под углом 2° - 3° к горизонту. Поставьте ограничитель и стартовое устройство. Установите на тележке два флажка. Подготовьте таблицу следующего вида:2.

x	Δt	$v = \Delta s / \Delta t$

2. В меню на экране компьютера выберите пункт «Определение ускорения при равноускоренном движении», а в нем - сценарий «Измерение скорости». Войдите в режим проведения измерений, установите датчик на отметке 20, закрепите тележку в стартовом устройстве и нажмите кнопку «Пуск». На экране возникнет интервал времени, в течение которого тележка шла мимо оптоэлектрического датчика.

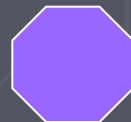


3. Определите скорость тележки в точках $x = 60$ и 100 или других, устанавливая оптоэлектрический датчик в соответствующей точке. Значение скорости вычисляется по формуле $v = \Delta s / \Delta t$, где $\Delta s = 5$ см - расстояние между флажками, установленными на тележке, а Δt - интервал времени, за который тележка проходит створ оптоэлектрического датчика. Полученные результаты занесите в таблицу.

4. Для определения ускорения установите на скамью второй оптоэлектрический датчик, а в меню на экране компьютера выберите сценарий «Определение ускорения». Войдите в режим проведения измерений. Разместите оптоэлектрические датчики на отметках 20 и 100 и запустите тележку. По результатам измерения времени на экране компьютера вычисляются скорость в начале и в конце пути по формулам ($v_1 = \Delta s / t_1$ и $v_2 = \Delta s / t_2$), изменение скорости $\Delta v = v_2 - v_1$, и время, за которое оно произошло. $\Delta t = t_2 - t_1$. Ускорение определяется по формуле $a = \Delta v / \Delta t$

5. Проведите еще несколько запусков тележки и определите ускорения на участках 20- 40, 50-70 и 80- 100. Запишите полученные результаты в таблицу следующего вида:

x_1	x_2	t_1	t_2	t_3	v_1	v_2	Δv	$\Delta t = t_1 + t_2$	$a = \Delta v / \Delta t$



Фронтальная лабораторная работа:
«Исследование зависимости перемещения тела при
равноускоренном движении»

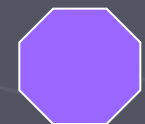
➤ Тема: «Исследование зависимости перемещения тела при равноускоренном движении»

➤ Оборудование:

- 1) штатив
- 2) направляющая рейка
- 3) пластиковый коврик
- 4) каретка
- 5) оптоэлектрические датчики
- 6) секундомер

Задания:

- 1) Измерить перемещение шарика по наклонной плоскости за последовательные равные промежутки времени. Сравнить значения перемещения и сделать вывод.
- 2) Вычислить отношения, установить закономерность и сделать вывод
- 3) Рассчитать перемещение шарика не за отдельные равные промежутки времени, а за время от начала движения. Установить зависимость перемещения от времени и сделать вывод
- 4) Построить график зависимости перемещения шарика от времени.



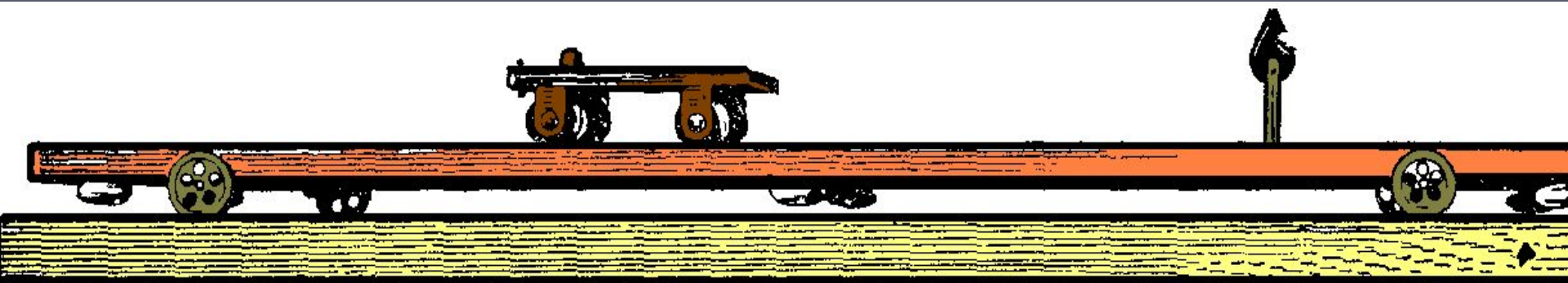


Относительность движения

Оборудование:

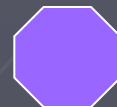
- 1) доска на четырёх роликах,
- 2) тележка и указатель от прибора по кинематике и динамике,
- 3) фильм «Относительность движения», 4) кинопроектор.

На доске, которая может легко передвигаться на роликах вдоль демонстрационного стола, устанавливают тележку, которую в свою очередь можно передвигать вдоль доски.



Передвигая тележку, вдоль неподвижной доски, показывают, что движение тележки обнаруживается только благодаря изменению её положения относительно окружающих предметов, в частности относительно доски. Однако и положение доски изменяется относительно тележки, следовательно можно считать, что и доска находится в движении относительно тележки.

Проведённый опыт показывает, что всякое движение относительно: тела двигаются относительно друг друга относительно. Покой так же относителен: доска неподвижна относительно стола, но движется относительно тележки.

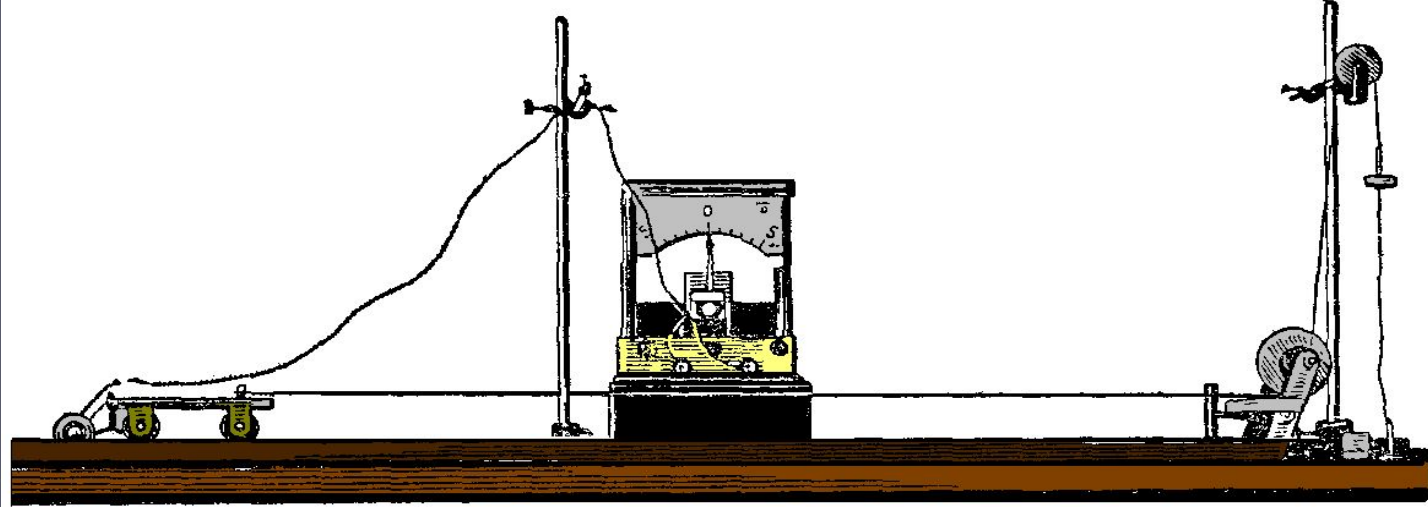


Измерение скорости движения спидометром

Оборудование:

- 1) прибор по кинематике и динамике,
- 2) штатив универсальный-2шт,
- 3) блок на стержне,
- 4) гальванометр демонстрационный,
- 5) шнур соединительный

Для ознакомления с принципом работы спидометра к тележке прикрепляют приложенный к набору генератор электрического тока. При этом следят за тем, чтобы его ролик под действием пружины достаточно сильно прижимался к рельсу и вращался при движении тележки.



К зажиму генератора и к корпусу в месте его крепления присоединяют гибкий шнур длиной около 1,5м. Свободные концы шнура подводят под зажимы демонстрационного гальванометра, настроенного на измерение переменного тока. Что бы шнур не мешал, его подвешивают с помощью универсально штатива.

На уроке сначала объясняют подготовленную установку, затем опускают тележку и следят за стрелкой гальванометра. Во время разгона тележки стрелка плавно отклоняется, а при равномерном движении тележки остаётся неподвижной.

Опыт повторяют 2-3 раза, после чего увеличивают груз для разгона тележки и наблюдают новые показания гальванометра.



Падение тел в воздухе и разряженном пространстве

Оборудование:

- 1) кружки деревянный и бумажный,
- 2) трубка Ньютона,
- 3) вакуум-насос,
- 4) тарелка с манометром к насосу.



Берут в одну руку деревянный кружок, а в другую бумажный и одновременно их опускают. После того, как деревянный кружок коснётся стола, бумажный ещё продолжает падать и достигнет стола с большим опозданием.

Затем кладут на руку горизонтально деревянный кружок и накладывают на него бумажный. Опускают кружки: они сохраняя горизонтальное положение, падают на стол вместе. Этот опыт показывает, что причиной неодновременности падения тел является сопротивление воздуха. Достаточно его устранить и лёгкий бумажный кружок падает так же, как и деревянный, для которого сопротивление воздуха мало по сравнению с силой тяжести.

У трубки Ньютона открывают кран и, держа его в вертикальном положении краном кверху, обращают внимание учащихся на перо, пробку и кусочек свинца, лежащие на дне прибора. При быстром перевёртывании трубки краном вниз, слышен удар свинцового грузика, затем видно, как падает пробка и медленно опускается пёрышко.

