

11

O₂

دوسية أوكسجين

في شرح وحل أسئلة المادة مع كيماشيكات



الكيمياء



الفصل الدراسي الأول



الوحدة الثانية: حالات المادة

إعداد: م. مريم السرطاوي

2021



eng.sartawi



مدرسة الكيمياء



الكيمياء مع المهندسة

بسم الله الرحمن الرحيم

أحمد الله وأشكره على إنجاز هذا العمل فله الحمد أولاً وآخراً،
طلابي الأعزاء لا بد أن نعي جميعاً أن أي عمل بشر لا يخلو من نقص أو عيب؛
فإن الكمال لله وحده، لذا عليكم تجربة الحساب بأنفسكم للتأكد من النتائج ولتثقوا بقدراتكم
العظيمة

بقدر الكد تكتسب المعالي ومن طلب العلا سهر الليالي
ومن رام العلا من غير كد أضاع العمر في طلب المحال
تروم العز ثم تنام ليلاً يغوص البحر من طلب اللالي

رسائل قصيرة:

- إن التعليم المميز للجميع والعلم يُؤتى ولا يأتي، فهلم يا طالب العلم إلى مجدك
- الدوسية المجانية على الإنترنت هي لنفع الطالب في المقام الأول، ولا يعني ذلك أنه يحلّ التعديل عليها أو نسبتها لغير صاحبها
- شكري وتقديري للطالبة مرام "غيم غيم" لاقتراحها اسم "ضوي اللبة" والمصطلح سأستخدمه في التأسيس وأسئلة شغل مخك
- شكري وتقديري للطالب بلال أبو ريان لاقتراحه اسم "كيماشيك" وسيتم استخدامه في أسئلة التحدي والتريكات

تابع معنا كل جديد مع طلاب مدرسة الكيمياء الإلكترونية

<https://cutt.us/SCHOOLofCHEMISTRY>

وأيضا على قناتي اليوتيوب مريم السرطاوي

وقناتي "الكيمياء مع المهندسة" على التيليجرام

<https://t.me/sartawichem>



وأيضا سيرفر مدرسة الكيمياء على الديسكورد للمتابعة والتفاعل

ما هي دوسية أوكسجين؟

دوسية أوكسجين تنعش التفكير وتحيي الكيمياء في الروح، تشمل هذه الدوسية الوحدة الثانية: "حالات المادة"

الموضوع	الصفحة
تهيئة سريعة للوحدة الثانية	4
الدرس الأول: الحالة الغازية [التعريفات]	6
خصائص الغازات الفيزيائية ونظرية الحركة الجزيئية	7
مقارنة بين الغاز المثالي والحقيقي	8
قوانين الغازات [بويل - شارل - جاي لوساك - أفوجادرو]	9
توافق قوانين الغازات السابقة مع نظرية الحركة الجزيئية	11
استراتيجية الحل على قوانين الغازات	13
العلاقات البيانية للقوانين السابقة + تدريبات وكيماشيك	18
ورقة عمل [1]	21
القانون الجامع للغازات	22
قانون الغاز المثالي	23
تدريبات خارجية + كيماشيك	26
ورقة عمل [2]	28
قانون دالتون للضغوط الجزئية	29
قانون جراهام للانتشار والتدفق	30
تدريبات خارجية + كيماشيك	32
ورقة عمل [3]	34
حل مراجعة الدرس الأول	35
الدرس الثاني: الحالة السائلة [التعريفات]	39
الخصائص الفيزيائية للسوائل	39
التبخر ومنحنى ماكسويل بولتزمان	40
التكاثف	44
الضغط البخاري	45
درجة الغليان	47
تدريبات خارجية + كيماشيك	49
ورقة عمل: الحالة السائلة	51
حل مراجعة الدرس الثاني	53
الدرس الثالث: الحالة الصلبة [التعريفات]	54
الخصائص الفيزيائية للمواد الصلبة	54

55	المواد الصلبة البلورية وغير البلورية
55	المواد الصلبة الجزيئية
57	المواد الصلبة الأيونية
58	المواد الصلبة الشبكية التساهمية
61	المواد الصلبة الفلزية
63	تدريبات خارجية + كيماشيك
65	ورقة عمل: الحالة الصلبة
66	حل مراجعة الدرس الثالث
67	حل مراجعة الوحدة الثانية

تهيئة الوحدة الثانية: حالات المادة



المادة: هي كل ما له كتلة ويشغل حيزاً
صنّف العلماء المواد حسب الحالة الفيزيائية إلى:
1- صلبة 2- سائلة 3- غازية
مقارنة بين الحالات الفيزيائية قد تعلمناها في صفوف سابقة

الحالة الفيزيائية	تقارب الجزيئات وتماسكها	حركة الجزيئات	شكل المادة	حجم المادة
الصلبة	متراصة ومتقاربة جداً	مجرد اهتزازات	ثابت	ثابت
السائلة	متقاربة	تتدفق بسهولة	متغير	ثابت
الغازية	متباعدة	تتحرك باستمرار	متغير	متغير

المول هو وحدة دولية تعبر عن عدد جسيمات صغيرة، فداًئماً 1 مول من أي شيء = عدد أفوجادرو 6.022×10^{23} سواء جزيئات أو ذرات أو غير ذلك

نحسب الكتلة المولية لأي مادة باستخدام الكتلة الذرية للعنصر من الجدول الدوري والوحدة g/mol وهو العدد الأكبر، بينما العدد الأصغر هو العدد الذري [الخاص بتوزيع الإلكترونات]

مثال: الكتلة المولية لذرة هيدروجين من الجدول الدوري بعد التقريب 1 g/mol وللأكسجين هي 16 g/mol

إذاً الكتلة المولية لغاز الهيدروجين H_2 نضرب كتلته التي بالجدول بعدد الذرات في الجزيء:

$$M_r(\text{H}_2) = (1 \times 2) = 2 \text{ g/mol}$$

$$M_r(\text{O}_2) = (16 \times 2) = 32 \text{ g/mol}$$

العلاقة الرياضية بين المول والكتلة والكتلة المولية:

$$n = \frac{m}{M_r}$$

مثال: احسب كتلة 4 مول من جزيئات H_2O علماً أن الكتل الذرية لكل من ذراته: (O=16, H=1)

سنستخدم العلاقة الثانية ونحسب الكتلة المولية لجزيء الماء

$$M_r = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

$$4 \times 18 = m$$

$$m = 72 \text{ g}$$

قانون الكثافة:

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{الكثافة = الكتلة / الحجم}$$

الكتلة بالغرام، الكيلوغرام والحجم باللتر أو المليلتر أو السنتيمتر المكعب

تحويلات درجة الحرارة والحجم والضغط

الضغط	الحجم	درجات الحرارة
1 atm = 760 mmHg	1 L = 1000 mL	$T_K = T_C + 273$
1 atm = 101.3 kPa	1 mL = 1 cm ³	درجة الحرارة المطلقة تكون بالكيلفن وهي المستخدمة في قوانين الغازات
	1 m ³ = 1000 L	

الدرس الأول: الحالة الغازية



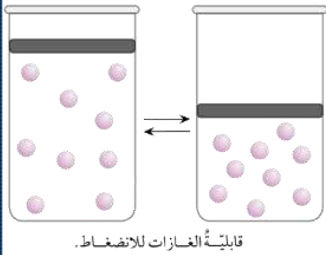
تعريفات الدرس الأول: [لأنها كثيرة فهي غير مضافة داخل الشرح وإنما في بداية الدرس فقط]

- **نظرية الحركة الجزيئية:** نظرية تصف سلوك جسيمات المادة اعتماداً على أنها في حركة دائمة ومستمرة وقد فسّرت النظرية سلوك المواد الصلبة والسائلة والغازية اعتماداً على الطاقة الحركية للجسيمات وقوى التجاذب بينها
- **الغاز المثالي:** غاز افتراضي حجم جسيماته يساوي صفرًا وقوى التجاذب بينها معدومة
- **القابلية للانضغاط:** تقارب الجسيمات عند التأثير فيها بضغط فيقل الحجم الذي تشغله
- **التصادمات المرنة:** تصادمات بين جسيمات يبقى مجموع الطاقة الحركية خلالها محفوظاً
- **قانون بويل:** حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبات درجة حرارته
- **قانون شارل:** حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه
- **قانون جاي - لوساك:** ضغط كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه
- **القانون الجامع:** قانون يصف العلاقة بين حجم كمية محددة من الغاز المحصور ضغطه ودرجة حرارته المطلقة
- **قانون أفوجادرو:** الحجم المتساوية من غازات تحتوي على عدد الجسيمات نفسه عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة
- **قانون الغاز المثالي:** العلاقة $PV=nRT$ التي تصف سلوك الغاز المثالي
- **الحجم المولي:** حجم مول واحد من الغاز في الظروف المعيارية
- **الانتشار:** حركة الجسيمات من المنطقة الأعلى تركيزاً إلى المنطقة الأقل تركيزاً
- **التدفق:** تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة
- **الضغط الجزئي للغاز:** الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة
- **قانون دالتون:** الضغط الكلي لخليط من الغازات غير المتفاعلة يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكوّنة للخليط
- **قانون جراهام:** معدل سرعة انتشار (تدفق) الغاز يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلته المولية



الخصائص الفيزيائية للغازات

الخصائص الفيزيائية للمادة في الحالة الغازية:



[1] حجم الغاز = نفس حجم الوعاء الذي هو فيه والسبب: لأن الغاز يتمدد

وينتشر

[2] قابل للانضغاط، فإذا زاد الضغط المؤثر عليه يقل حجمه [خاصية تتفرد

بها الغازات]

[3] يختلط الغاز مع غيره من الغازات ليشكل خليطاً متجانساً [خاصيتي الانتشار والتدفق]

؟ **فسر: تتشابه الغازات في سلوكها الفيزيائي ولها خصائص مميزة متشابهة رغم أنها تتكون من**

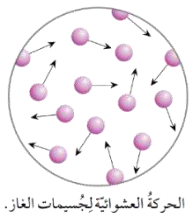
جسيمات مختلفة في الخصائص

لأن جسيمات الغاز متباعدة جداً وقوى التجاذب بينها شبه معدومة [كما درسنا سابقاً أن القوى بين الجزيئات أضعف ما يكون في الحالة الغازية]

نظرية الحركة الجزيئية

قام العلماء بعدة تجارب لفهم سلوك الغاز واستخدموا متغيرات وثابت في كل مرة ليستخرجوا قوانين تتعلق بكل حالة، ومن ثم خرجت نظرية الحركة الجزيئية لتفترض غازاً مثالياً نستطيع تطبيق تلك المعادلات عليه.

■ **افتترضت النظرية وجود غاز مثالي تنطبق عليه بنود النظرية وهي:**



[1] جسيمات الغازات مهمة الحجم ومتباعدة جداً لدرجة أن معظم الحجم الذي

يشغله الغاز فراغ

[2] تتحرك جسيمات الغازات حركة مستمرة عشوائية وسريعة في خط مستقيم

وفي جميع الاتجاهات

[3] تتصادم جسيمات الغازات فيما بينها ومع جدار الإناء تصادمات مرنة

[4] قوى التجاذب بين جسيمات الغاز المثالي معدومة

[5] يعتمد متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الغاز على درجة الحرارة حسب

المعادلة:

$$Kinetic Energy = \frac{1}{2} m V^2$$

المتغيرات ودلالاتها	قانون متوسط الطاقة الحركية للغاز
$Kinetic Energy$ = الطاقة الحركية عند درجة حرارة معينة m = كتلة الجسيم V = سرعة الجسيم	$Kinetic Energy = \frac{1}{2} m V^2$

▪ في حال ارتفعت أو انخفضت درجة حرارة الغاز الواحد [كتلته m ثابتة] فإن متوسط الطاقة الحركية سيعتمد على: سرعة الجسيمات V التي تتغير طردياً مع درجة الحرارة

فسر: معظم الحجم الذي يشغله الغاز فراغ

لأن جسيمات الغاز من جزيئات أو ذرات متناهية الصغر ومتباعدة جداً فيصبح بينها فراغات كبيرة

فسر: الكثافة المنخفضة للغازات مقارنة بالسوائل

لأن معظم الحجم الذي يشغله الغاز فراغ

فسر: قابلية الغازات للانضغاط بسهولة

لأن معظم الحجم الذي يشغله الغاز فراغ

فسر: تتميز الغازات بخاصيتي التدفق والانتشار

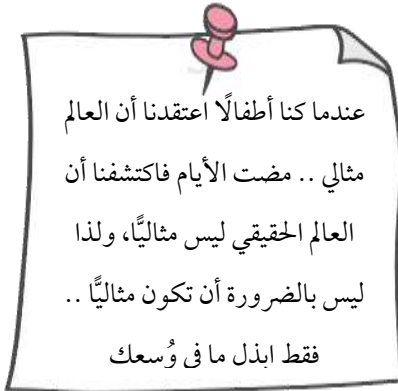
لأن جسيمات الغاز تتحرك باستمرار وبسرعة فهذا يكسبها طاقة حركية تتغلب على قوى التجاذب

فسر: مجموع الطاقة الحركية التي تمتلكها جسيمات الغاز يبقى محفوظاً عند الحرارة نفسها

لأن تصادمات الجسيمات مرنة ولو حدث تبادل للطاقة بينها فجسيم يفقد وآخر يكسب فيبقى المجموع محفوظاً عند نفس درجة الحرارة

فسر: لا يمكن إسالة الغاز المثالي مهما زاد الضغط المؤثر عليه أو انخفضت حرارته

بسبب انعدام قوى التجاذب بين جسيمات الغاز المثالي



مقارنة بين الغاز المثالي والحقيقي

▪ في الظروف العادية متشابهان [جسيمات الغاز الحقيقي متباعدة وقوى التجاذب شبه معدومة]

▪ أما عند زيادة الضغط عليها وخفض درجة حرارتها تنحرف الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي، وكلما زاد الضغط وانخفضت الحرارة زاد الانحراف

متى تنحرف الغازات الحقيقية عن سلوك الغاز المثالي [المعتمد في نظرية الحركة الجزيئية]؟

عند زيادة الضغط وخفض درجة الحرارة:

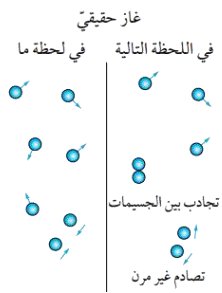
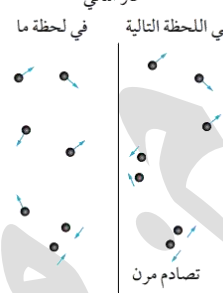
[1] المسافات بين الجسيمات تقل ويزداد التقارب وتنشأ قوى تجاذب

[2] تقل السرعة والحركة العشوائية ولا تستطيع الطاقة الحركية من التغلب على قوى التجاذب

[3] مع تقارب الجسيمات أكثر وتغلب قوى التجاذب يتحول الغاز إلى سائل

بينما في الغاز المثالي اعتبرناه حسب نظرية الحركة الجزيئية: قوى التجاذب معدومة فلا يمكن إسالته مهما زاد الضغط وانخفضت الحرارة

مقارنة بين سلوك الغاز المثالي والحقيقي طبقاً لنظرية الحركة الجزيئية في ظروف معينة

الغاز الحقيقي	الغاز المثالي
[1] قوى تجاذب شبه معدومة [2] تصادم غير مرن في لحظة ما [3] يمكن إسالته في ظروف معينة بفعل قوى التجاذب	[1] قوى تجاذب معدومة [2] تصادم مرن في كل الأحوال [3] لا يمكن إسالته
 غاز حقيقي في اللحظة التالية في لحظة ما تجاذب بين الجسيمات تصادم غير مرن	 غاز مثالي في اللحظة التالية في لحظة ما تصادم مرن

مثال ص56: قوى التجاذب بين غاز الهيليوم: قوى لندن وهي ضعيفة جداً فيشبه سلوكه الغاز المثالي، لكن عند زيادة الضغط وخفض درجة حرارته بشكل كبير (-268.9°C) فإنه ينحرف عن سلوك الغاز المثالي ويتحول إلى سائل

أتحقق ص56: ما الظروف التي يكون سلوك الغاز الحقيقي عندها أقرب إلى سلوك الغاز المثالي؟
كلما زادت درجة الحرارة وقل الضغط المؤثر على الغاز فالجسيمات تتباعد وتزداد الطاقة الحركية التي تغلب على قوى التجاذب وبالتالي يصبح الغاز الحقيقي أقرب إلى سلوك الغاز المثالي

أفكر ص56: أي الغازين Ne أم NH_3 تتوقع أن يكون أقرب في سلوكه إلى الغاز المثالي عند الظروف نفسها؟

لو افترضنا أن الظروف نفسها هي درجة حرارة الغرفة: فكلاهما غاز، لكن عند تحديد قوى التجاذب فإننا نبحث عن أقوى قوى بين الجزيئات بشكل عام، قوى التجاذب بين ذرات غاز النيون Ne هي قوى لندن، بينما القوى بين جزيئات الأمونيا هي قوى الروابط الهيدروجينية، والأخيرة أقوى من الأولى، أي أن غاز النيون قواه أضعف في الظروف نفسها فهو الأقرب لسلوك الغاز المثالي
فائدة: عند المقارنة بين غازات أيها أقرب لسلوك الغاز المثالي، فالأقرب هو غير القطبي، أو قواها أضعف عند المقارنة وأيضا حجم جزيئاته أقل .. ننظر هنا إلى الكتل المولية لتحديد الحجم الأقل

قوانين الغازات [بويل - شارل - جاي لوساك - أفوجادرو]

- ربط العلماء عدة متغيرات بعلاقة رياضية تُعرف باسم قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law: $PV = nRT$
- قانون الغاز المثالي مشتق من عدة علاقات رياضية سابقة تم استخراجها من خلال التجارب قام بها العلماء: بويل 2- شارل 3- جاي -لوساك 4- أفوجادرو

- المتغيرات التي عملوا عليها في التجارب هي: ضغط الغاز P ، حجمه V ، عدد المولات n ، T درجة الحرارة المطلقة، أما R فهو ثابت الغاز العام
- يعتمد ضغط P كمية n محددة من الغاز على عاملين: حجم V الغاز ودرجة حرارته T

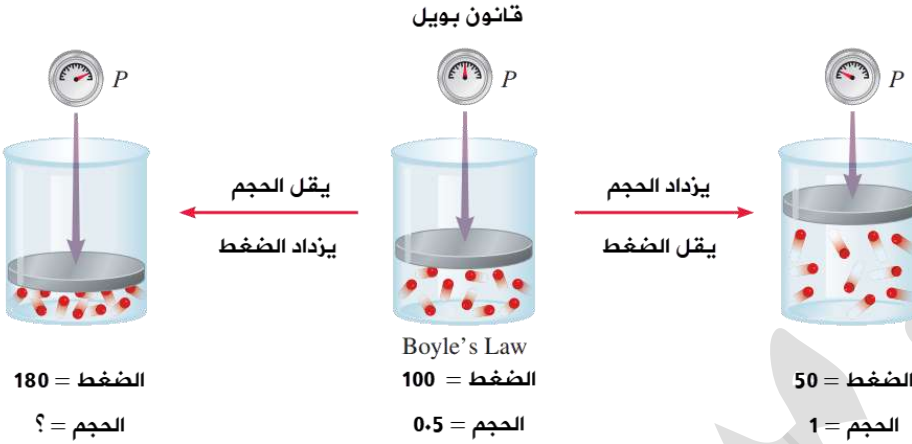
درجة الحرارة T	حجم الغاز V	ضغط الغاز P
كلفن K سيلييزية $^{\circ}C$ ونستخدم المطلقة دائماً $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$	لتر L مليتر mL $1 L = 1000 mL$ $1 cm^3 = 1 mL$	وهو ينشأ نتيجة تصادم مستمر لجزيئات الغاز بجدار الإناء الداخلي فهو القوة المؤثرة في وحدة المساحة atm ضغط جوي [وهو المستخدم في الكتاب للثابت R] $1 atm = 760 mmHg$ التحويل إلى مليمتري زئبق $1 atm = 101.3 KPa$ التحويل إلى كيلوباسكال

جدول مقارنة معلومات للربط الذهني:

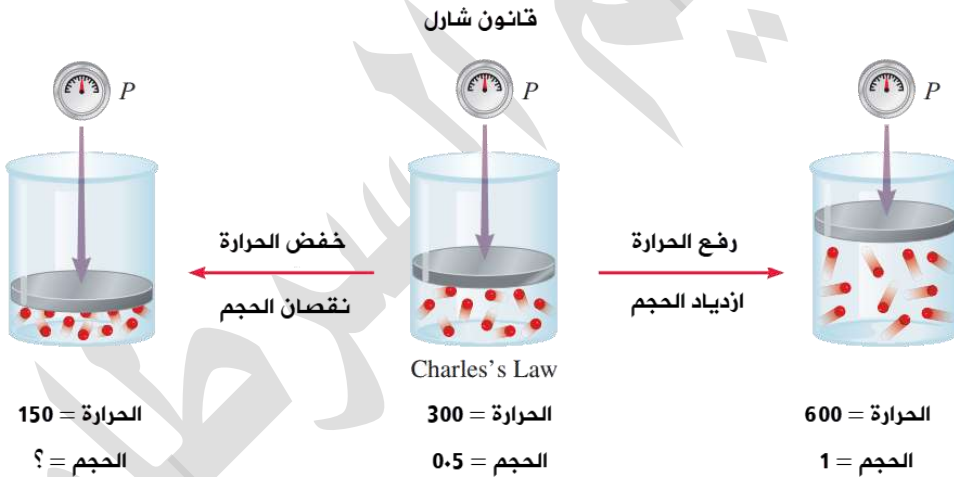
قانون بويل	قانون شارل	قانون جاي - لوساك	قانون أفوجادرو
العلاقة: بين الضغط والحجم عند ثبات درجة الحرارة والكمية	العلاقة: بين الحجم ودرجة الحرارة عند ثبات الضغط والكمية	العلاقة: بين ضغط الغاز ودرجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم والكمية	العلاقة: بين الحجم والكمية عند ثبات درجة الحرارة والكمية
النتيجة: مضاعفة كمية محددة من الغاز المحصور تنقص حجمه إلى النصف والعكس يعني: ضرب الضغط في الحجم يعطي قيمة ثابتة	النتيجة: زيادة درجة الحرارة تزيد من الحجم بشكل طردي يعني: قسمة الحجم على الحرارة المطلقة تعطي قيمة ثابتة	النتيجة: زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من ضغطه بشكل طردي يعني: قسمة الضغط على الحرارة المطلقة تعطي قيمة ثابتة	النتيجة: زيادة كمية الغاز (المولات) يزيد من حجمه بشكل طردي يعني: قسمة الحجم على المولات تعطي قيمة ثابتة
نص القانون: حجم كمية المحصور يتناسب طردياً مع عدد مولاته عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته [انتبه هذا نص القانون وهناك تعريف لقانون أفوجادرو مختلف]	نص القانون: ضغط كمية من الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه	نص القانون: ضغط كمية من الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه	نص القانون: حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة حرارته
$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$

