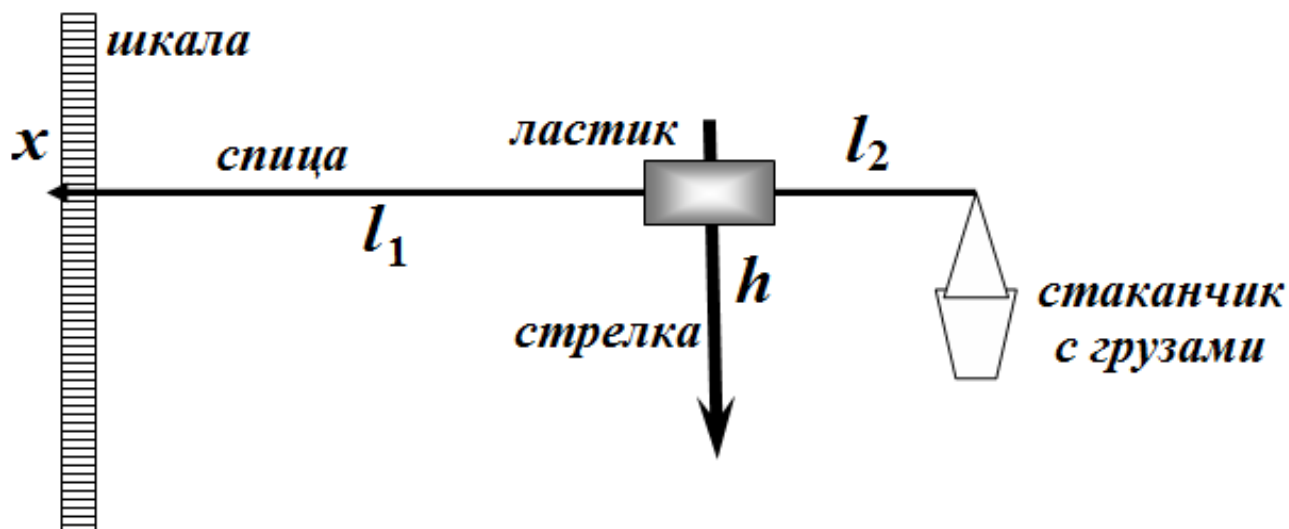


Условие

Задание 1. Сконструировать и изучить рычажные весы!

Оборудование: Самодельные рычажные весы на штативе, линейка, спички, миллиметровая бумага, кусок пластилина.



Весы представляют собой неравноплечее коромысло (спица, проткнутая сквозь ластик), на один конец которой подвешен стаканчик для грузов. Расстояния l_1 и l_2 измерьте, укажите, но в ходе работы не изменяйте! Перпендикулярно спице ластик проткнут иголкой, служащей осью вращения (на рисунке не показана, так как она перпендикулярна рисунку). Эта ось располагается в подвесе из алюминиевой проволоки (при необходимости этот подвес можно немного отрегулировать). Также сквозь ластик проткнута стрелка (вспомните вчерашний теоретический тур!), в качестве которой используется палочка для шашлыка. Расстояние от оси вращения до центра стрелки обозначим h .

С помощью кусочка пластилина, закрепленного в точке подвеса стаканчика, уравновесьте весы так, чтобы спица располагалась примерно горизонтально, а стрелка была вертикальной. Шкала (линейка) закреплена на штативе. Следите, чтобы конец спицы мог свободно двигаться вдоль шкалы, не задевая ее.

Часть 1.

1.1. Исследуйте зависимость отклонения стрелки x (по шкале в мм) от массы дополнительных грузов, помещенных в стаканчик. В качестве грузов используйте половинки спичек. Измерения проведите при двух положениях стрелки (двух значениях h - не забудьте их указать!). Постройте графики полученных зависимостей.

1.2. Дайте теоретическое объяснение полученных зависимостей. Определите коэффициенты наклона графиков, объясните полученные значения.

Часть 2.

В этой части вам необходимо определить поверхностную плотность бумаги.

Вырежьте полоску миллиметровой бумаги площадью в 5 см^2 . Разместите эту полоску на спице, слева от оси.

