

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

074

P14-87-592

**Б.П.Осипенко, А.П.Симкина, В.Г.Тишин**

**ПРИМЕНЕНИЕ  $\gamma$  -ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ЭНЕРГИЕЙ 123 кэВ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА  
ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ.  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА**

**1987**

## ВВЕДЕНИЕ

Существует несколько экспериментальных методов исследования поведения вещества вблизи критической точки равновесия жидкость — пар. Самым ранним и применяемым до сих пор является РУТ — метод<sup>/1/</sup>. Существует группа методов, в которых измеряется плотность вещества по высоте сосуда: оптический метод Теплера<sup>/2/</sup>, метод пропускания нейтронов<sup>/3/</sup>, метод пропускания рентгеновских лучей<sup>/4/</sup>, интерферометрический<sup>/5/</sup>, емкостный<sup>/6/</sup>. Если гравитационный эффект в первом методе обязательно устраняется перемещением, то в этих методах он служит основой для измерения критических индексов  $\beta$ ,  $\delta$  и  $\gamma$  в одном эксперименте. Метод квазистатических термограмм<sup>/7/</sup> также требует перемешивания и в этом отношении примыкает к первому методу.

Несмотря на большое количество методов и значительный экспериментальный материал вблизи критической точки до сих пор остается актуальным определение точных значений критических индексов кривой сосуществования (КС), критической изотермы, сжимаемости.

Настоящая работа посвящена описанию установки для исследования вещества вблизи критической точки, основанной на применении метода пропускания  $\gamma$ -излучения с энергией 123 кэВ.

Предварительный анализ показал<sup>/8/</sup>, что метод пригоден для исследования вещества в критической области. В то время как нейтронный метод применим в основном для водородосодержащих соединений, метод пропускания  $\gamma$ -излучения с энергией 123 кэВ эффективен для веществ с большим  $Z$ , так как сечение поглощения  $\gamma$ -излучения в случае фотоэффекта пропорционально пятой степени порядкового номера элемента. Принцип метода общеизвестен и заключается в ослаблении интенсивности  $\gamma$ -излучения при прохождении через вещество.

$$I = I_0 e^{-n_0 x \sigma_a}, \quad (1)$$

где  $I_0$  — интенсивность падающего пучка,  $n_0$  — число атомов поглощающего вещества в  $1 \text{ см}^3$ ,  $\sigma_a$  — полное сечение поглощения и рассеяния  $\gamma$ -излучения на атом,  $x$  — толщина вещества в сантиметрах.

Схематическое изображение установки для измерения изотерм зависимости плотности вещества от высоты сосуда методом ослабления  $\gamma$ -излучения, разработанным и опробованным нами, приведено на рис.1. Пучок  $\gamma$ -лучей от источника 2, ограниченный коллиматором 5, через алюминиевые окна падает на образец 1, находящийся в контейнере-

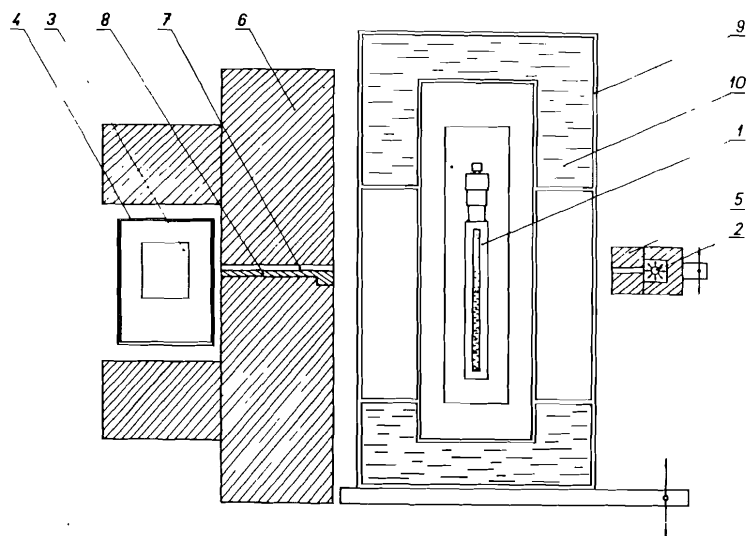


Рис.1. Схематическое изображение установки.