وضّح كيفية تفسير كل قانون من القوانين السابقة باستخدام نظرية الحركة الجزيئية

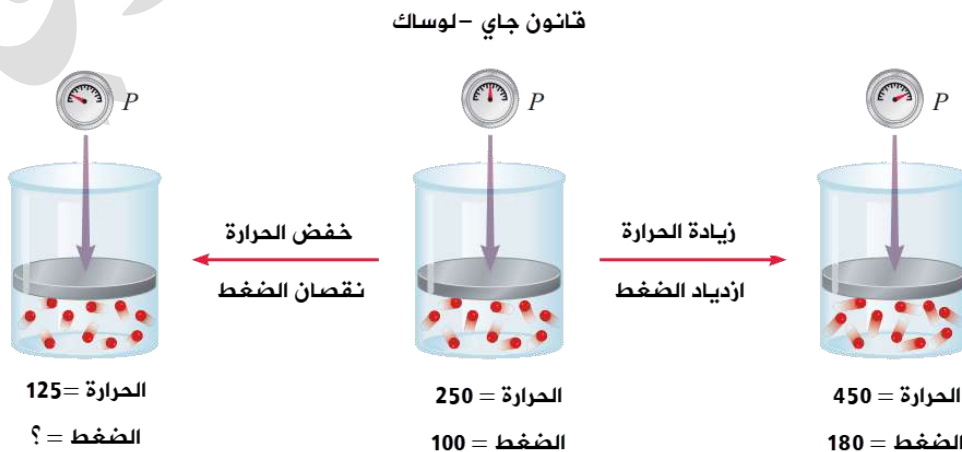
[1] **قانون بويل:** زيادة الضغط المؤثر في الغاز المحصور يؤدي إلى تقارب جسيماته فيقل حجمه ويزداد عدد تصادمات الجسيمات الغاز مع جدار الإناء فيزداد ضغطه عند ثبات درجة حرارته



[2] **قانون شارل:** زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من متوسط طاقة جسيماته الحركية فتزداد سرعته وتصادماته مع جدار الإناء ولكي يبقى ضغط الغاز المحصور ثابتاً لا بد من زيادة حجمه

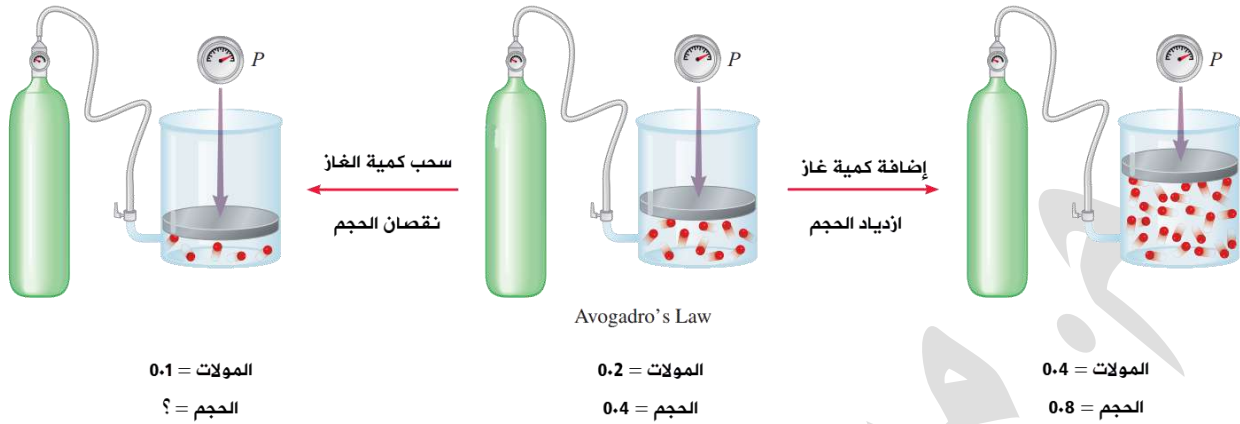


[3] **قانون جاي - لوساك:** زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من متوسط طاقة جسيماته الحركية فتزداد سرعته وتصادماته مع جدار الإناء فيزداد ضغطه عند ثبات حجمه



[4] **قانون أفوجادرو:** زيادة عدد مولات الغاز تزيد من عدد جسيماته فيزداد عدد التصادمات مع جدار الإناء ولكي يبقى ضغط الغاز ودرجة حرارته ثابتين فلا بد من زيادة حجمه

قانون أفوجادرو



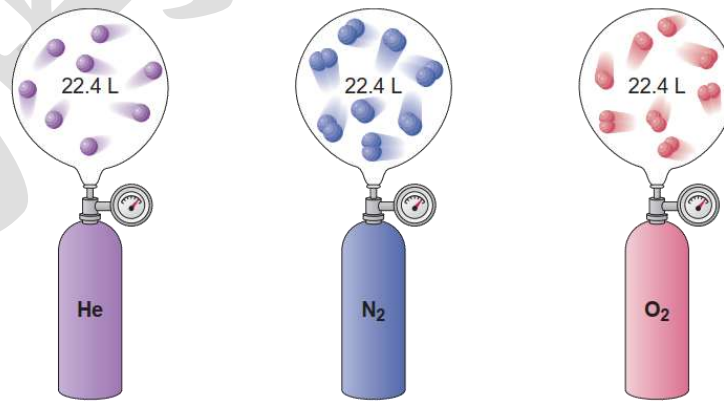
? توصل أفوجادرو إلى عدة نتائج من خلال تجربته على الغاز، اذكرها

[1] الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي على العدد نفسه من الجزيئات عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة [قانون أفوجادرو]

[2] حجم مول واحد من أي غاز يساوي (22.4L) في الظروف المعيارية (القياسية) [الحجم المولي] للغاز

[3] مضاعفة عدد مولات الغاز يؤدي إلى مضاعفة حجمه عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته [تناسب طردي]

الظروف المعيارية أو القياسية:
STP
درجة حرارة (0°C) = (273K)
ضغط يساوي
(101.3 kPa = 1 atm)



$n = 1 \text{ mol}$	$n = 1 \text{ mol}$	$n = 1 \text{ mol}$
$P = 1 \text{ atm}$	$P = 1 \text{ atm}$	$P = 1 \text{ atm}$
$T = 0^\circ\text{C} (273 \text{ K})$	$T = 0^\circ\text{C} (273 \text{ K})$	$T = 0^\circ\text{C} (273 \text{ K})$
$V = 22.4 \text{ L}$	$V = 22.4 \text{ L}$	$V = 22.4 \text{ L}$
N عدد الجسيمات $= 6.022 \times 10^{23}$	N عدد الجسيمات $= 6.022 \times 10^{23}$	N عدد الجسيمات $= 6.022 \times 10^{23}$
الكتلة المولية = 4.003 g	الكتلة المولية = 28.02 g	الكتلة المولية = 32.00 g
الكثافة = 0.179 g/L	الكثافة = 1.25 g/L	الكثافة = 1.43 g/L

فائدة: STP يعني ظروف قياسية من الضغط والحرارة Standard Temperature & Pressure

? أفكر ص 67: كيف يتغير ضغط الغاز عند زيادة عدد مولاته مع بقاء حجمه ودرجة حرارته ثابتين؟
لأن زيادة عدد المولات يزيد من عدد الجسيمات فتزداد التصادمات مع جدار الإناء وبالتالي يرتفع ضغط الغاز

استراتيجية الحل على القوانين السابقة بأبسط طريقة

جمع العلماء تلك القوانين الأربعة في قانونين:

[1] القانون الجامع للغازات [يُستخدم عند تغير الضغط والحجم والحرارة وثبات الكمية أي المولات n]

[2] قانون الغاز المثالي [يُستخدم عند تغير العوامل الأربعة]

■ سيتم دراسة تطبيقات على القانونين الجامع والمثالي بعد تثبيت التطبيق على القوانين الأربع

استراتيجية الحل النموذجية:

[1] في السؤال: حالة ابتدائية (1) وحالة نهائية (2) للعوامل المتغيرة [ضغط/حرارة/حجم/كمية]

[2] حدد العوامل المتغيرة [المعطيات] وحدد المطلوب إيجادها وحدد الثوابت

[3] حوّل الوحدات لو تغيرت بين الحالة (1) و(2) قبل بدء التعويض

[4] استخدم **درجة الحرارة المطلقة**، حوّل الدرجة المئوية (السيليزية) إلى كيلفن [[مهم]]

[5] من المعطيات حدّد القانون الذي ستعمل عليه فإذا نسيت القانون فعليك بالخطوة [6]

[6] اكتب قانون الغاز المثالي $P_1V_1 = n_1RT_1$ للحالة الابتدائية وللحالة النهائية $P_2V_2 = n_2RT_2$

[7] سنرتب قانون الغاز المثالي: الحالة الابتدائية = النهائية لكل المتغيرات الأربعة ونحذف الثابت R:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

[8] اعتمد المعطيات المتغيرة في السؤال واحذف الثوابت، فلو كان الثابت هو الحرارة والكمية [مول]:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

[9] بتلك الطريقة كتبنا قانون بويل تبعاً لمعطيات المسألة بأبسط طريقة، ومثله أي قانون سابق

[10] نرتّب القانون تبعاً للمطلوب إيجادها، ثم نقوم بتعويض المعطيات وليس العكس [مهم]

بهذه الطريقة سيكتب الطالب أي قانون من قوانين الغازات السابقة في حال نسي نص القانون

? مثال 1 ص 59: عينة من غاز النيتروجين حجمها 150 mL وضغطها 0.950 atm احسب حجمها بوحدة mL عندما يصبح ضغطها يساوي 0.990 atm عند درجة الحرارة نفسها

[1] المعطيات والمطلوب والثوابت:

الحجم الأول $V_1 = 150 \text{ mL}$ الحجم الثاني $V_2 = ?$ [مطلوب بوحدة المل]

الضغط الأول $P_1 = 0.950 \text{ atm}$ الضغط الثاني $P_2 = 0.990 \text{ atm}$

الثوابت = درجة الحرارة T والكمية n فالكمية لن تتغير إلا إذا ذكر ذلك

[2] نكتب قانون الغاز المثالي ونحذف الثوابت لنتوصل إلى القانون المطلوب

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

[3] لا يوجد تحويل وحدات، نرتب القانون لحساب الحجم الثاني V_2

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

[4] نقوم بالتعويض وستكون الوحدة النهائية هي المطلوبة بالمل mL

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{150 \times 0.950}{0.990} = 143.94 \approx 144 \text{ mL}$$

؟ أتحقق ص 59: عينة من غاز محصور حجمها 4 L عند ضغط 2 atm سُمح لها بالتمدد حتى أصبح

حجمها 12 L . احسب ضغطها عند درجة الحرارة نفسها

[1] المعطيات والمطلوب والثوابت:

الحجم الأول $V_1 = 4 \text{ L}$ الحجم الثاني $V_2 = 12 \text{ L}$

الضغط الأول $P_1 = 2 \text{ atm}$ الضغط الثاني $P_2 = ?$ [وهو المطلوب]

الثوابت = درجة الحرارة T والكمية n فالكمية لن تتغير إلا إذا ذكر ذلك

[2] نكتب قانون الغاز المثالي ونحذف الثوابت لنتوصل إلى القانون المطلوب

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

[3] لا يوجد تحويل وحدات، نرتب القانون لحساب الضغط الثاني P_2

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

[4] نقوم بالتعويض

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{2 \times 4}{12} = 0.667 \text{ atm}$$

؟ مثال 2 ص 61: عينة من غاز الأكسجين حجمها 6.82 L عند 327°C . احسب حجمها بوحدة L عند

27°C بفرض ثبات الضغط

الحجم الأول $V_1 = 6.82 \text{ L}$ الحجم الثاني $V_2 = ?$ [مطلوب بوحدة اللتر L]

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 327^\circ \text{C}$ درجة الحرارة الثانية $T_2 = 27^\circ \text{C}$



$$T_2 = 27^\circ \text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_1 = 327^\circ \text{C} + 273 = 600 \text{ K}$$

الثوابت = الضغط P والكمية n فالكمية n لا تتغير إلا إذا ذكر ذلك

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{6.82 \times 300}{600} = 3.41 \text{ L}$$

? أتحقق ص 61: عينة من غاز النيتروجين حجمها 430 mL عند 24°C . عند أي درجة حرارة يصبح

حجمها 0.75 L بفرض ثبات الضغط

الحجم الثاني $V_2 = 0.75 \text{ L}$

الحجم الأول $V_1 = 430 \text{ mL}$

درجة الحرارة الثانية $T_2 = ?$

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 24^\circ \text{C}$

$$V_2 = 0.75 \times 1000 = 750 \text{ mL}$$

$$T_1 = 24^\circ \text{C} + 273 = 297 \text{ K}$$

الثوابت = الضغط P والكمية n فالكمية n لا تتغير إلا إذا ذكر ذلك

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1}$$

$$T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{750 \times 297}{430} = 518 \text{ K}$$

$$T_2 = 518 \text{ K} - 273 = 245^\circ \text{C}$$

? مثال 3 ص 63: تحمل عبوات الرذاذ مثل ملطفات الجو مثبتات الشعر، إشارات تحذر من تسخين

العبوة أو تخزينها على درجات حرارة عالية. إذا علمت أن ضغط الغاز داخل إحدى هذه العبوات

775 mmHg عند درجة حرارة 25°C وارتفعت درجة حرارة الجو إلى 40°C فاحسب ضغط الغاز

داخلها

الضغط الثاني $P_2 = ?$

الضغط الأول $P_1 = 775 \text{ mmHg}$

درجة الحرارة الثانية $T_2 = 40^\circ \text{C}$

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 25^\circ \text{C}$

$$T_2 = 40^\circ \text{C} + 273 = 313 \text{ K}$$

$$T_1 = 25^\circ \text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$



الثوابت = الحجم V ثابت لأن الغاز ينتشر في العلبة المعدنية ويأخذ نفسها حجمها والكمية n ثابتة

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون جاي - لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{775 \times 313}{298} = 814 \text{ mmHg}$$

؟ أتحقق ص 63: إذا كان ضغط الهواء داخل إطار سيارة 1.82 atm عند 27 °C. وبعد قيادتها لمسافة

معينة أصبح 2.2 atm فاحسب درجة حرارته بفرض ثبات حجمه

[1] المعطيات والمطلوب والثوابت:

الضغط الثاني $P_2 = 2.2 \text{ atm}$

الضغط الأول $P_1 = 1.82 \text{ atm}$

درجة الحرارة الثانية $T_2 = ?$

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 27^\circ \text{C}$

$$T_1 = 27^\circ \text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

الثوابت = الحجم V والكمية n

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون جاي - لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1}$$

$$T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} = \frac{2.2 \times 300}{1.85} = 356.8 \text{ K} \approx 357 \text{ K}$$

درجة الحرارة السيليزية: $T_2 = 357 \text{ K} - 273 = 84^\circ \text{C}$

الربط بالحياة

حسب قانون جاي - لوساك والعلاقة بين الضغط والحرارة

عند قيادة السيارة مسافة طويلة فإن درجة حرارة الهواء وضغطه يرتفعان داخل إطاراتها؛ لذلك يُنصح بتفقد الضغط قبل تحريكها





مثال 5 ص 67: إذا علمت أن بالوناً حجمه 2.2 L يحتوي على 0.1 mol من غاز الهيليوم، ضُخت داخله كمية إضافية من الغاز فأصبح حجمه 2.8 L. فاحسب عدد مولات الغاز بعد الإضافة بفرض ثبات ضغطه ودرجة حرارته

الحجم الأول $V_1 = 2.2 \text{ L}$

الكمية بالمول [الثانية] $n_2 = ?$

الحجم الثاني $V_2 = 2.8 \text{ L}$

الكمية بالمول [الأولى] $n_1 = 0.1 \text{ mol}$

الثوابت = الضغط P ودرجة الحرارة T

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون أفوجادرو

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$n_2 = \frac{V_2 n_1}{V_1}$$

$$n_2 = \frac{V_2 n_1}{V_1} = \frac{2.8 \times 0.1}{2.2} = 0.127 \text{ mol}$$

أتحقق ص 67: ما الحجم الذي يشغله 3.5 mol من غاز الكلور Cl_2 في الظروف المعيارية؟

الظروف المعيارية هي:

الحجم الأول $V_1 = 22.4 \text{ L}$ وتكون عند $n_1 = 1 \text{ mol}$

الحجم الثاني $V_2 = ?$ عندما تكون $n_2 = 3.5 \text{ mol}$

درجة الحرارة 273 K والضغط 1 atm في الظروف المعيارية وهو ثابت في الحالتين

نكتب قانون الغاز المثالي ونحذف الثوابت لتتوصل إلى القانون المطلوب

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

الحل سيكون على قانون أفوجادرو

$$V_2 = \frac{V_1 n_2}{n_1}$$

$$V_2 = \frac{V_1 n_2}{n_1} = \frac{22.4 \times 3.5}{1} = 78.4 \text{ L}$$

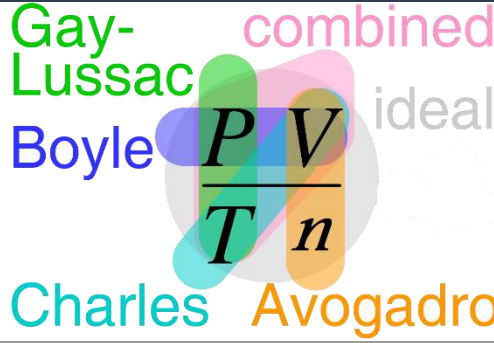
هناك طريقة أخرى للحل وهي السريعة وتكون فقط:

لحساب حجم عدد مولات غاز في الظروف القياسية:

$$V = n \times 22.4$$



العلاقات البيانية للقوانين السابقة وخريطة ذهنية لها



الضغط والحجم [عكسي] قانون بويل	الحجم والحرارة [طردي] قانون شارل	الضغط والحرارة [طردي] قانون جاي لوساك	الحجم والكمية [طردي] قانون أفوجادرو

فائدة علمية: الأصح أن نقول قانون تشارلز لأن العالم اسمه تشارلز. كثير من الكتب المترجمة اختلفت بين تشارلز وشارل، المهم أننا سنعتمد التسمية في منهاجنا وهي: [شارل]

تدريبات خارجية + كيماشيك

🔧 عينة من غاز الآرغون في أسطوانة لها مكبس متحرك حر الحركة عند درجة حرارة T_1 .
حجم العينة انخفض من 4.5 L إلى 1.5 L مع بقاء الضغط ثابتاً كما في الصورة، فما التغير الحاصل على درجة الحرارة؟

الثوابت = الضغط P والكمية n عند T_2 مطلوبة $V_2 = 1.5 \text{ L}$ عند T_1 $V_1 = 4.5 \text{ L}$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{قانون شارل}$$

$$T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{1.5 \times T_1}{4.5} = \frac{1}{3} T_1 \text{ Kelvin}$$

تنخفض درجة الحرارة بمقدار الثلث

🔧 عينة من غاز التخدير حجمها 2.5 L يتغير ضغطها من 40 KPa إلى 100 KPa. احسب الحجم الجديد بوحدة mL مع افتراض ثبات درجة الحرارة

الثوابت = الحرارة T والكمية n عند $P_2 = 100 \text{ KPa}$ $V_2 = ? \text{ mL}$ عند $P_1 = 40 \text{ KPa}$ $V_1 = 2.5 \text{ L}$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

قانون بويل $P_1V_1 = P_2V_2$

$$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{40 \times 2.5}{100} = 1 L$$

الحجم الجديد بوحدة المل = 1000 مل

إثناء محكم الإغلاق من الحديد حجمه 500 mL وضعت به عينة من غاز الهيليوم عند ظروف قياسية من الحرارة والضغط، فإذا تغيرت درجة الحرارة إلى 510 K، فاحسب ضغط الغاز النهائي بالكيلوباسكال مع افتراض أن حجم الإناء ثابت

الحجم ثابت للإناء ومثله للغاز لأن الغاز ينتشر في الإناء ويأخذ حجمه في الحالتين $T_1 = 273 K$ عند $P_1 = 101.3 KPa$ [نستخدم الوحدات المناسبة للظروف القياسية]

$T_2 = 510 K$ عند $P_2 = ? KPa$ الثوابت = الحجم V والكمية n

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1} = \frac{101.3 \times 510}{273} = 189.2 KPa$$

2 مول من عينة غاز النيون تشغل حجماً مقداره 40 L في ظروف معينة من الضغط والحرارة، فإذا ظلت الظروف ثابتة، فإن 1 مول من هذا الغاز سوف يشغل حيزاً مقداره.... احسب ذلك

الحجم الأول $V_1 = 40 L$ وتكون عند $n_1 = 2 mol$

الحجم الثاني $V_2 = ?$ عندما تكون $n_2 = 1 mol$

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

الحل سيكون على قانون أفوجادرو $V_2 = \frac{V_1n_2}{n_1}$

$$V_2 = \frac{V_1n_2}{n_1} = \frac{40 \times 1}{2} = 20 L$$

إذا تضاعفت درجة حرارة كمية ثابتة من الغاز مع فرض ثبوت الحجم، ماذا سيحدث للضغط؟

العلاقة بين درجة الحرارة والضغط طردية إذا تضاعفت درجة الحرارة $2T_1$ فإن الضغط

سيضاعف $2P_1$

إذا تضاعف حجم غاز محدد إلى ثلاثة أضعاف حجمه مع افتراض ثبوت درجة الحرارة، ماذا سيحدث

للضغط؟

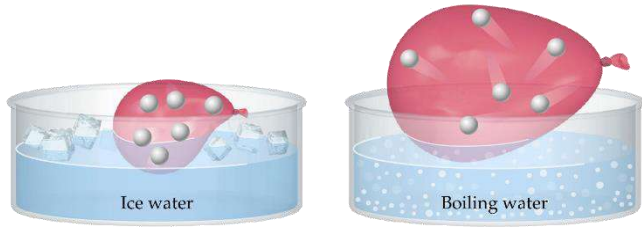
العلاقة بين الحجم والضغط علاقة عكسية، إذا تضاعف الحجم إلى ثلاثة أضعاف $3V_1$ ، فإن

