

Б. Н. ЕСЕЛЬСОН и Н. Г. БЕРЕЗНЯК

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЛЕГКОГО ИЗОТОПА ГЕЛИЯ

(Представлено академиком Л. Д. Ландау 12 VII 1954)

Для определения поверхностного натяжения жидкого He^3 , находящегося под давлением насыщенного пара, был выбран метод капиллярного поднятия. Прибор, использованный для этой цели, представлял собой U-образную трубку с коленами разных диаметров, помещенную в дьюар с обычным жидким гелием (см. рис. 1 б и А на рис. 1 а).

В области гелиевых температур наблюдение за подъемом жидкости в трубках приходится вести через четыре стеклянные стенки азотного и гелиевого дьюаров. Искажения, связанные с оптической неоднородностью этих стеклянных стенок, могут играть существенную роль, так как измеряемое поверхностное натяжение очень мало. Для исключения этих ошибок наблюдения за разностью уровней проводились при помощи двух призм (рис. 1 а) P_1 и P_2 , одна из которых находилась в жидком гелии, а вторая — выше капли прибора. Между призмами помещалась стеклянная трубка L , шлифованные концы которой прикрывались плоско-параллельными стеклянными пластинками B_1 и B_2 , уплотненными вакуумной замазкой. К нижней части этой трубки крепился медный экран R . При таком устройстве уровни жидкости в трубках были видны без всяких искажений, даже при интенсивном кипении гелия в дьюаре. Правильная установка призм осуществлялась при помощи поворотных приспособлений M_1 и M_2 . Разность уровней измерялась катетометром КМ-5, позволяющим проводить отсчеты с точностью до 0,001 мм.

При такой конструкции прибора и освещении его люминесцентной лампой мениски были резко очерчены. Все это обеспечивало точность определения поверхностного натяжения около 2,5%.

Опыт проводился следующим образом. После заполнения дьюара жидким гелием и установления минимальной температуры ($1,3^\circ\text{K}$) проводилась конденсация He^3 в приборе. При этом для максимальной чистоты газ перед конденсацией пропусклся через змеевик, погруженный в жидкий водород. Затем закрывался кран K , и после установления равновесия проводились измерения разности уровней жидкости H при строго постоянной температуре. Меняя температуру гелия в дьюаре, можно было

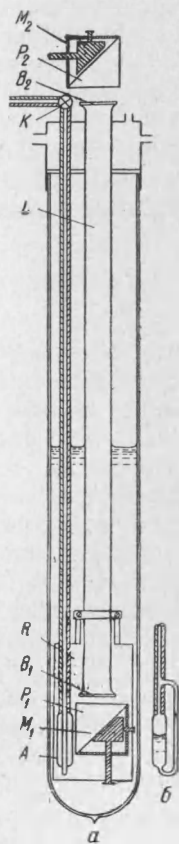


Рис. 1. Прибор для измерения поверхностного натяжения

снять зависимость H от абсолютной температуры, причем в течение одного и того же опыта можно было пройти весь температурный интервал как вниз, так и вверх.

Следует отметить, что определение положения уровня в капилляре затруднялось образованием в жидкости газовых пузырьков, которые вызывали осцилляцию мениска. Эта осцилляция существенно возрастала при повышении температуры, однако ниже $2,19^\circ\text{K}$ при помощи описанного прибора измерения можно было проводить уверенно.

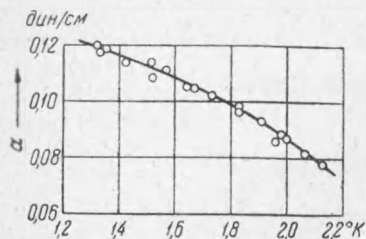


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения He^3 от температуры

Для получения правильного значения H снималась зависимость высоты обоих уровней от времени. Так как в широкой трубке положение мениска практически не менялось, то H определялось только положением уровня в капилляре. Обычно при постоянной температуре положение этого уровня оставалось неизменным в течение некоторого времени, затем при образовании газового пузырька уровень поднимался и возвращался к предыдущему значению после исчезновения пузырька. Таким образом, изучение кривой $H-t$ (t — время) давало возможность определить истинное значение H . Хорошее совпадение данных, полученных таким образом при одной и той же температуре в течение одного и того же опыта и в разные дни, обеспечивало от возможных ошибок.

По измеренной разности уровней жидкости вычислялось поверхностное натяжение по формуле

$$2\alpha\left(\frac{1}{b_1} - \frac{1}{b_2}\right) = Hg(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}), \quad (1)$$

где α — коэффициент поверхностного натяжения; b_1 и b_2 — радиусы кривизны нижних точек менисков; H — расстояние между нижними точками менисков в двух трубках радиусов r_1 и r_2 ; g — ускорение силы тяжести; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости и $\rho_{\text{п}}$ — плотность пара. Необходимое для пользования этой формулой соотношение между r_1 и b_1 и r_2 и b_2 определялось по таблицам Сагдена ⁽¹⁾. Для $\rho_{\text{ж}}$ и $\rho_{\text{п}}$ использованы данные из ⁽²⁾. В нашем приборе $r_1 = 0,117$ мм, а $r_2 = 1,684$ мм.

Поверхностное натяжение чистого He^3 было измерено в температурном интервале $1,32-2,13^\circ\text{K}$. Полученные результаты представлены на рис. 2 и в табл. 1.

Как известно, поверхностное натяжение He^4 было измерено давно ^(3,4). Недавно мы провели аналогичные измерения для He^4 и растворов He^3 в He^4 ⁽⁵⁾, причем данные, полученные нами для He^4 , хорошо совпадают с уже имеющимися, за исключением области ниже $1,5^\circ\text{K}$, где наши значения α несколько выше.

Сравнение поверхностного натяжения двух изотопов гелия (He^3 и He^4) показывает, что в изученном температурном интервале по-

Таблица 1
Поверхностное натяжение He^3 при различных температурах

$T, ^\circ\text{K}$	$\alpha, \text{дин/см}$	$T, ^\circ\text{K}$	$\alpha, \text{дин/см}$	$T, ^\circ\text{K}$	$\alpha, \text{дин/см}$
1,324	0,120	1,572	0,111	1,910	0,093
1,336	0,118	1,651	0,105	1,963	0,089
1,358	0,119	1,675	0,104	1,983	0,088
1,428	0,114	1,737	0,102	2,000	0,087
1,523	0,114	1,832	0,098	2,064	0,082
1,523	0,108	1,836	0,096	2,128	0,078

верхностное натяжение He^3 в 3—3,5 раза меньше поверхностного натяжения He^4 .

В настоящее время проводятся опыты по измерению поверхностного натяжения He^3 в области более высоких температур и растворов He^3 в He^4 с большим содержанием He^3 . Наличие таких данных позволит установить зависимость α от концентрации He^3 .

В заключение пользуемся случаем поблагодарить проф. Б. Г. Лазарева за интерес к данной работе.

Физико-технический институт
Академии наук СССР

Поступило
7 VII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ S. Sugden, J. Chem. Soc., 119, 1483 (1921). ² E. R. Grilly, E. F. Hammel, S. G. Sydoriak, Phys. Rev., 75, 1103 (1949). ³ A. T. van Urk, W. H. Keesom, H. Kamerlingh Onnes, Comm. Leiden, No. 179a (1925). ⁴ J. F. Allen, A. D. Misener, Proc. Cambr. Phil. Soc., 34, 299 (1938). ⁵ В. Н. Есельсон, Н. Г. Березняк, ДАН, 98, № 4 (1954).