

Үсрэгч үрлүүд нь фазын шилжилт ба тэнцвэргүйжилт үүсэх модель болох нь (10 оноо)

Энэхүү туршилт хийхээс өмнө ерөнхий зааврыг заавал уншаарай.

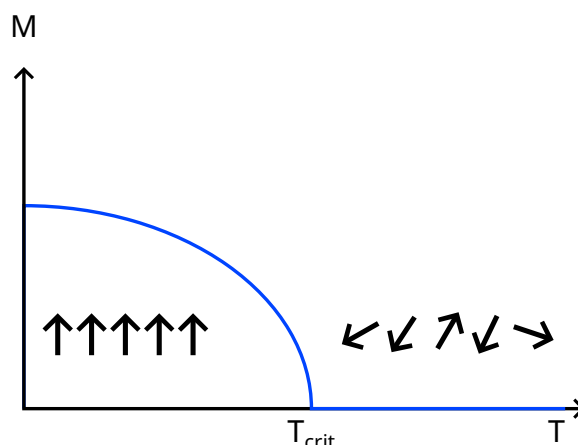
Оршил

Фазын шилжилт амьдралд байнга тааралдана. Жишээлбэл, ус нь хий, шингэн, хатуу гэсэн гурван өөр фазтай байдаг. Нэг фазаас нөгөөд хувирахыг фазын шилжилт явагдлаа гэх ба энэ үед бодис дахь молекулуудын хамтын шинжээр тодорхойлогдох биеийн макроскопик шинж чанар эрс өөрчлөгддөг байна. Аливаа фазын шилжилт нь бодисын шинж өөрчлөгдөх шилжилт явагдах температуртай үргэлж холбоотой байдаг. Тухайлбал, өмнөх жишээнд усны хөлдөх, буцлах температурыуд болно.

Фазын шилжилт нь өөр системд ч явагддаг түгээмэл үзэгдэл юм. Тухайлбал, бодисын температур тодорхой критик утгаас бага болоход түүний макроскопик төлөв парамагнет фазаас ферромагнет фазад шилжих, эсхүл жирийн дамжуулалтай фазаас хэт дамжуулалтай фазад шилжих зэргийг дурьдаж болно.

Ямар ч фазын шилжилтийг эрэмбэ цэгцийн параметр гэж (цаашид цэгцийн параметр гэе) нэрлэгдэх хэмжигдэхүүнээр илэрхийлж болдог нийтлэг шинжтэй.

Аажим явагдах гэж нэрлэгддэг фазын шилжилтийн төрлийн хувьд, биеийн температур тодорхой критик утгас их байх мужид тэг болж, харин уг критик утгаас доош температур багасгахын хирээр аажмаар зэрэгт функцийн хамаарлаар ихсэж байх учиртай байдгийг бодисын соронзон чанарын температурын схемчилсэн хамаарлаас үзнэ үү (Зураг.1). Уг зурагт микроскопик цэгцтэй болон цэгцгүй байдлыг сумнуудаар дүрсэлжээ. Их температурын мужид микроскопик эмх цэгц буюу хувь соронзон моментуудын чиглэл бүрэн эмх замбараагүй болж улмаар макроскопик соронзлол нь бараг тэг байх төлөвт орох ба энэ төлвийг парасоронзон фаз гэдэг. Харин температур нь тодорхой критик утгаас бага болохын хирээр хувь соронзон моментууд нь аажим аажмаар цэгцэрч макроскопик соронзлол тэг биш болж нь улам улмаар тасралтгүй ихсэх төлөв буюу ферросоронзон фазыг мөн схемчлэн үзүүлжээ.



Зураг 1: Цэгцийн параметр M нь бодисын температураас хэрхэн хамаарах ерөнхий схемийг үзүүлэв. Эрэмбийн параметр нь тодорхой критик T_{crit} температураас доош мужид ихсэж, харин дээш мужид заавал тэг байдаг онцлогтой.

