

## Թրշող գնդիկներ – Փուլային անցումը և անկայունությունները նկարագրող մոդել (10 միավոր)

Կարդացեք առանձին ծրարում բերված ընդհանուր ցուցումները մինչև փորձը սկսելը:

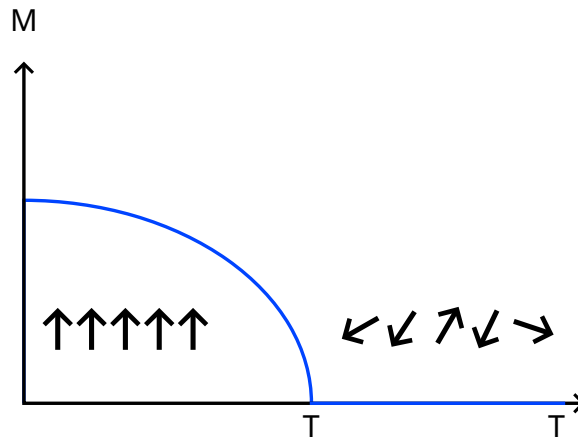
### Ներածություն

Փուլային անցումները լավ հայտնի են առօրյա կյանքից, օրինակ, ջուրը լինում է տարբեր ագրեգատային վիճակներում՝ պինդ, հեղուկ, գազային: Այդ ագրեգատային վիճակներին միջնորդում են փուլային անցումները, երբ նյութի մոլեկուլների կոլեկտիվ վարքը փոխվում է: Ցանկացած այսպիսի փուլային անցում կապակցված է անցման ջերմաստիճանի հետ, որում փուլը փոխվում է, վերևում բերված օրինակում՝ ջրի եռման և պնդացման ջերմաստիճանները:

Փուլային անցումները իրականում ավելի տարածված են ներառելով նաև այլ համակարգեր, ինչպես օրինակ մագնիսները և գերհաղորդիչները, որոնցում անցման ջերմաստիճանից ներքև համապատասխանաբար կատարվում են պարամագնիսականից ֆերրոմագնիսականի և սովորական հաղորդականությունից գերհաղորդականության մակրոսկոպական վիճակի անցումներ:

Բոլոր այս անցումները հնարավոր է բացատրել միևնույն կառուցվածքով, եթե մտցնենք, այսպես կոչված կարգավորվածության պարամետրը: Օրինակ, մագնետիզմի մեջ կարգավորվածության պարամետրը պայմանավորված է ատոմների մագնիսական մոմենտների համուղղվելով մակրոսկոպական մագնիսացվածության ուղղության հետ:

Այսպես կոչված փուլային անընդհատ անցումների դեպքում կարգավորվածության պարամետրը միշտ լինելու է գրոյական կրիտիկական ջերմաստիճանից բարձր ջերմաստիճաններում և անընդհատ աճելու է ջերմաստիճանի կրիտիկականից ցածր դառնալու հետ մեկտեղ, ինչպես որ պատկերված է մագնիսացվածության համար ստորև բերված նկ-1-ում: Փուլային անընդհատ անցումների դեպքում անցման ջերմաստիճանը կոչվում է կրիտիկական ջերմաստիճան: Նկարում բերված է նաև մագնիսում միկրոսկոպական կարգավորվածության և անկարգավորվածության սխեմատիկ պատկերը, որում առանձին մագնիսական մոմենտները համուղղված են ֆերրոմագնիսական վիճակում՝ բերելով մագնիսացվածության կտրուկ աճի և անկանոն դասավորված են պարամագնիսական վիճակում՝ բերելով գրոյական մակրոսկոպական մագնիսացվածության:



ՆկՊ 1:  $M$  կարգավորվածության պարամետրի ջերմաստիճանից կախվածության գրաֆիկը փուլային անցման ժամանակ:  $T_{\text{crit}}$  կրիտիկական ջերմաստիճանից ցածր ջերմաստիճաններում կարգավորվածության պարամետրը աճում է և զրոյական չի, սակայն զրո է  $T_{\text{crit}}$ -ից բարձր ջերմաստիճանների դեպքում:

Փուլային անընդհատ անցումների դեպքում հաստատված է, որ փուլային անցումների ժամանակ կարգավորվածության պարամետրը փուլային անցման ժամանակ ընդհանուր դեպքում ունի աստիճանային կախվածություն, օրինակ մագնետիզմի մեջ  $M$  մագնիսացվածությունը  $T_{\text{crit}}$ -ից ցածր ջերմաստիճաններում տրվում է հեկյալ բանաձևով