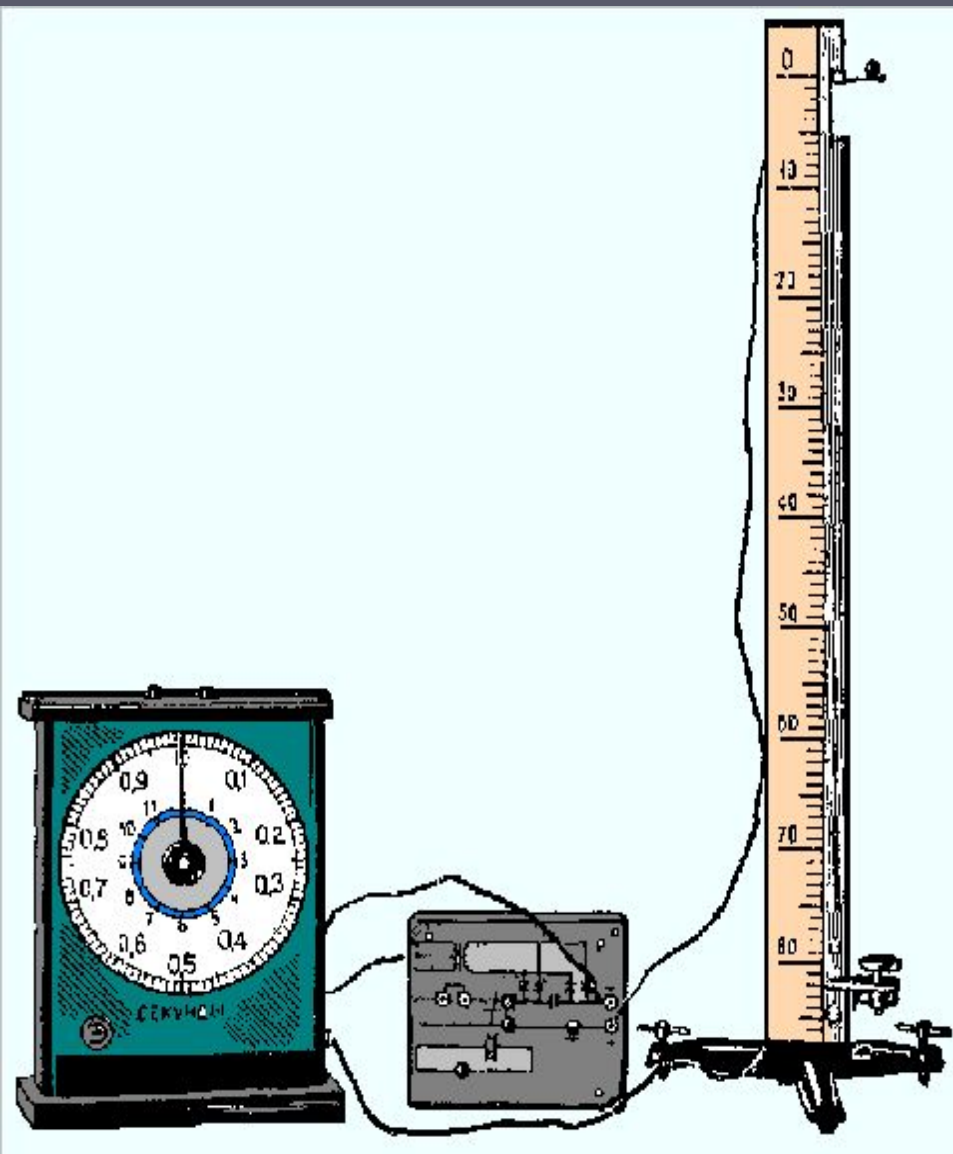
Далее соединяют резиновым шлангом вакуум-насос и откачивают воздух. Сняв шланг, снова перевёртывают трубку. Учащиеся слышат стук кусочка свинца и наблюдают одновременное с ним падение пера и пробки.



Измерение ускорения при свободном падении

Оборудование:

- 1) машина Атвуда настольная,
- 2) секундомер электромеханический с источником постоянного тока или секундомер электронный с выпрямителем,
- 3) шнур соединительный.



На демонстрационном столе устанавливают машину Атвуда без блока и грузов. В отверстие передвигного столика вставляют тарелочку для гашения удара шарика и замыкают контакты столика, подняв его втулку вверх. Передвижной столик закрепляют в таком положении, что тарелочка оказалась против деления. Пусковой столик переводят в горизонтальное положение и в его отверстие продевают нить отвеса.

Регулируя положение прибора уравнивательными винтами, добиваются, чтобы отвес расположился точно над центром тарелочки. Секундомер включают в сеть, а его пусковые зажимы соединяют с зажимами пускового и передвижного столиков. Нажимают кнопку установки стрелки секундомера на нуль и кладут стальной шарик на пусковой столик.

При опускании рычажка, находящегося у основания прибора, пусковой столик под действием пружины освобождает шарик и одновременно включает секундомер. Шарик падает, ударяет в тарелочку и остаётся в ней. При этом тарелочка и втулка продвигаются вниз и размыкают ток. Секундомер выключается, и по его шкале можно отсчитать время падения шарика. Опыт повторяют несколько раз, находят среднее значение полученных результатов и вычисляют ускорение по формуле

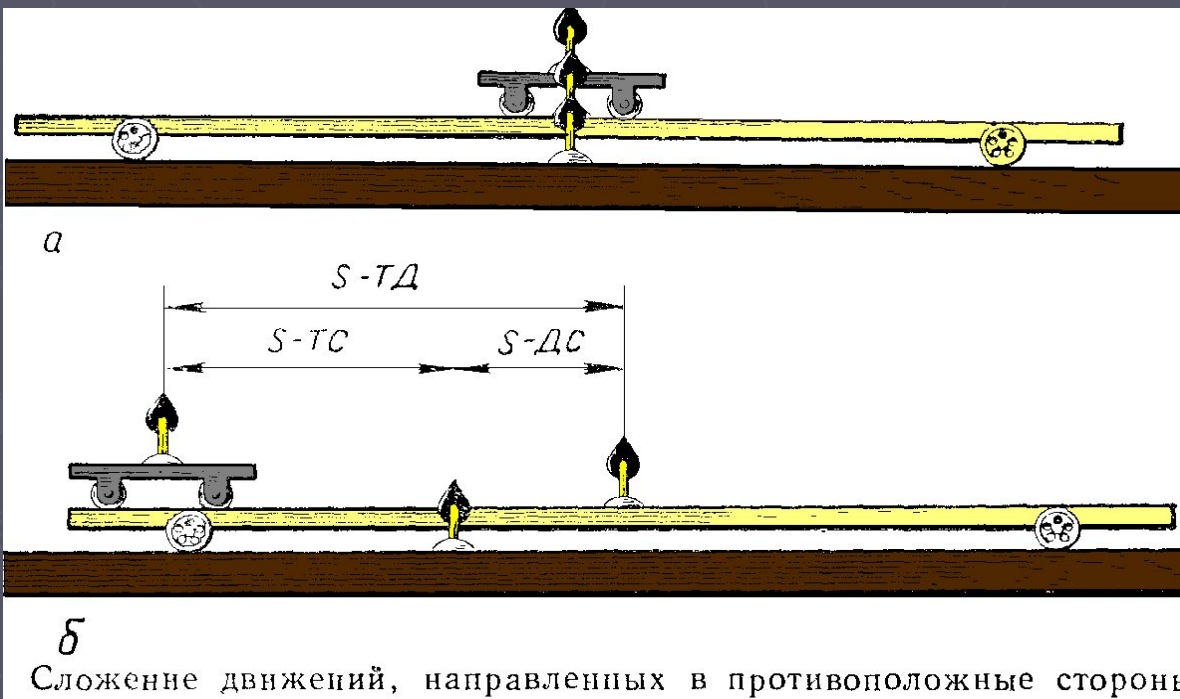
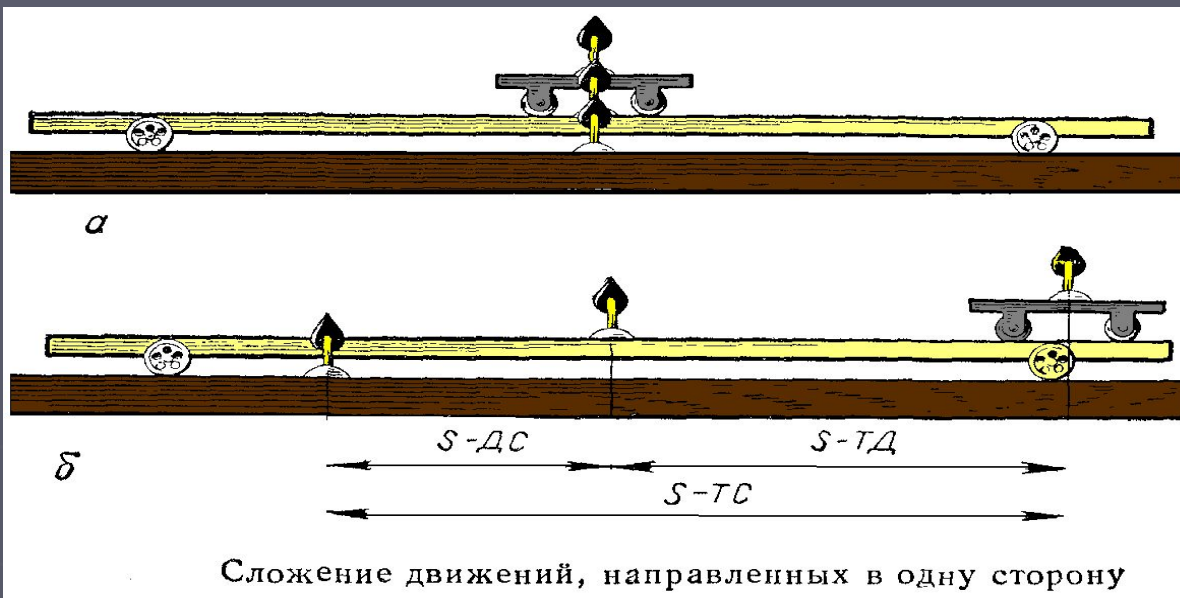
$$g = \frac{2H}{t^2}$$



Сложение перемещений

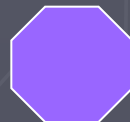
Оборудование:

- 1) доска на четырёх роликах,
- 2) тележка и указатели из набора по кинематике и динамике - 3 шт.,
- 3) штатив универсальный,
- 4) шарик на нити
- 5) диск для опытов по вращательному движению.

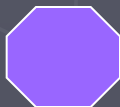
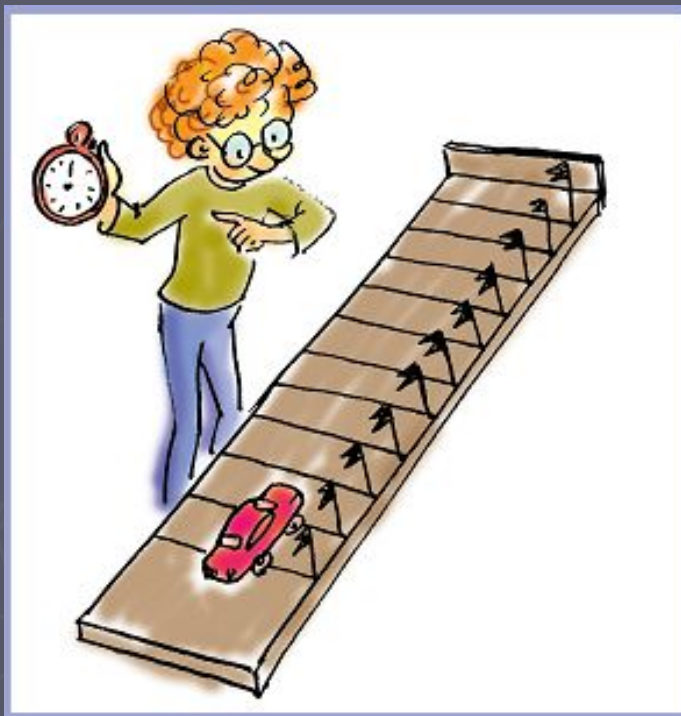


1) На доске, расположенной вдоль демонстрационного стола, устанавливают тележку. На столе, на доске и на тележке расставляют указатели так, чтобы они оказались друг против друга. Передвинув одновременно доску по столу и тележку по доске в одну сторону, показывают, пользуясь указателями, путь, пройденный тележкой по доске, и путь, пройденный доской по столу. Путь, пройденный тележкой относительно стола, - это расстояние между указателями, стоящими на столе и на тележке; он равен сумме путей, пройденных тележкой относительно доски и доской относительно стола.