2.1 Исследуйте зависимость показаний весов (отклонения стрелки x) от расстояния от оси до положения бумажки на спице y . Постройте график полученной зависимости.

2.2 Используя полученный график (и ранее проведенные измерения), определите массу 1 м^2 миллиметровой бумаги.

Масса одной целой спички (без головки) 20 мг.

Решение

Задание 9-1. Сконструируй и изучи рычажные весы!

Часть 1.

Измерения проведены при следующих значениях длин плеч $l_1 = 188$ мм, $l_2 = 90$ мм

Результаты измерений зависимости отклонения стрелки x при двух значениях расстояния h от центра масс стрелки до оси вращения (также указаны) от числа спичек в стакане n приведены в таблице 1 и на графиках.

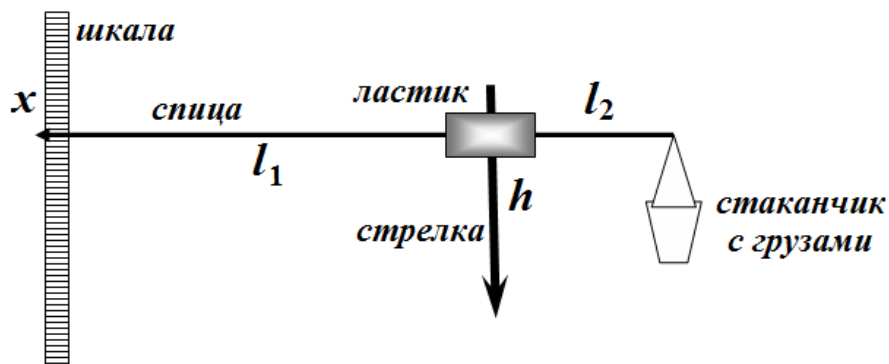
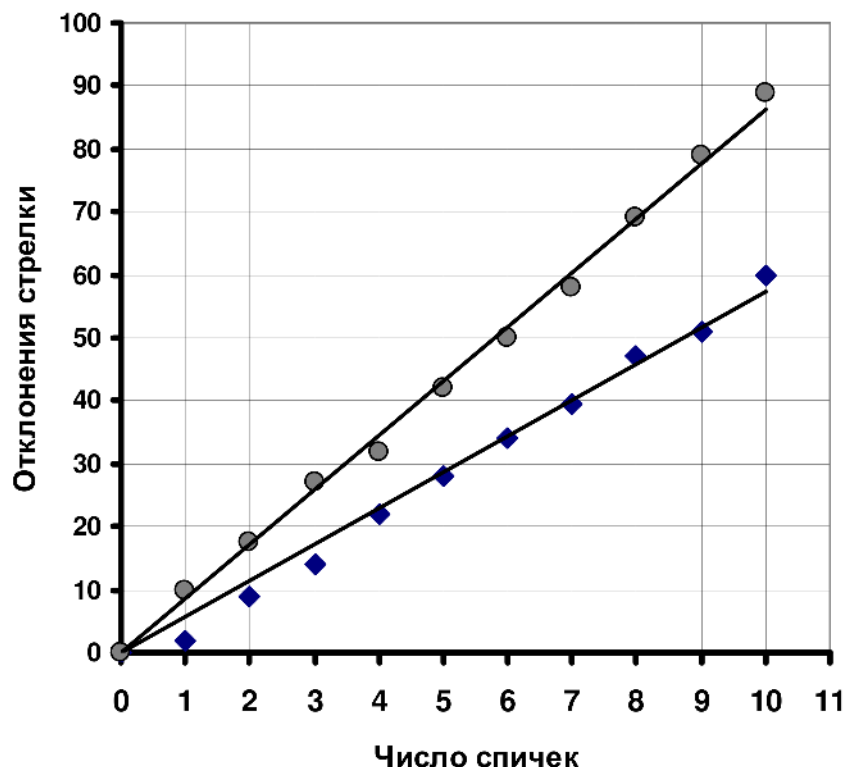


Таблица 1.

n	x , мм	
	$h = 75$ мм	$h = 25$ мм
0	0	0
1	2	10
2	9	17,5
3	14	27
4	22	32
5	28	42
6	34	50
7	39,5	58
8	47	69
9	51	79
10	60	89

Градуировочные графики



Полученные зависимости являются линейными. Коэффициенты наклонов этих графиков (найденные графически) равны

Для $h = 75$ мм $k = 5,7 \frac{\text{мм}}{\text{спичка}}$.

