

## Зрнца кои скокаат - Модел за фазен премин и нестабилности (10 поени)

Ве молиме прочитајте ги општите инструкции кои се дадени во посебниот плик пред да започнете да ја решавате оваа задача.

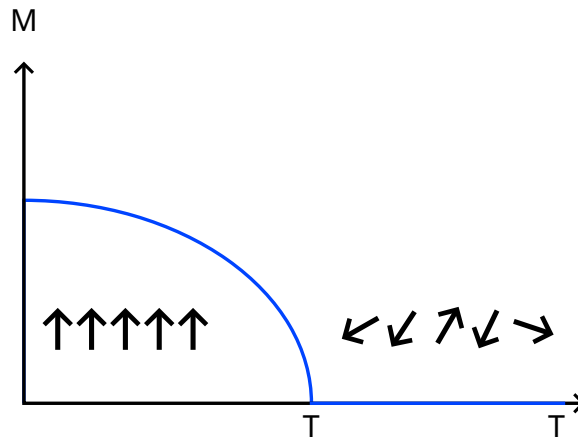
### Вовед

Фазните премини се добро познати од секојдневниот живот, на пример водата се наоѓа во различни фазни (агрегатни) состојби како што е тврдата, течната и гасната агрегатна состојба. При премин од една во друга состојба велиме дека дошло до фазен премин, при што доаѓа до промена на колективното однесување на молекулите во материјалот. Ваквите фазни промени се секогаш поврзани со таканаречената температура на премин при која доаѓа до промена на фазната состојба, како што е температурата на замрзнување и температурата на вриење на водата во примерот даден погоре.

Постојат многу примери каде може да се забележат фазни премини, како на пример кај магнетите и кај суперспроводниците, кај кои доколку се наоѓаат на температура под температурата на премин нивната макроскопска состојба се променува од парамагнетна во феромагнетна, односно од нормален спроводник, материјалот станува суперспроводник соодветно.

Сите овие премини може да се опишат со помош на една теорија со внесување на таканаречениот параметар на ред. На пример, во магнетизмот параметарот на ред се поврзува со подреденоста на магнетните моменти на атомите и макроскопската магнетизација.

Кај таканаречените континуирани фазни премини, параметарот на ред ќе биде секогаш нула над критичната температура а потоа неговата вредност се зголемува континуирано со намалувањето на температурата како што е прикажано на сликата 1 подолу. Температурата на премин кај континуиран фазен премин се нарекува критична температура. На сликата е прикажана и шематска репрезентација на микроскопскиот поредок на магнетните моменти кај магнетите. Индивидуалните магнетни моменти на атомите се ориентирани во даден правец и насока при што материјалот има магнетни својства, додека кога магнетните моменти на атомите се случајно ориентирани материјалот е во состојба на парамагнетик поради што материјалот нема макроскопски магнетни својства.



Слика 1: Зависност на големината на параметарот на ред  $M$  кај фазниот премин во зависност оа температурата. Ако температурата на која е материјалот е помала од критичната температура  $T_{\text{crit}}$ , вредноста на параметарот се зголемува почнувајќи од нула, додека параметарот на ред има вредност нула за секоја температура над критичната температура  $T_{\text{crit}}$

Кај континуираните фазни премини, параметарот на ред во близина на преминот може да се прикаже во форма на степенска функција, на пример во случајот кај магнетните материјали параметарот на ред  $M$  за вредности на температурата пониски од критичната температура  $T_{\text{crit}}$  може да се запише како:

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

каде со  $T$  е означена температурата на материјалот. Она што е најизненадувачки е што ваквото однесување е универзално: експонентот во степенската функција е ист за многу различни фазни премини.

## Задача

Вие ќе проучувате едноставен пример на континуиран фазен премин каде некои од неговите карактеристики може да се проучат, на пример како нестабилноста може да придонесе за колективно однесување на честичките, а тоа до фазен премин, како и тоа како макроскопските промени зависат од степенот на екситација (побудување) на честичките.

