الباب الرابع

« السوائل »

أمثلة محلولة :

مثال (١) :

إذا علم أن كثافة سائل الأرجون تساوى ١,٤٠ جم / سم^{٣} عند درجة الغليان — ١٨٦°م : احسب الزيادة فى الحجم عندما يمر جزىء جرامى من السائل إلى الغاز عند — ١٨٦°م وضغط ٧٦٠ مم ز مفترضاً أن الغاز يتبع الحالة المثالية .

الحل :

المطلوب هو حساب الحجم الذى يشغله جزىء جرامى من سائل الأرجون ومن غاز الأرجون عند الظروف المبينة .

وحيث إن الأرجون السائل كثافته ١,٤٠ جم / سم^{٣} والجزىء الجرامى من الأرجون يزن ٣٩,٩٥ جم فإن :

$$\text{حجم جزىء جرامى من الأرجون السائل} = \frac{٣٩,٩٥}{١,٤} = ٢٨,٥ \text{ سم}^{٣} \text{ / جزىء جرامى}$$

وعند — ١٨٦°م (٨٧° مطلقة) وضغط ٧٦٠ مم ز (١ جو) يمكننا حساب حجم جزىء جرامى من غاز الأرجون من المعادلة العامة للغازات ($PV = nRT$) :

$$\text{حجم جزىء جرامى من غاز الأرجون } (V) = \left(\frac{nRT}{P}\right)$$

$$= \frac{٨٧ \times ٠,٠٨٢ \times ١}{١}$$

$$= ٧,١ \text{ لتر / جزىء جرامى}$$

أى أن الزيادة فى الحجم من السائل إلى الغاز = ٧,١ — ٠,٠٨٥ = ٧,١ لتر

وهذا معناه أن حجم السائل يمكن إهماله بالمقارنة إلى حجم الغاز .

مثال (٢) :

وضعت قطرة من الماء (٠,٠٥٠ سم^{٣}) عند ٥٤°م فى صندوق مفرغ سعته ١,٠٠ لتر .

وإذا احتفظ بالنظم عند ٥٤°م ، كم يتبقى من الماء السائل عند حالة الاتزان . كثافة الماء عند ٥٤°م تساوى ٠,٩٨٦٢ جم / سم^{٣} وضغط بخار الماء عند هذه الدرجة يساوى ١١٢,٥ مم ز ؛ افترض أن بخار الماء يتبع الحالة المثالية .

الحل :

ضغط بخار الماء عند ٥٤°م = ١١٢,٥ مم ز = $\frac{١١٢,٥}{٧٦٠}$ = ٠,١٤٨ جو

P = ٠,١٤٨ جو ، V = ١,٠٠ لتر ، T = ٥٤ + ٢٧٣ = ٣٢٧°م مطلقة

بالتعويض عن هذه القيم فى المعادلة العامة للغازات نحصل على :

عدد الجزيئات الجرامية من البخار (n) = $\frac{PV}{RT}$ = $\frac{٠,١٤٨ \times ١,٠٠}{٣٢٧ \times ٠,٠٨٢}$

= ٠,٠٠٥٥ جزئ جرامى H_2O

وحيث إن الجزىء الجرامى للماء يزن ١٨,٠١ جم فإن هذه القيمة من (n) تناظر

٠,٠٠٥٥ × ١٨,٠١ = ٠,٠٩٩ جم

وحيث إن كثافة الماء تساوى ٠,٩٨٩٢ جم /سم فإن حجم الماء السائل الذى يتحول الى بخار عند حالة الاتزان = $\frac{٠,٠٩٩}{٠,٩٨٩}$ = ٠,١٠١ سم

