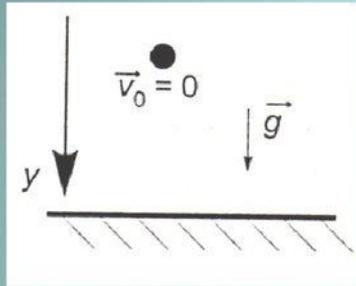
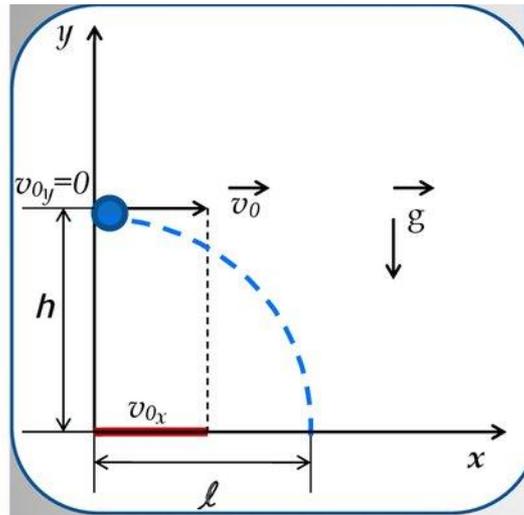


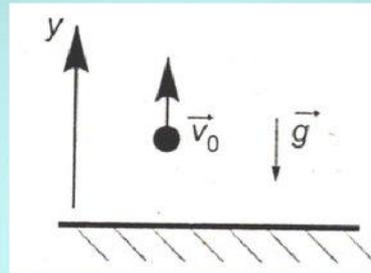
Кинематика криволинейного
движения. Движение по
окружности. Основы внешней
баллистики

Свободное падение тел



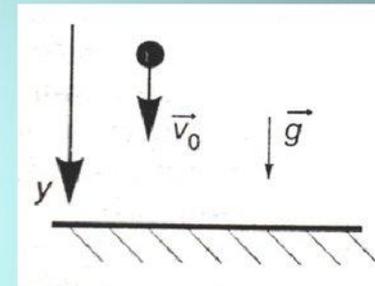
$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$v = gt$$



$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

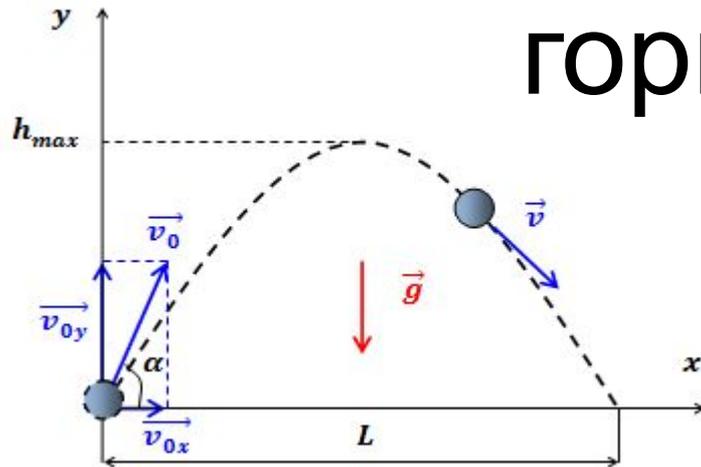
$$v = v_0 - gt$$



$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v = v_0 + gt$$

Движение под углом к горизонту



$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$g_y = -g$$

1 Данное движение тела описывается уравнениями

$$x = v_{0x}t; \quad x = v_0t \cos \alpha;$$

$$y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad y = v_0t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

2 Скорость тела в любой точке траектории:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_y = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt.$$

3 Полное время полета

$$t_{\text{пол}} = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

4 Максимальная высота подъема тела над точкой бросания:

