

الكرات القافزة-نموذج لتغير الطور وعدم الاستقرار (10 درجات)

يرجى قراءة التعليمات العامة في الظرف المنفصل قبل أن تبدأ حل المسألة

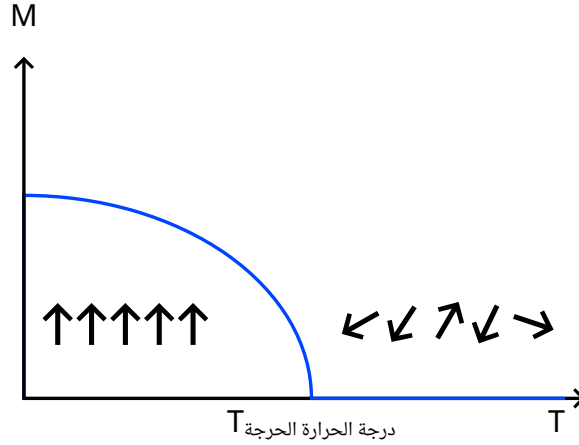
مقدمة

تغير الطور هو ظاهرة معروفة في الحياة اليومية، مثال: يأخذ الماء عدة أطوار وهي السائلة والغازية والصلبة. يفصل هذه الأطوار عن بعضها ما يسمى بتغير الطور أي إن نقطة تغير الطور تفصل بين منطقتي الطورين. يتغير سلوك الجزيئات الكلي عند الانتقال من طور إلى آخر مختلف. يقترب تغير الطور دوماً بدرجة حرارة تغير يحدث عندها الانتقال من طور إلى آخر، مثال: درجة حرارة تجمد الماء هي درجة حرارة التغير من السائل إلى الصلب، ومثال آخر: درجة حرارة الغليان.

تغير الطور شائع كثيراً ونراه في ظواهر فيزيائية أخرى، مثل المواد المغناطيسية حيث ينتقل الجسم من بارامغناطيسي إلى فيرومغناطيسي عند خفض درجة الحرارة إلى أدنى من درجة حرارة التغير، وهناك المواد ذات الناقلية الفائقة، حيث ينتقل الناقل العادي إلى الناقل الفائق عند خفض درجة الحرارة إلى ما دون درجة حرارة التغير.

يمكن وصف كل هذه الانتقالات في إطار مشترك وذلك بإدخال ما يُسمى معامل الترتيب. على سبيل المثال، في المغناطيسية يقترب معامل الترتيب بجعل العزوم المغناطيسية للذرات متوازية وموازية لحقل جمعي (كلي).

في تغيرات الطور، معامل الترتيب يساوي الصفر فوق درجة الحرارة الحرجة ثم يتزايد بشكل مستمر بتناقص درجة الحرارة تحت الدرجة الحرجة، كما هو مبين في الشكل 1 أدناه في حالة مادة مغناطيسية. تسمى درجة حرارة التغير في حالة تغير طور مستمر بدرجة الحرارة الحرجة. يبين الشكل أيضاً تمثيل للترتيب الميكروسكوبي وانعدام الترتيب في حالة مغناطيس، في الحالة المرتبة تكون العزوم المغناطيسية متوازية مما يُعطي حقل مغناطيسي كلي (ماكروسكوبي)، بينما تكون العزوم موجهة بشكل عشوائي في الحالة الثانية مما يُعطي حقل ماكروسكوبي معدوم.



الشكل (1): شكل تمثيلي لاعتماد معامل الترتيب M على درجة الحرارة عند تغير الطور. تحت درجة الحرارة الحرجة T_{crit} يتزايد معامل الترتيب بتناقص درجة الحرارة وهو لا يساوي الصفر، بينما يساوي الصفر فوق درجة الحرارة الحرجة T_{crit} .

في حالة تغير الطور المستمر نجد بشكل عام أنه عند تغير الطور يتبع معامل الترتيب قانون قوة أي على شكل مقدار مرفوع لأس وذلك بجوار درجة حرارة تغير الطور، مثلاً: في المواد المغناطيسية يكون M تحت درجة الحرارة الحرجة T_{crit} معطى بالعلاقة:

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

حيث T هي درجة الحرارة. والمدهش أنّ هذا السلوك هو عام: الأس (b) في القانون هو نفسه في حالات كثيرة مختلفة لتغير الطور.

