

Югорский государственный университет

Институт нефти и газа

Отчет
по дисциплине «Физика»
по лабораторной работе на тему
«Изучение прямолинейного движения на машине Атвуда»

Выполнил:
Ширяев А.А., группа 24216

Проверил:
Орлов А.В.

г. Ханты-Мансийск

Цель работы

Целью работы: Изучение закона прямолинейного равноускоренного движения, определение ускорения движения тела

Описание установки и методики эксперимента

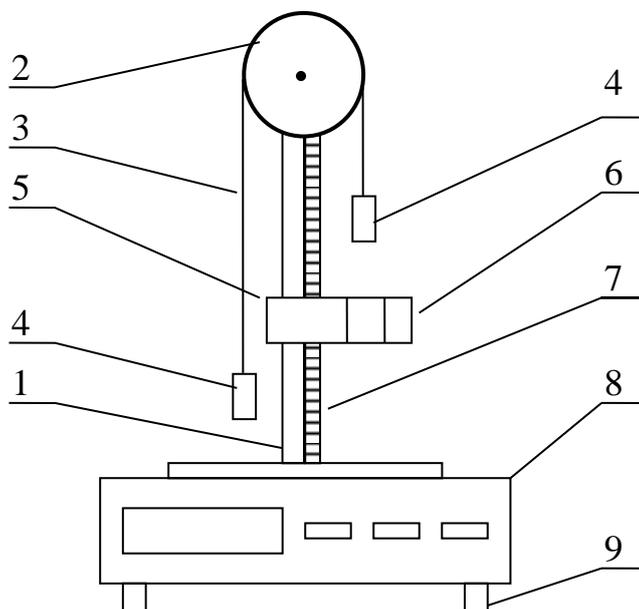
Схема экспериментальной установки на основе машины Атвуда

На вертикальной стойке 1 крепится легкий блок 2, через который перекинута нить 3 с грузами 4 одинаковой массы. В верхней части стойки расположен электромагнит, который может удерживать блок, не давая ему вращаться. На среднем кронштейне 5 закреплен фотодатчик 6. На корпусе среднего кронштейна имеется риска, совпадающая с оптической осью фотодатчика. Средний кронштейн имеет возможность свободного перемещения и фиксации на вертикальной стойке. На вертикальной стойке укреплена миллиметровая линейка 7, по которой определяют начальное и конечное положения грузов. Начальное положение определяют по нижнему срезу груза, а конечное - по риску на корпусе среднего кронштейна.

Миллисекундомер 8 представляет собой прибор с цифровой индикацией времени. Регулировочные опоры 9 используют для регулировки положения экспериментальной установки на лабораторном столе.

Принцип работы машины Атвуда заключается в том, что когда на концах нити висят грузы одинаковой массы, то система находится в положении безразличного равновесия. Если на правый груз положить перегрузок, то система грузов выйдет из состояния равновесия и начнет двигаться.

Машина Атвуда



1 - стойка; 2 - блок; 3 - нить; 4 - грузы; 5 - средний кронштейн; 6 - фотодатчик; 7 - линейка; 8 - миллисекундомер; 9 - опора.

Абсолютная погрешность измерения квадрата времени

$$\sigma(t^2) = 2 \cdot \langle t \rangle \cdot \sigma(t) \quad (2.1)$$

где $\sigma(t)$ – абсолютная погрешность измерения времени движения груза, $\langle t \rangle$ – среднее арифметическое значение измерения времени движения груза, вычисляемое по формуле

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.2)$$

где t_i – значение времени движения груза при i -ом измерении ($i = 1, \dots, n$), – число измерений ($n = 5$)

Стандартная погрешность измерения времени движения груза времени k -й серии измерений

$$D_k(t) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n ((t_i)_k - \langle t \rangle_k)^2} \quad (2.3)$$

где $(t_i)_k$ - значение времени в i -ом измерении k -й серии

$$\sigma_k^{СЛУЧ}(t) = w(\alpha, n) D_k(t) \quad (2.4)$$

где - $w(\alpha, n)$ - коэффициент Стьюдента, $\alpha = 0,9$ - доверительная вероятность, $n = 5$ - число многократных измерений в каждой серии измерений, $w = 2,1$

$$\sigma_k(t) = \sqrt{[\sigma_k^{СЛУЧ}(t)]^2 + [\sigma_k^{СИСТ}(t)]^2} \quad (2.5)$$

где $\sigma_k^{СЛУЧ}(t)$, $\sigma_k^{СИСТ}(t)$, $\sigma_k(t)$ - случайная, систематическая, суммарная погрешность измерения времени k - й серии измерений

Угловой коэффициент экспериментальной прямой, можно найти по формулам (2.6) и (2.7)

$$b = \frac{\Delta \sqrt{S}}{\Delta t} \quad (2.6)$$

где S – путь, пройденный телом за время движения t

$$b = \sqrt{\frac{a}{2}} \quad (2.7)$$

Где a – ускорение тела

Величина ускорения, определяемого из линеаризованного графика

$$a = 2b^2 \quad (2.8)$$

Результаты работ и их анализ

Измеренные значения и результаты их обработки приведены в таблице.

