

ОТЧЕТ

---

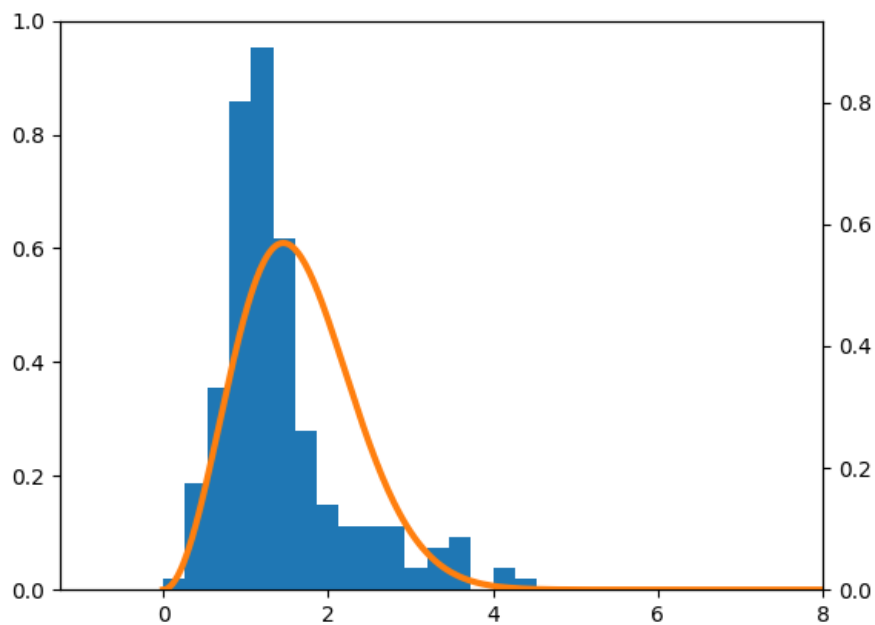
## ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