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

որտեղ  $T$  -ն ջերմաստիճանն է: Ամենազարմանալին այն է, որ այս վարքը ունիվերսալ է, այս օրենքում ցուցիչը նույնն է բազմաթիվ տարբեր փուլային անցումների համար:

## Հանձնարարությունը

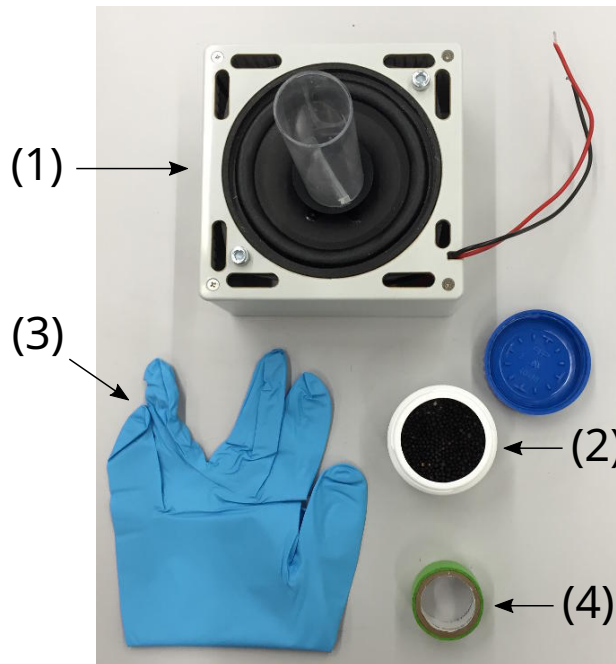
Մենք քննելու ենք պարզ օրինակ, որով փուլային անընդհատ անցման որոշ նրբություններ կլինի հետազոտել, այն է, ինչպես է անկայությունը ազդում մասնիկների կոլեկտիվ վարքի վրա և այդպիսով բերում փուլային անցման, ինչպես նաև, թե ինչպես է մակրոսկոպական փոփոխությունները կախված մասնիկների գրգռման վիճակից:

Սովորական փուլային անցումներում այս գրգռումները պայմանավորված են ջերմաստիճանով: Մեր օրինակում, մասնիկների գրգռումը կայանալու է բարձրախոսով մասնիկներին արագացնելով հաղորդած կինետիկ էներգիայի մեջ: Փուլային անցումը նկարագրող մակրոսկոպական փոփոխությունը կայանալու է մասնիկների՝ գլանի փոքր պատնեշով բաժանված կետերից որևէ մեկում դասվորվելու մեջ:

Մեծացնելով տատանման լայնույթը, սկսած այն արժեքից, որում մասնիկները դասավորվում են որևէ կետում, կտեսնեք, որ մասնիկները հավասար բաշխվում են երկու կետերում: Սա նման է ջերմաստիճանի կրիտիկական արժեքից մեծ լինելուն:

Ձեր խնդիրն է որոշել այստեղ քննվող փուլային անցումը նկարագրող մոդելի կրիտիկական ցուցիչը:

## Սարքավորումների ցանկ



Նկար 2: Այս փորձին տրամադրվող հավելյալ սարքավորումները

1. Բարձրախոսի համակարգը՝ իր վրա ամրացված պլաստիկ գլանով
2. Մոտ 100 հատ կակաչի սերմ (պլաստիկ տուփի մեջ)
3. Ձեռնոց
4. Սկոչ

