

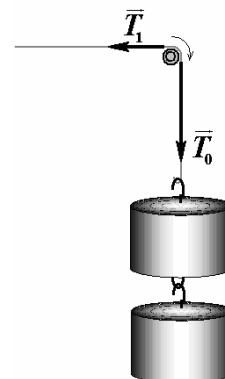
Трение и равновесие. Приборы и оборудование

Условие

Задание 2. Трение и равновесие.

Приборы и оборудование: Нитки, кнопки канцелярские, набор грузов 6×100 г, линейка 40 см.

В данной работе вам предстоит исследовать условия равновесия тел и силу трения между нитью и пластмассовой канцелярской кнопкой. Воткните две кнопки в торец крышки стола. К одной из них привяжите конец нити, перебросьте нить через вторую кнопку. Грузы необходимо прикреплять к концу нити и к середине между кнопками. Вам необходимо измерять высоты подъёмов грузов, прикрепленных к концу нити и к ее середине.



Обозначим высоту подъема груза m_0 через x , расстояние от точки крепления грузов до стола h , расстояние между кнопками $2l$.

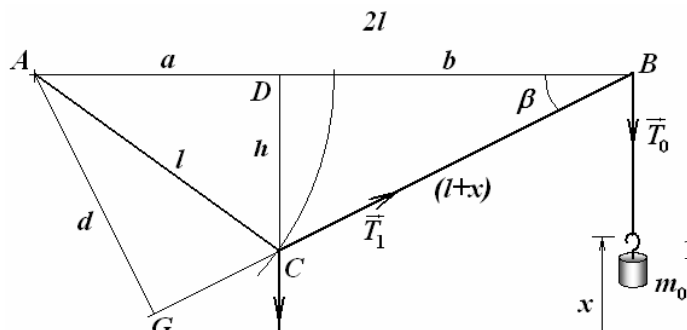
Когда нить переброшена через стержень, натяжения нити различны с различных сторон от стержня из-за наличия сил трения между нитью и поверхностью стержня. Можно показать, что отношение сил натяжения нитей при постоянном угле закрутки остается постоянным:

$$T_1 = \beta T_0, \quad (1)$$

где β - коэффициент, зависящий от коэффициента трения и угла закрутки. Основной целью вашей работы является проверка данной формулы и определение коэффициента β .

Теоретическое введение.

Для определения силы натяжения нити T_1 необходимо рассмотреть геометрические соотношения между сторонами треугольника ABC и измеряемыми парамет-



рами h (расстояние на которой опустился центральный груз) и x (высота подъема крайнего груза). Выразим из теоремы Пифагора длину отрезка $|AD| = a$

$$a = \sqrt{l^2 - h^2}. \quad (1)$$

Теперь из подобия треугольников BCD и AGB следует

$$\frac{h}{l+x} = \frac{d}{2l}, \quad \Rightarrow \quad d = 2l \frac{h}{l+x} \quad (2)$$

Условие равновесия груза m_1 имеет вид

$$m_1 g a = T_1 d, \quad (3)$$

из которого следует формула для расчета силы T_1 :

$$T_1 = m_1 g \frac{a}{d} \quad (4)$$

Измерения

Все измерения проводите в двух случаях: при опускании грузов m_0 и при их подъеме: - сначала поднимите груз m_0 выше положения равновесия, затем, слегка придерживая его рукой, дайте ему медленно опуститься до положения равновесия; - опустите груз m_0 ниже положения равновесия, а затем, придерживая его рукой, дайте ему подняться до положения равновесия.

Результаты измерений и последующих расчетов удобно представить в таблице

** m_0 , г**	** m_1 , г**	подъем					опускание				
		x , мм	h , мм	a , мм	d , мм	T_1 , Н	x , мм	h , мм	a , мм	d , мм	T_1 , Н

1.1 Прикрепите к середине нити один груз. Измерьте значения опускания грузов x и высоты подъема центрального груза h от числа грузов, подвешенных к концу нити. Измерения проведите при опускании и при подъеме грузов.

1.2 Постройте графики полученных зависимостей $x(m_0)$ и $h(m_0)$ при подъеме и при опускании. Дайте им качественное объяснение.

