**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №50**

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ВОЗДУШНОМ ТРЕКЕ**

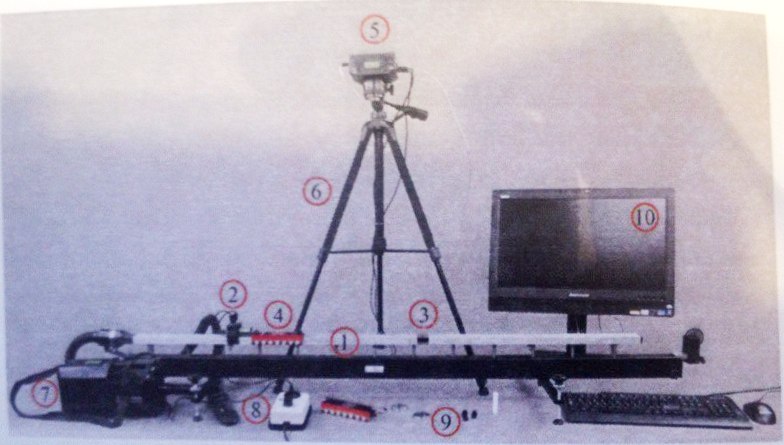
*Поляков Даниил, Б07-ФЗ*

**Цель работы:** экспериментальное изучение кинематики прямолинейного движения, проверка трёх законов Ньютона.

**Решаемые задачи:**

* Исследование кинематических характеристик движения тела с постоянной скоростью;
* Исследование кинематических характеристик движения тела с постоянным ускорением;
* Исследование зависимости ускорения тела от величины равнодействующей силы;
* Исследование зависимости ускорения тела от его массы при постоянной величине равнодействующей силы.

**Установка и оборудование:**



1 – Воздушный трек, оборудованный удерживающим электромагнитом 2 и стопором 3;

4 – тележка для воздушного трека;

5 – видеорегистратор на треноге 6;

7 – нагнетатель воздуха с регулятором мощности 8;

9 – наборы пластмассовых грузиков (1г) и стальных грузов (100г);

10 – персональный компьютер с установленной программой «VideoCom Motions»;

+ нить для привязывания пластмассовых грузиков к тележке;

+ весы.

**Расчётные формулы:**

* Средняя скорость тела при прямолинейном движении:

– длина пройденного участка;

– время прохождения участка.

* Ускорение тела при прямолинейном движении по наклонной поверхности:

– ускорение свободного падения;

– суммарная толщина досок, на

которые опирается трек;

– расстояние между опорами трека.

* Ускорение тела при прямолинейном движении под действием силы тяжести подвешенных грузов:

– ускорение свободного падения;

– масса подвешенных грузов;

– суммарная масса тележки и грузов.

* Ускорение тела при прямолинейном движении, измеренное вручную:

– длина пройденного участка;

– время прохождения участка.

* Приближенная формула для коэффициента сопротивления движению:

– масса подвешенных грузов;

– суммарная масса тележки и грузов;

– ускорение тележки;

– ускорение свободного падения.

* Формулы силы тяжести грузов, действующей на тележку:

– масса подвешенных грузов;

– ускорение свободного падения.

* Формулы для вычисления погрешностей:
  + Абсолютная погрешность серии измерений:

n – количество измерений;

t – коэффициент Стьюдента (равен 1.4

при 3-ёх измерениях);

– приборная погрешность.

* + Абсолютная погрешность косвенных измерений:

