236. ПОЛУЧЕНИЕ ТРОЙНОЙ ТОЧКИ АЗОТА

Введение

Если при комнатной температуре заполнить сосуд Дьюара жидким азотом, он будет кипеть. Причем бурное поначалу кипение относительно быстро сменится довольно спокойным. Очевидно, это произойдет после охлаждения внутренних стенок и свободного объема дьюара до температуры жидкого азота. Если из сосуда откачивать газ, то можно утверждать, что внутри дьюара окажется только азот в газообразном и жидком состоянии. При этом «вялое» кипение может рассматриваться как свидетельство того, что газ и жидкость близки к равновесному состоянию. Медленно понижая давление в дьюаре и измеряя при этом температуру и давление, можно установить зависимость давления насыщенных паров азота от температуры, а при некотором значении давления получить равновесное трехфазное состояние азота – тройную точку. Свидетельством достижения этого состояния при медленной откачке является образование в сосуде твердой фазы в виде снега (в некотором смысле – твердого воздуха).

Цель работы:

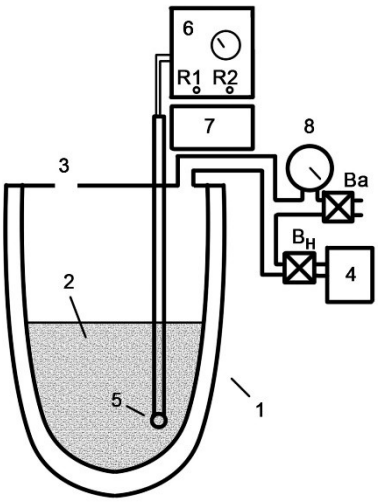
Получение равновесного состояния трех фаз азота.

Задачи работы:

Знакомство с проблемой исследования равновесных состояний многофазных систем
Измерение зависимости давления насыщенных паров азота от температуры
Измерение скрытой теплоты парообразования азота
Достижение и наблюдение тройной точки азота.

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки показана на рисунке. Прозрачный сосуд Дьюара 1 заполняется жидким азотом 2 через отверстие в крышке 3, которое затем закрывается пробкой. При заливке азота в дьюар вентиль сообщения с атмосферой $В_а$ должен быть открыт. Во время откачки паров из дьюара форвакуумным насосом 4 через вентиль $В_н$ жидкость кипит и интенсивно охлаждается. Для измерения температуры в нее помещен заранее отградуированный кремниевый термодатчик 5 типа КД-103 с блоком питания 6. Электрический ток в его схеме регулируется резисторами R1 и R2, а напряжение регистрируется вольтметром 7. Давление во время опыта измеряется стрелочным вакуумметром 8.



Ход работы

Открыть обе пробки на дьюаре. Открыть вентиль $В_а$, а вентиль $В_н$ закрыть. Под наблюдением инженера залить жидкий азот в дьюар примерно на одну четверть с помощью воронки и плотно закрыть пробки.

Включить тумблером блок питания термодатчика и с помощью переменных резисторов R1 (грубо) и R2 (точно) установить рабочий ток 2 мкА. Включить вольтметр. Через 1-2 минуты измерить напряжение U при нулевом показании вакуумметра. (В случае использования цифрового вольтметра для этого необходимо нажать кнопку «Запуск»).

Включить форвакуумный насос поворотом выключателя на электрическом щитке. Осторожно приоткрыть вентиль $В_н$ против часовой стрелки для слабой откачки дьюара, следя за тем, чтобы вакуумметр не зашкаливал (послышится характерное «бульканье» в насосе). Закрыть вентиль $В_а$.

Регулируя скорость откачки поворотом ручки вентиля $В_н$, последовательно добиваться стабильных показаний вакуумметра (P, дел), указанных в таблице, и записывать соответствующие показания вольтметра (U, В). При этом внимательно наблюдать за состоянием азота и зафиксировать показания приборов P_t и U, в момент появления твердой фазы в дьюаре.

1	P, дел	0	16	34	50	70	80	86	89	92	P_t=
2	P, Па										P_t=
3	ln(P, Па)										
4	U, В										U_t=
5	T, К										T_t=
6	1/T, К-1										
7	S_2-S_1, Дж/(К·моль)										

Порядок отключения установки.

После измерений при максимальном вакууме закрыть вентиль $В_н$ и осторожно напустить воздух в систему, приоткрыв вентиль $В_а$. Выключить питание форвакуумного насоса и напустить в него воздух, открыв вентиль $В_н$. Выключить блок питания термодатчика и вольтметр.

Обработка данных.

1. Перевести показания вакуумметра в Паскали (Па).
2. Перевести показания вольтметра в абсолютную температуру (T), используя градуировочный график термодатчика (находится на рабочем месте).
3. Полностью заполнить таблицу.
4. Построить график зависимости давления насыщенных паров азота (P) от температуры (T).
5. Построить полулогарифмический график зависимости давления от температуры в координатах ln(P, Па) и (1/T). По тангенсу его наклона вычислить скрытую молярную теплоту испарения азота L, учитывая формулу $\ln(P) = -\frac{L}{TR} + C$, где C-константа, характерная для данной жидкости. Найти также удельную теплоту испарения $L_{уд}$.
6. Используя формулу $L = T_П(S_2 - S_1)$, где $T_п$ – температура перехода, S_1 и S_2 – энтропия вещества в разных фазах, построить график зависимости изменения энтропии азота при кипении $(S_2 - S_1)$ от T и объяснить его.

<u>Контрольные вопросы и дополнительные задания.</u>

1. Физический смысл теплоты испарения.
2. Что представляют сбой фазовая диаграмма состояния вещества?
3. Какая точка фазовой диаграммы называется тройной, а какая критической?
4. При каких условиях газ нельзя перевести в жидкое состояние путем сжатия?
5. Для кипения, конденсации и кристаллизации необходимы центры – зародыши новой фазы. За счет чего они обычно возникают?
6. Объясните принцип работы используемого вакуумметра.
7. Определите существенные для данной работы свойства термометра и обоснуйте выбор того, который используется.
8. Можно ли было в данной работе для откачки газа использовать водоструйный насос?