термостате 9 с термостатирующей жидкостью 10.  $\gamma$ -лучи, прошедшие через образец, регистрирует детектор 3. Второй коллиматор 6, снабженный вставкой 8, позволяет варьировать видимую детектором часть образца. Образец по высоте перемещается с помощью регулировочного механизма, обозначенного на рисунке стрелкой.

### ИСТОЧНИК

Источник должен иметь  $\gamma$ -линию такой энергии, чтобы пропускание  $\gamma$ -лучей через вещество составляло  $\sim 50\%$ . В этом случае можно получить наилучшую точность при определении плотности. Источник должен быть достаточно интенсивным, чтобы обеспечить точность  $0,1\%$  в определении плотности. Чтобы обеспечить хорошее разрешение по высоте и минимальное рассеяние в источнике, он должен иметь небольшие размеры ( $\varnothing 1 \div 2$  мм).

С учетом этих требований был выбран радиоактивный изотоп кобальт-57, имеющий низкоэнергетические  $\gamma$ -линии (122,1 и 136,5 кэВ) высокой интенсивности (88 и 12% соответственно). Спектр кобальта-57 представлен на рис.2.

Источник в собранном виде представлен на рис.3. Радиоактивный изотоп кобальта-57 поставляется в растворе (5% раствор соляной кислоты) в стеклянных ампулах объемом 1 мл. Из него посредством выпари-

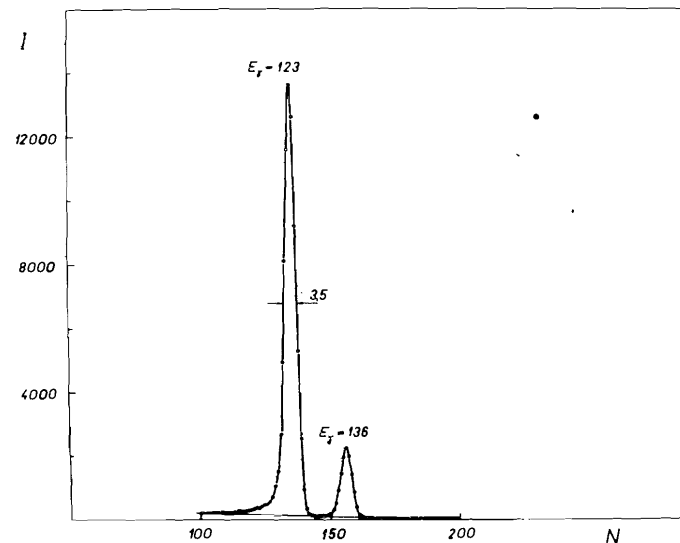


Рис.2. Спектр кобальта-57. I – интенсивность, N – номер канала амплитудного анализатора.

вания и переупаковки приготавливали точечный источник по следующей технологии. Заводскую ампулу с раствором кобальта-57 вскрывали и нагревом мощной лампы выпаривали воду из нее до  $1/10$  объема. Оставшийся раствор по одной капле переносили на коническое углубление ( $\varnothing 2$  мм, глубина 1,5 мм) фторопластовой шайбы 2 и окончательно высушивали. Затем шайбу покрывали слоем цапонлака и вставляли в плексигласовый каркас 4 с закрепляющей гайкой 5.

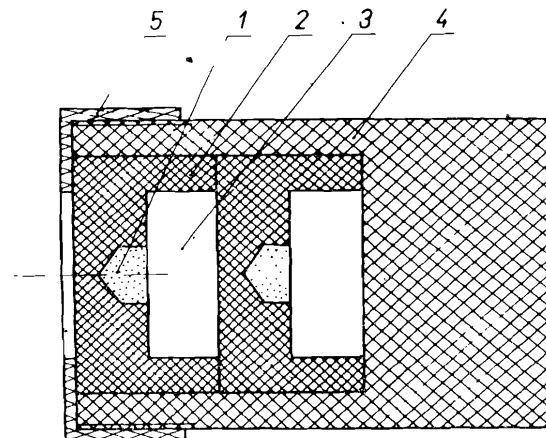


Рис.3. Источник в собранном виде.