الضغط سيقبل إلى الثلث $\frac{P_1}{3}$



من الصورة الآتية: وضح العلاقة بين حجم البالون وتأثره بالماء البارد والساخن في كلا الحالتين،

وعلى أي قانون ينطبق سلوك الغاز داخل البالون



ينكمش حجم البالون في الماء البارد، فكلما انخفضت درجة الحرارة قلت الطاقة الحركية للجزيئات واقتربت من بعضها بعضاً وبالتالي قل حجم الغاز في البالون، ويحدث العكس في الماء الساخن، ارتفاع الحرارة يساعد على ازدياد الطاقة الحركية للجزيئات وابتعاد بعضها عن بعض وبالتالي يزداد الحجم وينتفخ البالون، سلوك الغاز هنا يتفق على قانون شارل



احسب حجم 2 Kg من الميثان في الظروف القياسية STP

نحسب المولات n بقسمة الكتلة على الكتلة المولية، الكتلة المولية للميثان = 16 g/mol

$$n = \frac{2000g}{16g/mol} = 125 \text{ mol}$$

نستخدم العلاقة السريعة المعتمدة في الظروف القياسية: $V = n \times 22.4$

$$V_{\text{methane}} = 125 \times 22.4 = 2800 \text{ L}$$

ورقة عمل [1]

عند مضاعفة الضغط الواقع على كمية محددة من الغاز عند ثبوت درجة الحرارة، فإن الحجم:

- | | | | |
|-----|----------------|-----|---------------|
| [1] | يزيد إلى الضعف | [3] | يقل إلى النصف |
| [2] | يقل إلى الربع | [4] | لا يتغير |

عند رفع درجة الحرارة المطلقة لغاز مثالي إلى الضعف عند ثبوت الضغط فإن حجمه:

- | | | | |
|-----|----------------|-----|---------------|
| [1] | يقل إلى النصف | [3] | يقل إلى الربع |
| [2] | يزيد إلى الضعف | [4] | لا يتغير |

الغاز الافتراضي الذي تنطبق عليه جميع قوانين الغازات تحت كل الظروف وبلا حيود هو الغاز:

- | | | | |
|-----|---------|-----|---------|
| [1] | المُسال | [3] | الحقيقي |
| [2] | النبيل | [4] | المثالي |

القانون الذي يوضح العلاقة بين (V, T) لكمية معينة من الغاز عند ثبوت ضغطها يسمى قانون:

- | | | | |
|-----|------|-----|-----------|
| [1] | بويل | [3] | جاي لوساك |
| [2] | شارل | [4] | أفوجادرو |

أحد العبارات الآتية لا تتفق وقوانين الغازات وهي:

- | | | | |
|-----|---|-----|---|
| [1] | عند ثبوت كل من (T, P) فإن (V $\propto$ n) | [3] | عند ثبوت كل من (P, n) فإن (V $\propto$ T) |
| [2] | عند ثبوت كل من (T, n) فإن (V $\propto$ P) | [4] | عند ثبوت كل من (V, n) فإن (P $\propto$ T) |

أكمل الفراغات بالمناسب في ما يأتي:

- المول الواحد من الغاز يشغل في الظروف القياسية حجماً قدره لتر
- عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة فإن حجم الغاز يتناسب تناسباً مع عدد مولاته
- عند ثبوت الضغط فإن حجم كمية معينة من الغاز يتناسب تناسباً مع درجة حرارته المطلقة
- الغاز الحقيقي ينحرف عن سلوك الغاز المثالي إذا الضغط أو درجة الحرارة بشكل كبير
- إذا شغل (1 mol) من غاز النيون في الظروف القياسية حجماً قدره (22.4 L) فإن الحجم الذي يشغله (0.5 mol) في نفس الظروف يساوي (.....)

بالون حجمه (1.6 L) به عينه من غاز الأرجون عند درجة (273 K) فإذا ظل الضغط ثابتاً وتغيرت درجة الحرارة إلى (323 K) فما هو حجم البالون بعد التغير؟

القانون الجامع للغازات The Combined Gas Law

جمع العلماء قوانين الغازات الثلاثة بويل وشارل وجاي لوساك في قانون واحد وسموه القانون

الجامع للغازات

نص القانون الجامع للغازات: "يصف العلاقة بين ضغط كمية محددة من الغاز المحصور وحجمه

ودرجة حرارته"

لدينا ثلاث متغيرات: الضغط P والحجم V ودرجة الحرارة المطلقة T ، أما الثابت فهو كمية الغاز

[المولات n]

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

مثال 4 ص 64: عينة من الهواء حجمها 5 L وضغطها 803 mmHg عند درجة حرارة 20°C .

احسب ضغطها إذا سُخِّنت حتى أصبح حجمها 7 L ودرجة حرارتها 97°C

الحجم الثاني $V_2 = 7\text{ L}$

الحجم الأول $V_1 = 5\text{ L}$

الضغط الثاني $P_2 = ?$

الضغط الأول $P_1 = 803\text{ mmHg}$

درجة الحرارة الثانية $T_2 = 97^\circ\text{C}$

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 20^\circ\text{C}$

$T_2 = 97^\circ\text{C} + 273 = 370\text{ K}$

$T_1 = 20^\circ\text{C} + 273 = 253\text{ K}$

الحل سيكون على القانون الجامع

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = \frac{803 \times 5 \times 370}{253 \times 7} = 838.82\text{ mmHg} \approx 839\text{ mmHg}$$

أتحقق ص 65: إذا علمت أن بالوناً يحتوي على 50 L من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 25°C

وضغط 1.08 atm، فاحسب حجمه عند ضغط 0.8 atm ودرجة حرارة 10°C

الحجم الثاني $V_2 = ?\text{ L}$

الحجم الأول $V_1 = 50\text{ L}$

الضغط الثاني $P_2 = 0.8\text{ atm}$

الضغط الأول $P_1 = 1.08\text{ atm}$

درجة الحرارة الثانية $T_2 = 10^\circ\text{C}$

درجة الحرارة الأولى $T_1 = 25^\circ\text{C}$

$T_2 = 10^\circ\text{C} + 273 = 283\text{ K}$

$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273 = 298\text{ K}$

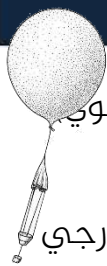
الحل سيكون على القانون الجامع:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} = \frac{1.08 \times 50 \times 283}{298 \times 0.8} = 64.1\text{ L}$$



الربط بالأرصاد الجوية



بالون الطقس: يُطلق إلى طبقات الجو العليا لقياس (درجة الحرارة/ الرطوبة/ الضغط الجوي) يسجلها بأجهزة خاصة ثم يرسلها إلى المحطة الأرضية
ينفجر بالون الطقس إذا زاد الارتفاع عن 27 km لأن حجمه يزداد مع انخفاض الضغط الخارجي
المؤثر في البالون كلما زاد الارتفاع

توجد محطة خاصة تابعة لدائرة الأرصاد الجوية الأردنية في المفرق لإطلاق تلك البالونات

قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law

جمع العلماء القوانين السابقة وذلك من خلال المتغيرات الأربعة: الضغط P والحجم V ودرجة

الحرارة المطلقة T ، وكمية الغاز [المولات n] لتتكون العلاقة الرياضية المشهورة بقانون الغاز

$$PV = nRT$$

حيث يعد R هو ثابت الغاز العام وتختلف قيمته حسب الوحدات المستخدمة للمتغيرات، ولا بد من

استخدام الوحدات الآتية في حال استخدمنا قيمة $R=0.082 \text{ L.atm/mol.K}$

ضغط الغاز P	حجم الغاز V	المول n	درجة الحرارة المطلقة T
atm	L	mol	K

نستخدم قانون الغاز المثالي لحساب تطبيقات مثل:

[1] أحد المتغيرات الأربعة المتعلقة بالغاز في المسألة: ضغط/ حجم/ درجة حرارة/ مولات

[2] كثافة الغاز d وهي كتلة الغاز m على حجمه V $d = \frac{m}{V}$

[3] الكتلة المولية M_r لغاز مجهول ونستخدم علاقة المول مع الكتلة والكتلة المولية $n = \frac{m}{M_r}$

حجم الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته وأيضا تقل كثافته فالعلاقة بين الكثافة والحجم عكسية، أما

العلاقة بين الكثافة والكتلة أو الكتلة المولية فهي طردية

لحساب الكثافة d	لحساب الكتلة المولية M_r
$PV = \frac{m}{M_r} RT$ $PM_r = \frac{m}{V} RT \rightarrow PM_r = dRT$ $d = M_r \frac{P}{RT}$	$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{m}{M_r} RT$ $M_r = m \frac{RT}{PV} \rightarrow d \frac{RT}{P}$

ربط ذهني: بإمكان الطالب أن يحفظ علاقة الكتلة المولية ثم يربتها لحساب الكثافة

$$M_r = \frac{dRT}{P}$$

فيقول: من المولية M_r درت (dRT) بالي (P)



? أفكر ص 68: هل تتغير قيمة ثابت الغاز العام إذا تغيرت الوحدة المستخدمة في قياس الضغط؟
فسّر ذلك

نعم تتغير بتغير وحدة قيم الضغط القياسية

نحسب قيمة R من خلال قيم الظروف القياسية أو المعيارية:

1 mol وحجم 22.4L ودرجة حرارة 273 K وضغط 1 atm باستخدام نفس قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 0.082 \text{ L.atm/mol.K}$$

لو استخدمنا وحدة الضغط 101.3 KPa فإن قيمة ثابت الغاز العام

$$R = 8.314 \text{ L.KPa/mol.K}$$

لو استخدمنا وحدة الضغط 760 mmHg فإن قيمة ثابت الغاز العام

$$R = 62.4 \text{ L.mmHg/mol.K}$$

? مثال 6 ص 68: ما الضغط الناجم عن 0.45 mol من غاز ما في وعاء حجمه 1.5 L ودرجة حرارته 20 °C

$$P = ? \quad n = 0.45 \text{ mol} \quad V = 1.5 \text{ L} \quad T = 20^\circ \text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

أربع متغيرات، الحل على قانون الغاز المثالي حيث R=0.082

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.45 \times 0.082 \times 293}{1.5} = 7.21 \text{ atm}$$

? مثال 7 ص 70: احسب كثافة غاز الفلور F₂ بوحدة (g/L) عند 25 °C وضغط مقداره 0.850 atm ثم

احسب كثافة غاز الكلور Cl₂ عند الظروف نفسها

من الجدول الدوري: الكتلة المولية لعنصر الفلور F = 19

الكتلة المولية لغاز الفلور M_r = 2 × 19 = 38 غرام/مول

الكتلة المولية لعنصر الكلور = 35.5 والكتلة المولية M_r لغاز الكلور = 71 غرام/مول

$$R = 0.082 \quad d = ? \quad P = 0.85 \text{ atm} \quad T = 25^\circ \text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

مطلوب الكثافة، نستخدم قانون الغاز المثالي ونرتبه لحساب الكثافة مباشرة

أو نتذكر جملة: من المولية درت بالي، ونرتبها لحساب الكثافة

$$d_{F_2} = M_r \frac{P}{RT} = \frac{38 \times 0.85}{0.082 \times 298} = 1.32 \text{ g/L}$$

$$d_{Cl_2} = M_r \frac{P}{RT} = \frac{71 \times 0.85}{0.082 \times 298} = 2.47 \text{ g/L}$$

? مثال 8 ص 71: احسب الكتلة المولية لعينة من غاز كثافته ($d=2.26 \text{ g/L}$) عند درجة حرارة 25°C

وضغط مقداره 0.862 atm

$$M_r = ? \quad R=0.082 \quad d=2.2 \text{ g/L} \quad P=0.862 \text{ atm} \quad T=25^\circ \text{C} + 273=298 \text{ K}$$

لحساب الكتلة المولية، نتذكر (من المولية درت بالي)

$$M_r = d \frac{RT}{P}$$

$$M_r = \frac{2.26 \times 0.082 \times 298}{0.862} = 64.1 \text{ g/mol}$$



الربط بالحياة

بالونات الهواء الساخن: إذا سخن الهواء داخل البالون فإنه يتمدد ويزداد حجمه وتقل كثافته عن كثافة الهواء المحيط به وبالتالي يرتفع إلى أعلى

? أتحقق ص 69: تُعبأ كرات التنس بغاز النيتروجين. احسب عدد مولات الغاز في كرة حجمها 0.15 L

وضغط الغاز داخلها 2 atm عند درجة حرارة 25°C

$$n = ? \quad V=0.15 \text{ L} \quad P=2 \text{ atm} \quad T=25^\circ \text{C} + 273=298 \text{ K}$$

أربع متغيرات، الحل على قانون الغاز المثالي حيث $R=0.082$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2 \times 0.15}{0.082 \times 298} = 0.012 \text{ mol}$$

? أتحقق ص 71:

[1] احسب الكتلة المولية لسائل تبخرت عينة منه كتلتها 1.28 g تماماً داخل وعاء مغلق سعته

250 mL عند درجة حرارة 121°C وضغط 786 mmHg

$$M_r = ? \quad m=1.28 \text{ g} \quad V=250 \text{ mL} \quad P=786 \text{ mmHg} \quad T=121^\circ \text{C} + 273=394 \text{ K}$$

الحل على قانون الغاز المثالي حيث $R=0.082$ لكن يلزم تحويل وحدات الضغط والحجم ونتذكر الجملة: (من المولية درت بالي) ثم نعوض مكان الكثافة الكتلة على الحجم

حجم الغاز V	ضغط الغاز P
$V=250/1000=0.25 \text{ L}$	$P=786/760=1.03 \text{ atm}$

$$M_r = d \frac{RT}{P} = \frac{mRT}{PV}$$

$$M_r = \frac{1.28 \times 0.082 \times 394}{1.03 \times 0.25} = 160.6 \approx 161 \text{ g/mol}$$

[2] احسب كثافة غاز الهيليوم He بوحدة (g/L) عند درجة حرارة 21°C وضغط 750mmHg
 $d = ?$ $P = 750\text{ mmHg}$ $T = 21^{\circ}\text{C} + 273 = 294\text{ K}$

لحساب الكثافة نتذكر الجملة: (من المولية درت بالي) ثم نرتبها لأجل الكثافة ويلزم تحويل وحدة الضغط وإيجاد الكتلة المولية للهيليوم من الجدول الدوري

الكتلة المولية للهيليوم	ضغط الغاز P
$M_r = 4\text{ g/mol}$	$P = 750/760 = 0.99\text{atm}$

$$M_r = d \frac{RT}{P} \rightarrow d = M_r \frac{P}{RT}$$

$$d = M_r \frac{P}{RT} = \frac{4 \times 0.99}{0.082 \times 294} = 0.164\text{ g/L}$$

تدريبات خارجية + كيماشيك

🔧 إذا كان حجم بالون مملوء بالغاز يساوي 30 L عند درجة حرارة 40°C وضغط 153 kPa فما هو

حجم البالون عند الظروف القياسية STP؟

الحجم الأول $V_1 = 30\text{ L}$	الحجم الثاني $V_2 = ?$
الضغط الأول $P_1 = 153\text{ KPa}$	الضغط الثاني $P_2 = 101.3\text{ KPa}$
درجة الحرارة الأولى $T_1 = 40^{\circ}\text{C}$	درجة الحرارة الثانية $T_2 = 0^{\circ}\text{C}$
$T_1 = 40^{\circ}\text{C} + 273 = 313\text{ K}$	$T_2 = 0^{\circ}\text{C} + 273 = 273\text{ K}$
الحل سيكون على القانون الجامع	

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2}$$

$$V_2 = \frac{153 \times 30 \times 273}{313 \times 101.3} = 39.52 \approx 40\text{ L}$$

🔧 تتمدد عينة غاز حجمها 3.5 L عند درجة 20°C وضغط 86.7 kPa إلى حجم 8 L ويزداد الضغط

النهائي للغاز 56.7 kPa . احسب درجة الحرارة النهائية للغاز بالدرجة المئوية

الحجم الأول $V_1 = 3.5\text{ L}$	الحجم الثاني $V_2 = 8\text{ L}$
الضغط الأول $P_1 = 86.7\text{ KPa}$	الضغط الثاني $P_2 = 56.7\text{ KPa}$
درجة الحرارة الأولى $T_1 = 20^{\circ}\text{C}$	درجة الحرارة الثانية $T_2 = ?^{\circ}\text{C}$
$T_1 = 20^{\circ}\text{C} + 273 = 293\text{ K}$	الحل سيكون على القانون الجامع

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1} = \frac{56.7 \times 8 \times 293}{86.7 \times 3.5} = 438\text{ K}$$

$$T_2 = 438 - 273 = 165^{\circ}\text{C}$$

سعة رئة طفل 2.18 L من الهواء، فما هي كتلة الهواء الذي تتسع له رئة هذا الطفل عند ضغط 102 kPa ودرجة حرارة الجسم المعتادة 37°C، على اعتبار أن الكتلة المولية للهواء = 29 g/mol وأنه يسلك سلوك الغاز المثالي

$$m=? \quad M_r=29 \quad V=2.18 \text{ L}$$

$$P=102 \text{ kPa}=1.01 \text{ atm} \quad T=37^\circ\text{C}+273=310 \text{ K}$$

نستخدم قانون الغاز المثالي لنستخرج المولات بالبداية ثم الكتلة

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1.01 \times 2.18}{0.082 \times 310} = 0.087 \text{ mol}$$

$$m = n \times M_r = 0.087 \times 29 = 2.52 \text{ g}$$

عينة كتلتها 8 g من غاز الميثان، موضوعة في إناء مجهول الحجم تحت ضغط 81.04 kPa وعند درجة حرارة 400 K فإذا علمت أن $R=0.082$ وأن $(H=1, C=12)$ فإن حجم الإناء يساوي...

$$m=8 \text{ g} \quad M_r=16 \text{ g/mol} \quad V=? \text{ L}$$

$$P=81.04 \text{ kPa}=0.8 \text{ atm} \quad T=400 \text{ K}$$

نستخدم قانون الغاز المثالي، ونحسب المولات بالبداية:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{8}{16} = 0.5 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0.5 \times 0.082 \times 400}{0.8} = 20.5 \text{ L}$$

حدد كثافة غاز الكلور عند درجة 22°C وضغط جوي 1 atm إذا علمت أن $(Cl=35.5)$ وثابت الغاز العام = 0.082

$$d=? \text{ g/L} \quad M_r=71 \text{ g/mol}$$

$$P=1 \text{ atm} \quad T=22 + 273=295 \text{ K}$$

نستخدم قانون الغاز المثالي، ونتذكر العلاقة (من المولية درت بالي) ونرتبها لأجل الكثافة:

$$M_r = d \frac{RT}{P}$$

$$d = M_r \frac{P}{RT}$$

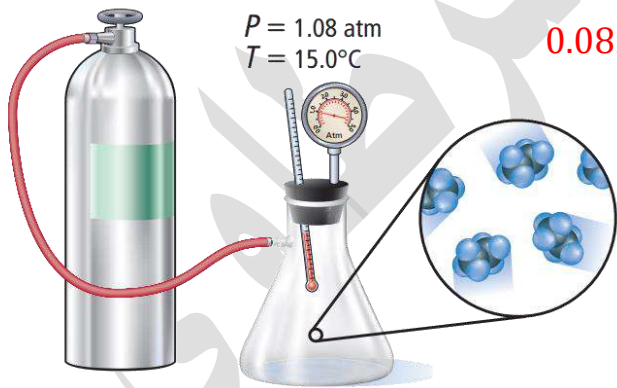
$$d = \frac{71 \times 1}{0.082 \times 295} = 2.9 \text{ g/L}$$

ورقة عمل [2]

ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L عند درجة حرارة 35°C وضغط جوي مقداره 3.1 atm؟ إذا علمت أن ثابت الغاز العام = 0.082

ما كثافة عينة من غاز النيتروجين N_2 ضغطها 5.2 atm في وعاء حجمه 3.5 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C ؟ إذا علمت أن الكتلة المولية لغاز النيتروجين = 28 وأن ثابت الغاز العام = 0.082

ملئ دورق حجمه 2 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في الشكل، ما هي كتلة الإيثان في الدورق؟ إذا علمت أن $(\text{H}=1, \text{C}=12)$ وأن ثابت الغاز العام = 0.082



عينة من غاز الأكسجين تشغل حجماً قدره 6 L عند درجة حرارة 47°C وضغط 126.6 kPa فما هو حجم هذه العينة من الغاز عند الظروف القياسية STP؟

قانون دالتون للضغوط الجزئية Dalton's Law

درس العالم دالتون الضغط الناجم عن خليط مكون من غازات لا تتفاعل مع بعضها لكل غاز ضغط خاص به ناجم عن حركة جسيماته المستمرة والعشوائية وتصادمها مع جدار الإناء الموجودة فيه

الضغط الجزئي للغاز: هو الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة كلما زاد عدد الجسيمات ازداد الضغط الجزئي لها

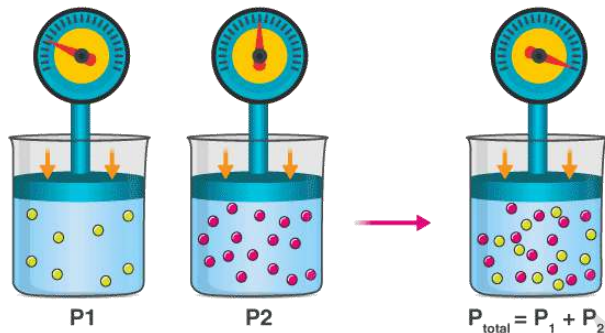
نص قانون دالتون: "الضغط الكلي لخليط من الغازات التي لا تتفاعل مع بعضها يساوي مجموع

الضغوط الجزئية لجميع مكونات الخليط"

$$P_T = P_A + P_B + P_C + \dots$$

P_T الضغط الكلي لخليط الغازات

P_A, P_B, P_C الضغط الجزئي لكل غاز A, B, C



فسر اختلاط الغازات وفق نظرية الحركة الجزيئية

جسيمات الغاز متباعدة جداً وفي حركة مستمرة وسريعة وعشوائية وبالتالي تنتشر في الفراغات بين جسيمات بعضها وتختلط

