النظام الديناميكي الحراري

النظام الديناميكي الحراري :

هي مجموعة محدودة من المادة والطاقة لتحليل أية تغيرات داخل النظام .

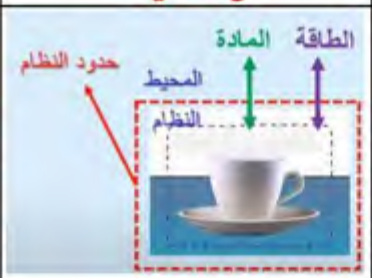
حدود النظام :

هو سطح وهمي مغلق يحيط بالنظام .

محيط النظام :

هي المادة والطاقة خارج حدود النظام .

أنواع الأنظمة الديناميكية الحرارية :

	النظام المفتوح	النظام المغلق	النظام المعزول
التعريف	يتم فيه تبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والمحيط	يتم فيه تبادل الطاقة بين النظام والمحيط ولا يحدث تبادل للمادة	لا يسمح بتبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والمحيط
الرسم			
تبادل الطاقة	√	√	X
تبادل المادة	√	X	X
أمثلة	قدر يغلى على النار غير مغطى	أسطوانة ذات مكبس وصمام	الثرموس الحراري

ملاحظات هامة :

1- ما اسم الأداة التي أمامك ؟ .....

2- فيم يستخدم ؟

.....

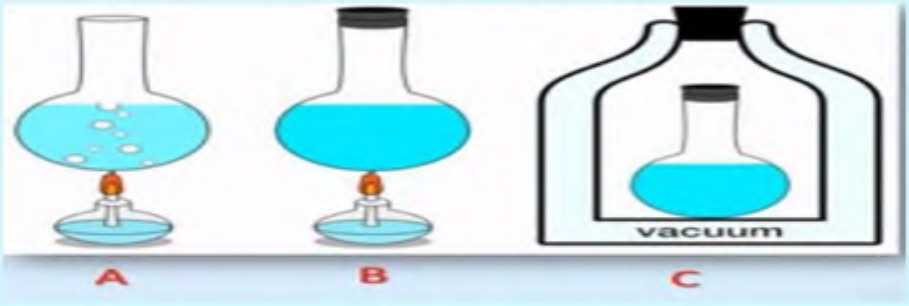
3- مما يتركب ؟

.....

.....

سؤال 1

ما نوع النظام الديناميكي الحراري في كل مما يأتي؟



سؤال 2

قارن بين النظام المفتوح والمغلق والمعزول من حيث تبادل الطاقة والكتلة مع ذكر أمثلة

	النظام المفتوح	النظام المغلق	النظام المعزول
تبادل الطاقة			
تبادل المادة			
أمثلة			

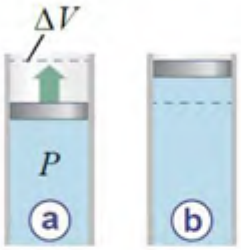
سؤال 3

صف سبب تعريفنا للحدود بين النظام الديناميكي الحراري ومحيطه ؟

4 أي مما يلي ليس مثالاً على النظام المفتوح ؟

A	قدر الضغط	B	فنجان من القهوة الساخنة من دون غطاء
C	قدر تغلى فيه المكرونة من دون غطاء	D	تنشق للإنسان للأكسجين وزفيره لثاني أكسيد الكربون

الشغل المبذول بوساطة الغاز



لدينا أسطوانة لا نهائية من الغاز عند ضغط ثابت يسمح للغاز بالتمدد
لحساب الشغل الذي يبذله الغاز أثناء تمدده

$$W = Fd$$

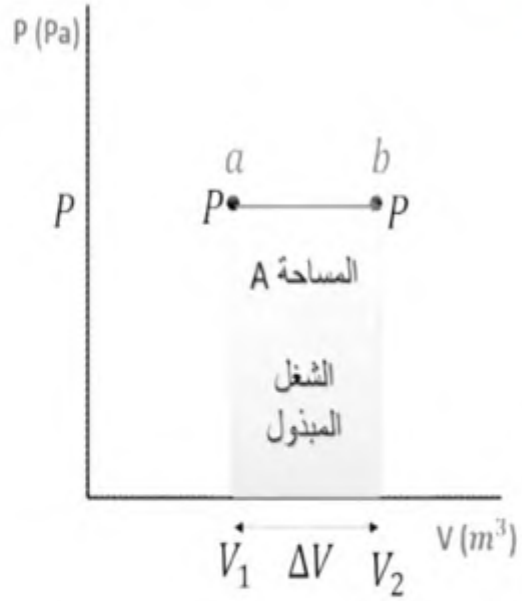
$$P = F/A \qquad F = PA$$

$$W = PAd \qquad \Delta V = Ad$$

$$\boldsymbol{W = P\Delta V}$$

قانون الشغل المبذول بواسطة الغاز		
$\boldsymbol{W = P\Delta V}$	$\boldsymbol{W}$	الشغل المبذول (J)
	$\boldsymbol{P}$	الضغط (Pa)
	ΔV	التغير في الحجم (m^3)

العلاقة البيانية بين حجم الغاز (V) وضغطه (P) عند تمدد الغاز في الأسطوانة تحت ضغط ثابت.



يمكن حساب الشغل المبذول بوساطة الغاز من الرسم البياني للضغط مقابل الحجم $(P - V)$.

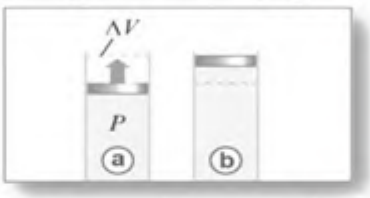
حيث أن الشغل المبذول يساوي المساحة أسفل المنحنى، والتي تساوي $(P\Delta V)$، ويقاس بوحدة J.

$$\boldsymbol{W = P\,\Delta V}$$

ملاحظات هامة عند دراسة الشغل المبذول بوساطة الغاز في مكبس.

$$W = P\,\Delta V$$

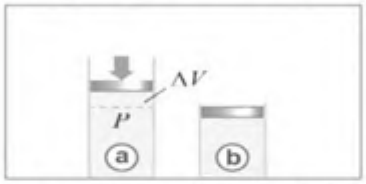
أولا: عند تمدد الغاز



يكون الشغل المبذول من الغاز على المحيط، وتكون قيمة شغل الغاز موجبة.

$$W = +P\,\Delta V$$

ثانيا: عند انكماش الغاز

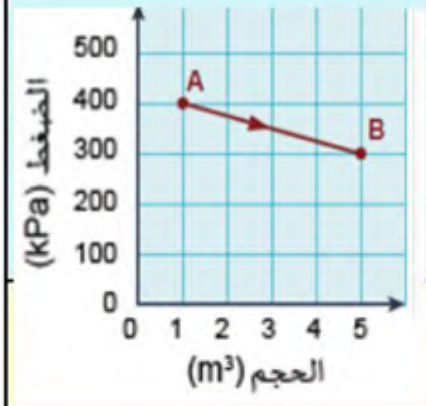


يكون الشغل المبذول من المحيط على الغاز وتكون قيمة شغل الغاز سالبة، حيث يكون شغل الغاز معاكسا لشغل المحيط.

