

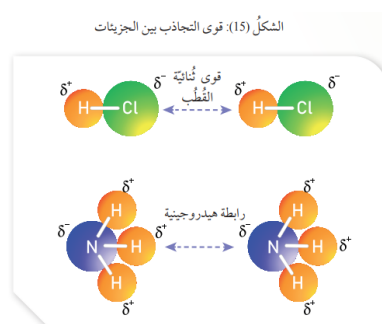
الدرس الثاني : الخصائص الفيزيائية للسوائل : Physical Properties of Liquids

- ترتبط جزيئات المواد المختلفة في الحالة السائلة والصلبة ، وكذلك ذرات الغازات النبيلة بقوى تجاذب معينة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الخصائص الفيزيائية لها. وقد درستُ ثلاثة أنواع من هذه القوى؛ وهي :

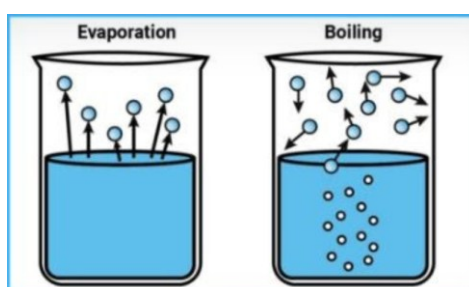
1. الرابطة الهيدروجينية : التي تنشأ بين الجزيئات القطبية التي تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة برابطة

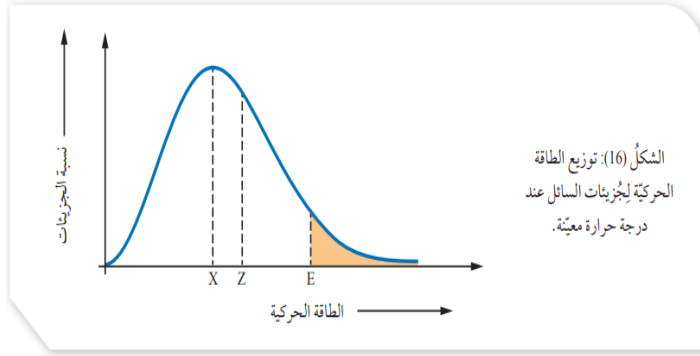
تساهمية مع إحدى الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية وهي (F,O,N) .

- حيث ترتبط ذرة الهيدروجين هذه بذرة (F,O,N) من جزيء آخر. وتعد أقوى أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات.

2. قوى ثنائية القطب : الجزيئات القطبية الأخرى فتتربط بقوى تنشأ عندما ترتبط ذرة تحمل شحنة جزئية موجبة في جزيء بذرة تحمل شحنة جزئية سالبة من جزيء آخر، وهي أقل قوة من الرابطة الهيدروجينية. (انظر الشكل 15)**3. قوى لندن : هي القوى الناشئة عن الاستقطاب اللحظي للذرات أو الجزيئات و تكون في الجزيئات غير القطبية وهي أضعف أنواع قوى الترابط بين الجزيئات وتزداد قوتها بزيادة الكتلة المولية.****4. يوصف السائل بأنه مادة ذات حجم ثابت وتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه، ويمكن فهم خصائص السوائل اعتمادًا على حركة جزيئاتها وقوى التجاذب بينها.****5. جزيئات السائل في حركة مستمرة وعشوائية كالغازات، وهذا سبب تسمية السوائل والغازات بالموائع.****6. المانع : هو المادة التي لها القدرة على الجريان أو الانسياب، وتأخذ شكل الإناء الموجودة فيه.****7. تتربط جزيئات السائل بقوى تجاذب ضعيفة نسبيًا، تجعلها أكثر تقاربًا، وطاقتها الحركية أقل من جسيمات الغاز، وهذا التقارب يجعلها غير قابلة للانضغاط ، كما تكون كثافتها أكبر من كثافة الغازات.****8. أهم خصائص السوائل :****1. التبخر**

- عملية التبخر بأنها : تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.
- حتى تحدث عملية التبخر يجب أن تكون الطاقة الحركية لبعض الجزيئات كافية للتغلب على قوى التجاذب بينها وبين الجزيئات المحيطة بها، فتقلت من سطح السائل إلى الحالة الغازية.





يوضح الشكل (16) توزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجة حرارة معينة؛ حيث تمثل الرموز (E، Z، X) ما يأتي :

X: الطاقة الحركية التي يمتلكها أكبر عدد من جزيئات السائل.

Z: متوسط الطاقة الحركية للجزيئات.

E: الحد الأدنى من الطاقة الحركية اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

أما المنطقة المظللة فتتمثل نسبة الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخّر .

من خلال الشكل (16) :

نلاحظ من المنحنى وجود جزيئات تمتلك طاقة كافية للتبخّر ناتجة عن الحركة الدائمة والتصادمات المستمرة بين جزيئات السائل فتفقد بعض الجزيئات المتصادمة طاقة تكتسبها الجزيئات الأخرى وتزيد الطاقة الحركية لبعض الجزيئات، فتصبح كافية للتغلب على قوى التجاذب التي تربطها مع الجزيئات المحيطة بها، فتفصلت من سطح السائل؛ أي تتبخّر.