## ГЕОМЕТРИЯ УСТАНОВКИ

Формула (1) справедлива только в том случае, если детектор не регистрирует  $\gamma$ -лучи, претерпевшие комптоновское рассеяние. Для этого: 1) источник  $\gamma$ -лучей и детектор должны находиться друг от друга и от образца на расстояниях, много больших поперечных размеров образца, или же 2) детектор не должен регистрировать  $\gamma$ -лучи, испытавшие потери энергии в веществе. В нашем случае условие первое не соблюдается из-за стремления к большей интенсивности  $\gamma$ -излучения ( $I \sim 1/r^2$ ). Геометрия установки приведена на рис.4. Источник 2 и кол-

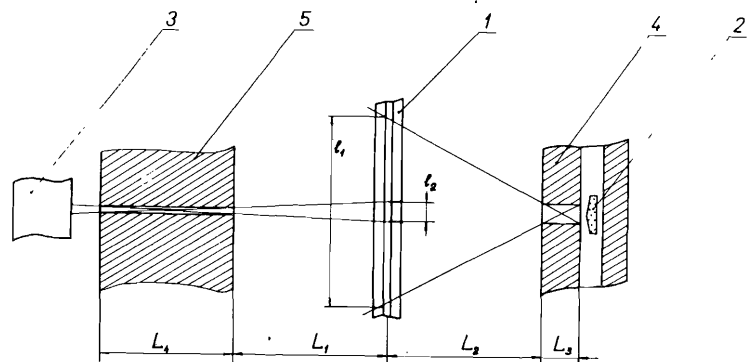


Рис.4. Геометрия установки.

лиматор 5 расположены вплотную к контейнеру-термостату. Расстояние  $L_2$  между источником 2 и образцом 1 и расстояние  $L_1$  между образцом 1 и коллиматором 5 равны половине размера контейнера-термостата (8,5 см), что всего в 20 раз больше толщины образца. Поэтому необходимо выполнение второго пункта. Этого можно добиться выбором детектора. Коллиматор 5 имеет набор вставок, позволяющих менять высоту щели: 0,3, 1 и 2 мм. Угол, под которым детектор "видит" образец, 18' (для высоты щели коллиматора 0,3 мм) видимая часть  $l_2$  образца по высоте при этом равна 1,34 мм. Для защиты детектора от  $\gamma$ -излучения, рассеянного окружающими предметами и воздухом, детектор защищен свинцовым коллиматором 5, толщина которого  $L_4 = 5$  см. Такой слой свинца убирает фон практически до нуля.

## РЕГИСТРИРУЮЩИЙ ТРАКТ

Для регистрации  $\gamma$ -излучения использовали Ge(Li)-детектор объемом  $30 \text{ см}^3$ . Разрешающая способность его 3,5 кэВ, эффективность

для этой области энергий  $\sim 10\%$ . Ge(Li)-детектор обладает лучшим ( $\sim$  в 20 раз) разрешением по сравнению со сцинтилляционным детектором. Это существенно для точного учета комптоновского рассеяния. Этот детектор позволяет выделить комптоновское рассеяние на уровне 0,05%.

Импульсы с детектора после усиления на малошумящем предварительном усилителе подаются на основной усилитель, который обеспечивает также и формирование сигнала для получения оптимального отношения сигнал/шум. Времена дифференцирования и интегрирования подбираются экспериментально для получения максимального отношения сигнал/шум. От всех узлов радиотехнического тракта требуется высокая стабильность (при разрешающей способности детектора  $3 \cdot 10^{-2}$  нестабильность радиотехнического тракта должна быть менее  $3 \cdot 10^{-4}$ ). После предусилителя и усилителя сигнал подается на амплитудный анализатор.

## КОНТЕЙНЕР-ТЕРМОСТАТ. СИСТЕМА ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦА

В работе /9/ показано, что для определения  $\beta$  в области  $\tau = (T_K - T) / T_K = 10^{-4} \div 10^{-5}$  уже необходимо знание критической температуры с точностью  $\pm 0,0002 \text{ К}$  (в собственной шкале термометра) при  $T_K = 300 \text{ К}$ . Поэтому для измерения КС ксенона в этой области стабильность температуры должна быть не хуже, т.е.  $\pm (0,0001 \div 0,0002) \text{ К}$ .

При разработке контейнера-термостата и системы стабилизации температуры образца за основу была взята система термостатирования, разработанная Ю.М.Останевичем и А.П.Симкиной для нейтронного метода /10/ и несколько улучшенная в данной установке.