مثال 9 ص 73: احسب الضغط الكلي لخليط من الغازات مكون من غاز النيتروجين الذي ضغطه الجزئي 0.247 atm وغاز الأكسجين الذي ضغطه الجزئي 0.346 atm وغاز ثاني أكسيد الكربون الذي ضغطه الجزئي 0.444 atm

$$P_T = ? \quad P_{N_2} = 0.247 \quad P_{O_2} = 0.346 \quad P_{CO_2} = 0.444$$

الحل مباشرة على قانون دالتون

$$P_T = P_A + P_B + P_C + \dots$$

$$P_T = 0.247 + 0.346 + 0.444 = 1.037 \text{ atm}$$

مثال 10 ص 74: احسب الضغط الكلي لخليط من الغازات مكون من 0.02 mol من غاز الهيليوم He و 0.01 mol من غاز الهيدروجين H_2 في وعاء حجمه 5 L ودرجة حرارته 10°C

$$P_T = ? \quad P_{He} = ? \quad P_{H_2} = ? \quad n_{He} = 0.02 \text{ mol} \quad n_{H_2} = 0.01 \text{ mol}$$

$$V = 5 \text{ L} \quad T = 10^\circ \text{C} + 273 = 283 \text{ K}$$

بما أن كل غاز سيأخذ نفس حجم الوعاء ودرجة الحرارة، فإننا نحسب الضغط الجزئي لكل غاز باستخدام قانون الغاز المثالي مع اعتبار ثابت الغاز العام = 0.082 :

$$PV = nRT$$

$$P_{He} = \frac{n_{He}RT}{V} = \frac{0.02 \times 0.082 \times 283}{5} = 0.0928 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = \frac{n_{H_2}RT}{V} = \frac{0.01 \times 0.082 \times 283}{5} = 0.0464 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{He} + P_{H_2} = 0.0928 + 0.0464 = 0.1392 \text{ atm}$$

? أتحقق ص74: إذا علمت أن 2 L من غاز النيتروجين N_2 ضغطه 0.395 و 2 L من غاز الهيدروجين

H_2 ضغطه 0.11 atm خلطت في وعاء واحد حجمه 1 L فاحسب الضغط الكلي للخليط

بما أن كل غاز له حجم وضغط ثم تم جمعهما في وعاء بحجم مختلف فهنا حدث تغير أي حالة ابتدائية ونهائية لكل غاز، لذا سنحسب الضغط الجزئي الجديد لكل منهما باستخدام قانون بويل ثم الضغط الكلي باستخدام قانون دالتون

الضغط الجزئي للنيتروجين:

$$P_1 = 0.395 \text{ atm عند } V_1 = 2 \text{ L} \quad V_2 = 1 \text{ L عند } P_2 = ?$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{قانون بويل}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{0.395 \times 2}{1} = 0.79 \text{ atm}$$

الضغط الجزئي للهيدروجين:

$$P_1 = 0.11 \text{ atm عند } V_1 = 2 \text{ L} \quad V_2 = 1 \text{ L عند } P_2 = ?$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{قانون بويل}$$

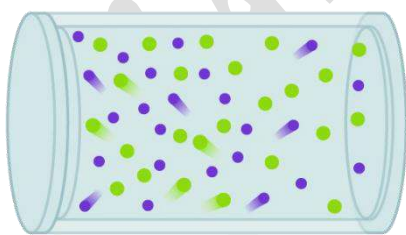
$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{0.11 \times 2}{1} = 0.22 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{N_2} + P_{H_2} = 0.79 + 0.22 = 1.01 \text{ atm}$$

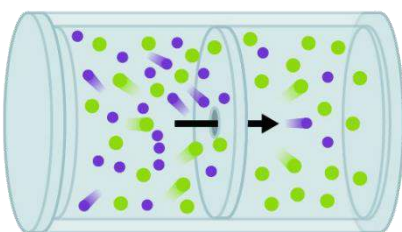
قانون جراهام للانتشار والتدفق Graham's Law

تتميز الغازات بخصائص فيزيائية أشهرها الانتشار والتدفق

? ما الفرق بين خاصيتي الانتشار والتدفق للغازات



الانتشار Diffusion



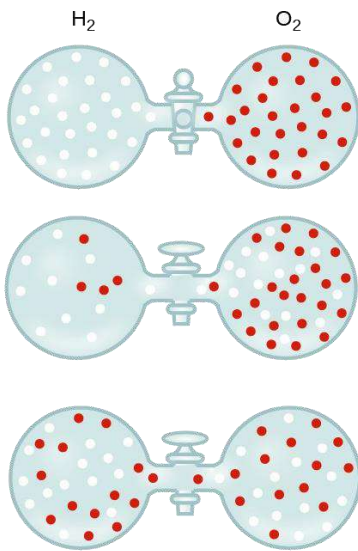
التدفق Effusion

الانتشار Diffusion: هو عملية الاختلاط التدريجي للغازات مع بعضها نتيجة انتقالها من المنطقة الأعلى تركيزاً إلى المنطقة الأقل تركيزاً، مثل: انتشار العطر في الهواء، انتشار رائحة الطعام وانتقاله إلى غرفة أخرى، انتشار بخار مادة سائلة مثل البروم خلال الهواء داخل الدورق

التدفق Effusion: هو تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه، مثال: تسرب الغاز من محبس المدفأة أو تسرب الهواء من ثقب نشأ في عجل السيارة

؟ فسر كيف تتوافق خاصية الانتشار مع نظرية الحركة الجزيئية؟

يحدث الانتشار بسبب جزيئات الغاز المتباعدة والتي تتحرك باستمرار وسرعة وعشوائية فتختلط جسيمات الغاز مع بعضها بعضاً



درس العالم جراهام خاصية الانتشار والتدفق للغازات، ولاحظ أن

الغازات ذات الكتلة المولية الأقل أسرع انتشاراً وتدفقاً من الغازات ذات الكتلة المولية الأكبر

نص قانون جراهام للانتشار والتدفق: "معدل سرعة انتشار (تدفق)

الغاز يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلته المولية"

مثال: سرعة انتشار الهيدروجين أكبر من سرعة الأكسجين

فالهيدروجين كتلته المولية = 2 غرام / مول بينما الأكسجين = 32 غرام / مول

$$\frac{\text{معدل سرعة انتشار A}}{\text{معدل سرعة انتشار B}} = \frac{\text{الكتلة المولية للغاز B}}{\text{الكتلة المولية للغاز A}}$$

$$\frac{Rate_A}{Rate_B} = \sqrt{\frac{Mr_B}{Mr_A}}$$

الربط بالحياة

تضاف كميات قليلة من الثيولات ذات الرائحة النفاذة إلى غاز الطبخ المكون من البروبان والبيوتان عديمي الرائحة وذلك للكشف عن تسرب الغاز. [مركب الثيول R-SH مركب عضوي كبريتي]

؟ مثال 11 ص 76: احسب النسبة بين سرعة تدفق غاز الهيليوم (He) إلى غاز النيتروجين (N2) عند

الظروف نفسها

في حال طلب سرعة تدفق أو انتشار سنستخدم قانون جراهام، ولا بد من الإتيان بالكتل المولية من الجدول الدوري

$$Mr_{He} = 4 \text{ g/mol} \quad Mr_{N_2} = 28 \text{ g/mol}$$

$$\frac{Rate_{He}}{Rate_{N_2}} = \sqrt{\frac{Mr_{N_2}}{Mr_{He}}} = \sqrt{\frac{28}{4}} = \sqrt{7} = 2.6$$

$$Rate_{He} = 2.6 Rate_{N_2}$$



أتحقق ص76: ما نسبة سرعة انتشار غاز الهيدروجين H_2 إلى سرعة انتشار غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند الظروف نفسها؟

$$Mr_{H_2} = 2 \text{ g/mol}$$

$$Mr_{CO_2} = 44 \text{ g/mol}$$

$$\frac{Rate_{H_2}}{Rate_{CO_2}} = \sqrt{\frac{Mr_{CO_2}}{Mr_{H_2}}} = \sqrt{\frac{44}{2}} = \sqrt{22} = 4.7$$

$$Rate_{H_2} = 4.7 Rate_{CO_2}$$

تدريبات خارجية + كيماشيك

إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوناً من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنيتروجين N_2 يساوي 0.97 atm فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين علماً بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.7 atm وللنيتروجين 0.12 atm

الحل مباشرة على قانون دالتون للضغوط الجزئية لاستخراج الضغط الجزئي للأكسجين

$$P_T = P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{N_2}$$

$$0.97 = P_{O_2} + 0.7 + 0.12$$

$$P_{O_2} = 0.97 - 0.7 - 0.12 = 0.15 \text{ atm}$$

الهواء الجوي عبارة عن خليط من الغازات بنسبة 78% للنيتروجين و 21% للأكسجين و 1% للأرجون، فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mmHg فما هي الضغوط الجزئية لكل من الغازات السابقة؟

الحل سيكون بحساب نسبة كل غاز مضروباً بالضغط الكلي

$$P_{N_2} = 0.78 \times 760 \text{ mmHg} = 592.8 \text{ mmHg}$$

$$P_{O_2} = 0.21 \times 760 \text{ mmHg} = 159.6 \text{ mmHg}$$

$$P_{Ar} = 0.01 \times 760 \text{ mmHg} = 7.6 \text{ mmHg}$$

للتأكد من الضغط الكلي نجمع الضغوط الجزئية:

$$P_T = 592.8 + 159.6 + 7.6 = 760 \text{ mmHg}$$

تم وصل إناء حجمه (2 L) به غاز النيون وضغطه (81.04 kPa) مع إناء حجمه (4 L) به غاز الأرجون الذي ضغطه (60.78 kPa) فإذا ظلت درجة الحرارة ثابتة مع إهمال حجم الوصلة فما هو الضغط الجزئي للأرجون في الخليط

نلاحظ وجود تغير في الحجم لكل غاز حيث الحجم النهائي بعد وصل الإناءين = 6 L
نحسب الضغط الجديد للأرجون باستخدام قانون بويل
الضغط الجزئي للأرجون:

$$P_1 = 60.78 \text{ kPa} \text{ عند } V_1 = 4 \text{ L} \quad V_2 = 6 \text{ L} \text{ عند } P_2 = ?$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{60.78 \times 4}{6} = 40.52 \text{ kPa}$$



من خلال تجربة خلط غازات الهيدروجين والأكسجين، تم حساب معدل تدفق الهيدروجين وكان

(20 ml/s) فإذا علمت أن (H=2 , O=16) فما المتوقع لمعدل تدفق الأكسجين؟

$$Mr_{H_2} = 2 \text{ g/mol} \quad Rate_{H_2} = 20 \text{ ml/s} \quad Mr_{O_2} = 32 \text{ g/mol} \quad Rate_{O_2} = ?$$

$$\frac{Rate_{O_2}}{Rate_{H_2}} = \sqrt{\frac{Mr_{H_2}}{Mr_{O_2}}} = \sqrt{\frac{2}{32}} = \sqrt{\frac{1}{16}} = \frac{1}{4}$$

$$Rate_{O_2} = \frac{1}{4} \times 20 = 5 \text{ ml/s}$$

إذا استغرقت كمية 0.01 mol من غاز الهيليوم لتنتشر خلال 1.25 min فكم يستغرق انتشار

نفس الكمية من غاز الإيثان C₂H₆ إذا علمت أن (He=4 , C₂H₆= 30)

$$\frac{Rate_{He}}{Rate_{Ethane}} = \sqrt{\frac{Mr_{ethane}}{Mr_{He}}} = \sqrt{\frac{30}{4}} = \sqrt{7.5} = 2.7$$

معدل تدفق الهيليوم أسرع ب 2.7 من معدل تدفق الإيثان، وبالتالي يستغرق الإيثان وقتاً أطول

$$\text{وقت الإيثان} = 2.7 \times 1.25 = 3.4 \text{ min}$$

ورقة عمل [3]

مخلوط مكون من غازي (4 g) من الهيليوم، (7 g) من النيتروجين، موضوع في إناء حجمه (10 L) عند درجة (300 K) فإذا علمت أن (N=14 , He=4) وثابت الغاز العام (0.082) فاحسب الضغط الجزئي للهيليوم في الإناء

مخلوط من غازات النيون والهيليوم والأرجون في إناء حجمه (4 L) عند درجة حرارة معينة، فإذا علمت أن الضغوط الجزئية لهذه الغازات في الإناء على الترتيب هي (60.78 kPa) (40.52 kPa) (20.26 kPa) فما هو الضغط الكلي؟

خليط من غازي الهيليوم والميثان في إسطوانة يتدفق كل منهما إلى الآخر، احسب نسبة تدفق الهيليوم إلى الميثان إذا علمت أن (He=4, CH₄=16)

حل مراجعة الدرس الأول

? الفكرة الرئيسية: ما المقصود بكل مما يأتي:

- **الغاز المثالي:** غاز افتراضي حجم جسيماته = صفر، وقوى التجاذب بينها معدومة لذا لا يمكن إسالته مهما زاد الضغط المؤثر عليه أو انخفضت درجة حرارته
- **الضغط الجزئي للغاز:** الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة
- **التدفق:** تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه

? أفسر: تتشابه الغازات في خصائصها الفيزيائية

لأن جسيمات الغازات متباعدة جداً وقوى التجاذب بينها شبه معدومة

? أقارن: أحدد الغاز الأسرع انتشاراً: النيتروجين N_2 أو الأرجون Ar

كلما قلت الكتلة المولية زادت سرعة انتشار الغاز، الكتلة المولية للنيتروجين = 28 بينما الكتلة المولية للأرجون = 40 لذا غاز النيتروجين هو الأسرع انتشاراً

? أصف: عينة من غاز الهيدروجين H_2 في الظروف المعيارية، نقلت إلى وعاء أصغر حجماً عند درجة الحرارة نفسها، فما التغير الذي يحدث لكل من:

- متوسط الطاقة الحركية لجزيئات H_2
- لن يتغير متوسط الطاقة الحركية لأن درجة الحرارة لم تتغير
- عدد التصادمات الكلية لجزيئات غاز H_2 خلال وحدة الزمن
- يزداد عدد التصادمات الكلية للجزيئات خلال وحدة الزمن لأن الحجم قلّ وبالتالي يزداد الضغط
- ضغط غاز H_2

يزداد الضغط نتيجة ازدياد عدد تصادمات الجزيئات مع جدار الإناء

? أفسر: استخدم أحد الطلبة البيانات الآتية $T_1 = -15^\circ C$ / $V_1 = 752 \text{ mL}$ لحساب V_2 لأحد الغازات

وكانت إجابته $V_2 = -150.4 \text{ mL}$ ما الخطأ الذي ارتكبه الطالب خلال حسابه قيمة V_2 ؟

لم يحوّل درجات الحرارة: لا بد من تحويل درجة الحرارة إلى كيلفن لتبقى النتائج بالموجب

? أحسب: إذا علمت أن بالوناً مملوئاً بغاز الهيليوم حجمه 300 mL عند ضغط 1 atm ، ارتفع إلى

أعلى بحيث أصبح الضغط 0.63 atm فاحسب حجمه الجديد بفرض بقاء درجة الحرارة ثابتة

التغير فقط في الضغط والحجم، نستخدم قانون بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{1 \times 300}{0.63} = 476 \text{ mL}$$

? أحسب: عينة من غاز حجمها 3.5 L عند درجة حرارة 20° C وضغط 0.86 atm احسب درجة

حرارتها إذا سمح لها بالتمدد حتى أصبح حجمها 8 L عند ضغط 0.56 atm

التغير في الضغط والحجم ودرجة الحرارة، نستخدم قانون الغاز الموحد

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1} = \frac{0.56 \times 8 \times 293}{0.86 \times 3.5} = 436 \text{ K}$$

? أحسب: أنتج تفاعل ما 5.67g من غاز CO₂ احسب حجم الغاز عند درجة حرارة 23° C وضغط

يساوي 0.985 atm

في السؤال متغيرات كمية + حجم + حرارة + ضغط، نستخدم قانون الغاز المثالي

$$T = 23 + 273 = 296 \text{ K}$$

$$R = 0.082$$

نحول الكتلة إلى مولات، نحسب الكتلة المولية لثاني أكسيد الكربون والمولات:-

$$Mr = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{5.67}{44} = 0.129 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0.129 \times 0.082 \times 296}{0.985} = 3.2 \text{ L}$$

? أحسب: كثافة غاز كبريتيد الهيدروجين H₂S بوحدة g/L عند درجة حرارة 56° C وضغط يساوي

967 mmHg

مطلوب كثافة مع وجود متغيرات حرارة وضغط لذا نستخدم قانون الغاز المثالي

وجملة (من المولية درت بالي) ثم نرتبها لحساب الكثافة ونعمل التحويلات اللازمة

$$T = 56 + 273 = 329 \text{ K}$$

$$P = 967/760 = 1.27 \text{ atm}$$

$$R = 0.082$$

نحسب الكتلة المولية:-

$$Mr = 32 + 2 \times 1 = 34 \text{ g/mol}$$

$$Mr = d \frac{RT}{P} \rightarrow d = Mr \frac{P}{RT}$$

$$d = Mr \frac{P}{RT} = \frac{34 \times 1.27}{0.082 \times 329} = 1.6 \text{ g/L}$$

أحسب: الضغط الكلي لخليط مكون من 6 g من غاز الأكسجين O_2 و 9 g من غاز الميثان CH_4 في وعاء حجمه 15 L وعند درجة حرارة $0^\circ C$

الضغط الكلي نحسبه باستخدام قانون دالتون، ولا بد من حساب الضغط الجزئي لكل غاز باستخدام المعطيات من الكتلة والحجم والحرارة. نحسب المولات ونحول الحرارة

$$T = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$R = 0.082$$

نحول الكتلة إلى مولات، نحسب الكتلة المولية لكل منهما:-

$$Mr_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$$

$$n_{O_2} = \frac{m}{Mr} = \frac{6}{32} = 0.188 \text{ mol}$$

$$Mr_{CH_4} = 16 \text{ g/mol}$$

$$n_{CH_4} = \frac{m}{Mr} = \frac{9}{16} = 0.563 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$P_{O_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.188 \times 0.082 \times 273}{15} = 0.28 \text{ atm}$$

$$P_{CH_4} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.563 \times 0.082 \times 273}{15} = 0.84 \text{ atm}$$

$$P_T = 0.28 + 0.84 = 1.12 \text{ atm}$$

أحسب الكتلة المولية لغاز مجهول ثنائي الذرة يتدفق بمعدل 0.6713 من معدل سرعة تدفق O_2 عند درجة الحرارة نفسها

في السؤال: كتلة مولية مطلوبة ومعدل تدفق، نستخدم قانون جراهام

الكتلة المولية للأكسجين = 32 غرام/مول

$$\frac{Rate_{Unknown}}{Rate_{Oxygen}} = \sqrt{\frac{Mr_{Oxygen}}{Mr_{Unknown}}}$$

$$\left(\frac{Rate_{Unknown}}{Rate_{Oxygen}}\right)^2 = \frac{Mr_{Oxygen}}{Mr_{Unknown}}$$

$$(0.6713)^2 = \frac{32}{Mr_{Unknown}}$$

$$0.451 = \frac{32}{Mr_{Unknown}}$$

$$Mr_{Unknown} = \frac{32}{0.451} = 71 \text{ g/mol}$$

أحسب: بالون حجمه 2400 L مملوء بغاز الهيليوم He عند ضغط يساوي 1 atm ودرجة حرارة 27 °C ارتفع إلى أعلى حيث درجة الحرارة 23° C- ولكي يبقى حجمه ثابتاً جرى التخلص من 80 g من الهيليوم. احسب ضغط الغاز في البالون بعد ارتفاعه إلى أعلى

يوجد متغيرات في الضغط والحرارة والكمية، نحسب المولات في الحالة الأولى باستخدام قانون الغاز المثالي:

$$R=0.082 \quad V=2400 \text{ L}$$

$$T_1=27 + 273 = 300 \text{ K} \quad P_1=1 \text{ atm} \quad n_1=?$$

$$T_2=-23 + 273 = 250 \text{ K} \quad P_2=? \text{ atm} \quad n_2= n_1 - (m/Mr)=n_1 - (80/4)= n_1 - 20 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$n_1 = \frac{P_1 V}{RT_1} = \frac{1 \times 2400}{0.082 \times 300} = 97.6 \text{ mol}$$

$$n_2 = n_1 - 20 = 97.6 - 20 = 77.6 \text{ mol}$$

$$P_2 = \frac{n_2 RT_2}{V} = \frac{77.6 \times 0.082 \times 250}{2400} = 0.66 \text{ atm}$$

الدرس الثاني: الحالة السائلة

تعريفات الدرس الثاني:

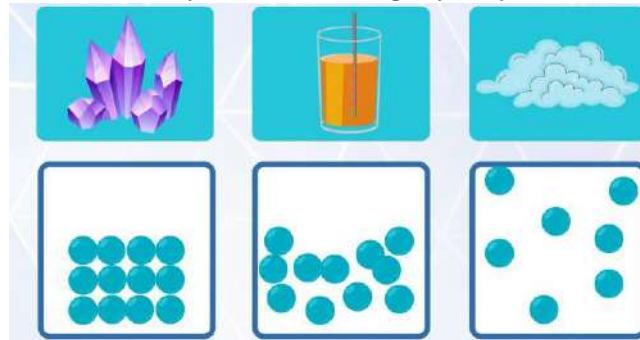
- المائع: مواد تمتلك جسيماتها القدرة على الانسياب والجريان وتأخذ شكل الإناء الموجودة فيه
- التبخر: تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية
- طاقة التبخر المولية: كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل عند درجتى حرارة وضغط ثابتين
- التكاثف: تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة
- طاقة التكاثف المولية: كمية الطاقة الناتجة من تكاثف مول واحد من بخار المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة معينة
- الضغط البخاري: الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه في حالة الاتزان عند درجة حرارة معينة
- درجة الغليان العادية: درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط بخار السائل مساوياً لواحد ضغط جوي 760 mmHg

الخصائص الفيزيائية للسوائل

- يمكن فهم خصائص السوائل اعتماداً على حركة جزيئاتها وقوى التجاذب بينها
- الخصائص الفيزيائية للمادة في الحالة السائلة:



- [1] حجم السائل ثابت وشكله متغير فيأخذ نفس شكل الإناء
- [2] جزيئاتها في حركة مستمرة وعشوائية ولذا هي من الموائع أي أنها قابلة للجريان والانسياب
- [3] تتربط جزيئات السائل بقوى تجاذب ضعيفة نسبياً [سواء كانت: قوى هيدروجينية، ثنائية القطب، قوى لندن] فهي أضعف من قوى المواد الصلبة
- [4] السوائل غير قابلة للانضغاط
- [5] كثافة السوائل أكبر من كثافة الغازات، وأقل من كثافة المواد الصلبة



- المائع: مواد تمتلك جسيماتها القدرة على الانسياب والجريان وتأخذ شكل الإناء الموجودة فيه