Для $h = 25$ мм $k = 8,6 \frac{\text{мм}}{\text{спичка}}$.

Понятно, что при меньшем значении h чувствительность весов выше¹. В этом случае момент силы тяжести стрелки меньше, поэтому равновесие достигается при большем угле отклонения.

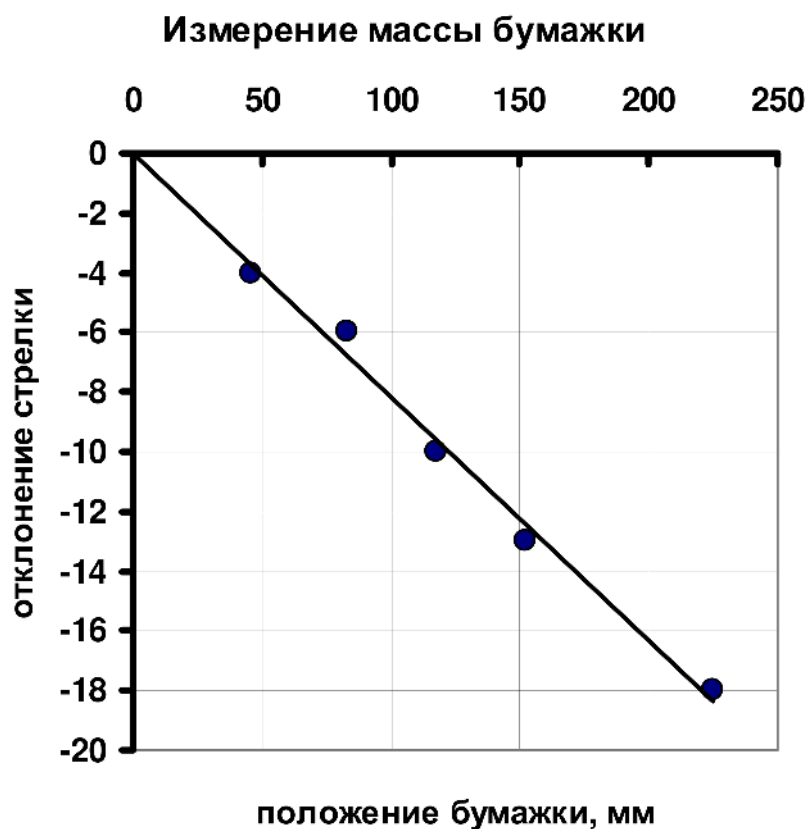
¹ 1

Часть 2. Измерения проведены при $h = 25$ мм, когда чувствительность весов выше. Результаты измерений зависимости отклонения стрелки x от положения бумажки y приведены в таблице 2.

Таблица 2.

y , мм	x , мм
225	-18
152	-13
118	-10
83	-6
46	-4

Коэффициент наклона этого графика равен $a = -0,082$.



Для определения массы бумажки следует понимать, что отклонение стрелки пропорционально моменту силы, действующей на рычаг весов. С этой точки зрения функцию, описывающую градуировочный график, можно записать в виде

$$x = \frac{k}{l_2} n \cdot l_2, \quad (1)$$

А график, полученный для измерения массы спички,

$$x = ay = \frac{k}{l_2} m^* y \quad (2)$$

Где m^* - масса бумажки, измеренная в массах одной спички. Из этой формулы следует, что

$$m^* = \frac{al_2}{k} = \frac{0,082}{8,6} \cdot 90 \approx 0,86$$

(массы спички) Отсюда следует, что масса 1 м² бумаги примерно равна 35г.

¹ Подробное рассмотрение этого механизма рассмотрено в решении задач теоретического тура.