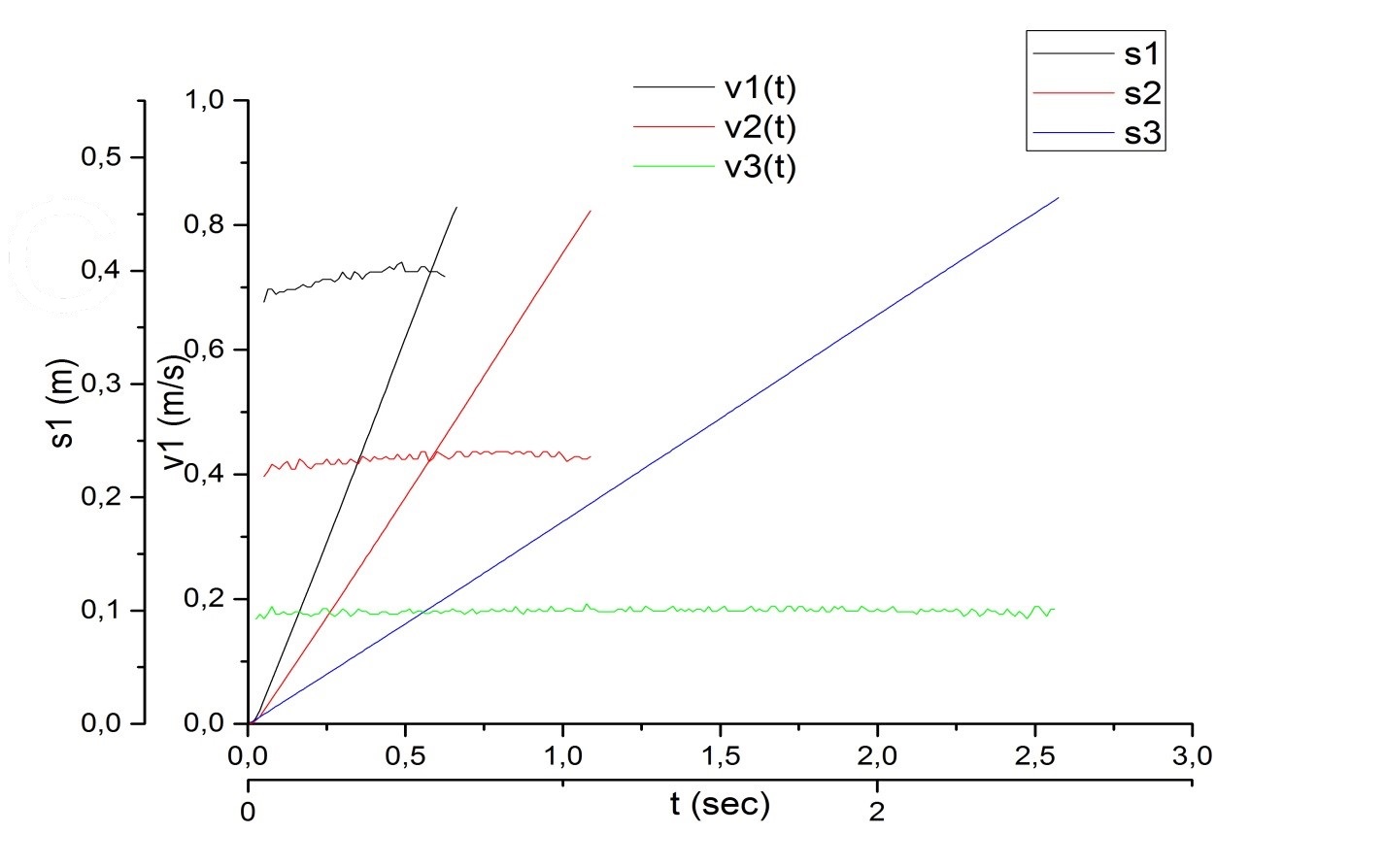
**Метод проведения измерений**

1. Разместим трек горизонтально. В начало трека поставим тележку с дополнительным диском массой 100 г. Толкнём тележку и запустим измерение её координаты от времени. Получим график зависимости ***S(t)***. Затем повторим измерения ещё два раза, придавая тележке другую начальную скорость. Во время последнего измерения также воспользуемся секундомером телефона для ручного нахождения скорости тела ***t0***. Для этого отметим на треке положение, по пересечении которого секундомер будет остановлен, и измерим расстояние ***S0*** от начального положения тележки до данной метки.
2. Измерим линейкой расстояние ***L*** между опорами трека. Измерим толщину ***d1*** и ***d2*** первой и второй дощечки, которые будут подкладываться под трек. Подложим первую дощечку под трек. Разместим в начале (в верхней точке) трека тележку с диском массой 100 г. так, чтобы она удерживалась электромагнитом. Запустим измерения в программе - магнит перестанет удерживать тележку. Получим график движения тележки ***S(t)***. Повторим ещё два таких же измерения при таком же наклоне трека. Во время последнего измерения, как и в п.1, сделаем метку на расстоянии ***S0*** от начала трека и измерим время до пересечения этой метки тележкой с помощью секундомера. Затем подложим вторую дощечку под трек, тем самым увеличив его угол наклона и высоту ***h***. Повторим 3 измерения, включая ручное измерение, при данном положении трека.
3. Разместим на тележке один стальной диск массой 100 г. и 4 пластмассовых грузика массой по 1 г. Измерим массу ***M*** получившейся тележки на весах. Затем снимем с тележки один грузик и привяжем его к концу нити. Установим тележку на трек возле магнита и прикрепим к ней свободный конец нити с грузиком. Второй конец нити перебросим через колёсико, расположенное в конце воздушного трека. Запустим измерение и получим график движения