

Сакровчи шариклар: фазовий ўтиш ва нотурғунликлар моделии (10 балл)

Ушбу ишни бажаришга киришишдан олдин, алоҳида конвертда берилган умумий қоидалар билан танишинг.

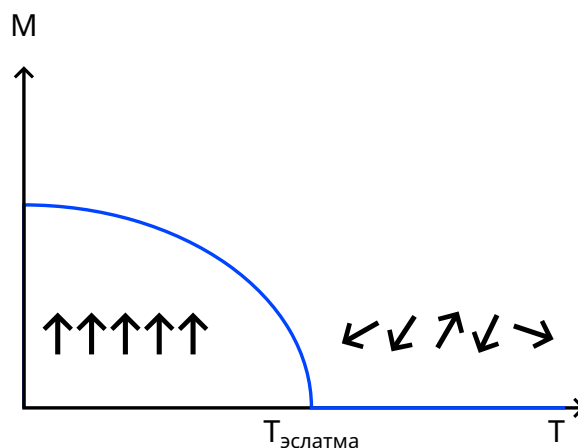
Кириш

Бизинг кундалик хаётимизда учрайдиган сувнинг бир агрегат ҳолатдан бошқа агрегат ҳолатга ўтиши фазовий ўтишларга мисол бўла олади. Ўтиш температурада (масалан, сувнинг музлаши ёки қайнаш температурасида) фазовий ўтиш молекулаларнинг коллектив ҳаракати билан характерланади.

Ундан ташқари, фазовий ўтишлар магнитик ва ўта ўтказувчан материалларда ҳам содир бўлади: ўтиш температурадан паст температураларда магнетик материал парамагнит ҳолатдан ферромагнетик ҳолатга ўтиши содир бўлади, оддий ўтказувчи эса ўта ўтказувчига айланади.

Ушбу барча ўтишлар *параметрлар тартибини* киритиш билан билан ифодалаш мумкин. Мисол учун, магнетизмда параметр тартиб атомларнинг магнит моментларини макроскик магнитланиши йўналиши бўйича тартибланиши билан характерланади.

Иккинчи турдаги деб аталувчи параметр тартиб критик температурадан юқорида нолга тенг бўлади ва критик температурадан пастда эса узликсиз ўсади (мисол учун 1 расимга қаранг). Ушбу расимда яна шу нарса кўрсатилганки, критик температурадан пастда алоҳида атомларнинг магнит моментлари ферромагнит ҳолатда тартибланади ва макроскопик магнитланишга олиб келади, ўз навбатида критик температурадан юқорида парамагнит ҳолатда улар хаотик ориентрланишади ва макроскопик магнитланиш нолга тенг бўлади.



1 чи расим. Иккинчи тартибли фазовий ўтиш вақтида температуранинг параметр тартиб M га боғланишнинг сифатли графиги. Критик температурадан пастда параметр тартиб нолдан катта ва $T \geq T_{crit}$ да нолга тенг.

Иккинчи тартибли фазовий ўтишда температура критик температурага якин бўлганда параметр тартиб — температуранинг даражасига боғланган функция. Яъни, в магнетизмда магнитланиш M

тенг:

$$M \begin{cases} \sim (T_{\text{crit}} - T)^b, & T < T_{\text{crit}} \\ = 0, & T \geq T_{\text{crit}} \end{cases} \quad (1)$$

бу ерда T — температура. Ундан ташқари, бу боғланиш етарли даражада универсаль ва бу боғланишда даража b жуда купчилик хар хил табиятли иккинчи тартибли фазовий ўтишлар учун бир хил.