Контейнер-термостат (см. рис. 5) состоит также из двух

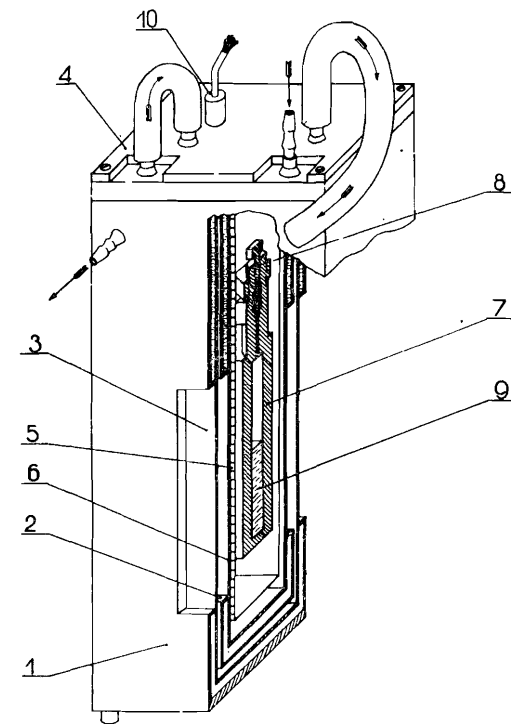


Рис.5. Контейнер-термостат.

коробок: наружной 1 и внутренней 2, и двойной крышки 4. Внутренние полости коробок и крышек снабжены перегородками, формирующими поток термостатирующей жидкости. Алюминиевые окна 3 размером 40x120 мм в стенках термостата служат для прохождения  $\gamma$ -излучения. Контейнер 7 представляет из себя алюминиевый сосуд с внешними размерами 120x20x15 мм и внутренними размерами 100x10x5 мм. Вещество 9 загружается в контейнер методом переcondенсации при температуре жидкого азота из волюмометрической установки, схема которой приведена в работе /11/. Вентиль 8 предназначен для подсоединения контейнера к установке. Контейнер проверен до давления 150 атм с помощью гидропресса. Крепление его к крышке термостата выполнено на термоизоляторах.

В систему стабилизации температуры образца внесены по сравнению с /10/ некоторые изменения. В первой ступени системы стабилизации используются два термостата, один из которых имеет объем 50 л. Он снабжен нагревателем, холодильником, системой мешалок, контактным термометром и термометром для измерения температуры. Через холодильник 50-литрового термостата циркулирует вода, температура которой только на 3 К ниже температуры воды в термостате. Стабильность температуры охлаждающей воды создавали промышленным термостатом, прогоняющим воду через змеевик, прикрепленный к морозильной камере холодильника. В схеме контактного термометра использовали тиристорный ключ (см. рис.6), обеспечивающий бесперебойное включение и выключение нагревателя.

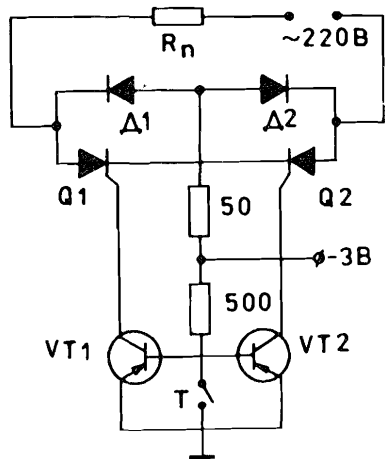
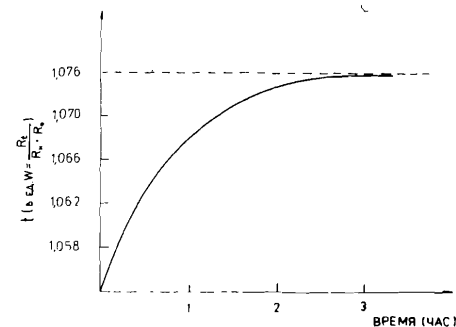


Рис. 6. Тиристорный ключ. Д 1, Д 2 — Д 246; Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> — КУ 202 Н; VT 1, VT 2 — П 605 А; Т — контактный термометр, R<sub>n</sub> — сопротивление нагревателя термостата.

50-литровый термостат имеет наружный кожух с поролоновой прокладкой, уменьшающей влияние комнатной температуры. Благодаря указанным мерам температура в объеме и на выходе 50-литрового термостата стабильна в пределах  $\pm 0,002$  К в течение длительного времени (порядка суток). Из этого термостата вода поступает во внутреннюю коробку, затем в крышку и наружную коробку контейнера-термостата.