тележки ***S(t)***. Повторим измерения при тех же условиях ещё два раза, попутно вручную измеряя время движения тележки. Затем снимем с тележки ещё один грузик и прикрепим его к грузику, свисающему на нити с колёсика. Повторим три измерения с новыми грузами. Затем повторим такие же серии измерений при 3-ёх и 4-ёх грузах.
4. Разместим на тележке четыре стальных диска массой по 100 г. и один грузик массой 1 г. Измерим массу ***M*** получившейся тележки на весах. Затем снимем с тележки грузик и привяжем его к концу нити. Установим тележку на трек возле магнита и прикрепим к ней свободный конец нити с грузиком. Второй конец нити перебросим через колёсико, расположенное в конце воздушного трека. Запустим измерение и получим график движения тележки ***S(t)***. Затем снимем с тележки один стальной груз, повторно взвесим тележку и снова измерим движение тележки. Повторим те же действия и для тележки с двумя и одним стальным грузом.

**Таблицы и обработка данных**

Расстояния, которые измерялись вручную, измерены линейкой с ценой деления, равной 1 мм. Погрешность таких измерений вычислялась как сумма цены деления и погрешности отсчитывания, т.е. . Время, измеренное вручную, измерялось с помощью секундомера на телефоне. В качестве погрешности взято время реакции человека, т.е. . Погрешность значений, измеренных штангенциркулем, состоит из цены деления и погрешности отсчёта: . Погрешность измерения массы тележки и грузиков 0.01 г.

***1. Исследование кинематических характеристик движения тела с постоянной скоростью.***

Графики зависимости координаты и скорости от времени: 

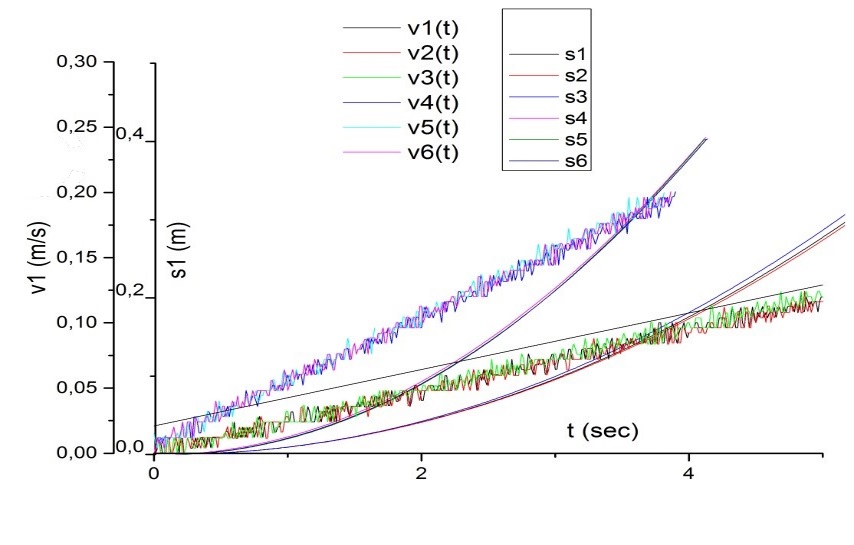
Во время третьего запуска помимо автоматического измерения проводилось и ручное измерение времени с помощью секундомера. Длина участка трека, на котором замерялось время, равна 444±2 мм, измеренное время равно 2.7±0.2 с. Вычислим скорость и сравним её с полученной автоматически:

