

Тележка на направляющей (наклонной плоскости)

Кинематика материальной точки

Материальная точка – тело, геометрическими размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

Траектория - сумма всех положений, через которые постепенно проходит материальная точка в процессе движения.

Средняя скорость (\mathcal{V}_c) - векторная величина, которая определяется как отношение пути S ко времени t , за которое материальная точка проходит этот путь.

$$\mathcal{V}_c = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$[\mathcal{V}_c] = \frac{[\Delta S]}{[\Delta t]} = \frac{1\text{м}}{1\text{с}} = 1\text{м} * \text{с}^{-1}$$

Мгновенная скорость (\mathcal{V}) - скорость, которая характеризует движение в определенный момент времени.

$$\mathcal{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

Среднее ускорение (a_c) - отношение изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло.

$$a_c = \frac{\Delta \mathcal{V}}{\Delta t}$$

$$[a_c] = \frac{[\Delta \mathcal{V}]}{[\Delta t]} = \frac{1\text{м} * \text{с}^{-1}}{1\text{с}} = 1\text{м} * \text{с}^{-2}$$

Мгновенное ускорение (a_o) - величина, которая определяется как производная скорости в зависимости от времени.

$$a_o = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathcal{V}}{\Delta t} = \frac{d\mathcal{V}}{dt}$$

Виды механического движения

В зависимости от вида траектории механическое движение делится на **прямолинейное** и **криволинейное**. В зависимости от изменения скорости от времени движение может быть **равномерным** и **неравномерным**.

Неравномерное движение может быть **ускоренным** и **замедленным**. Они характеризованы тем, что величина мгновенного ускорения увеличивается (уменьшается) за определенный временной промежуток на определенное значение.

Равноускоренное движение

Если векторы \mathcal{V} и a имеют одинаковое направление, следовательно:

$$\mathcal{V}(t) = \mathcal{V}_o + at$$

Такое движение называется равноускоренное движение.

$$S(t) = \int \mathcal{V}(t)dt = \int (\mathcal{V}_o + at)dt = \mathcal{V}_o t + \frac{at^2}{2} + c \rightarrow (c = S_o)$$

$$S(t) = S_o + \mathcal{V}_o t + \frac{at^2}{2}$$

Равномерно замедленное движение

Если векторы \mathcal{V} и a имеют противоположное направление, следовательно:

$$\mathcal{V}(t) = \mathcal{V}_o - at$$

Такое движение называется равномерно замедленное движение.

$$S(t) = S_o + \mathcal{V}_o t - \frac{at^2}{2}$$

Заметка: уравнения записаны без использования векторов.

Мотивация:

- Как работает кинематика?
- Какие виды движений нам известны?

Цели:

- Построить графики зависимости пути от времени, скорости от времени и ускорения от времени тележки, которую спустили с наклонной плоскости. Каждый кривую в графике выделить цветом и подписать.
- Определить скорость тележки в половине пути и в самом нижнем положении наклонной плоскости.
- Определить ускорение тележки.

Схема установки

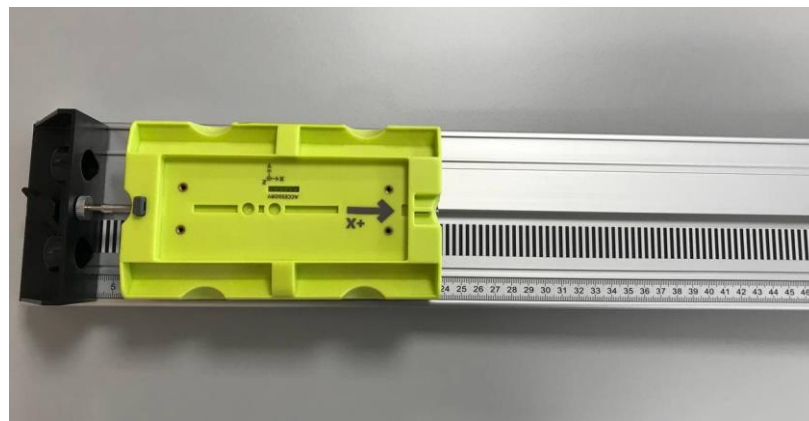



Рисунок 1

Лабораторная работа

Часть 1

1. Проверьте динамическую направляющую, которая должна быть наклонена под углом 3-5 градусов.
2. Включите тележку и установите ее на направляющую так, чтобы пружина тележки соприкасалась со стенкой.
3. Откройте программу *Vernier Graphical Analysis*, с помощью *Sensor Data Collection* найдите вашу тележку и добавьте ее в систему.
4. Нажатием на *View Options*  , выберите в *Graph - 3 Graphs*, активируйте *Data Table* и *Meters* (рис. 2).

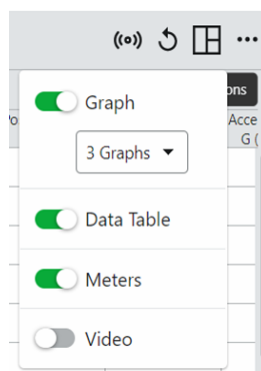


Рисунок 2

5. Обнулите местоположение тележки, нажав на *Zero* (рис. 3).