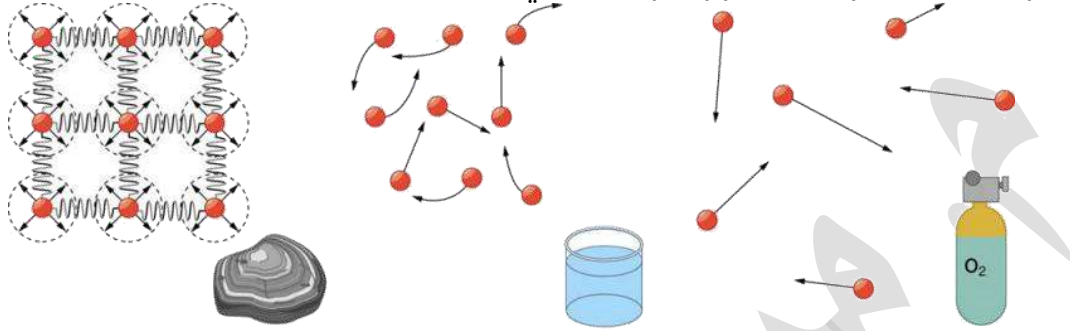
? فسر: سبب تسمية السوائل والغازات فقط بالموائع

لأن جسيمات المواد السائلة والغازية:

[1] في حركة مستمرة وعشوائية لذا بإمكانها الجريان والانسياب

[2] وأيضا تتشكل حسب الإناء الذي توضع فيه

بخلاف المواد الصلبة حركتها اهتزازية وثابتة في مكانها



? فسر: السوائل لا تقبل الانضغاط مثل الغازات

الغازات تنضغط لأن قوى التجاذب فيها شبه معدومة بسبب الفراغات الكبيرة، بينما قوى التجاذب في السوائل أكبر من تلك التي في الغازات فتكون جسيمات السائل أكثر تقارباً والفراغات أقل فلا تقبل الانضغاط مثل الغازات

فائدة: السبب الرئيسي الذي جعل خصائص السوائل تختلف عن الغازات: جزيئات السوائل متقاربة بسبب قوى التجاذب المختلفة، ولذا لا تقبل الانضغاط، كثافتها أعلى، حجمها ثابت

التبخر

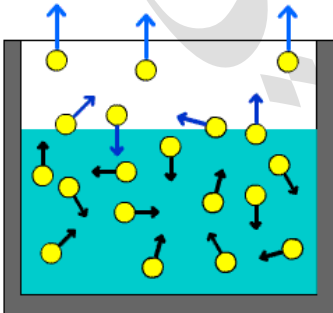
■ التبخر: تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية

■ يحدث التبخر عند أي درجة حرارة أو ضغط

? كيف تتبخر مياه المسطحات المائية دون أن تصل إلى درجة الغليان؟

التبخر يختلف عن الغليان، فالتبخر يحدث عند أي درجة حرارة ويحدث على السطح، بينما درجة الغليان العادية محددة للماء وهي 100°C عند واحد ضغط جوي ويحدث لكل كتلة السائل

? كيف تحدث عملية التبخر؟



بسبب الحركة المستمرة لجزيئات السائل و حدوث التصادمات، تكون الطاقة الحركية لبعض الجزيئات كافية للتغلب على قوى التجاذب بينها وبين الجزيئات المحيطة بها، فتفلت من سطح السائل إلى الحالة الغازية

? فسر: تحدث عملية التبخر من سطح السائل عند أي درجة حرارة؟

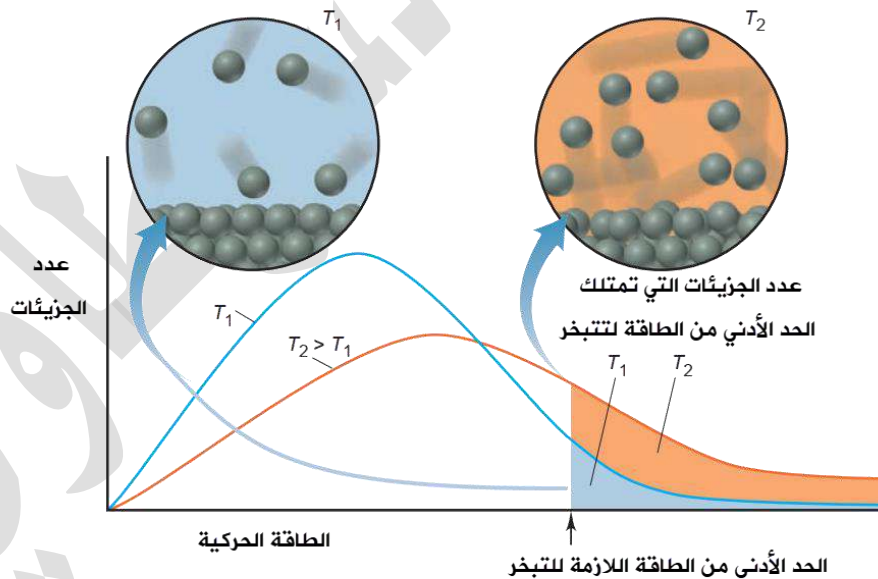
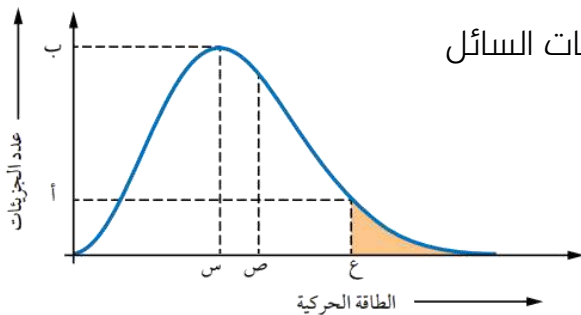
لأن الجزيئات التي تتبخر من سطح السائل تمتلك حد أدنى من الطاقة اللازمة للتبخر في أي لحظة

منحنى ماكسويل - بولتزمان

? ما هو منحنى ماكسويل - بولتزمان؟

منحنى يوضح توزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجة حرارة معينة

- للكلا الفيزيائيين ماكسويل وبولتزمان تجارب على الطاقة الحركية للجزيئات، أسفرت النتائج عن هذا المنحنى وتسمّى باسمهما
- المساحة تحت المنحنى تعبر عن عدد الجزيئات الكلي لمادة معينة، وكل نقطة على المنحنى تقابل عدد معين # من الجزيئات لها طاقة حركية معينة
- س:** الطاقة الحركية التي يمتلكها أكبر عدد من جزيئات السائل
- ب:** عدد الجزيئات التي تمتلك الطاقة الحركية س
- ص:** متوسط الطاقة الحركية للجزيئات
- ع:** الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل فيتبخر
- أ:** عدد الجزيئات التي تمتلك الطاقة ع أو التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة
- المنطقة المظللة هي الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر، فتفلت من سطح السائل



إذا كانت $T_1 = 300\text{ K}$ و $T_2 = 400\text{ K}$ لسائل معين ومن خلال منحنى ماكسويل - بولتزمان اختبرنا تأثير درجة الحرارة على سرعة تبخر السائل

ملاحظات على المنحنى:

[1] العدد الكلي لجزيئات السائل هو نفسه، وهو المساحة المظللة الكلية تحت كل منحنى

[2] عند درجة الحرارة الأعلى T_2 ازداد متوسط الطاقة الحركية للجزيئات، ولتحفاظ على نفس

المساحة تحت المنحنيين سيكون منحني T_2 أخفض وأعرض من T_1

[3] تصل جزيئات السائل إلى الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر وهو لا يتأثر بزيادة درجة الحرارة

[4] عند ازدياد الحرارة يزداد متوسط الطاقة الحركية فتزداد التصادمات وبالتالي يزداد عدد الجزيئات

التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر

[5] عدد الجزيئات التي تتبخر [المساحة المظللة] أكبر عند T_2 منها عند T_1 فسرعة التبخر أكبر عند

درجة الحرارة الأكبر

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر:

[1] درجة الحرارة: علاقة طردية

[2] قوى التجاذب بين الجزيئات: علاقة عكسية

? فسر: كلما ازدادت درجة الحرارة ازدادت سرعة تبخر السوائل

لأن زيادة درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات، يزيد عدد التصادمات بينها، فيزيد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر وتزداد سرعة التبخر

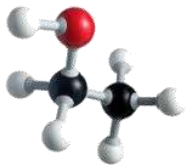
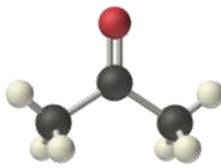
? فسر: تختلف السوائل في سرعة تبخرها اعتماداً على قوى التجاذب عند ثبات درجة الحرارة

تختلف قوى التجاذب في السوائل منها القوى الهيدروجينية، ثنائية القطب وقوى لندن، كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى كان الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخره أكبر وبالتالي سرعة تبخره أقل

? فسر: سرعة تبخر الأسيتون مزيل الأظافر CH_3COCH_3 أكبر من سرعة تبخر الإيثانول مطهر

الجروح $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

قوى التجاذب بين جزيئات الأسيتون هي ثنائية القطب، بينما في الإيثانول هي القوى الهيدروجينية، القوى في الأسيتون أضعف لذا الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر أقل فيتبخر أسرع بخلاف الإيثانول

الإيثانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	الأسيتون CH_3COCH_3
[1] قوى هيدروجينية [أقوى]	[1] قوى ثنائية القطب [أضعف]
[2] الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر [أكبر]	[2] الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر [أقل]
[3] سرعة التبخر [أقل]	[3] سرعة التبخر [أكبر]
 $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	 $\begin{array}{c} & \text{:O:} \\ & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$

- **طاقة التبخر المولية:** كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل عند درجتى حرارة وضغط ثابتين
- طاقة التبخر المولية للماء عند درجة الغليان العادية 100°C من خلال العملية الفيزيائية الآتية:

$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 40.7\text{kJ} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)}$$
- 40.7 kJ/mol هي طاقة التبخر المولية للماء اللازمة حيث تتحرر الجزيئات المترابطة وتتباعدها ليتحول الماء إلى بخار عند درجة حرارة 100°C
- لكل سائل طاقة تبخر مولية خاصة به ΔH°_{vap}
- يتميز الماء بارتفاع طاقة تبخره المولية مقارنة بغيره من السوائل
- في الجدول مقارنة بين طاقات التبخر المولية لسوائل عند درجة غليانها العادية

السائل	قوى التجاذب	طاقة التبخر المولية $\Delta H_{vap} \text{ (kJ/mol)}$	درجة الغليان ($^{\circ}\text{C}$)
Acetone	متوسطة	30.3	+56.5
Ethanol	قوية	39.3	+78
Water	أكثر قوة	40.6	+100

- طاقة التبخر المولية هي **عملية ماصة للطاقة** لأن السائل يحتاج طاقة حرارية لتتحرر الجزيئات وتنكسر قوى التجاذب بينها فتتباعده وتتحول إلى الحالة الغازية

؟ **أتحقق ص 82: [1] ما العلاقة بين طاقة التبخر المولية للسائل وقوى التجاذب بين جزيئاته؟**

كلما كانت قوى التجاذب بين الجزيئات أقوى كانت طاقة التبخر المولية أكبر

؟ **أتحقق ص 82: [2] أرتب السوائل الآتية تصاعدياً تبعاً لزيادة سرعة تبخرها**



CH_3CH_3	CH_3OH	CH_3Cl
[1] قوى لندن	[1] قوى هيدروجينية	[1] قوى ثنائية القطب
[2] قوى ضعيفة	[2] قوى قوية	[2] قوى متوسطة
[3] سرعة تبخر أكبر	[3] سرعة تبخر أقل	[3] سرعة تبخر متوسطة

الترتيب تصاعدياً من الأقل سرعة تبخر إلى الأكبر:



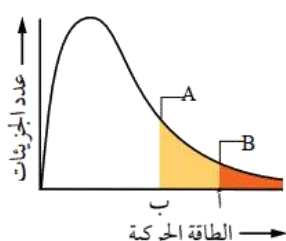
؟ **أفكر ص 82: يمثل الشكل توزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائلين A , B عند درجة حرارة معينة:**

[1] ماذا تمثل كل من النقطتين أ و ب؟

أ: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل B فيتبخر

ب: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات

السائل A فيتبخر



[2] أي السائلين أسرع تبخرًا عند درجة الحرارة نفسها

السائل A لأن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخره أقل (النقطة ب)



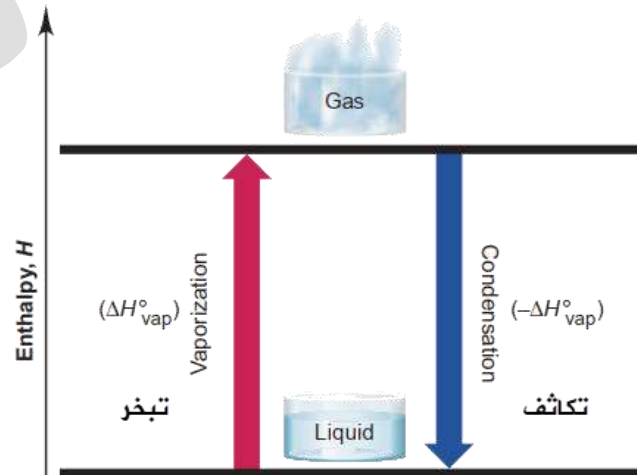
الربط بالحياة القهوة سريعة الذوبان

طرق تجفيف القهوة السائلة: [1] التجفيف بالرش [2] التجفيف بالتجميد بالرش: ترش القهوة السائلة بشكل رذاذ في هواء شديد الحرارة 250°C فيتبخر الماء تاركاً حبيبات القهوة؛ فالرذاذ يزيد مساحة السطح المعرض للتبخر ولذا يتبخر السائل أسرع بالتجميد: تبرد القهوة السائلة على مرحلتين إلى -40°C ثم تكسر الألواح المجمدة إلى حبيبات وتجفف في وحدة مفرغة من الهواء فيتسامى الماء وتبقى حبيبات القهوة

التكاثف

- **التكاثف:** تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة
? **كيف تحدث عملية التكاثف؟**
- عندما تنخفض درجة حرارة البخار تقل الطاقة الحركية للجزيئات وتقل سرعتها فتتقارب إلى حد كاف وتتجاذب حسب نوع قوى التجاذب لتتحول إلى الحالة السائلة
- **طاقة التكاثف المولية:** كمية الطاقة الناتجة من تكاثف مول واحد من بخار المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة معينة
- طاقة التكاثف المولية للماء عند درجة الغليان العادية 100°C من خلال العملية الفيزيائية الآتية:

$$\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 40.7\text{kJ}$$
- **-40.7 kJ/mol هي طاقة التكاثف المولية للماء الناتجة** أو المتحررة من الجزيئات التي كانت متباعدة وحرة الحركة في الحالة الغازية حتى تنخفض حركتها وتتقارب وتتحول إلى السائلة
- طاقة التكاثف المولية للماء تساوي طاقة تبخره المولية لكن عكس الإشارة لأن التكاثف عملية طاردة للطاقة بينما التبخر عملية ماصة للطاقة

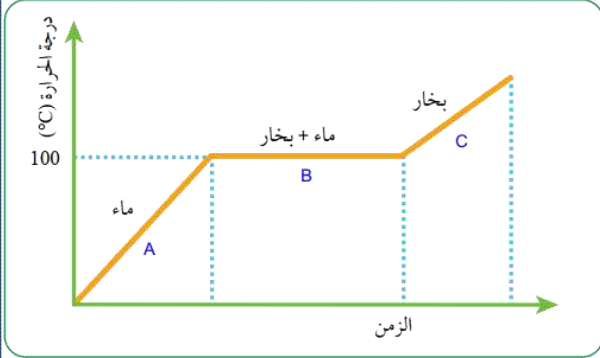


؟ أتحقق ص83: ما شروط حدوث عملية التكاثف؟

- [1] خفض درجة حرارة الغاز [التبريد] لتقليل حركة الجزيئات والعمل على تقاربها
- [2] زيادة الضغط على الغاز لتقريب الجزيئات

؟ أفكر ص83: أفسر مستعيناً بالشكل الآتي: الحروق الناجمة عن بخار الماء أشد من تلك الناجمة عن

الماء الساخن عند 100°C



- منحني تسخين الماء وتحوله من سائل إلى بخار:

A: ترتفع درجة حرارة الماء حتى تصل إلى 100°C

B: تثبت درجة الحرارة فترة من الزمن مع استمرار

التسخين حيث يستمر الماء بامتصاص طاقة حرارية

للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات ليحولها

كلها إلى حالة غازية

C: جزيئات بخار الماء خزنت طاقة حرارية بداخلها، يتم إطلاق تلك الطاقة أو طردها في حال

التكاثف

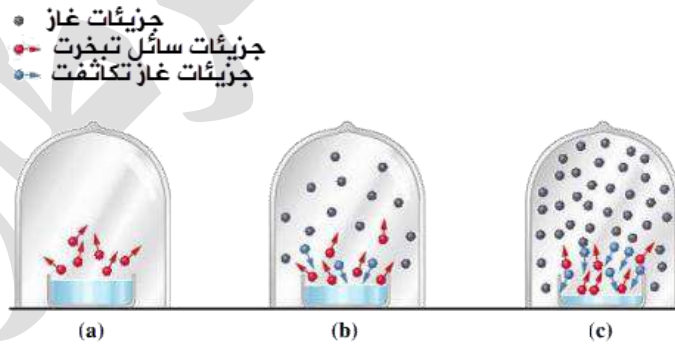
❖ الحروق الناجمة عن بخار الماء أشد لأن البخار بمجرد ملامسته الجلد سيبدأ بالتكاثف ويطرد

الطاقة التي امتصها أثناء عملية التبخر بالإضافة إلى درجة حرارته المرتفعة

الضغط البخاري

■ **الضغط البخاري للسائل:** الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه في حالة

الاتزان عند درجة حرارة معينة



■ في وعاء مغلق كما في الشكل والرسم البياني:

(a): يتبخر من سطح السائل الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية

عند درجة حرارة محددة

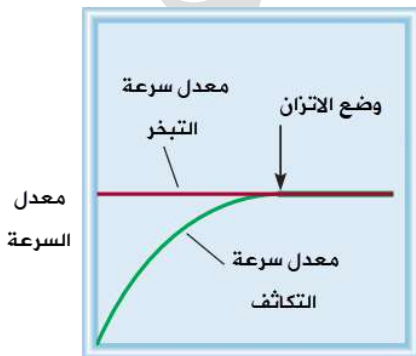
معدل سرعة التبخر ثابت خلال الزمن عند درجة حرارة محددة

(b): بمرور الوقت يتجمع بخار السائل وتزداد التصادمات فيما بين

جزيئاته، وأيضاً مع جدار الإناء ووسط السائل ونتيجة ذلك تفقد

من طاقتها الحركية فتتكاثف

معدل سرعة التكاثف يزداد تدريجياً خلال الزمن



(c): يصبح عدد الجزيئات المتكاثفة مساوياً لعدد الجزيئات المتبخرة خلال وحدة الزمن، وتنشأ حالة تسمى الاتزان الديناميكي بين السائل وبخاره، يثبت عندها ضغط بخار السائل

معدل سرعة تبخر السائل = معدل سرعة تكاثف بخاره

■ العوامل المؤثرة في الضغط البخاري للسائل:

[1] درجة الحرارة [علاقة طردية]

[2] قوى التجاذب بين جزيئات السائل [علاقة عكسية]

? أفكر ص85: أفسر تزايد الضغط البخاري للسائل بزيادة درجة حرارته.