Вторая ступень стабилизации температуры образца состоит из экрана 5, с равномерно наклеенным на нем нагревателем 6 из манганиновой проволоки, датчика температуры экрана — платинового термометра сопротивления и астатического регулятора, отрабатывающего ток через нагреватель экрана в нужную сторону. Экран выполнен из алюминиевой фольги толщиной

Рис. 7. Установление температуры на образце.



20 мкм. Постоянная времени экрана около двух минут. Колебания температуры экрана  $\pm 0,0003$  К. Нестабильность температуры образца не больше  $\pm 0,0001$  К. Постоянная времени контейнера-термостата 60 минут (см. рис. 7).

### ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБРАЗЦА

Вертикальное перемещение образца с контейнером-термостатом осуществляли с помощью подъемника (регулируемого механизма), один оборот винта которого смещал образец на 1 мм. Отсчет по лимбу, имеющему 60 делений, позволяет определять относительное смещение на 0,015 мм. Однако люфт винта подъемника при перемещении направленного перемещения может достигать 1/4 оборота и вызывать систематическую ошибку  $\sim 0,25$  мм. Поэтому измерения надо проводить при вращении винта в одну сторону, устанавливая перед этим нуль отсчета. Ввод образца в пучок  $\gamma$ -лучей и вывод из него осуществляли с помощью червячной передачи, которая перемещает по горизонтали платформу с закрепленным на ней контейнером-термостатом. Точность выставления образца по горизонтали  $\pm 0,5$  мм.

### ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Процедура измерений заключается в выведении образца на данную температуру и измерении плотности (пропускания) как функции высоты в пределах 100 мм (изотерма ксенона приведена на рис. 8).

Объем контейнера определен из двенадцати измерений заполнением дистиллированной водой с использованием табличных значений плотности воды и равен  $(5,907 \pm 0,003)$  см<sup>3</sup>. Температура образца измеряется миниатюрным платиновым термометром сопротивления с точностью  $\pm 0,0001$  К в собственной шкале термометра при привязке к абсолютной температуре  $\pm 0,01$  К. Градиент температуры вдоль образца (10 см) контролируется десятиспайной медь-константановой термопарой с точностью  $\pm 0,0001$  К.

Формулы для вычисления плотности по измеренным значениям интенсивности имеют вид

$$\rho(h) = \ln \left[ \frac{I(h)}{I_0} \cdot a_1 \right] \cdot a_2; \quad (2)$$

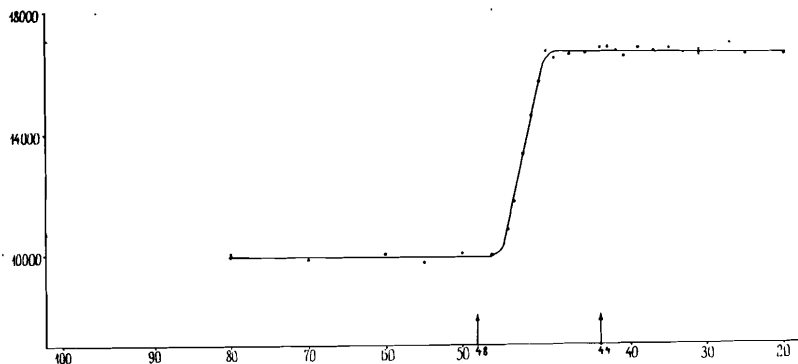


Рис. 8. Зависимость пропускания в ксеноне от высоты ( $T=287,35\text{ K}$ ).

$$a_1 = \frac{I_0^0}{I^0(h)}; \quad a_2 = \rho_\infty \left\{ \ln \frac{I^\infty(h)}{I_0^\infty} \cdot a_1 \right\}^{-1}, \quad (2)$$

где  $I_0$ ,  $I(h)$  — интенсивность "пустого" пучка и пучка, прошедшего через контейнер с веществом;  $I_0^0$ ,  $I^0(h)$  — те же величины при измерении с пустым контейнером;  $I_0^\infty$ ,  $I^\infty$  — контейнер заполнен, но температура много выше  $T_k$ .

Множитель  $a_1$  учитывает вклад стенок контейнера в пропускание, множитель  $a_2$  обратно пропорционален объемному коэффициенту ослабления  $\gamma$ -излучения.