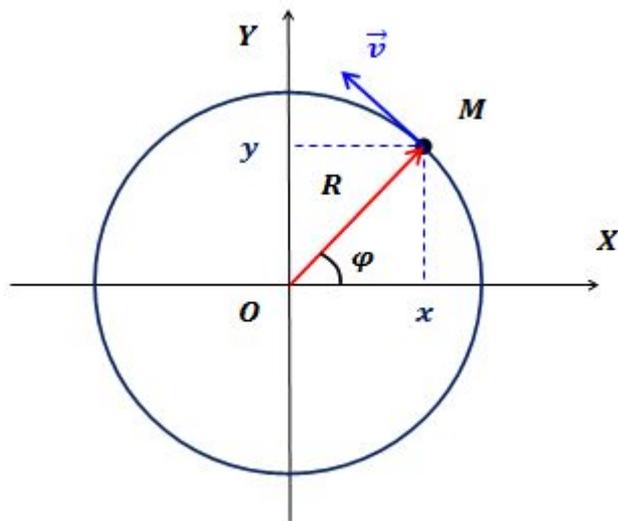
$$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

5 Дальность полета тела

$$s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

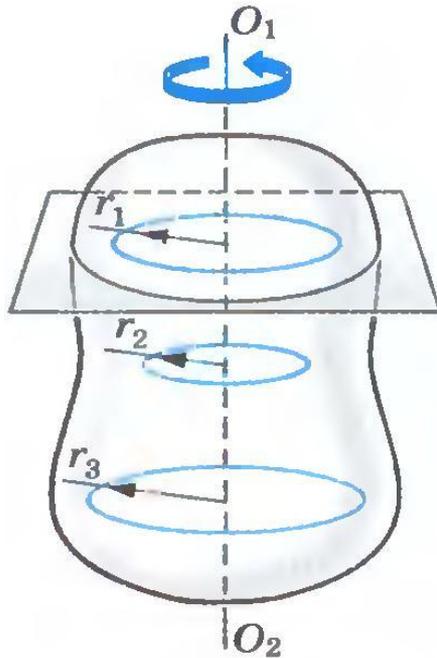
$$l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Движение точки по окружности

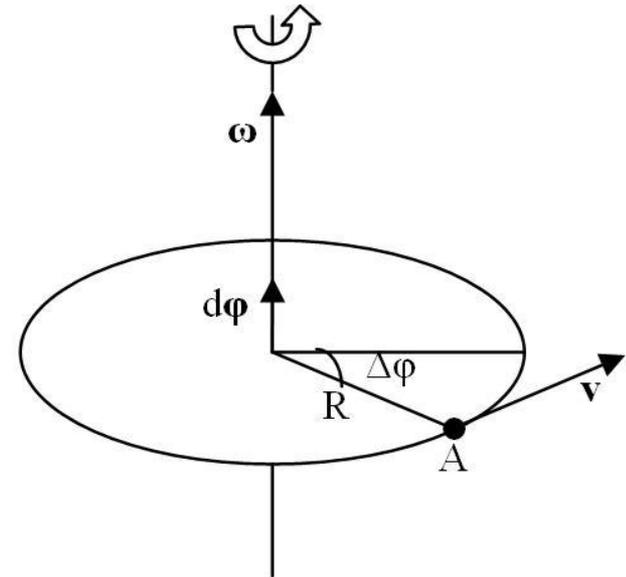


$$a = \frac{v^2}{R}$$

Кинематика абсолютно твёрдого тела



тела



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

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

Решение задач

Задача №1

Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к земле модуль ускорения шарика и горизонтальная составляющая его скорости.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения шарика	Горизонтальная составляющая скорости шарика

Задача №2

В результате перехода с одной круговой орбиты на другую скорость движения искусственного спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

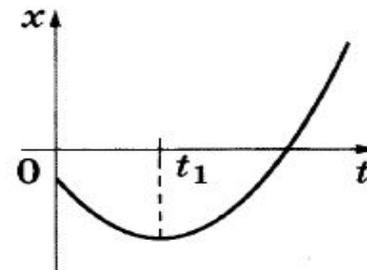
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

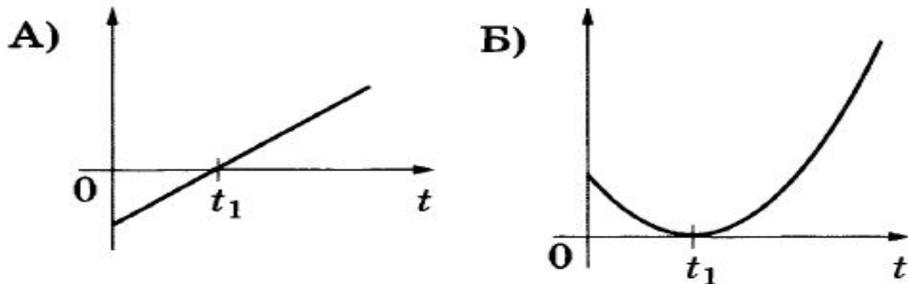
Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Земли