وذلك زيادة عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر فتزداد سرعة التبخر ويزداد عدد الجزيئات المتبخرة والمؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل فيزداد الضغط البخاري للسائل

? فسر: العلاقة عكسية بين قوى التجاذب لجزيئات سائل والضغط البخاري عند درجة حرارة معينة

القوى الأضعف في سائل معناه الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر أقل وسرعة تبخر أكبر، بالتالي يزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر، ثم مع الوقت ازدياد عدد الجزيئات المتبخرة والمؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل فيزداد الضغط البخاري للسائل

? أفكر ص85: أرتب السوائل الآتية حسب تزايد ضغطها البخاري عند درجة الحرارة نفسها:

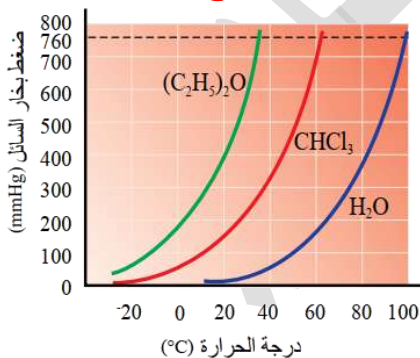


ننظر إلى القوى بين الجزيئات وعلاقته العكسية بالضغط البخاري



? أتحقق: مستعيناً بالشكل المجاور: أحدد الضغط البخاري لكل من ثلاثي كلوروميثان والماء عند

درجة حرارة 50°C وأقارنها بقيمة ضغطه البخاري الواردة في الجدول، ماذا أستنتج؟



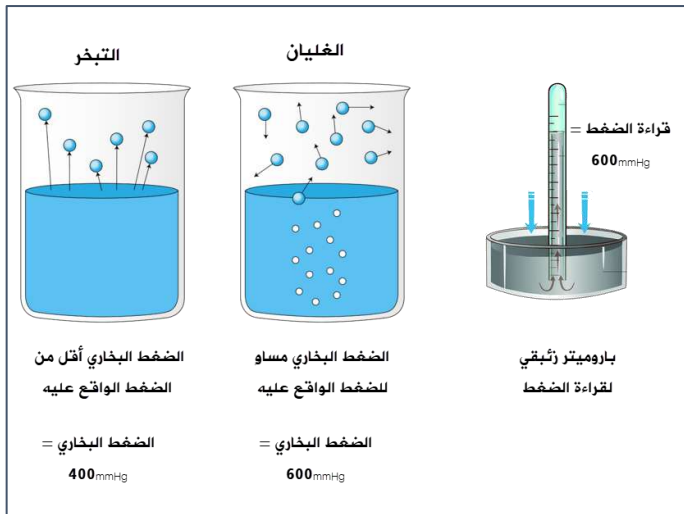
المادة	الضغط البخاري (mmHg) عند 20°C	نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل
الماء H_2O	20	روابط هيدروجينية
ثلاثي كلوروميثان CHCl_3	150	ثنائية القطب
ثنائي إيثيل إيثر $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	400	ثنائية القطب

الاستنتاج: كلما زادت درجة الحرارة زاد الضغط البخاري للسائل، أيضاً هو واضح من الشكل البياني

المادة	الضغط البخاري (mmHg) عند 50°C	نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل
الماء H_2O	100	روابط هيدروجينية
ثلاثي كلوروميثان CHCl_3	500	ثنائية القطب

درجة الغليان

كيف يحدث الغليان؟



عندما يصبح التبخر من جميع أجزاء السائل وليس من سطحه فقط

حيث خلال عملية تسخين السائل:

- تزداد الطاقة الحركية للجزيئات، فيزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر فتزيد سرعة تبخر السائل
- بعد زمن تمتلك جميع الجزيئات في السائل الطاقة اللازمة للتبخر فيبدأ السائل بالغليان

- تتكون فقاعات كثيرة في جميع أجزاء السائل وترتفع السطح وتغادر [التحول إلى غاز]

- ويحدث هذا عندما يصبح الضغط البخاري مساوياً للضغط الواقع على سطح السائل [الضغط الجوي]

ماذا يحدث لو كان الضغط البخاري للسائل أقل من الضغط الواقع عليه؟ وماذا يحدث لو كان أكبر؟

تنفجر الفقاعات قبل وصولها إلى السطح أي لا يحدث تبخر من داخل السائل

فإن كان الضغط البخاري أكبر أو يساوي الضغط الخارجي الواقع عليه فإن السائل سيغلي

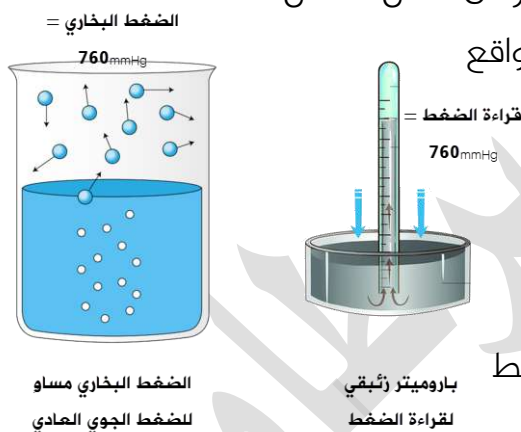
■ **درجة غليان السائل:** درجة الحرارة التي يتساوى فيها

الضغط البخاري للسائل مع الضغط الواقع على سطح

السائل

■ **درجة الغليان العادية:** درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط

بخار السائل مساوياً لواحد ضغط جوي 760 mmHg



من خلال جدول الضغط البخاري للماء نستنتج أن:

[1] الماء أو أي سائل يصل إلى عدة درجات غليان من خلال التحكم بالضغط

المؤثر على سطحه، أما درجة الغليان العادية هي التي تكون فقط عند 1

ضغط جوي 760 mmHg

[2] كلما قل الضغط المؤثر أو الواقع على سطح السائل قلت درجة غليان السائل

كيف يمكن جعل الماء يغلي في درجة حرارة 60 °C؟

بخفض الضغط الواقع على سطح السائل وجعله مساو للضغط البخاري

للماء 149.4 mmHg وذلك بالارتفاع عن سطح البحر، أي في الجبال والأماكن

المرتفعة حيث يقل الضغط

الضغط البخاري للماء	
الضغط البخاري (mmHg)	درجة الحرارة (°C)
17.5	20
55.3	40
149.4	60
355	80
760.0	100

العوامل المؤثرة في درجة الغليان:

[1] الضغط الواقع على السائل [علاقة طردية]

[2] قوى التجاذب بين جزيئات السائل [علاقة طردية]

أفكر ص86: أحدد أي السائلين NH_3 أم HF له أعلى درجة غليان؟

قوى التجاذب بين جزيئات الأمونيا وأيضا فلوريد الهيدروجين هي قوى هيدروجينية، لكن يتفوق الفلور في قوة الرابطة الهيدروجينية على الأمونيا لأنه أعلى كهروسالبية [FON] ولذا درجة غليان

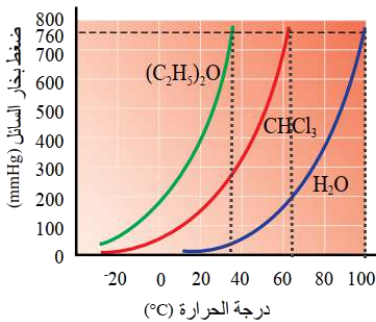
HF أعلى من درجة غليان NH_3

أتحقق ص86:

أحدد اعتماداً على جدول الضغط البخاري للماء، درجة غليان الماء عندما ضغطه البخاري 355 mmHg

درجة الغليان عند هذا الضغط البخاري ستكون 80°C

اعتماداً على الشكل المجاور، أحدد درجة الغليان العادية لثلاثي كلوروميثان وثنائي إيثل إيثر



نحددها عندما يكون الضغط البخاري لأي سائل مساوٍ لـ 760mmHg

درجة الغليان العادية لثلاثي كلوروميثان $\text{CHCl}_3 = 61.2^\circ \text{C}$

من الرسم تقريباً 62

درجة الغليان العادية لثنائي إيثل إيثر $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5 = 34.6^\circ \text{C}$

من الرسم تقريباً 35

الربط بالحياة

أواني الضغط

ينضج الطعام بسرعة في أواني الضغط؛ لأن ارتفاع ضغط البخار بداخلها يرفع درجة الغليان حتى تصل 120°C وحتى لا تنفجر بسبب زيادة الضغط يتوفر صمام لها يسمح بخروج بعض

جدول للربط الذهني: بعض الخصائص وتأثيرها بقوى التجاذب بين الجزيئات

الخاصية	العلاقة مع قوى التجاذب
سرعة التبخر	عكسية
الضغط البخاري	عكسية
الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر	طردية
طاقة التبخر والتكاثف المولية	طردية
درجة الغليان	طردية

تدريبات خارجية + كيماشيك

يبيّن الجدول الآتي الضغط البخاري لمادتين افتراضيتين A , B بوحدة mmHg في درجات حرارة مختلفة، أجب عن الآتي:

درجة الحرارة °C	20	45	60	80
الضغط البخاري A	115	320	520	760
الضغط البخاري B	410	560	760	1100

[1] أي المادتين ترتبط جزيئاتها بقوى تجاذب أقوى؟

المادة A لأن الضغط البخاري لها أقل

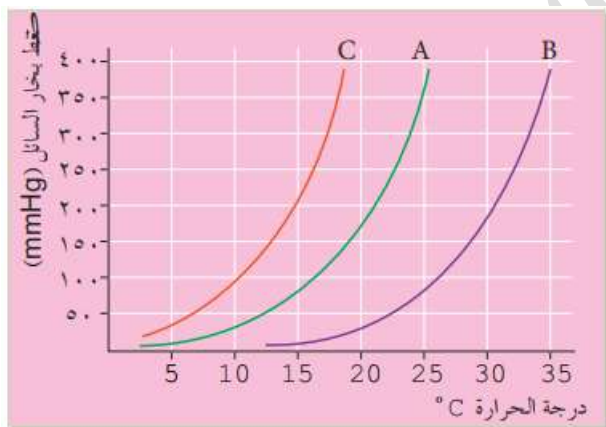
[2] كيف تجعل المادة B تغلي في درجة حرارة 45 °C؟

تقليل الضغط الواقع على سطح السائل إلى مقدار 560 وذلك بارتفاعنا إلى مستوى أعلى من سطح البحر، حيث سيقبل ضغط الجو عن 760 mmHg

[3] ما درجة الغليان العادية للمادة A؟

هي الدرجة التي عندها الضغط البخاري للمادة = الضغط الجوي 760 وهي 80 °C

ادرس الشكل الذي يبين منحنيات ضغط البخار للسوائل A , B , C في درجات حرارة مختلفة ثم



أجب عما يأتي:

[1] أي السوائل يمتلك أكبر قيمة من الحد الأدنى

للطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين

الجزيئات؟

عند درجة حرارة معينة نجد أن المادة B لها ضغط

بخار أقل، أي سرعة تبخرها أقل أي هي الأقوى في

قوى التجاذب، فالحد الأدنى للطاقة اللازمة لتبخر

الجزيئات لـ B هو الأكبر

[2] أي الجزيئات يمتلك أقل درجة غليان؟

المادة C فهي الأضعف في قوى التجاذب لأن لها ضغط بخار أكبر وأسرع تبخر

[3] أي السوائل يوجد في الحالة الغازية عند درجة 15 °C إذا كان الضغط الواقع عليه يساوي 200 mmHg

المادة C تتبخر عند درجة 15 بضغط بخار 200

[4] رتب السوائل السابقة تبعاً لزيادة قوى التجاذب بين الجزيئات

C < A < B

[5] أي السوائل السابقة يمتلك أكبر طاقة تكاثف؟

المادة B لأن قوى التجاذب فيها أقوى وبالتالي طاقة التبخر المولية أكبر ومثله طاقة التكاثف

[6] كيف يمكن جعل السائل B يغلي في درجة حرارة 30 °C؟

بتخفيض الضغط الواقع عليه ليصبح مساوياً لضغط بخاره عند تلك الدرجة ويساوي 165 mmHg

في أي من الحالات الآتية يغلي فيها السائل بشكل عام:

[1] ضغطه البخاري = 760 mmHg

[2] ضغطه البخاري = الضغط الخارجي الواقع على سطحه

[3] درجة حرارته = 273 K

[4] درجة حرارته ≤ درجة حرارة الغرفة

اعتماداً على نوع قوى الترابط بين دقائق السوائل الآتية: CH_3Cl , H_2O , أجب عما يأتي:

[1] أي السائلين معدل سرعة تبخر جزيئاته أكبر في درجة الحرارة نفسها؟

سرعة التبخر أكبر لـ CH_3Cl لأن قواه أضعف بينما القوى في H_2O هيدروجينية وبالتالي سرعة تبخره أقل

[2] أيهما له ضغط بخاري أعلى؟

المادة الأضعف في القوى هي التي تتبخر أسرع ويتولد لها ضغط بخاري أعلى وهي CH_3Cl

[3] أيهما له درجة غليان أعلى؟

المادة الأقوى في القوى تحتاج طاقة أكبر لتتبخر وبالتالي درجة غليان أعلى وهي الماء

[3] أيهما له طاقة تبخر مولية أعلى؟

الماء يحتاج طاقة أكبر حتى يتبخر وبالتالي طاقة تبخره المولية أعلى

لماذا الضغط البخاري لإيثيلين غلايكول أقل بكثير منه للبروبانول عند نفس درجة الحرارة؟

الاسم	تركيب لويس	الكتلة المولية	الضغط البخاري عند درجة حرارة 20 °C
بروبانول 1-Propanol	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	60.1	14.9
إيثيلين غلايكول Ethylene glycol	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	62.1	0.1

قوى الترابط للمركبين هيدروجينية، لكنها أقوى للإيثيلين غلايكول لتكوينه روابط أكثر بسبب وجود (OH) أكثر في المركب وبالتالي تقل سرعة تبخر جزيئاته ويكون ضغطه البخاري أقل

ورقة عمل: الحالة السائلة

كلما زادت درجة حرارة :

- [1] ازداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر
- [2] قلت سرعة التبخر
- [3] قل عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر
- [4] قل الضغط البخاري للسائل

كلما ارتفعنا عن سطح البحر قل الضغط الجوي وبالتالي:

- [1] قلت درجة الغليان
- [2] زاد حجم السائل
- [3] زادت درجة الغليان
- [4] لا يتغير

تكون درجة غليان السائل هي نفس درجة الغليان العادية عندما يكون:

- [1] الضغط البخاري أقل من الضغط الواقع على السائل
- [2] الضغط البخاري مساو للضغط الواقع على السائل
- [3] الضغط البخاري مساو لضغط جوي مقداره 1 atm
- [4] الضغط البخاري أقل من الضغط الجوي 1 atm

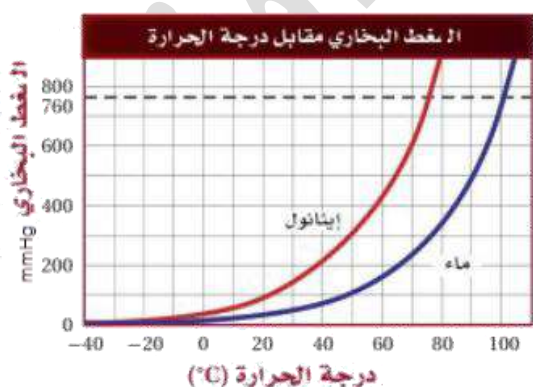
الترتيب الصحيح لزيادة طاقة التبخر المولية هو:

- [1] $CH_4 < C_2H_6 < C_3H_8$
- [2] $CH_4 < C_3H_8 < C_2H_6$
- [3] $C_2H_6 < C_3H_8 < CH_4$
- [4] $C_2H_6 < CH_4 < C_3H_8$

الترتيب الصحيح لزيادة الضغط البخاري هو:

- [1] $CH_3OH < C_2H_5OH < C_4H_9OH < C_3H_7OH$
- [2] $CH_3OH < C_2H_5OH < C_3H_7OH < C_4H_9OH$
- [3] $C_3H_7OH < C_4H_9OH < C_2H_5OH < CH_3OH$
- [4] $C_4H_9OH < C_3H_7OH < C_2H_5OH < CH_3OH$

الشكل المجاور يوضح الضغط البخاري لكل من الماء والإيثانول عند درجات حرارة مختلفة. أجب عما يأتي باستخدام البيانات من الشكل:



يأتي باستخدام البيانات من الشكل:

[1] ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟

[2] ما درجة غليان الإيثانول عند 600 mmHg؟

[3] إذا كان الضغط الجوي في وادي منخفض عن الأرض

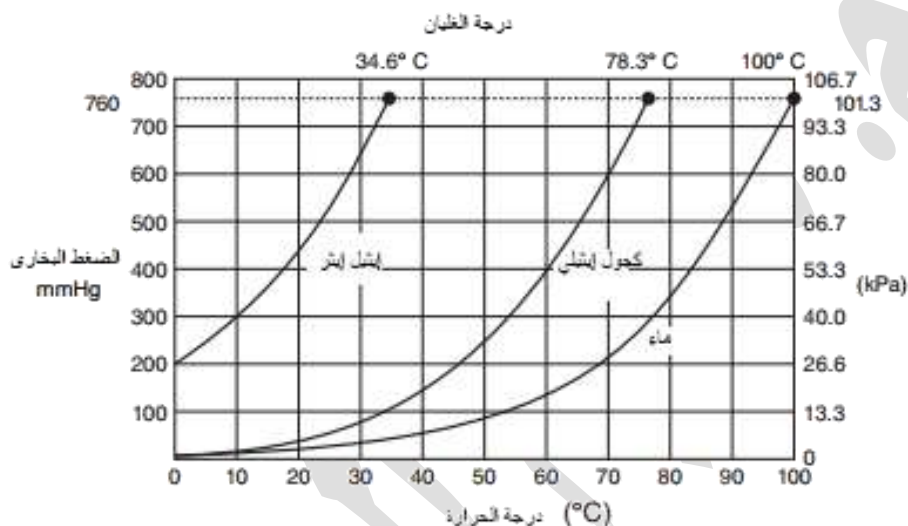
1.053 atm فهل ستكون درجة الغليان للماء أكبر أم

أقل من درجة الغليان العادية 100 °C؟

فسر سبب ارتفاع درجة غليان الإيثانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ عن كلورو إيثان $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$

Name	Molecular formula	Boiling point ($^{\circ}\text{C}$)
Ethanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	78.3
Chloroethane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	12.3

في الشكل المجاور قيم الضغط البخاري عند درجات حرارة مختلفة لثلاث سوائل: الماء، الكحول الإيثيلي، إيثيل إيثر، أجب عما يلي:



[1] ما هي درجة الغليان للماء عند 200 mmHg؟

[2] ما هي درجة الغليان العادية للكحول الإيثيلي؟

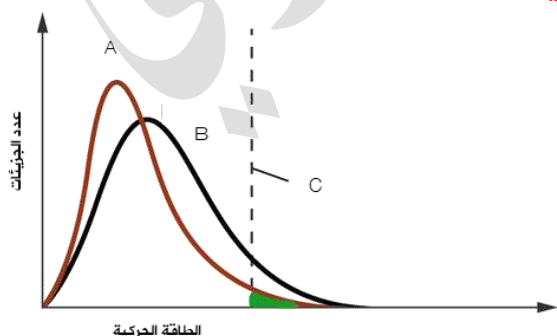
[3] ما الضغط الواقع على الإيثيل إيثر حتى يغلي عند درجة حرارة 10°C ؟

من منحنى ماكسويل - بولتزمان المجاور أجب عما يأتي:

[1] درجة الحرارة الأعلى هي للمنحنى

[2] المنطقة المظللة للمنحنى A هي عبارة عن

[3] القيمة عند C هي:



حل مراجعة الدرس الثاني

? الفكرة الرئيسية: ما المقصود بكل مما يأتي:

- **الضغط البخاري:** الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه في حالة الاتزان عند درجة حرارة معينة
- **درجة الغليان العادية:** درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط بخار السائل مساوياً لواحد ضغط جوي 760 mmHg
- **طاقة التبخر المولية:** كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل عند درجتي حرارة وضغط ثابتين

? أفسر: يأخذ السائل شكل الإناء الذي يوضع فيه، ولكن حجمه يظل ثابتاً

الحجم الثابت بسبب وجود قوى تجاذب تجعل الجزيئات متقاربة الشكل المتغير بسبب أن قوى التجاذب غير كافية لجعل الجزيئات ثابتة في مكانها لذا تتحرك باستمرار ولها القدرة على الجريان فتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه

? أفسر: يغلي الماء في الأغوار على درجة حرارة أكثر قليلاً من 100 °C

الضغط الجوي في الأغوار يزيد عن 1 atm لأنها منطقة منخفضة عن سطح البحر، لذا ترتفع درجة غليان الماء العادية عن 100 °C حتى يصبح الضغط البخاري مساوياً للضغط الجوي في الأغوار

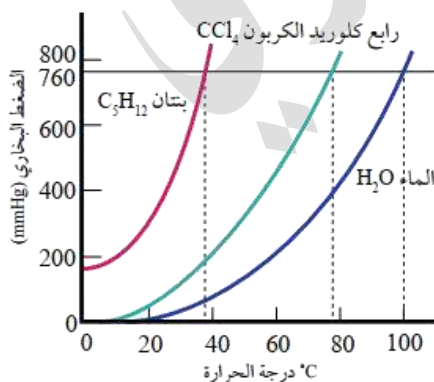
? أصف: سائل في وعاء مغلق ضغطه البخاري ثابت، فما العلاقة بين سرعة تبخره وسرعة تكاثف

بخاره؟ سرعة التبخر = سرعة التكاثف حيث وصل إلى مرحلة الاتزان

? أستنتج: المركب A يتبخر بسرعة أكبر من سرعة تبخر المركب B عند 25 °C

- أي المركبين قوى التجاذب بين جزيئاته أكبر؟ B
- أي المركبين له ضغط بخاري أعلى عند 25 °C؟ A
- أي المركبين درجة غليانه العادية أكبر؟ B

? يمثل المنحنى المجاور تغير الضغط البخاري (mmHg) لثلاثة سوائل مع درجة الحرارة °C أجب عما يأتي:



- أحدد الضغط البخاري لرابع كلوريد الكربون عند 60 °C
450 mmHg

- أحدد درجة الغليان العادية للبنتان 36 °C

- أرتب السوائل الثلاثة حسب تزايد سرعة تبخرها
 $H_2O < CCl_4 < C_5H_{12}$

- بفرض أن الضغط الجوي على قمة أحد الجبال يساوي 500

mmHg أحدد درجة غليان الماء عند هذا الارتفاع 87 °C

- أستنتج اسم السائل الذي له أقل طاقة تكاثف مولية 500 mmHg البنتان C_5H_{12}

الدرس الثالث: الحالة الصلبة

تعريفات الدرس الثالث:

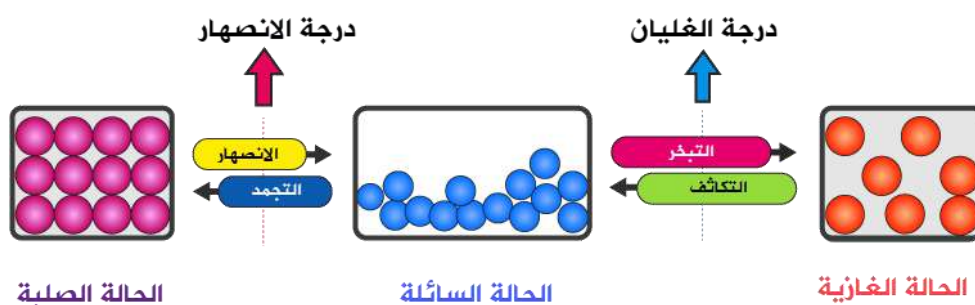
- **مادة صلبة بلورية:** المادة الصلبة التي تتكون من بلورات ذات أشكال هندسية منتظمة
- **مادة صلبة غير بلورية:** المادة الصلبة التي لا تترتب جسيماتها لتكوّن أشكالاً هندسية منتظمة
- **مادة صلبة جزيئية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من جزيئات أو ذرات الغازات النبيلة حيث تترايط جسيماتها بقوى تجاذب ضعيفة نسبياً
- **مادة صلبة فلزية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من فلزات تترايط برابطة فلزية
- **مادة صلبة أيونية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من أيونات تترايط برابطة أيونية
- **مادة صلبة شبكية تساهمية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من ذرات تترايط برابطة تساهمية في بناء شبكي صلب
- **درجة الانصهار:** درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة
- **ظاهرة التآصل:** وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها

الخصائص الفيزيائية للمواد الصلبة

■ الخصائص الفيزيائية للمواد الصلبة:

- [1] حجمها وشكلها ثابت، فجسيماتها متقاربة جداً وقوى التجاذب بينها كبيرة
- [2] حركة جزيئاتها اهتزازية في مكانها
- [3] كثافتها عالية مقارنة بالسوائل والغازات بسبب تقارب الجسيمات الكبير
- [4] المواد الصلبة غير قابلة للانضغاط
- [5] المواد الصلبة غير قابلة للجريان، لذا لا تعدّ من الموائع