Таблица

Результаты прямых и косвенных измерений

	Серия измерений k =1	Серия измерений k =2	Серия измерений k =3	Серия измерений k =4	Серия измерений k =5
№ измерения в серии i	S1 = 9, см	S1 = 16, см	S1 =25 , см	S1 =36 , см	S1 =39 , см
	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с
1	2.721	3.532	4.735	5.418	5.902
2	2.780	3.449	4.510	5.354	5.663
3	2.727	3.627	4.673	5.532	5.609
4	2.776	3.741	4.622	5.478	5.785
5	2.851	3.779	4.701	5.425	5.676

Таблица

Результаты косвенных измерений

№	S, см	$\sqrt{S}, \text{см}^{1/2}$	$\langle t \rangle, \text{с}$	$\langle t^2 \rangle, \text{с}^2$
1	9	3	2.771	7.680
2	16	4	3.625	13.160
3	25	5	4.648	21.611
4	36	6	5.441	29.612
5	39	6,245	5.727	32.809

Рассчитаем погрешность изменения времени 1-й серии измерений по формуле (2.3)

$$D_1(t) = \sqrt{\frac{1}{5(5-1)} * ((2,721 - 2,771)^2 + (2,780 - 2,771)^2 + (2,727 - 2,771)^2 + (2,776 - 2,771)^2 + (2,851 - 2,771)^2)}$$
$$= 0,0005471$$

Те же самые математические действия проделываем для оставшихся серий измерений

$$D_2(t) = 0,00384005$$

$$D_3(t) = 0,00153615$$

$$D_4(t) = 0,0009002$$

$$D_5(t) = 0,0027305$$

Рассчитаем случайную погрешность изменения времени 1-й серии измерений, используя формулу (2.4)

$$\sigma_1^{случ}(t) = 2,13 * 0,0005471 = 0,001165323$$

Так же рассчитываем другие серии, подставляя соответствующие числовые значения

$$\sigma_2^{случ}(t) = 2,13 * 0,00384005 = 0,0081793065$$

$$\sigma_3^{случ}(t) = 2,13 * 0,00153615 = 0,0032719995$$

$$\sigma_4^{случ}(t) = 2,13 * 0,0009002 = 0,001917426$$

$$\sigma_5^{случ}(t) = 2,13 * 0,0027305 = 0,005815965$$

Рассчитаем суммарную погрешность измерения времени 1 - й серии, пользуясь формулой (2.5)

$$\sigma_1(t) = \sqrt{(0,0011653230)^2 + (0,001)^2} = 0,0012$$

То же самое проделываем с другими сериями

$$\sigma_2(t) = \sqrt{(0,0081793065)^2 + (0,001)^2} = 0,0082$$

$$\sigma_3(t) = \sqrt{(0,0032719995)^2 + (0,001)^2} = 0,0033$$

$$\sigma_4(t) = \sqrt{(0,001917426)^2 + (0,001)^2} = 0,0019$$

$$\sigma_5(t) = \sqrt{(0,005815965)^2 + (0,001)^2} = 0,0058$$

Рассчитаем погрешность косвенного измерения квадрата времени, воспользовавшись формулой (2.1)

$$\sigma_1(t^2) = 2 * 2,771 * 0,0012 = 0,007$$

$$\sigma_2(t^2) = 2 * 3,625 * 0,0082 = 0,07$$

$$\sigma_3(t^2) = 2 * 4,648 * 0,0033 = 0,03$$

$$\sigma_4(t^2) = 2 * 5,441 * 0,0019 = 0,02$$

$$\sigma_5(t^2) = 2 * 5,727 * 0,0058 = 0,7$$

Таблица

Значения погрешностей прямых и косвенных измерений

№ изм.	$\sigma^{\text{СИСТ}}(t), \text{с}$	$\sigma^{\text{СЛУЧ}}(t), \text{с}$	$\sigma(t), \text{с}$	$\sigma(t^2), \text{с}^2$
1	0,001	0,001165323	0,0012	0,007
2	0,001	0,0081793065	0,0082	0,07
3	0,001	0,0032719995	0,0033	0,03
4	0,001	0,001917426	0,0019	0,02
5	0,001	0,005815965	0,0058	0,7