Задача №3

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль импульса тела
- 2) проекция скорости тела на ось Ox
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль ускорения тела

Ответ:

А	Б

Задача №4

В результате перехода с одной круговой орбиты на другую скорость движения искусственного спутника Земли увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его потенциальная энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

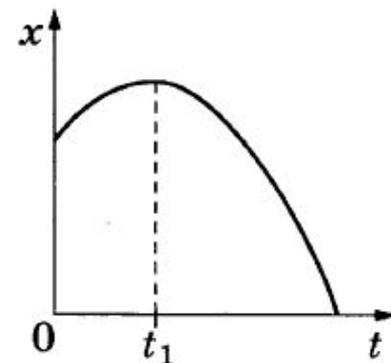
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Потенциальная энергия

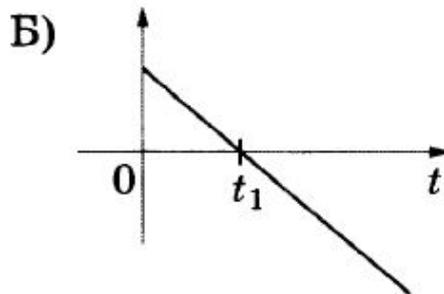
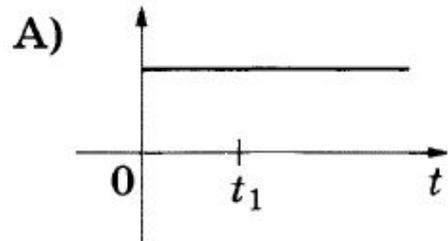
Задача №5

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox , от времени t . Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих данное движение этого тела, от времени t . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия тела
- 2) модуль ускорения тела
- 3) модуль импульса тела
- 4) проекция скорости тела на ось x

Ответ:

А	Б

Задача №6

Высота полёта по круговой орбите искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость спутника	Центростремительное ускорение спутника

Задача №7

Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью v под углом α к горизонту, в течение времени t поднимается на максимальную высоту h над горизонтом. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) время подъёма t на максимальную высоту

Б) максимальная высота h над горизонтом

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

2) $\frac{v \cos \alpha}{g}$

3) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$

4) $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ:

А	Б

Задача №8

В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле силы тяжести Земли и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия спутника в поле силы тяжести Земли	Скорость движения спутника по орбите

Задача №9

Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью v под углом α к горизонту, поднимается над горизонтом на максимальную высоту h , а затем падает на расстоянии S от точки броска. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная высота h над горизонтом
- Б) расстояние S от точки броска до точки падения

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

2) $\frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}$

3) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$

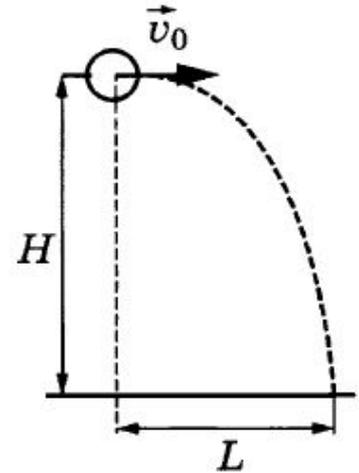
4) $\frac{v^2 \sin \alpha}{g}$

Ответ:

А	Б

Задача №10

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт с временем и дальностью полёта шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Дальность полёта

Задача №11

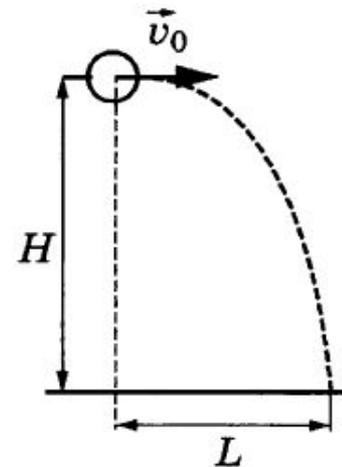
- Задача части 2

Двигаясь по прямой в одном направлении с ускорением 5 м/с^2 , тело увеличило свою скорость в 3 раза на пути в 20 м. Сколько времени потребовалось для этого?