فائدة: في الكثافة يستثنى من ذلك الماء، فالجليد كثافته أقل من كثافة الماء السائل، التبريد يحول السائل إلى صلب، تقل الطاقة الحركية للجزيئات فتتقارب وتتماسك وتقلص المسافات بينها لذا تزداد الكثافة، أما الماء مع التبريد فإنه يستمر بالتقارب وتقلص الحجم حتى يصل أعلى كثافة عند درجة 4°C ، ثم من 4°C إلى 0°C لا تتقلص الجزيئات بل تتباعد قليلاً فيكبر الحجم والمسافات بينها فتكون كثافة الجليد أقل من الماء السائل [شذوذ الماء]



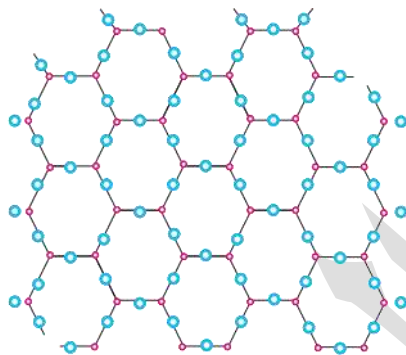
- **درجة الانصهار:** درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة
- **كيف تحدث عملية الانصهار؟**

عند تسخين المادة الصلبة تهتز جزيئاتها على نحو أسرع، مع زيادة الطاقة الحركية يضعف التجاذب بينها وتتباعد الجزيئات فتتحول المادة إلى الحالة السائلة

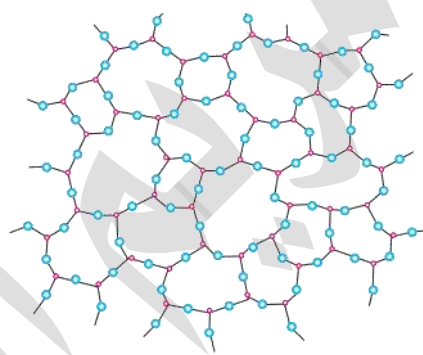
- **أقسام المواد الصلبة حسب ترتيب جسيماتها:**

[1] ترتيب منتظم، لها شكل هندسي منتظم وتسمى: مادة صلبة بلورية Crystalline، **مثال:** الذهب، الماس، كلوريد الصوديوم

[2] ترتيب غير منتظم وعشوائي، ليس لها شكل هندسي منتظم، وتسمى: مادة صلبة غير بلورية Amorphous، **مثال:** البلاستيك، الزجاج، الأسفلت



مادة صلبة بلورية



مادة صلبة غير بلورية

- **أتحقق ص91: ما الفرق بين المواد الصلبة البلورية وغير البلورية؟**

المادة الصلبة البلورية تترتب جسيماتها بانتظام فتكون أشكالاً هندسية منتظمة بينما غير البلورية تترتب جسيماتها بشكل عشوائي فتكون أشكالاً هندسية غير منتظمة

- **أقسام المواد الصلبة البلورية حسب قوى الترابط في البلورة:**

نوع المادة الصلبة	نوع الجسيمات	الروابط أو قوى الترابط	أمثلة على كل نوع
صلبة جزيئية	جزيئات وذرات الغازات النبيلة	قوى لندن، قوى ثنائية القطب، روابط هيدروجينية	Ne _(g) , S ₈ , I ₂ , H ₂ O _(g)
صلبة أيونية	أيونات	رابطة أيونية	LiF, CsCl, CuBr ₂
صلبة شبكية تساهمية	ذرات	رابطة تساهمية	الماس SiO ₂ , Si, SiC, C
صلبة فلزية	ذرات	رابطة فلزية	Al, Na

[1] المواد الصلبة الجزيئية

[2] المواد الصلبة الأيونية

[3] المواد الصلبة الشبكية التساهمية

[4] المواد الصلبة الفلزية

بسبب الصفات المشتركة لكل نوع تم تصنيفها في مجموعة

المواد الصلبة الجزيئية

- **مادة صلبة جزيئية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من جزيئات أو ذرات الغازات النبيلة حيث تتربط جسيماتها بقوى تجاذب ضعيفة نسبياً

الخصائص العامة للمواد الصلبة الجزيئية:

[1] مواد هشة

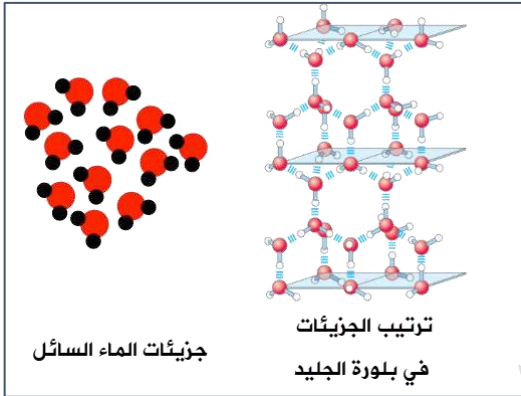
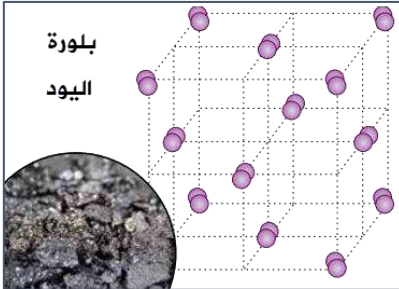
[2] ذات درجات انصهار منخفضة، وتعتمد على قوى التجاذب بين جزيئاتها

[3] غير موصلة للتيار الكهربائي؛ لأنها جزيئات متعادلة الشحنة ترتبط بقوى تجاذب ضعيفة

[4] تنكسر قوى التجاذب بين الجزيئات عند الانصهار: [الهيدروجينية، ثنائية القطب، قوى لندن]

[5] الوحدات البنائية في البلورة هي الجزيئات، أما الغازات النبيلة فوحدتها البنائية هي الذرات

أمثلة عليها:

[1] ذرات الغازات النبيلة عندما تكون في الحالة الصلبة: مثل: $Ne(s)$ [2] الجزيئات غير القطبية مثل: كجزيء اليود الصلب I_2 ، S_8 ، P_4 [3] الجزيئات القطبية، مثل: الجليد H_2O ، السكر $C_{12}H_{22}O_{11}$ [4] كرات باكي C_{60} أو تُسمى بكمنسترفولرين

فسر: تعتبر بلورة اليود من المواد الصلبة الجزيئية

لها نفس صفات المواد الصلبة الجزيئية:

[1] درجة انصهار منخفضة $114^\circ C$ لأن الجزيئات متعادلة

الشحنة مرتبطة بقوى لندن الضعيفة

[2] بلوراته هشة

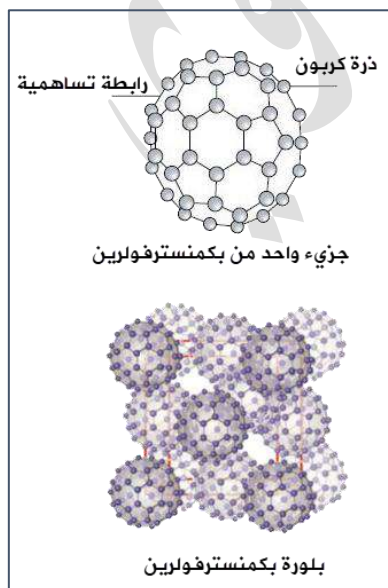
[3] غير موصل للتيار الكهربائي

فسر: تعتبر بلورة الجليد من المواد الصلبة الجزيئية

بسبب درجة انصهاره المنخفضة $0^\circ C$ حيث يرتبط كل جزيء بأربعة جزيئات بروابط هيدروجينية

وكل جزيء في البلورة مركزاً لرباعي الأوجه منتظم

كرات باكي (بكمنسترفولرين): مادة صلبة جزيئية اكتشفت عام 1985، تتكون من جزيئات كروية

الشكل مجوفة صيغتها الجزيئية C_{60} حيث تترايط ذرات الكربون

داخل الجزيء الواحد (الكرة) بروابط تساهمية، فترتبط كل ذرة

كربون بثلاث ذرات مكونة حلقات خماسية وسداسية مرتبطة مع

بعضها بعضاً لتشبه كرة القدم، ثم تترايط الجزيئات (الكرات) مع

بعضها بقوى لندن الضعيفة مكونة بلورات إبرية الشكل سوداء

اللون

فسر: تعتبر كرات باكي C_{60} من المواد الصلبة الجزيئية

لأن الوحدة البنائية فيها هي جزيئات مرتبطة مع بعضها بقوى

لندن

تبلغ درجة انصهار كرات باكي $600^\circ C$

أتحقق ص93: أفسر الارتفاع النسبي لدرجة انصهار بكممنسترفولرين مقارنة بالمواد الصلبة الجزيئية الأخرى

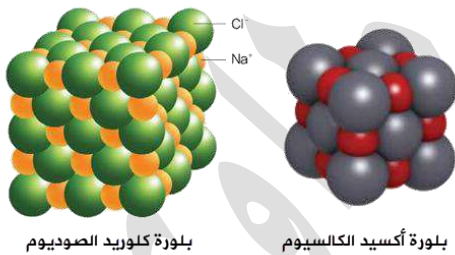
الكتلة المولية لكرة باكي C_{60} تساوي 720 g/mol ، ترتبط الجزيئات أي كرات باكي بقوى لندن فيما بينها، بما أن الكتلة المولية عامل مؤثر على قوى لندن وهي كبيرة فإن قوى التجاذب تكون أقوى وسنحتاج طاقة أكبر لصهر المادة وكسر هذه القوى بين الجزيئات، لهذا درجة انصهارها مرتفعة نسبياً عن باقي المواد الصلبة الجزيئية

المواد الصلبة الأيونية

- **مادة صلبة أيونية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من أيونات تتربط برابطة أيونية
- المركبات الأيونية: تتكون من تجاذب أيون موجب وسالب والرابطة بينهما رابطة أيونية
- **الخصائص العامة للمواد الصلبة الأيونية:**

- [1] شديدة الصلابة؛ بسبب الرابطة الأيونية القوية في بلوراتها
- [2] ذات درجات انصهار مرتفعة بسبب الرابطة الأيونية القوية في بلوراتها
- [3] هشة وتتحطم عند الطرق
- [4] لا توصل التيار الكهربائي في حال الصلابة لأن أيوناتها غير حرة الحركة
- [5] توصل التيار الكهربائي في حالة المحلول [في الماء] أو صهرها؛ لأن الأيونات تصبح حرة الحركة
- [6] تنكسر الرابطة الأيونية في حال الإذابة في المحلول أو الانصهار
- [7] الوحدات البنائية في البلورة هي الأيونات

■ **أمثلة عليها:**



- [1] كلوريد البوتاسيوم KCl ، درجة انصهار $770^\circ C$
- [2] أكسيد الكالسيوم CaO ، درجة انصهار $2572^\circ C$
- [3] ملح الطعام $NaCl$
- [4] $NaNO_3$, $CuBr_2$, $CsCl$, LiF , NH_4Cl

ضوء اللمبة: الرابطة الأيونية بوجه عام تتكون من ارتباط الفلز واللافلز، والقاعدة هي ارتباط أيون موجب + أيون سالب

؟ **فسر: سبب ارتفاع درجة انصهار أكسيد الكالسيوم CaO عن كلوريد البوتاسيوم KCl**

تزيد درجة الانصهار في المواد الصلبة الأيونية كلما زادت الشحنة، فالشحنة الأكبر قوة تجاذب أكبر، ورابطة أيونية أقوى؛ ولذا تحتاج طاقة أكبر للانصهار، الشحنة لكل من أيوني $CaO = (2+, 2-)$ بينما في $KCl = (1+, 1-)$



فسر: المواد الصلبة الأيونية هشة وتتحطم عند الطرق رغم أنها شديدة

الصلابة

لأن أيونات بلوراتها إذا تعرضت للطرق فإنها تنزلق بالنسبة إلى بعضها بعضاً فتتقارب الأيونات المتشابهة وتتنافر وتتحطم البلورة



أتحقق ص 94: أفسر: درجة انصهار LiCl أقل من درجة انصهار MgO

الشحنة لكل من أيوني $\text{LiCl} = (1+, 1-)$ بينما تكون لأيوني $\text{MgO} = (2+, 2-)$

وبما أن الطاقة اللازمة لصهر المادة تزداد بزيادة شحنة الأيونات في الرابطة الأيونية لذا ستكون درجة انصهار LiCl أقل

المواد الصلبة الشبكية التساهمية

■ مادة صلبة شبكية تساهمية: المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من ذرات تتربط برابطة

تساهمية في بناء شبكي صلب

■ الخصائص العامة للمواد الصلبة الشبكية التساهمية:

- [1] شديدة القساوة: بسبب قوة الروابط التساهمية بين الذرات
- [2] درجة الانصهار المرتفعة: بسبب قوة الروابط التساهمية بين الذرات
- [3] غير موصلة للتيار الكهربائي في حالتها الصلبة والسيولة بشكل عام، ويشذ عنها الغرافيت
- [4] تنكسر الروابط التساهمية خلال البناء الشبكي في حال الانصهار
- [5] الوحدات البنائية في البلورة هي الذرات

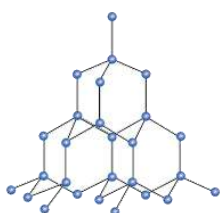
أمثلة عليها:

- [1] بلورة الماس، درجة انصهار 3550°C
- [2] بلورة الغرافيت، درجة انصهار 3730°C
- [3] الكوارتز SiO_2 ، درجة انصهار 1710°C
- [4] SiC كربيد السليكون
- [5] أشباه الفلزات مثل: البورون B، السليكون Si، الجيرمانيوم Ge



ما الخصائص التي يتميز بها الماس؟

- [1] التركيب الشبكي: ترتبط كل ذرة كربون بأربع روابط تساهمية مع أربع ذرات كربون أخرى، كل ذرة هي مركز لرباعي الأوجه منتظم
- [2] درجة انصهاره مرتفعة 3550°C
- [3] غير موصل للتيار الكهربائي؛ لأن إلكتروناته مقيدة غير حرة الحركة
- [4] من أكثر الموارد الطبيعية قساوة [عالي القساوة]



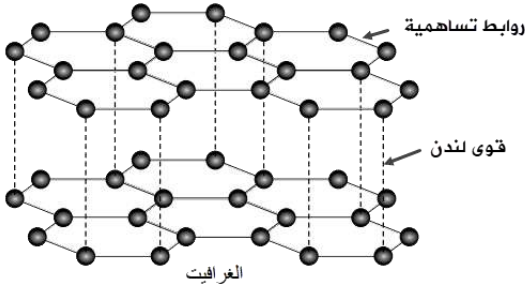
بلورة الماس.



? **علل:** يستخدم الماس في صناعة أدوات القطع والقص، كرؤوس حفارات آبار البترول

لأنه من أكثر الموارد الطبيعية قساوة [لا يقطع الماس إلا الماس]

? **ما الخصائص التي يتميز بها الجرافيت؟**



[1] التركيب الشبكي: ترتبط كل ذرة كربون بثلاث ذرات كربون أخرى بحيث تشكل حلقات سداسية الشكل في كل حلقة ثلاث روابط باي وثلاث سيجما، ثم تشكل الحلقات مع بعضها طبقات رقيقة تترايط بقوى لندن

[2] درجة انصهاره مرتفعة 3730°C

[3] موصل للتيار الكهربائي حيث إلكتروناته حرة الحركة خلال الطبقة الواحدة

[4] مادة هشة

? **علل:** يشذ الجرافيت في خصائصه عن خصائص المركبات الشبكية التساهمية على نحو عام

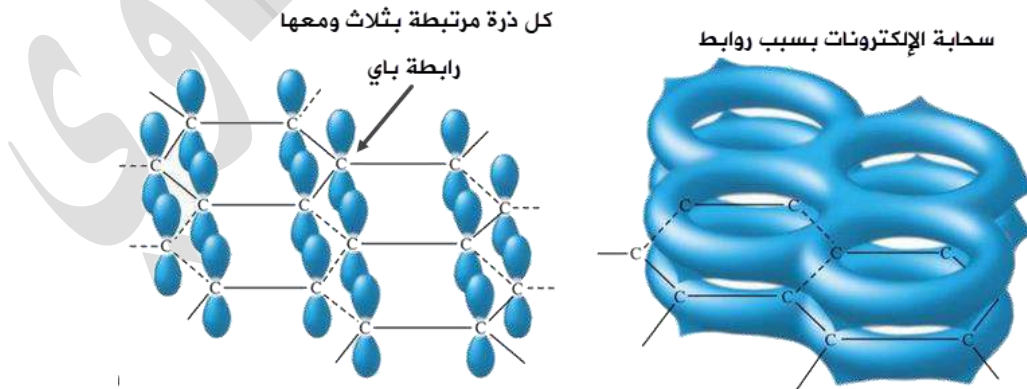
لأنه مادة هشة ويوصل التيار الكهربائي بخلاف المركبات الشبكية التساهمية التي تتمتع بالقساوة ولا توصل التيار الكهربائي

? **فسر:** الجرافيت مادة هشة ويستخدم في صناعة أقلام الرصاص

لأن طبقاته الرقيقة تترايط بقوى لندن الضعيفة التي تجعله هشاً وبذلك يسهل انزلاق الطبقات فوق بعضها بعضاً

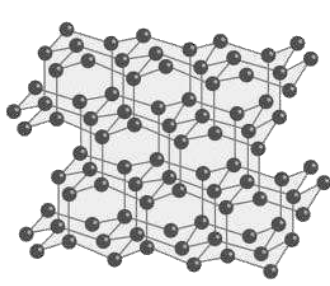
? **أتحقق ص 96: أفسر:** الجرافيت موصل جيد للكهرباء

لوجود ثلاث روابط باي بين ذرات الكربون المكونة لكل حلقة في الطبقات المشكلة للجرافيت، تشكل الإلكترونات المشاركة في تكوين روابط باي ما يشبه السحابة بين الطبقات، فتكون الإلكترونات حرة الحركة ولذا الجرافيت موصل جيد للكهرباء

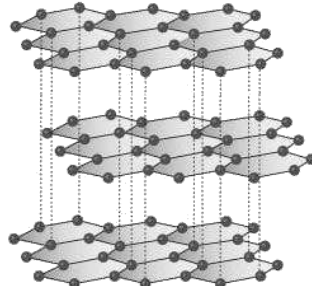


■ يُعد الماس والجرافيت وبكمنسترفولرين متآصلات، فهي أشكال بلورية مختلفة للكربون نفسه في الحالة الصلبة

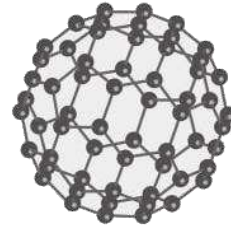
■ **ظاهرة التآصل:** وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها



الماس



الغرافيت

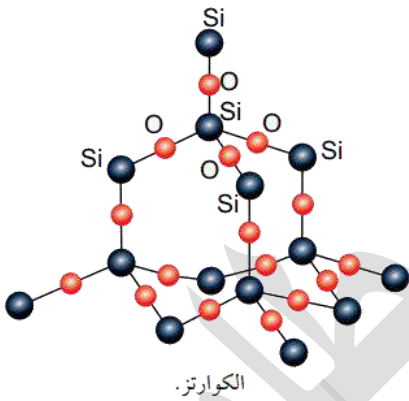


بكمسترفولرين

ضويّ اللمبة: يتحول الغرافيت إلى الماس في باطن الأرض لزمان طويل تحت ضغط وحرارة عاليين



؟ ما الخصائص التي يتميز بها الكوارتز ثاني أكسيد السيليكون SiO_2 ؟



الكوارتز.

[1] التركيب الشبكي: تشبه بلورته بلورة الماس، ترتبط كل ذرة سيليكون بأربع ذرات أكسجين وكل ذرة أكسجين بذرتي سيليكون فينشأ هذا الشكل الشبكي رغم تلك الصيغة الكيميائية

[2] درجة انصهاره مرتفعة 1710°C

[3] الكوارتز شديد القساوة لكن أقل من الماس

[4] غير موصل للتيار الكهربائي

فائدة: الصيغة الكيميائية لـ SiO_2 هي نفسها لـ CO_2 وهما من نفس المجموعة، لكن يتخذ الأول شكل رباعي الأوجه منتظم في ذرته السيليكون، بينما الثاني يكون خطي، والسبب أن العلماء قالوا: من ناحية نظرية لا يستطيع السيليكون تكوين روابط ثنائية أو ثلاثية مثل الكربون، وبالتالي تنشأ هذه الشبكة الكبيرة حتى تستقر كل ذرة بإضافة ذرة أخرى وتستمر الشبكة التساهمية

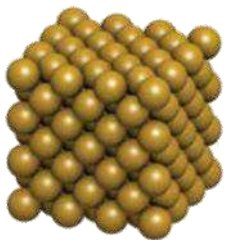
الربط بالفيزياء

السيراميك فائق التوصيل: التوصيل الفائق أي اختفاء المقاومة الكهربائية كلياً في السيراميك عند تبريدها لدرجة حرارة منخفضة جداً قريبة من الصفر المطلق، أيضاً سيُطرد المجال المغناطيسي من داخله إذا تعرض لمجال مغناطيسي خارجي، فيبقى المغناطيس طافياً في الهواء فوق السيراميك فائق التوصيل [ص97]

المواد الصلبة الفلزية



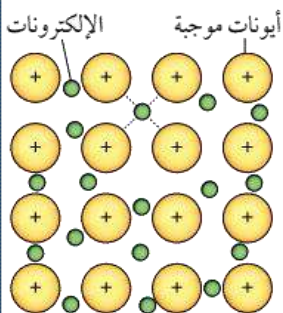
بلورة النيكل.



بلورة الذهب.