2) Для демонстрации сложения движений, направленных в противоположные стороны, пользуются той же установкой, но доску и тележку двигают в противоположные стороны с различной скоростью. Затем измеряют пути, пройденные тележкой относительно доски и доской относительно стола. Показывают, что путь, пройденный тележкой относительно стола, равен разности путей составляющих движений.



Прямолинейное движение



Иллюстративное
сопровождение уроков:



Основные физические величины

длина	<i>м</i>	(<i>l</i>)	сила электрического тока	<i>А</i>	(<i>I</i>)
масса	<i>кг</i>	(<i>m</i>)	сила света	<i>кд</i>	(<i>I</i>)
время	<i>с</i>	(<i>t</i>)	количество вещества	<i>моль</i>	(<i>v</i>)
температура	<i>К</i>	(<i>T</i>)			

Дополнительные физические величины

угол плоский	<i>рад</i>	(<i>φ</i>)	угол телесный	<i>стерадиан</i>	(<i>Ω</i>)
--------------	------------	--------------	---------------	------------------	--------------

Производные физические величины

площадь	<i>м²</i>	(<i>S</i>)	электрический заряд	<i>Кл</i>	(<i>q</i>)	
объем	<i>м³</i>	(<i>V</i>)	напряженность электрического поля	<i>В/м</i>	(<i>E</i>)	
скорость	<i>м/с</i>	(<i>v</i>)	электрическое напряжение	(разность потенциалов)	<i>В</i>	(<i>U</i>)
ускорение	<i>м/с²</i>	(<i>a</i>)	электрическая емкость	<i>Ф</i>	(<i>C</i>)	
плотность	<i>кг/м³</i>	(<i>ρ</i>)	электрическое сопротивление	<i>Ом</i>	(<i>R</i>)	
сила	<i>Н</i>	(<i>F</i>)	магнитный поток	<i>Вб</i>	(<i>Φ</i>)	
частота	<i>Гц</i>	(<i>ν</i>)	магнитная индукция	<i>Тл</i>	(<i>B</i>)	
давление	<i>Па</i>	(<i>p</i>)	индуктивность	<i>Ги</i>	(<i>L</i>)	
энергия						
работа						
кол-во теплоты	<i>Дж</i>	(<i>E, A, Q</i>)				
мощность	<i>Вт</i>	(<i>N, P</i>)				

ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

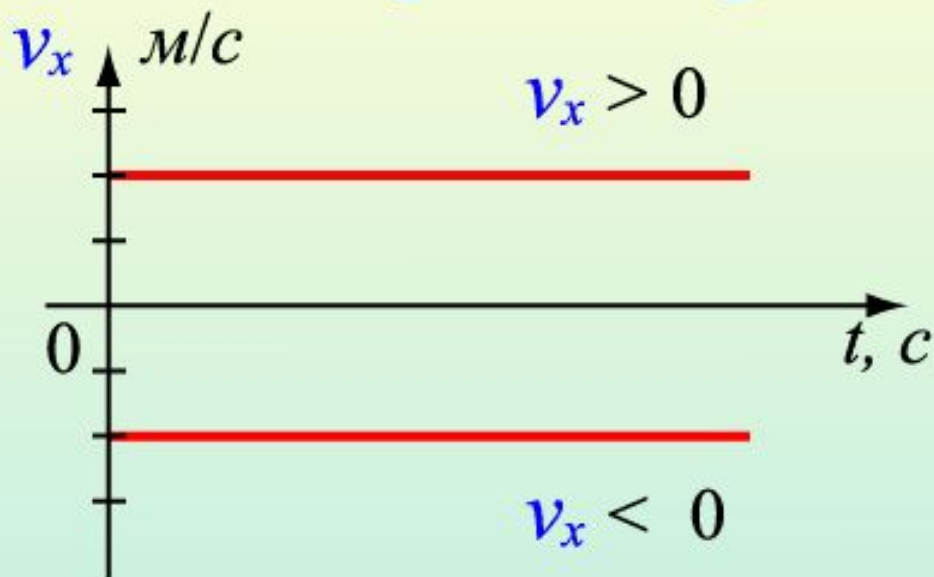
КРАТНЫЕ

ПРИСТАВКА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	МНОЖИТЕЛЬ
экса	Э	10^{18}
пета	П	10^{15}
тера	Т	10^{12}
гига	Г	10^9
мега	М	10^6
кило	к	10^3
гекто	г	10^2
дека	да	10^1

ДОЛЬНЫЕ

ПРИСТАВКА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	МНОЖИТЕЛЬ
атто	а	10^{-18}
фемто	ф	10^{-15}
пико	п	10^{-12}
нано	н	10^{-9}
микро	мк	10^{-6}
милли	м	10^{-3}
санти	с	10^{-2}
деци	д	10^{-1}