Ответ: _____ с.

Задача №12

Шарик массой m , брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью \vec{v}_0 , за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). В другом опыте на этой же установке шарик массой $2m$ бросают со скоростью $2\vec{v}_0$. Что произойдёт при этом с дальностью полёта и ускорением шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

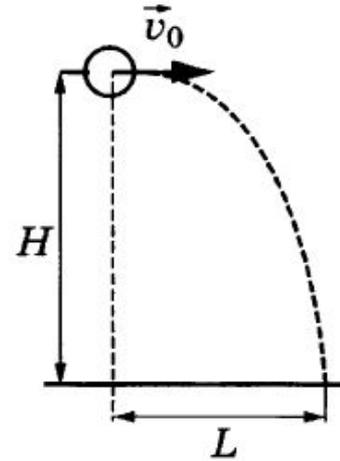
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полёта	Ускорение

Задача №13

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью \vec{v}_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт с временем и дальностью полёта, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

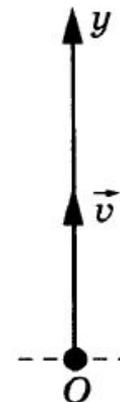
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Дальность полёта

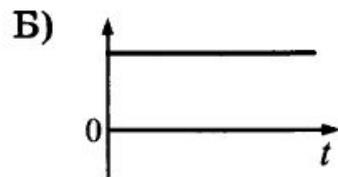
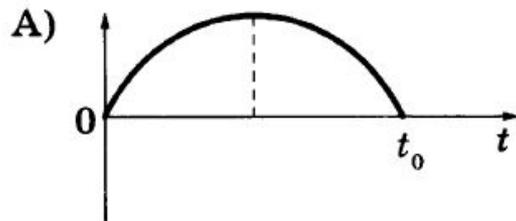
Задача №14

В момент $t = 0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью \vec{v} (см. рисунок). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

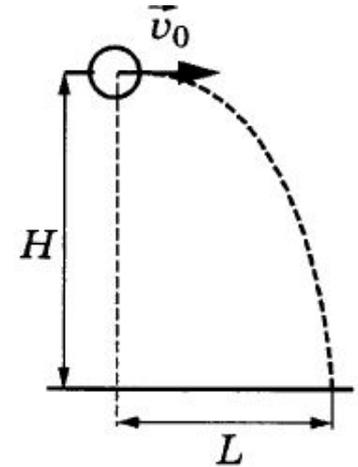
- 1) проекция скорости шарика v_y
- 2) проекция ускорения шарика a_y
- 3) координата y шарика
- 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

Задача №15

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью \vec{v}_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт со временем и дальностью полёта, если на этой же установке увеличить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

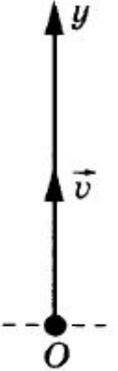
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Дальность полёта

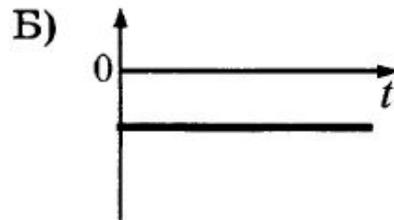
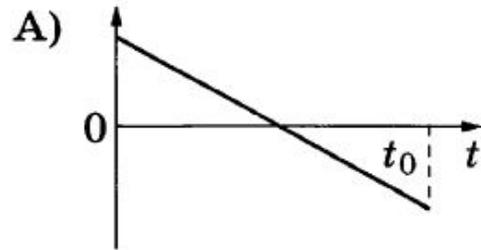
Задача №16

В момент $t=0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью \vec{v} (см. рисунок). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости шарика v_y
- 2) проекция ускорения шарика a_y
- 3) координата y шарика
- 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

