

Zıplayan Tanecikler – Faz geçişleri ve kararsızlık için modelleme

Lütfen bu probleme başlamadan önce ayrı zarftaki genel talimatları okuyunuz

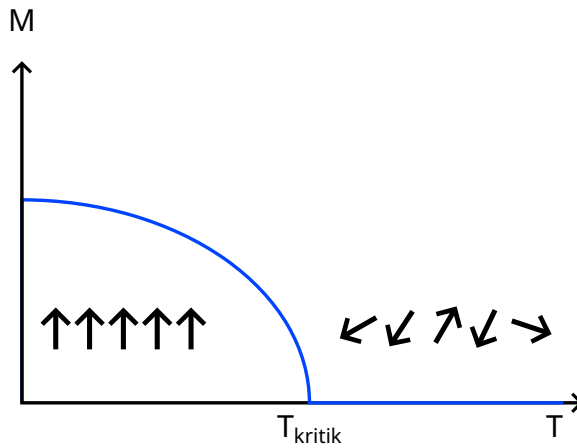
Giriş

Faz geçişleri günlük hayatta iyi bilinir, örneğin su; sıvı, gaz ve katı halde bulunabilir. Bu farklı haller faz geçişleri ile ayrılır. Faz geçişlerinde maddelerdeki moleküllerin toplu hareketi değişir. Faz geçişleri maddenin halinin değiştiği geçiş sıcaklık değeriyle alakalıdır. Suyun kaynama ve donma sıcaklıkları bunlara örnek verilebilir.

Faz geçişleri oldukça yaygın olup mıknatıslar veya süper iletkenler gibi başka sistemlerde de gerçekleşebilir. Geçiş sıcaklığının altındaki durumlarda, maddenin makroskopik durumu sırasıyla paramanyetikten ferromanyetiğe ve normal iletkenen süper iletkene doğru değişebilir.

“Düzen parametresi” diye bir parametre tanımlandığında, tüm bu faz geçişleri genel bir çerçevede tanımlanabilir. Örneğin manyetizmadaki düzen parametresi, makroskopik manyetizasyonlu atomların manyetik momentlerinin dizilimi ile alakalıdır.

Düzen parametresi, sürekli faz geçişlerinde, kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda her zaman sıfırdır, altındaki sıcaklıklarda ise sürekli olarak artmaktadır. Şekil-1’de bir mıknatıs için geçerli şema gösterilmiştir. Sürekli faz geçişindeki geçiş sıcaklığı, kritik sıcaklık olarak adlandırılmaktadır. Şekil aynı zamanda bir mıknatısın mikroskopik düzeninin veya düzensizliğinin şematik gösterimini içermektedir. Ferromanyetik durumdayken her bir manyetik moment hizalanmış olup, paramanyetik durumdayken rastgele dağılmışlardır. Paramanyetik durumdayken makroskopik manyetizasyon sıfırdır.



Şekil-1: Düzen parametresinin M faz geçişinde sıcaklığa bağlılığının şematik gösterimi. T_{crit} kritik sıcaklığının altındayken düzen parametresi artmaktadır (sıfır değildir). T_{crit} değerinden büyükken ise bu değer sıfıra eşittir.

Sürekli faz değişimleri sırasında, faz değişimine yakın noktalarda düzen parametresi için genelde üstel bir fonksiyon geçerli olmaktadır. T_{crit} kritik sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda manyetizasyon M aşağıdaki formülle ifade edilmektedir.

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

Burada T sıcaklıktır. Çok daha çarpıcı olan, bu hareketin evrensel olmasıdır. Bu fonksiyonun kuvveti (üssü) çok farklı faz geçişlerinde de aynı değerdedir.

Görev

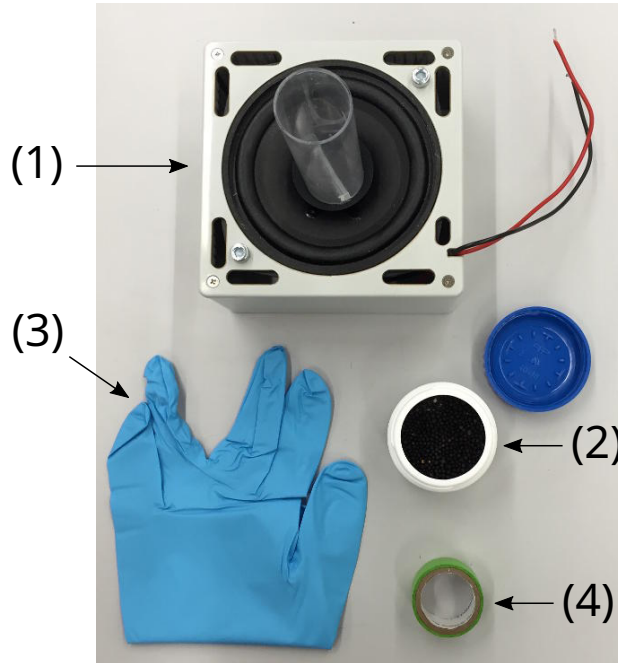
Sürekli faz geçişlerinin bazı özelliklerinin incelenebildiği basit bir örnek üzerinde çalışacağız. Örneğin bir kararsızlık durumunun, parçacıkların toplu hareketine ve daha sonrasında faz geçişine nasıl yol açtığını, ve makroskopik değişimin taneciklerin uyarılmasına nasıl bağlı olduğunu inceleyeceğiz.