Графическое представление равномерного движения

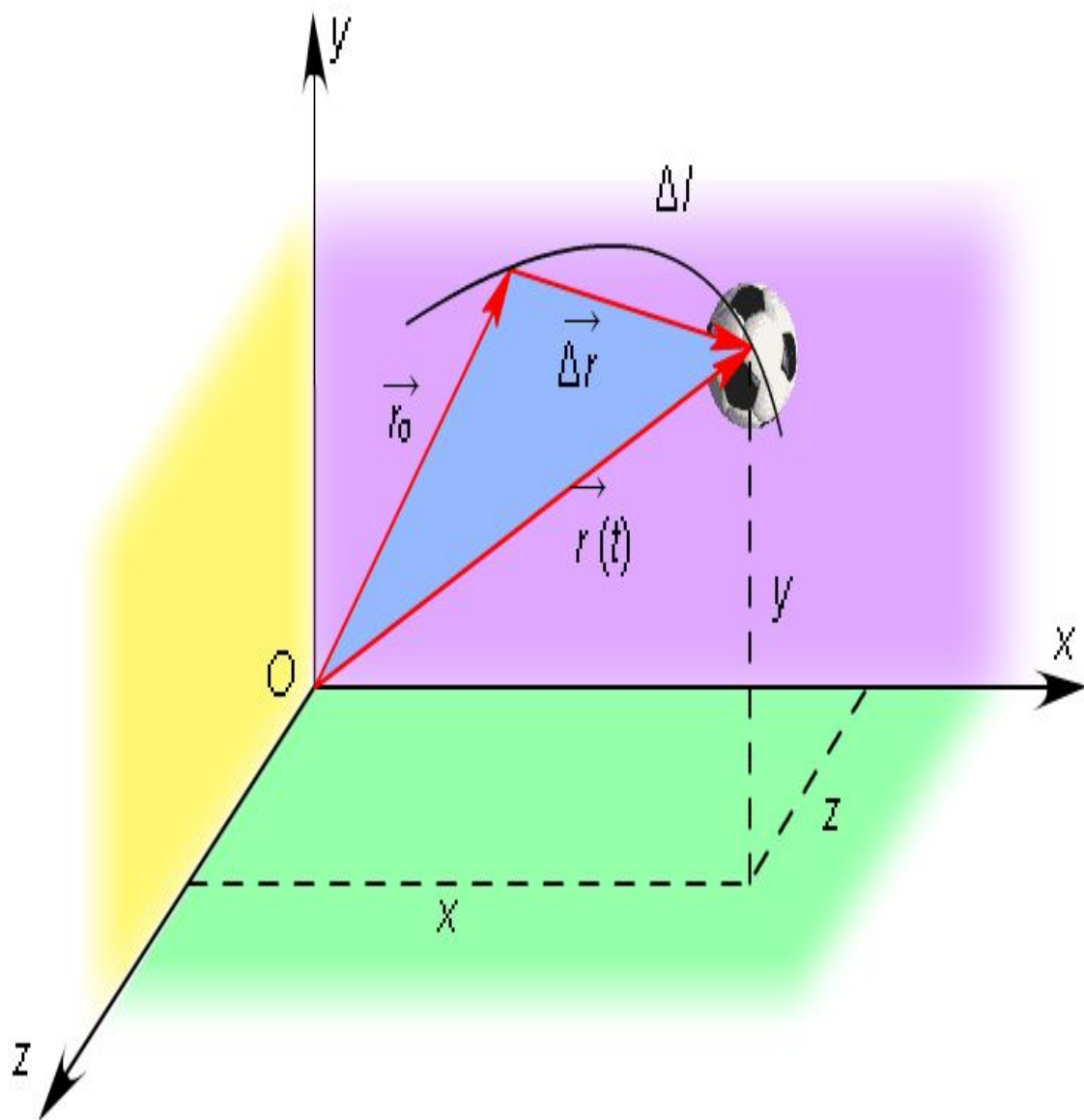


$$v_x = \text{const}$$

Путь численно равен
площади прямоугольника



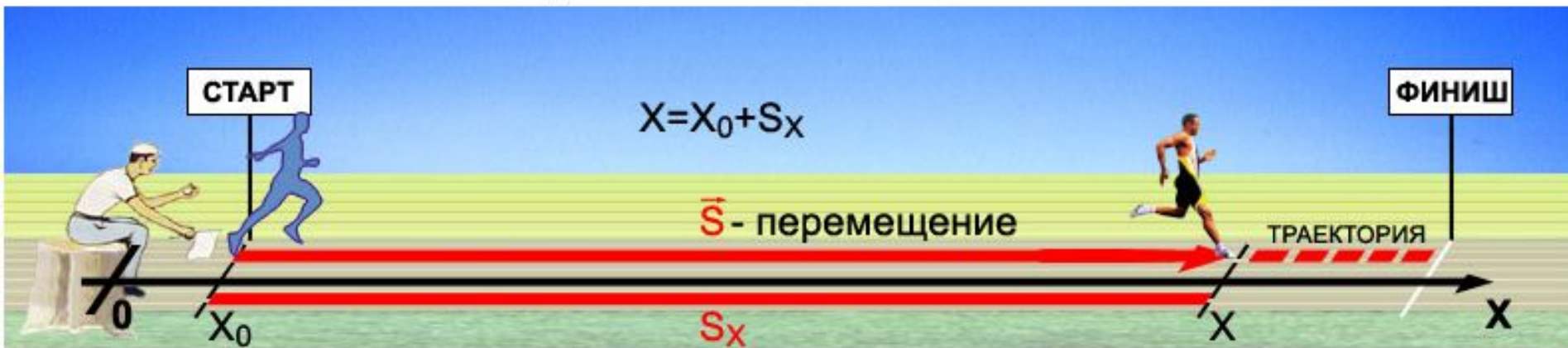
$$S = v_x \cdot t$$



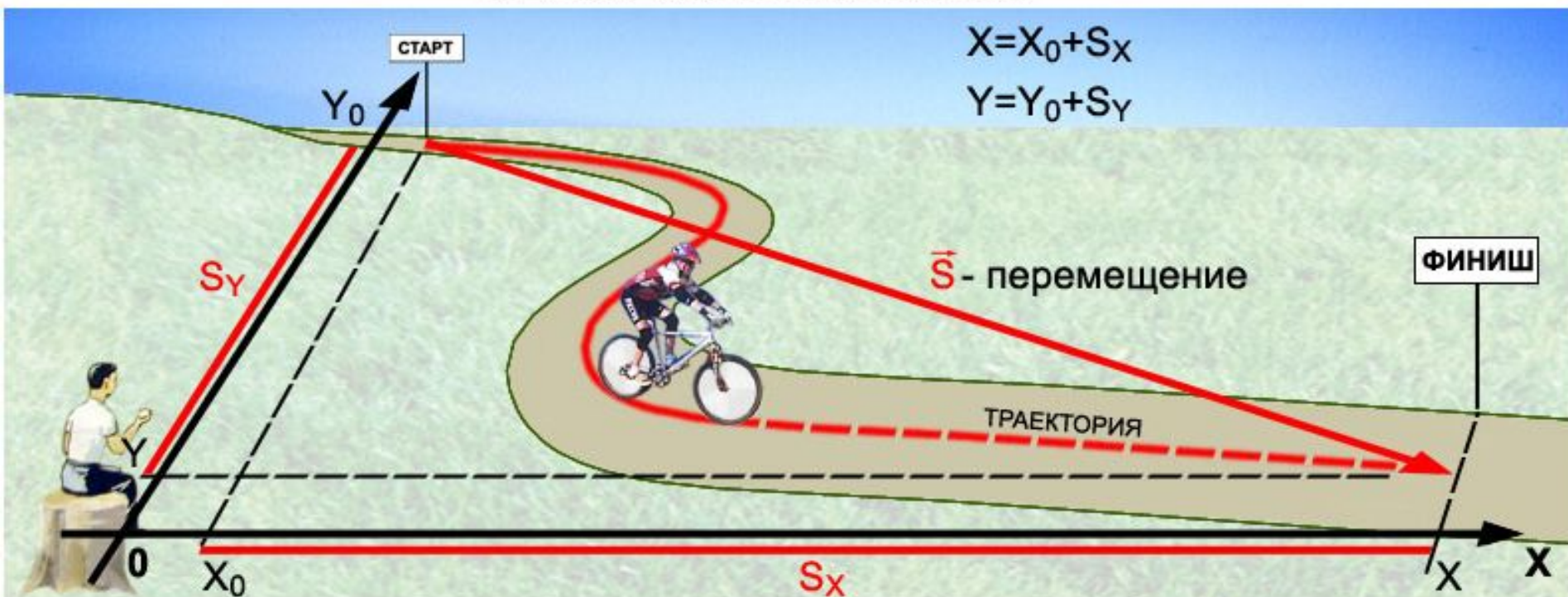
- ▶ Понятие путь
- ▶ Понятие перемещение
- ▶ Понятие траектория

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА (ТОЧКИ)

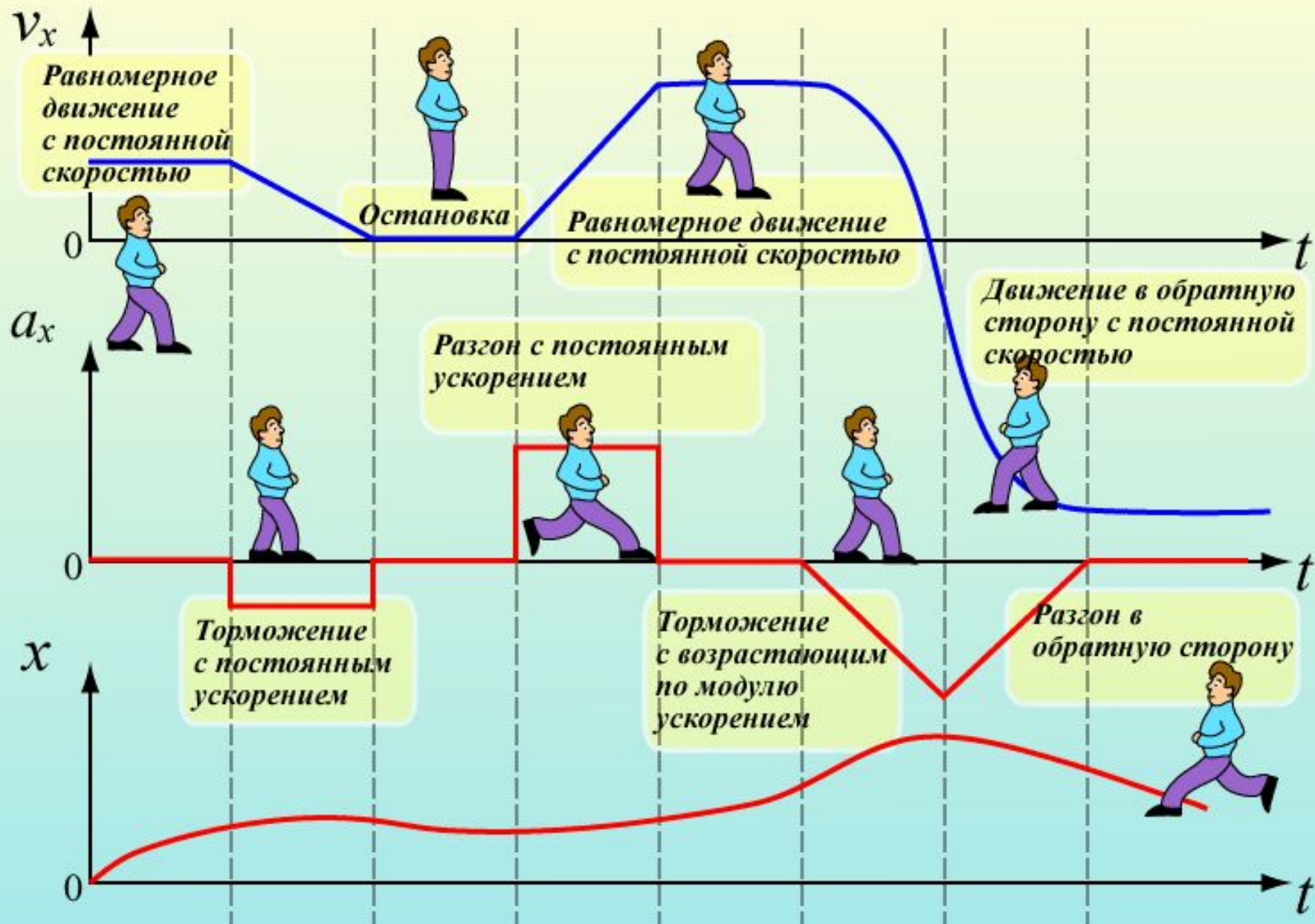
1. ДВИЖЕНИЕ ПО ПРЯМОЙ



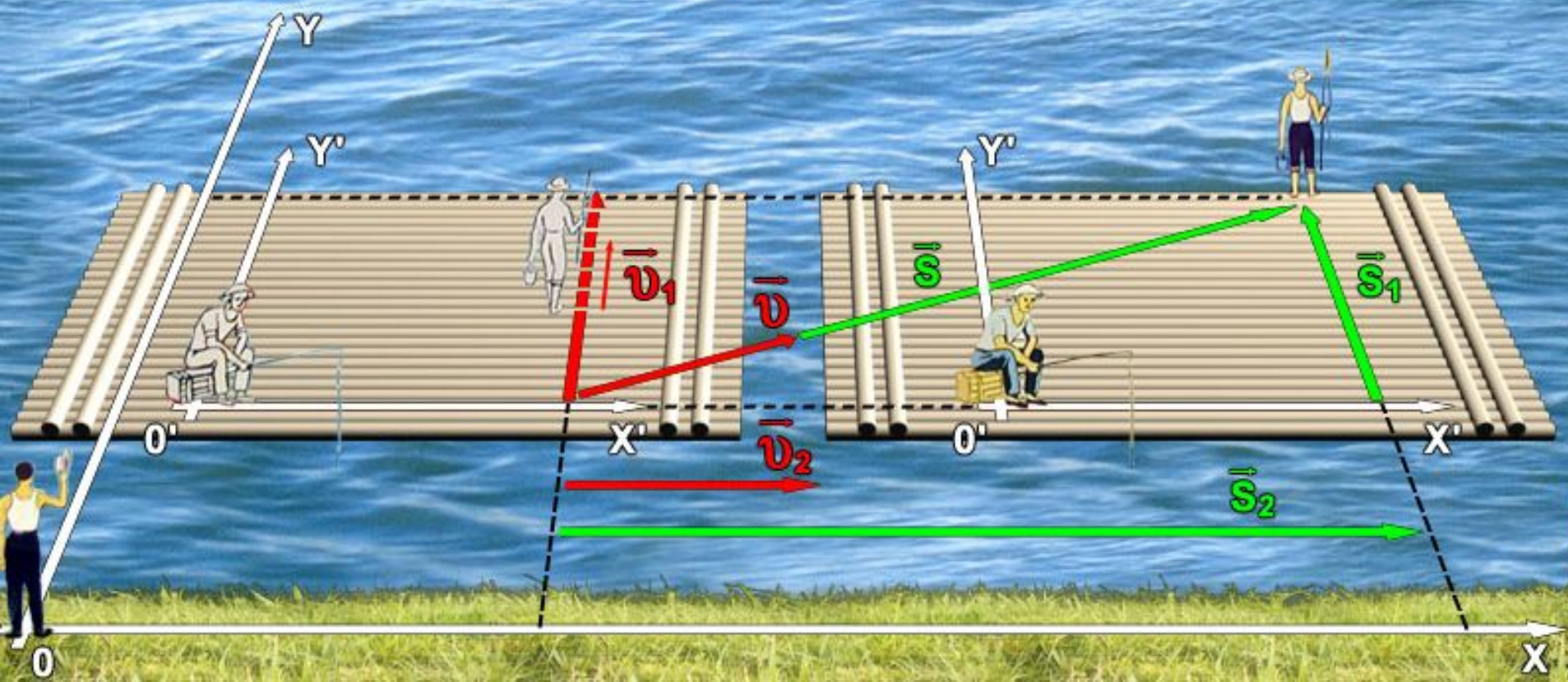
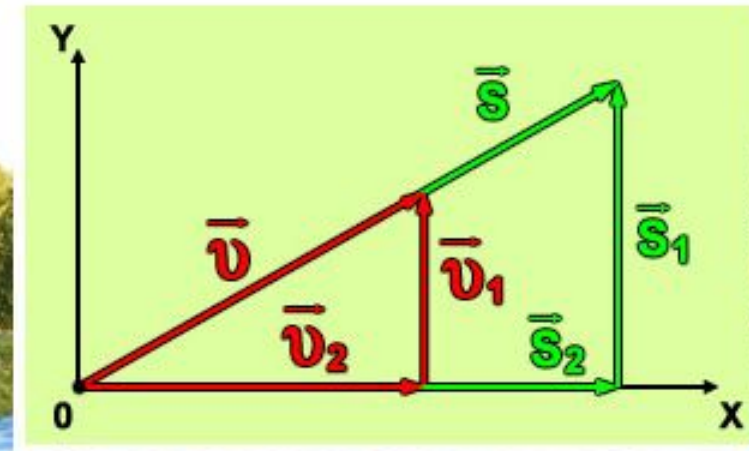
2. ДВИЖЕНИЕ ПО ПЛОСКОСТИ