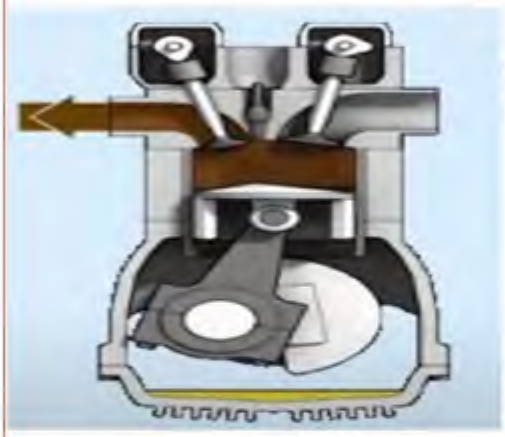
$$W = -P\,\Delta V$$

سؤال	يبذل الغاز في أسطوانة ذات مكبس متحرك ضغطاً قدره $1.6 \times 10^5 Pa$. إذا تمدد الغاز من حجم ابتدائي $4m^3$ إلى ضعفي هذه القيمة، فما الشغل الذي يبذله الغاز عند ثبات الضغط؟

سؤال	يوضح الرسم البياني (P-V) المجاور تغيراً في حالة الغاز المثالي a- احسب الشغل المبذول بين نقطتي البداية والنهاية b- هل يبذل الشغل بوساطة الغاز على المحيط أو المحيط على الغاز؟ فسر ذلك؟

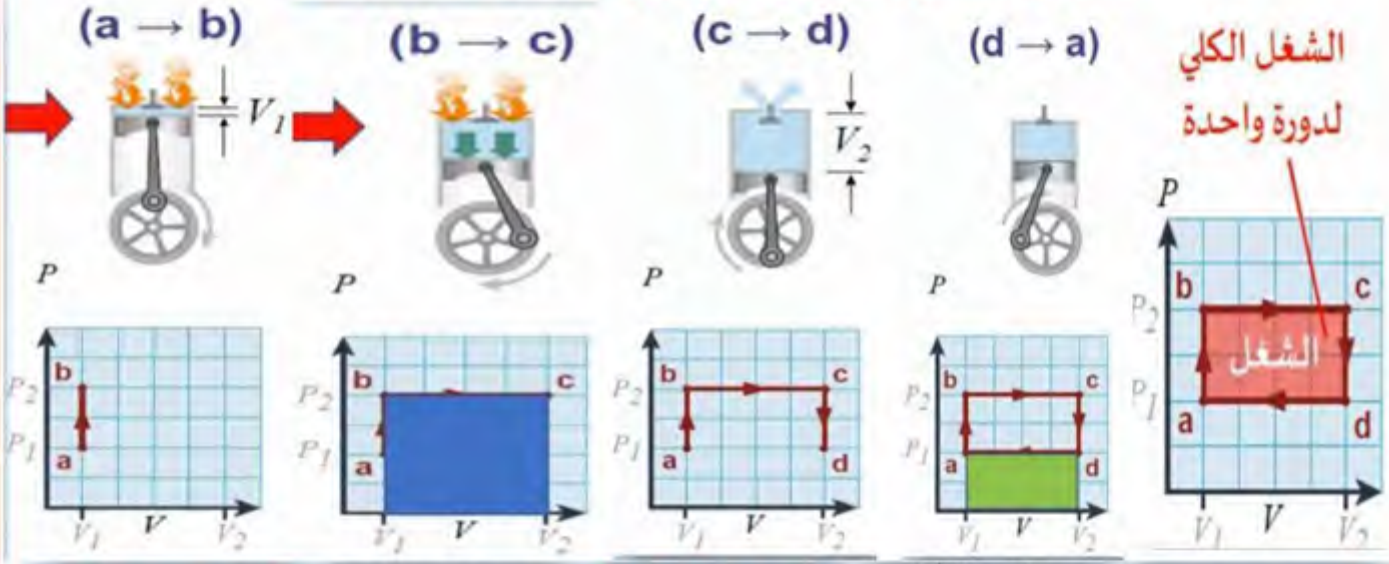


دورات الديناميكا الحرارية



- عندما يتم بذل الشغل بوساطة نظام ديناميكي حراري يعود النظام في الغالب إلى حالته الابتدائية ويكرر العملية
- تسمى العملية الديناميكية الحرارية التي تتكرر (الدورة الديناميكية الحرارية)
- سنقوم بتحليل الشغل المبذول خلال دورة ديناميكية حرارية كاملة في نظام ديناميكي حراري (مكبس سيارة مثلاً)
- حيث يكون الشغل الكلي المبذول لدورة واحدة مساوياً لمساحة الدورة على الرسم البياني(P-V)

تحليل الشغل المبذول خلال دورة ديناميكية واحدة



الشغل الكلي لدورة واحدة	(d → a)	(c → d)	(b → c)	(a → b)
الشغل الكلي المبذول للغاز يساوي المساحة داخل الدورة كاملة. $W = A$ $W = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$	يعود المكبس للأعلى وصولا لحجمه الابتدائي عند a عند ضغط ثابت ليبدأ دورة جديدة. الشغل المبذول من الغاز $W = -P_1 \Delta V$	عندما يصل المكبس إلى نهاية شوطه عند أقصى حجم، يتحرّر عندها الضغط بفتح الصمام ويعود لقيمته الابتدائية عند ثبوت حجمه.	يتمدد الغاز باذلاً شغلاً على المكبس ويكون الضغط ثابتاً. الشغل المبذول من الغاز $W = +P_2 \Delta V$	تُضاف الحرارة إلى الغاز فتزداد درجة حرارته وضغطه عند ثبوت حجمه، لاحظ أن الحجم يكون أقل ما يمكن.

سؤال

أجب عن الأسئلة التالية :

1- هل يمكن للغازات أن تبذل شغلاً؟

.....

2- هل يمكننا حساب الشغل الذي تبذله الغازات؟

.....

3- هل يمكن تحويل هذا الشغل لأنواع أخرى من الطاقة؟

.....

حالات الديناميكا الحرارية

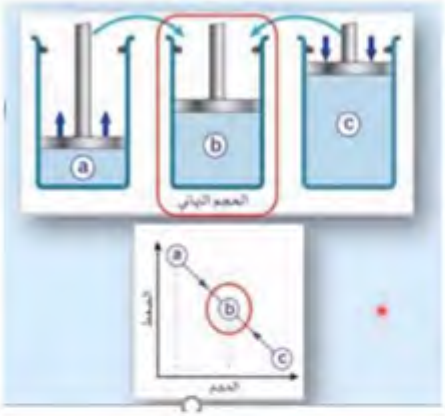
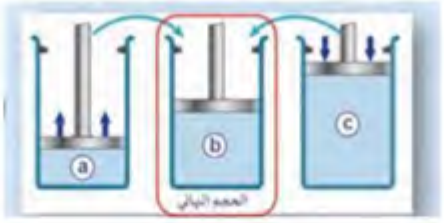
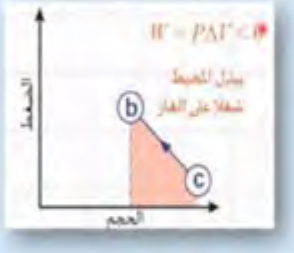
يتم وصف النظام الديناميكي الحراري عند أي لحظة زمنية بكمّيات (متغيرات فيزيائية)، مثل الحجم ودرجة الحرارة والضغط.

الحالة الديناميكية الحرارية للنظام:

هي حالة النظام الديناميكي الحراري في لحظة ما ويتم وصفها بمتغيرات الحجم ودرجة الحرارة والضغط .

متغيرات الحالة الديناميكية الحرارية للنظام:

هي المتغيرات الفيزيائية التي تستخدم لوصف النظام الديناميكي وتعتمد على الحالة النهائية وليس على المسار

	دالة الحالة	دالة المسار
التعريف	الدالة التي تعتمد على الحالة النهائية للنظام أي تعتمد على متغيرات الحالة ولا تعتمد على المسار	الدالة التي تعتمد على المسار المتبع أي طريقة الأنتقال بين الحالتين
	الحجم 	الشغل والحرارة 
	طاقة الوضع 	أولا: الشغل على المسار a→b. لاحظ أن الغاز يتمدد: $\Delta V = V_2 - V_1 > 0$ يكون شغل النظام موجبا. $W = P\Delta V > 0$ يبذل النظام شغلا على المحيط. ثانيا: الشغل على المسار c→b.  لاحظ أن الغاز ينكمش: $\Delta V = V_2 - V_1 < 0$ يكون شغل النظام سالبا. $W = P\Delta V < 0$ يبذل المحيط شغلا على النظام.

سؤال 1	هل الحجم متغير حالة؟ استخدم مثالاً لشرح إجابتك .