لكن مقدار الماء الذى أعطى لنا هو ٠,٠٥٠ سم^{٣} فقط . وهذا معناه أن كل الماء الذى وضع فى الصندوق قد تبخر ولم يبق منه شىء وأن الضغط النهائى فى الصندوق وصل إلى $\frac{٠,٠٥٠}{٠,١٠١}$ من قيمة التشبع أى إلى $\frac{٠,٠٥٠}{٠,١٠١}$ × ١١٢ = ٥٦ مم ز

مثال (٣) :

إذا وجد أن الضغط البخارى للكحول الايثيلى يساوى ١٠٠,٠ مم ز عند ٣٤,٩°م ويساوى ٤٠٠,٠ مم ز عند ٦٣,٥°م . استعمل معادلة كلوزيوس – كلابيرون لحساب حرارة تبخير جزئ جرامىء من الكحول الايثيلى فى مدى درجة الحرارة ٣٤,٩ إلى ٦٣,٥°م .

الحل :

معادلة كلوزيوس – كلابيرون :

$$\log_{10}\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}(T_2 - T_1)}{4.576\ T_2T_1}$$

وبالتعويض فى هذه المعادلة عن :

$P_1 = 100$ mm Hg ; $T_1 = 34.9 + 273 = 307.9°K$

$P_2 = 400$ mm Hg ; $T_2 = 63.5 + 273 = 336.5°K$

$$\log_{10}\frac{400}{100} \quad \log_{10} 4 = \frac{H_{vap}\,(336.5 - 307.9)}{4.576 \times 336.5 \times 307.9}$$

وبحل هذه المعادلة نحصل على :

$\therefore H_{vap} = 9990$ cal mole

مثال (٤) :

إذا علم أن الضغط البخارى لسائل الصوديوم يساوى ١,٠ مم ز عند ٣٤٩°م وأن حرارة تبخير الجزىء الجرامى تساوى ٢٤,٣ كيلوسعر /جزىء جرامى ، احسب درجة الغليان العادية للصوديوم .

الحل :

درجة الغليان العادية تقاس عندما يكون الضغط يساوى الضغط الجوى :

نفرض أن :

$P_1 = 1.00$ mm Hg ; $T_1 = 439 + 273 = 712°K$

$P_2 = 760$ mm Hg ; $T_2 = ?$

$\Delta H_{vap} = 24300$ cal/mole

بالتعويض فى معادلة كلابيرون — كلوزيوس وحل المعادلة للحصول على (T_2) نجد أن :

$$T_2 = 1159\ °K$$

أى أن درجة الغليان العادية للصوديوم = ١١٥٩ — ٢٧٣ = ٨٨٦°م

مثال (٥) :

أوجد ارتفاع التولوين فى أنبوبة شعرية نصف قطرها ٠,٠٣٣٥ سم إذا علم أن التوتر السطحى للتولوين يساوى ٢٨,٤ داين سم $^{-1}$ وكثافته ٠,٨٦٦ جم / سم^3 عند ٢٠°م .

الحل :

العلاقة التى تربط بين التوتر السطحى (γ) وارتفاع السائل (h) فى أنبوبة شعرية نصف

قطرها (r) وكثافة السائل (d) وعجلة الجاذبية (g) هى :

$$y = \frac{1}{2} (r\ d\ g\ l)$$

وحيث أن :

(γ) = ٢٨.٤ داين / سم ، (r) = ٠,٠٣٣٥ سم^{٢}

(d) = ٠.٨٦٦ جم / سم^{٣} ، (g) = ٩٨١ سم / ثانية

بالتعويض نحصل على ارتفاع التولوين فى الأنبوبة الشعرية :

$$(l) = \frac{٢٨,٤ \times ٢}{٩٨١ \times ٠,٨٦٦ \times ٠,٠٣٣٥} = ٢.٠ \text{ سم}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

١ — إذا كانت كثافة الكحول الايثيلى (C_2H_5OH) تساوى ٠,٧٨٩٥ جم/سم^{٣}عند ٢٠°م ، ٠.٧٧٩٣ جم/ سم^{٣} عند ٣٢°م . أوجد حجم الجزىء الجرامى عند ٢٠°م والنسبة المئوية للتمدد عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٣٢°م .

