

Определяне на изпарителна топлина

Фазовите превръщания са процеси на преминаване на веществото от едно агрегатно състояние (или кристална модификация) в друго, при което то не претърпява химически промени - изпарение, сублимация, топене, кристализация. При процеса **изпарение** течната фаза преминава в газова и при равновесието течност-парите налягането на парите p представлява еднозначна функция на температурата T . Тази зависимост между налягането на парите и температурата на фазовото превръщане се изразява с уравнението на Клаузиус - Клапейрон:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T(V - \nu)}, \text{ където} \quad (1)$$

$\frac{dp}{dT}$ е температурен коефициент на налягането на парите

λ - моларната топлина на изпарение

V - моларен обем на газовата фаза

ν -моларен обем на течната фаза

Топлината на изпарение се изразходва за преодоляване на силите на взаимодействие между молекулите на течността и е положителна величина. Следователно процесът на изпарение се съпровожда с поглъщане на топлина. С повишаване на температурата λ намалява и при критичната температура (при кипене на течността) става равна на нула.

Решението на уравнението на Клаузиус-Клапейрон не винаги е просто, тъй като за решаването му е необходимо да се познава зависимостта на

величините λ , V и v от температурата T . За целите на упражнението можем да опростим уравнението въз основа на следните предположения:

А) тъй като моларният обем на течността v е значително по-малък от този на парите при температури далеч под критичната, $v \ll V$, можем да

пренебрегнем този обем. Тогава
$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{TV}$$

Б) при ниски налягания на парите ($p \approx 10^5 \text{ Pa}$) можем да използваме законите на идеалния газ и да определим обема на парите от уравнението на Менделеев-Клапейрон:

$$V = \frac{RT}{p}$$
, където
$$R = 8.3149 \left[\frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \right]$$
 е универсалната газова константа.

Уравнението добива вида:
$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{RT^2} p$$

В) при ниски налягания топлината на изпарение зависи слабо от температурата. Поради това при работа в тесен температурен интервал от около 10 градуса може да се допусне, че λ е постоянна величина. Тогава интегрирането на опростеното уравнение води до решението:

$$\ln p = -\lambda \frac{1}{RT} + \text{const} \quad (2)$$

От това уравнение може да се определи топлината на изпарение λ като се измери налягането на парите за няколко различни температури на системата течност-пари. Интеграционната константа зависи от единиците, в които е изразено налягането.

Цел на упражнението: Да се определи топлината на изпарение λ [J/mol]

Необходими оборудване и пособия: цифров измервател на температурата, два температурни датчици, ръчен манометър, цифров измервател на налягането, 2 броя предпазители на температурните датчици, тригърлена колба, водна помпа, прозрачен съд за водна баня, етанол (ацетон) статив, щипки, маркучи

Принцип на измерването: За всяка температура се установява специфичното налягане на свободната газова фаза над течността. Ако външното налягане се намали чрез изсмукване на част от газовата фаза, равновесието се установява отново поради изпарение на част от течната фаза.

Последователност на работа:

1. Налейте в пластмасовия съд за водната баня вода - около 700 ml и добавете 6-8 кубчета лед. Включете температурния измервател (копчето е на задния панел) и следете температурата на водната баня чрез втория потопяем температурен датчик (означен като T4). Желателно е температурата да достигне до около 10 °C.
2. Налейте с помощта на цилиндър в тригърлата колба 50 ml етанол (ацетон), ако това не е направено. Пуснете водната помпа и изсмуквайте колбата, докато налягането в нея се понижи до 100- 130 hPa. Внимателно затворете крана към колбата. Придържайте крановете внимателно, когато ги отваряте или затваряте.
3. Спуснете колбата в приготвената водна баня. Следете промяната на температурата в колбата по датчика, потопен в нея. Темперирайте с бъркалка водната баня.

4. Когато температурата в колбата падне до температурата на водната баня, отворете отново крана, за да може остатъчният въздух да излезе от колбата.
5. Затворете крана към колбата и внимателно отворете трипътния кран към манометъра изключете помпата
6. Отчетете налягането в колбата по цифровия измервател. В течение на 10 минути налягането трябва да се покачи най-много с 2 hPa. В противен случай проверете съединенията за утечки.
7. Повишете температурата в колбата на стъпки от около 2 °C чрез добавяне на гореща вода към водната баня. като темперирате с подходяща бъркалка. Двата датчика трябва да показват не повече от 0.1 °C разлика. След всяко увеличаване на температурата **изчакайте докато равновесието газ-течност се установи отново!** За това са необходими минимум 5-10 минути. След това отчетете температурата в колбата и съответното налягане.
8. Продължете експеримента до достигане на стайната температура, като е необходимо да сте отчетели налягането за поне 8 температури.
9. Внимателно пуснете въздух в колбата, като отворите крана към нея (ако асистентът не препоръча да оставите колбата под налягане).

Изчисления:

1. Нанесете в таблица получените експериментални данни - T [°C] и p [hPa]
2. Изчислете T [K], T^{-1} [K⁻¹] и $\ln p$
3. Представете зависимост (2) графично, като нанесете стойностите на $\ln p$ и T^{-1} [K⁻¹] по осите y и x при подходящо избран мащаб. Прекарайте права линия и по две точки от нея изчислете наклона $\Delta y/\Delta x$. Изчислете стойността на λ (J/mol], която е средната стойност в изследвания температурен интервал, като $\lambda \approx \text{const}$.