- **مادة صلبة فلزية:** المادة الصلبة التي تتكون جسيماتها من فلزات تتربط برابطة فلزية
- **الخصائص العامة للمواد الصلبة الفلزية:**
 - [1] الصلابة ودرجات الانصهار المرتفعة على نحو عام
 - [2] موصلة للتيار الكهربائي
 - [3] قابلة للطرق والسحب [أي القابلية لتشكيل صفائح وأسلاك وقضبان]
 - [4] لامعة وبراقة
 - [5] تنكسر الروابط الفلزية في حال الانصهار
 - [6] الوحدات البنائية في البلورة هي الذرات
- **أمثلة عليها:** جميع بلورات الفلزات الصلبة: Na , Ag بالإضافة إلى السبائك

؟ فسر: وجود بحر من الإلكترونات السالبة حرة الحركة في الفلزات؟



طاقة التأين للفلزات منخفضة، أي إلكترونات التكافؤ ضعيفة الارتباط بالنواة فيميل الفلز إلى فقدتها، فتترتب ذرات بلورة الفلز على شكل صفوف من الأيونات الموجبة مغمورة في بحر من الإلكترونات السالبة حرة الحركة

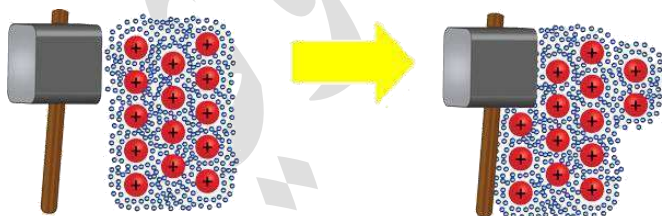
؟ فسر: قدرة المواد الصلبة الفلزية على إيصال التيار الكهربائي

بسبب بحر الإلكترونات السالبة حرة الحركة في البلورة الفلزية

؟ فسر: الصلابة ودرجات الانصهار المرتفعة

بسبب قوة التجاذب الناشئة بين بحر الإلكترونات السالبة حرة الحركة والأيونات الموجبة المحيطة بها

؟ أتحقق ص 98: أفسر قابلية المواد الصلبة الفلزية للطرق والسحب



بسبب طبيعة الرابطة الفلزية، فالضغط على صفوف الأيونات الموجبة يجعلها تنزلق مبتعدة عن بعضها ولكنها تبقى مترابطة بفعل تجاذبها مع بحر الإلكترونات السالبة حرة الحركة المحيطة بها

■ **عوامل مؤثرة على قوة الرابطة الفلزية ودرجة الانصهار في الفلزات:**

- [1] شحنة النواة الفعالة: كلما زادت قل حجم الذرة، وزاد التجاذب بين الأنوية الموجبة والإلكترونات حرة الحركة فزادت درجة الانصهار
- [2] إلكترونات التكافؤ: كلما زادت ارتفعت درجة الانصهار

? علل: درجة انصهار المغنيسيوم 250°C أعلى من درجة انصهار الصوديوم 98°C

الرابطية الفلزية في المغنيسيوم أقوى بسبب:

[1] إلكترونات التكافؤ التي يفقدها في بحر الإلكترونات السالبة = 2 بينما للصوديوم = 1

[2] شحنة النواة الفعالة للمغنيسيوم أكبر وبالتالي حجم ذرة المغنيسيوم أصغر فيزداد التجاذب

بين أنوية المغنيسيوم والإلكترونات حرة الحركة في بحر الإلكترونات

فائدة: نحسب شحنة النواة الفعالة Z_{eff} بطرح عدد البروتونات Z من الإلكترونات الحاجبة S [الداخلية] بدون إلكترونات الغلاف الأخير وتكون هي نفسها رقم مجموعة العنصر

$$Z_{\text{eff}} = Z - S$$

$$Z_{\text{eff}}(\text{Mg}) = Z - S = 12 - 10 = +2$$

$$Z_{\text{eff}}(\text{Na}) = Z - S = 11 - 10 = +1$$

? أتحقق ص98: أحدد أي العنصرين: Li أم Na له أعلى درجة انصهار

لهما نفس إلكترونات التكافؤ وشحنة النواة الفعالة

لكن الحجم الذري لليثيوم أقل بكثير من الصوديوم، وبالتالي يزيد جذب الأنوية للإلكترونات حرة الحركة وتزداد قوة الرابطية الفلزية وترتفع درجة الانصهار، إذًا الليثيوم أعلى في درجة الانصهار من الصوديوم

فائدة: العدد الذري لليثيوم [3] جدًا قليل ولذا حجمه صغير مقارنة بغيره، ومثله البريليوم

الربط بالطب

دعائم قلبية من السبائك المعدنية: سبيكة معدنية من التيتانيوم والتنتاليوم والنيوبيوم، تمتاز بمرونة فائقة وقوة كبيرة ومعدلات رفض منخفضة، خالية من العناصر السامة المسببة للالتهابات العصبية أو الحساسية، وهذه الدعائم تعتمد على الهندسة النانوية، منخفضة التكلفة والملاءمة الحيوية لها عالية

المواد الصلبة

المواد الصلبة غير البلورية

المواد الصلبة البلورية

المواد الصلبة الأيونية

المواد الصلبة الجزيئية

المواد الصلبة الشبكية التساهمية

المواد الصلبة الفلزية

درجة انصهار المواد الصلبة تترتب بشكل عام: الشبكية التساهمية < الفلزية < الأيونية < الجزيئية



تدريبات خارجية + كيماشيك

🔧 محلول السكر لا يوصل الكهرباء بينما محلول ملح الطعام يوصل الكهرباء

لأن السكر مادة صلبة جزيئية لا توصل التيار الكهربائي سواء وهي صلبة أو محلول، بينما ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) مادة صلبة أيونية توصل التيار الكهربائي في حالة المحلول والمصهور

🔧 صنف المواد الآتية حسب نوعها وهي في الحالة الصلبة:

- الأسفلت: مادة صلبة غير بلورية
- الكوارتز: مادة صلبة جزيئية
- الزجاج: مادة صلبة غير بلورية
- الماس: مادة صلبة شبكية تساهمية
- C_{60} : مادة صلبة شبكية تساهمية
- الغرافين: مادة صلبة شبكية تساهمية [وهو طبقة واحدة من الغرافيت]
- الغرافيت: مادة صلبة شبكية تساهمية
- كربونات الكالسيوم $CaCO_3$: مادة صلبة أيونية
- السكر $C_{12}H_{22}O_{11}$: مادة صلبة جزيئية
- الفضة: مادة صلبة فلزية
- المطاط: مادة صلبة غير بلورية
- سبيكة من النيكل والكروم $NiCr$: مادة صلبة فلزية
- الجرمانيوم Ge : مادة صلبة شبكية تساهمية [فهو شبه فلز تحت Si ويتصرف مثله]
- HF : مادة صلبة جزيئية

🔧 أيها أعلى درجة انصهار مع التوضيح بإيجاز

- الماس أم الغرافيت: كلاهما شبكي تساهمي لكن الماس لأنه أشد قساوة
- أكسيد المغنيسيوم أم كلوريد الصوديوم: كلاهما صلب أيوني لكن أكسيد المغنيسيوم الأعلى بسبب الشحنة الثنائية على أيوناته
- الألومنيوم Al أم السليكون Si : السليكون هو الأعلى لأنه مادة صلبة شبكية تساهمية درجة انصهارها مرتفعة، أما المادة الفلزية درجة انصهارها مرتفعة على نحو ما لكن أقل منه
- البريليوم أم المغنيسيوم: كلاهما مادة فلزية، البريليوم أعلى في درجة الانصهار بسبب حجمه الذري الصغير جداً [عدد بروتونات = 4] مقارنة بالمغنيسيوم
- C_{60} أم الكوارتز SiO_2 : الكوارتز هو الأعلى فهو مادة صلبة شبكية تساهمية أما C_{60} فهو مادة صلبة جزيئية



من متأصلات الكربون: الماس، الغرافيت، الغرافين، كرات باكي، الفحم، السخام

صنف هذه المتأصلات إلى صلبة بلورية وغير بلورية

المتآصل	بلوري	غير بلوري
الماس	😊	
الغرافيت	😊	
الغرافين	😊	
كرات باكي	😊	
الفحم		😊
السخام		😊



ورقة عمل: الحالة الصلبة

صنّف المواد الآتية حسب نوع المادة الصلبة البلورية:

-: P_4O_{10} -
-: SiC -
-: P_4 -
-: $(NH_4)_3PO_4$ -
-: Ba الباريوم -
-: Na_2SO_4 -
-: كرات باكي -
-: $LiBr$ -
-: سكر المائدة -
-: سبيكة $AgZn$ -

أكمل الفراغ بما يناسب:

- يتميز البكممنسترفلورين بدرجة انصهار نسبياً مقارنة بالمواد الصلبة الجزيئية
- المواد الصلبة الجزيئية للتيار الكهربائي في حالة المصهور بخلاف المواد الصلبة الأيونية فهي للتيار الكهربائي في حالة المصهور
- نستطيع تشكيل الصفائح والأسلاك والقضبان من المواد الصلبة الفلزية وذلك لأنها قابلة لـ
- و
- للكربون متآصلات منها: و و [اذكر التي في الكتاب فقط]
- المواد الصلبة البلورية لها شكل هندسي بخلاف المواد الصلبة غير البلورية
- درجة انصهار CaO أعلى من درجة انصهار KCl والسبب هو
- يستخدم الغرافيت في صناعة أقلام الرصاص لسهولة انزلاق المكونة له فوق بعضها
- يوصل الغرافيت التيار الكهربائي نظراً إلى وجود روابط باي بين ذرات الكربون المشكلة لكل حلقة سداسية في الطبقة [اذكر عدد روابط باي]
- المواد الصلبة الأيونية توصل التيار الكهربائي فقط في حالتها و
- في بلورة الجليد يرتبط كل جزيء ماء بـ جزيئات أخرى ويكون كل جزيء في البلورة مركزاً لشكل [اذكر عدد الجزيئات والشكل الفراغي]

حل مراجعة الدرس الثالث

? الفكرة الرئيسية: ما المقصود بكل مما يأتي:

- **المادة الصلبة البلورية:** المادة الصلبة التي تتكون من بلورات ذات أشكال هندسية منتظمة
- **المادة الصلبة غير البلورية:** المادة الصلبة التي لا تترتب جسيماتها لتكوّن أشكالاً هندسية منتظمة
- **ظاهرة التآصل:** وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها

? أفسر: أ- المواد الصلبة غير قابلة للانضغاط أو الجريان

لأن جسيماتها متقاربة جداً وقوى التجاذب بينها كبيرة لذلك تترتب في أماكن محددة وثابتة لا تغادرها وبالتالي لا تقبل الانضغاط أو الجريان

ب- انخفاض درجة انصهار بكمسترفولرين مقارنة بدرجتني انصهار الماس والغرافيت لأنه مادة صلبة جزيئية وقوى التجاذب بين جزيئاته هي قوى لندن الضعيفة في حين أن الماس والغرافيت مواد صلبة شبكية تساهمية تترايط ذراتها بروابط تساهمية قوية

? أحدد نوع الروابط التي تكسر عند انصهار كل من المواد الصلبة البلورية الآتية:

- **المادة الصلبة الأيونية:** الرابطة الأيونية
- **المادة الصلبة الجزيئية:** قوى التجاذب مثل: الروابط الهيدروجينية، ثنائية القطب، قوى لندن
- **المادة الصلبة الفلزية:** الرابطة الفلزية
- **المادة الصلبة الشبكية التساهمية:** الرابطة التساهمية

? أحدد نوع المادة الصلبة البلورية لكل مما يأتي: KI , Ni , SiC , $NH_3(s)$

KI : مادة صلبة أيونية	SiC : مادة صلبة شبكية تساهمية
Ni : مادة صلبة فلزية	NH_3 : مادة صلبة جزيئية

? أصنف المواد الصلبة الآتية حسب نوعها: مادة صلبة جزيئية، مادة صلبة أيونية، مادة صلبة فلزية، مادة صلبة شبكية تساهمية

أ- مادة صلبة غير موصلة تنصهر على درجة حرارة $650^\circ C$ ومصهورها موصل للكهرباء؟

مادة صلبة أيونية [لاحظ انصهار مرتفع نسبياً ومصهور موصل]

ب- مادة صلبة صفراء اللون براقّة موصلة للكهرباء

مادة صلبة فلزية [لاحظ صلبة براقّة موصلة للكهرباء]

ج- مادة شديدة الصلابة درجة انصهارها $2730^\circ C$ غير موصلة للكهرباء عند صهرها

مادة صلبة شبكية تساهمية [لاحظ الانصهار المرتفع والصلابة وغير موصلة]

د- مادة صلبة هشة صفراء اللون ذات رائحة مميزة تنصهر على درجة حرارة $119^\circ C$

مادة صلبة جزيئية [ويقصد الكبريت S_8] لاحظ هشة وانصهار منخفض

حل مراجعة الوحدة الثانية

? أوضح المقصود بكل من: [التعريفات المذكورة في المحتوى والدوسية ومسرد المصطلحات]
? أفسر:

- يتناسب ضغط الغاز طردياً مع درجة حرارته عند ثبات حجمه
لأن زيادة درجة الحرارة يزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات فتزداد سرعتها وتزداد تصادماتها مع بعضها ومع جدار الإناء فيزداد وقتها ضغط الغاز
- انتشار غاز NH_3 أسرع من انتشار غاز CO_2
لأن الغاز الأسرع انتشاراً هو الذي كتلته المولية أقل، الكتلة المولية للأمونيا = $14 + 3 = 17$ غرام/مول، بينما الكتلة المولية لثاني أكسيد الكربون = $12 + 2 \times 16 = 44$ غرام/مول
- درجة انصهار CH_3COOH أكبر من درجة انصهار $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
ننظر إلى نوع المادة الصلبة وقوى التجاذب، قوى التجاذب في الأول هي هيدروجينية، وفي الثاني هي ثنائية القطب، القوى الهيدروجينية أقوى وبالتالي تحتاج طاقة أكبر لكسر هذه القوى فترتفع درجة انصهار الأول

? أحسب كتلة غاز O_2 الموجودة في وعاء حجمه 5 L عند درجة حرارة 20°C وضغط 1.5 atm
m = ? n = ? V = 5 L P = 1.5 atm T = $20^\circ \text{C} + 273 = 293 \text{ K}$

أربع متغيرات، الحل على قانون الغاز المثالي حيث $R = 0.082$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1.5 \times 5}{0.082 \times 293} = 0.31 \text{ mol}$$

الكتلة المولية لغاز الأكسجين = $[16 \times 2 = 32 \text{ g/mol}]$

$$m = M_r \times n = 32 \times 0.31 = 9.9 \text{ g}$$

? أحسب كثافة غاز SO_2 عند درجة حرارة 35°C وضغط 0.97 atm

الكتلة المولية لغاز SO_2 $M_r = 32 + 2 \times 16 = 64$ غرام/مول
R = 0.082 d = ? P = 0.97 atm T = $35^\circ \text{C} + 273 = 308 \text{ K}$

مطلوب الكثافة، نستخدم قانون الغاز المثالي ونرتبه لحساب الكثافة مباشرة

أو نتذكر جملة: من المولية درت بالي، ونرتبها لحساب الكثافة

$$d_{\text{SO}_2} = M_r \frac{P}{RT} = \frac{64 \times 0.97}{0.082 \times 308} = 4.5 \text{ g/L}$$

? يحتوي وعاء حجمه 1.64 L على (1.1 g CO_2) و (1.6 g O_2) وكتلة مجهولة من N_2 . إذا علمت أن الضغط الكلي للغازات الثلاثة يساوي 1.5 atm عند درجة حرارة 27°C فاحسب:

- الضغط الجزئي لكل من الغازات CO_2 , O_2 , N_2

$$P_T = 1.5 \quad P_{CO_2} = ? \quad P_{O_2} = ? \quad m_{CO_2} = 1.1 \text{ g} \quad m_{O_2} = 1.6 \text{ g}$$

$$V = 1.64 \text{ L} \quad T = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

بما أن كل غاز سيأخذ نفس حجم الوعاء ودرجة الحرارة، فإننا نحسب الضغط الجزئي لكل غاز باستخدام قانون الغاز المثالي مع اعتبار ثابت الغاز العام = 0.082 وتعويض الكتل المولية مع الكتلة عوضاً عن حساب المولات

الكتلة المولية لـ CO_2 = 44 الكتلة المولية لـ O_2 = 32 الكتلة المولية لـ N_2 = 28

$$PV = nRT$$

$$P_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}RT}{Mr_{CO_2}V} = \frac{1.1 \times 0.082 \times 300}{44 \times 1.64} = 0.375 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = \frac{m_{O_2}RT}{Mr_{O_2}V} = \frac{1.6 \times 0.082 \times 300}{32 \times 1.64} = 0.75 \text{ atm}$$

$$P_{N_2} = P_T - P_{CO_2} - P_{O_2} = 1.5 - 0.375 - 0.75 = 0.375 \text{ atm}$$

- كتلة غاز N_2 في الوعاء

$$n_{N_2} = \frac{P_{N_2}V}{RT} = \frac{0.375 \times 1.64}{0.082 \times 300} = 0.025 \text{ mol}$$

$$m = Mr \times n = 28 \times 0.025 = 0.7 \text{ g}$$

? أدرس الجدول الآتي، الذي يبين الضغط البخاري لثلاثة سوائل A, B, C عند درجة حرارة معينة، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

المادة	A	B	C
الضغط البخاري mmHg	225	580	50

- ما المادة الأسرع تبخراً؟ B
- ما المادة التي لها أعلى درجة غليان عادية؟ C
- أرتب السوائل الثلاثة حسب تزايد قوى التجاذب بين جزيئاتها B < A < C

? إذا كانت طاقة التبخر المولية للسوائل الآتية كما هو موضح:
 O_2 (6.8 kJ/mol) , Ne (1.8 kJ/mol) , CH_3OH (34.5 kJ/mol)

فهل تتفق هذه القيم مع توقعاتك؟ فسر إجابتك

نعم تتفق فحسب قوى التجاذب فإن ترتيب طاقة التبخر المولية سيكون:

$CH_3OH > O_2 > Ne$ فكلما زادت قوة قوى التجاذب احتاج السائل إلى طاقة تبخر مولية أكبر للتحويل إلى غاز

قوى التجاذب أكبر شيء في CH_3OH لأنها قوى هيدروجينية

تليها قوى لندن في الأكسجين والنيون، لكن يتفوق الأكسجين على النيون بسبب عامل الكتلة

المولية، الأكسجين (32) بينما النيون (20)



? أحدد المادة التي لها أعلى درجة انصهار بين الأزواج الآتية:

- $\text{LiF}, \text{Li}_2\text{O}$ ⇐ كلاهما مواد صلبة أيونية لكن الأعلى Li_2O بسبب الشحنة الثنائية ($2+$, $2-$)
 - $\text{SiO}_2, \text{CO}_2$ ⇐ SiO_2 لأنه مو المواد الصلبة الشبكية التساهمية ذات الانصهار المرتفع بخلاف CO_2 هو من المواد الصلبة الجزيئية ذات الانصهار المنخفض
 - Na, Al ⇐ كلاهما مواد صلبة فلزية لكن الأعلى Al لأن له 3 إلكترونات تكافؤ وحجمه أقل

? إذا علمت أن كثافة الماس 3.5 g/mL وأن كثافة الغرافيت 2.3 g/mL . اعتماداً على التركيب

البلوري لبكمنسترفولرين، هل تتوقع أن تكون كثافته أكبر أم أقل منهما؟ برر إجابتك
 كثافة بكمنسترفولرين أقل منهما لأنه من المواد الصلبة الجزيئية تترايط جزيئاته بقوى لندن الضعيفة، بالإضافة أن شكلها كرات مجوفة من الداخل وبالتالي كثافة أقل
 أما الماس والغرافيت من المواد الصلبة الشبكية التساهمية تترايط بروابط تساهمية قوية فالمسافات أقل بين الذرات في البلورة وبالتالي كثافة أكبر

? أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(1 إحدى العبارات الآتية لا تتفق مع نظرية الحركة الجزيئية

أ- حركة جزيئات الغاز مستمرة وعشوائية

ب- متوسط الطاقة الحركية للغازات ثابت عند درجة الحرارة نفسها

ج- تتصادم جزيئات الغاز تصادمات مرنة

د- تتحرك جميع جزيئات الغاز بالسرعة نفسها عند درجة الحرارة نفسها

(2 إذا علمت أن الكتلة المولية للغازات الآتية: ($\text{H}_2 = 2$, $\text{N}_2 = 28$, $\text{O}_2 = 32$, $\text{Ne} = 20 \text{ g/mol}$)

فإن أقل هذه الغازات انحرافاً عن سلوك الغاز المثالي عند الظروف نفسها هو:

أ- H_2

ب- N_2

ج- O_2

د- Ne

(3 عينة من الغاز المحصور حجمها V عند درجة حرارة 35°C فإن درجة الحرارة التي يتضاعف

عندها حجم الغاز $2V$ عند ثبات الضغط هي:

أ- 35°C

ب- 70°C

ج- 308°C

د- 343°C



(4) عند مضاعفة درجة الحرارة بالكلفن لعينة من غاز محصور 3 مرات ومضاعفة حجمه مرتين فإن ضغطه الجديد يساوي:

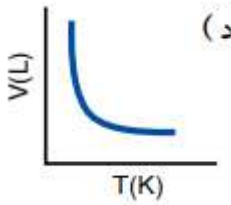
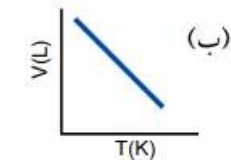
أ- $\frac{2}{3}$ من الضغط الأصلي

ب- $\frac{2}{3}$ من الضغط الأصلي

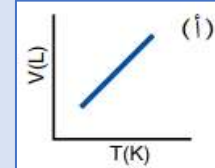
ج- $\frac{3}{2}$ من الضغط الأصلي

د- 5 أضعاف الضغط الأصلي

(5) إحدى الرسوم البيانية الآتية توضح العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه:

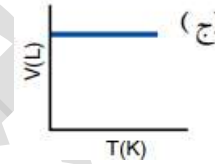


ب



أ

د



ج

(6) المادة التي لها أعلى درجة غليان عادية، هي:

أ- CH_3CH_3

ب- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

ج- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

د- CH_3OCH_3

(7) ترتيب السوائل الآتية: CH_3Cl , CHBr_3 , CH_4 حسب تناقص طاقة تبخرها المولية:

أ- $\text{CHBr}_3 < \text{CH}_4 < \text{CH}_3\text{Cl}$

ب- $\text{CHBr}_3 < \text{CH}_3\text{Cl} < \text{CH}_4$

ج- $\text{CH}_3\text{Cl} < \text{CHBr}_3 < \text{CH}_4$

د- $\text{CH}_4 < \text{CH}_3\text{Cl} < \text{CHBr}_3$

(8) أحد العوامل الآتية لا يؤثر في الضغط البخاري للسائل:

أ- حجم السائل

ب- شكل الإناء

ج- درجة الحرارة

د- الإجابتان أ + ب

9) إذا علمت أن عنصر البورون صلب للغاية، درجة انصهاره 2300°C وهو رديء التوصيل للكهرباء على درجة الحرارة العادية فإن نوع المادة الصلبة البلورية التي يكونها:

أ- جزيئية

ب- شبكية تساهمية

ج- فلزية

د- أيونية

10) المادة الصلبة البلورية الموصلة للتيار الكهربائي في حالتها الصلبة والسيولة هي:

أ- KF

ب- SiO_2

ج- Cu

د- S_8

دعواتي لكم بالتوفيق وتحقيق الأمنيات العظيمة.. دمتم بود
م. مريم السرطاوي

