

## 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.

---

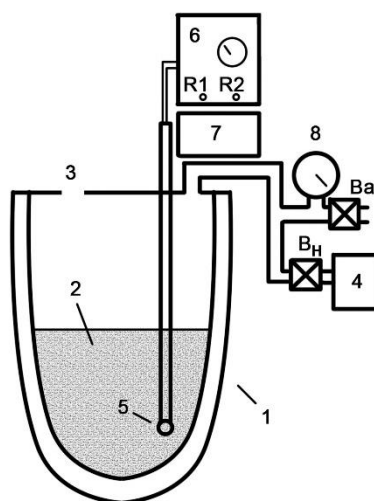
### *Задачи работы:*

- ✓ 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  $V_a$  должен быть открыт. Во время откачки паров из дьюара форвакуумным насосом 4 через вентиль  $V_n$  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  $R_1$  и  $R_2$ , а напряжение регистрируется вольтметром 7. Давление во время опыта измеряется стрелочным вакуумметром 8.



### Ход работы

1. Открыть обе пробки на дьюаре. Открыть вентиль  $B_a$ , а вентиль  $B_n$  закрыть. Под наблюдением инженера залить жидкий азот в дьюар примерно на одну четверть с помощью воронки и плотно закрыть пробки.
2. Включить тумблером блок питания термодатчика и с помощью переменных резисторов  $R_1$  (грубо) и  $R_2$  (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»).
3. Включить форвакуумный насос поворотом выключателя на электрическом щитке. Осторожно приоткрыть вентиль  $B_n$  против часовой стрелки для слабой откачки дьюара, следя за тем, чтобы вакуумметр не зашкаливал (послышится характерное «бульканье» в насосе). Закрыть вентиль  $B_a$ .
4. Регулируя скорость откачки поворотом ручки вентиля  $B_n$ , 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	$\ln(P, \text{Па})$										
4	$U$ , В										$U_t =$
5	$T$ , К										$T_t =$
6	$1/T$ , К <sup>-1</sup>										
7	$S_2 - S_1$ , Дж/(К·моль)										

---

### *Порядок отключения установки.*

После измерений при максимальном вакууме закрыть вентиль  $V_n$  и осторожно напустить воздух в систему, приоткрыв вентиль  $V_a$ . Выключить питание форвакуумного насоса и напустить в него воздух, открыв вентиль  $V_n$ . 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  $\ln(P, \text{Па})$  и  $(1/T)$ . По тангенсу его наклона вычислить скрытую молярную теплоту испарения азота  $L$ .