1.3 Постройте графики зависимостей силы натяжения T_1 от силы натяжения T_0 при подъеме и при опускании грузов. Подтверждают ли полученные результаты формулу (1)?

1.4 Проведите аналогичные измерения для всевозможных отношений масс m_1 и m_0 (при этом всегда должно выполняться условие $m_0 \geq m_1$). Постройте объединенные графики зависимостей силы натяжения T_1 от силы натяжения T_0 при подъеме и при опускании грузов. Используя полученные экспериментальные зависимости, определите значение коэффициента β в формуле (1). Сходятся ли полученные значения этого коэффициента, рассчитанные по двум зависимостям (при подъеме и опускании)?

1.5 Представьте все полученные данные в виде одной, объединенной зависимости, укажите, как это можно сделать. Определите значение коэффициента β по этой объединенной зависимости. Оцените погрешность полученного результата.

Решение

Задание 2. Трение и равновесие.

1.1 Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений и расчетов.

** m_0 , г**	** m_1 , г**	Подъем					опускание				
		x , мм	h , мм	a , мм	d , мм	T_1 , Н	x , мм	h , мм	a , мм	d , мм	T_1 , Н
1	1	50	125	305,4	217,1	1,41	167	230	236,6	305,4	0,77
2	1	19	70	322,5	132,4	2,44	45	110	311,1	193,6	1,61
3	1	10	45	326,9	87,4	3,74	20	65	323,5	122,6	2,64
4	1	5	35	328,1	69,0	4,76	10	50	326,2	97,1	3,36
2	2	47	127	304,6	222,3	2,74	160	235	231,7	316,5	1,46
3	2	20	85	318,9	160,3	3,98	70	150	293,9	247,5	2,38
4	2	12	70	322,5	135,1	4,77	35	105	312,8	189,9	3,30

1.2 Графики зависимости $x(m_0)$ и $h(m_0)$ показаны на рис. 1

Рис. 1

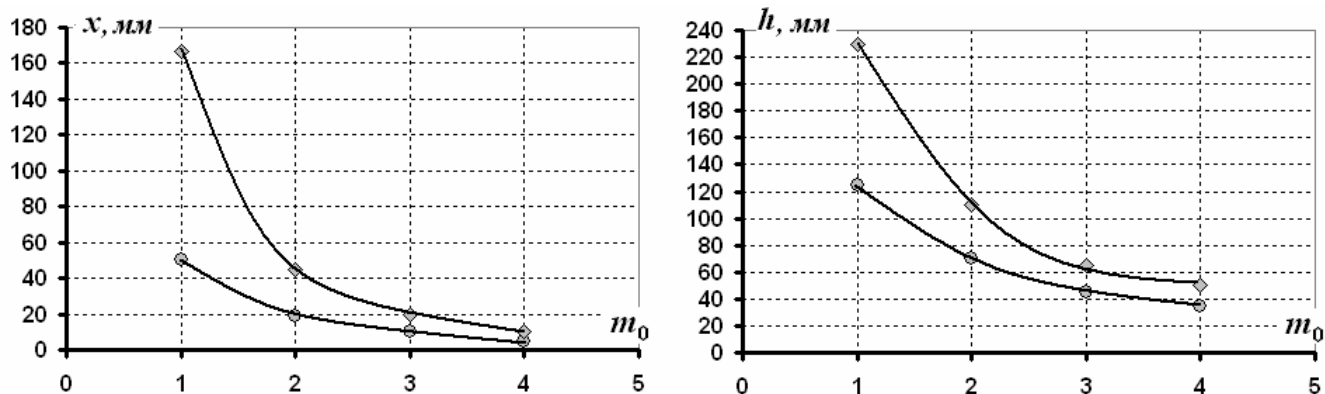


Рис. 1

Эти зависимости не линейны, потому что изменяется не только масса груза, но и плечо силы натяжения нити T_1 .

1.3 Аналогичные зависимости регистрируются при других значениях масс подвешенных грузов.