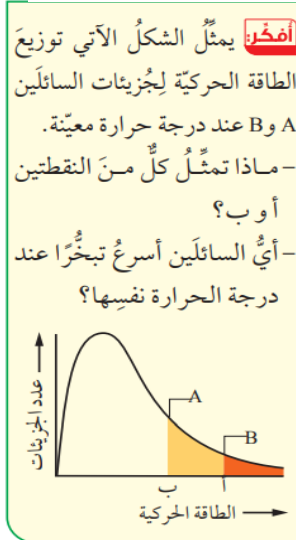
- سؤال (78) : فسّر حدوث عملية التبخر من سطح السائل عند أي درجة حرارة .
الجواب : نظرًا لوجود جزيئات تمتلك حداً أدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر في أي لحظة.

الجواب :

أ (الحد الأدنى من الطاقة الحركية اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل B .

ب (الحد الأدنى من الطاقة الحركية اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل A .

سؤال (79) :



السائل A أسرع تبخرًا من السائل B لأن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخيره

أقل من السائل B .

حيث السائل A يمتلك عدد جزيئات أكبر تمتلك طاقة أكبر .



♦ العوامل المؤثرة في سرعة التبخر :

1. قوى التجاذب بين الجزيئات :

تختلف السوائل في سرعة تبخرها اعتماداً على قوى التجاذب بين جزيئاتها عند ثبات درجة الحرارة، ويبين الجدول (1) نوع قوى التجاذب بين جزيئات سائلين؛ كحول الإيثانول والأسيتون، ومقارنة بين سرعة تبخرهما .

المادة	نوع قوى الترابط بين جزيئاتها في الحالة السائلة	الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر	سرعة التبخر
كحول الإيثانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	الروابط الهيدروجينية	أكبر	أقل سرعة
الاسيتون CH_3COCH_3	ثنائية القطب	أقل	أسرع

كلما كانت الروابط بين الجزيئات أقوى ، تحتاج طاقة أكبر لتبخرها ، و تكون سرعة التبخر لها قليلة .
قوى لندن تزداد في الجزيء كلما زادت الكتلة المولية له .

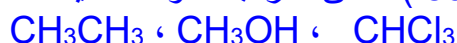
- سؤال (80) : تختلف سرعة (معدل) تبخر السائل تبعاً لاختلاف السائل .
الجواب : لأن قوى التجاذب بين الجزيئات تختلف من سائل الى آخر

- سؤال (81) : إذا وضعت كمية معينة من البنزين (C_6H_6) في كأس معرض للهواء (كأس مفتوح) ولو وضعت نفس الكمية من الماء في كأس مفتوح ، عند نفس درجة الحرارة . أي الكأسين سيأخذ زمناً أكبر يتبخر بشكل كامل ؟
الجواب :

سوف يتبخر البنزين خلال وقت معين ثم يختفي منه تماماً بمرور الوقت. أما الماء فسوف يستغرق تبخره زمناً أطول من الزمن اللازم لتبخر البنزين ، وهذا سببه أن قوى التجاذب بين جزيئات الماء أكبر من قوى التجاذب بين جزيئات البنزين.

- سؤال (82) : أيهما أسرع تبخرًا عند نفس درجة الحرارة الإيثير أم الماء ؟ فسّر إجابتك .
الجواب : الإيثير $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ، الماء (H_2O) ، ففي حالة الإيثير تكون قوى التجاذب بين جزيئاته ضعيفة الى حد ما، ولهذا لا تحتاج جزيئات الإيثير إلى طاقة عالية كي نتغلب على قوى التجاذب الضعيفة الواقعة بينها. أما في حالة الماء، فإن قوى التجاذب بين جزيئاته عالية. ولهذا تحتاج جزيئات الماء التي قد تهرب من سطحه وتتحول الى بخار، الى طاقة أعلى بكثير من مثيلتها في حالة الإيثير. ولهذا السبب فإنه عند نفس درجة الحرارة يعد الإيثير أكثر تطايراً وأسرع وأعلى في ضغطه البخاري من الماء.

- سؤال (83) : أرتب السوائل الآتية تصاعدياً تبعاً لزيادة سرعة تبخرها .



الجواب : CHCl_3 : جزيء قطبي تكون الروابط بين جزيئاته ثنائية القطب .متوسطة القوة
 CH_3OH : جزيء قطبي تكون الروابط بين جزيئاته هيدروجينية . القوية
 CH_3CH_3 : جزيء غير قطبي تكون الروابط بين جزيئاته قوى لندن الضعيفة .



2. درجة الحرارة.

- نظراً لأن الطاقة الحركية لجزيئات المادة تتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة، فإن الطاقة الحركية لجزيئات السائل **تزداد** بزيادة درجة الحرارة، بذلك **يزداد** تبخر السائل.

- سؤال (84) : عند درجة حرارة معينة هل تكون جميع الجزيئات لها نفس الطاقة الحركية ؟

الجواب : عند ثبوت درجة الحرارة **لا تكون الطاقة الحركية لجميع جزيئات السائل متساوية**. أي أنها لا تنطلق جميعاً بسرعة واحدة، بل تكون هناك بعض الجزيئات التي تقل طاقتها الحركية عن متوسط الطاقة الحركية لأغلب جزيئات السائل. كما أن هناك نسبة أخرى من الجزيئات تكون طاقتها الحركية أعلى من هذا المتوسط .

- سؤال (85) : ماذا يحدث لدرجة حرارة السائل الذي تتبخر جزيئاته ؟

الجواب : إن هروب بعض الجزيئات عالية الطاقة من سطح السائل سوف يؤدي إلى خفض متوسط الطاقة الحركية للجزيئات التي تبقى في هذا السائل. ويترتب على ذلك أن عملية التبخر تؤدي إلى خفض درجة حرارة السائل .