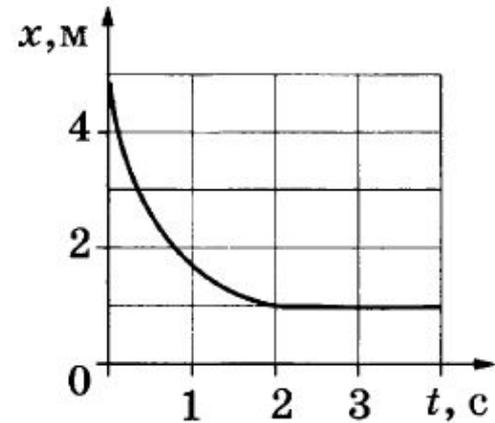
Ответ:

А	Б

Задача №17

Шарик катится по прямому жёлобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. Выберите *два* верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

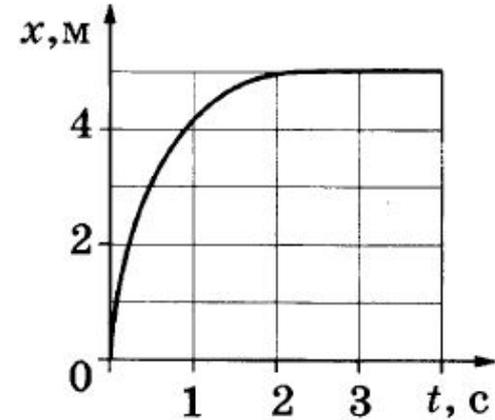
- 1) Скорость шарика уменьшалась в течение всего времени наблюдения.
- 2) Первые 2 с скорость шарика уменьшалась, а затем стала равной нулю.
- 3) На шарик действовала постоянная равнодействующая сила.
- 4) Первые 2 с шарик двигался с увеличивающейся скоростью, а затем двигался равномерно.
- 5) В промежутке времени от 2 до 4 с равнодействующая всех сил, действующих на шарик, была равна нулю.



Ответ:

Задача №18

Шарик катится по прямому жёлобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. Выберите *два* верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.



- 1) Скорость шарика постоянно увеличивалась.
- 2) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
- 3) На шарик действовала всё увеличивающаяся сила.
- 4) Первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.
- 5) В промежутке времени от 2 до 4 с равнодействующая всех сил, действующих на шарик, была равна нулю.

Ответ:

--	--

Задача №19

- Задача части 2

Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равно перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

Задача №20

- Задача части 2

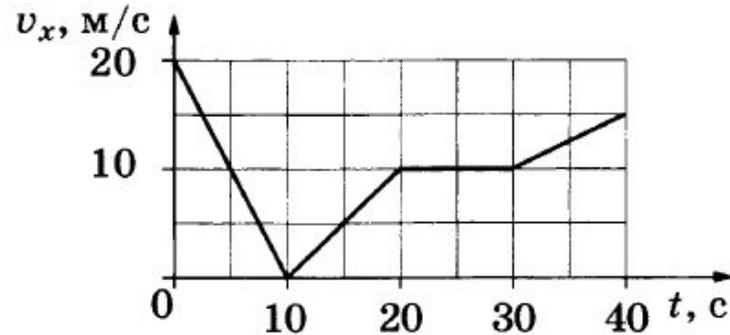
Мяч брошен вертикально вверх с некоторой начальной скоростью. Перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска, составило 15 м. Вектор перемещения направлен вверх. Сопротивлением воздуха пренебречь. Определите начальную скорость мяча.

Ответ: _____ м/с.

Задача №21

- Повторение

Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



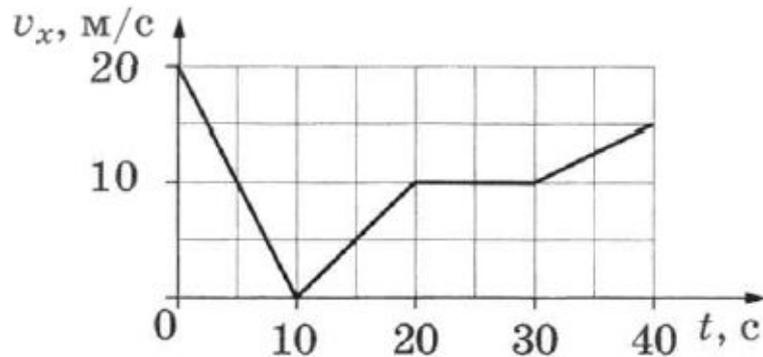
Определите модуль ускорения автомобиля на интервале времени от 10 с до 20 с.

