

موقع الفريد في الفيزياء القانون الثالث للديناميكا الحرارية والصفر المطلق



إعداد الدكتور . حازم فلاح سكيك - صاحب موقع الفيزياء التعليمي وشبكة الفيزياء التعليمية

القانون الثالث للديناميكا الحرارية والصفر المطلق

يتعلق القانون الثالث للديناميكا الحرارية بالسلوك المحدود للأنظمة عندما تؤول درجة الحرارة إلى الصفر المطلق. معظم حسابات الديناميكا الحرارية تستخدم فروقات الانتروبي فقط لذلك فإن نقطة الصفر على مقياس الانتروبي غير مهمة في معظم الأحيان. لكننا سوف نناقش القانون الثالث للديناميكا الحرارية بهدف الكمال لأنه يصف حالة الانتروبي تساوي صفر.

ينص القانون الثالث للديناميكا الحرارية بأن الانتروبي لبلورة مثالية تساوي صفر عندما تكون درجة حرارة البلورة تساوي الصفر المطلق أي ٠ كلفن. يجب أن تكون البلورة مثالية تماما والا فإنه سيوجد بعض العشوائية فيها. كما أنه يجب أن تكون عند الصفر المطلق والا سوف يكون هناك بعض الحركة الحرارية داخل البلورة والتي سوف تؤدي إلى العشوائية.

وتحدث البروفيسور سيبال ميترا Siabal Mitra استاذ الفيزياء في جامعة ولاية ميسوري نتيجة أخرى للقانون الثالث للديناميكا الحرارية، ومنها توصل إلى نص آخر وهو أنه يتطلب عدد لانتهائي من الخطوات للوصول إلى الصفر المطلق، لأنك إذا كان لديك مبدد حراري عند الصفر المطلق فأنك تستطيع بناء آلة حرارية أو محرك حراري بكفاءة تصل إلى ١٠٠%.

نظريا يمكن الحصول على بلورة مثالية بحيث تكون فراغات الشبكة البلورية مشغولة بذرات متشابهة. لكن من المستحيل الوصول إلى درجة حرارة الصفر المطلق بالرغم من أن العلماء اقتربوا جدا منها. لهذا كل المواد تحتوي على بعض الانتروبي بسبب وجود بعض الطاقة الحرارية.

نبذة تاريخية

أول صياغة للقانون الثالث للديناميكا الحرارية تمت بواسطة العالم الألماني الكيميائي والفيزيائي ولتر نيرنست Walther Nernst. حيث ذكر أنه من المستحيل لأي عملية أن تؤدي إلى الحد الحراري الفاصل $T = 0$ من خلال عدد محدود من الخطوات. هذا النص أدى إلى تأسيس مفهوم درجة حرارة الصفر المطلق على أنها درجة حرارة لا يمكن الوصول لها تماما كما في حالة سرعة الضوء. وبالمثل مهما قمنا بتبريد النظام فإننا نقوم بخفض درجة حرارته لكن لا يمكن أن نصل أبدا إلى الصفر المطلق.

يتطلب القانون الثالث للديناميكا الحرارية مفهوم أدنى درجة حرارة بحيث أن أقل منها لا يمكن أن توجد درجة حرارة أدنى منها وهي درجة حرارة الصفر المطلق. وكان العالم روبيرت بويل Robert Boyle أول من تحدث عن أدنى درجة حرارة ممكنة في العام ١٦٦٥ عندما أشار إليها بالبرودة الأولية.

يعتقد أن درجة الصفر المطلق قد حسبت بدقة في العام ١٧٧٩ بواسطة العالم يوهان هاينريش لامبرت. أجري لامبرت حساباته على العلاقة الخطية بين الضغط ودرجة حرارة الغاز. عند تسخين الغاز في وعاء محصور فإن ضغطه يزداد.

موقع الفريد في الفيزياء

هذا لان درجة حرارة الغاز هي مقياس لمتوسط سرعة الجزيئات في الغاز. كلما اصبحت حرارة الغاز اعلى كلما كانت سرعة جزيئاته اعلى وكلما كان الضغط الذي يبذله الغاز على الوعاء اعلى. من المناسب للامبرت ان يفترض انه عندما يكون الغاز عند درجة حرارة الصفر المطلق ان تكون حركة الجزيئات قد توقفت تماما، وبالتالي لا تبذل اي ضغط على جدران الوعاء.