- سؤال (86) : لماذا تتبخر السوائل تلقائياً عند درجة حرارة الغرفة؟

الجواب : لأن جزيئات السائل في حركة مستمرة، وبعض الجزيئات لها سرعات كبيرة أي طاقة حركية مرتفعة ، و هذه الجزيئات التي لها طاقة حركية مرتفعة يمكنها أن تتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل وتهرب من سطح السائل (تتبخر)، بشرط أن تكون قريبة من السطح. وعندما يفقد السائل جزيئاته ذات الطاقة الحركية المرتفعة فإن درجة حرارة السائل تنخفض. لذا يمتص السائل حرارة من الوسط المحيط (الجو المحيط) فتزداد الطاقة الحركية لبعض الجزيئات فتتبخر، وتستمر هذه العملية حتى يتبخر كل السائل .

- سؤال (87) : علل نشعر بالبرودة بعد الإستحمام ؟

الجواب : لأن الماء عندما يتبخر من على أجسامنا يسحب حرارة منها فنشعر بالبرد. ومثله العرق الذي يخرج من أجسامنا، فعندما يتبخر يساعد الجسم على المحافظة على درجة حرارة الجسم .

- سؤال (88) : ماذا يُسمى الشكل المجاور ؟

الجواب : توزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجتَي حرارة 1 و 2 حيث $T_2 > T_1$

- سؤال (89) : ماذا يمثل الرمز E ؟

الجواب : يمثل الرمز (E) الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر ولا يعتمد على درجة الحرارة .

وعند مقارنة المساحة المظللة تحت المنحنيين، نجد أن عدد الجزيئات التي

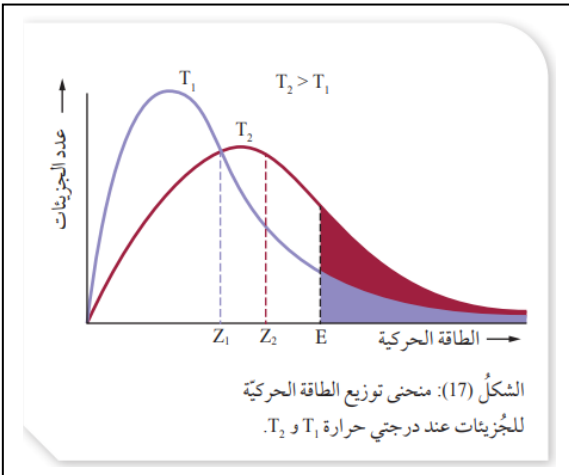
تمتلك الطاقة اللازمة للتبخر عند درجة حرارة T_2 أكبر منها عند T_1

- سؤال (90) : ماذا يمثل الرمز Z ؟

الجواب :

Z_1 : متوسط الطاقة الحركية للجزيئات عند درجة الحرارة T_1 .

Z_2 : متوسط الطاقة الحركية للجزيئات عند درجة الحرارة T_2 .



- سؤال (91) : فسّر من خلال منحني توزيع الطاقة الحركية تأثير درجة الحرارة على سرعة التبخر .

الجواب :

إنّ زيادة درجة الحرارة **تزيد من متوسط الطاقة الحركية** للجزيئات (Z) وتزيد من عدد التصادمات بينها، فيزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر وتزداد سرعة التبخر.

عملية تبخر مول واحد من الماء :



طاقة التبخر المولية للماء

- عملية التبخر عملية **ماصة** للطاقة .

ويوضح الجدول (2) طاقة التبخر المولية لعدد من السوائل.

الجدول (2): طاقة التبخر المولية لعدد من السوائل عند درجة الغليان.

اسم السائل وصيغته	قوى التجاذب بين الجزيئات	طاقة التبخر المولية عند درجة الغليان ΔH_{vap} (kJ/mol)	درجة الغليان °C
بنتان $CH_3(CH_2)_3CH_3$	لندن	25.79	36
1-بيوتانول $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	روابط هيدروجينية	43.29	117.7
بيوتانون $CH_3COCH_2CH_3$	ثنائية القطب	31.3	79.59

ألاحظ ... تزايد طاقة التبخر المولية للسوائل بزيادة قوى التجاذب بين جزيئاته.

2. التكاثف Condensation :

- التكاثف : عملية تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة التكاثف Condensation

سؤال (93) : كيف يحدث التكاثف ؟

الجواب : تحدث عندما تنخفض درجة حرارة البخار فتقل الطاقة الحركية لجزيئاته وتقل سرعتها، وعندما تقتارب للحد الكافي تتجاذب متحوّلة إلى الحالة السائلة .

- ينجم عن عملية التكاثف تحرُّر كمية من الطاقة مساوية لكمية الطاقة المُمتصة عند التبخر.

سؤال (94) : وضح المقصود بطاقة التكاثف المولية .

الجواب : كمية الطاقة الناتجة من تكاثف مول واحد من بخار المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة معينة.

- يمكن التعبير عن عملية تكاثف مول من بخار الماء بالمعادلة :



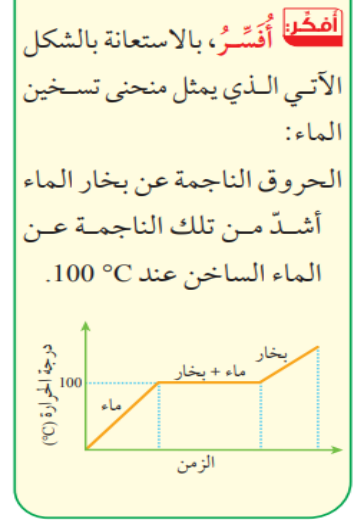
- ألاحظ أن طاقة التبخر المولية للماء تساوي طاقة تكاثفه المولية .
- إنّ عملية التكاثف **طاردة** للطاقة .