Топширик

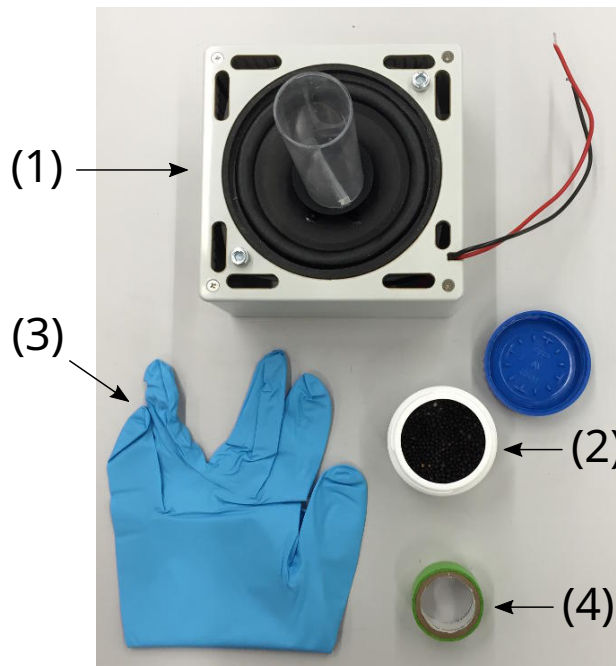
Оддий мисол сифатида, биз иккинчи тартибли фазовий ўтишларнинг баъзи хусусиятларини, масалан, нотурғунликни бўлиши заррачаларни коллектив ўз ўзини тутишини ўзгаришига олиб келишини, ҳамда бу ўзгариш уйғотиш даражаси билан қандай боғланганлигини ўрганамиз.

Одатда иккинчи тартибли фазовий ўтишларни ўрганишда заррачаларни уйғотиш температура таъсирида содир бўлади деб қаралади. Бизнинг холатда уйғотиш заррачаларнинг мембрановий динамик харакатига олиб келувчи кинетик энергиясига мос келади. Фазовий ўтишга мос келувчи макроскопик ўзгаришлар — унча катта бўлмаган девор билан ажратилган шарикларни цилиндрнинг бир қисмига тўплашга олиб келади.

Постепенно увеличивая амплитуду от того значения, когда шарики собираются в одной половине цилиндра, можно обнаружить, что в конце концов при некотором значении амплитуды шарики будут распределены поровну между двумя половинами. Это аналогично нагреванию системы выше критической температуры.

Сизнинг вазифангиз — ўрганилаётган фазовий ўтиш моделида b нинг даражасини аниқлаш.

Асбоблар рўйхати



2 Расим. Бу тажриба учун қўшимча асбоблар

- (1) Динамик мембранага бриктирилган пластик цилиндр
- (2) Контейнерда 100 га яқин шариклар
- (3) Қўлқоп
- (4) Скотч

Эҳтиёткорлик чоралари

- Цилиндрга ён томондан керагидан ортиқ куч берманг. Агар мембранадан цилиндрдан узилиб тушса ёки синса асбобларни алмаштирилмайди.
- Агар динамикни ишлатмаётган бўлсангиз батареяка ўтириб қолмаслиги учун уни ўчириб қўйинг.
- В данном эксперименте пилообразный сигнал частотой 4 Hz подается на выходы, расположенные сбоку генератора сигналов.
- Амплитуду сигнала можно менять, вращая винт правого потенциометра, помеченного как «*speaker amplitude*» (4). Постоянное напряжение, пропорциональное амплитуде сигнала, подается на клемму (6) на передней панели, помеченную как «*speaker amplitude*» (по отношению к земле (7)). Здесь цифры соответствуют цифрам на рисунке 2 из Инструкции.
- Мембрана динамика очень нежная. Не прикладывайте к ней больших усилий как вертикальных, так и боковых.

Часть А. Критическая амплитуда возбуждения (3.3 балла)

Для начала подсоедините динамик к боковым выходам генератора с соблюдением полярности. Аккуратно насыпьте около 50 шариков в цилиндр, отрежьте от перчатки часть пальца, и натяните отрезанную часть на верхний торец цилиндра, чтобы предотвратить выпрыгивание шариков. Подайте сигнал на динамик тумблером на передней панели генератора и подстраивайте амплитуду сигнала, вращая винт потенциометра «*speaker amplitude*» (4) отвёрткой. Подберите амплитуду, при которой шарики соберутся в одной из половин цилиндра.