Графическое описание движения

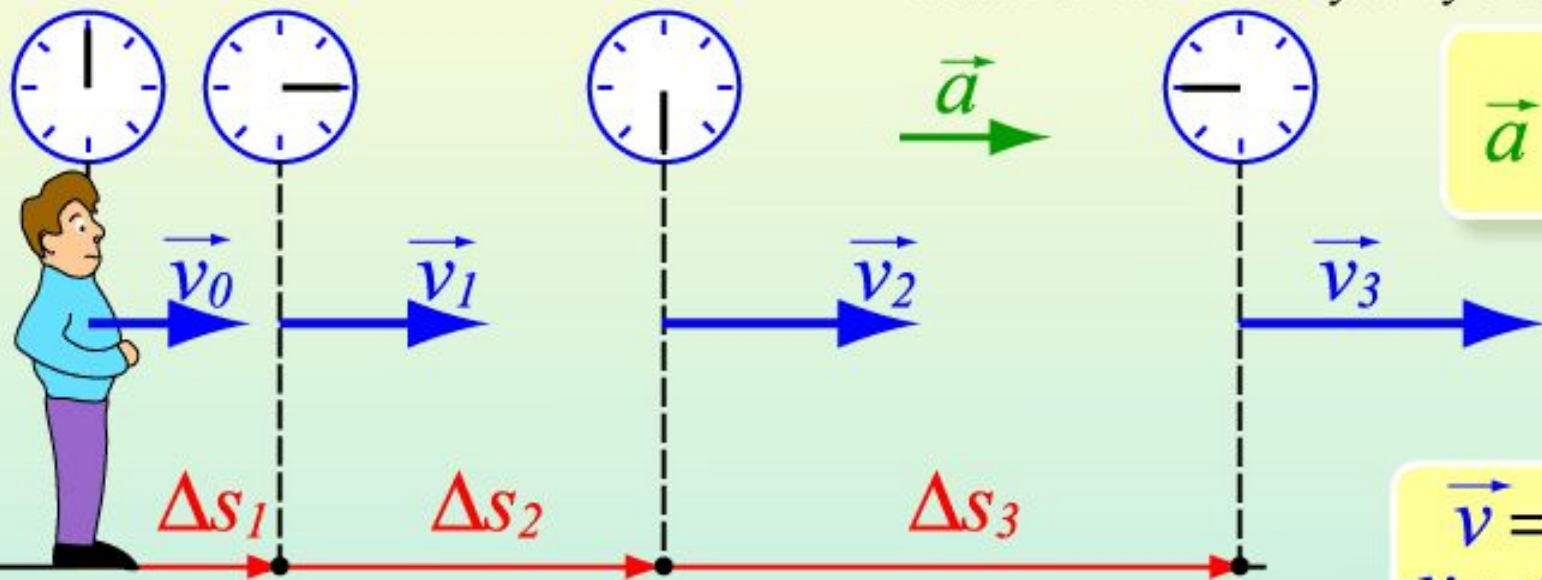


ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЙ (ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫ)



Равнопеременное движение

движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

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

Равнопеременное движение – движение с постоянным ускорением

$$\Delta \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_2 = \Delta \vec{v}_3$$

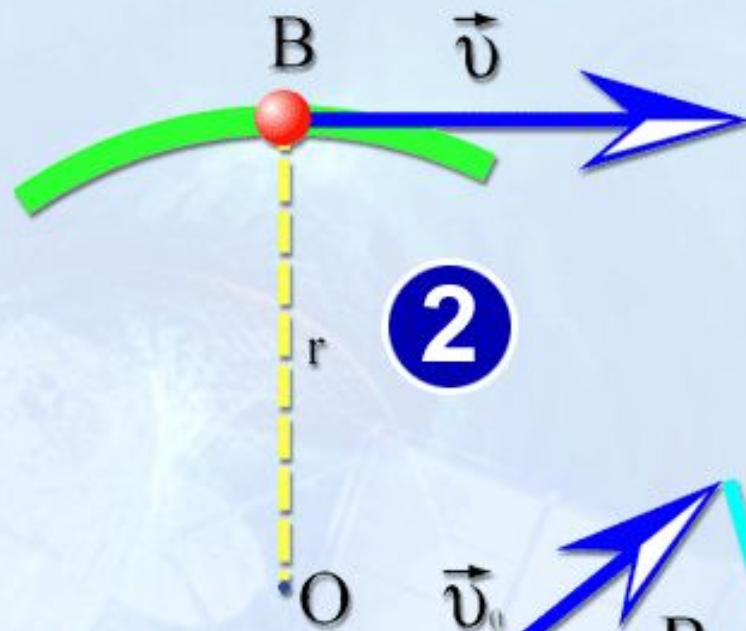
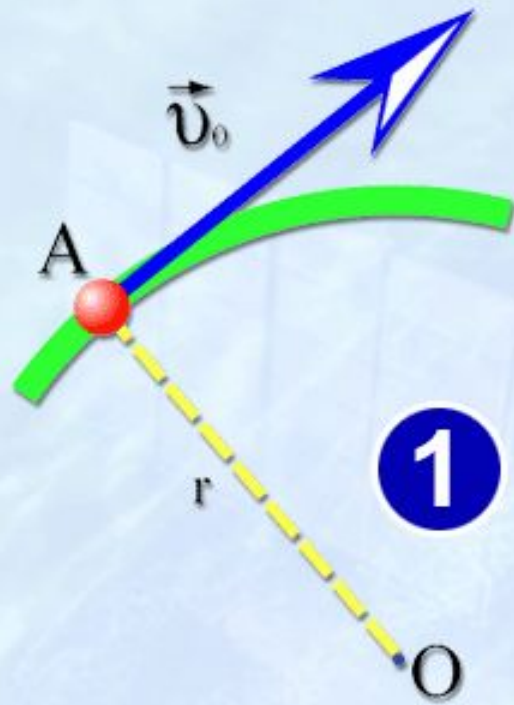
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$$

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2 = \vec{a}_3$$

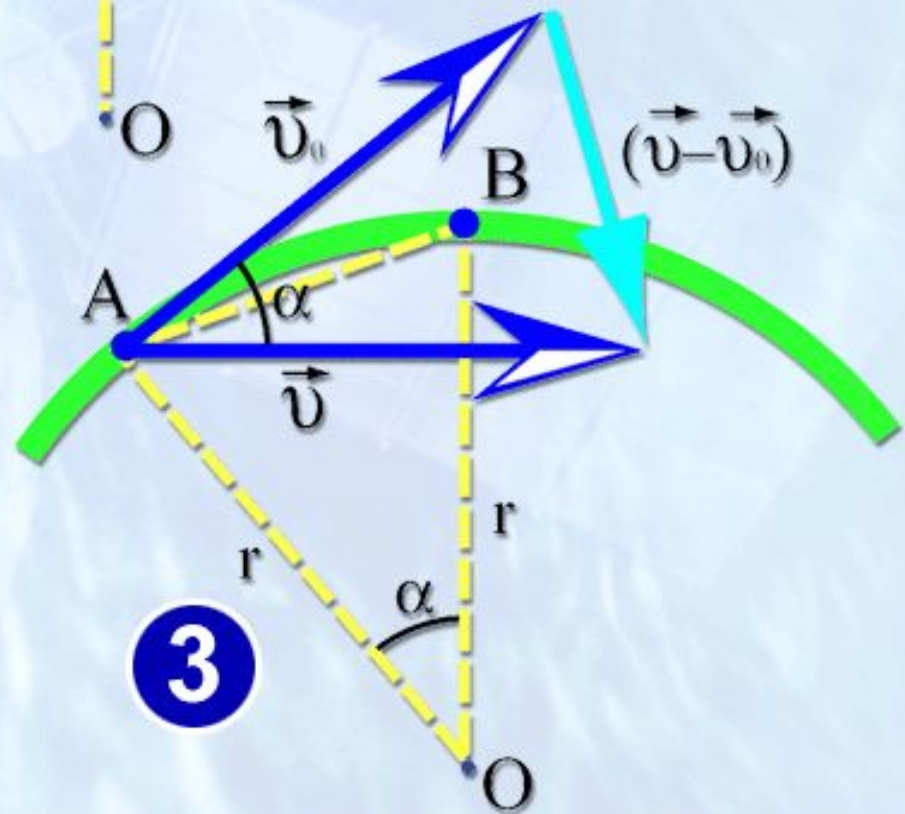
$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \quad a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} \quad a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3}$$

