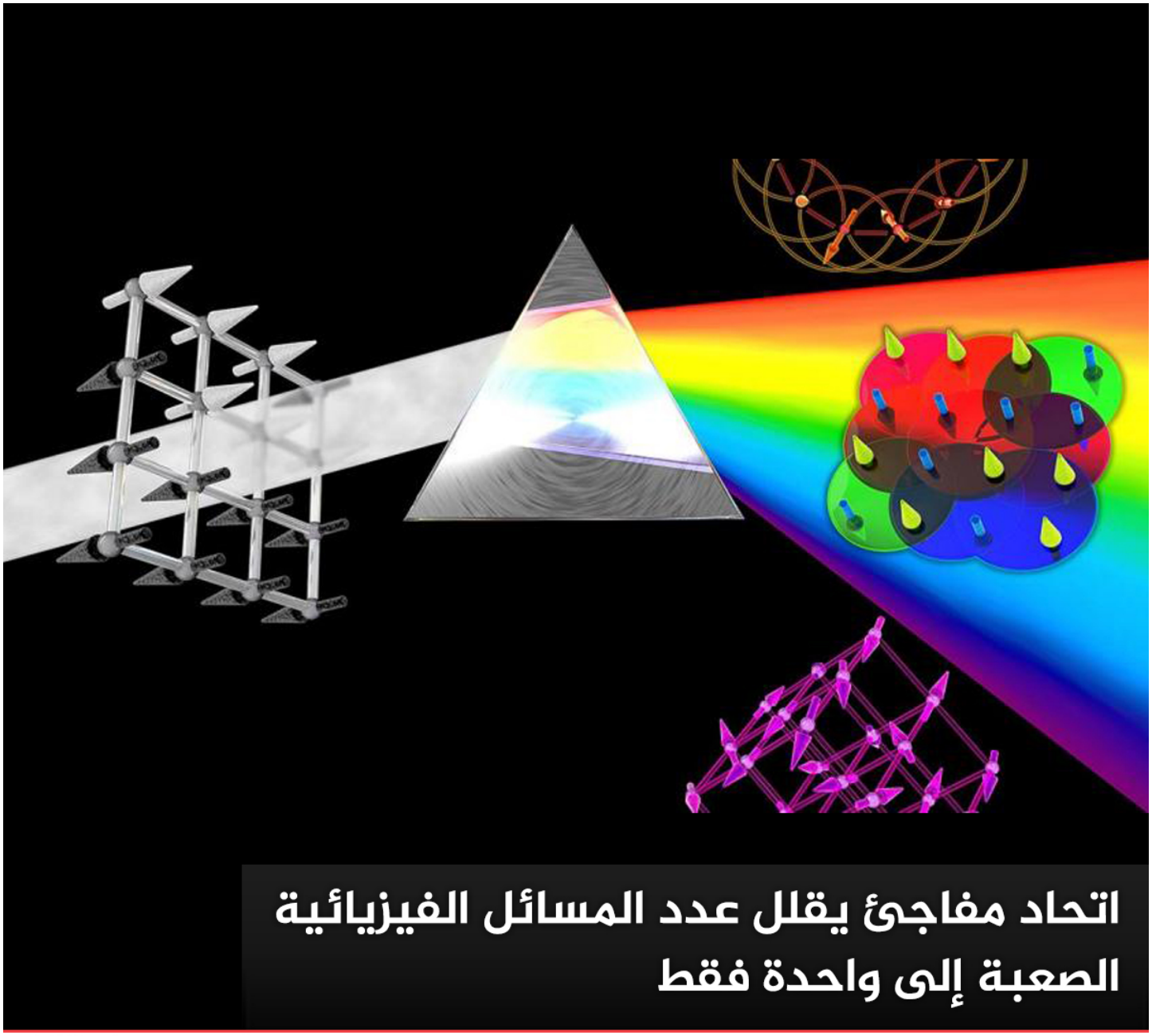
اتحاد مفاجئ يقلل عدد المسائل الفيزيائية الصعبة إلى واحدة فقط



www.nasainarabic.net
@NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic

يمكن جعل نموذج إيسينج البسيط ثنائي الأبعاد، الموجود على يسار الشكل البياني معادلاً لأي نموذج دوراني أكثر تعقيداً، كذلك الموجود على الجهة اليمنى.

إنّه نوع من الفيزياء المتقدمة التي كانت لتعجب سورون **Sauron**، الشرير في الثلاثية الخيالية لـ آر آر تولكين **J. R. R. Tolkien** سيد الخواتم **Lord of the rings**، حيث أعطى فيها خواتماً سحريّة لملوك البشر، والجنّ، والأقزام. لكنّه فيما بعد قام بصناعة خاتم يتحكم ببقية الخواتم.

وبطريقة مشابهة وجد عالمًا فيزياء نظرية طريقة لتحويل كل العناصر المتباينة من عائلة الأنظمة الواسعة والمعقدة المعروفة باسم نماذج

دورانية (نماذج العزم المغزلي) إلى ظلالٍ مختلفةٍ لنموذج بسيط واحد، يقوم الآن بالسيطرة عليهم جميعاً.