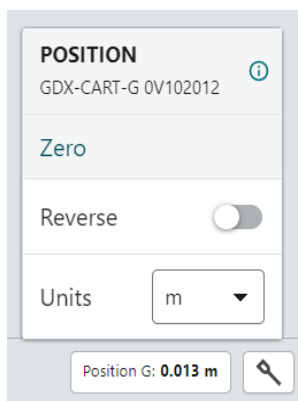



Рисунок 3




6. Нажатием на  , запустите поиск данных. Толкните тележку вверх по направляющей так, чтобы она проехала большую часть направляющей и вернулась назад. Как только тележка соприкоснется со стенкой - остановите ее.
7. Изучите график зависимости положения от времени. Если на графике нет плавного изменения положения в виде параболы, повторите шаг 4. Если вы не уверены нужно ли вам повторить измерение, спросите учителя.
8. Прежде чем перейти к Части 2, проведите Анализ - Часть 1.

Часть 2

9. Тележка может отталкиваться от упора с помощью пружины. Попробуйте толкнуть тележку так, чтобы во время сбора данных, она оттолкнулась минимум 3 раза.
10. Проведите Анализ - Часть 2.

Анализ

Часть 1

1. Распечатайте или нарисуйте три полученных графика движения. Полученные графики довольно сложные. Поэтому необходимо определить их отдельные области. Кликните на график и ответьте на следующие вопросы. Запишите ответы прямо на распечатанных или нарисованных графиках.
 - a. Определите область, на которой вы толкнули тележку:
 - Изучите график зависимости скорости от времени и определите эту область. Отметьте ее на графике.
 - Изучите график зависимости ускорения от времени и найдите ту же область. Отметьте ее на графике.
 - b. Определите область, на которой тележка двигалась самостоятельно:
 - Определите область на графиках, где тележка двигалась вверх по направляющей.
 - Определите область на графиках, где тележка двигалась вниз по направляющей.
 - c. Определите:
 - На графике зависимости скорости от времени определите, в какой точке тележка двигалась с максимальной скоростью после начала свободного движения (без нашей помощи). Определите эту точку и запишите ее на графике.
 - На графике зависимости положения от времени найдите наивысшую точку тележки на направляющей. Запишите ее значение на графике.
 - Какой была скорость тележки в наивысшей точке?
 - Каким было ускорение тележки в наивысшей точке?
2. Движение тела с постоянным ускорением задается уравнением $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$, где x - положение, a - ускорение, t - время, а v_0 - начальная скорость тела. Это квадратное уравнение, график которого представляет собой параболу. Поскольку тележка двигалась с постоянным ускорением, график зависимости положения от времени будет параболическим. Запишите ваши данные в виде квадратного уравнения.
 - a. Выделите параболическую часть графика зависимости положения от времени, тем самым вы выделите промежуток времени свободного движения тележки.
 - b. Нажмите на *Curve Fit*  (рис. 4), из списка выберите квадратичную функцию (рис. 5), нажмите *Apply*.
 - c. Было ли ускорение в части свободного движения тележки постоянным?
3. Если ускорение постоянное, график зависимости скорости от времени будет линейным. Чтобы провести линию через полученные данные, выделите область графика, где тележка перемещалась свободным. Нажмите на *Linear Fit*  (рис. 6). Сравните наклон полученной линии с наклоном ускорения, которое вы получили в предыдущем пункте.
4. В промежутке времени со свободным движением тележки график зависимости ускорения от времени должен оставаться приблизительно неизменным. Выделите эту часть и нажмите на *Statistics*  (рис. 4). Сравните среднее значение ускорения с значениями ускорения a из пунктов 2 и 3.

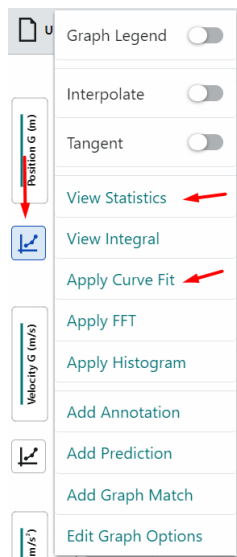


Рисунок 4

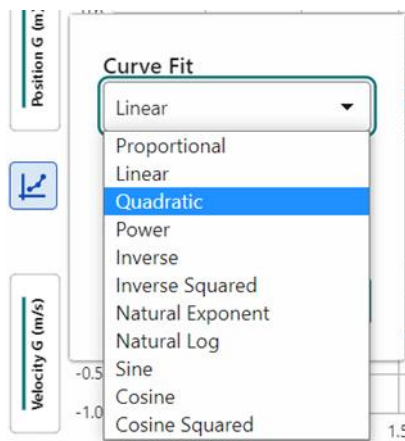


Рисунок 5

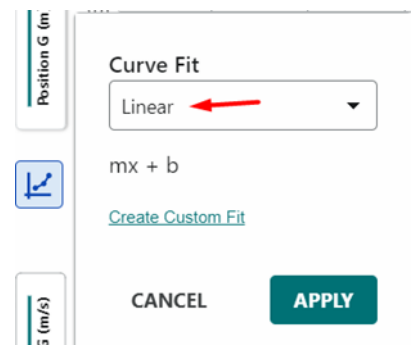


Рисунок 6

Часть 2

- Из графика скорости определите ускорение тележки в трех частях графика с ее свободным движением. Были ли значения ускорений равными?
- Из графика местоположения определите ускорение тележки в трех частях графика с ее свободным движением. Были ли значения ускорений равными?

Дополнительные вопросы

Какой вид движения был у тележки по направляющей?

Подумайте: как зависит ускорение тележки от угла наклона направляющей, по которой она движется?

Дополнения

