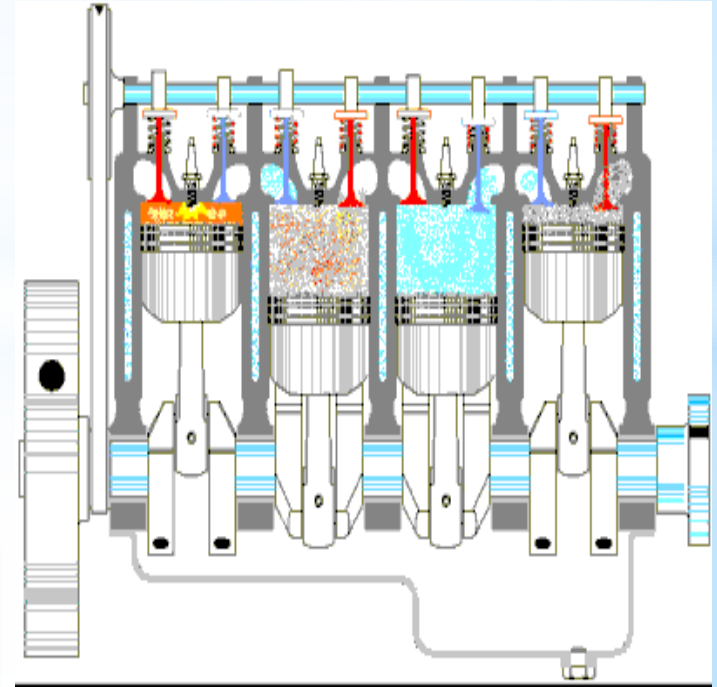
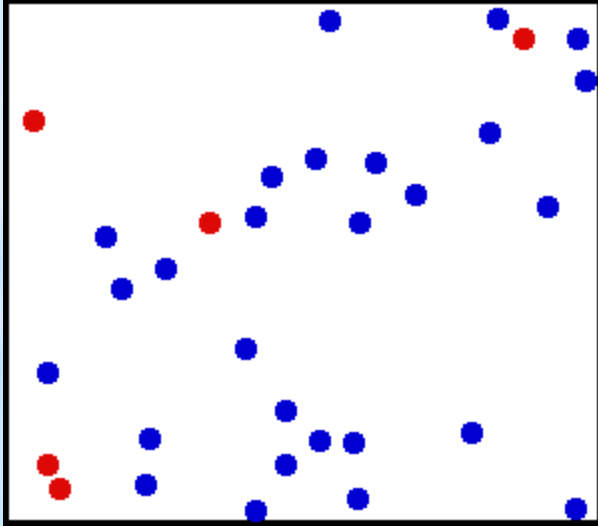


الجزء الثاني Part 2



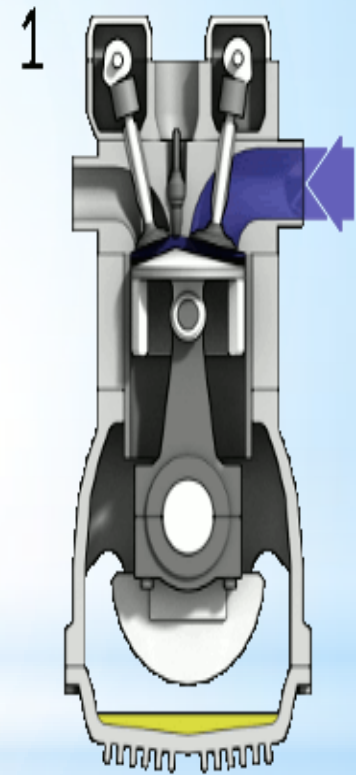
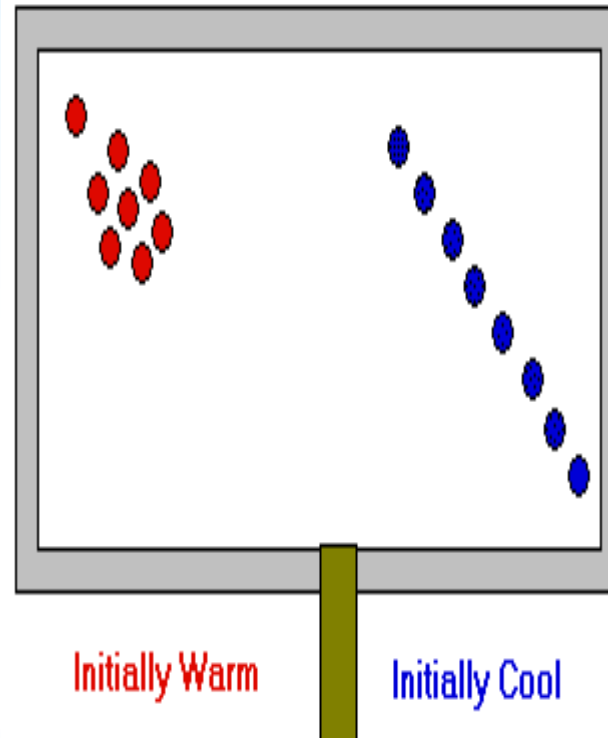
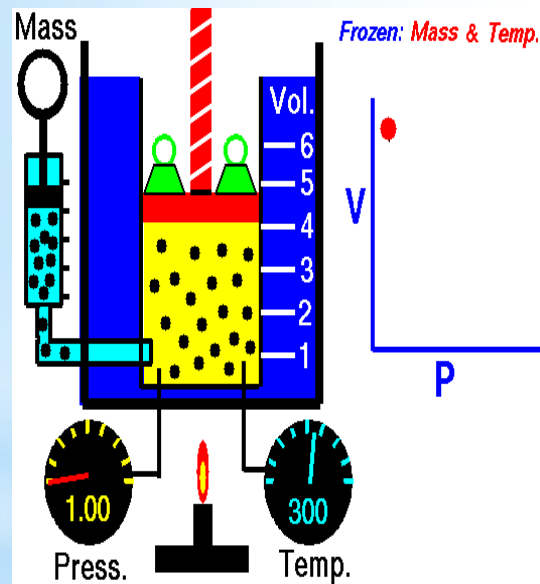
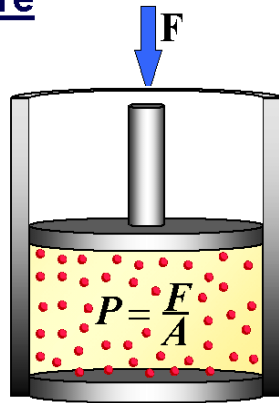
نظرية الحركة في الغازات KINETIC THEORY OF GASES