Воспользуемся формулой (2.6) и найдем угловой коэффициент прямой

$$b = \frac{6,245 - 3}{5,727 - 2,771} = 1,09777$$

С помощью формулы (2.8) найдем ускорение груза a

$$a = 2 * 1,09777^2 = 2,4102 \text{ см/с}^2$$

Таблица

Результаты косвенных измерений

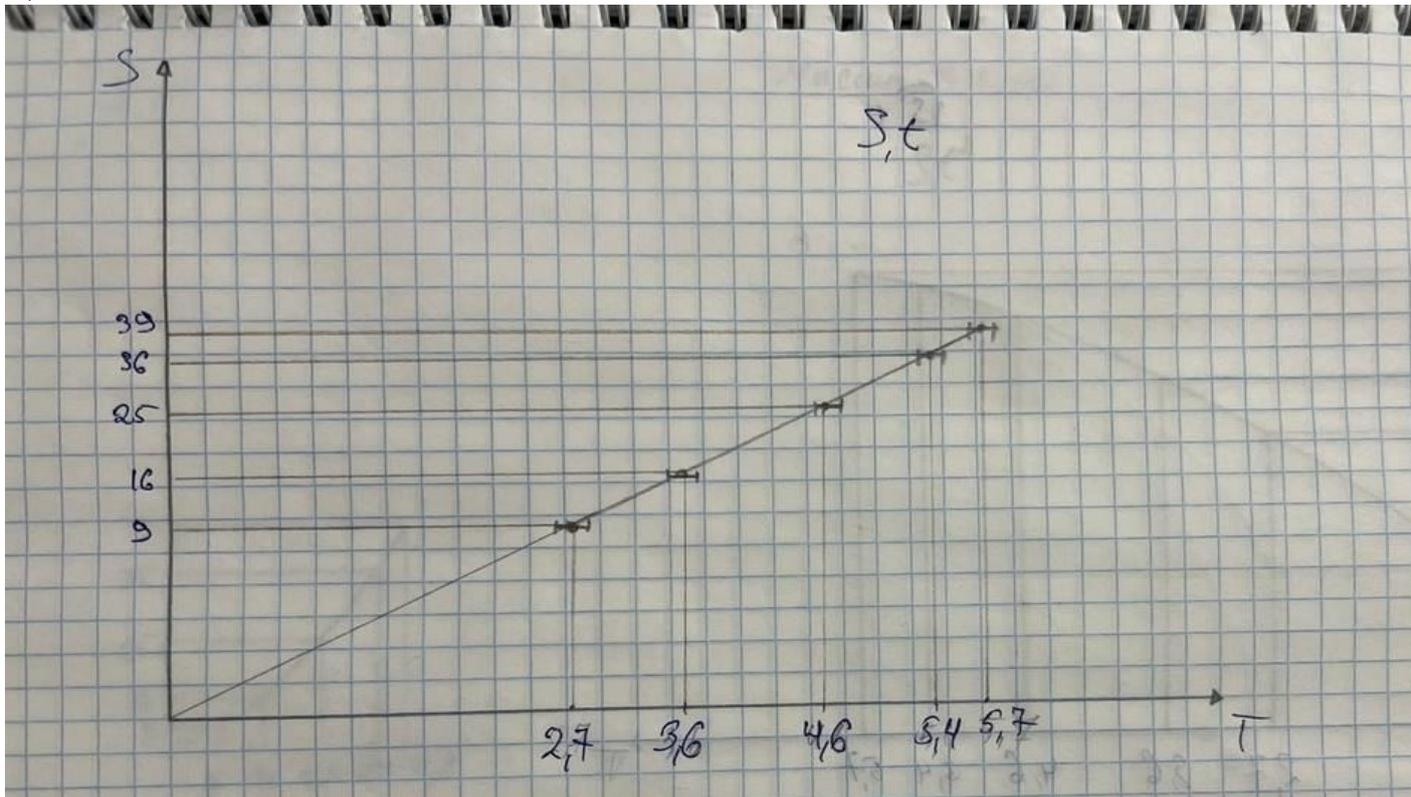
Угловой коэффициент прямой	b=1,09777
Ускорение груза	a=2,4102

