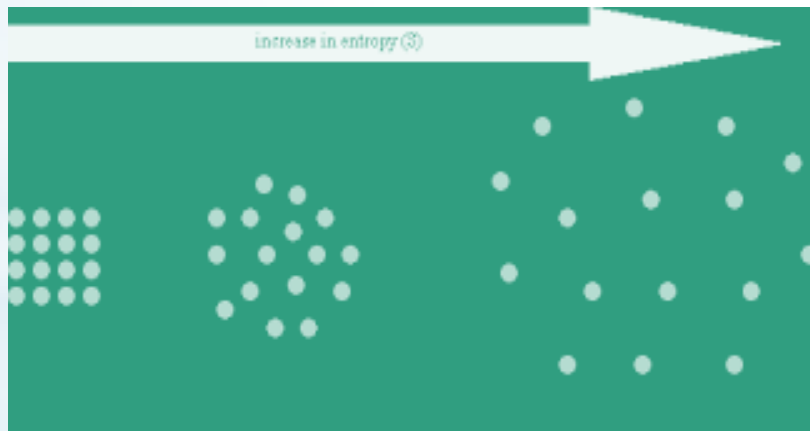




الجزء الخامس Part 5



الانتروبي - القانون الثالث للديناميكا الحرارية Entropy - Third Law of Thermodynamics



Third Law of Thermodynamics

● Entropy = 0	Entropy > 0
	
Perfect crystal	Imperfect crystal

23



الانتروبي The Entropy

كلمة يونانية تعني "التغير"

في الابواب السابقة وجدنا ان: كمية الحرارة التي تأخذها مادة الشغل من المصدر كي تنتقل من حالة ابتدائية لحالة أخرى تختلف عن كمية الحرارة التي تعطيها للمبرد لكي تعود لحالتها الابتدائية بطريق آخر

كمية الحرارة ليست دالة في حالة الجسم - كمية الحرارة لا تعتمد على الحالة الاولى والاخيرة فقط بل تعتمد على المسار (الطريق الموصل بين الحالتين)

كيف نجعل كمية الحرارة دالة في حالة الجسم؟

نفترض ان جسما ما تغيرت حالته من **A** الى **B** نتيجة عملية عاكسة فأخذ أو أعطى كمية حرارة dQ عند درجة حرارة **T** كي يغير من حالته تغيرا طفيفا . .

لندرس المقدار $\frac{dQ}{T}$ على طول المسار $\int_A^B \frac{dQ}{T}$.. ونحاول اثبات انه لا يعتمد على المسار

لا ثبات ذلك يكفي أن ثبت ان هذا التكامل يساوي صفرا إذا كان المسار مغلق (عملية دورانية)

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0$$

افرض ان مادة الشغل في دورة كاربوت أخذت كمية حرارة $Q_0 +$ عند درجة حرارة T_0 (اثناء التمدد الايزوثيرمي والادياباتيكي) وتخلصت من كمية حرارة $Q_1 -$ عند درجة حرارة T_1 وقد وجدنا سابقا ان

$$\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_1}{T_1} = 0 \quad \therefore \rightarrow \oint \frac{dQ}{T} = 0$$

النتيجة النهائية هي ان التكامل $\oint \frac{dQ}{T}$ لاي عملية عاكسة دورانية او غير دورانية لا تعتمد على المسار . . . بالتالي نعرف مفهوم جديد هو "الانتروبي"

*الانتروبي يعتمد فقط على حالة الجسم (مثله مثل الضغط والحجم ودرجة الحرارة) والتغير فيه على الصورة:

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

يمكننا تحديد حالة ما واعتبار الانتروبي لها = صفر ومقارنة باقي قيم الانتروبي عند باقي الحالات بها . .

$$S = \int \frac{dQ}{T}$$

إذا حدث تغير طفيف في حالة جسم نتيجة لأخذ كمية حرارة طفيفه dQ عند درجة حرارة T فإن التغير الطفيف في الانتروبي dS