اعداد
د. حسام وحيد

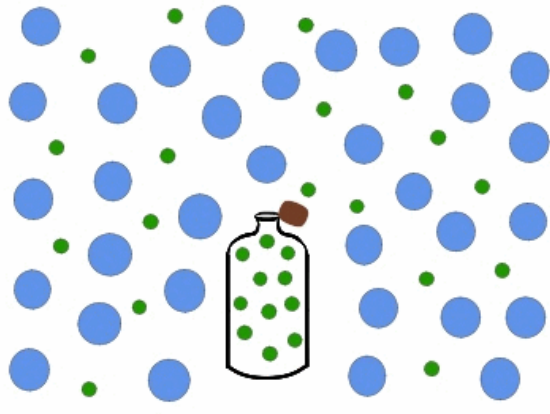
د. حسام وحيد

Pressure



الفيزياء الجزيئية Molecular Physics

فرع الفيزياء الذي يدرس من خلاله اعتماد الخواص الفيزيائية للأجسام على تركيبها الميكروسكوبي ومميزات حركة مكونات هذه الأجسام (ذرات - جزيئات - أيونات) مع أخذ قوي التأثير المتبادل بين هذه المكونات في الاعتبار.



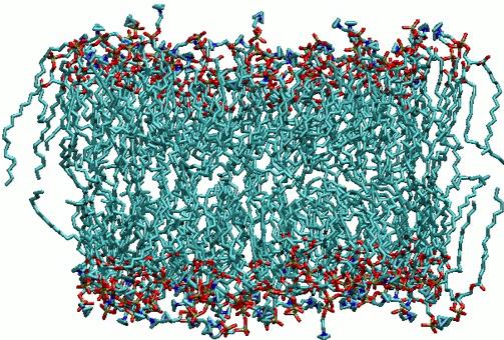
يتم فحص التغير في تركيب هذه المواد تحت تأثير مؤثرات خارجية كالضغط ودرجة الحرارة وغيرها. . .
قضايا الفيزياء الجزيئية يتم حلها بطرق عديدة منها:

الفيزياء الاحصائية statistical Physics

علم الحركة الفيزيائية Physical Kinetics

والديناميكا الحرارية Thermodynamics

ومثل نظرية الحركة أساس هذا الحل



نظرية الحركة للغازات *Kinetic theory of gases* والديناميكا الحرارية

المادة تتكون من اجزاء دقيقة تعرف بالجزئيات، **الجزئ molecule** تحمل صفات المادة وخواصها .
هذه الجزئيات:

... في حالة حركة دائمة مستمرة في جميع الاتجاهات (**حركة حرارية**) وصف العلماء هذه

الحركة بأنها حركة عشوائية *Random motion* غير منتظمة!!!!!!!

... تربطها ببعضها البعض قوى تأثير متبادل *Interaction* تعمل على المحافظة على حجم وشكل المادة وتقاوت من مادة الى اخرى ومن حالة الى اخرى .