نعم الحجم متغير حالة، لأنه يعتمد على الحالة النهائية للنظام ولا يعتمد على المسار
مثال:
إذا نفخ بالون لحجم معين فحجم البالون النهائي يعتمد على حالة البالون ولا يعتمد على الطريقة التي تم بها نفخ البالون

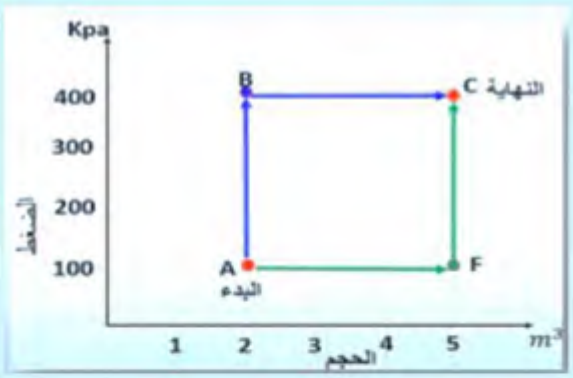
سؤال 2	لماذا تعرف درجة الحرارة على أنها متغير حالة ؟

نعم درجة الحرارة متغير حالة، لأنه يعتمد على الحالة النهائية للنظام ولا يعتمد على المسار

سؤال 3	لماذا تعتبر الحرارة دالة مسار وليست دالة حالة؟

الحرارة هي كمية الطاقة المنقولة بين النظام والمحيط لاختلاف درجة الحرارة بينهما
الحرارة تكون موجبة إذا امتص النظام حرارة من المحيط
الحرارة تكون سالبة إذا فقد النظام حرارة للمحيط

سؤال 4	يوضح الرسم البياني (P-V) المجاور تغيراً في حالة الغاز من النقطة A إلى النقطة C حيث يمكن للغاز أن يتمدد عبر مسارين، المسار الأزرق (A,B,C) والمسار الأخضر (A,F,C) هل تختلف قيمة الشغل في المسارين؟ (وضح ذلك حسابياً) وماذا تستنتج؟



التغير في الطاقة الحرارية

عند حساب الطاقة الداخلية للمواد الصلبة والسائلة كأنظمة ديناميكية حرارية، مثل الصخرة الساكنة في المثال السابق، فإن التغير الوحيد الذي يحدث في الطاقة الكلية للنظام تقريباً هو التغير في طاقته الحرارية، وذلك بسبب تغير درجة حرارة النظام (الصلب- السائل)

وبذلك فإن التغير في الطاقة الكلية للنظام يساوي التغير في الطاقة الحرارية، ويتم حسابه من العلاقة:

$$Q = mc_p\Delta T$$

Q	الطاقة الحرارية (J)
m	الكتلة (kg)
c_p	السعة الحرارية النوعية بثبات الضغط ($J\,kg^{-1}\,°C^{-1}$)
ΔT	التغير في درجة الحرارة (°C)

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

السعة الحرارية النوعية عند ضغط ثابت (C_P)

- هي خاصية تصف تغير الطاقة الحرارية لوحدة الكتل لكل درجة من درجات الحرارة
- تختلف باختلاف نوع المادة

التغير في الطاقة الحرارية

بناءاً على العلاقة الرياضية لحساب التغير في الطاقة الكلية أو الطاقة الحرارية للنظام الديناميكي:

$$Q = mc_p\Delta T$$

أولاً: عند زيادة درجة حرارة النظام:

- تكون (ΔT) موجبة وبالتالي (Q) موجبة.
- تنتقل الطاقة من المحيط إلى النظام.

ثانياً: عند نقص درجة حرارة النظام:

- تكون (ΔT) سالبة وبالتالي (Q) سالبة.
- تنتقل الطاقة من النظام إلى المحيط.

سؤال 5	لماذا يكون اعتبار التغير في الطاقة الكلية لنظام ديناميكي حراري صلب مساوياً للتغير في الطاقة الحرارية للنظام؟
لأن أي تغير في درجة الحرارة في الأنظمة الديناميكية الحرارية الصلبة ينتج عنه تغير ملحوظ في الطاقة الحرارية للنظام، وباقي الطاقات تكون ثابتة أو تكون تغيراتها بسيطة جداً ويمكن إهمالها	

سؤال 6	الصخرة في الشكل المقابل كتلتها 3500Kg وحرارتها النوعية 0.84J/Kg.°C ما التغير الكلي في الطاقة إذا انخفضت درجة حرارة الصخرة من 55°C إلى 30°C

سؤال 7	إذا علمت أن كتلة مقدارها 16g من معدن ما امتصت كمية من الحرارة مقدارها 1250 J لترتفع درجة حرارتها من 25°C إلى 90°C ، احسب الحرارة النوعية لهذا المعدن

8	يبين الرسم البياني المقابل العلاقة بين الطاقة الحرارية (Q) التي يكتسبها أو يفقدها نظام ديناميكي حراري صلب ودرجة حرارته (T) أي مما يلي يمثل ميل الخط المستقيم؟ 		
A	mC_p	B	$1/mC_p$
C	QT	D	$1/QT$

الطاقة الداخلية للغاز

عدد أنواع الطاقة الداخلية التي يحتمل أن تمتلكها جزيئات الغاز؟

(a) غاز أحادي الذرّة

الطاقة الحركية – طاقة الوضع – الطاقة الإضافية المرتبطة بأنماط الدوران والاهتزاز في الغاز الجزيئي (طاقة الحركة الدورانية – طاقة الحركة الاهتزازية)

(b) غاز جزيئي

الحرارة النوعية للغازات الجزيئية أعلى من الحرارة النوعية للغازات أحادية الذرة لأن نماذج الاهتزاز والدوران تمتص الطاقة مما يؤدي إلى نقصان في درجة الحرارة لكمية معينة من الطاقة الداخلة

الطاقة الداخلية للغاز المثالي

يتكون الغاز المثالي من جسيمات صغيرة ذات حجم صغير جداً مقارنة بحجم الغاز هذه الجسيمات لا تتفاعل إلا من خلال التصادمات المرنة ويكون لذلك النتائج التالية:

1- طاقة الوضع للغاز المثالي تساوي صفر

2- لا تمتلك جسيمات الغاز المثالي طاقة دورانية أو اهتزازية

3- الطاقة الداخلية للغاز المثالي هي فقط مجموع الطاقة الحركية لجسيماته

الطاقة الحركية لجسيم الغاز المثالي تعتمد على درجة الحرارة وحاصل ضرب عدد الجسيمات لكل مول (N_A) بعدد المولات (n)

ثابت بولتزمان $K_B=1.38\times10^{-23}$ J/K

عدد آفوجادرو $N_A=6.023\times10^{-23}$ unit

$$R = N_A \times K_B$$

$$Ek = \frac{3}{2} K_B T \times nN_A$$

$$U = \frac{3}{2} nN_A k_B T = \frac{3}{2} nRT$$

الطاقة الداخلية للغاز المثالي		
$U = \frac{3}{2} nRT$	U	الطاقة الداخلية لكل مول (J/mol)
	n	عدد مولات الغاز
	R	ثابت الغاز = ($8.371\ JK^{-1}mol^{-1}$)
	T	درجة الحرارة المطلقة (K)

معادلة الحالة

ما هي متغيرات الحالة للغاز المثالي؟

- الحجم (V) Volume ويقاس بوحدة m^3
- الضغط (P) Pressure ويقاس بوحدة باسكال pa (N/m^2)
- درجة الحرارة (T) Temperature وتقاس بوحدة الكلفن K
- كمية المادة (n) Amount of substance وتقاس بوحدة mol

وتعرف هذه المتغيرات بـ **متغيرات الحالة للغاز المثالي.**

معادلة الحالة للغاز المثالي

ما هي معادلة الحالة؟

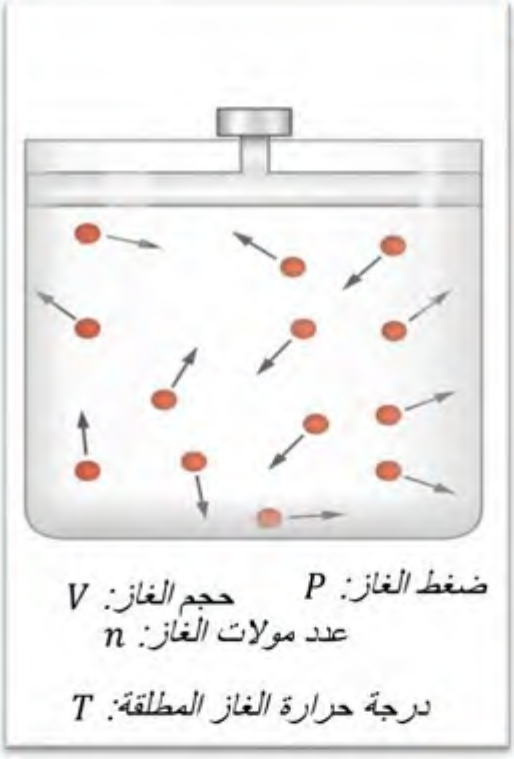
هي العلاقة بين متغيرات الحالة في النظام الديناميكي الحراري.