سؤال (95) :

الجواب :

سوف ترتفع درجة حرارة الماء عند تسخينه عند درجة حرارة 100°C ،
و تثبت درجة الحرارة لفترة من الزمن مع استمرار التسخين و هذا يعني
أنّ الماء سيمتص كمية طاقة حرارية إضافية تساعد على التغلب على قوى
التجاذب بين جزيئاته ، متحولاً إلى بخار الماء ، و هذا يدل على أنّ بخار
الماء يكتسب طاقة حرارية أكبر من التي يكتسبها الماء عند 100°C ، و
عند ملامسته الجلد سيتكاثف مُطلقاً هذه الحرارة مسبباً حروقاً أشد من التي
يسببها الماء عند درجة حرارة 100°C .

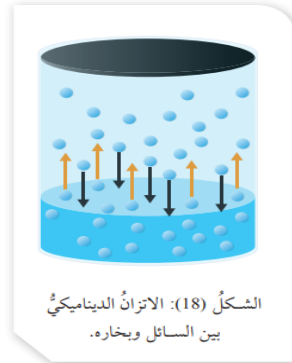


3. الضغط البخاري Vapor Pressure :

عند وضع سائل في وعاء مكشوف فإنه يستمر بالتبخر .

عند وضع السائل في وعاء مغلق؛ فإنّه يبدأ بالتبخر بحيث تفلت من سطحه الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية
وبمرور الوقت يزداد عدد جزيئات بخار السائل داخل الوعاء، ويزداد تصادمها مع بعضها ومع جدار الوعاء
وسطح السائل، قد نتيجة ذلك بعض الجزيئات جزءاً من طاقتها الحركية خلال تلك التصادمات فتكتاثف .

بمرور الوقت يزداد عدد الجزيئات المتكاثفة حتى يصبح مساوياً لعدد الجزيئات المتبخرة خلال وحدة الزمن؛ أي أن
سرعة التبخر تساوي سرعة التكاثف كما يوضح الشكل (18)، ويُوصَفُ هذا الوضع بأنه حالة اتزان ديناميكي .



عند الاتزان الديناميكي يثبت ضغط بخار السائل مع استمرار عمليتي التبخر والتكاثف بنفس السرعة .

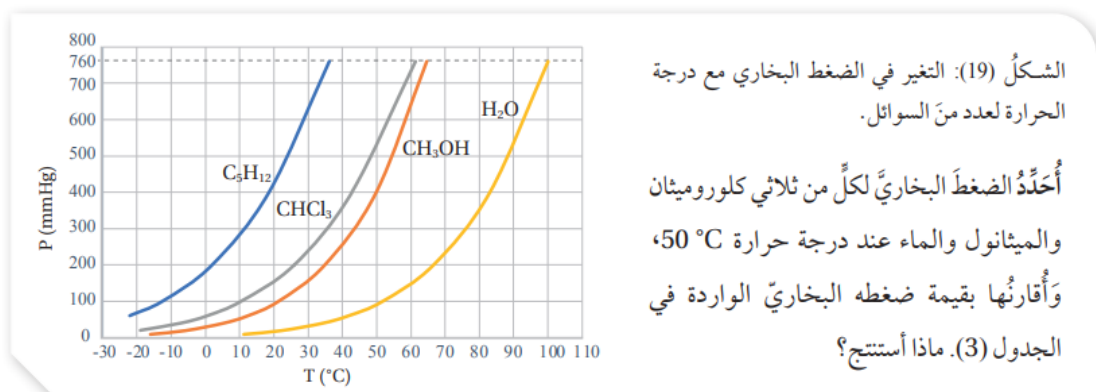
سؤال (96) : وضّح المقصود بالضغط البخاري Vapor Pressure للسائل .

الجواب : الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثّر في سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة

سؤال (97) : ما هي العوامل التي تؤثر في الضغط البخاري للسائل ؟

الجواب : يتأثر الضغط البخاري للسائل بدرجة الحرارة و قوى التجاذب بين جزيئاته .

- يبين الشكل (19) تغير الضغط البخاري لأربعة سوائل: البنتان C_5H_{12} وثلاثي كلورو ميثان $CHCl_3$ ، والميثانول CH_3OH والماء H_2O مع زيادة درجة الحرارة.



- ألاحظ : أنه كلما **ازدادت** درجة الحرارة **ازداد** الضغط البخاري للسائل. (علاقة طردية)
 - ولمعرفة أثر قوى التجاذب بين جزيئات السائل في ضغطه البخاري؛ ألاحظُ قيم الضغط البخاري للسوائل الأربعة عند درجة الحرارة نفسها ونوع قوى التجاذب بين جزيئات كل سائل. أنظر الجدول (3).
- الجدول (3): أثر قوى التجاذب بين جزيئات السائل في ضغطه البخاري.

المادة	الضغط البخاري (mmHg) عند $20^\circ C$	نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل
الماء H_2O	17.5	روابط هيدروجينية
الميثانول CH_3OH	98	روابط هيدروجينية
ثلاثي كلورو ميثان $CHCl_3$	150	ثنائية القطب
بنتان C_5H_{12}	410	قوى لندن

- ألاحظ : أنه كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل **أقوى قل** ضغطه البخاري . (علاقة عكسية)

سؤال (98) : فسّر الضغط البخاري للميثانول أعلى منه في الماء .