$$\vec{s} = \vec{v}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

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



$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{v}|^2}{r}$$



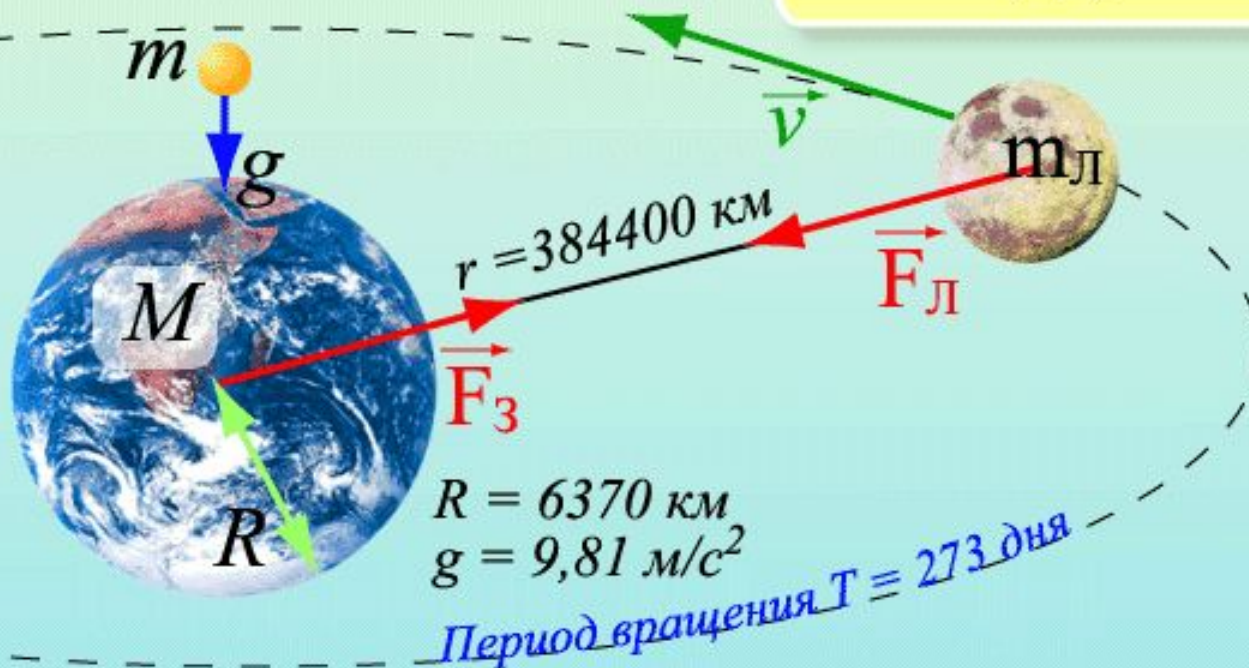
Центростремительное ускорение Луны

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$m_{\text{Л}} a = \gamma \frac{M m_{\text{Л}}}{r^2}$$

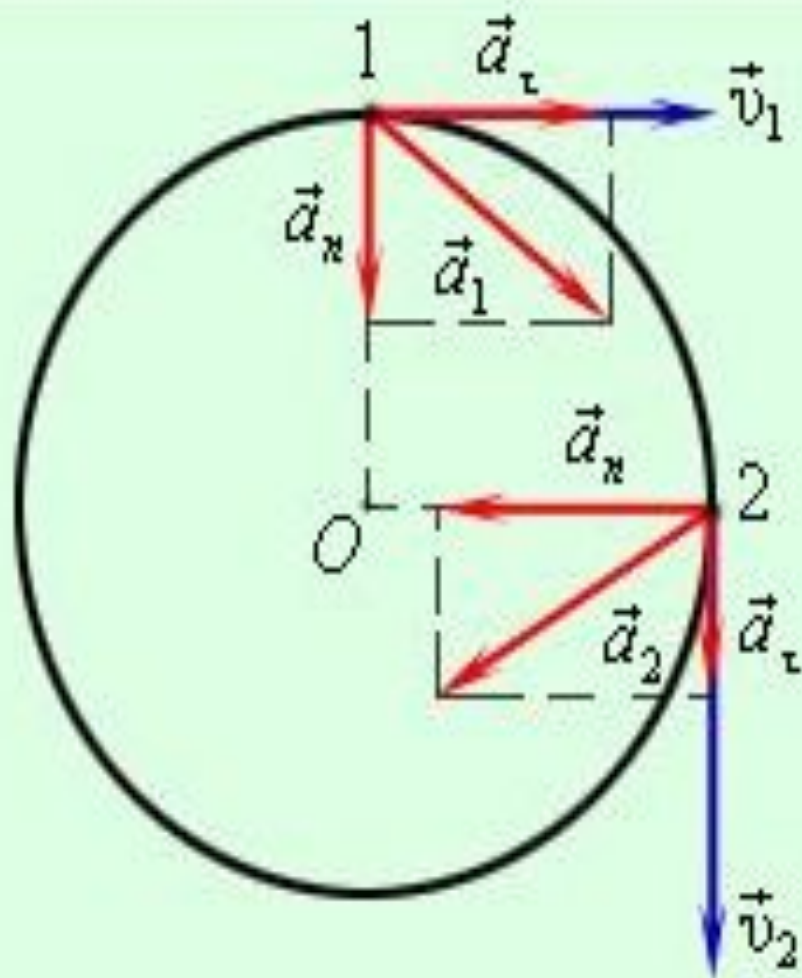
$$m g = \gamma \frac{m M}{R^2}$$

$$a = g \left(\frac{R}{r} \right)^2 \approx 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$



Совпадение $a_{\text{цс}}$ и a убедило Ньютона в справедливости закона

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



Уравнение координаты

$$x = x_0 + s_x$$

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

формула преремещения без t

$$s_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} t, \text{ но } t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}; \quad s_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

Основные формулы кинематики

Вывод из основных формул кинематики всех необходимых формул

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$
$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$
$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

равномерное

$$v_x = \text{const}$$

$$x = x_0 + v_x t$$

$$s_x = v_x t$$

Равноускоренное

$$v_{0x} = 0$$

$$v_x = a_x t, \quad x = x_0 + \frac{a_x t^2}{2}, \quad s_x = \frac{v_x^2}{2a_x}$$

$$a_x = \frac{v_x}{t}, \quad s_x = \frac{a_x t^2}{2}$$

Равноускоренное

$$v_{0x} \neq 0$$

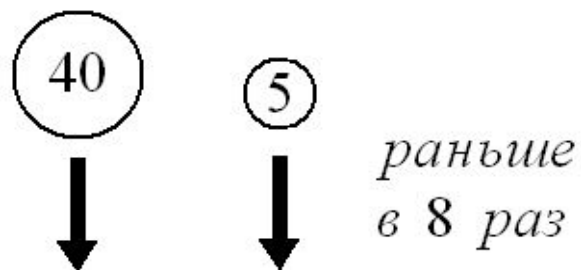
$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t},$$

$$s_x = x - x_0$$

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

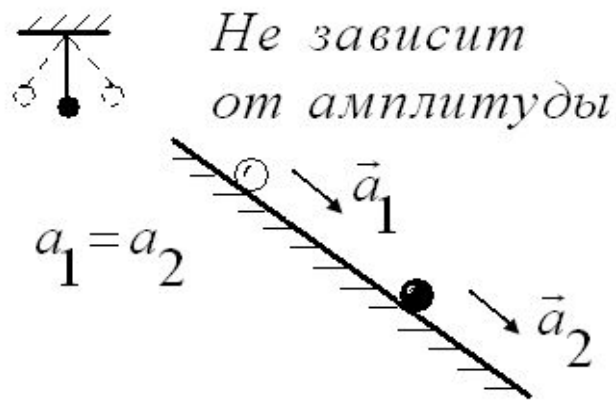
Свободное падение

Аристотель

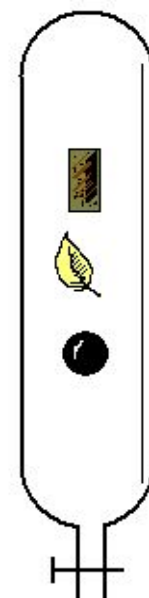
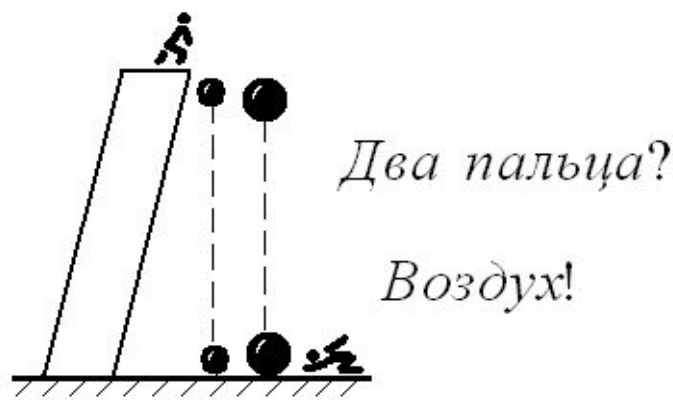


- 1. Два листа бумаги
- 2. Книга и лист бумаги ??
- 3. Гири массой 100г и 1кг

Галилей



Ньютон



Тела разных масс падают в вакууме с одинаковым ускорением

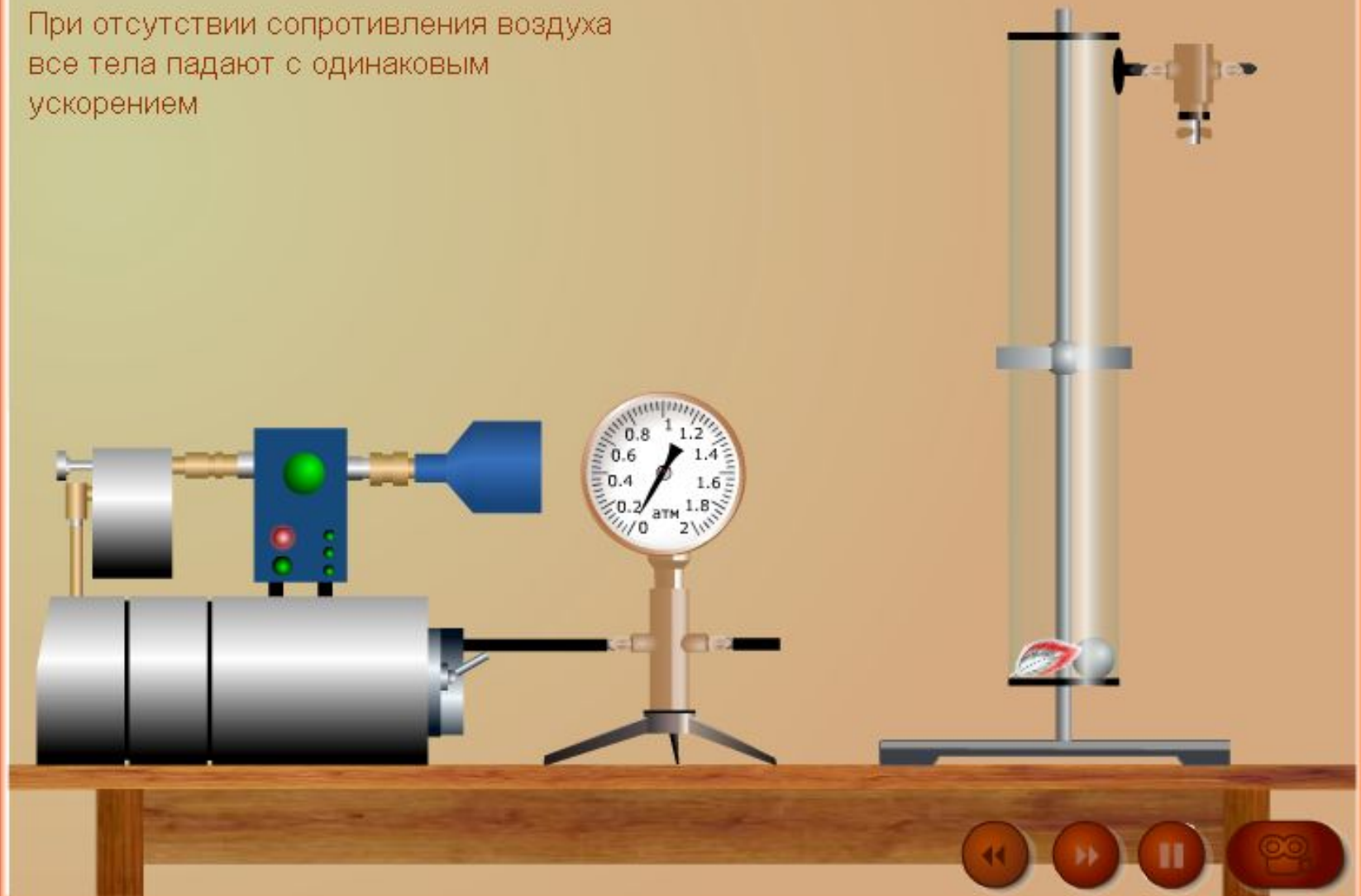
$$a = g = \text{const}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