لدراسة حالة غاز مثالي من خلال متغيرات الحالة له وهي:

وعدد (T) ودرجة الحرارة المطلقة (V) والحجم (P)الضغط فإننا نستخدم قانون الغاز المثالي الذي يمثل بالمعادلة (n)المولات التالية:

$$PV = nRT$$

P	الضغط (Pa)
V	الحجم (m^3)
n	عدد مولات الغاز (mol)
R	ثابت الغاز $8.31\ J/K\ .\ mol$



هل تستخدم معادلة الحالة للغاز المثالي كمعادلة حالة للغاز الحقيقي؟

عند دراستنا لمعادلة الغاز المثالي تم وضع مجموعة من الفرضيات منها:

- **حجم جزيئات الغاز مهمل بالنسبة لحجم الإناء الموجودة فيه.**
- **كتلة جزيئات الغاز صغيرة جدا ويمكن إهمالها، كما أنه لا توجد قوى بين جزيئات الغاز إلا أثناء التصادم.**

- عند دراسة الحالة للغاز الحقيقي فإن كل من حجم جسيمات الغاز وطاقة الوضع لها يكون لهم تأثيرات لابد أن تؤخذ في الحسبان، لذلك لا يوجد نموذج أو قانون واحد بسيط للغاز الحقيقي كما هو في الغاز المثالي.

أسئلة وتدريبات

سؤال هل الحجم متغير حالة؟ استخدم مثالاً لشرح إجابتك.

نعم الحجم متغير حالة، لأنه يعتمد على الحالة النهائية للنظام، ولا يعتمد على المسار الذي سلكه النظام للوصول إلى هذه الحالة.
فمثلا إذا كان هناك مكبس به كمية معينة من غاز، فإن حجم الغاز في المكبس يعتمد على حالة المكبس النهائية في هذه اللحظة، ولا يعتمد على المسار الذي سلكه المكبس للوصول إلى تلك الحالة. فلا يهمنا إذا كان الحجم قبل ذلك أكبر ثم ضُغط المكبس، أو كان الحجم أقل ثم سمح للمكبس بالتمدد للوصول إلى تلك الحالة.

سؤال إذا تمت مضاعفة كل من درجة الحرارة المطلقة والضغط لكمية ثابتة (عدد مولات ثابت) من غاز مثالي. استخدم معادلة الحالة لحساب التغير في حجم الغاز

$T_1 = T$

$T_2 = 2T$

$P_1 = P$

$P_2 = 2P$

$PV = nRT$

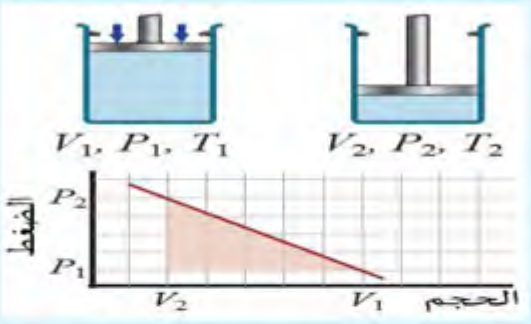
$V = \frac{nRT}{P}$

$V_1 = \frac{nRT}{P}$

$V_2 = \frac{nR(2T)}{(2P)} = \frac{nRT}{P}$

أي لن يتغير حجم الغاز المثالي.

سؤال يضغط غاز بواسطة مكبس من حالة ابتدائية (P_1-V_1) على مسار خط مستقيم. اشتق تعبير T_2 بدلالة الشغل المبذول W وعدد المولات n ودرجة الحرارة T_1 والحجمين الابتدائي V_1والنهائي V_2



الحل: يبدأ حل هذا السؤال بحساب الشغل تحت المنحنى البياني. تفيدنا معادلة حالة الغاز المثالي في حساب الضغط بدلالة درجتي الحرارة .

$$W = \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_1 - V_2) \qquad PV = nRT \longrightarrow P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} \quad P_1 = \frac{nRT_1}{V_1}$$

$$W = \frac{1}{2}\left(\frac{nRT_2}{V_2} - \frac{nRT_1}{V_1}\right)(V_1 - V_2)$$

$$\frac{2W}{nR} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_2} T_2 - \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} T_1$$

$$T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 + \frac{2W}{nR} \frac{V_2}{(V_1 - V_2)}$$

سؤال

يتمدد كيلوجرام واحد من بخار الماء ليشغل حجماً قدره $1m^3$ على مركبة فضائية عند درجة حرارة 200K.

a) احسب الطاقة الداخلية لبخار الماء بافتراض أنه يتصرف كغاز مثالي.

b) استخدم معادلة الحالة للغاز المثالي لتحديد ضغط الغاز.

c) يضيف نظام دعم الحياة في المركبة الفضائية 11000 J من الطاقة إلى الغاز. احسب درجة الحرارة والضغط النهائيين

الكتلة المولية للماء

$M = 18.02\ g/mol$

$a)\quad n = \frac{m}{M} = \frac{1}{18.02 \times 10^{-3}} = 55.49\ mol$

$$U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2} \times 55.49 \times 8.3 \times 200 = 1.4 \times 10^5\ J$$

$b)\ PV = nRT \qquad P = \frac{nRT}{V} = \frac{2 \times 1.5 \times 10^5}{3 \times 55.49 \times 8.3} = 2.2 \times 10^2 K$

$C)$ نظراً لأن الحجم ثابت، فإننا نفترض أن كل الطاقة الداخلة تتحول إلى طاقة داخلية، وسيؤدي ذلك إلى رفع درجة الحرارة.

$$U = (1.4 \times 10^5) + 11000 = 1.5 \times 10^5 J$$

$$T = \frac{2U}{3nR} = \frac{55.49 \times 8.3 \times 2.2 \times 10^2}{1} = 1.0 \times 10^5 Pa$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{55.49 \times 8.3 \times 200}{1} = 9 \times 10^4\ Pa$$

سؤال

ما الفرق بين الطاقة الداخلية للغاز المثالي والطاقة الداخلية للغاز الحقيقي؟

قوانين الديناميكا الحرارية

-ماذا يحدث عند وضع مكعب كتلته 100g من الحديد عند درجة حرارة 50 ° C في إناء يحتوي على 200g من الماء عند 0 ° C

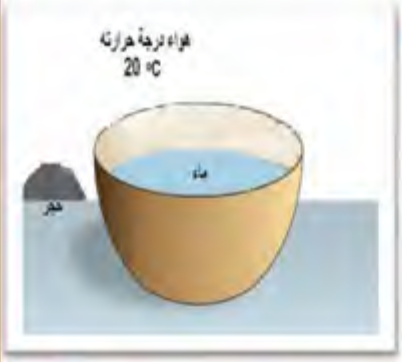
الجواب: بسبب اختلاف في درجة الحرارة بين مادتين داخل النظام، يتم نقل الطاقة الحرارية (على شكل حرارة) بين المادتين حتى تصبح كلتاهما عند درجة الحرارة نفسها والبالغة 2.5 ° C

-متى يتوقف انتقال الحرارة بين الجسمين الماء والحديد؟

تستمر الحرارة في التدفق إلى أن يصبح كل من الحديد والماء عند نفس درجة الحرارة فنقول إن المادتين وصلتا لحالة الاتزان الحراري

الاتزان الحراري: هو الحالة التي تكون فيها درجة الحرارة متساوية في جميع أنحاء النظام

القانون الصفري للديناميكا الحرارية

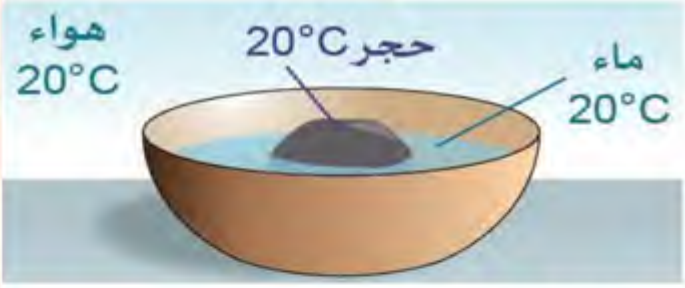


افترض وجود حجر وإناء ماء يحيط بهما هواء درجة حرارته 20 °C.