الجواب : الماء الذي تتربط جزيئاته بروابط هيدروجينية قوية له أقل ضغط بخاري؛ لأن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى الترابط بين جزيئاته أكبر عند درجة حرارة معينة، وعند مقارنته بالميثانول؛ فبالرغم من أن الكتلة المولية للميثانول أعلى منها للماء؛ إلا أن عدد الروابط الهيدروجينية التي يصنعها الميثانول أقل منها للماء، لذلك؛ فضغطه البخاري أعلى .

سؤال (99) : رتب المواد الآتية تصاعدياً حسب الضغط البخاري لها عند نفس درجة الحرارة .



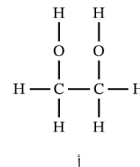
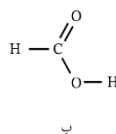
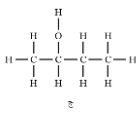
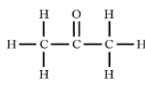
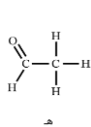
الجواب : $C_5H_{12} > CHCl_3 > CH_3OH > H_2O$

سؤال (100) : أي من العوامل الآتية لا يؤثر على الضغط البخاري لسائل؟

[أ] تركيز المحاليل [ب] حجم السائل [ج] درجة الحرارة [د] القوى بين الجزيئات

الجواب : ب

سؤال (101) : أيّ السوائل الآتية يكون لها أكبر ضغط بخاري عند 25°C ؟



الجواب : هـ

الأشكال الموضّحة في الخيارات (أ) و(ب) و(ج) تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة أكسجين، وهو ما يعني وجود روابط هيدروجينية بين جزيئات هذه السوائل. الروابط الهيدروجينية هي قوى بين جزيئية قوية للغاية، لذا يجب أن يكون لهذه السوائل ضغط بخاري أقل من السوائل التي لا يمكن أن تكون روابط هيدروجينية. إن الخيارين (د) و(هـ) لا يحتويان على روابط هيدروجينية، ويجب أن تكون القوى بين الجزيئية لهما أضعف من الخيارات (أ) و(ب) و(ج).

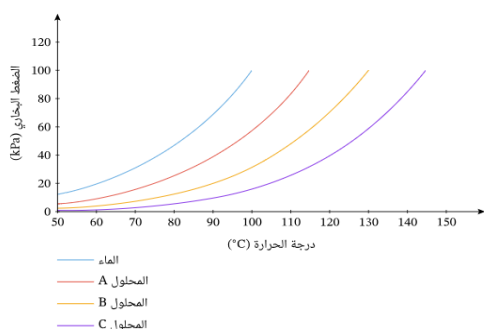
الخياران (د) و(هـ) بهما رابطة $\text{C}=\text{O}$ قطبية، إذن، سيكون لهما تداخلات ثنائية الأقطاب بين جزيئية. بالإضافة إلى ذلك، سيكون للسوائل قوى تشتت لندن وهي موجودة بين أيّ جزيئات مرتبطة تساهمياً. تعتمد قوة قوى تشتت لندن على قيم الكتلة الجزيئية. فالجزيئات الأثقل تتعرض لقوى تشتت لندن أقوى، بينما تتعرض الجزيئات الأخف لقوى تشتت لندن أضعف. الخيار (د) أثقل من الخيار (هـ). يجب أن يتعرض الجزيء الموجود في الخيار (د) لقوى تجاذب بين جزيئية أقوى من الجزيء الموجود في الخيار (هـ).

يجب أن يكون للجزيء الموجود في الخيار (هـ) أكبر ضغط بخاري؛ لأنه يتعرض لأضعف قوى تجاذب بين جزيئية. إذن، الإجابة الصحيحة هي الخيار (هـ).

سؤال (102) : مرتّب

يوضّح التمثيل البياني الآتي الضغط البخاري مقابل درجة الحرارة للماء النقي وثلاثة محاليل من NaCl

ما المحلول الذي له أعلى تركيز؟



1. المحلول A

2. المحلول B

3. المحلول C

الجواب "

الضغط البخاري لسائل هو ضغط الاتزان الذي يؤثر به البخار على سطح السائل. ينتج هذا البخار الموجود فوق سطح السائل من خلال عملية التبخر. عند إضافة مذاب، مثل NaCl إلى سائل، تعيق جسيمات المذاب عملية التبخر، ما يؤدي إلى انخفاض الضغط البخاري للسائل. يمكننا أن نرى ذلك في التمثيل البياني في السؤال: الضغط البخاري لمحاليل NaCl الثلاثة أقل من الضغط البخاري للماء النقي عند جميع درجات الحرارة. كلما ارتفع تركيز المادة المذابة، انخفض الضغط البخاري بدرجة أكبر. ومن ثم، فإن محلول NaCl الذي له أعلى تركيز، يقابل المنحنى الذي له أقل ضغط بخاري. المنحنى الذي له أقل ضغط بخاري هو المحلول (C)، إذاً المحلول (C) له أعلى تركيز من NaCl .

سؤال () : أيّ المحاليل الآتية تتوقع أن يكون له أقل ضغط بخاري؟ افترض أن جميع المحاليل في نفس درجة الحرارة.