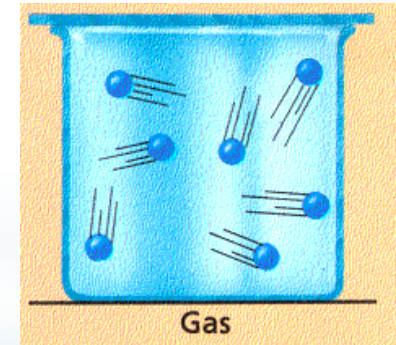
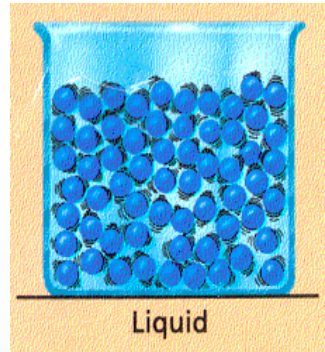
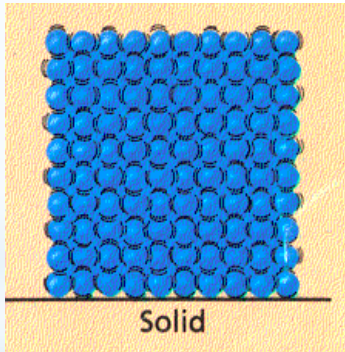
$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (\text{J / K})$$

The amount of heat dQ is a measure of disorder and randomness, it means that: the greater the amount of heat the more random (thermal) movement of molecules and thus increase the lack of order then :

Entropy is a measure of chaos and disorder

كمية الحرارة dQ هي مقياس لعدم النظام والعشوائية بمعنى أنه كلما انزدادت كمية الحرارة كلما انزدادت الحركة العشوائية (الحرارية) للجزيئات وبالتالي يزداد عدم النظام إذن :

الانتروبي مقياس للفوضى ولعدم النظام



$$dS_{\text{solid}} < dS_{\text{liquid}} < dS_{\text{gas}}$$

إذا قام الجسم بأي عملية دورانية غير عاكسة فإن: $\oint \frac{dQ}{T} < 0$ (انظر الباب السابق)

هذه اللامتساوية تعرف بلامتساوية كلاوزيوس

القانون الأول للديناميكا الحرارية: $dQ = dU + dW$

يمكن كتابته الآن على الصورة: $TdS = dU + dW$

هذه العلاقة تعرف بالبداية الثانية للديناميكا الحرارية للعمليات العاكسة . ومنها نستنتج أن:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T \quad \& \quad \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = P$$

كيفية حساب الانتروبي: الانتروبي كمية لا يمكن قياسها عمليا بطريقة مباشرة

الانتروبي S دالة في حالة الجسم (غاز مثلا) مثل الضغط P ودرجة الحرارة T والحجم V

$$P = f(T \& V) \gg \gg V = f(T \& P) \gg \gg T = f(P \& V)$$

وبالمثل الانتروبي دالة في أي متغيرين من الثلاثة $P \& V \& T$

العلاقة بين الانتروبي والمتغيرات الثلاثة ($P \& V \& T$) تعرف بمعادلات ماكسويل للديناميكا الحرارية

الانتروبي اثناء العمليات العاكسة والغير عاكسة في المجموعات المغلقة

المجموعة المغلقة : جسم او مجموعة أجسام (غانرا او عدة غانرات) تتفاعل فيما بينها ولا تتفاعل مع الاجسام الاخرى

(١) بفرض أن العملية العاكسة تمت والمجموعة المغلقة معزولة (عملية أديباتيكية)

إذن ($dQ = 0$) أي أن المجموعة لم تأخذ ولم تعط أي كمية حرارة وعليه فإن التغير في الانتروبي = صفر

(٢) بفرض أن العملية العاكسة تمت ودرجة الحرارة ثابتة (عملية أيزوثيرمية)

الانتروبي للجسم الذي يأخذ حرارة ستزيد أما الانتروبي للجسم الذي يعطي الحرارة (المصدر) ستنقص بنفس القدر
وعليه فالتغير في الانتروبي للمجموعة المغلقة (أي الجسمين) صفرا

