

الحبيبات القافزه: نموذج تحول الحالة (الطور) وعدم الاستقرار (١٠ علامات)

الرجاء قراءة التعليمات العامة الموجودة في المغلف المنفصل قبل البدء بهذه المسألة.

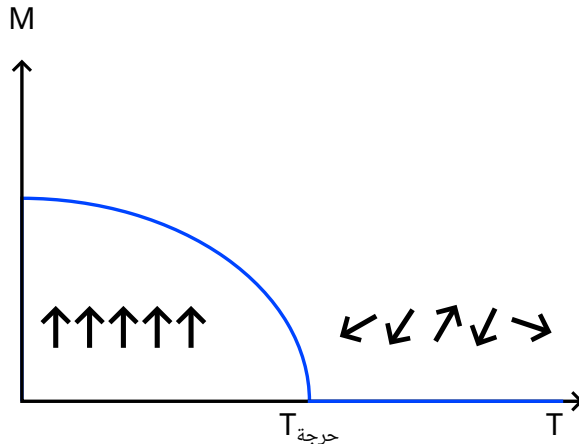
مقدمة

تحولات الحالة معروفة بشكل كبير في حياتنا اليومية، مثال: الماء يكون في عدة حالات مثل الصلب و السائل و الغازي. ويفصل تحول الحالة بين هذه الحالات حيث يتغير تصرف الجزيئات الجمعي في هذه المادة. و تحول الحالة دائماً ما يرتبط بدرجة حرارة حرجة حيث تتغير الحالة، بمعنى درجة التجمد و الغليان للماء في المثال السابق.

تنتشر تحولات الحالة في أنظمة أخرى مثل المغناطيسيات و المواد فائقة التوصيلية حيث تتحول الحالة تحت درجة حرارة حرجة من بارومغناطيس إلى فرومغناطيس ومن موصل عادي إلى فائق التوصيلية، على التوالي.

يمكن وصف جميع حالات التحول في نظام مرجعي واحد عند تعريف ما يدعى بمعامل التنظيم. على سبيل المثال، في المغناطيسية فإن معامل التنظيم مرتبط بتوجيه عزوم المغناطيس للذرات في اتجاه واحد مع نظام مغناطيسي ماكروسكوبي.

بشكل عام يكون معامل التنظيم دائماً صفر عند درجة حرارة فوق الدرجة الحرجة ويزداد بشكل مستمر دونها، كما يبدو من الرسم التخطيطي لمغناطيس في الشكل 1 أدناه. يظهر الشكل أيضاً رسم تخطيطي للترتيب المجهرى المنتظم وغير المنتظم في حالة المغناطيس، حيث تتوجه العزوم المغناطيسية الفردية معاً في حالة الفرومغناطيسية بحيث تعطي المغنطة على المستوى الجمعي بينما تكون موجهة بشكل عشوائي في حالة البارامغناطيسية بما يعطي تصرف مغناطيسي جمعي معدوم.



الشكل 1: تمثيل تخطيطي لاعتماد معامل التنظيم M على درجة الحرارة عند تحول الحالة. عند درجة دون الدرجة الحرجة T_{crit} يزداد معامل التنظيم ولا يكون صفر بينما يكون مساوياً للصفر عند درجة أعلى من T_{crit} .

بشكل عام، عند تحول الحالة نجد أن معامل التنظيم قريب من التحول ويخضع لقانون الأسس، على سبيل المثال في المغناطيسية يكون التمثيل M تحت الدرجة الحرجة T_{crit} معطى بـ:

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

حيث أن T هي درجة الحرارة. ومن المذهل أكثر أن هذا تصرف عام، ويكون الأس في هذا القانون هو نفسه لعدة أنواع من تحول الحالات.