(أ) محلول بتركيز 0.2 M من سكر الغلوكوز

(ب) محلول بتركيز 0.2 M من MgSO_4

(ج) محلول بتركيز 0.2 M من KCl

(د) محلول بتركيز 0.2 M من AlCl_3

(هـ) محلول بتركيز 0.2 M من LiBr

الجواب : المحاليل في هذا السؤال لها التركيز نفسه، لكن المواد المذابة تتفكك إلى أعداد مختلفة من الجسيمات في المحلول. والمحلول الذي يحتوي على المذاب الذي يتفكك إلى أكبر عدد من الجسيمات، سيكون له أقل ضغط بخاري. الجلوكوز لا تتفكك في المحلول.

يتفكك $MgSO_4$ إلى جسيمين : Mg^{2+} و SO_4^{2-}

يتفكك KCl إلى جسيمين : K^+ و Cl^-

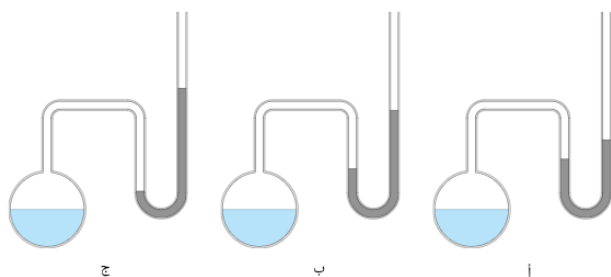
يتفكك $AlCl_3$ إلى أربعة جسيمات : Al^{3+} و $3Cl^-$

يتفكك $LiBr$ إلى جسيمين : Li^+ و Br^-

يتفكك $AlCl_3$ إلى أكبر عدد من الجسيمات، وهذا يشير إلى أن له **أقل ضغط بخاري**. إذاً، الإجابة هي الخيار (د).

سؤال (103) : مرتب

توضّح الصورة الآتية ثلاثة أجهزة مانومتر، يحتوي كلّ منها على عينة من حمض الإيثانويك. في أيّ مانومتر يوجد حمض الإيثانويك الذي له أعلى درجة حرارة؟



الجواب :

عند زيادة درجة الحرارة، تتبخر كمية أكبر من حمض الإيثانويك، ما يزيد كمية بخار حمض الإيثانويك في الدورق. سيؤدي المزيد من بخار حمض الإيثانويك إلى وجود ضغط أكبر في الدورق. هذا يعني أن المانومتر الذي به أعلى ضغط في الدورق هو المانومتر الذي له أعلى درجة حرارة.

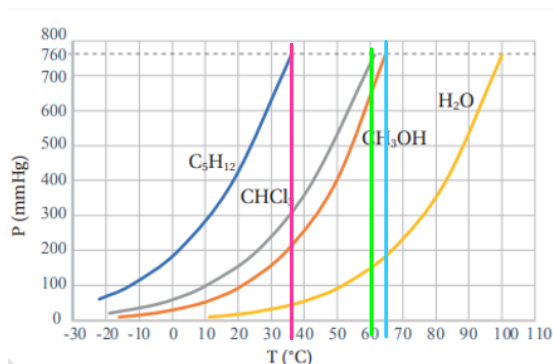
بالنظر إلى الأشكال الموضّحة سابقاً، يمكننا ملاحظة أن المانومتر (ج) له الضغط الأكبر في الدورق؛ لأن الغازات في الدورق دفعت السائل في الطرف الأيمن من الأنبوب إلى أعلى مستوى. هذا يعني أن **المانومتر (ج)** يحتوي على حمض الإيثانويك الذي له أعلى درجة حرارة، لذا الخيار **(ج)** هو الإجابة الصحيحة.

ملاحظة هامة جداً ...

- الضغط البخاري هو الضغط الذي يؤثر به البخار على سطح السائل (أو الصلب) عندما يكونان في حالة اتزان ديناميكي معاً، وفي نظام مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- تغلي المادة عندما يكون الضغط البخاري مساوياً للضغط الجوي في نظام مفتوح، أو الضغط الخارجي في نظام مغلق.
- تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة الضغط البخاري.
- المواد ذات القوى بين الجزيئية الأضعف سيكون لها ضغط بخاري أعلى عند أي درجة حرارة، ومن ثم ستغلي عند درجة حرارة أقل.
- يمكن قياس الضغط البخاري باستخدام المانومتر.
- تؤثر إضافة مذاب إلى مادة على الخواص التجميعية للمذيب.
- إضافة مذاب إلى مادة ما يؤدي إلى تقليل الضغط البخاري، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمّد.
- تتأثر الخواص التجميعية لمحلول ما بنسبة عدد جسيمات المذاب إلى عدد جسيمات المذيب.
- المواد المذابة الأيونية تؤثر على الخواص التجميعية لمحلول ما أكثر من المواد غير المتأينة، حيث تُنتج المواد الأيونية المزيد من الجسيمات عند الذوبان في المذيب.

4. درجة الغليان Boiling point :

- تزداد الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند تسخينه، ويزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات، وعندما تصبح الطاقة التي تمتلكها الجزيئات في أجزاء السائل جميعها كافية لتبخره يبدأ السائل بالغليان .
- عند الغليان تتكوّن فقاعات كثيرة في جميع أجزائه وترتفع إلى سطحه وتغادره؛ أي تنتقل إلى الحالة الغازية، عند ذلك؛ يكون ضغطه البخاري مساوياً للضغط الخارجي المؤثر على سطحه، وتُسمّى درجة الحرارة عند ذلك **درجة غليان السائل**.
- يمكن جعل السائل يغلي عند أي درجة حرارة، وذلك من خلال التحكم في الضغط المؤثر في سطحه.
- تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة في الطاقة الحركية لجزيئات السائل .
- عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي فإن السائل يبدأ بالغليان .
- وعليه فإن درجة غليان السائل هي : الدرجة الحرارية التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي.
- يوضّح الجدول (4) الضغط البخاري للماء عند درجات حرارة مختلفة.