---

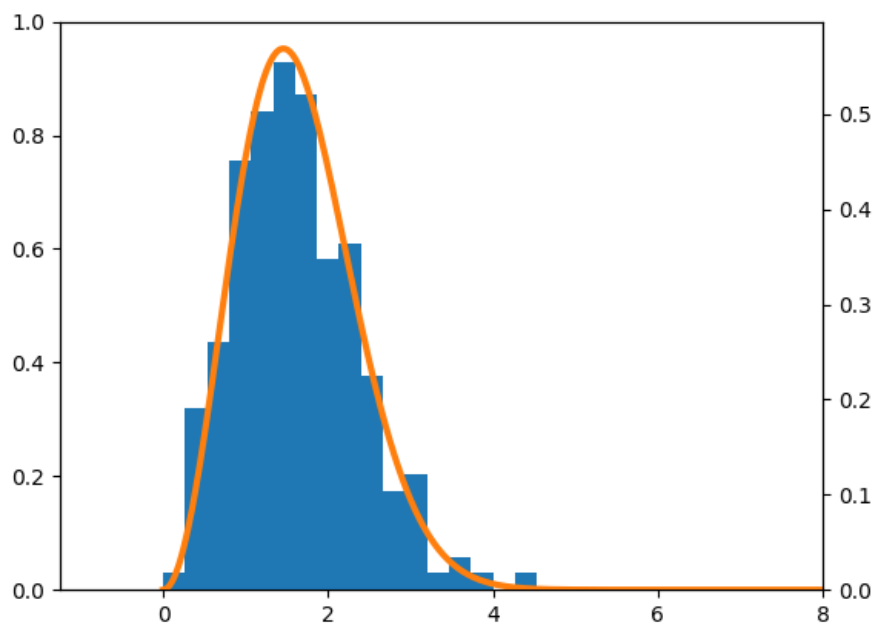
Маллаев Руслан, Б02-005  
ЛФИ, 2022

## Часть I

# Установление распределения Максвелла



*40-ой шаг*



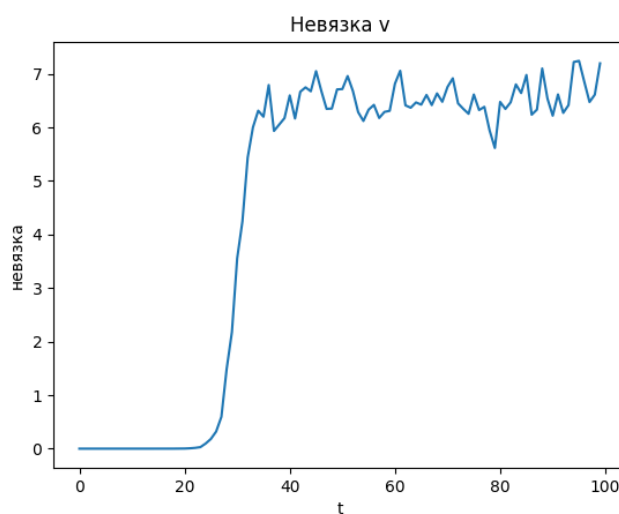
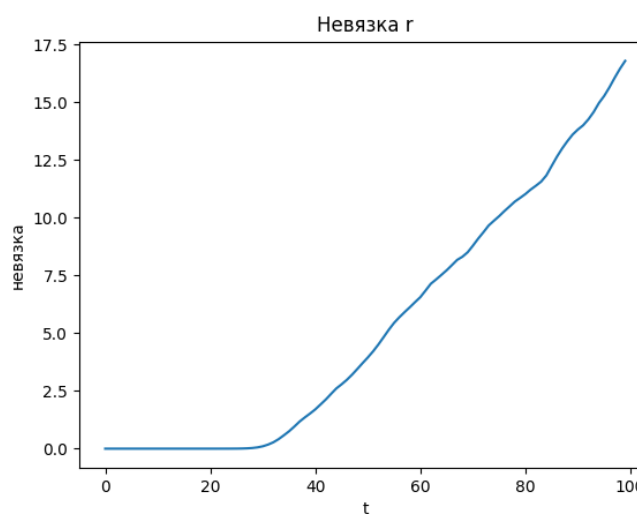
*660-ой шаг*

В модели 216 частиц с  $dt = 0.001$  с изначально случайно распределенными скоростями. Распределение начинает устанавливаться уже на  $\sim 