" الانتروبي للمجموعة المغلقة تبقي ثابتة اثناء أي عملية عاكسة ($dS=0$) "

(٣) العمليات الغير عاكسة في المجموعة المغلقة هي العمليات التي تحدث في الطبيعة

تبين التجربة والنظرية ان: الانتروبي تزيد اثناء أي عملية غير عاكسة في أي مجموعة مغلقة

قانون حفظ الطاقة في المجموعات المغلقة ينص على ان الطاقة تبقي ثابتة ولا تتغير اثناء أي عملية تحدث في المجموعة . ما عواقب ذلك ؟

الطاقة قبل العملية = الطاقة بعد العملية فلا يستطيع القانون أن يدلنا على بداية العملية ولا على نهايتها ولا يدل على اتجاه العملية وبالتالي لا يستطيع التفريق بين الحالة الأولى والحالة الأخيرة للمجموعة



الاحتمال الاحصائي للحالة والنتروبي

ما معنى ΔS للنتروبي لمجموعة ما تساوي قيمة معينة؟

افترض غاز مكون من جزئين a و b

نضع الغاز في وعاء مقسم لقسمين ونفترض حدوث الحالات الموضحة بالشكل المقابل.
أي الحالات هي حالة ΔS ؟ هنا تدخل الاحتمالات

عدد الحالات هو $4 = 2^2$ واحتمال حدوث أي حالة هو $\frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$

بالتالي فإن احتمال وجود جزئ في قسم وجزئ في قسم آخر هو: $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$

اذن احتمال حدوث هذه الحالة اكبر من احتمال حدوث الحالات الاخرى

لدينا ٣ حالات: ١. جزئ في كل قسم ونصل لهذه الحالة بطريقتين

٢. جزئان بالقسم الاول ونصل اليها بطريقة واحدة

٣. جزئان بالقسم الثاني ونصل اليها بطريقة واحدة

الاحتمال الاحصائي W : عدد الطرق للوصول (لتحقيق) حالة ما

a	b
---	---

b	a
---	---

ab	
----	--

	ab
--	----

$$\frac{\text{الاحتمال الاحصائي}}{\text{عدد الحالات الكلية}} = \text{احتمال حدوث حالة}$$

الحالة	(2,0)	(1,1)	(0,2)
الاحتمال الاحصائي W	1	2	1
احتمال الحدوث	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$

لنكرر المثال السابق ولكن بفرض ان عدد الجزئيات ٤ والاقسام ٤

الحالة	(4,0)	(3,1)	(2,2)	(1,3)	(0,4)
الاحتمال الاحصائي W	1	4	6	4	1
احتمال الحدوث $\frac{W}{2^N}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{6}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{1}{16}$

نكرر ما سبق . . وفي النهاية نستنتج مايلي:

١. الحالة الاكثر احتمالا (حالة الاتزان) هي الحالة التي يكون الاحتمال الاحصائي لها اكبر ما يمكن
٢. الحالة الاكثر احتمالا (حالة الاتزان) هي الحالة التي تتوزع فيها الجزئيات بالتساوي على جميع الاقسام أي الحالة التي تنتشر فيها الجزئيات على الوعاء كله
٣. الاحتمال الاحصائي W مقياس لعدم النظام فكلما كانت الجزئيات أكثر ترتيبا يقل الاحتمال الاحصائي وكلما نراد عدم النظام انردادت W
٤. حالة الاتزان هي الحالة التي فيها عدم النظام اكبر ما يمكن!

ه. إذا كان عدد الأقسام m فإن الاحتمال الاحصائي $W = \frac{N!}{N_1!N_2!.....N_m!}$