-يصل الحجر إلى الاتزان الحراري مع الهواء عند 20°C.

-ويصل الماء إلى الاتزان الحراري مع الهواء عند 20°C.

حينئذ يكون الحجر والماء في حالة اتزان حراري فيما بينهما.



عندما يكون جسمان في حالة اتزان حراري مع جسم ثالث فإنهما يكونان أيضاً في حالة اتزان حراري أحدهما مع الآخر.

هل يتم توزيع وانتقال الطاقة الحرارية بين أجزاء النظام الداخلية بشكل عشوائي أم أنها تتم وفق عملية منظمة؟

يتم توزيع وانتقال الطاقة الحرارية بين أجزاء النظام وصولا إلى الاتزان الحراري وفق عمليات منظمة، تحكمها أربعة قوانين تسمى قوانين الديناميكا الحرارية.

القانون الصفري للديناميكا الحرارية

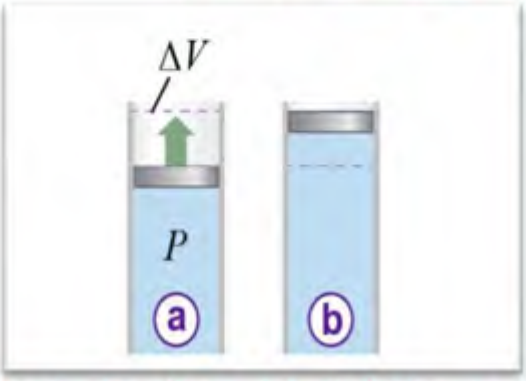
ينص على أن (الحرارة لا يمكن أن تدفق بشكل طبيعي بين أي جسمين عند درجة الحرارة نفسها)

القانون الأول للديناميكا الحرارية

وهو قانون حفظ الطاقة المطبق على العمليات التي تشتمل على الطاقة الحرارية وشكل آخر من أشكال الطاقة على الأقل مثل الشغل، وقبل أن نقوم بدارسة القانون الأول، دعونا نتذكر أنواع الشغل في نظام ديناميكي حراري عبارة عن أسطوانة ذات مكبس بها غاز.

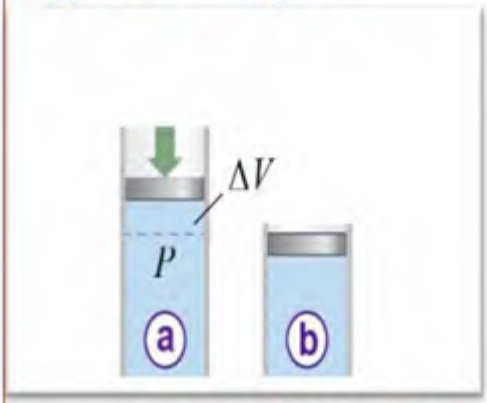
$$W = P\,\Delta V$$

أولا: عند تمدد الغاز



يكون الشغل المبذول من الغاز على المحيط.
- تكون قيمة شغل الغاز موجبة.
- تكون قيمة شغل المحيط على الغاز سالبة.

ثانيا: عند انكماش

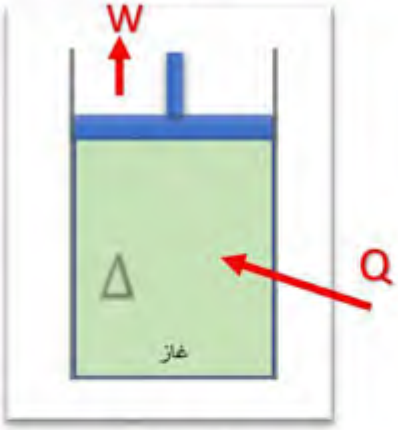


يكون الشغل المبذول من المحيط على الغاز.
- تكون قيمة شغل الغاز سالبة.
- تكون قيمة شغل المحيط على الغاز موجبة.

القانون الأول للديناميكا الحرارية

ينص على أن **(التغيير في الطاقة الداخلية لنظام يساوي الحرارة المضافة أو المفقودة بالإضافة إلى الشغل المبذول على النظام أو بواسطة النظام)**

القانون الأول للديناميكا الحرارية		
$\Delta U = Q - W$	U	الطاقة الداخلية للنظام (J)
	Q	الحرارة التي يكتسبها النظام (J)
	W	الشغل المبذول بواسطة النظام (J)



يصف القانون الأول للديناميكا الحرارية العلاقة بين ثلاث متغيرات فيزيائية للنظام الديناميكي الحراري وهي:

- **الطاقة الحرارية (Q).**
- **الشغل المبذول بوساطة الغاز (W).**
- **التغير في الطاقة الداخلية للغاز (ΔU).**

لنفترض وجود نظام ديناميكي حراري عبارة عن أسطوانة بها غاز، وتم إمداد النظام بكمية من الطاقة الحرارية مقدارها (Q) فإن هذه الطاقة الحرارية تتوزع على جزأين، الجزء الأول يستهلك في بذل شغل (W) بسبب تمدد حجم الغاز، والجزء الثاني يستهلك في رفع الطاقة الداخلية للنظام (ΔU)، وبذلك يمكن القول أن:

$$Q = \Delta U + W \quad \Longrightarrow \quad \Delta U = Q - W$$

تعتمد إشارة الحرارة Q والشغل W على ما إذا كانت الطاقة للنظام الداخلية

W	Q	
الشغل يُبذل بواسطة النظام	الحرارة تُعطى للنظام	موجب
الشغل يُبذَل على النظام	الحرارة تُفقَد من النظام	سالب

فقد الحرارة تؤدي الى نقص في طاقة النظام، أي تكون إشارة (ΔU) سالبة.

حرارة $Q < 0$

زيادة الحرارة تؤدي إلى زيادة في طاقة النظام، أي تكون إشارة (ΔU) موجبة.

حرارة $Q > 0$

بذل شغل من النظام على المحيط يؤدي الى نقص في طاقة النظام، أي تكون إشارة (ΔU) سالبة.

الشغل $W > 0$

بذل شغل على النظام يؤدي إلى زيادة في طاقة النظام، أي تكون إشارة (ΔU) موجبة.

الشغل $W < 0$

سؤال	صف كيفية ارتباط القانون الأول للديناميكا الحرارية بمفهوم حفظ الطاقة.

يوضح القانون الأول للديناميكيا الحرارية أن المجموع الكلي للطاقة يبقى ثابتا أو محفوظا، ولكن طبقا للعلاقة الرياضية ($\Delta U = Q - W$) قد يحدث تحول للطاقة بين ثلاث صور أو أشكال مختلفة هي:

- الطاقة الحرارية (Q).
- الشغل المبذول بوساطة الغاز (W).
- التغير في الطاقة الداخلية للغاز (ΔU).

سؤال	لماذا تنخفض درجة حرارة الغاز السريع التمدد؟ استخدم القانون الأول للديناميكا الحرارية لشرح إجابتك.