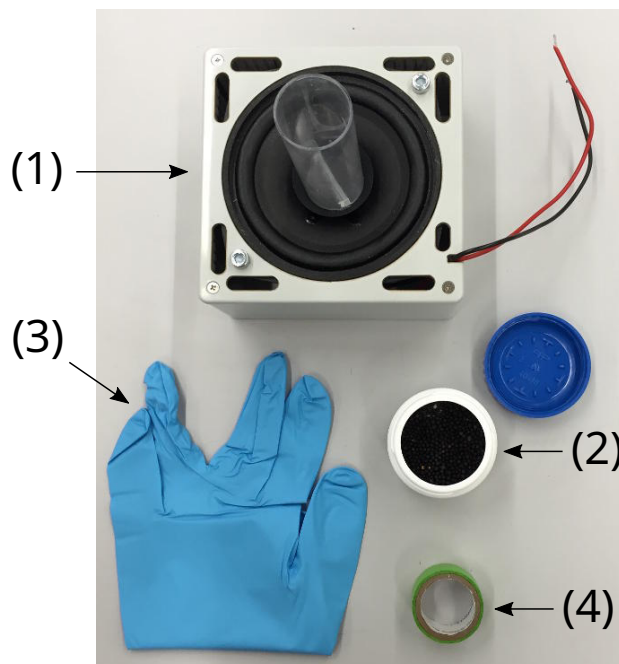
Вообичаено кај фазните премини екситацијата (побудувањето) на честичките се предизвикува со зголемување на температурата. Во нашиот пример, екситацијата на честичките се постигнува преку зголемувањето на нивната кинетичка енергија. Кинетичката енергија се згоемува поради забрзувањето на честичките со помош на звучникот. Макроскопската промена која ќе ја набљудуваме, а е причинета од фазниот премин се состои во тоа што сите зрнца ќе се преместат само во едната половина од цилиндарот, кој е поделен на два дела со сид со мала висина.

Ако зрнциата се поставени само во едната половина од цилиндарот, а се зголемува амплитудата на осцилирање на звучникот-а со тоа и забрзувањето кое го добиваат зрнциата, ќе забележиш дека по некое време бројот на зрнца во секоја од половинките на кои е поделен цилиндарот ќе содржи

ист број на зрнца. Ваквата ситуација кореспондира на ситуацијата кога материјалот ќе се загрее на температура повисока од критичната температура.

Целта во овој експеримент е да се одреди критичниот експонент за моделот на фазен премин кој го проучувате во експериментот.

## Список на материјали



Слика 2. Дополнителна опрема која се користи во овој експеримент.

1. Звучник со пластичен цилиндар кој е монтиран врз него
2. Околу 100 зрнца од афион (во пластична кутија)
3. Гумена ракавица
4. Леплива трака

## Важни предупредувања

- Немој да дејствуваш со голема сила врз пластичниот цилиндар кој е монтиран на звучникот. Доколку ја скинеш мембраната на звучникот или пак го откорнеш цилиндарот од звучникот нема да добиеш нов звучник и цилиндар.
- Секогаш исклучувај го звучникот кога не го користиш, со цел да не дојде до испразнување на батеријата.
- Во овој експеримент сигнал генераторот произведува пилест сигнал со фреквенција од 4 Hz кој се доведува на звучникот преку поврзување на каблите од звучникот на бочната страна на сигнал генераторот.

- Амплитудата на пилестиот сигнал може да се подеси со помош на десниот потенциометар за подесување на големината на *амплитудата со која осцилира звучната мембрана* (4). Напонот на правата струја кој е пропорционален на амплитудата со која осцилира звучникот се добива преку поврзување на приклучокот за звучникот (6) и заедничкиот приклучок за заземјување (7). Бројките се однесуваат на бројките кои се искористени на фотографијата (Слика 2) дадена во општите инструкции.
- Мембраната на звучникот е многу осетлива. Внимавај да не вршиш никаков притисок врз неа ниту во вертикален ниту во хоризонтален правец.

## Дел А.Одредување на критичната амплитуда на екситација (3,3 поени)

Пред да започнеш да работиш на решавање на задачите во овој експеримент, поврзи ги жиците од звучникот на приклучоците кои се наоѓаат на бочната страна од сигналот генераторот (внимавај на поларитетот при поврзувањето на жиците). Стави дел од зрнцата од афион (на пример 50) во едната половина од цилиндарот кој е монтиран врз звучникот и исечи врв од прст од ракавицата со кој ќе го затвориш цилиндарот на врвот со цел зрнцата да не испаѓаат од цилиндарот. Вклучи го прекинувачот на сигналот кон звучникот и подеси ја амплитудата на осцилирање на мембраната со вртење на десниот потенциометар означен како потенциометар за подесување на големината на амплитудата со која осцилира звучната мембрана (4) со помош на шрафцигерот кој го имате. Набљудувај како се групираат зрнцата на различни амплитуди.