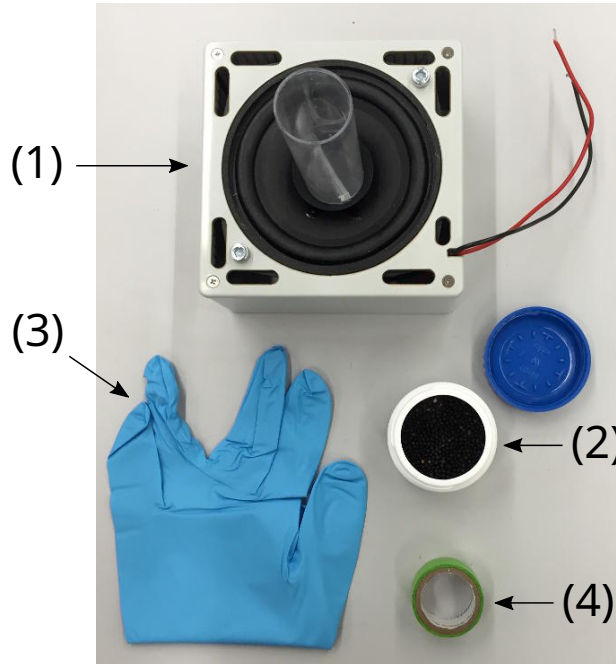
العمل المطلوب

سوف ندرس مثال بسيط: نجد أنه يُمكننا به دراسة بعض خواص تغير الطور، من هذه الخواص التي ندرسها هي كيف يقود عدم استقرار التصرف الجمعي للجسيمات إلى تغير الطور. وكذلك كيف تؤدي إثارة الجسيمات إلى تغير على المستوى الماكروسكوبي.

في تغير الطور الاعتيادي يجري إثارة الجسيمات بواسطة رفع درجة الحرارة. أما في مثالنا فتجري إثارة الجسيمات عن طريق تسريعها شاقولياً بواسطة مضخم صوت، loudspeaker، حيث توضع الجسيمات على سطحه الذي يتحرك شاقولياً. سوف ندرس هنا تغير في الطور ناجم عن التغير الذي يحدث في توزع جملة من الكرات موضوعة في نصف أسطوانة، حيث يكون قعر الأسطوانة مقسوماً بواسطة حاجز صغير.

إذا قمنا بوضع الكرات في أحد جانبي الحاجز الموجود في قعر الأسطوانة، وقمنا بزيادة مطال حركة هذه الكرات وذلك بزيادة مطال حركة مضخم الصوت، سنجد أنّ الكرات ستتوزع بشكل متساوي بين نصفي الأسطوانة (المفصولين بالحاجز). وهذا ما يُمكن مقارنته برفع درجة الحرارة إلى أعلى من درجة الحرارة الحرجة في بعض الأمثلة التي وردت سابقاً. نهدف هنا إلى تعيين قيمة الأس في نموذج تغير الطور المدروس هنا.

قائمة التجهيزات



الشكل 2: أجهزة إضافية لهذه التجربة.

1. مجموعة مضخم الصوت مع أسطوانة بلاستيكية مثبتة أعلاها.
2. حوالي 100 كرة (في علبة بلاستيكية)
3. قفاز مطاطي
4. بكرة لاصق

احتياطات هامة جداً

- إياك أن تضغط أفقياً بشدة على الأسطوانة البلاستيكية المثبتة على مضخم الصوت . لأن ذلك قد يؤدي التجربة وفي حال حصل ذلك فلن يُقدّم لك بديل لذلك لمتابعة التجربة.
- قُم بإطفاء مجموعة مضخم الصوت عندما لا تستخدمه، وذلك لمنع تفريغ البطارية.
- في هذه التجربة، تتم تغذية مضخم الصوت بإشارة على شكل سن منشار بتواتر 4 Hz ، هذه الإشارة مأخوذة من المأخذ على جانب مولّد الإشارة (المشار إليها بـ (2) في الشكل(2) الذي يمثل مولد الإشارة)
- يُمكن ضبط سعة الإشارة (ذات شكل أسنان المنشار) باستخدام المقاومة المتغيرة الموجودة إلى اليمين (التي يشار إليها بالرقم 4 في الشكل(2) الذي يصف مولد الإشارة) عليك استخدام مفك البراغي الصغير المقدم لك. هنا تتم التغذية بتيار مستمر DC يتناسب فيه فرق الكمون لسعة الإشارة الخارجة من مولد الإشارة. لقياس سعة الإشارة نقوم بوصل المقياس المتعدد إلى المأخذ (6) ووصل الأرضي إلى مأخذ الأرضي GND وهو ذو الرقم (7). هذه الأرقام موجودة على الشكل (2) الذي يصف مولد الإشارة بمفرده.
- إن غشاء (سطح) مضخم الصوت سريع العطب. تأكد من أنك لا تطبق ضغط غير ضروري عليه بأية وسيلة أفقياً أو عامودياً.

الجزء A: إثارة سعة حركة حرجة (3.3 درجة)

قبل البدء بالعمل في ما هو مطلوب في هذه المسألة، قم بوصول مضخم الصوت إلى المآخذ الموجودة على جانب مولد الإشارة (تأكد من أنك تصل كل من الأرضي والإشارة بشكل صحيح). فم بوضع عدد من الكرات (50 كرة مثلاً) في الأسطوانة، ثم اقطع اصبع من القفاز واستخدمه لإغلاق الأسطوانة من الأعلى لمنع خروج الكرات من الأسطوانة (تذكر الاحتياطات الواردة أعلاه). قم بتشغيل مولد الإشارة واضبط سعتها بإدارة المقاومة المتغيرة اليمنى (رقم 4 باستخدام مفك البراغي المقدم لك). قم بمراقبة تصرف الكرات من أجل ساعات مختلفة للإشارة.