## Կարևոր զգուշացումներ

- Մի կիրառեք հորիզոնական ավելորդ ուժ բարձրախոսին ամրացված պլաստիկ գլանի վրա: Իմացեք, որ ոչ մի փոխարինում չի տրամադրվելու՝ բարձրախոսի մեմբրանի կամ պլաստիկ գլանի վնասվելու դեպքում:
- Անջատեք բարձրախոսի համակարգը, երբ չեք օգտագործում՝ խուսափելու մարտկոցի անիմաստ լիցքաթափվելուց
- Այս փորձում բարձրախոսի մուտքին տրվելու է 4 Հց-անոց սղոցաձև ազդանշան գեներատորի կողքի մասում տեղադրված սեղմակներից:
- Սղոցաձև ազդանշանի լայնույթը հնարավոր է կարգավորել օգտագործելով աջ պոտենցիոմետրը՝ նշված speaker amplitude (բարձրախոսի լայնույթը) պիտակով (4): speaker amplitude (բարձրախոսի լայնույթ) սեղմակի (6) վրա (GND (հողակցում) սեղմակի (7) նկատմամբ) առաջանալու է բարձրախոսին ուղարկվող ազդանշանի լայնույթին համեմատական հաստատուն լարում (DC voltage): Նշված համարակալումը վերաբերվում է ընդհանուր ցուցումներում բերված (նկար 2) գեներատորի նկարին:

- Բարձրախոսի մեմբրանը նուրբ է: Զգույշ եղիր, որ չկիրառես ավելորդ ճնշում դրա վրա որևէ կերպ, որևէ ուղղությամբ՝ ոչ հորիզոնական, ոչ ուղղաձիգ:

## Մաս A: Կրիտիկական գրգռման լայնույթը (3.3 միավոր)

Մինչև հանձնարարության կատարումը սկսելը միացրու բարձրախոսի սեղմակները ազդանշանի գեներատորի կողքի սեղմակներին (ուշադիր եղիր միացման բևեռները ճիշտ ընտրելու համար): Գցիր մի քանի կակաչների սերմեր (օրինակ 50 հատ) բարձրախոսին ամրացված գլանի մեջ և ձեռնոցից կտրված որևէ կտորով փակեք գլանի բերանը՝ գնդիկների գլանից դուրս թռնելը կանխելու համար: Միացրու գրգռումները ճտիկ անջատիչով և կարգավորիր լայնույթը համապատասխան պոտենցիոմետրով (4) (նշված է speaker amplitude պիտակով)՝ պտտելով այն տրամադրված պտուտակահանով (отвертка): Դիտիր մասնիկների բաշխումը տարբեր լայնույթների դեպքում:

Առաջին հանձնարարությունում պահանջվում է գտնել այս փուլային անցման համար գրգռման կրիտիկական լայնույթը: Սա կատարելու համար պետք է որոշես երկու կեսերում գնդիկների  $N_1$  և  $N_2$  քանակների (ընտրելով ինդեքսները այնպես որ  $N_1 \leq N_2$ ) կախվածությունը չափիչ սարքի ցույց տված  $A_D$  լարումից, ինչը speaker amplitude սեղմակի (6) վրայից չափված լարումն է: Այդ լարումը համեմատական է գեներատորից բարձրախոսին տրված սդոցաձև ազդանշանի լայնույթին: Կատարեք ամենաքիչը 5 չափում ամեն լարման համար:

Ցուցում

- Որպեսզի միշտ ուսումնասիրվող գնդիկները լինեն շարժման մեջ, ընտրեք գեներատորի այն լայնույթները, որոնց համապատասխանող speaker amplitude -ի արժեքները 0,7 Վ-ից բարձր են: Սկսիր դիտելով գնդիկների վարքը լարման դանդաղ փոփոխման հետ առանց դրանց քանակը հաշվելու: Հնարավոր է, որոշ գնդիկներ կաչեն գլանին էլեկտրաստատիկ ուժերի շնորհիվ: Հաշվի մի առեք այդ գնդիկներին:

<b>A.1</b>	Գրանցիր տարբեր $AD$ լայնույթների դեպքում գլանի յուրաքանչյուր կեսում մասնիկների $N_1$ և $N_2$ քանակների չափված արժեքները Աղյուսակ A.1-ում:	1.2pt
<b>A.2</b>	Հաշվիր չափված $N_1$ և $N_2$ արժեքների ստանդարտ շեղումները և արդյունքները գրանցիր <b>Աղյուսակ A.1</b> -ում: Կառուցիր $N_1$ և $N_2$ արժեքների չափվող $A_D$ լարումից կախվածության գրաֆիկները <b>Գրաֆիկ A.2</b> -ում, ներառիր նաև դրանց անորոշությունները:	1.1pt
<b>A.3</b>	Օգտվելով Ձեր կառուցած գրաֆիկից որոշեք չափվող կրիտիկական $A_{D,crit}$ լայնույթը, որի դեպքում $N_1 = N_2$ մինչև կայունության վիճակի հաստատմանը սպասելուց հետո:	1pt