نظرا للتمدد السريع للغاز لا يتوفر الوقت اللازم لحدوث تبادل للطاقة الحرارية بين النظام والمحيط أي يكون ($Q = 0$)، وبالتعويض في القانون الأول للديناميكا الحرارية ($\Delta U = Q - W$) يكون ($\Delta U = -W$).
وحيث أن الشغل يبذل من النظام على المحيط تكون إشارة (W) موجبة وبالتالي تكون إشارة (ΔU) سالبة، أي أن الشغل المبذول من النظام أدى إلى نقص الطاقة الداخلية له.
وبما أن ($U = \frac{3}{2} nRT$) لذا فإن النقص في الطاقة الداخلية للنظام يؤدي إلى انخفاض في درجة حرارته

سؤال	a) الطاقة الداخلية الابتدائية لغاز هي 200 J، عند إضافة 80 J من الحرارة إلى الغاز، يقوم الغاز ببذل 70 J من الشغل. احسب الطاقة الداخلية النهائية للغاز. b) أترتفع درجة حرارة النظام أم تنخفض؟ اشرح إجابتك.

a)

$U_i = 200\,J$

$Q = +80\,J$

$W = +70\,J$

$U_f = ?$

$\Delta U = Q - W$

$U_f - U_i = Q - W$

$U_f - 200 = 80 - (70)$

$U_f - 200 = 10$

$U_f = 210\,J$

b)

بناء على العلاقة الرياضية بين الطاقة الداخلية للنظام الغازي ودرجة حرارته:

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

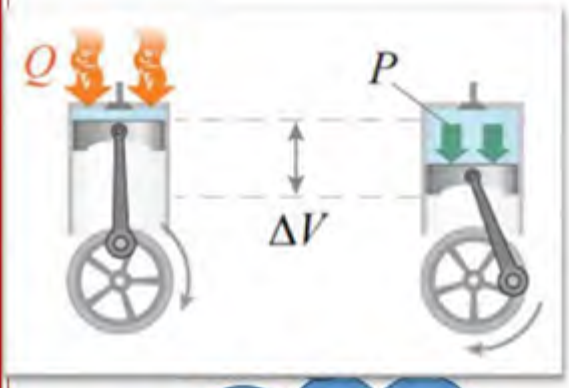
فإن زيادة الطاقة الداخلية تؤدي إلى زيادة درجة حرارة النظام.

تطبيقات على القانون الأول للديناميكا الحرارية

ماذا يحدث للطاقة الداخلية للنظام عند إضافة الحرارة إلى النظام؟

عند إضافة الحرارة للنظام سوف تتغير الطاقة الداخلية للنظام ومقدار هذا التغير ΔU يساوي كمية الحرارة المضافة Q مطروحاً منه الشغل W الذي قام به النظام حسب المعادلة التي تسمى القانون الأول للديناميكا الحرارية

القانون الأول للديناميكا الحرارية		
$\Delta U = Q - P\Delta V$	U	الطاقة الداخلية للنظام (J)
	Q	الحرارة المفقودة أو المكتسبة (J)
	P	الضغط (Pa)
	V	الحجم (m^3)



إذا بُذِل الشغل بوساطة النظام عند ضغط ثابت وحيث أن الشغل المبذول يعطى بالعلاقة ($W = P\Delta V$)، فإن العلاقة يمكن كتابتها على الصورة:

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

- ΔU: التغير في الطاقة الداخلية للنظام (J)
- Q: الحرارة التي يكتسبها النظام (J)
- P: الضغط - P (Pa)
- V: الحجم - V (m^3)

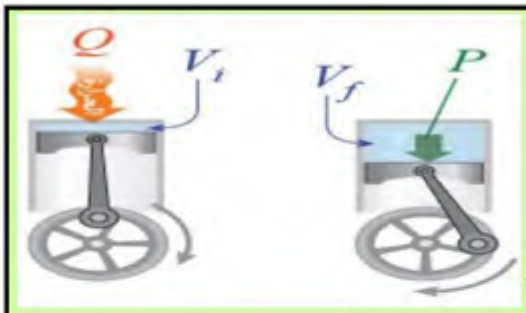
يعتبر تمدد مكبس محرك السيارة مثالا على نظام يبذل شغلا ديناميكيا على المحيط عند ضغط ثابت.

لاحظ في المعادلة أن الحجم يتغير في حين أن الضغط ثابت ... أما إذا تغير الضغط فإننا نطبق المعادلة السابقة في خطوات صغيرة لدراسة النظام.

سؤال	احسب التغير في الطاقة الداخلية عندما يبذل 60J من الشغل على الغاز ويفقد 150J من الحرارة في محيطه.
$\Delta U = Q - W$ $\Delta U = -150 - (-60) = -90J$	هذا الغاز يفقد الحرارة إلى محيطه وبالتالي تكون قيمة Q سالبة $Q = -150\,J$ $W = -60\,J$

سؤال

تضاف كمية حرارة Q إلى غاز مثالي في أسطوانة مساحة مقطعها A يرتفع المكبس للحفاظ على ضغط ثابت أكتب معادلة التغير في الطاقة الداخلية بدلالة الضغط P والتغير في الحجم $\Delta V = V_f - V_i$



التغير فى الطاقة الداخلية U للغاز المثالى

$$\Delta U = U_f - U_i \Longrightarrow \Delta U = \frac{3}{2} nR(T_f - T_i)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_f - T_i) \longrightarrow \Delta U = \frac{3}{2} P(V_f - V_i) = \frac{3}{2} P\Delta V$$

$$T_f = \frac{PV_f}{nR} \qquad T_i = \frac{PV_i}{nR}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} P\Delta V$$

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

$$PV = nRT$$

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

سؤال

الطاقة الداخلية الابتدائية لغاز هي 200J عند إضافة 89J من الحرارة إلى الغاز يقوم الغاز ببذل شغل مقداره 70J

1- احسب الطاقة الداخلية النهائية للغاز

2- أترتفع درجة حرارة النظام أم تنخفض؟ اشرح إجابتك

سؤال

إذا كان مقدار الشغل المبذول من النظام على محيطه يعادل 75% من كمية الحرارة المضافة إلى النظام فكان مقدار التغير في الطاقة الداخلية للنظام 400J احسب كمية الحرارة المضافة للنظام وكذلك مقدار الشغل الذي بذله النظام خلال هذه العملية

سؤال | **ماذا يحدث للطاقة الداخلية للنظام إذا كان يبذل شغلا على المحيط؟**

بفرض عدم حدوث تبادل للطاقة الحرارية (Q=0) بين النظام والمحيط فإنه عندما يبذل النظام شغلا على المحيط فإن ذلك يؤدي إلى نقص في الطاقة الداخلية للنظام. لاحظ عند تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية وحيث أن (Q=0)، وأن النظام بذل شغلا على المحيط أي تكون إشارة الشغل موجبة، يكون التغير في الطاقة الداخلية للنظام سالباً، أي تقل الطاقة الداخلية للنظام.

$\Delta U = -(\dots)$ $\quad \Delta U = (0) - (+W)$ $\quad \Delta U = Q - W$

سؤال | **احسب التغير في الطاقة الداخلية عندما يُبذَل $60\ J$ من الشغل على الغاز، ويفقد $150\ J$ من الحرارة في محيطه.**

$\Delta U = Q - W$ ⟵ $\Delta U = -150 - (-60) = 90J$

أي أن الطاقة الداخلية للغاز (النظام) قد نقصت.

لأن الغاز فقد الحرارة إلى المحيط لذا: $Q = -150\ J$

لأن الشغل بُذِل على الغاز لذا: $W = -60\ J$

سؤال | **لضغط كمية معينة من غاز في أسطوانة يتم بذل شغل على النظام قدره $300\ J$، وأثناء ذلك تزيد الطاقة الداخلية للغاز بمقدار $215\ J$، هل يفقد الغاز أم يكتسب حرارة؟ وما مقدار هذه الكمية؟**

$\Delta U = Q - W$ ⟵ $215 = Q - (-300)$ ⟵ $215 = Q + 300$

أي أن الغاز يفقد خلال العملية كمية من الحرارة مقدارها 85 جول. $Q = 215 - 300 = -85\ J$

- لأن الشغل بُذِل على النظام لذا: $W = -300\ J$
- تزداد الطاقة الداخلية للغاز لذا: $\Delta U = +215\ J$

سؤال | **ضُغط غاز في مكبس من حجم $500\ ml$ إلى $250\ ml$ تحت ضغط ثابت قدره $2\ atm$، وأثناء العملية امتص الغاز كمية من الحرارة قدرها $13\ J$ ، احسب التغير في الطاقة الداخلية للغاز.**

$\Delta U = Q - P\Delta V$ $\quad \Delta U = 13 - [2 \times 1.013 \times 10^5 \times -250 \times 10^{-6}] = 63.7J$