Yaygın faz değişimlerinde bu uyarılma sıcaklıkla sağlanmaktadır. Bizim örneğimizde ise bu uyarılma, hoparlör tarafından ivmelendirilen parçacıkların kinetik enerjisinden kaynaklanır. İncelediğimiz faz değişimine karşılık gelen makroskopik değişim, taneciklerin silindirin tek bir yarısına sıralanmasıyla oluşmaktadır. Silindir küçük bir duvarla ikiye ayrılmıştır.

Genliği, parçacıkların silindirin bir yarısında toplandıkları genlik değerinden yukarıya doğru arttırmaya başlarsanız, parçacıkların silindirin iki yarısına da eşit bir şekilde dağılmış olacağını görürsünüz. Bu olay, kritik sıcaklığı geçene kadar ısıtma olayına denk gelmektedir.

Sizin göreviniz burada incelenen faz geçişindeki kritik üs değerini (kuvveti) bulmaktır.

Malzemeler listesi



Şekil-2: Bu deney için gerekli ekstra malzemeler

1. Üzerine plastik silindir yerleştirilmiş hoparlör
2. Yaklaşık 100 adet tanecik (afyon tohumu) (plastik kutunun içinde)
3. Eldiven

4. Yapışkan bant

Önemli Tedbirler

- Hoparlörün üzerine yerleştirilen plastik silindirin yan yüzeyine fazla kuvvet uygulamayınız. Yırtık hoparlör zarı veya koparılan plastik silindirler için değişim olmayacaktır.
- Batarya tüketimini önlemek için kullanmadığınız zaman hoparlörü kapatınız.
- Bu deneyde, sinyal jeneratörünün kenarına yerleştirilen hoparlör çıkışlarından 4 Hz frekanslı testere dişi şekilli bir sinyal alınmaktadır.
- Sağ potansiyometreyi (hoparlör genliği (speaker amplitude (4))) kullanarak testere dişli sinyalin genliğini değiştirebilirsiniz. Hoparlör genliği (speaker amplitude) monitor prizinden (6) alınan çıktı, sinyal genliğiyle orantılı bir DC voltajdır.(toprağa göre GND prizi (7)). Numaralar, genel talimatlardaki fotoğraftaki (Şekil-2) numaralardır.
- Hoparlör zarı hassastır. Bu yüzden yatayda veya dikeyde gereksiz bir kuvvet uygulamadığınızdan emin olunuz.

Kısım A. Kritik uyarılma genliği (3.3 puan)

Görevleri yapmaya başlamadan önce hoparlörü sinyal jeneratörünün kenarındaki çıkışlara bağlayınız. (kutupların doğru şekilde bağlandığından emin olunuz) Hoparlörün üzerindeki silindire biraz (mesela 50 adet) tanecik koyunuz. Tanecikleri silindirin içerisinde tutmak için, size verilen eldivenden kestiğiniz bir parçayı kullanarak silindiri kapatınız. Açma kapama anahtarını kullanarak uyarılmayı açınız ve tornavidayı kullanarak sağ potansiyometreyi (speaker amplitude (4)) döndürerek genliğini ayarlayınız. Farklı genlikleri test ederek taneciklerin dağılımını gözlemleyiniz.

İlk göreviniz bu geçişin kritik uyarılma genliğini bulmak. Görüntülenen genlik A_D değeri hoparlör genliği (speaker amplitude) prizinde (6) ölçülen voltaj değeridir. Kritik uyarılma genliğini bulabilmek için, iki bölmedeki tanecik sayısı N_1 ve N_2 değerlerini (bölmelerin adlarını $N_1 \leq N_2$ olacak şekilde seçiniz, yani az olan kısım N_1 ve çok olan kısım N_2) A_D cinsinden bulunuz. Bu voltaj, hoparlörün testere dişli dalga şeklinin genliği ile orantılıdır. Her bir voltaj değeri için en az 5 ölçüm alınız.