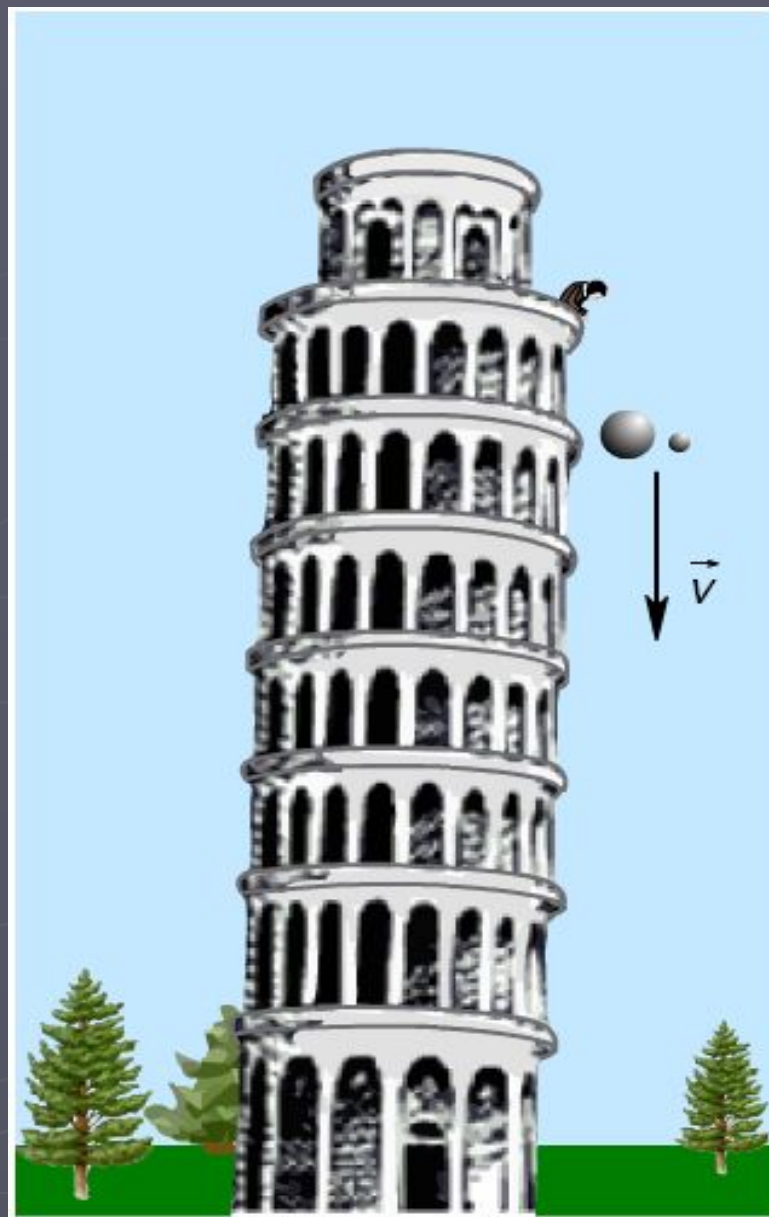
Падение в воздухе и свободное падение

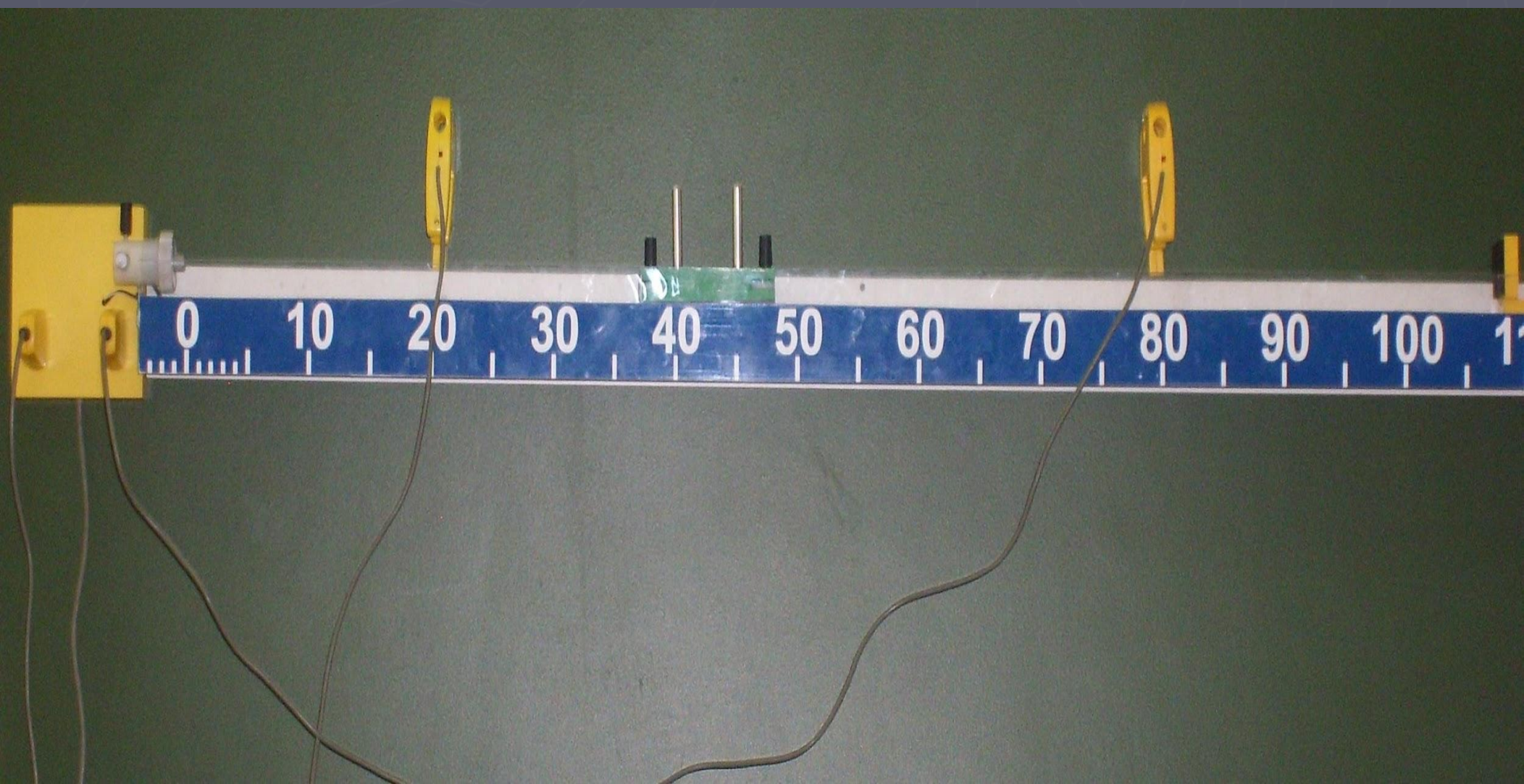
Падение тел в безвоздушной среде

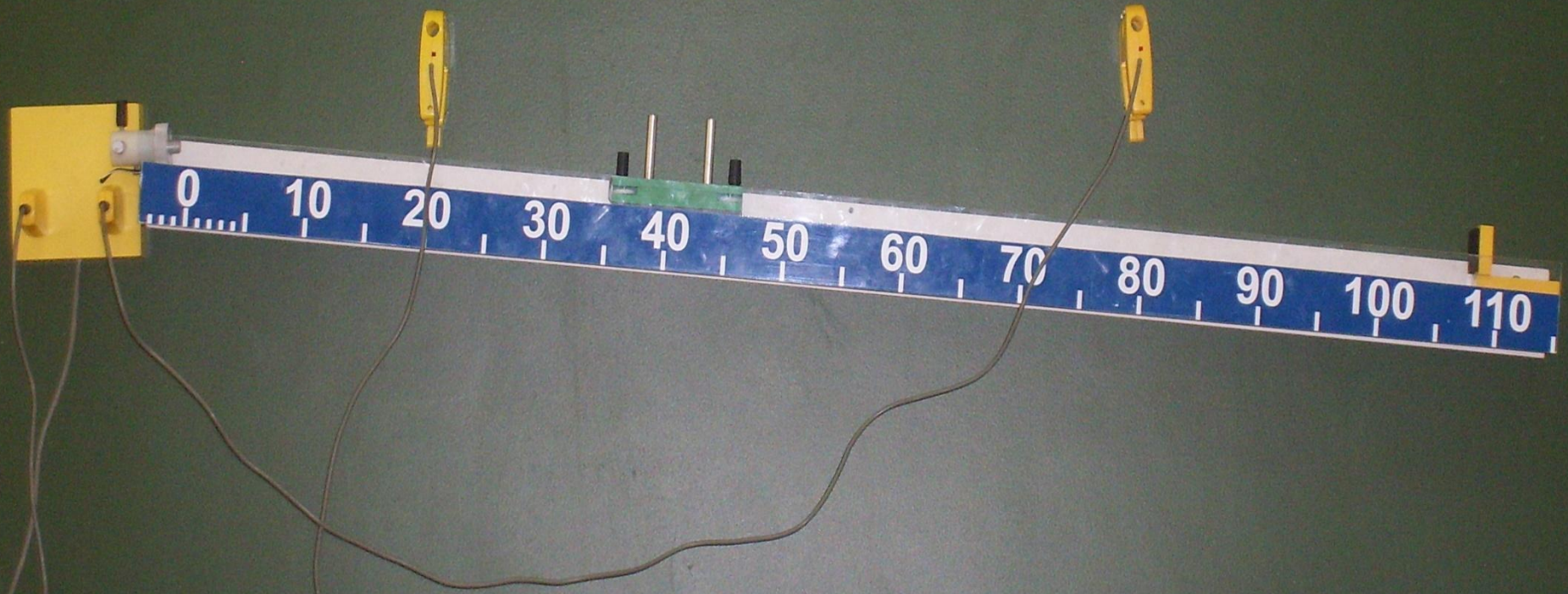
При отсутствии сопротивления воздуха
все тела падают с одинаковым
ускорением