نظرية الحركة والديناميكا الحرارية تدرس العمليات التي تحدث لكل احوال المادة وتستنبط القوانين العامة التي تحكم هذه العمليات - بدون الحاجة لمعرفة التركيب الدقيق للمادة - واعتمادا على الحقائق - والافتراضات - التالية:

١. **المادة تتكون من جزيئات هائلة العدد** *Huge number of molecules*

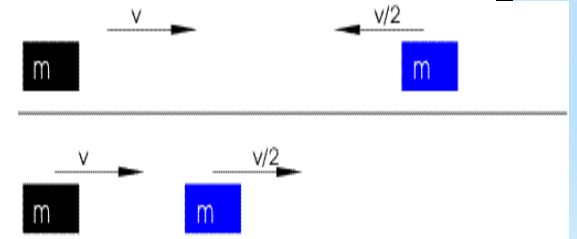
٢. **الجزيئات في حالة حركة عشوائية مستمرة!** *Random continuous motion*

٣. **بين الجزيئات قوى تأثير متبادل** *Interaction*

وجود عدد هائل من الجزيئات يدلنا على انه ليس من الضري تتبع حركة كل جزئ ولكن يكفي فقط ان نتكلم عن متوسط الكميات التي تحدد هذه الحركة!!!!!!!

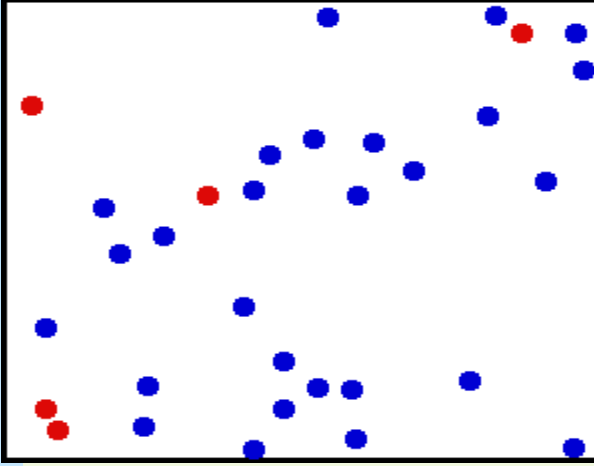
نظرية الحركة للغازات

Kinetic theory of gases



الغاز المثالي *Ideal Gas*

لتبسيط الدراسة سنضع شروطا للغاز المثالي:



١. المسافة بين الجزيئات كبيرة جداً وقوي التأثير المتبادل بينها تساوي صفر (كل جزيء سيتصرف كما لو ان الجزيئات الاخرى غير موجودة).

٢. التصادمات، التي تحدث بين الجزيئات وبعضها البعض أو مع الوعاء الحاوي لها، تكون تصادمات مرنة لان الغاز لا يحتاج الى طاقة خارجية ليحافظ على حركته.

٣. سنهمل ابعاد الجزيء اي سنعتبره نقطة مادية مقارنة مع حجم الوعاء الحاوي.

٤. الغازات المثالية تخضع لقانون شارل، وقانون بويل والقانون العام للغازات.

قانون بويل: ضغط الغاز يتناسب عكسيا مع حجمه عند ثبوت درجة الحرارة

قانون شارل: الحجم يتناسب طرديا مع درجة الحرارة عند ثبوت الضغط.

ضغط الغاز المثالي ودرجة حرارته Pressure & Temperature

ينشأ ضغط الغاز - من وجهة نظر نظرية الحركة - كنتيجة لتصادم الجزيئات بجدران الوعاء المحيط بالغاز.

ويعطى الضغط من المعادلة: $P = \frac{F}{A}$ قوة مؤثرة على وحدة المساحات

ويمكن تعريف القوة (للتصادم المرن) على أنها: معدل التغير في كمية الحركة (الدفع) وتضادة في الاتجاه:

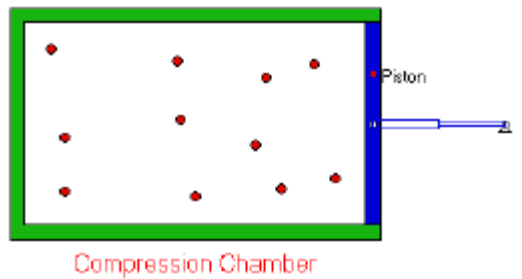
لأخذ جزيئاً يتحرك بسرعة \bar{c} ، هذه السرعة يمكن تحليلها الى ثلاث مركبات:
واحدة فقط عمودية على جدار الاناء V_x

كمية حركة الجزيئ (الدفع) قبل التصادم mV_x

وبعد التصادم $-mV_x$

معدل التغير الكلي للدفع نتيجة تصادم عدد N من الجزيئات =
 $- 2 mV_x N$

حيث N عدد الجزيئات الساقطة على مساحة ΔS في الثانية الواحدة



القوة المؤثرة على الجدار $F = 2mV_x N$

لحساب N :

افترض اسطوانة مساحة قاعدتها ΔS وطولها V_x

عدد الجزيئات في الاسطوانة $nV_x \Delta S$ حيث n عدد الجزيئات في وحدة الحجم

ولكن نصف هذا العدد فقط سيصل للمساحة والنصف الآخر للاتجاه المضاد
(نتيجة عشوائية حركة الجزيئات)

عدد الجزيئات التي تصادم مع المساحة ΔS من الجدار في ثانية واحدة $N = \frac{n}{2} \Delta S V_x$