В качестве первого задания, вам будет необходимо определить критическую амплитуду фазового перехода. Для этого необходимо подсчитать число семян N_1 и N_2 в каждой половине сосуда (выбирая индексы так, что $N_1 \leq N_2$) как функцию от амплитуды A_D — напряжения на выходе разъёма «*speaker amplitude*» (6). Это напряжение пропорционально амплитуде пилообразного сигнала. Сделайте не менее 5 измерений на каждое значение напряжения

Указание:

- Для того, чтобы движение частиц было всегда достаточным, работайте в этой задаче только с амплитудами напряжения «*speaker amplitude*» больше 0.7 В. Начните с наблюдения поведения системы при изменении напряжения без непосредственного подсчёта шариков. Может так получиться, что некоторые шарики прилипнут к дну из-за статического электричества. Исключите такие шарики из подсчёта.

A.1 Запишите число частиц N_1 и N_2 в двух половинах цилиндра для нескольких разных значений амплитуды A_D в **таблицу А.1.** 1.2pt

A.2 Вычислите среднеквадратическое отклонение измерений числа частиц N_1 и N_2 и запишите результат в **таблицу А.1.** Постройте графики зависимости числа частиц N_1 и N_2 от амплитуды A_D (включая погрешность измерений) на **графике А.2.** 1.1pt

A.3 Из построенного графика определите критическую амплитуду $A_{D,crit}$ при которой $N_1 = N_2$ после достижения стационарного состояния. 1pt

Часть В. Калибровка (3.2 балла)

Амплитуда A_D имеет отношение к напряжению сигнала, подаваемого на динамик. С физической точки зрения более важный параметр — амплитуда колебания самой мембраны динамика, так как именно она показывает степень возбуждения шариков. В этом пункте требуется прокалибровать амплитуду A_D . Для достижения этой цели вы можете использовать любой из предоставленных вам предметов и материалов.

B.1 Нарисуйте схему установки для измерения амплитуды возбуждения, т.е. максимального отклонения A (мм), которое совершает мембрана за один период колебаний. 0.5pt

B.2 Определите амплитуду A в мм для разумного числа точек, т.е. запишите амплитуду A как функцию амплитуды A_D в **таблицу В.2** и укажите погрешности измерений. 0.8pt

B.3	Полученные данные отобразите на графике B.3 , включая погрешности.	1.0pt
B.4	Аппроксимируйте полученную кривую подходящей функцией $A(A_D)$ и найдите её параметры.	0.8pt
B.5	Определите критическую амплитуду A_{crit} возбуждения семян.	0.1pt

Часть C. Показатель степени (3.5 балла)

В нашей системе температура соответствует сообщаемой кинетической энергии возбуждения. Эта энергия пропорциональна квадрату скорости колебаний мембраны громкоговорителя: $v^2 = A^2 f^2$, где f — частота колебаний. В этой части мы проверим эту зависимость и определим показатель степени b функции, описывающей параметр порядка (см. уравнение 1).

C.1	Коэффициент $\left \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ хорошо подходит в качестве параметра порядка для нашей задачи, так как он равен нулю при амплитудах выше критической и равен единице при малом возбуждении. Определите этот параметр порядка как функцию от амплитуды A . Запишите ваш результат в таблицу C.1 .	1.1pt
C.2	На графике C.2 постройте зависимость $\left \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ от $ A_{crit}^2 - A^2 $ в двойных логарифмических координатах. Для расчётов можно использовать таблицу C.1 . Может получиться, что точки на этом графике не лягут на прямую, тем не менее прямую надо провести в любом случае.	1pt
C.3	b нинг даражасини ва хатолигини ўлчанг.	1.4pt