Вывод

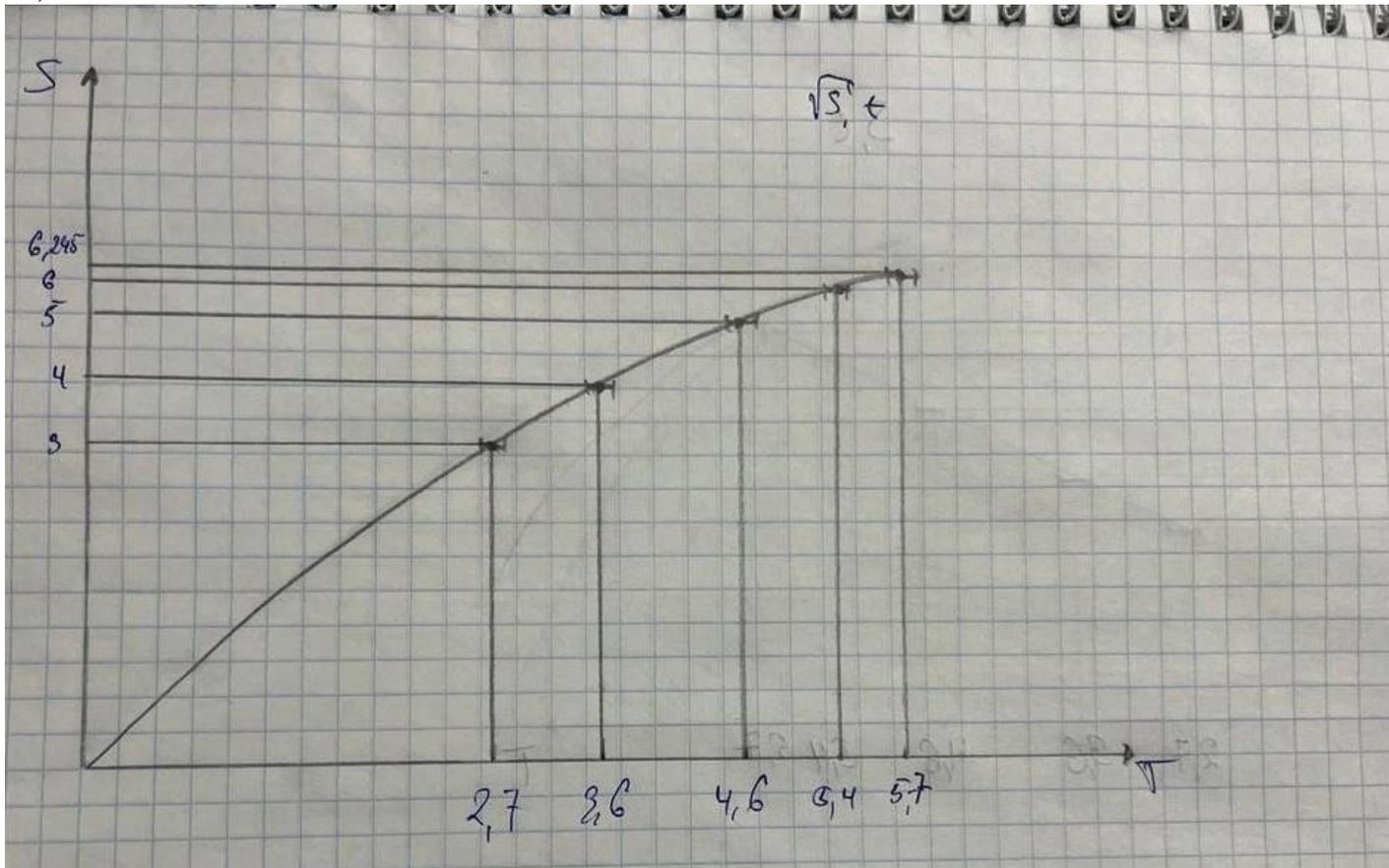
В результате данной работы мы познакомились с принципом действия машины Атвуда, экспериментально нашли величину ускорения тела при прямолинейном равноускоренном движении, в пределах погрешностей построили линеаризованный график зависимости $\sqrt{S} = f(t)$, с помощью которого убедились в справедливости закона $S = \frac{at^2}{2}$ для прямолинейного равноускоренного движения тела.