300$  шаге, но окончательно вписывается в теоретически построенное распределение на  $\sim 650$  шаге.

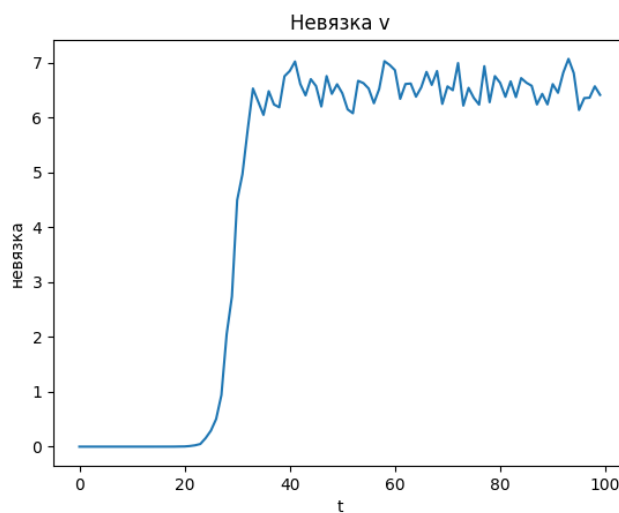
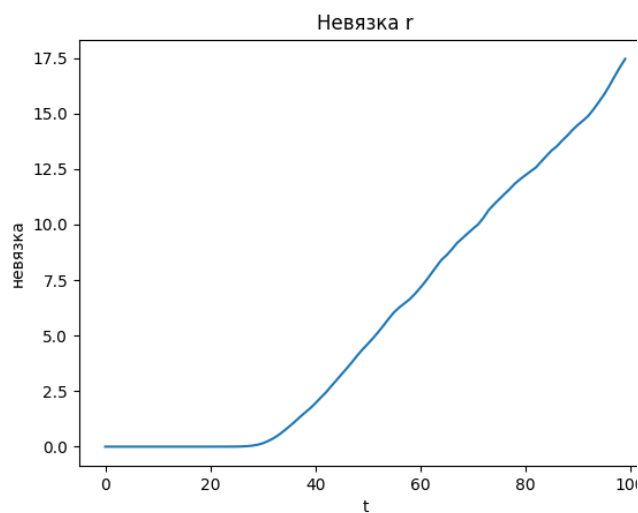
Теоретическая кривая соответствует распределению Максвелла по модулю скорости соответствующему установившейся температуре  $T \approx 1$ , но с подобранным масштабирующим коэффициентом (по вертикали).