إنّ نموذج إيسينج **Ising** هو النموذج الأبسط بين النماذج الدورانية، لكنّه ذو تاريخ أسطوري بالفعل. قد يكون لهذه الميزة آثاراً تتجاوز الفيزياء، فنماذج المحاكاة تُستخدم لكل شيء ابتداء بسوق الأسهم وانتهاءً بتفكيك البروتين.

يقول ديفيد بيريز **David Perez**، وهو عالم رياضيات في جامعة كومبلوتنس مدريد **UCM**، ولم يكن مشاركاً في هذا العمل: "لقد صدمني الموضوع. ليس وجود نموذج عالمي هو ما يثير الدهشة وإنّما مدى بساطة هذا النموذج".

لقد تم اختراع النّماذج الدورانية لشرح المواد المغناطيسية مثل الحديد والنيكل. ويمكن مغنطة هذه المعادن لأنّ كل ذرة من ذراتها تعمل عمل مغناطيس صغير. في درجات الحرارة العالية، تشير الذرات الاهتزازية فيها إلى اتجاهات عشوائية كما أنّ الحقول المغناطيسية لكل منها تُلغي الأخرى.

لكن عند تعرضها لدرجة حرارة تُسمّى كوري (**Curie temperature**) تخضع المواد لمرحلة انتقاليّة تشبه تحوّل الماء إلى جليد، عندها تتحاذى كل الذرات في الاتجاه نفسه بشكل مفاجئ. يؤدي هذا التوافق إلى تقليل الطاقة الكليّة للذرات ويجمع بين حقول طاقتها لأن مغناطيسية كل ذرة تنبع من العزم المغزلي لإلكترونَين غير متوافقين داخلها. وتسمى النماذج التي تبحث في نشأة المغناطيسية بالنماذج الدورانية.

نموذج إيسينج هو أول نموذج دوراني (نموذج عزم مغزلي) وضعه الفيزيائي الألماني ويلهلم لينز **Wilhelm Lenz** عام 1920، ثم أعطاه لطالبه إرنست إيسينج **Ernst Ising** ليقوم بتحليله. وفيه، كل ذرة هي كائن بسيط يمكن أن يتجه إما إلى أعلى أو أسفل؛ وكل عزم مغزلي يقلب عشوائياً مع الطاقة الحرارية، لكنّه يتفاعل مع جاراته، وبالتالي يستطيع كل زوج عزم مغزلي أن يُقلّل طاقتَه عن طريق التحاذي في الاتجاه نفسه.

يستطيع كل عزم مغزلي أيضاً تخفيفَ طاقته عن طريق التّراصف مع حقل مغناطيسي مطبّق بشكل خارجي. من الممكن أن يكون هناك اختلاف بين اقتراح كل زوجي عزم مغزلي كما يمكن أن ينطبق الحقل الخارجي على كل عزم مغزلي.

أراد إيسينج إثبات أنّ تحت درجة حرارة معيّنة سيخضع العزم المغزلي لمرحلة انتقالية مغناطيسية، لكنّه لم يتمكن إلا من حل نموذج إيسينج أحادي البعد (**1D Ising**)، أي سلسلة عزم مغزلي واحد، واكتشف أنه لا يحتوي على مرحلة انتقالية. اعتقد إيسينج أن النماذج ثنائية وثلاثية الأبعاد تخضع للحالة ذاتها.

وفي عام 1944 اكتشف عالم الكيمياء النرويجي/ الأميركي الغامض لارس أونساغر **Lars Onsager** حلّاً لنموذج إيسنج عن طريق ثنائيات متجانسة ودون حقول خارجية على نمط مربع من العزم المغزلي. قام أونساغر المشهور بغموضه، والحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1968 عن أحد أعماله السابقة وفي الوقت ذاته خسر وظيفتين في مجال التدريس، بإظهار أن هناك مرحلة انتقالية في نموذج **2D Ising**، إذ لوحظ بداية في النموذج النظري، وقد أصبح حساب القوة الذي أسسه أسطورياً في يومنا هذا. مع أنّ نشره قد تم بعد عامين فقط إلّا أنّ النموذج ثلاثي الأبعاد مازال بلا حل.

في هذه الأثناء، كانت الصعوبات التي تعرض لها إيسينج هي السبب جزئياً في اختراع علماء الفيزياء الكثير من نماذج العزم المغزلي الأخرى. وبدلاً من الصعود والهبوط، يمكن أن يكون لعزوم اللف الذاتي إعدادات أخرى أو أن يوجد فيها إبرة تماماً كالبوصلة تشير إلى شتى الاتجاهات.

كما يمكن للعزم المغزلي أن يتفاعل مع مجموعات أكبر من مجرد زوجين أو أن تتفاعل مع ما هو أبعد من جاراتها. على سبيل المثال، محاكاة انتشار وباء ما عن طريق نموذج دوراني بعزم مغزلي يكون له ثلاث احتمالات: سليم، أو مريض، أو متعاف.