Графики

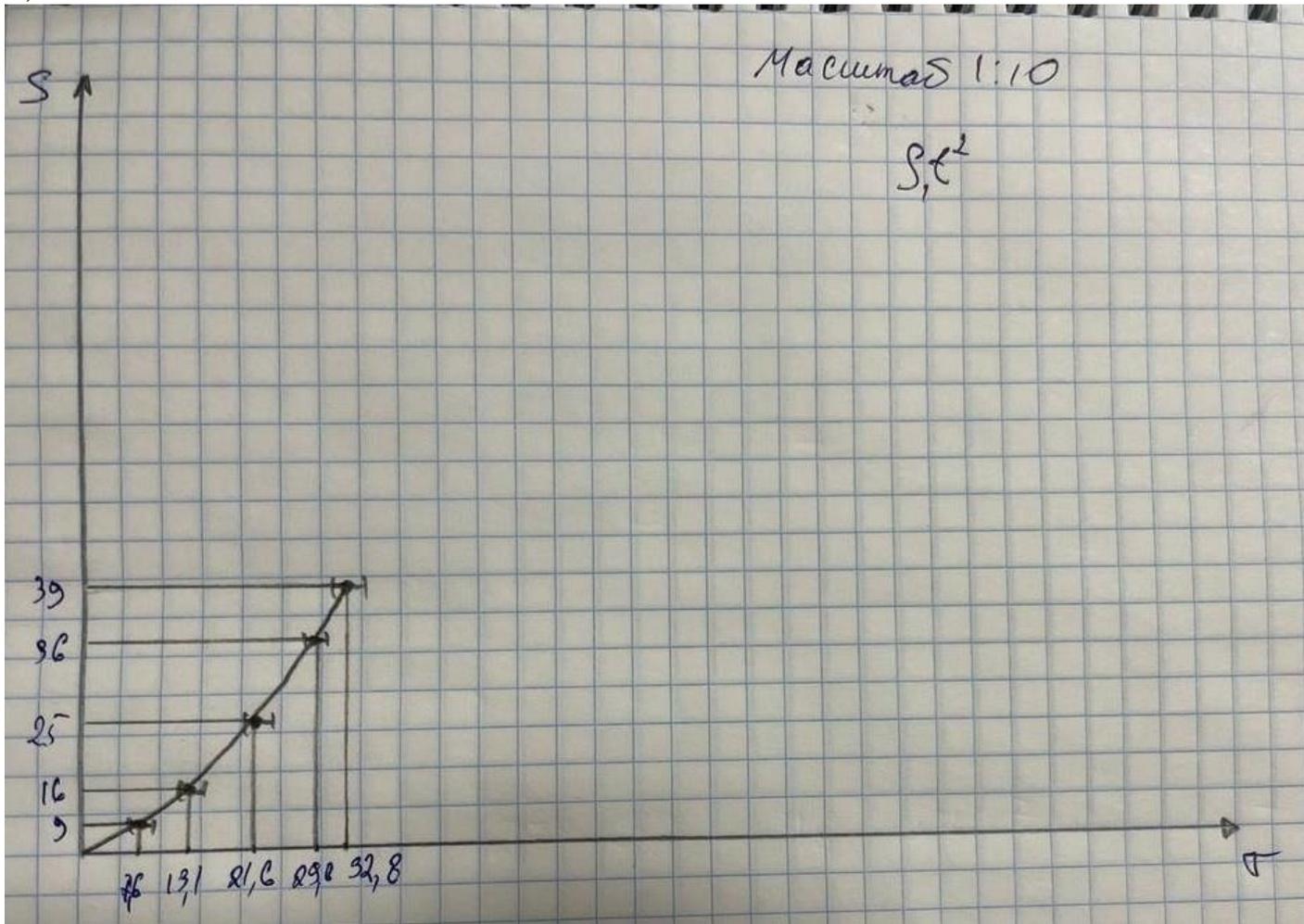
S,t



/S,t



S,t2



Контрольные вопросы

Какие силы действуют на груз с перегрузом во время движения?

На груз с перегрузом во время движения действует сила тяжести и сила натяжения нити.

Запишите уравнение движения для каждого из грузов.

Уравнение движения грузов имеют вид:

$$(M + m)g - T_1 = (M + m)a_1$$

$$Mg - T_2 = Ma_2$$

В силу нерастяжимости нити $a_2 = -a_1$; при невесомом блоке $T_2 = T_1$.

$$(M + m)g - T_1 = (M + m)a_1$$

$$Mg - T_1 = -Ma_1$$

Укажите возможные причины, обуславливающие несовпадение теоретических выводов с результатами измерений.

Погрешности измерений физических величин обуславливает несовпадение теоретических выводов с результатами измерений.

Каким образом из линеаризованного графика можно оценить систематическую погрешность измерения времени?

Систематическая погрешность приводит к тому, что прямая не будет проходить через начало координат. Величина отклонения прямой от начала координат будет соответствовать систематической погрешности.

Укажите физические допущения, используемые при теоретическом анализе движения грузов в машине Атвуда.

Физические допущения, используемые при теоретическом анализе движения грузов в машине Атвуда: блок и нить невесомы, нить нерастяжима, сила трения мала.