Аажим явагдах фазын шилжилтийн явцад критик температурын ойролцоо мужид эрэмбийн параметр нь температураас хамаарч дараах зэрэгт функц хэлбэртэй өөрчлөгддөг байна. Жишээлбэл, соронзлол M нь критик T_{crit} температурын ойролцоо

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

хуулиар илэрхийлэгдэнэ. Үүний, T нь температур болно. Сонирхолтой нь энэ хууль нийтлэг шинжтэй байдаг, ө.х., энэхүү хамаарлын b зэрэг нь маш олон фазын шилжилтийн хувьд адилхан байдаг бөгөөд бид туршилтаар энэхүү зэргийг тодорхойлох болно.

Даалгавар

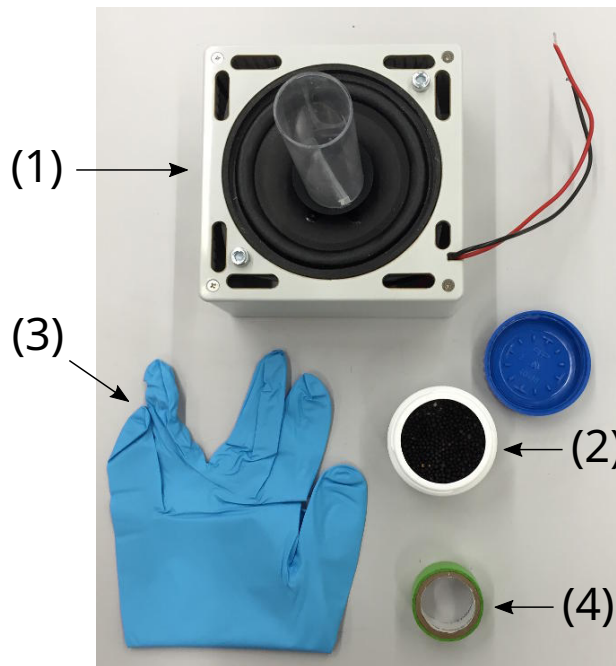
Бид энэ ажлаар аажим явагдах фазын шилжилтийг хялбар загвараар судлана. Фазын шилжилтийн зарим онцлог, тухайлбал, тэнцвэргүйжилтийн үзэгдлээр хэрхэн бөөмсийн хамтын онцгой шинж үүсч байгааг, энэхүү макроscopic өөрчлөлт нь бөөмсийн өдөөлтөөс хэрхэн хамаарахыг судална.

Ер нь фазын шилжилтэнд бөөмсийн өдөөлтийг температураар өөрчилдөг бол бидний хийх туршилтад энэхүү өдөөлт нь чанга яригчаас хурдсан үсрэх жижиг үрлүүдийн кинетик энергээр тодорхойлогдоно. Цилиндрийн жижиг ханаар тусгаарлагдсан хоёр хэсэг тус бүрт оногдох үсэрч буй үрлүүдийн тоо нь үсрэлтийн амплитудын хангалттай их утганд бараг тэнцүү байх төлөв оршино. Эндээс үсрэлтийн амплитудыг багасгахын хэрээр үрлийн тоонууд тэнцвэргүй болж ихэнх үрэл аль нэг талдаа аяндаа цугларах гайхалтай үзэгдлийг ажиглана. Энэхүү макроscopic төлөвүүд хэрхэн нэг нөгөөдөө шилжих шилжилтж буюу фазын шилжилтийг судална.

Бүх бөөмс аль нэг талдаа аяндаа цугларсан байх төлөв нь нэг фаз болох эндээс цаашид үсрэлтийн амплитудын утгыг аажмаар нэмэгдүүлбэл тодорхой утгаас эхлэн цилиндрин хоёр талд оногдох үсэрч буй үрлийн тоо бараг ижил болох төлөв үүснэ. Тоо ижил болох энэ төлөв нь өөр нэг фаз болох ба энэ нь критик утгаас их температуртай мужид харгалзах фаз юм.

Чиний зорилго бол энэхүү хялбар моделийг судлах замаар фазын шилжилтийн нийтлэг хамаарлын b гэж тэмдэглэгдсэн критик зэрэгийн утгыг тодорхойлох явдал юм.