Машинное значение средней скорости равно . Полученные значения скоростей близки по значению.

***2. Исследование кинематических характеристик движения тела с постоянным ускорением.***

В таблице указаны измеренные размеры трека и дощечек и теоретические значения ускорений исходя из данных размеров, вычисленные по формуле .

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 983±2 | 2.45±0.10 | 2.45±0.10 | 410±2 | 0.024±0.001 | 0.049±0.002 |



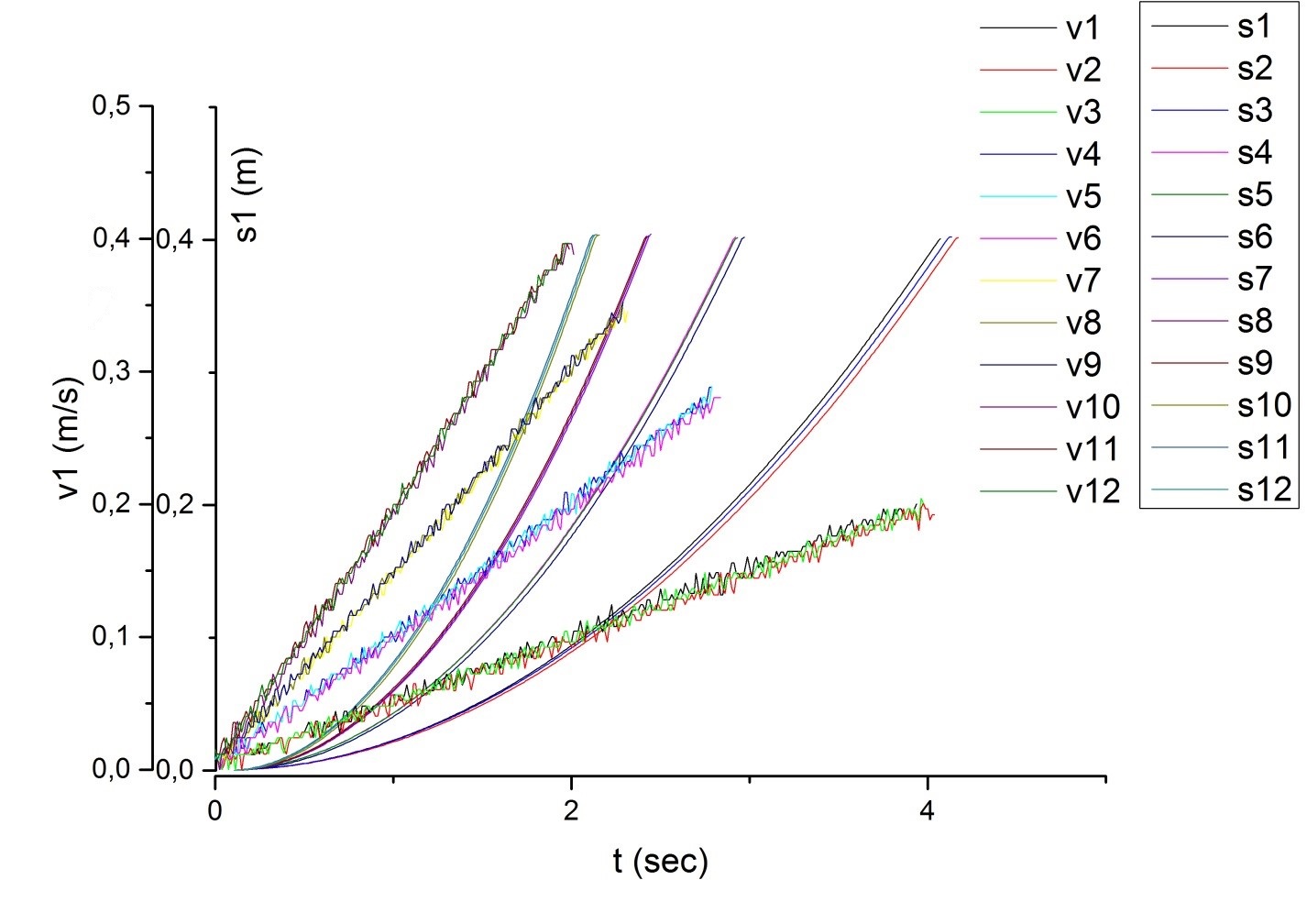
Аппроксимируем кривые скорости и найдём ускорение как тангенс угла наклона.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| мм | | | мм | | |
|  |  |  |  |  |  |
| 0.0242 | 0.0243 | 0.0245 | 0.0515 | 0.0525 | 0.0519 |
|  | | |  | | |