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

- عندما يكون الضغط الخارجي المؤثر على سطح السائل 17.5 mmHg ؛ فإن الماء يغلي على درجة حرارة 20°C
- أما درجة الحرارة التي يصبح عندها الضغط البخاري للسائل مساوياً للضغط الجوي (1 atm, 760 mmHg). فتُسمى **درجة الغليان المعيارية** ، **وتعتمد درجة الغليان** على قوى التجاذب بين جزيئات السائل وتزداد بزيادتها.

الربط بالحياة أواني الضغط

تُستخدم أواني الضغط للعمل على إنضاج الطعام بسرعة؛ وذلك لأنّ ارتفاع ضغط البخار داخلها يؤدي إلى رفع درجة غليان الماء عن 100°C؛ فينضج الطعام خلال زمن أقل. وحتى لا يحدث انفجارٌ بسبب زيادة الضغط، يوجد صمّامٌ يسمح بخروج بعض البخار؛ ممّا يُقلّل الضغط داخلها.

سؤال (104) اتحقق:

اعتماداً على الجدول ، استنتج درجة غليان الماء عندما يبلغ الضغط المؤثر على سطحه 355 ؟

الجواب : 80 C°

سؤال (105) : اعتماداً على الشكل (19)، احدد درجة الغليان المعيارية لكل من ثلاثي كلورو ميثان والبنتان والميثانول

ثلاثي كلورو ميثان : 61 C°

البنتان : 37 C°

الميثانول : 65 C°

سؤال (106) افكر:

احدد اي السائلين NH₃ ام HF له أعلى درجة غليان .
الجواب :

سؤال (107) : أي الألكينات الآتية له أقل درجة غليان ؟ (أ) الهكسين (ب) البنزين (ج) البروبين (د) البيوتين (هـ) الإيثين
الجواب :

ملحوظة على درجة الغليان Boiling Point :

- درجة الغليان هي درجة الحرارة التي يكون عندها ضغط بخار السائل مساوياً للضغط الخارجي المؤثر على السائل.
- عند الوصول لدرجة الغليان تثبت درجة الحرارة مع استمرار التسخين حتى يتبخر كل السائل ، وذلك لأن الطاقة الحرارية الممتصة يتم استغلالها في تحويل السائل إلى بخار عند درجة الغليان.

العوامل المؤثرة على درجة الغليان :

(1) قوى التجاذب بين الجزيئات :

- كلما زاد التجاذب بين جزيئات السائل تزداد درجة غليانه وذلك لازدياد الطاقة اللازمة لفصل الجزيئات بعضها عن بعض.
- فمثلاً الجزيئات القطبية درجات غليانها أعلى من الجزيئات غير القطبية المتقاربة في الوزن الجزيئي .
- وكذلك وجود روابط هيدروجينية بين الجزيئات القطبية يزيد من تجاذبها وبالتالي تزداد درجة غليانها .

سؤال (108) : درجة غليان الميثانول CH_3OH أعلى من الميثان CH_4 فسر ذلك .
الجواب : وذلك لأن الميثانول يحتوي بين جزيئاته على روابط هيدروجينية ، أما الميثان فهو غير قطبي أصلاً .

سؤال (109) : درجة غليان الإيثانول $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ أعلى من ثنائي ميثيل إيثر CH_3OCH_3 فسر ذلك .
الجواب : وذلك لأن الإيثانول يوجد بين جزيئاته روابط هيدروجينية بعكس الإيثر الميثيلي .

(2) حجم الجزيء (الوزن الجزيئي) :

- كما سبق وأخذنا أن قوى لندن تزداد بزيادة الوزن الجزيئي أو العدد الذري أو الحجم .

سؤال (110) : درجة غليان الإيثان CH_3CH_3 أكبر من الميثان CH_4 ،
الجواب : لأن الإيثان أكبر حجماً (يحتوي على عدد أكبر من الإلكترونات) ، وبالتالي فإن قوى لندن فيه تكون أكبر .

(3) الضغط الخارجي :

- تعتمد درجة غليان سائل الماء على الضغط الخارجي ، أي أنه كلما زاد الضغط الخارجي تزداد درجة الغليان.

● درجة غليان الماء عند سطح البحر أي عند (1atm) تساوي (100°C).

● في الأماكن المنخفضة تزداد درجة غليان الماء عن (100°C) وذلك لازدياد الضغط الخارجي .

● في الأماكن المرتفعة تقل درجة غليان الماء عن (100°C) وذلك لانخفاض الضغط الخارجي .

التجربة 2

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

المواد والأدوات:

كحول الإيثانول، ثنائي إيثيل إيثر، مخبر مدرّج (10 mL) عدد (2)، أنبوب اختبار عدد (4) وأرْقَمُهَا، كأس زجاجية تحوي (100 mL) ماء درجة حرارته 40°C ، كأس زجاجية تحوي (100 mL) ماء درجة حرارته 15°C ، حامل أنابيب اختبار، وماسك أنابيب اختبار.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** الكميّة المتبقّيّة من السائل نفسه في الحالتين.
2. **أقارن**: أي السائلين أسرع تبخرًا؟
3. **أحدّد** نوع قوى التجاذب بين جزيئات كلّ سائل.
4. **أفسّر** اختلاف السائلين في سرعة تبخرها اعتمادًا على قوى التجاذب بين جزيئاتها عند نفس درجة الحرارة.
5. **أستنتج** العلاقة بين درجة الحرارة وسرعة تبخر السائل.