علمنا من قبل ان الانتروبي مقياس لعدم النظام اذن لابد ان هناك علاقة بين الانتروبي

لحالة ما والاحتمال الاحصائي لنفس الحالة $S = f(W)$

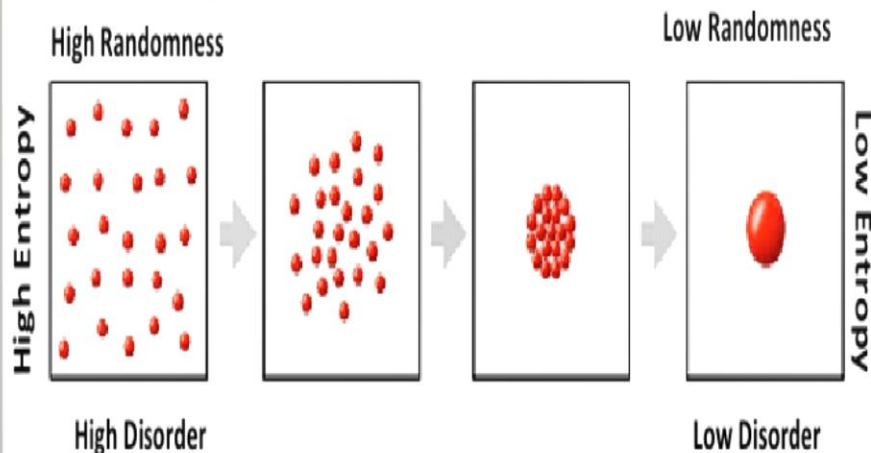


الكوب على اليسار بين اختلاط لون بني في الماء . توزيع اللون في الماء أولا غير منتظم ، وبعد انقضاء فترة زمنية نجد أن الماء يكتسب لونا متوزعا بالتساوي .

يمكن اعتبار الإنتروبية مقياس "لعدم الانتظام". فبينما يبدو المحلول في الكوب اليمين مخلوطا بعناية ، يتضح أن توزيع حبيبات اللون فيه توزيعا عشوائيا ، وهذا معناه أن إنتروبية النظام قد زادت عن إنتروبية السائل في الكوب اليساري. نجد في الكوب اليسر عدة مناطق يعلو فيها تركيز اللون في الماء وأخرى ذات تركيز أقل ، بل نجد أيضا مناطق لم يصلها اللون بعد

What is Entropy

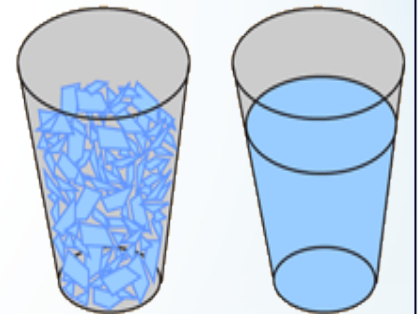
- A measurement of the **degree of randomness** of energy in a system.
- The lower the entropy the more ordered and less random it is, and vice versa.



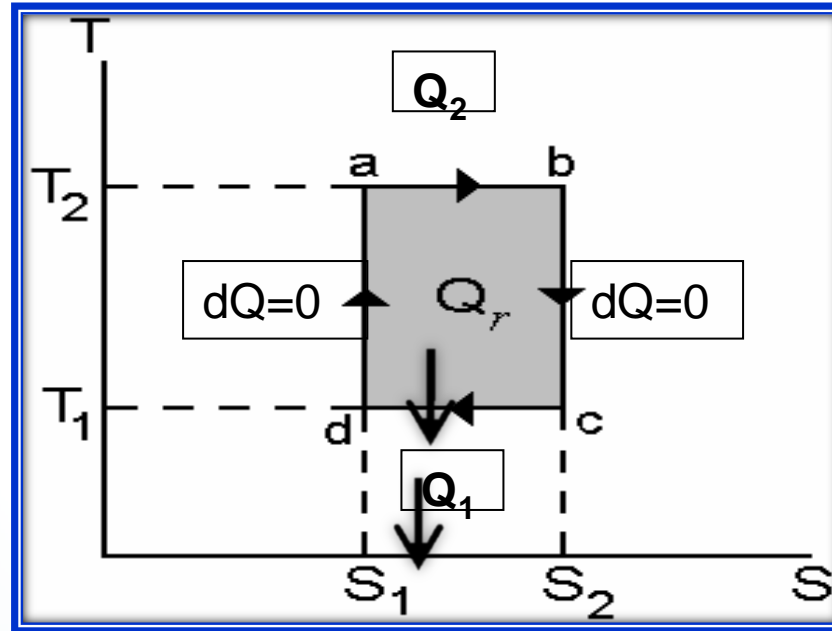
Examples: gallon of gas, prepared food, sunlight have low entropy.