Ответ: _____ м/с².

Задача №22

- Повторение

Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



Определите модуль ускорения автомобиля на интервале времени от 30 с до 40 с.

Ответ: _____ м/с^2 .

Задача №23

- Задача части 2

В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами 6 часов. Если во время полёта дует боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт на 9 минут больше. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

Задача №24

- Задача части 2

В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами 6 часов. Если во время полёта дует боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт на 9 минут больше. Скорость ветра равна 72 км/ч. Найдите скорость самолёта относительно воздуха, если она постоянна.

Домашнее задание

Во всех задачах, где это явно не указано считать $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1. Материальная точка движется так, что ее координаты меняются по закону $x(t) = 8 - 5t$ и $y(t) = 2t^2 - 8t$. Найдите скорость точки в момент времени $t = 5 \text{ с}$.
2. Тело брошено горизонтально. Через 3 секунды после броска угол между направлением полной скорости и полного ускорения стал равным 60° . Определить величину полной скорости тела в этот момент.
3. Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы дальность его полета была в четыре раза больше максимальной высоты его подъема?
4. Камень, брошенный со скоростью 20 м/с под углом к горизонту, за две секунды смещается по горизонтали на 20 м . Определить в градусах угол бросания камня. Сопротивлением воздуха пренебречь.
5. Артиллерийский снаряд, вылетевший из орудия под углом к горизонту, находился в полёте 14 секунд. Какой наибольшей высоты он достиг?
6. На какое максимальное расстояние можно бросить мяч в спортивном зале высотой 6 м ? Начальная скорость мяча равна 15 м/с .
7. Две частицы движутся с ускорением $g = 10 \text{ м/с}^2$ в поле тяжести. В начальный момент частицы находились в одной точке и имели скорости $V_1 = 4 \text{ м/с}$ и $V_2 = 5 \text{ м/с}$, направленные горизонтально и в противоположные стороны. Найти расстояние между частицами в тот момент, когда векторы их скоростей окажутся взаимно перпендикулярными.
8. Два тела бросили одновременно из одной точки: одно – вертикально вверх, другое – под углом 60° к горизонту. Начальная скорость каждого тела 25 м/с . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти расстояние между телами через $\tau = 1.5 \text{ с}$.

Домашнее задание

9. Мяч падает из состояния покоя вертикально с высоты 1 м на наклонную доску. Расстояние между точками первого и второго удара мяча о доску равно 4 м . Удар – абсолютно упругий. Определить угол наклона доски к горизонту.
10. Тело брошено с поверхности земли под углом к горизонту. Какую часть времени движения от начала до падения на землю тело находится на высоте, большей $\frac{3}{4}$ максимальной высоты подъема?
11. Ось с двумя тонкими дисками, расположенными на расстоянии $0,5 \text{ м}$ друг от друга, вращается с частотой 1500 об/мин . Пуля, летящая параллельно оси, пробивает оба диска. При этом отверстие от пули во втором диске смещено по углу относительно отверстия в первом диске на $0,1\pi \text{ рад}$. Найти скорость пули.
12. Найти линейную скорость и центростремительное ускорение точек, находящихся на экваторе Земли и на широте Санкт-Петербурга. Радиус Земли принять равным 6400 км .
13. Найдите радиус вращающегося диска, если центростремительное ускорение точки, лежащей на ободке, в 4 раза больше центростремительного ускорения точек диска, лежащих на 10 см ближе к оси вращения.
14. Стержень длиной 1 м равномерно вращается относительно оси, перпендикулярной стержню. Линейные скорости концов стержня равны 8 и 12 м/с . Найти угловую скорость вращения стержня.
15. Через блок радиусом $0,2 \text{ м}$ переброшена нерастяжимая и невесомая нить с двумя одинаковыми грузами на концах. Ось блока поднимается вертикально вверх со скоростью 1 м/с и один из грузов опускается при этом со скоростью 1 м/с . Нить движется по блоку без проскальзывания. С какой угловой скоростью вращается блок вокруг своей оси? Скорости оси блока и груза даны относительно земли.