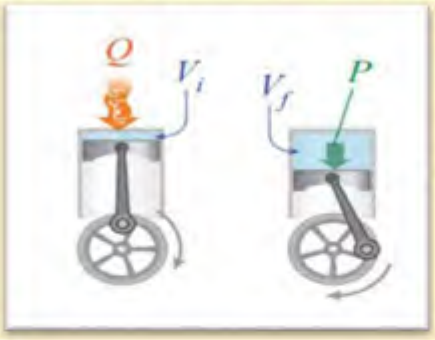
-لأن الغاز امتص حرارة لذا: $Q = +13\ J$

-لحساب التغير في الحجم: $\Delta V = (V_f - V_i)$

$\Delta V = -250 \times 10^{-6}\ m^3$ $\quad \Delta V = (250 - 500) = -250\ ml$

سؤال

تضاف كمية حرارة Q إلى غاز مثالي في أسطوانة مساحة مقطعها A، يرتفع المكبس للحفاظ على ضغط ثابت. اكتب معادلة التغير في الطاقة الداخلية ΔU بدلالة الضغط P والتغير في الحجم $\Delta V = V_f - V_i$



$$\Delta U = U_f - U_i$$

$$U_f = \frac{3}{2} n R T_f \qquad U_i = \frac{3}{2} n R T_i$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_f - T_i)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_f - T_i)$$

$$T_f = \frac{PV_f}{nR} \qquad T_i = \frac{PV_i}{nR}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \frac{P}{nR} (V_f - V_i)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} P (V_f - V_i)$$

$$\boxed{\Delta U = \frac{3}{2} P \Delta V}$$

سؤال

يرغب مستكشف في رفع صندوق كتلته $50\ kg$ مسافة $5\ m$ في بئر دائرية مساحة مقطعها A باستخدام منطاد هواء ساخن. احسب كمية الحرارة التي يجب إضافتها إلى الهواء في البالون. افترض وجود غاز مثالي عند ضغط ثابت.

-لكي يتم رفع الصندوق لابد أن يتمدد الغاز داخل البالون، وحيث أنه يتمدد تحت ضغط ثابت، يكون:

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

-يبذل ضغط الغاز بالبالون قوة تسبب رفع الصندوق، ويكون:

$$P = \frac{F}{A}$$

-بفرض أن الصندوق يتحرك بسرعة ثابتة لذا فإن القوة لأعلى تساوي وزن الصندوق لأسفل ($F = mg$)، ويكون:

$$P = \frac{mg}{A}$$

$$\Delta U = U_f - U_i$$

$$U_f = \frac{3}{2} n R T_f \qquad U_i = \frac{3}{2} n R T_i$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_f - T_i)$$

$$T_f = \frac{PV_f}{nR} \qquad T_i = \frac{PV_i}{nR}$$

$$\boxed{\Delta U = \frac{3}{2} P \Delta V}$$

الحل: نطبق القانون الأول للديناميكا الحرارية:

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} P\Delta V$$

$$\frac{3}{2} P\Delta V = Q - P\Delta V$$

$$Q = \frac{5}{2} P\Delta V$$

$$Q = \frac{5}{2} P\Delta V \qquad \Delta V = Ah$$

$$P = \frac{mg}{A}$$

$$Q = \frac{5}{2} \left(\frac{mg}{A}\right)(Ah)$$

$$Q = \frac{5}{2} mgh$$

$$Q = \frac{5}{2}(50\ \text{kg})(9.8\ \frac{\text{N}}{\text{kg}})(5\ \text{m})$$

$$Q = 6125\ J$$

- الحرارة التي ينبغي إضافتها للنظام مقدارها $\frac{5}{2} mgh$.
- الشغل المبذول تحول إلى طاقة وضع للصندوق ومقداره mgh.
- لاحظ أن مقدار الحرارة أكبر من الشغل حيث أن الجزء المتبقي من الحرارة يتحول إلى زيادة في الطاقة الداخلية للغاز ΔU.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

ينص (الحرارة تتدفق فقط بشكل تلقائي من درجة الحرارة الأعلى إلى درجة الحرارة الأقل ولا تتدفق في الاتجاه المعاكس)

تعد العملية تلقائية إذا حدثت بشكل طبيعي في ظروف معينة (مثال تدحرج الكرة نحو أسفل التل).

العملية غير التلقائية: هي عكس العملية التلقائية وتتطلب طاقة داخلة لحصولها لن تعود الكرة إلى أعلى التل إلا إذا تم تزويدها بالطاقة الحركية.

الانعكاسية

القدرة على المضي إلى الأمام أو إلى الخلف بشكل متساو كما في الأنظمة الميكانيكية

غير الانعكاسية

الأنظمة الديناميكية الحرارية تكون بشكل عام غير انعكاسية وهذا يعني أنها لا تنتقل بشكل متساو ذهاباً وإياباً. تتدفق الحرارة في اتجاه واحد فقط من درجة حرارة أعلى إلى درجة حرارة أقل

مثال:

يحدث: فنجان قهوة درجة حرارته 80°C ينقل الحرارة إلى غرفة درجة حرارتها 20°C بحيث تصبح القهوة أكثر برودة وهواء الغرفة أكثر دفئاً ثم يصلا إلى درجة الحرارة نفسها

لا يحدث : أن يمتص فنجان القهوة (80°C) الحرارة من هواء الغرفة (20°C) فتسخن القهوة ويبرد هواء الغرفة

أمثلة على عمليات غير انعكاسية:

- **الزجاج المكسور لا يعيد تجميع نفسه تلقائي**
- **إذا قمت بخلط الصبغة الملونة في الماء، فلن تنفصل الصبغة تلقائيًا مرة أخرى**

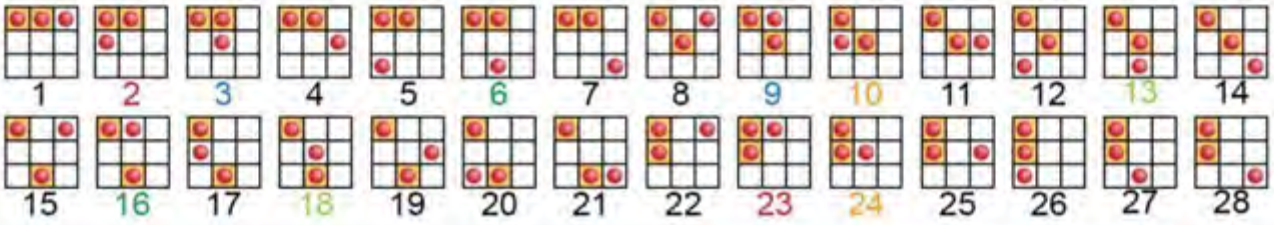
الانتروبي (العشوائية)

القانون الثاني للديناميكا الحرارية هو نتيجة لدالة تعبر عن خاصية ديناميكية حرارية جديدة تسمى الانتروبي

الحالة العيانية (الماكروسكوبية): هي متوسط تأثير جميع الجسيمات المجهرية

تقيس الانتروبي عدد الطرائق المختلفة التي يمكن بها ترتيب الجسيمات المجهرية ومع ذلك تكون لها الحالة العيانية نفسها

لنفترض ان نظامًا من 9 صناديق يحتوي على 3 جزيئات. متوسط «الكثافة» 0.33 جسيم لكل صندوق. هناك 504 طريقة لترتيب الجُسَيمات الثلاثة في الصناديق التسعة. بعد التخلص من الحالات المتكرّرة والمتشابهة، مثل # 6 و # 16، هناك 84 طريقة فريدة لترتيب الجُسَيمات الثلاثة في المربعات التسعة كل توافقيات الطرق الـ 84 المختلفة لها الكثافة نفسها؛ لذلك، تكون «الإنتروبي « لهذا النظام 84.