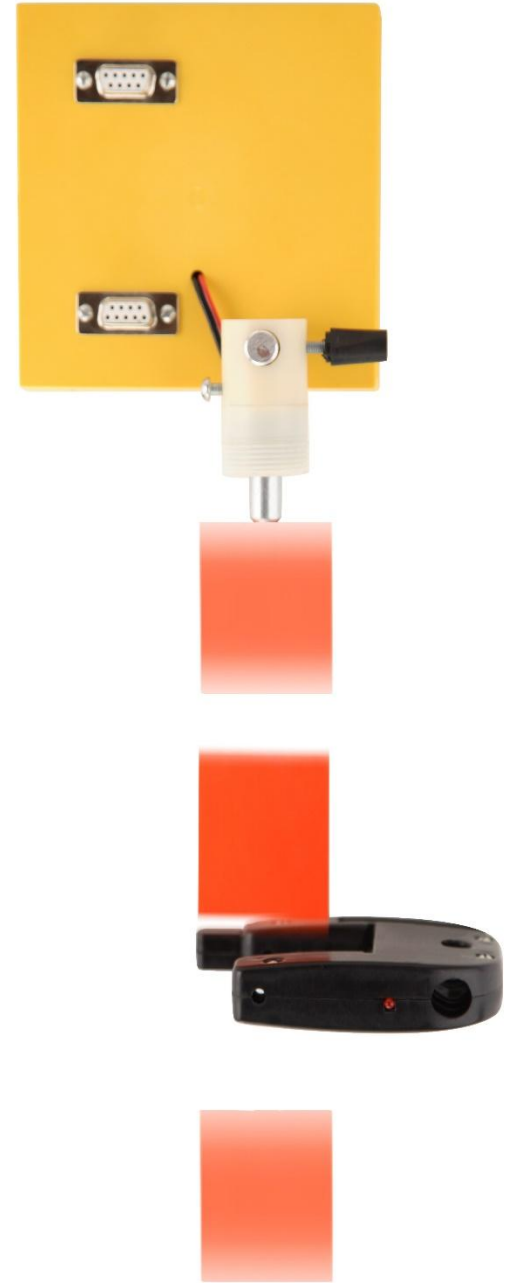


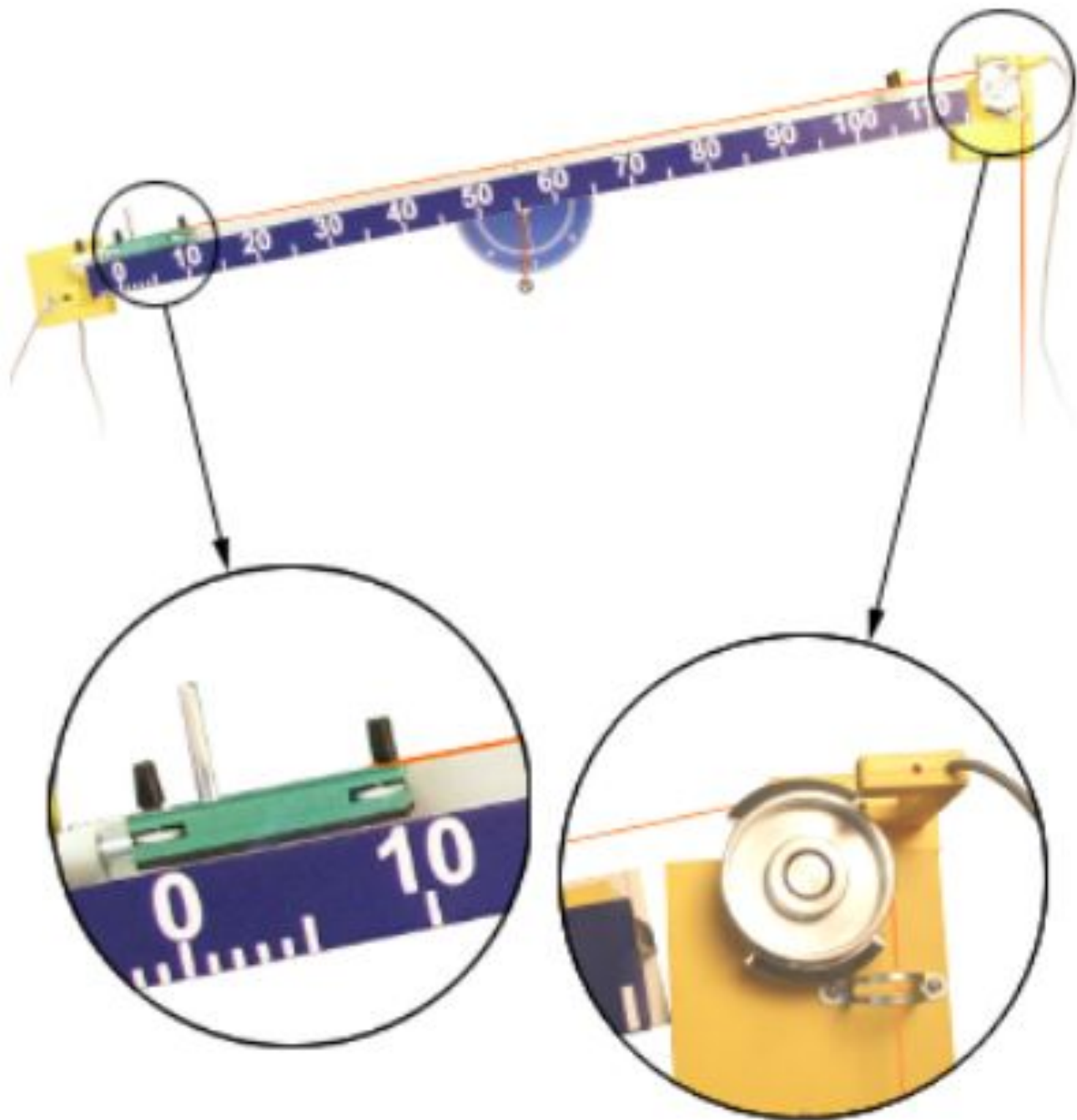
Падение тел с Пизанской башни:











Светильники – стробоскопы:

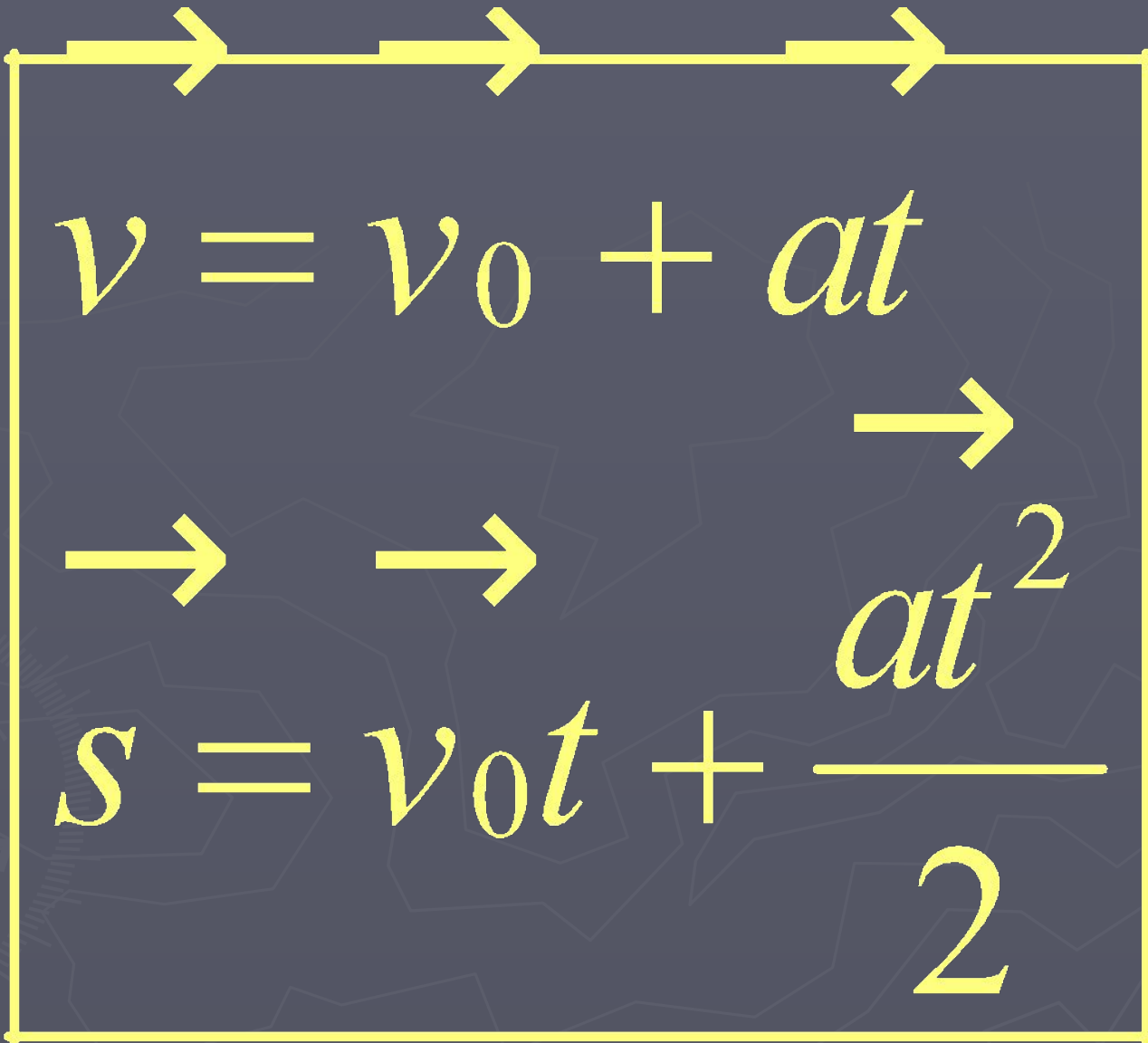


Стробоскоп:



Спидометр:





$$v = v_0 + at$$

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

$$v_0 = 0$$



$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$s = \frac{v_0 + v}{2} t$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$