تقول جيما دي لاس كويفاس **Gemma De las Cuevas**، عالمة فيزياء نظرية في معهد ماكس بلانك **Max Planck** للبصريات الكمية في جارشينج بألمانيا: "نموذج العزم المغزلي هو لقب سيء نسبةً لشيء عمومي جداً".

لكن كل هذه النماذج الدورانية المتباينة يمكن أن تُحول إلى النموذج القديم **2D Ising**، هذا ما أبلغه كلٌّ من دي لاس كويفاس **De las Cuevas** وتوبي كوبيت **Toby Cubitt**، باحث نظريات في جامعة لندن، لموقع العلوم **Science**. وبشكل بدائي، فإن تفسيرهما يعمل على النحو التالي: أولاً، وجد العالمان أن ارتفاع وهبوط العزم المغزلي لإيسينج يشبه الإجابة بصح أو خطأ عن عبارة منطقية مثل (هذه السيارة بيضاء اللون).

ثم قاما بإثبات أنّ أي نموذج **Ising 2D**، على سبيل المثال يوجد فيه ثنائيات وحقول خارجية، يكون معادلاً لمشكلة منطقية مماثلة تسمى قابلية التحقيق **satisfiability** أو اختصاراً **SAT**، التي يكون الهدف منها التوصل إلى بيانات منطقية **A,B,C** تخدم صيغة منطقية طويلة مثل (**A**) ولا تخدم (**B,C**). بهذا يقدم الباحثان النظريان طريقة لرسم خريطة للمشكلة **SAT** على النموذج **Ising 2D**.

بعد ذلك، أظهرا أنّ أي نموذج عزم مغزلي يمكن تحويله إلى مسألة **SAT**. ثم يمكن تحويل مسألة **SAT** إلى نموذج **Ising 2D**، وهكذا يصبح نموذجا العزم المغزلي متساويَين. لكن هناك عواقب لهذه الحالة، يجب أن يكون لدى نموذج **Ising 2D** عدداً من العزم المغزلي أكبر من العدد الموجود لدى نموذج العزم المغزلي الأساسي.

لكنّ دي لاس كويفاس تقول إنّ المطالب الحسابية لنموذج إيسينج أكبر بنسبة قليلة من النموذج الأصلي، كما تقول: "إن استطعت أن تشرح كل المناطق المُعلّمة في نموذج **2D Ising** بحقول، فهذا سيكون معادلاً لسبر كلّ نماذج العزم المغزلي الممكنة".

إنّها احتمالية ضعيفة، ومع أنّ أونساغر استطاع حلّ نموذج **2D Ising** بثنائيات متجانسة ودون حقول خارجية، تبقى المشكلة فيما يتعلق بالثنائيات غير المتجانسة والحقول الخارجية دون حل وهي من أكثر المسائل المتطلبة حسابياً، فعدد الخطوات الحسابية فيها يساوي ضعف خطوات العزم المغزلي.

يقول ميغيل أنخيل مارتن دلغادو **Miguel Angel Martin-Delgado**، وهو عالم فيزياء نظرية في **UCM**: "من المدهش أنك تستطيع تعيين أي نموذج على هذا النموذج البسيط، لكن يمكنك النظر للجانب الآخر، فهذا النموذج الذي يبدو بسيطاً هو في الحقيقة معقدٌ كالنماذج الأخرى".

توافق دي لاس كويفاس على هذا الكلام وتضيف أنّ قيمة الميّزة قد تظهر في الحسابات العملية. كما أنّها تؤمن طريقة لتحويل أي نموذج عزم مغزلي، مهما كان قديماً، إلى نموذج **2D Ising** مع تعقيدات النموذج الأساسي المرمزة في الثنائيات بين عزم **ising** المغزلي والحقول المغناطيسية.

إن تمكن أحدهم من تحسين هذه الوصفة فسيكون من الأسهل محاكاة نموذج **Ising** على الحاسوب عوضاً عن محاكاة النموذج الأصلي، وتقول دي لاس كويفاس: "أعتقد أن هنالك مجالاً كبيراً للتفكير، الآن أستطيع دراسة هذا النموذج الذي لم أستطع أن أدرسه من قبل باستخدام هذا النموذج العالمي".

قد يتم ذكر هذا التقدم في الكتب المدرسية. يتم التعريف بنموذج **Ising** في مناهج الميكانيكا الإحصائية على أنه أبسط نموذج عزم مغزلي. لذلك قد يذكر في الكتب المستقبلية أن رغم بساطته، إلّا أنّه يعيد إنتاج جميع النماذج الأخرى، بمعنى أنّه كل ما تحتاج معرفته.

- التاريخ: 2016-04-06
- التصنيف: فيزياء

#نماذج العزم المغزلي #نموذج إيسينج Ising #العزم المغزلي #نموذج 2D Ising

المصادر

- sciencemag

المساهمون

- ترجمة
  - محمد الشيخ حيدر
- مُراجعة
  - همام بيطار
- تحرير
  - ليلاس قزيز
  - أنس الهود
- تصميم
  - علي كاظم
- نشر
  - مي الشاهد