When these are "used" their entropy increases

Which is more disordered?
The glass of ice chips or the glass of water?



مخططات الإنتروبي - درجة الحرارة لدورة كارنوت



$$\oint Tds = \int_a^b dQ + \int_b^c dQ + \int_c^d dQ + \int_d^a dQ = Q_2 - Q_1$$

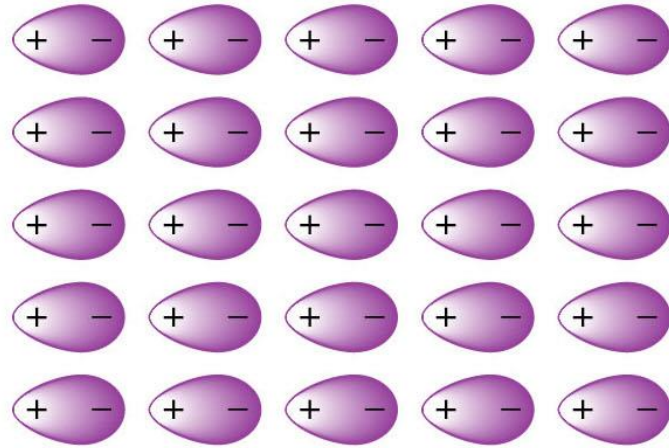
القانون الثالث للديناميكا الحرارية (فالتر هيرمان نيرنست)

الصيغة الثانية

استحالة الوصول إلى درجة الصفر المطلق

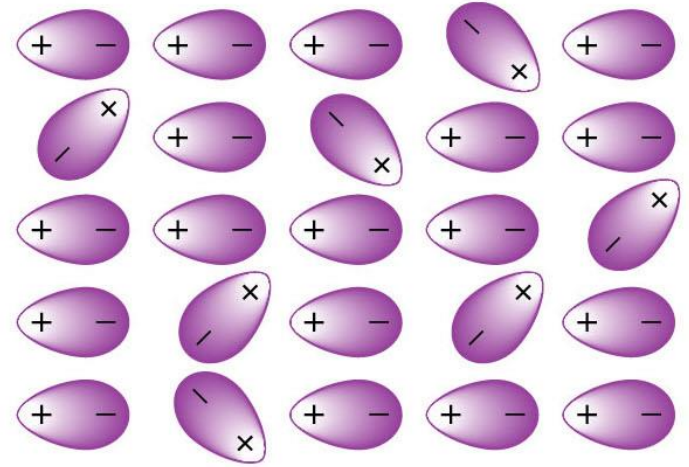
الصيغة الثالثة

الأنثروبيا لبلورة مثالية تصل إلى الصفر إذا وصلت درجة الحرارة إلى الصفر المطلق



(a)

بلورة مثالية عند الصفر المطلق



(b)

بلورة عند درجة حرارة أكبر من الصفر المطلق

عند الاقتراب من درجة الصفر المطلق $T=0K$ تصبح الانتروبية S لا تعتمد على الإحداثيات الأخرى للديناميكا الحرارية حيث تصل الانتروبية S إلى قيمة ثابتة S_0

$$\lim_{T \rightarrow 0} S(T, p, V, \dots) = S(T = 0) = S_0 .$$

ويمكن كتابة الانتروبية الثابتة عند درجة الصفر المطلق على الصورة

$$S_0 = k \cdot \ln(\Omega_0) \quad \Omega_0 : \text{عدد الحالات الممكنة للحالة الأرضية}$$

K : ثابت بولتزمان

فعلى سبيل المثال، بالنسبة إلى بلورة ذات عدد N من الذرات، حيث يمكن للذرات فيها أن تتخذ وضعين اثنين للعزم المغزلي في الحالة الأرضية ويكون:

$$S_0 = k \cdot \ln(2^N)$$

وبالنسبة إلى جميع التفاعلات الكيميائية الطبيعية التي تصبح فيها المواد الداخلة في التفاعل بلورات مثالية عند درجة الصفر المطلق تتصف بالمعادلة:

$$\lim_{T \rightarrow 0} S(T, p, \dots) = 0$$

Thermal Death of the Universe الموت الحراري للكون

عند البدء كان الكون كرة هائلة الطاقة صغيرة الحجم، خلال مليارات السنين تمدد الكون "أديباتيكيا" مع انطلاق حوافه الخارجية بسرعات هائلة تقترب من سرعة الضوء.