(الجواب : ٥٨,٣٥ سم^{٣} / جزىء جرامى ، نسبة التمدد = ١,٣ ٪)

٢ — إذا احتوى صندوق سعته لتر ومفرغ تماماً على قطرة من الماء (٠,٠٥٠ سم^{٣}) عند درجة حرارة ٢٧°م . أوجد ما تبقّى من الماء عندما يصل النظم إلى حالة الاتزان . علماً بأن ضغط بخار الماء يساوى ٢٦.٧ مم ز وكثافة الماء تساوى ٠.٩٩٦٥ جم / سم^{٣} عند ٢٧°م ؛ افترض أن بخار الماء يتبع الحالة المثالية .

(الجواب : ٠,٠٢٤ سم^{٣})

٣ — إذا علم أن الضغط البخارى للماء يساوى ٢٣.٧٦ مم ز عند درجة حرارة ٢٥°م . استخدم هذه النتيجة ونقطة الغليان العادية للماء لحساب حرارة البخر للماء تبعاً لمعادلة كلوزيوس — كلابيرون .

(الجواب : ١٠.٢١ كيلو سعر)

٤ — أوجد درجة غليان الماء على قمة جبل عندما يصبح الضغط البارومترى ٥٠٠ مم ز :

(الجواب : ٨٩°م)

٥ — إذا تساوى الضغط البخارى لرابع كلوريد الكربون (CCl_4) عند ٤٠٣°م ولثانى كبريتيد الكربون عند — ٢٢٫٥°م عند ضغط قدره ٤٠٫٠ مم ز (وهذا معناه أن ثانى كبريتيد الكربون أكثر تطايراً عند درجة حرارة معينة) ، ثم أصبح الضغط ١٠٠٠ مم ز لرابع كلوريد الكربون عند ٢٣٠٠°م ولثانى كبريتيد الكربون عند — ٥٠١°م . قارن بين الحرارة اللازمة لتبخير الجزىء الجرامى من كل سائل .

(الجواب : ٨٠٠٠ سعر / جزىء جرامى لرابع كلوريد الكربون .
٧٠٠٠ سعر / جزىء جرامى لثانى كبريتيد الكربون

وكما نتوقع فإن هذه الإجابة تدل على أن السائل الأكثر تطايراً له قيمة أقل لحرارة التبخير) .

٦ — إذا كان الزمن اللازم لتفريغ ماصة شعرية مملوءة بالكحول الايثيلى (كثافته ٠٧٨٩٥ جم / سم^3) هو ١٦٫٤ دقيقة ، أوجد الزمن اللازم لتفريغها بالماء (كثافة ٠٩٩٧٠ جم / سم^3) .

(الجواب : ١٠ دقائق)

٧ — ما مقدار التوتر السطحى للاسيتون عند ٢٠°م إذا علم أن السائل يرتفع مسافة ٢٫٥٦ سم فى أنبوبة شعرية نصف قطرها ٠٫٠٢٣٥ سم وأن كثافة الأستيون تساوى ٠٧٩٠ جرام / سم^3 عند هذه الدرجة .

(الجواب : ٢٣ داين سم$^{-1}$)

٨ — عند استخدام مقياس استوالد لقياس لزوجة سائل كثافته ٠٨٦٧ جم / سم^3 عند ٢٥°م وجد أن الزمن اللازم لانسياب السائل خلال الأنبوبة الشعرية هو ٤٦٠٢ ثانية . وإذا علم أن الزمن اللازم لانسياب نفس الحجم من الماء — لزوجته ٠٠٨٩٥ بواز هو ٥٩٠٢ ثانية عند ٢٥°م . احسب لزوجة السائل المطلقة بالبواز عند هذه الدرجة .

(الجواب : ٠٠٠٦٠٥ بواز)