ضغط الغاز على الجدار $p = \frac{F}{\Delta S} = nm(V_x)^2$

وللحصول على معادلة عامة أكثر دقة، نفترض ان الضغط في جميع الاتجاهات متساوي
(نتيجة لعشوائية حركة الجزيئات)

$$P_x = P_y = P_z = P \rightarrow P_x + P_y + P_z = 3P = nm\overline{c^2}$$

$$P = (1/3)nm\overline{c^2}$$

$$P = \frac{1}{3} n m \overline{c^2} = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} m \overline{c^2} \right)$$

$\left(\frac{1}{2} m \overline{c^2} \right)$ تعبر عن متوسط طاقة الحركة للجزئ

ضغط الغاز (كمية ذات طبيعة احصائية) يعتمد على متوسط طاقة حركة جزيئاته
- ولا يصح الكلام عن الضغط الناشئ من جزيئ واحد

نلاحظ ان متوسط مربع السرعة $\overline{c^2}$ يختلف عن مربع متوسط السرعة $(\bar{c})^2$

• واضح من معادلة الضغط السابقة ما يلي:

ضغط الغاز يعتمد على كلاً من : كثافة الغاز (كتلة وحدة الحجم) ومتوسط طاقة حركة الجزيئات . بينما متوسط طاقة حركة الجزيئات لا يعتمد على كثافة الغاز ؟
(وجد عملياً ان : سحب او اضافة عدد من الجزيئات لا يؤثر على متوسط طاقة الحركة)

اذن علام يعتمد متوسط طاقة حركة الجزيئات ؟

صل غازين متوسط طاقة حركة جزيئات احدهما مختلف عن الاخر (بالتلامس او بالخلط) ستتصادم الجزيئات وتبادل الطاقة حتي يصبح متوسط طاقة الحركة واحدا . طاقة الحركة تنتقل من الغاز الذي له متوسط طاقة اكبر الى الغاز الاقل .

يتوقف انتقال الطاقة عندما يصبح متوسط الطاقة الحركية لكلا الغازين متساويا . .
يصل الغازان الى حالة تعرف بـ "الاتزان الحراري"

نعلم ان الحرارة تنتقل من الجسم الساخن الى الجسم البارد، اذن متوسط طاقة الحركة
لجزيئات الغاز يتصرف مثل درجة الحرارة

متوسط طاقة الحركة لجزيئات الغاز يعتبر مقياسا لدرجة حرارة الغاز

$$\frac{2}{3} \left(\frac{mc^2}{2} \right) = \vartheta \quad \text{اذن } \vartheta \text{ "الرمز"}$$

المقدار $\frac{2}{3}$ اضيف للتسهيل ولناخذ معادلة الضغط بصورة بسيطة $P = n\vartheta$

واضح ان درجة الحرارة طبقا للمعادلة السابقة يجب ان تقاس بوحدات الطاقة (جول - ارج) ولتحويلها

$$\frac{2}{3} \left(\frac{mc^2}{2} \right) = \vartheta = KT \quad \text{اذن } k \text{ . . الثابت}$$

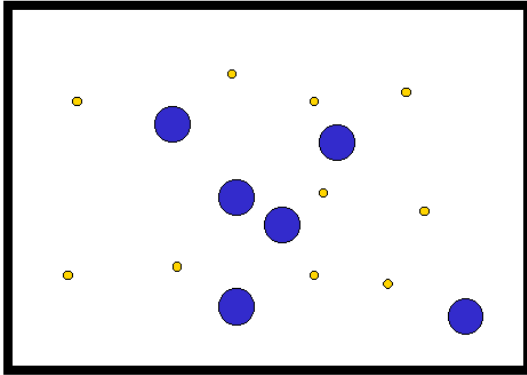
$$\frac{1}{2} mc^2 = \frac{3}{2} KT \quad \text{حيث } T \text{ درجة الحرارة مقاسة بالدرجات . . .}$$

اثبت ان نصيب كل اتجاه من الطاقة $\frac{1}{2} KT$ ؟

السرعة يمكن تحليلها الى 3 مركبات ونتيجة للعشوائية التامة لحركة الجزيئات (لعل

انتظام تام) فان الطاقة تتوزع بالتساوي على 3 اتجاهات $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$

0° K



معامل التحويل k يعرف بثابت بولتزمان درجة الحرارة T

مرتبطة بالدرجة على التدرج المئوي بالعلاقة: $T = 273 + t^0$

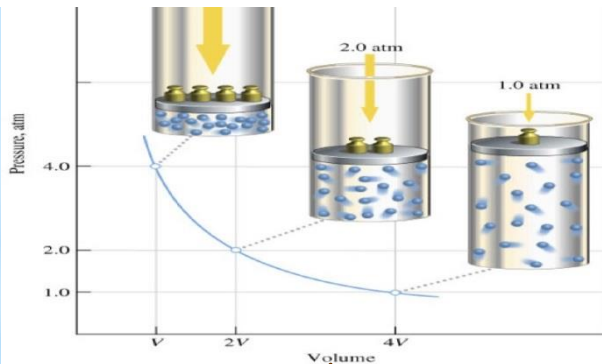
ما هو الصفر المطلق؟ وهل هناك درجة تحت الصفر المطلق