يهدف العمل الأول إلى تحديد سعة الإثارة الحرجة في هذه الحالة. للقيام بذلك يجب عليك أن تحدد عدد الكرات N_1 و N_2 في الحجرتين (المنفصلتين بواسطة الحاجز أسفل الأسطوانة، اختر ترقيم الحجرتين بحيث $N_1 \leq N_2$) كتابع للسعة A_D وهي فرق الكمون الذي نقيسه بين المآخذ (6) و الأرضي. هذا الكمون يتناسب مع سعة إشارة سن المنشار التي تحرك مضخم الصوت. يجب إجراء على الأقل 5 قياسات لكل قيمة لفرق الكمون.

توجيه:

- لكي تحصل على حركة للكرات ابدأ بفرق كمون يساوي 0.7 V ثم ارفعه تدريجياً وفي كل مرة أوقف التشغيل وعد الكرات. ابدأ عمك بمراقبة تصرف الجملة فقط بتغيير فرق الكمون ببطء دون أن تقوم بعد الكرات. قد تجد أن بعض الكرات تبقى ملتصقة بقاع الأسطوانة نتيجة الكهرباء الساكنة، لا تعد هذه الكرات.

1.2pt	A.1	سجل عدد الكرات N_1 و N_2 الذي تحصل عليه في كل من الحجرتين وذلك من أجل ساعات مختلفة لـ A_D كما في التوجيه السابق وسجل القيم في الجدول A.1.
1.1pt	A.2	احسب الانحراف المعياري للقياسات المتعلقة بـ N_1 وللقياسات المتعلقة بـ N_2 ودون نتائجك في الجدول A.1 . قم برسم بياني لكل من N_1 و N_2 كتابع للسعة A_D وذلك في A.2K Graph ، ومثل على المنحني القطعة المستقيمة الدالة على ترتيب القياس.
1pt	A.3	بالاعتماد على المنحني الذي رسمته حدد قيمة السعة الحرجة $A_{D,crit}$ التي يكون عندها $N_1 = N_2$ بعد الوصول إلى الحالة المستقرة.

الجزء B: المعايرة (3.2 درجة)

إن السعة A_D التي تقرأها تمثل فرق الكمون المطبق على مضخم الصوت. ولكن المقدار الهام فيزيائياً هو سعة اهتزاز مضخم الصوت A . وحيث أن هذه السعة مرتبطة بمدة إثارة الكرات فنحن نحتاج لمعايرة السعة التي نقرأها. لفعل ذلك يُمكنك استخدام أي من التجهيزات و المواد المصاحبة لها وما هو مقدّم.

0.5pt	B.1	قم بوضع رسم يوضح تجربة تسمح بقياس سعة الإثارة أي القيمة العظمى A لتحرك سطح مضخم الصوت خلال دور اهتزاز (مقدراً بالـ mm).
0.8pt	B.2	قم بتحديد السعة A بالـ mm وذلك من أجل عدد مناسب لقيم تختارها للسعة التي تقرأها A_D وقم بتدوين النتائج في الجدول B.2 Table وقدر ترتيب القياس .
1.0pt	B.3	قم برسم المنحني الممثل للقياسات السابقة في B.3 Graph ، وارسم على المنحني القطع المستقيمة المعبرة عن الارتياح.
0.8pt	B.4	حدد معاملات المنحني الذي قمت برسمه واستنتج بالطريقة المناسبة التابع $A(A_D)$.

0.1pt

B.5 حدد سعة الإثارة الحرجة A_{crit} للكرات.

الجزء C: الأس الحرج (3.5 درجة)

في الجملة المدروسة، يقابل درجة الحرارة الطاقة الحركية للإثارة. وهذه الطاقة الحركية تتناسب مع مربع سرعة سطح مضخم الصوت. أي $v^2 = A^2 f^2$ حيث f هو تواتر الاهتزاز. سوف نتفحص هذا الاعتماد ونحدد الأس b لقانون القوة الذي يحكم تصرف معامل الترتيب (انظر المعادلة 1)

C.1 إن المقدار $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ هو مقدار جيد كمعامل ترتيب للجملة المدروسة لأنه يأخذ القيمة صفر فوق السعة الحرجة ويأخذ القيمة 1 عند الإثارة الضعيفة. حدد معامل الترتيب كتابع للسعة A وقم بتدوين نتائجك في الجدول
C.1. Table

C.2 قم برسم المقدار $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ كتابع لـ $|A^2 - A_{\text{crit}}^2|$ في الورقة اللغاريتمية الثنائية C.2. Graph (حيث كل من المحورين لوغاريتميين) يُمكنك استخدام الجدول C.1 Table لحساباتك. قد لا تبدو النقاط على المنحني تتبع علاقة خطية ولكن باستخدام طريقة التراجع الخطي يُمكن التوصل إلى علاقة الأس الخطي.

1.4pt

C.3 قم بتحديد الأس b لتحديد الارتياح.