المهمة

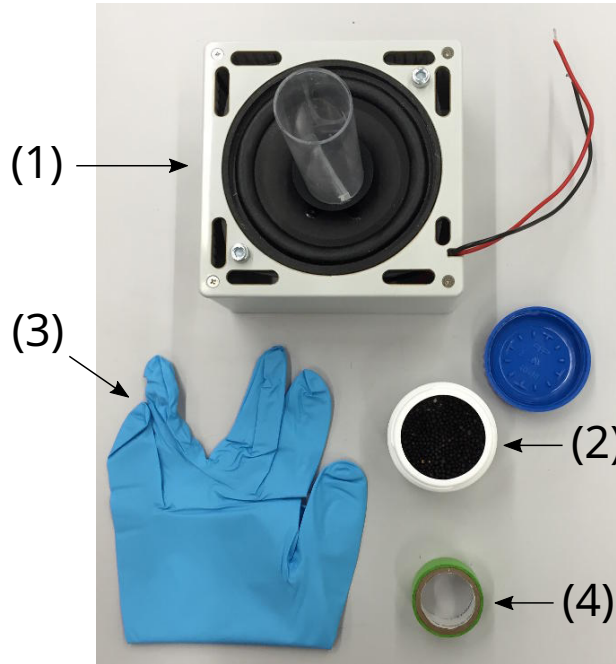
سنقوم بدراسة مثال بسيط يمكن من خلاله التحقق من بعض خصائص تحول الحالة المتصل كمثل كيف يؤدي عدم الاستقرار إلى تصرف جمعي للجزيئات ومن ثم تحول الحالة بالإضافة إلى أن التصرف الجمعي يعتمد على استثارة الحبيبات.

في حالات التحول العامة تكون هذه الاستثارة محكومة بدرجة الحرارة. في مثالنا تكون حالة الاستثارة هي عبارة عن الطاقة الحركية المتسارعة للحبيبات عن طريق السماع. وفي هذه الحالة فإن التغير الجمعي المرتبط بتحول الحالة الذي نقوم بدراسته هنا مرتبط بفرز الحبيبات على نصف اسطوانة مفصولة بحاجز صغير.

زيادة سعة الاهتزاز لحركة الحبيبات المفروزة على نصف الاسطوانة يجعل الحبيبات النهائية تتوزع بالتساوي على نصفي الاسطوانة. وهذا يماثل تسخين الجزيئات أعلى من الدرجة الحرجة.

هدفك هو تحديد الاس الحرج لهذا النموذج من تحول الحالة في هذا النموذج المدروس هنا.

قائمة المواد



الشكل 2: الأدوات الإضافية في هذه التجربة

1. سماعة ذات اسطوانة بلاستيكية مثبتة عليها
2. حوالي 100 بذرة نبات (حبيبة) (في حاوية بلاستيكية)
3. قفاز
4. شريط لاصق

احتياطات مهمة

- لا تؤثر بأي قوة جانبية على الاسطوانة البلاستيكية المثبتة على السماعة. لن يتم الاستبدال في حالة تمزق غشاء السماعة أو الاسطوانة البلاستيكية.
- أطفئ السماعة عند عدم استخدامها لتجنب نفاذ البطارية.
- في هذه التجربة يتم تطبيق إشارة سن المنشار بتردد 4 Hz على السماعة وذلك من خلال مولد الإشارة.
- يمكن التحكم بسعة إشارة سن المنشار باستخدام موزع الجهد المسمى (4) amplitude speaker. وهناك جهد مستمر DC يتناسب مع سعة الإشارة موصل مع كاشف سعة الإشارة (6) وذلك بالنسبة لطرف (مأخذ) (GND) (7). و الأرقام أعلاه تشير إلى الصورة في جزء التعليمات العامة.
- غشاء السماعة حساس. تأكد من عدم الضغط عليه بشكل عمودي أو جانبي.

الجزء A: سعة الاستثارة الحرجة (3.3 علامة)

قبل أن تبدأ بالمهام الرئيسية في هذه المسألة قم بوصول السماعة إلى نقاط التوصيل على جانب مولد الإشارة (تأكد أنك تستخدم القطبية الصحيحة). ضع بعض (مثلاً 50) حبيبة داخل الاسطوانة المثبتة على السماعة واستخدم قطعة من القفاز لإغلاق الاسطوانة من الأعلى لإبقاء الحبيبات بداخلها. قم بتشغيل عامل الإثارة باستخدام مفتاح التبديل وتحكم السعة عن طريق تدوير موزع الجهد المسمى speaker amplitude (4) وذلك باستخدام مفك البراغي. راقب فرز الحبيبات بتجريب عدة قيم للسعة.

المهمة الأولى هي تحديد سعة الإثارة الحرجة لهذا التحول. للقيام بذلك يتوجب عليك تحديد عدد الحبيبات N_1 و N_2 في كلا الجزئين(اختر الجزء بحيث تكون $N_1 \leq N_2$) بدلالة سعة العرض (Displayed Amplitude) A_D والتي هي عبارة عن الجهد الذي يتم قياسه على طرفي سعة السماعة(6). هذا الجهد يتناسب مع سعة إشارة سن المنشار التي تؤثر على السماعة. قم بإجراء 5 قياسات على الأقل لكل جهد.