معادلة حالة الغاز المثالي

مما سبق توصلنا لعلاقة الضغط ودرجة الحرارة: $P = nkT$

وحيث ان $n = \frac{N}{V}$ فان $P = \frac{N}{V} kT$

حيث R الثابت العام للغازات $PV = NkT = RT \rightarrow$

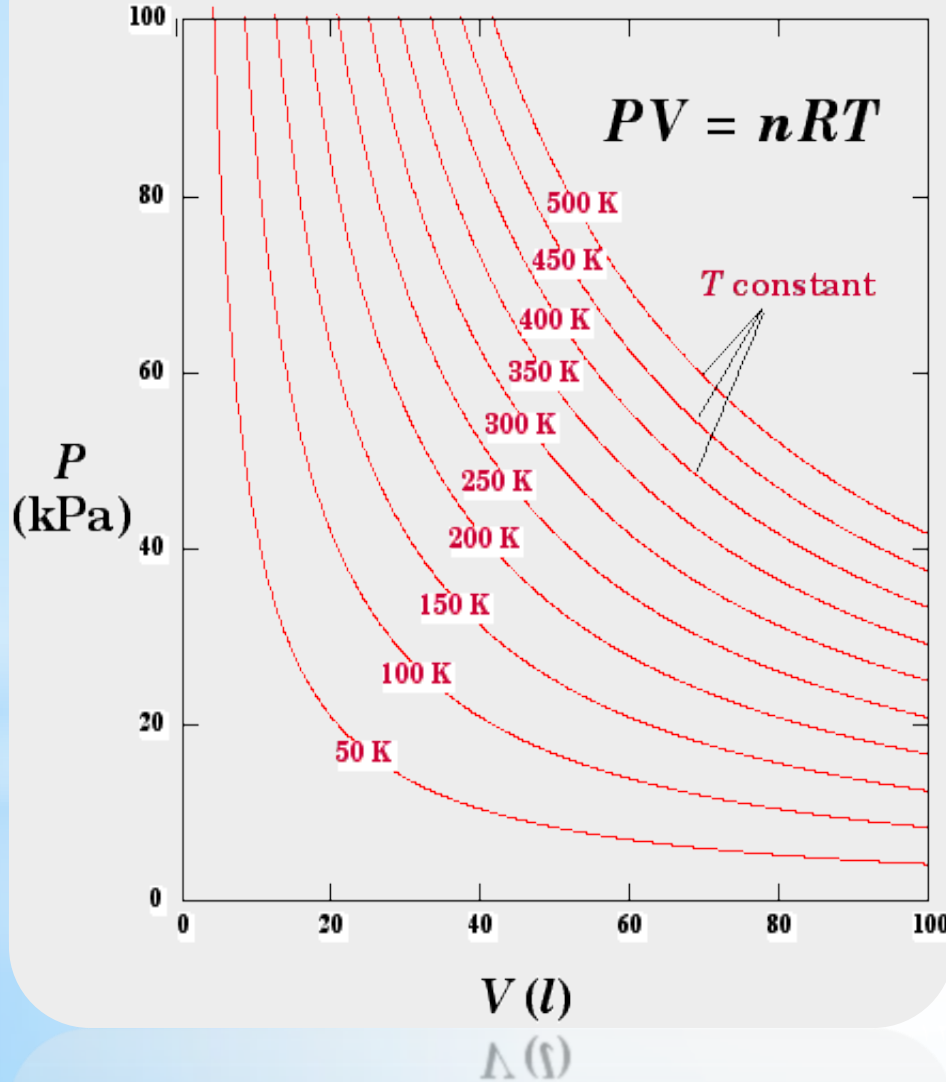


(عند استنتاج المعادلة السابقة وجد ان واحد جرام - جزيئ من مواد مختلفة يحتوي على عدد متساو من الجزيئات - عدد

افوجادرو - . . هل نعتبر ذلك "عشوائية وغوغاء")

معادلة الحالة وأسطح الضغط والحجم ودرجة الحرارة

PV Diagram for Isotherms of Ideal Gas



إذا افترضنا أن غاز مثالي موجود في مكبس يمكن زيادة الضغط على الغاز مع الحفاظ على درجة الحرارة ثابتة فإن الحجم سوف يتغير مع الضغط كما في الشكل التالي وطبقا لمعادلة الحالة للغاز المثالي $PV = nRT$ المقدار n يستخدم إذا ما كانت كتلة الغاز لا تساوي عدديا الوزن الجزيئي $M \neq \mu$

كل منحنى من المنحنيات السابقة يمثل درجة حرارة مختلفة وهنا العلاقة بين الضغط والحجم تخضع لمعادلة الحالة للغاز المثالي لذا نقول ان الغاز الذي يتصرف بهذا الشكل هو غاز مثالي.