## Часть II

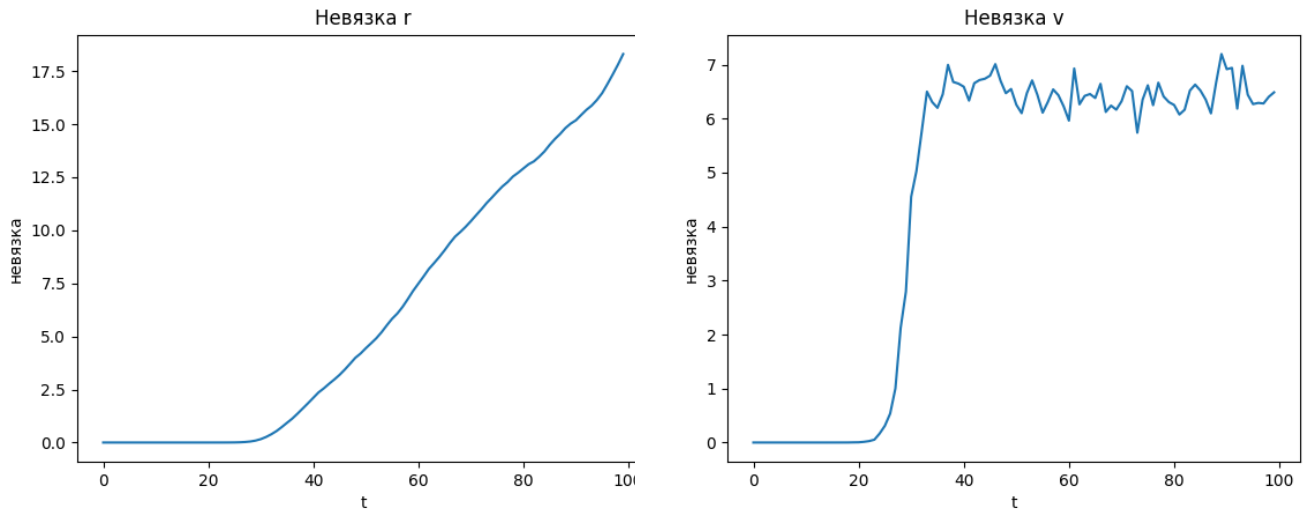
# Время динамической памяти



*Невязки при ratio = 2*



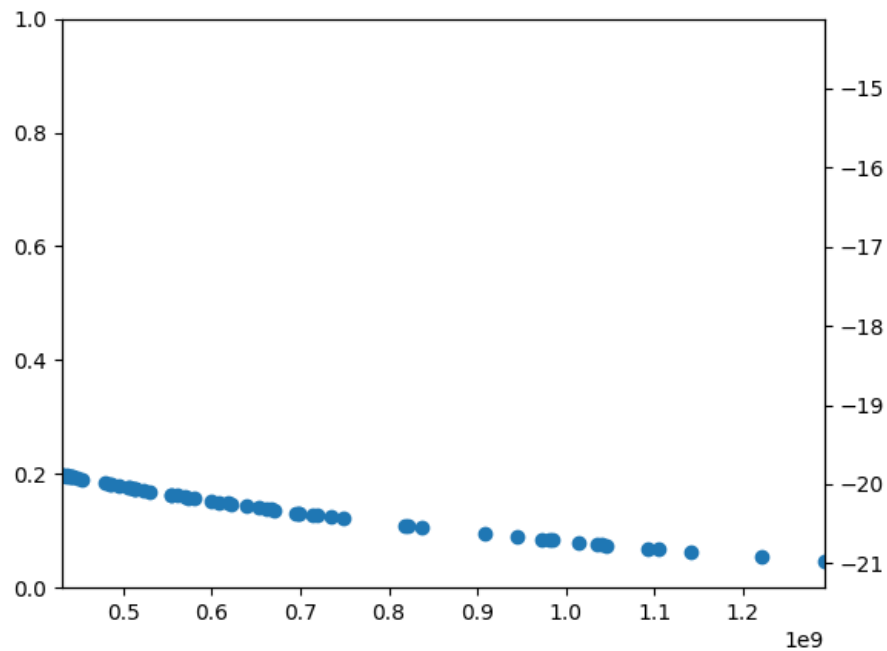
*Невязки при ratio = 5*



*Невязки при ratio = 10*

Система с 216 частицами и  $dt_0 = 0.001$  были инициализированы при помощи кода с семинара. При трех параметрах ratio = 2, 5, 10 было оценено время выхода невязки v на плато: 35, 34 и 33 временных интервала соответственно. Так как динамическое время памяти является пределом "значений выхода невязки v на плато можно сделать вывод, что время динамической памяти системы  $\approx 30$  временным интервалам  $t_{dm} = 2.9 \pm 0.5$ .

Также можем убедиться, что это правда распределение Максвелла, линеаризовав график  $N(v)$  и построив зависимость  $\ln(\frac{N}{v^2})(v^2)$ :