Хэрэглэгдэх материалууд



Зураг 2: Энэ туршилтанд хэрэглэгдэх нэмэлт төхөөрөмжүүд

1. Дээр нь пластик цилиндр бэхэлсэн чанга яригч төхөөрөмж
Савтай зуугаад тооны ургамлын жижигхэн үрнүүд (үрэл гэнэ)
Резинэн бээлий
Скоч

Чухал анхааруулга

- Чанга яригч дээр тогтоосон пластик савыг салгаж болохгүй, мөн хүч хэрэглэж болохгүй. Хэрэв чанга яригчийн мембраныг урчихвал, эсвэл савыг салгачихвал сольж өгөхгүй.
- Хэрэгтэй үед чанга яригчийг унтрааж асаах унтраалга дохио үүсгэгч дээр бий. Зай дуусгахгүйн тулд хэрэглээгүй үедээ унтраа.
- Энэ туршилтанд, чанга яригчийг холбох гаралт дээр 4 Hz давтамж бүхий хөрөө-шүдэн сигнал үүсч байгаа.
- Уг хөрөө-шүдэн сигналын амплитудыг speaker amplitude (4) гэж тэмдэглэсэн потенциометрээр өөрчилнө. Уг сигналын амплитудтай пропорционал тогтмол хүчдэл speaker amplitude monitor socket (6) болон GND socket (7) хоёрын хооронд үүсч байгаа. Үүнийг хэмжиж уншина. Эдгээр дугаар нь ерөнхий зааварт байгаа зурагт харгалзана шүү.
- Чанга яригчийн мембран эмзэг тул санамсаргүй болон шаардлагүйгээр хамаагүй даралт учруулж болохгүй.

А хэсэг. Өдөөлтийн амплитудын критик утга (3.3 оноо)

Юуны өмнө чанга яригчийг дохио үүсгэгчийн холбогдох гаралтанд зөв туйлаар нь холбоно.

Тэгээд хэсэг (тодруулбал, 50 ш) үрийг тоолж чанга яригчид бэхлэгдсэн цилиндрт хийгээд асгахгүйн тулд өгсөн резинэн бээлийнээс таслан углаж битүүлнэ.

Сэлгэх унтраалгаар чанга яригчийг асааж speaker amplitude (4) гэсэн потенциометрийг өгсөн отверкар эргүүлэх замаар өдөөлтийн амплитудыг (ө.х, үсрэлтийн өндрийг) аажмаар ихэсгэхэд тодорхой утганд үрнүүд хаалтан дээгүүр үсэрсээр аажимдаа тооны тэнцвэр алдагдаж цилиндрийн зөвхөн аль нэг хагас талд аажимдаа цугларах гайхалтай үзэгдэлийг заавал ажиглаарай.

Эхний даалгавраар судалж буй фазын шилжилтийн критик утганд харгалзах өдөөлтийн амплитудыг олно. Үүний тулд, цилиндрийн хоёр хагас тал тус бүр дээр үсэрч буй үрлийн N_1 ба N_2 ($N_1 \leq N_2$ байхаар дугаарлая) тоо A_D хэмжигдэхүүнээс хэрхэн хамаарах хамаарлыг байгуулна. Энд A_D нь speaker amplitude socket (6) ба газар GND хоорондын хүчдэлийг хэмжсэн утга бөгөөд цаашид "уншигдах-амплитуд" (displayed amplitude) гэнэ. Энэхүү хүчдэл нь хөрөө-шүдэн сигналын амплитудтай пропорциональ юм. Хүчдэлийн утга тус бүрт 5-аас доошгүй хэмжилт хийгээрэй..

Hint:

- Үрлүүдийг үргэлж үсэргэж байхын тулд speaker amplitude дээрх хүчдэл 0.7 V ба түүнээс их байх мужийг судална. Бөөмсийн тоолохын өмнө хүчдэлийг аажим өөрчилж үрлүүд хамтдаа ямар онцгой шинж үзүүлэхийг эхэлж заавал ажиглаарай. Статик цахилгаанжилтын улмаас зарим үрэл цилиндрт наалдах ба тэдгээрийг үсэрч буй үрэлд оруулж тоолохгүй.