İpucu

- Taneciklerin sürekli hareketli olabilmesi için, hoparlör genliğindeki (speaker amplitude) voltajın 0.7 V'tan büyük olduğu durumdaki genlikleri inceleyiniz. Deneye başlarken yavaşça voltaj değerini değiştirip, tanecikleri saymadan, sistemin hareketini izleyerek başlayınız. Bazı tanecikler elektrostatik sebeplerden dolayı yere yapışmış olabilir, bu tanecikleri hesaba katmayınız.

A.1 Farklı A_D genlik değerleri için ölçtüğünüz tanecik sayılarını (N_1 ve N_2 1.2pt değerlerini) **Tablo A.1'e** kaydediniz.

A.2 N_1 ve N_2 değerlerinin standart sapmalarını hesaplayınız ve **Tablo A.1'e** 1.1pt kaydediniz. N_1 ve N_2 değerlerini görüntülenen genlik A_D 'nin fonksiyonu olarak **Graph A.2'ye** çiziniz. Belirsizliklerini (hata payları) de grafikte gösteriniz.

A.3 Grafiğinizden yola çıkarak, denge durumuna ulaşılan kadar beklendikten 1pt sonra $N_1 = N_2$ olduğu andaki, kritik görüntülenen genlik değeri $A_{D,crit}$ 'yi bulunuz.

Kısım B. Kalibrasyon (3.2 puan)

Görüntülenen A_D değeri, hoparlöre uygulanan voltaj değerine karşılık gelmektedir. Fakat ilginç bir fiziksel büyüklük ise hoparlörün osilasyonunun maksimum yerdeğiştirmesidir (A). Bu değer taneciklerin ne kadar kuvvetli bir şekilde uyarılacağı ile ilgilidir. Bu nedenle görüntülenen genliği kalibre etmeniz gerekmektedir. Bu amaçla verilen araç gereçlerden istediğinizi kullanabilirsiniz.

B.1 Hoparlörün bir periyot içindeki maksimum ilerleme mesafesi A 'yı (mm 0.5pt cinsinden) bulmak için (yani uyarılma genliği) kullandığınız düzeneği çiziniz.

B.2 Uygun sayıdaki noktalar için genlik A değerini mm cinsinden bulunuz. 0.8pt Yani görüntülenen A_D değerlerine karşılık gelen A değerlerini **Tablo B.2'ye** kaydediniz. Ölçümlerinizdeki hata payını belirtiniz.

B.3 **Graph B.3'e** ölçümlerinizi (hata paylarıyla birlikte) çiziniz. 1.0pt

B.4 Uygun eğriyi kullanarak çizdiğiniz eğrinin parametrelerini, ve kalibrasyon fonksiyonunu $A(A_D)$ yazınız. 0.8pt

B.5 Taneciklerin kritik uyarılma genliğini A_{crit} bulunuz. 0.1pt

Kısım C. Kritik Üs (Kuvvet) (3.5 puan)

Bizim sistemimizde sıcaklık, uyarılmanın giriş kinetik enerjisine karşılık gelmektedir. Bu enerji hoparlörün hızının karesi ile orantılıdır, yani $v^2 = A^2 f^2$, burada f titreşimin frekansıdır. Şimdi bu bağımlılığı test edecek ve düzen parametresinin üstel fonksiyonundaki üs(kuvvet) değeri b 'yi bulacağız. (Denklem-1'e bakınız)

C.1 $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ oranı, bizim sistemimizdeki düzen parametresi için uygun bir adaydır. Bu değer kritik genlik değerinin üstünde sifıra eşit, düşük uyarılmalarda ise 1'e eşittir. Bu düzen parametresini genlik A değerinin bir fonksiyonu olarak bulunuz. Sonuçlarınızı **Tablo C.1**'e yazınız. 1.1pt

C.2 $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ ifadesini $|A_{\text{crit}}^2 - A^2|$ ifadesinin bir fonksiyonu olarak log-log grafik kağıdı **Graph C.2**'ye çiziniz. Hesaplamalarınız için **Tablo C.1**'i kullanabilirsiniz. Grafikteki noktalar lineer bir ilişkiye uymuyor görünebilir. Fakat kritik üs formülüne uyması için lineer bir bağlantı kurulmalı. 1pt

C.3 Üs(kuvvet) değeri b 'yi bulunuz. Hatayı tahmin ediniz. 1.4pt