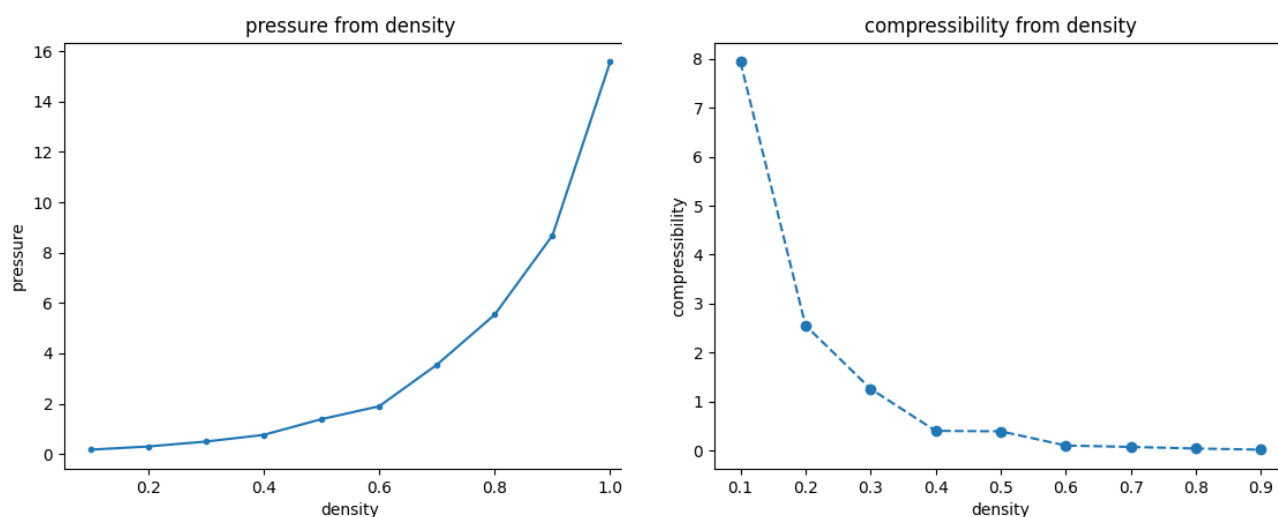


*Линеаризация Максвелла*

## Часть III

# Уравнение состояния

## 1 Зависимость давления и сжимаемости системы от плотности



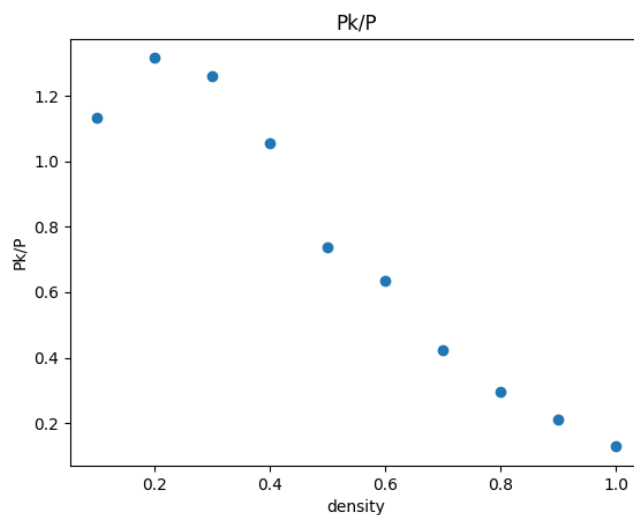
*Зависимость давления от плотности*

*Зависимость сжимаемости от плотности*

Измерения проводились в системе с 216 частицами с поддерживаемой термостатом температурой  $T = 2.0$ . Полученные значения неплохо согласуются с табличными. Сжимаемость была посчитана по формуле:

