

Нижегородский государственный университет имени И.Н. Лобачевского
Механико-математический факультет

Лабораторная работа по физике № 1
на тему: Ознакомление со статистическими закономерностями на
механических моделях

Выполнил:
студент
Николаев Сергей

Изучение закона нормального распределения случайных ошибок.

Изучение закона нормального распределения случайных ошибок проводится на механической модели, воспроизводящей картину случайных отклонений от среднего положения частиц в результате суммирования большого числа равновероятных элементарных ошибок (рис. 1). Сыпучий материал из воронки 1 просыпается через ряд сеток 2, отклоняющих частицы от вертикального направления. Рассеянное зерно (горох), собираясь в ящике с узкими ячейками 3, даёт представление о характере распределения случайных отклонений от вертикали. Все отдельные детали модели крепятся на общем штативе. Из воронки падает узкий поток частиц.

Сетки представляют собой стальные струны, натянутые на рамки параллельно щели воронки на расстоянии 7 мм друг от друга. Сетки располагаются в держателе одна под другой со смещением на половину периода так, чтобы струна каждой сетки приходилась под серединой промежутка предыдущей. При соударении частиц со струной происходит элементарное отклонение с равной вероятностью вправо и влево. Таким образом, воспроизводится закон нормального распределения случайных отклонений от вертикали в плоскости, перпендикулярной щели воронки и струнам (одновременное одномерное распределение). Плоский ящик 3 имеет прозрачные стенки из плексигласа, на которых нанесены горизонтальные риски, позволяющие определить высоту уровня зерна в каждой ячейке.

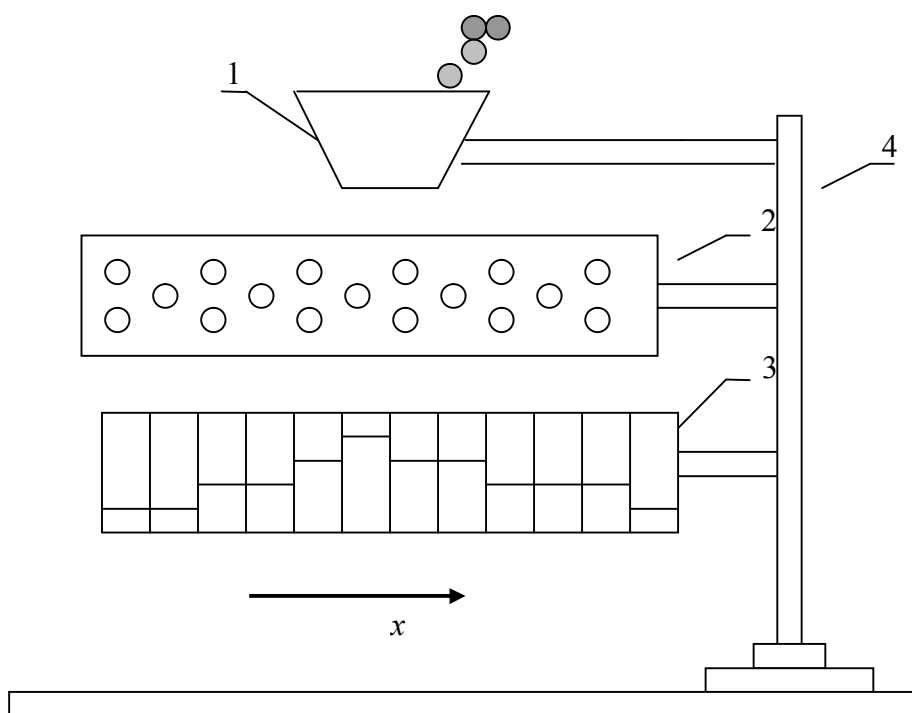


Рис. 1.

Порядок выполнения работы

1. Количество высыпаемых зёрен мало (порядка 20-30 штук), то есть мало число измерений. Распределение зёрен по ячейкам измеряются по числу зёрен в каждой ячейке. Результаты измерений заносятся в таблицу №1.

2. Через воронку сыплется большое количество зёрен. В результате получается нормальное распределение зерен по ячейкам. Измеряется уровень зерна в каждой ячейке в условных единицах. Результаты измерений заносятся в таблицу №2.

3. Построить нормированные графики распределения зёрен по ячейкам

$$\frac{\bar{y}_i}{\sum \bar{y}_i} = f(x_i)$$

для малого и большого количества зёрен (см. Рис.1 . и Рис.2.).

4. Найти меру точности h для случая большим числом зёрен по формуле

$$h = \sqrt{\frac{\sum \bar{y}_i}{2 \sum \bar{y}_i x_i^2}}$$

где x_i расстояние центров ячеек от середины кюветы.

5. Произвести расчёт для построения теоретической зависимости нормального распределения Гаусса

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}$$

для полученного значения меры точности h . Расчет представить в таблице №3

Построить график теоретической зависимости

$$\frac{\bar{y}_i}{\sum \bar{y}_i} = f(x_i)$$

6. Подсчитать среднюю арифметическую ошибку x и среднюю квадратическую ошибку σ . Все графики построить на одной координатной сетке.