الطاقة الداخلية للغاز المثالي

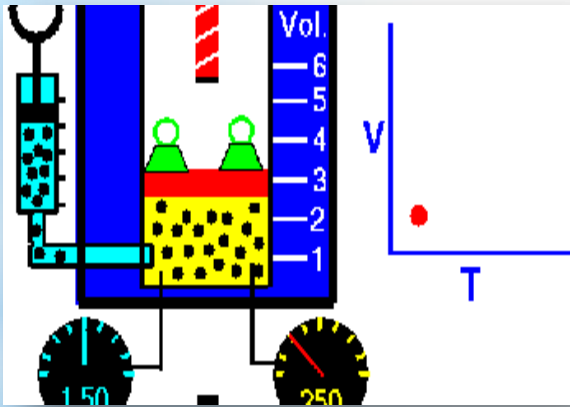
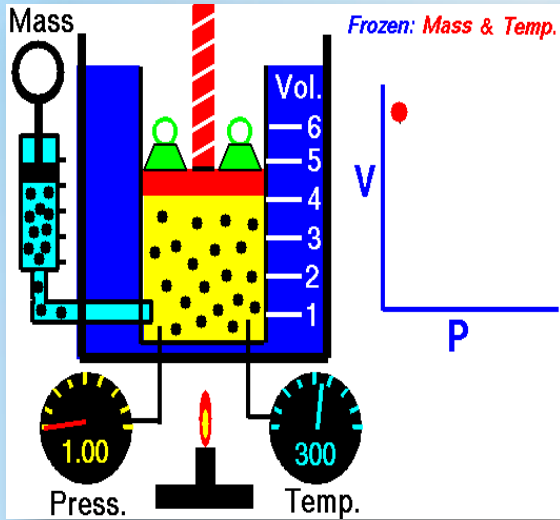
متوسط طاقة الحركة لجزيئات الغاز المثالي:

$$\overline{K.E} = \frac{1}{2} m \overline{c^2} = \frac{3}{2} KT$$

العلاقة السابقة سليمة اذا اعتبرنا الجزيئات جسيمات تمثل بنقاط مادية (جزيئات احادية الذرة) تقوم فقط بحركات انتقالية - النقطة لا تدور حول نفسها - اما الجزيئات عديدة الذرات فيمكنها القيام بحركات دورانية وتذبذبية وانتقالية. والعلاقة السابقة لا تصلح وتحتاج لتعديل.

للغاز احادي الذرة المحتوي على عدد N من الجزيئات، الطاقة الداخلية لجميع الجزيئات - على فرض ان كتلة الغاز = واحد جرام جزيئي :-

$$U = \frac{3}{2} NKT = \frac{3}{2} RT$$



الطاقة الداخلية للغاز تشمل:

١. طاقة حركة (جزيئات - ذرات - مكونات ذرات) الغاز

٢. طاقة وضع الذرات المكونة للجزيئات

نلاحظ من العلاقة السابقة ان: الطاقة الداخلية لكتلة ما من الغاز المثالي تعتمد فقط على درجة الحرارة ولا تعتمد على الحجم والضغط

لتغيير درجة حرارة الغاز يجب تغيير طاقته الداخلية . . . نعرف ان الطاقة يمكن تغييرها اذا بذل الجسم شغلا او بذلنا عليه شغلا .

* . لتسخين غاز يجب بذل شغل عليه وتبريده يجب ان يبذل الغاز نفسه شغلا .

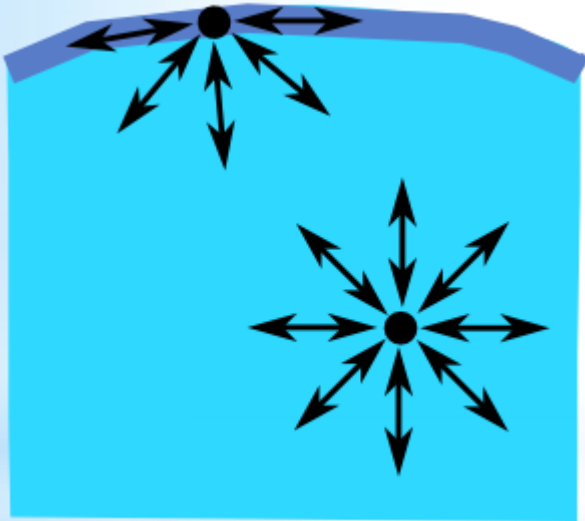
* . الطاقة الداخلية لا يمكن تعيين قيمتها المطلقة ولكن يمكن تعيين التغير فيها .

* . الطاقة الداخلية دالة في حالة الغاز: لا تعتمد على ماضي الغاز أي لا تعتمد على الطريقة التي وصل بها الغاز الى حالته .

الغازات الحقيقية (الغير مثالية)

بينت التجارب العملية أنه: عند الضغوط العالية والمنخفضة يجب تعديل قانون الغاز المثالي
* عند الضغط العالي تصبح الجزيئات قريبة من بعضها فيجب ألا نهمل قوى التأثير المتبادل بين الجزيئات

الجزيئي الداخلي تحيطه الجزيئات من جميع الاتجاهات
وتؤثر عليه بقوى متساوية محصلتها = صفر
(نتيجة العشوائية) !