$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}$$

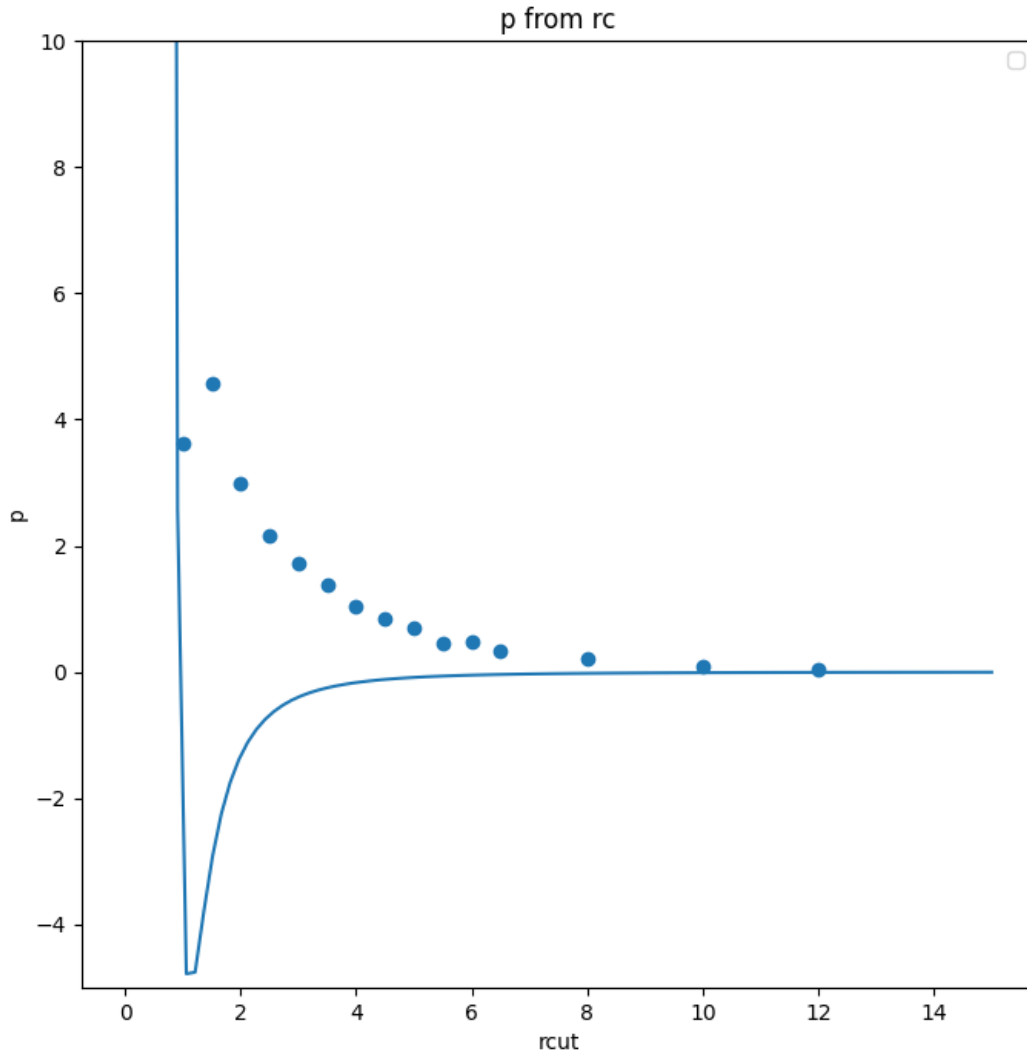
## 2 Отношение давлений



$$\frac{P_k}{P_k - P_{vir}} \text{ от плотности}$$

Из графика видно, что  $P_k/P$  убывает с ростом плотности.

### 3 Формула поправки давления



Точками на графике обозначена разность давлений с обрезкой и без обрезки,

а кривой - теоретическая зависимость поправки от  $r_{cut}$

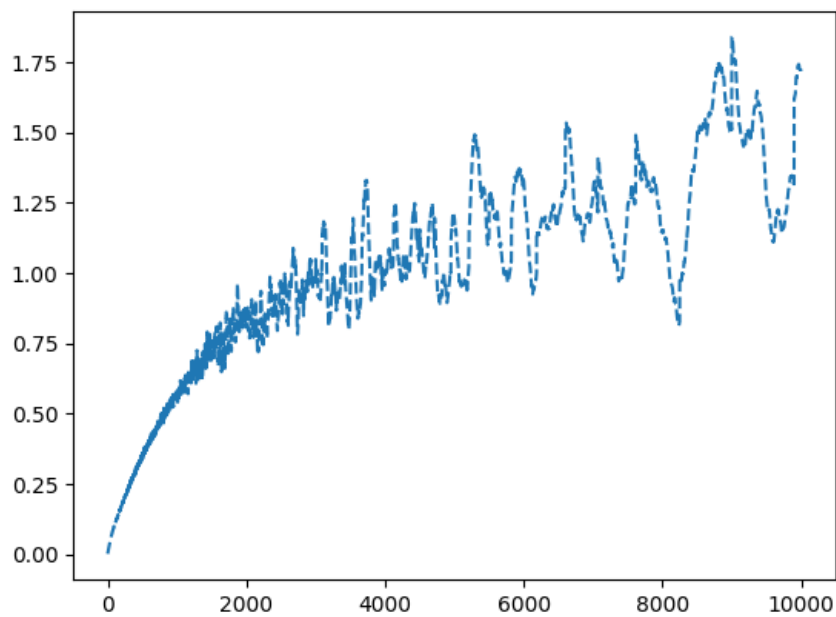
Измерения проводились в системе с 216 частицами при  $T = 2.0$  и  $dt = 0.001$ . Давление без обрезки  $P_0 = 1.387$ . В районе двойки-единицы, думаю, точки уходят вверх (вопреки зависимости), потому что частицы без сопротивления приближаются в зону других частиц, где на них начинает действовать значительная сила, разгоняя, но при отдалении уже не притягивая. Поэтому кинетический вклад в давление растет, а вириальная составляющая уменьшается. Начиная

примерно с  $r_{cut} = 8 \Delta p \rightarrow 0$ .