## Մաս B: Կալիբրովկա (3,2 միավոր)

Չափվող  $A_D$  լարումը համապատասխանում է բարձրախոսին մատակարարվող լարմանը: Այնուամենայնիվ, ֆիզիկային հետաքրքրող մեծություն է բարձրախոսի տատանումների շեղման առավելագույն  $A$  չափը, քանի որ դրանից է կախված գնդիկների գրգռման աստիճանը: Հետևաբար, պետք է կալիբրովկա անել տատանումների լայնույթը: Այս նպատակի համար կարող ես օգտագործել տրամադրված սարքերից և նյութերից ցանկացածը:

<b>B.1</b>	Գծիր կայանքը, որը օգտագործել էս չափելու գրգռման լայնույթը, այսինքն, բարձրախոսի մեկ տատանման ընթացքում եղած առավելագույն շեղման $A$ չափը (մմ-երով):	0.5pt
------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------

<b>B.2</b>	Որոշիր $A$ լայնույթի (արտահայտված մմ-երով) արժեքները նպատակահարմար քանակով կետերի համար, այսինքն գրանցիր $A$ լայնույթի չափումները, որպես ֆունկցիա չափվող $A_D$ լարումից <b>Աղյուսակ B.2</b> -ում, նշիր նաև չափումներիդ սխալանքները:	0.8pt
<b>B.3</b>	Կառուցիր քո տվյալները <b>Գրաֆիկ B.3</b> -ում, ներառիր նաև անորոշությունները:	1.0pt
<b>B.4</b>	Որոշիր ստացվող կորի պարամետրերը օգտագործելով նպատակահարմար մոտարկումը՝ գտնելու $A(A_D)$ կալիբրովկայի ֆունկցիան:	0.8pt
<b>B.5</b>	Որոշիր գնդիկների գրգռման կրիտիկական $A_{crit}$ լայնությամբ:	0.1pt

### Մաս C: Կրիտիկական ցուցիչ (3.5 միավոր)

Մեր համակարգում ջերմաստիճանը համապատասխանում է գնդիկների գրգռման համար հաղորդած կինետիկ էներգիային: Այս էներգիան համեմատական է բարձրախոսի տատանման արագության քառակուսուն, այսինքն  $v^2 = A^2 f^2$ -ում, որտեղ  $f$ -ը տատանումների հաճախությունն է: Մենք այժմ ստուգելու ենք այդ կախվածությունը և որոշելու ենք կարգավորման պարամետրի աստիճանային կախվածության  $b$  ցուցիչը (տես հավասարում 1-ը).

<b>C.1</b>	$\left  \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ անհավասարակշռության չափը, մեր համակարգի համար կարգավորվածության պարամետրի հարմար թեկնածու է, այնքանով, որ դա 0 է կրիտիկական լայնությից վերև և 1 է փոքր գրգռումների դեպքում: Գտիր այս կարգավորվածության պարամետրի կախվածությունը $A$ լայնությից: Գրանցիր տվյալներդ <b>Աղյուսակ C.1</b> -ում:	1.1pt
<b>C.2</b>	Plot the imbalance $\left  \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ as a function of $ A_{crit}^2 - A^2 $ , in <b>Graph C.2</b> , where both axes have logarithmic scales (double-logarithmic plot). You can use the <b>Table C.1</b> for your calculations. The points on the plot may seem not to obey a linear relation, but a linear regression should be made nevertheless, to match the critical exponent formula. Գծիր $\left  \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ անհավասարակշռության արժեքի $ A^2 - A_{crit}^2 $ -ից կախվածությունը <b>Գրաֆիկ C.2</b> տարածքում, որտեղ երկու առանցքներն էլ լոգարիթմական են (կրկնակի լոգարիթմական գրաֆիկ): Դուք կարող եք օգտագործել <b>Աղյուսակ C.1</b> -ը Ձեր հաշվարկների համար: Գուցե թվա, թե կառուցված գրաֆիկի կետերը չեն ներկայացնում գծային կախվածություն, միևնույն է գծային կախվածության ռեգրեսիա պետք է գործածել՝ համընկացնելով կրիտիկական հավասարման հետ:	1pt
<b>C.3</b>	Որոշեք $b$ ցուցիչը, ինչպես նաև դրա սխալանքը:	1.4pt