Для 3 опыта в обоих положениях трека измерение времени также производилось вручную:

Теоретическое значение ускорения , машинное и полученное ручным измерением достаточно близки друг к другу. Разница между более существенная. Это может быть связано с тем, что тележка испытывает небольшое ускоряющее давление потока воздуха, создаваемого на треке.

***3. Исследование зависимости ускорения тела от величины равнодействующей силы.***



Масса укомплектованной тележки: . Значения машинного ускорения так же, как и в предыдущем номере, найдены аппроксимацией скорости движения тележки.

Теоретические значение ускорения рассчитаны по формуле .

Длина промежутка при ручном нахождении ускорения: .

Коэффициент сопротивления движению находится по формуле .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , кол. грузов |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 0.0501  ±0.0005 | 0.0499 | 0.0490 | 4.0 | 4.0±0.2 | 0.050  ±0.005 | 1.2 |
| 0.0482 | 4.0 |
| 0.0488 | 3.9 |
| 2 | 0.1003  ±0.0005 | 0.1000 | 0.0992 | 2.8 | 2.7±0.2 | 0.106  ±0.016 | 1.1 |
| 0.0994 | 2.7 |
| 0.0982 | 2.7 |
| 3 | 0.1504  ±0.0005 | 0.1497 | 0.1501 | 2.3 | 2.3±0.2 | 0.15  ±0.03 | 0.32 |
| 0.1505 | 2.2 |
| 0.1500 | 2.3 |
| 4 | 0.2006  ±0.0005 | 0.1983 | 0.1981 | 1.9 | 1.9±0.2 | 0.23  ±0.05 | 2.5 |
| 0.1981 | 1.9 |
| 0.1980 | 1.8 |

Формулы, по которым вычислялись погрешности:

Из полученных значений ускорений видно, что машинно полученные экспериментальные значения меньше теоретических, что объясняется наличием сил трения между блоком и нитью и других сил сопротивления. Сравнить вручную полученные значения ускорений с теоретическими не получится из-за высокой погрешности.

Теперь рассчитаем значения сил, действовавших на тележку в четырёх опытах, и построим график зависимости данных сил от ускорения. Аппроксимируем прямую и найдём коэффициент наклона по методу наименьших квадратов. Сравним его с изначально измеренной массой ***M***.