أما إذا كان الجزيئي موجودا عند السطح فلا تحيطه الجزيئات من
جميع الجوانب ومحصلة القوى للداخل ولا تساوي صفر (توتر)
... الجزيئات السطحية مشدودة لداخل الغاز أي يخف

$$P_s = \frac{a}{V^2} \text{ بالقيمة}$$

حيث a مقدار ثابت يعتمد على طبيعة قوى التجاذب بين الجزيئات

... الضغط الفعلي لجميع الجزيئات $P' = P - \frac{a}{V^2}$ أي ان الضغط على الجدران

$$P = P' + \frac{a}{V^2}$$

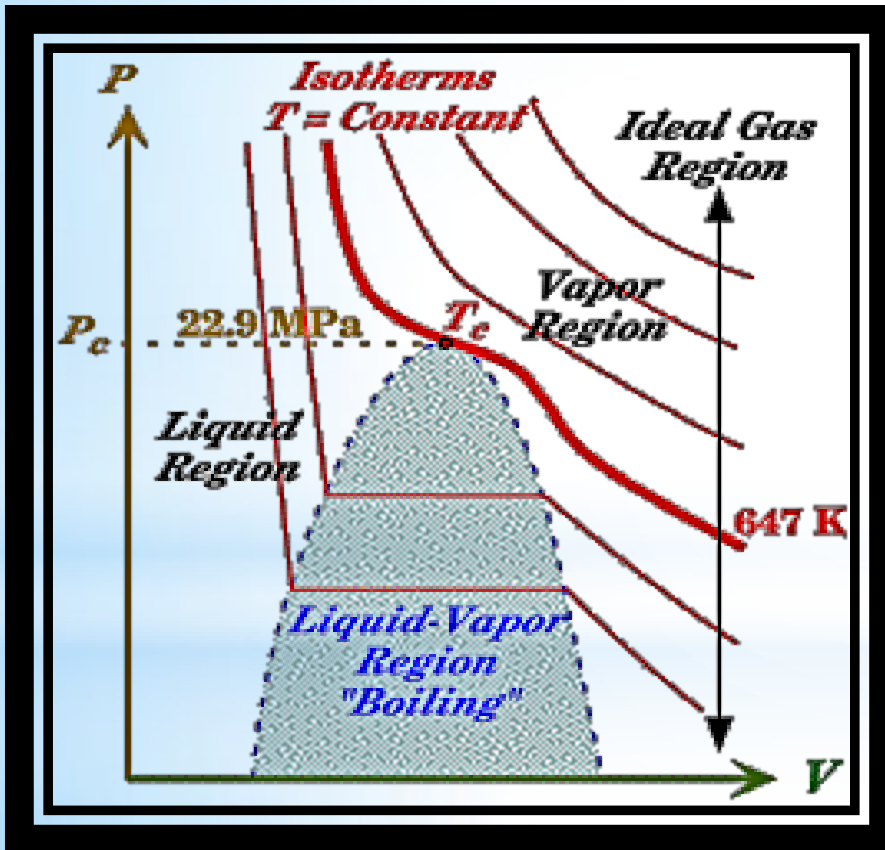
* عند الضغط العالي يجب ان نأخذ في الاعتبار الحجم الذي تشغله الجزيئات وعلى ذلك فالحجم الذي تتحرك فيه الجزيئات ليس حجم الاتاء V ولكن مطروحاً منه الحجم الذي تشغله الجزيئات ذاتها .

الحجم V يستبدل بالحجم $V - b$ حيث b الجزء من حجم الوعاء الغير مسموح للجزيئات بالحركة فيه
 $V \rightarrow V - b \dots$

معاودة الحالة للغاز الحقيقي

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT$$

هذه المعادلة تعرف بمعادلة فان دير فال للغاز الحقيقي . الثابت a & b تتغير من غاز لآخر والمعادلة صالحة بالنسبة لواحد جرام - جزئ من الغاز .



معادلة فان دير فال تمثل معادلة من الدرجة (الاولى - الثانية - الثالثة)

$$V^3 - \left(b + \frac{RT}{P}\right) V^2 + \frac{a}{P} V - \frac{ab}{P} = 0$$
 المعادلة تأخذ الصورة:

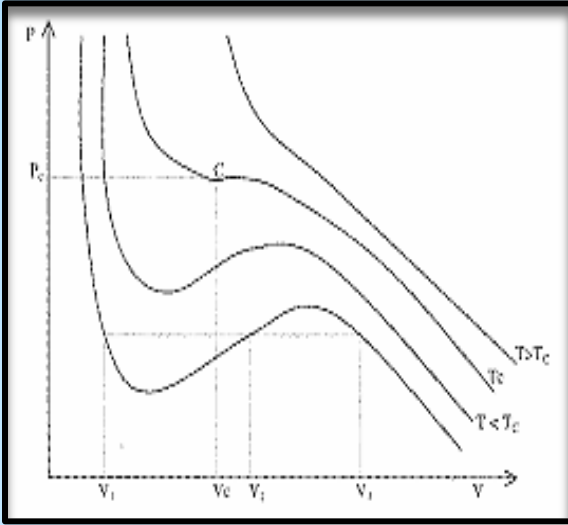
هذه معادلة من الدرجة الثالثة في V . . . لها ٣ حلول نظرية . . اي انه عند ضغط ودرجة حرارة ما يمكن ان يأخذ الحجم أو الكثافة ثلاث قيم؟

واضح ان: أقل حجم هو حجم الغاز في الحالة السائلة . .
أكبر حجم هو حجم الغاز في الحالة الغازية.