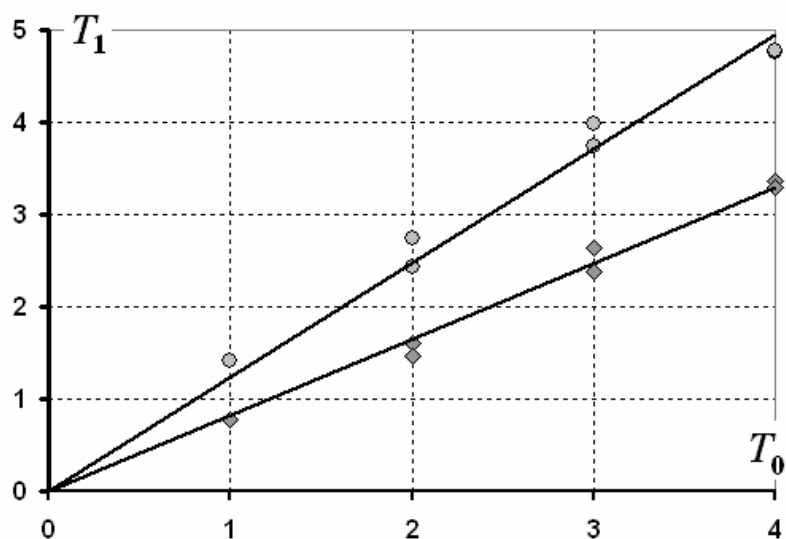


Рис. 2

Графики зависимости силы натяжения T_1 от натяжения T_0 показаны на рис. 2. Данные зависимости практически линейны, что подтверждает высказанное предположение о том, что трение уменьшает силу натяжения нити в одно и тоже число раз. Параметр β определяется как коэффициент наклона при подъеме и величина обратная коэффициенту наклона при опускании груза. Значение коэффициента β , рассчитанное по зависимости при подъеме равно $\beta \approx 0,82$; по зависимости при опускании $\beta = \frac{1}{1,24} \approx 0,81$. Таким образом, данные согласуются друг с другом.

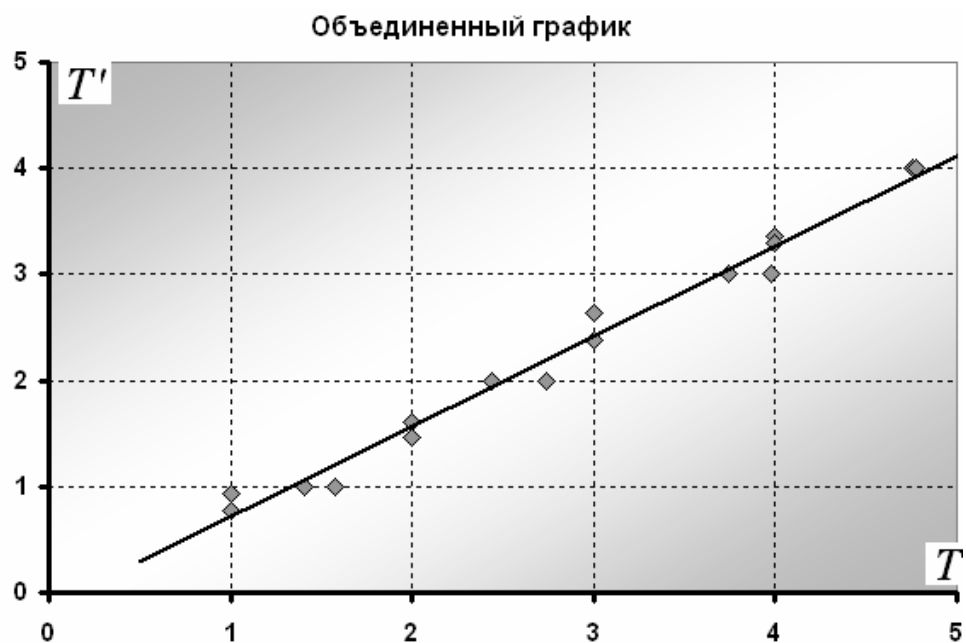


Рис. 3

Рис. 2 1.5 Для объединения всех данных необходимо построить зависимость «меньшей силы» от «большой» (т.е. обратить зависимость, полученные при опускании). В этом случае график

будет отражать именно уменьшение силы натяжения нити из-за ее трения о кнопку. Этот график показан на рис. 3. Значение коэффициента β , рассчитанное по этой зависимости равно

$$\beta \approx 0,85 \pm 0,06.$$

Рис. 3