Првата задача е да ја одредиш критичната амплитуда на екситација кај овој прекин. За да го сториш тоа, потребно е да го одредиш бројот на зрнца  $N_1$  и  $N_2$  во двете половинки од цилиндарот (нумерирајте ги половинките така што  $N_1 \leq N_2$ ) како функција од амплитудата  $A_D$ , што преставува напонот кој се донесува на звучникот преку приклучокот за подесување на амплитудата на осцилирање на мембраната (6). Амплитудата на осцилирање на мембраната е пропорционална на напонот на пилестиот сигнал. Направи по најмалку 5 мерења за секој напон.

Помош:

- Со цел зрнцата кои ги проучуваш секогаш да се движат, секогаш користи напон на пилестиот сигнал поголем од 0,7 V. Набљудувај го однесувањето на системот при слаба промена на напонот без притоа да ги броиш зрнцата. Ако некои од зрнцата се залепени за дното поради електростатски причини не ги брои овие зрнца.

<b>A.1</b>	За различни вредности на амплитудата на осцилирање $A_D$ запиши го бројот на зрнца $N_1$ и $N_2$ кои се наоѓаат во секоја од половинките на цилиндарот во Табелата A.1	1.2pt
------------	--	-------

<b>A.2</b>	Пресметај ја стандардната девијација за мерењата на $N_1$ и $N_2$ и запиши ги резултатите во <b>Табела A.1</b> . Графички претстави ја зависноста на $N_1$ и $N_2$ како функција од амплитудата $A_D$ на <b>Графикот A.2</b> , притоа на графикотзначи ги и грешките од секое од мерењата.	1.1pt
------------	--	-------

<b>A.3</b>	Од графикот одреди ја критичната амплитуда $A_{D,crit}$ на која $N_1$ и $N_2$ се еднакви односно $N_1=N_2$ , после долго време при што се постигнува рамнотежна состојба.	1pt
------------	---	-----

## Дел В. Калибрација (3.2 поени)

Отчитаната амплитуда  $A_D$  одговара на напонот кој е донесен на звучникот. Сепак, интересна е величината амплитудата на отклонување на мембраната на звучникот од рамнотежната состојба,  $A$ , од која зависи колку силно се екситирани зрнцата. За таа цел потребно е да се калибрира отчитаната амплитуда. За оваа цел може да искористите било кој од дадените материјали и прибор.

<b>B.1</b>	Скицирај шема на постановската која ја искористи за мерење на амплитудата на осцилирање на мембраната $A$ во (mm) на звучникот во текот на еден период на осцилирање.	0.5pt
------------	---	-------

<b>B.2</b>	Одредете ја амплитудата $A$ во mm во доволен број на точки, т.е. прикажете ја амплитудата $A$ како функција од амплитудата на сигналот $A_D$ во <b>Табела B.2</b> и проценете колкава е грешката на вашите мерења.	0.8pt
<b>B.3</b>	Прикажете ги резултатите од мерењата на <b>Графикот B.3</b> , означи ги и грешките од секое од мерењата.	1.0pt
<b>B.4</b>	Одредете ги параметрите на добиената крива, користејќи соодветна крива за фитовање за да можете да ја одредите калибрационата функција $A(A_D)$	0.8pt
<b>B.5</b>	Одредете ја критичната амплитуда на екситација $A_{\text{crit}}$ за афионовите зрна.	0.1pt

### Дел С. Критичен експонент (3,5 поени)

Во нашиот систем температурата одговара на кинетичката енергија која честиките ја добиваат со екситација. Оваа енергија е пропорционална на брзината со која осцилира звучникот, т.е.  $v^2 = A^2 f^2$ , каде со  $f$  е означена фреквенцијата на осцилациите. Вие ќе ја проверите оваа зависност при што ќе го одредите експонентот  $b$  кој се појавува во степенската зависност на параметарот на ред (види ја равенката 1).

<b>C.1</b>	Неурманотеженоста $\left  \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ е добар кандидат за параметар на ред за нашиот систем бидејќи таа е нула за критичната амплитуда додека е еднаква на 1 за слаби екситации. Одреди го овој параметар на ред како функција од амплитудата $A$ . Запиши ги резултатите во <b>Табелата C.1</b> .	1.1pt
<b>C.2</b>	Нацртајте ја зависноста на неурманотеженоста $\left  \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ како функција од $ A^2 - A_{\text{crit}}^2 $ , во двојно логаритамскиот <b>График C.2</b> . каде двете оски се логаритамски (логаритам-логаритам график). Во <b>Табелата C.1</b> внеси ги твоите пресметки. Точите кои ќе ги преставаши на графикот можеби нема да изгледаат дека лежат на права, но и покрај тоа да се фитова со помош на права, која ќе одговара на формулата со критичниот експонент.	1pt
<b>C.3</b>	Одреди ја константата $b$ и проценете ја нејзината грешка.	1.4pt