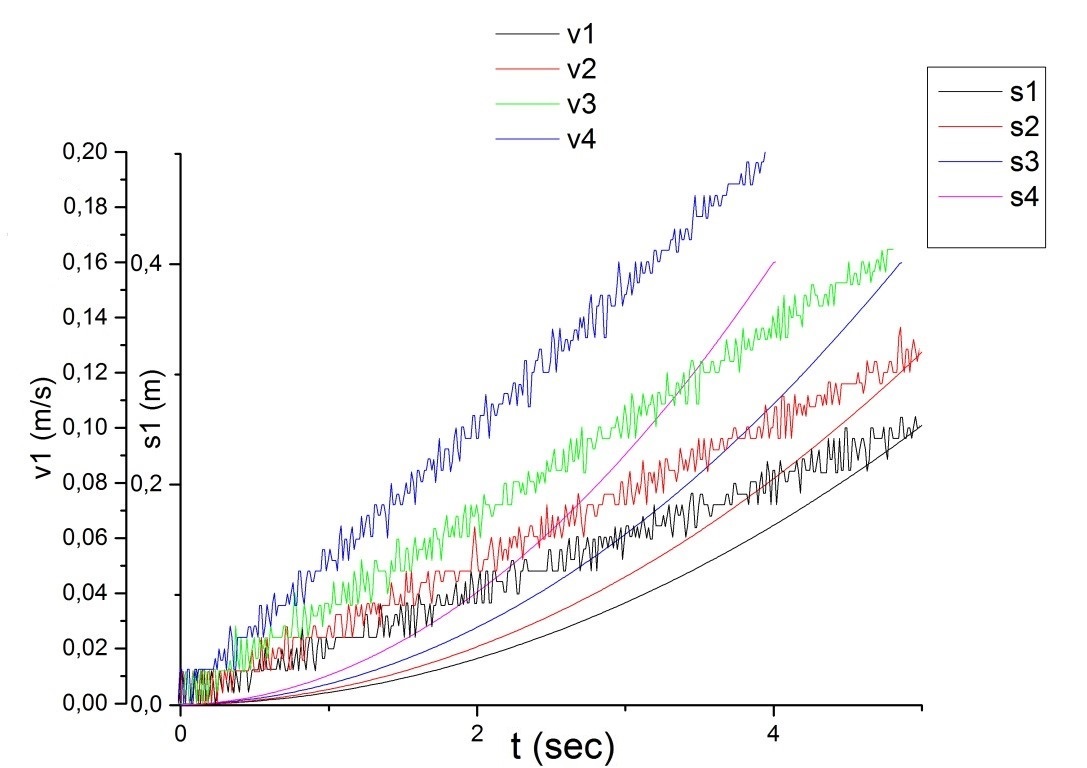
Силу находим по формуле .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| , кол. грузов |  |  |
| 1 | 0.0490 | 9.81 |
| 2 | 0.0992 | 19.62 |
| 3 | 0.1501 | 29.43 |
| 4 | 0.1981 | 39.24 |



Полученное значение коэффициента наклона совпадает с суммарной массой тележки в пределах погрешности. Можно заключить, что ускорение измерено достаточно точно.

***4. Исследование зависимости ускорения тела от его массы при постоянной величине равнодействующей силы.***



Значения машинного ускорения так же, как и в предыдущем номере, найдены аппроксимацией скорости движения тележки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| , кол-во ст. дисков |  |  |
| 1 | 197.04±0.01 | 0.0494 |
| 2 | 296.97±0.01 | 0.0331 |
| 3 | 397.12±0.01 | 0.0248 |
| 4 | 497.19±0.01 | 0.0201 |

Теперь построим график зависимости . Аппроксимируем прямую и найдём коэффициент наклона по методу наименьших квадратов. Сравним его с силой тяжести грузика, действующей на тележку.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| , кол-во ст. дисков |  |  |
| 1 | 20.2 | 197.04 |
| 2 | 30.2 | 296.97 |
| 3 | 40.3 | 397.12 |
| 4 | 49.8 | 497.19 |

******

Теоретическое значение силы тяжести, действующей на тележку:

.

Теоретическое и экспериментальное значения достаточно близки друг к другу.

**Выводы**

* Экспериментально подтверждены первый и второй закон второй закон Ньютона;
* При отсутствии действующих на тело сил оно движется с постоянной скоростью, либо покоится;
* Под действием постоянной силы скорость тела изменяется линейно (ускорение постоянно).