*** معادلة فان دير فال تستطيع وصف الغاز في حالته الغازية والسائلة واثنا التحول بين الحالتين.**

هناك جزء من المنحني يمثل حالة غير طبيعية، بزيادة الضغط يزداد الحجم وتقل الكثافة؟

هذه الحالة لا توجد في الطبيعة، واذا وجدت نطلق عليها حالة غير مستقرة
unstable state ولا يمكن قياسها عمليا



السئلة محامة

اختر الاجابة او الاجابا باس الصححة مع تعليل الاختيار الفصل قدر الامكان

١. المكون الذي يحمل صفات المادة وخواصها: (أ) الذرة (ب) الجزيئ (ج) الأيون
٢. الحركة الدائمة المستمرة للجزيئات هي حركة: (أ) حرة (ب) مقيدة (ج) حرارية
٣. يشترط لا اعتبار الغاز مثاليا ان تكون المسافة بين جزيئاته: (أ) كبيرة (ب) كبيرة جدا (ج) صغيرة جدا ، وذلك حتي تصبح قوة التأثير المتبادل (أ) مهملة (ب) صفر (ج) مؤثرة
٤. متوسط طاقة حركة جزيئات الغاز يعتبر مقياسا: (أ) لضغطه (ب) لحجمه (ج) لدرجة حرارته
٥. الجزيئات احادية الذرة المثلثة بقطا مادية تقوم بحركات: (أ) انتقالية (ب) دورانية (ج) تذبذبية
٦. الجزيئات عديدة الذرات تقوم بحركات: (أ) انتقالية (ب) دورانية (ج) تذبذبية
٧. لتسخين غاز يجب ان: (أ) نبدل شغلا عليه (ب) يبدل الغاز شغلا (ج) نولع فيه
٨. لتبريد غاز يجب ان: (أ) نبدل شغلا عليه (ب) يبدل الغاز شغلا
٩. ثابت بولتزمان هو ثابت التناسب بين علاقة درجة الحرارة مع:
(أ) الحجم (ب) الضغط (ج) متوسط طاقة الحركة لجزيئات الغاز

حلل

١. نعتبر المسافة بين جزيئات الغاز المثالي كبيرة للغاية وتصادماتها مرنة

٢. ضغط الغاز ينتج عن تصادمات جزيئاته مع جدران الوعاء المحوي له

٣. متوسط طاقة حركة الجزيئات لا يعتمد على كثافة الغاز

ما المعنى الفيزيائي لما يلي:

$$(1) \quad P = \frac{1}{3} n m \overline{c^2}$$

ضغط الغاز (كمية احصائية) يمكن كتابته على الصورة:

$$P = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} m \overline{c^2} \right)$$

ضغط الغاز يعتمد على متوسط طاقة حركة جزيئاته ، وجود n يعني انه لا يصح الكلام عن ضغط جزيء واحد من الغاز

$$(2) \quad U = \frac{3}{2} NKT = \frac{3}{2} RT$$

الطاقة الداخلية لكل ما من غاز مثالي تعتمد - فقط - على درجة الحرارة ولا تعتمد على الحجم والضغط

(3) الطاقة الداخلية دالة في حالة الغاز

معني ذلك انها لا تعتمد على ماضي الغاز أي لا تعتمد على المسار أو الطريقة التي وصل بها الغاز الى حالته

سؤال:

هل توافق على فرضية ان : التصادمات بين جزيئات الغاز المثالي «مرنة»

(أ) إذا افترضنا ان التصادمات "مرنة" فلن يحدث فقد في الطاقة وتستمر الحركة والطاقة الكلية تظل ثابتة

(ب) إذا افترضنا ان التصادمات "غير مرنة" فان الطاقة المفقودة من بعض الجزيئات تكتسبها

جزيئات اخري وعلى ذلك تستمر الحركة والطاقة الكلية تظل ثابتة

وضح المصطلح العلمي الخاص بالعبارتين التالية

ديناميكا حرارية - جزئ - الصفر المطلق - غاز مثالي - ضغط الغاز - طاقة داخلية

(أ) جزء دقيق من أجزاء المادة يحمل صفات المادة وخواصها

(ب) تجمع من جزيئات غير متفاعلة وبينها مسافات كبيرة جدا

(ج) درجة حرارة ينعدم عندها ضغط الغاز وتنعدم عندها حركة جميع الذرات والجزيئات

(د) كمية ذات طبيعة احصائية تعتمد على متوسط طاقة حركة جزيئات الغاز

(هـ) مجموع الطاقات (حركية ووضعية) والتي تخص نظام ديناميكي حراري

(و) فرع من فروع الفيزياء يدرس خواص انتقال الشكل الحراري للطاقة وتحولاته الى اوجه اخري من الطاقة