Таблица 1. Таблица распределения малого числа зёрен по ячейкам.

x_i	y_i			\bar{y}_i	$\frac{\bar{y}_i}{\sum \bar{y}_i} = f(x_i)$
	1	2	3		
-5	1	1	0	2/3	1/45
-4	2	1	2	5/3	1/18
-3	3	3	2	8/3	4/45
-2	0	4	4	8/3	4/45
-1	4	4	2	10/3	1/9
0	4	4	4	5	1/6
1	7	3	7	14/3	7/45
2	2	4	4	10/3	5/45
3	2	3	3	8/3	4/45
4	5	2	1	8/3	4/45
5	0	1	1	2/3	1/45

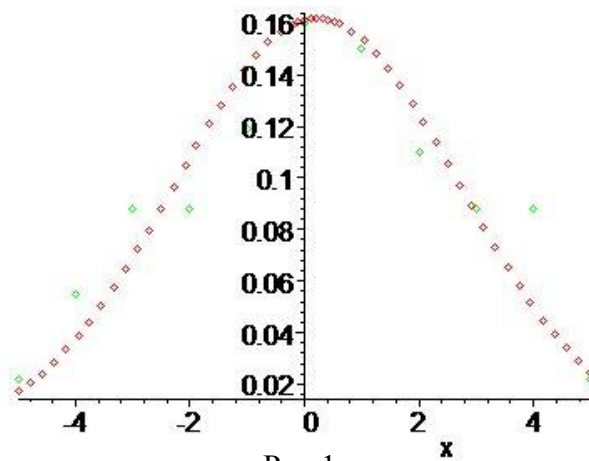


Рис. 1.

Таблица 2. Таблица распределения большого числа зёрен по ячейкам.

x_i	x_i^2	y_i					\bar{y}_i	$\frac{\bar{y}_i}{\Sigma \bar{y}_i} = f(x_i)$	$\bar{y}_i \cdot x_i^2$
		1	2	3	4	5			
-5	25	2	3	2	3	3	13/5	0,059	325/5=65
-4	16	3	3	4	4	3	17/5	0,077	272/5
-3	9	4	5	3	4	4	4	0,091	36
-2	4	6	5	4	6	6	22/5	0,100	88/5
-1	1	5	5	3	6	5	23/5	0,105	23/5
0	0	5	6	6	6	6	29/5	0,132	0
1	1	5	5	5	5	5	5	0,114	5
2	4	6	4	5	5	6	26/5	0,118	104/5
3	9	4	4	2	4	4	18/5	0,082	162/5
4	16	4	2	1	3	2	12/5	0,054	192/3
5	25	3	4	2	3	2	14/5	0,063	350/5=70
0	110	47	46	37	49	46	214/3	0,9995	

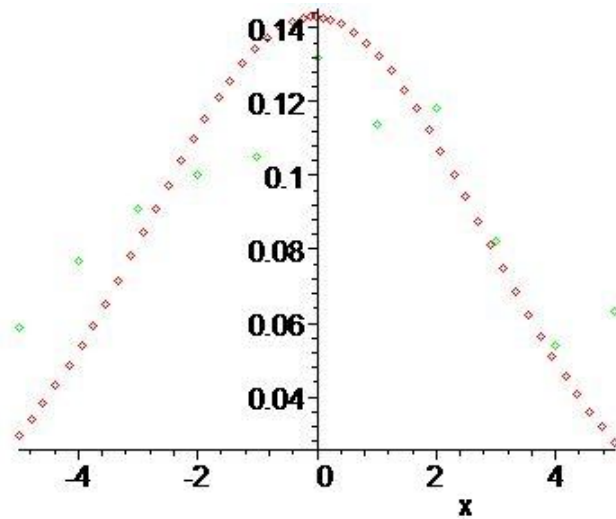


Рис.1.

Найдем меру точности для большого числа зерён по формуле

$$h = \sqrt{\frac{\sum \bar{y}_i}{2 \sum \bar{y}_i \cdot x_i^2}} = \sqrt{\frac{71.333}{2 \cdot 452.6}} = \sqrt{0.0788} = 0.2807$$

x_i	x_i^2	$h^2 x_i^2$	$e^{-h^2 x_i^2}$	$y_i = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_i^2}$
-5	25	1,9700	7,1713	0,3188
-4	16	1,2608	3,5284	0,1568
-3	9	0,7092	2,0324	0,0903
-2	4	0,3152	1,3705	0,0609
-1	1	0,0788	1,0819	0,0481
0	0	0	1	0,0444
1	1	0,0788	1,0819	0,0481
2	4	0,3152	1,3705	0,0609
3	9	0,7092	2,0324	0,0903
4	16	1,2608	3,5284	0,1568
5	25	1,9700	7,1713	0,3188

Таким образом, мы изучили закон нормального распределения случайных ошибок на механической модели, воспроизводящей картину случайных явлений.