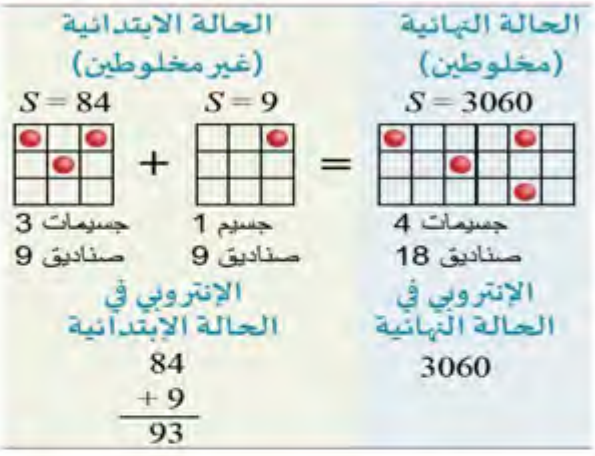


الانتروبي دائماً إلى ازدياد

سؤال ما الذي تقيسه الانتروبي داخل النظام الحراري؟

ج: تقيس الانتروبي عدد الطرائق المختلفة التي يمكن بها ترتيب الجُسَيمات المجهرية داخل النظام

إذا تم مزج نظام حراري مع نظام حراري آخر فأن الانتروبي (العشوائية) سوف تزداد اضعافا مضاعفة ولا يمكن للانتروبي ان تقل بل دائما تزداد انظر الشكل المجاور



الانتروبي والانعكاسية

أثناء عملية تصادم الجُسَيمات مع بعضها البعض فإنها تعيد توزيع نفسها ولكن احتمالية ان تعود الجسيمات الى حالتها الابتدائية التي كانت عليها قبل التصادم هي احتمالية ضئيلة جدا وقد لا يحدث عندها أبدًا لذلك نعتبر ان هذه العملية هي عملية غير انعكاسية بشكل تلقائي

الانتروبي والقانون الثاني للديناميكا الحرارية

يجب أن تزداد الإنتروبي الكلية للنظام دائمًا في أية عملية تلقائية

التغير في الإنتروبي		
$\Delta s = \frac{Q}{T}$	ΔS	التغيّر في الإنتروبي (J/K)
	Q	الحرارة المفقودة أو المكتسبة (J)
	T	درجة الحرارة (K)

تتدفق الحرارة فقط من درجات حرارة أعلى إلى درجات حرارة أقل لأن هذا هو اتجاه ازدياد الإنتروبي.

- تكون العملية قابلة للانعكاس فقط إذا بقيت الإنتروبي ثابتة، أي: $\Delta S = 0$
- الإنتروبي الكلية لنظام مغلق تزداد دائمًا إذا تم تبادل أي جزء من الطاقة على شكل حرارة ، أي $\Delta S > 0$:
- جميع العمليات التي تحدث بشكل طبيعي وتلقائي تسير فقط في الاتجاه الذي يزيد من الإنتروبي الكلية للنظام.

سؤال	احسب تغير الانتروبي عندما يذوب 1Kg من الجليد في الماء عند 0°C علماً بأن الحرارة الكامنة لانصهار الثلج 335KJ/Kg

$$\Delta s = \frac{Q}{T} = \frac{339 \times 10^3}{273} = 2378\ J/k$$

سؤال	

القانون الثالث للديناميكا الحرارية

س: متى تكون حالة النظام بأقل طاقة ممكنة؟

ج: - عندما توج د طريقة واحدة فقط لتنظيم جميع الذرات. فيكون للنظام طريقة تكوين واحدة فقط وعندئذ نقول ان له ترتيبا مثالياً

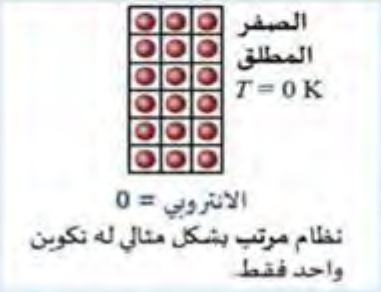
القانون الثالث للديناميكا الحرارية ينص على أن:

الصفر المطلق هو أدنى درجة حرارة ممكنة لأنها هي الدرجة التي يكون عندها الإنتروبي صفراً

س: - بحسب القانون الثالث للديناميكا الحرارية
كم تصبح قيمة الانتروبي للنظام وكم تكون درجة حرارته عندما يكون النظام في حالة أقل طاقة ممكنة؟

ج: - عندما يكون النظام في حالة اقل طاقة ممكنة تكون الانتروبي للنظام تساوي صفراً S=0 ودرجة حرارة النظام تساوي الصفر المطلق 0 K وهو أدنى درجة حرارة ممكنة

ملاحظة: عندما يكون النظام عند درجة الصفر المطلق لا تصبح لديه القدرة على نقل الحرارة إلى أي نظام آخر

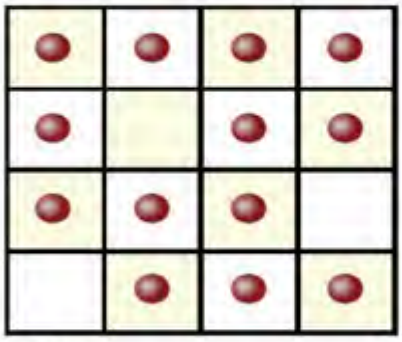


س: - متى يحدث تغير في الانتروبي للنظام؟

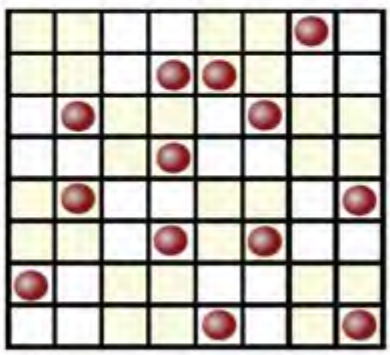
ج: - عندما يحدث تبادل للطاقة ال حرارية للنظام مع محيطه الخارجي

س: - فسر لماذا تتغير الانتروبي للنظام عندما تتغير حالة المادة من الصلبة الى السائلة

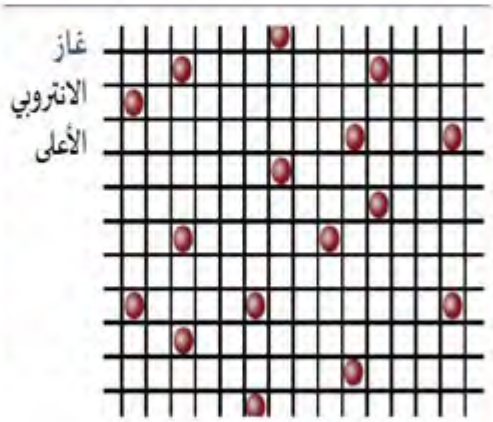
ج: - ان تغير حالة المادة من الصلبة الى الحالة السائلة لا يمكن ان يتم بدون ادخال طاقة حرارية للنظام وبالتالي سوف تتغير أماكن الجسيمات في النظام وتتغير العشوائية و بالتالي تتغير قيمة الانتروبي



صلب
انتروبي منخفض



سائل
انتروبي مرتفع



سؤال	فسر: يكون للمادة وهي في الحالة الغازية أكبر قيمة للانتروبي؟

سؤال	فسر: يكون للمادة وهي في الحالة الصلبة أقل قيمة للانتروبي؟

سؤال	تبرد القهوة الساخنة في كوب من 80 °C إلى درجة حرارة الغرفة خلال 15 دقيقة. وتبرد كمية متساوية من القهوة الساخنة عند 80 °C أيضًا في كوب سفر معزول، إلى درجة حرارة الغرفة، ولكن على مدار 4 ساعات. في أيّ كوب تعرّضت القهوة لتغيّر أكبر في الانتروبي؟

سؤال	تستلقي سحلية التنين الملتحي في شمس الصحراء نهارًا حيث تبلغ درجة حرارة جسمها °C 40في الليل تصب ح درجة حرارة الهواء15 °C ، وتفقد السحلية 100 J من الحرارة أمّا درجة حرارة جسمها فتتزن مع درجة حرارة الهواء ليلً. ما التغيّر الذ ي حد ث في الانتروبي؟

سؤال	a-ما هو الغاز الأكثر انتظامًا، الغاز الذي يكون له درجة حرارة واحدة أم الغاز الذي يشتمل على درجات حرارة مختلفة في أجزائه المختلفة؟ b.أ ي م ن الغازين ه و أكثر تنظيمًا ؟ c.في أ ي من الغازي ن يمكن أن يؤد ي نقل الحرارة إلى شغل مبذول من دو ن انتقاله كحرارة إلى نظام آخر؟