A.1	A_D амплитудын янз бүрийн утганд цилиндрын хоёр хагас талд харгалзах N_1 ба N_2 үрлүүд тогтонги болох үед тэдгээрийг тоолох хэмжилт шаардлагатай тоогоор хийж Table A.1 хүснэгтэд тэмдэглэ.	1.2pt
-----	---	-------

A.2	N_1 ба N_2 хэмжилтийн стандарт хазайлтыг цэг бүр дээр тооцоолж Table A.1 хүснэгтэд бич. N_1 ба N_2 тоонууд A_D амплитудаас хэрхэн хамаарах график Graph A.2 дээр байгуул. Цэг бүр дээр алдааны мужыг нь тэмдэглэнэ.	1.1pt
-----	---	-------

A.3	Байгуулсан графикаа ашиглан тогтонги төлөвтээ $N_1 = N_2$ болж эхлэх цэгт харгалзах амплитудын $A_{D,crit}$ критик утгыг алдаатай нь тодорхойлж ол.	1pt
-----	---	-----

В хэсэг. Калибровкак засвар (3.2 оноо)

A_D нь чанга яригчид өгсөн хүчдэлийн утга юм. Харин судалж буй үзэгдэлийн "температур"-т хамаарах жинхэнэ амплитуд бол чанга яригч дээрх цилиндрийн хэлбэлзлэх хөдөлгөөний шилжилтийн өргөн (далайц) A юм. Иймд уншигдах амплитудын систематик алдаанд калибровкак засвар хийх замаар уг жинхэнэ амплитудыг олох ёстой. Үүний тулд өгсөн материал хэрэгслийг чөлөөтэй ашиглана.

B.1	Өдөөлтийн далайц буюу чанга яригч дээрх савын хэлбэлзлийн хамгийн их A (mm нэгжээр) шилжилтийг олох хялбар туршилт бодон олж тойм схемээр үзүүл.	0.5pt
-----	--	-------

B.2	A далайцыг mm нэгжээр хангалттай олон цэг дээр тодорхойлох туршилт хий, ө.х., түүнийг A_D утгаас хамаарсан хамаарлыг судалж Table B.2 хүснэгтэд тэмдэглэ. Цэг бүр дээр хэмжилтийн алдааг тэмдэглэ.	0.8pt
B.3	Хэмжилтээрээ Graph B.3 дээр график байгуул. Алдаануудыг оруулж зур.	1.0pt
B.4	Тохирох таарц ашиглан калибровкийн $A(A_D)$ шугаман хамаарлыг олж харгалзах шулуунуудын параметруудийг тодорхойл.	0.8pt
B.5	Критик утганд харгалзах үрлийн өдөөлтийн жинхэнэ амплитудын A_{crit} утгыг тодорхойл.	0.1pt

С хэсэг. Зэрэгийн утга (3.5 points)

Манай системийн хувьд өдөөлтийн кинетик энергийг температур гэж үзэж болно. Энэ энерги нь чанга яригчийн шүдэн хэлбэлзлийн хурдны квадраттай пропорциональ: $v^2 = A^2 f^2$. Энд, f нь хэлбэлзлийн давтамж болно. Одоо цэгцийн параметр температураас хамаарах түгээмэл (Eq. 1) хамаарлыг шалгах туршилт хийж улмаар уг хамааралд буй b зэргийг тодорхойлно.

C.1	Манай системийн хувьд $\left \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ зөрөө нь критик амплитудаас их утганд тэг, харин багасгахад 1 болж ажиглагдах тул цэгцийн параметр болж чадна. Энэхүү цэгцийн параметрийг A далайцаас хамааруулан хэмжиж Table C.1 хүснэгтэд тэмдэглэ.	1.1pt
C.2	$\left \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right $ зөрөөг $ A^2 - A_{crit}^2 $ утгаас хэрхэн хамаарах түгээмэл хамаарал хэмээн үзэж түүнийг log-log хуваарь бүхий Graph C.2 дээр байгуулж алдааны мужыг тэмдэглэ. Үүссэн график шугаман бус харагдавч хамаагүй, шугаман регрессийн арга хэрэглэж харгалзах зэргийн утгыг тооцоолно. Тооцондоо Table C.1 хүснэгт ашиглана.	1pt
C.3	b зэргийн тооцоолсон утгаа бичиж, алдааг нь үнэл.	1.4pt