مساعدة

- للحصول على حركة دائمة للحبيبات التي تقوم بدراستها، قم دائماً بدراسة السعة التي توافق جهد سعة السماعة amplitude speaker voltages فوق 0.7 V . أبدأ بملاحظة تصرف النظام عند تغيير الجهد ببطء وبدون أي عمليات عد للحبيبات. قد يلتصق بعض الحبيبات بالأرض نتيجة لشحنات كهربائية ساكنة فلا تقم بعد هذه الحبيبات.

1.2pt	A.1 Table سجل عدد الحبيبات N_1 و N_2 في كل نصف من الحاوية لعدة قيم من السعة A_D في جدول A.1 Table	A.1
1.1pt	احسب الانحراف المعياري لقياساتك ل N_1 و N_2 واكتب نتائجك في جدول A.1 Table . ارسم N_1 و N_2 بدلالة سعة العرض A_D في الشكل A.2 Graph بالإضافة إلى خطأ القياس فيها.	A.2
1pt	من خلال الرسم حدد سعة العرض الحرجة $A_{D,crit}$ بتقدير السعة التي تكون عندها $N_1 = N_2$ متساويتان (مستقرتان) بعد زمن طويل.	A.3

الجزء B: المعايرة (3.2 علامات)

السعة A_D تتوافق مع الجهد المطبق على السماعة. على كل حال، الكمية الفيزيائية المهمة هي أكبر إزاحة A للإهتزازات للسماعة، وذلك لأن هذا يدل على قوة استثارة الحبيبات . لذلك يتوجب معايرة السعة. لهذا الغرض يمكنك استخدام أي من المواد والأدوات التي تم تزويدك بها كالقلم الرصاص والمسخره وخلافه.

0.5pt	ارسم رسم توضيحي لترتيب الأدوات الذي يسمح لك بقياس سعة الاستثارة، بمعنى آخر المسافة العظمى A (بوحدة ملم mm) للسماعة خلال دورة واحدة من الاهتزاز.	B.1
0.8pt	حدد السعة A بوحدة mm لعدد مناسب من النقاط، بمعنى سجل السعة A بدلالة سعة العرض A_D في الجدول B.2 Table وضع خطأ قياس في قياساتك.	B.2
1.0pt	ارسم البيانات التي حصلت عليها في الشكل B.3 Graph بما فيها خطأ القياس.	B.3
0.8pt	حدد معاملات المنحنى الناتج وذلك باستخدام الخط المناسب لتحديد دالة المعايرة $A(A_D)$.	B.4
0.1pt	حدد السعة الحرجة للاستغارة A_{crit} للحبيبات.	B.5

الجزء C: الأس الحرج (3.5 علامات)

في نظامنا تتوافق درجة الحرارة مع طاقة الحركة الداخلة للاستتارة. وهذه الطاقة تتناسب مع مربع سرعة السماعة، بمعنى $v^2 = A^2 f^2$ حيث ان f هي تردد الاهتزاز. سنقوم الآن بفحص الاعتماد وايجاد الأس b في القانون الذي يحكم معامل التنظيم (انظر المعادلة 1).

C.1 اختلال التوازن $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ هو ممثل جيد لمعامل التنظيم لنظامنا و الذي يكون صفر لقيم أكبر من السعة الحرجة و يساوي 1 عند استتارة ضعيفة. حدد معامل التنظيم بدلالة السعة A وسجل نتائجك في الجدول **Table C.1**.
1.1 pt

C.2 ارسم اختلال التوازن $\left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$ بدلالة $|A_{crit}^2 - A^2|$ في الشكل **C.2 Graph** ، حيث أن كلي المحاور يجب أن يأخذ مقياس لوغاريتمي (رسم لوغاريتمي مزدوج). يمكنك استخدام الجدول **C.1 Table** لحساباتك . قد تبدو النقاط على الرسم أنها لا تخضع لعلاقة خطية لكن يجب إجراء انحدار خطي وذلك بهدف إيجاد الأس الحرج للمعادلة.
1 pt

C.3 حدد الأس b و قدر الخطأ فيه.
1.4 pt