مراجعة الدرس (2)

- أ. أعدد الضغط البخاري لرابع كلوريد الكربون عند 60°C .
 ب. أعدد درجة الغليان المعيارية للهكسان.
 ج. أرتب السوائل الثلاثة حسب سرعة تبخرها.
 د. بفرض أن الضغط الجوي على قمة أحد الجبال يساوي 500 mmHg ، أعدد درجة غليان CCl_4 عند هذا الارتفاع.
 هـ. **أستنتج** السائل الذي له أعلى طاقة تكاثف مولية.

7. أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. المادة الأسرع تبخرًا من المواد الآتية في الحالة السائلة عند الظروف نفسها:

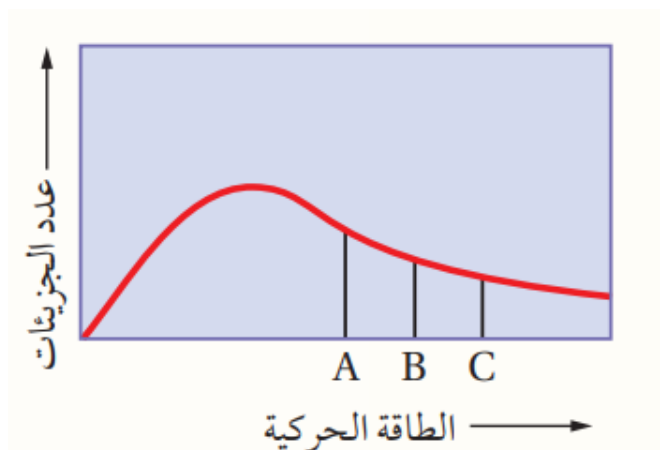
أ. NH_3 ب. H_2O
 ج. C_2H_6 د. CH_4

2. المركبات الآتية متقاربة في الكتلة المولية، أي منها له أعلى درجة غليان معيارية:

أ. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ب. CH_3CHO
 ج. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$ د. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

3. يمثل المنحنى توزيع الطاقة الحركية على الجزيئات لثلاث سوائل مختلفة أعطيت الرموز الافتراضية A, B, C عند درجة حرارة معينة T، وتمثل الخطوط في الشكل الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات كل سائل. فإن العبارة الصحيحة من العبارات الآتية هي:

- أ. درجة غليان السائل A أكبر من درجة غليان السائل B.
 ب. قوى التجاذب بين جزيئات A هي الأضعف..
 ج. السائل C له أقل طاقة تبخر مولية.
 د. الضغط البخاري للسائل C أعلى منه للسائل B.



1. الفكرة الرئيسية: أفسر: يأخذ السائل شكل الإناء الذي يوضع فيه، ولكن حجمه يظل ثابتاً.

2. **أوضح المقصود بكل مما يأتي:**
 - الضغط البخاري. - درجة الغليان المعيارية.

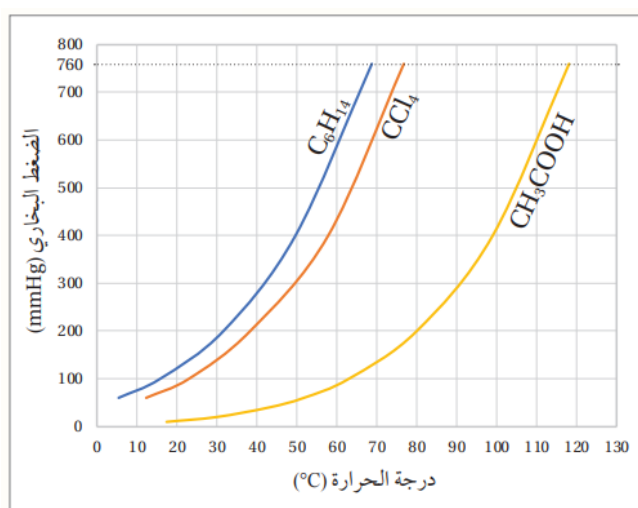
3. **أفسر:** يغلي الماء في الأغوار على درجة حرارة أكثر قليلاً من 100°C .

4. **أصف:** سائل في وعاء مغلق ضغطه البخاري ثابت، ما العلاقة بين سرعة تبخره وسرعة تكاثف بخاره؟

5. **أستنتج:** يتبخر المركب A بسرعة أكبر من سرعة تبخر المركب B عند 25°C :

- أ. أي المركبين قوى التجاذب بين جزيئاته أكبر؟
 ب. أي المركبين له ضغط بخاري أعلى عند 25°C ؟
 ج. أي المركبين درجة غليانه المعيارية أكبر؟

6. يمثل المنحنى المجاور تغير الضغط البخاري (mmHg) لثلاثة سوائل هي الهكسان C_6H_{14} ، رابع كلوريد الكربون CCl_4 ، وحمض الإيثانويك CH_3COOH مع درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$. أجب عما يأتي :



تابع مراجعة الدرس (2) الوحدة (1) :

4. يتضمن الجدول الآتي قيم طاقة التبخر المولية لأربعة سوائل مختلفة أعطيت الرموز الافتراضية L, M, T, V؛ أي منها يتوقع أن تكون قوى الترابط بين جزيئاته الأقوى؟

ب. M

أ. L

د. V

ج. T

طاقة التبخر المولية KJ / mol	السائل
29.06	L
43.29	M
50.5	T
34.14	V

حل أسئلة مراجعة الدرس (2) :