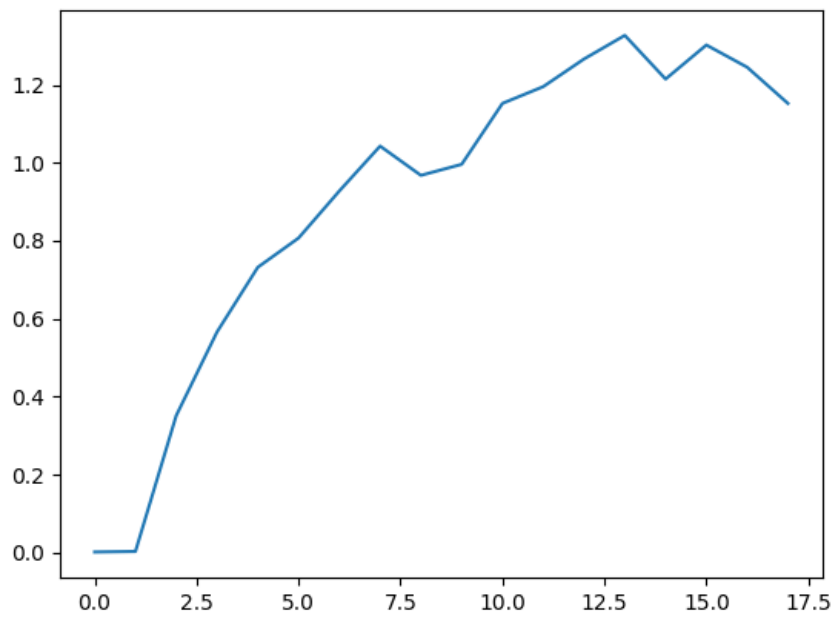
## Часть IV

# Оценка ошибки усреднения

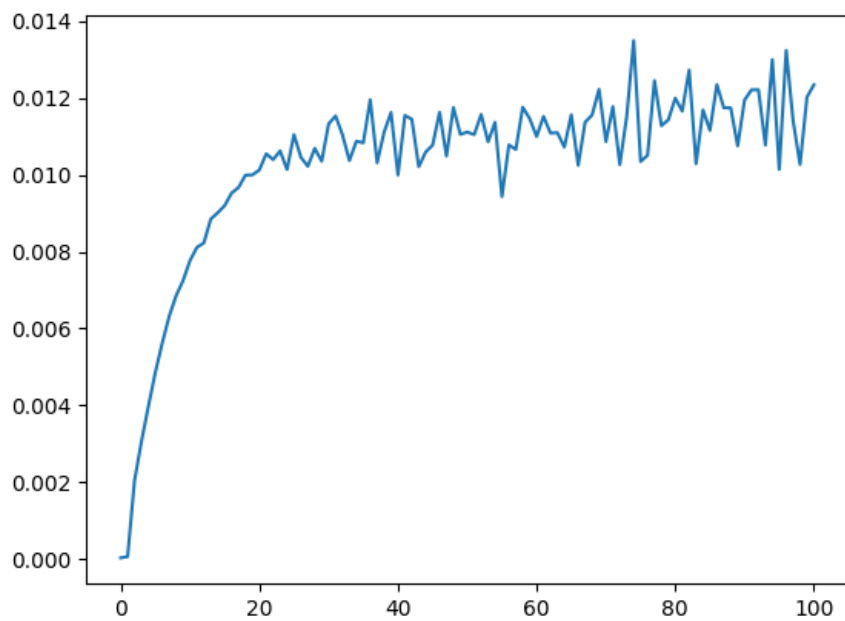
Измерения получены для 216 частиц с  $dt = 0.001$  в 100000 шагов. Методом блочных средних для полной энергии системы было получено:



*График метода блочных средних*



*График метода блочных средних с шагом в 500*



*График метода блочных средних с 10000000 точек*

То есть выходит на плато примерно при размере блоков равном 4000. Таким образом  $\sigma^2(E) \approx 30$ , в то время как полная энергия  $E = 740$ . Большая относительная ошибка объяснима маленьким количеством частиц и достаточно большой температурой.