حاولت قوانين الديناميكا الحرارية فهم السلوكيات الحرارية للكون وتبع الانتقال المستمر للطاقة من المناطق الساخنة الى الباردة وما نتج عن ذلك من زيادة الفوضى والانتروبيا في الكون !! .
وقفة:

كادت ان تحدث الفوضى عند بدء الخلق – والله اعلم - لولا تدخل الخالق الجبار باستوائه الى السماء في مرحلة الدخان (الطاقة المرجلية) فأنهي الفوضى وسيطر على الكون الذي اختار ان ينصاع لخالقه فوضع له قوانينه المنظمة لحركته في ابداع وروعة وتناسق عجيب

من حسن حظنا ! فلا زالت الشمس تمدنا بسيل هائل من الطاقة وسيستمر ذلك وتزداد انتروبية الكون وفي نفس الوقت تستمر الشمس والنجوم الاخرى في فقد الانتروبي بمعدل $\frac{dQ}{T_h}$ والاجسام الباردة تكتسب كمية من الانتروبي $\frac{dQ}{T_c}$
وقفة:

لا يعتبر ذلك "من حسن الحظ" بل ان وجود مناطق معينة ساخنة في الكون تمد غيرها بالطاقة اللازمة للحياة يعتبر من بديع تقدير الخالق .. وليس هناك فوضى او انتروبي عقب تسوية الكون .

تخيل ما سيحدث عندما تتساوى درجات حرارة جميع الاجسام في الكون ستصل
الفوضى والانتروبية لاقصي قيمة، ورغم ان الطاقة الاصلية للكون ما زالت ثابتة الا
انها عديمة الفائدة. . لن تنمو النباتات ولن تعمل المحركات وستتوقف الحياة في الكون.

وقفة:

**عندما تتساوى درجات حرارة جميع الاجسام في الكون سيتوقف
تمدد الكون - لوصول كثافة الكون للقيمة الحرجة- وستحدث
العملية العكسية وهي الانكماش العظيم وتعود الحرارة لبعض
مكونات الكون**

**ولكن ستستمر عملية زيادة الحرارة الى لحظة الدخان (العملية
العكسية لبدء الخلق) فيعود الكون لحالة الطاقة المرجلية والفوضى
الاولية وهنا فقط تظهر الانتروبية ويستمر الانكماش حتي نصل
لنقطة البدء..... وينتهي الكون.**

الموت الحراري للكون

The thermal death of the universe

At the beginning, the universe "Adiabatically" expands as its outer edges start at enormous speeds close to the speed of light

This has resulted in increased chaos and entropy in the universe !!

The Magnificent Creator ended the chaos and dominated the universe and set his laws governing his movements and splendor and wondrous consistency

من حسن حظنا ! فلا زالت الشمس تمدنا بسيل هائل من الطاقة وسيستمر ذلك وتزداد انتروبية الكون وفي نفس الوقت تستمر الشمس والنجوم الاخرى في فقد الانتروبي بمعدل $\frac{dQ}{T_h}$ والاجسام الباردة تكتسب كمية من الانتروبي $\frac{dQ}{T_c}$

This is not a "good luck", but the existence of certain hot areas in the universe that provide other energy necessary for life is a wonderful appreciation of the Creator .. There is no chaos or entropy after the settlement of the universe

عند البدء كان الكون كرة هائلة الطاقة صغيرة الحجم، خلال مليارات السنين تمدد الكون "أديباتيكيا" مع انطلاق حوافه الخارجية بسرعات هائلة تقترب من سرعة الضوء .