اذا قمنا برسم العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة لغاز بحيث تكون درجة الحرارة على المحور السيني والضغط على المحور الصادي فان خط مستقيم يربط نقاط القياسات مما يشير هذا إلى علاقة خطية بين درجة الحرارة والضغط. ومن امتداد الخط المستقيم نحو الضغط يساوي صفر على المحور الصادي توصل إلى ان النقطة على محور السينات تكون سالب ٢٧٠ درجة مئوية وهي قريبة جدا من القيمة المعروفة للصفر المطلق والتي تساوي سالب ٢٧٣.١٥ درجة مئوية.

مقياس درجة الحرارة المطلق (تدريج كلفن)

العالم الذي ارتبط اسمه بالتدريج المطلق لدرجة الحرارة هو العالم وليام طمسون والذي اشتهر باسم كلفن. يعتبر الكلفن الاكثر استخداما من قبل العلماء حول العالم. ان فرق درجات الحرارة على مقياس كلفن يساوي فرق درجات الحرارة على مقياس سليزس (المقياس المئوي)، لكنه وبسبب انه يبدأ من الصفر المطلق وليس من درجة حرارة تجمد الماء، فانه يستخدم مباشرة في الحسابات الرياضية وبالاخص في عمليات الضرب والقسم. على سبيل المثال تكون درجة الحرارة ١٠٠ كلفن اعلى بمرتين من درجة الحرارة ٥٠ كلفن، كما ان عينة من غاز محصور عند درجة حرارة ١٠٠ كلفن تحتوي على طاقة حرارية تعادل مرتين الطاقة التي يمتلكها غاز محصور عند درجة حرارة ٥٠ كلفن، ويكون الضغط ايضا يساوي مرتين الضغط عند ٥٠ كلفن. مثل هذه الحسابات لا يمكن ان نقوم بها باستخدام المقياس المئوي او الفهرنهايتي. اي ان ١٠٠ درجة مئوية لا تعادل مرتين درجة الحرارة ٥٠ درجة مئوية ونفس الامر على المقياس الفهرنهايتي.

نتائج القانون الثالث للديناميكا الحرارية

حيث ان درجة حرارة الصفر المطلق لا يمكن الوصول لها فان القانون الثالث يمكن ان يصاغ على النحو يتطابق مع العالم الحقيقي على ان الانتروبي للبلورة المثالية تؤول إلى الصفر عندما تؤول درجة الحرارة إلى الصفر المطلق. يمكن ان نقوم باستخلاص هذه النتيجة نظريا لكن لا يمكن توضيحها عمليا.

في الوقت الحالي توصل العلماء إلى درجة حرارة قريبة جدا تصل إلى النانو كلفن ويسعى العلماء حاليا إلى الوصول إلى درجة حرارة البيكو كلفن مع انه تم تبريد قطعة من معدن الروديوم إلى ١٠٠ بيكو كلفن وهي ادنى درجة حرارة تم التوصل لها.

حيث ان درجة حرارة الصفر المطلق لا توجد في الطبيعة ولا يمكن الوصول لها في المختبر الا ان مبدأ الصفر المطلق موضوع حاسم في الحسابات الرياضية التي تتضمن درجة الحرارة والانتروبي. ان الكثير من القياسات تشتمل على علاقات ترتبط مع نقطة بداية. فعندما نذكر المسافة علينا ان نسأل انفسنا من اي نقطة نحدد المسافة؟ وعندما نذكر الزمن علينا ان نسأل منذ متى؟ تعريف قيمة الصفر على مقياس درجة الحرارة يعطي معنى للقيم الموجبة على المقياس. عندما نقول ان درجة الحرارة ١٠٠ كلفن فان هذا يعني ان درجة الحرارة ١٠٠ كلفن فوق الصفر المطلق، والذي يعادل مرتين درجة الحرارة ٥٠ كلفن والنصف اذا كانت درجة الحرارة ٢٠٠ كلفن.

يتضح لنا ان القانون الثالث للديناميكا الحرارية واضحة وبسيطة. ومع ذلك فانه يأتي بنهاية مناسبة لسلسلة طويلة من الابحاث التي تصف بشكل كامل طبيعة الحرارة والطاقة الحرارية.

عن الكاتب :الدكتور حازم فلاح سكيك

د. حازم فلاح سكيك استاذ الفيزياء المشارك في قسم الفيزياء في جامعة الازهر - غزة | مؤسس شبكة الفيزياء التعليمية | واكاديمية الفيزياء للتعليم الالكتروني | ومنتدى الفيزياء التعليمي | ومركز الترجمة العلمي | وقناة الفيزياء التعليمي على اليوتيوب | ورئيس تحرير مجلة الفيزياء العصرية | Email skhazem@gmail.com