حاولت قوانين الديناميكا الحرارية فهم السلوكيات الحرارية للكون وتتبع الانتقال المستمر للطاقة من المناطق الساخنة الى الباردة وما يتبع عن ذلك من زيادة الفوضى والانتروبيا في الكون !! .

وقفة

كادت ان تحدث الفوضى عند بدء الخلق - والله اعلم - لولا تدخل الخالق الجبار باستوائه الى السماء في مرحلة الدخان (الطاقة المرجلية) فأنهي الفوضى وسيطر على الكون الذي اختار ان ينصاع لخالقه فوضع له قوانينه المنظمة لحركته في ابداع وروعة وتناسق عجيب

وقفة:
لا يعتبر ذلك "من حسن الحظ" بل ان وجود مناطق معينة ساخنة في الكون تمد غيرها بالطاقة اللازمة للحياة يعتبر من بديع تقدير الخالق .. وليس هناك فوضى او انتروبي عقب تسوية الكون .

Imagine what will happen when the temperature of all the objects in the universe is equal and chaos and entropy will reach the maximum value.

Although the original energy of the universe remains constant, it is useless: plants will not grow, engines will not work and life in the universe will stop

When the temperature of all objects in the universe is equal, the expansion of the universe will stop - the density of the universe reaches the critical value -

*The reverse process will occur - the **Big Crunch** and heat returns to some components of the universe*

But the process of heat increasing to the moment of smoke (the reverse process to start creation) will return the universe to the state of boiler energy and primary chaos and here only show entropy and contraction continues until we reach the starting point The universe ends.

تخيل ما سيحدث عندما تتساوى درجات حرارة جميع ما في الكون ستصل الفوضى والانتروبيا لاقصى قيمة ، ورغم ان الطاقة الاصلية للكون ما زالت ثابتة الا انها عديمة الفائدة . لن تنمو النباتات ولن تعمل المحركات وستتوقف الحياة في الكون .

وقفة:

عندما تتساوى درجات حرارة جميع الاجسام في الكون سيتوقف تمدد الكون - لوصول كثافة الكون للقيمة الحرجة- وستحدث العملية العكسية وهي الانكماش العظيم وتعود الحرارة لبعض مكونات الكون

ولكن ستستمر عملية زيادة الحرارة الى لحظة الدخان (العملية العكسية لبدء الخلق) فيعود الكون لحالة الطاقة المرجلية والفوضى الاولى وهنا فقط تظهر الانتروبيا ويستمر الانكماش حتي نصل لنقطة البدء..... وينتهي الكون.

السئلة عامة

اختر الاجابة او الاجابات الصحيحة مع تعليل الاختيار (أ) قدر الامكان

١. قيمة التغير في الانتروبي لعملية عاكسة (اديا باتيكية) في نظام مغزول:

$$(أ) \int \frac{d\varphi}{T} \quad (ب) \frac{d\varphi}{T} \quad (ج) \text{ صفر}$$

٢. قيمة التغير في الانتروبي لعملية عاكسة ودرجة الحرارة ثابتة (عملية اينزوترومية):

$$(أ) \int \frac{d\varphi}{T} \quad (ب) \frac{d\varphi}{T} \quad (ج) \text{ صفر}$$

٣. التغير في الانتروبي للمجموعة المغلقة اثناء أي عملية عاكسة

$$(أ) \int \frac{d\varphi}{T} \quad (ب) \frac{d\varphi}{T} \quad (ج) \text{ صفر}$$

٤. الاحتمال الاحصائي اكبر ما يمكن في حالة : (أ) الاتزان (ب) عدم الاتزان

٥. حالة الاتزان هي الحالة التي يكون فيها عدم النظام:

(أ) اكبر ما يمكن
(ب) اقل ما يمكن

١. $\oint \frac{d\varphi}{T}$ دالة في الحالة ولا يعتمد على المسار

٢. الانتروبي مقياس للفوضى وعدم النظام

٣. تغير الانتروبي للغاز أعلى من تغيره في السائل أعلى من تغيره في الحالة الصلبة