Поскольку  $\rho$  является функцией нескольких переменных, то оценку точности определения плотности данным методом проводили конъюнктным анализом<sup>12'</sup> с учетом точности измерения каждой из входящих в (2) измеряемых величин  $I(h)$ ,  $I_0$ ,  $I^0(h)$ ,  $I_0^0$ ,  $I^\infty$ ,  $I_0^\infty$  по формуле

$$\sigma^2 = \rho_\infty^2 \left\{ \frac{1}{\left[ \ln \left( \frac{I^\infty}{I_0^\infty} a_1 \right) \right]^2} + \frac{\left[ \ln \left( \frac{I(h)}{I_0} \cdot a_1 \right) \right]^2}{\left[ \ln \left( \frac{I^\infty}{I_0^\infty} \cdot a_1 \right) \right]^4} \right\} \times$$

$$\times \left[ \frac{\sigma_I^2}{I^2} + \frac{\sigma_{I_0}^2}{I_0^2} + \frac{\sigma_{I_0^0}^2}{(I_0^0)^2} + \frac{\sigma_{I_0^\infty}^2}{(I_0^\infty)^2} + \frac{\sigma_{I^\infty}^2}{(I^\infty)^2} + \frac{\sigma_{I_0^\infty}^2}{(I_0^\infty)^2} \right]. \quad (3)$$

При мощности источника 50 мКи и ширине щели коллиматора 1 мм интенсивность счета в детекторе составляет за 5':  $1,6 \cdot 10^5$  и  $10^5$  — для контейнера с ксеноном (для газа и жидкости соответственно),  $4 \cdot 10^5$  — для образца без вещества,  $2 \cdot 10^5$  — для контейнера с веществ-

вом при температуре  $T \gg T_k$  ( $T - T_k = 13\text{ K}$ ),  $10^6$  — для "пустого" пучка. При таких условиях точность определения плотности жидкости и газа в одной точке на изотерме равны 0,28% и 0,4% (соответственно на всю изотерму при этом идет несколько часов). Плотность жидкости и газа на мениске получаем с точностью не хуже 0,07% и 0,1%, поскольку они получаются усреднением по нескольким значениям плотности на крыльях изотерм.

При ширине щели коллиматора 0,3 мм детектор "видит" 1,34 мм вещества. Поэтому измеряемая граница раздела фаз будет уширяться. Но, имея на данном участке достаточное количество точек ( $10 \div 20$ ), можно определить положение мениска с точностью не хуже 0,1 мм.

## ВЫВОДЫ

Создана экспериментальная установка для исследования вещества вблизи критической точки методом пропускания  $\gamma$ -излучения с энергией 123 кэВ. Установка может быть использована в области температур от 285 до 340 К при возможности приближения к критической температуре до интервала  $\tau = 10^{-4} \div 10^{-5}$ . Нестабильность температуры образца не выше  $\pm 0,0001\text{ K}$ . Градиент температуры по образцу не выше 0,0001 К. Точность определения положения мениска не хуже 0,1 мм. Энергетическое разрешение детектора и регистрирующего тракта 3,5 кэВ. На примере ксенона показано, что точность определения плотности жидкости и пара на мениске 0,07% и 0,1% соответственно. На данной установке можно исследовать вещества, порядковый номер элементов которых выше 40. Установка позволяет изучать КС жидкость — пар, критическую изотерму, сжимаемость, температурную зависимость движения границы раздела жидкость — пар. На данной установке можно определять также КС смеси, если в качестве примеси брать радиоактивный изотоп, например йод или криптон.

Авторы благодарят Ю.М.Останевича, Л.С.Лесневскую, А.М.Балагурова за обсуждение работы и замечания и Н.А.Лебедева за помощь в приготовлении источника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wenberger M.A., Schneider W.G. — *Can. J. Chem.*, v.30, p.422; Кричевский Н.Р. — *ЖХП*, 1962, №3, с.169; Иванов Д.Ю., Макаревич Л.А., Соколова Д.Н. — *Письма в ЖЭТФ*, 1974, 20, с.272.
2. Шиманская Е.Т., Шиманский Ю.И., Голик А.З. В сб.: *Критические явления и флуктуации в растворах*. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с.171; Артюховская Л.М., Шиманская Е.Т., Шиманский Ю.И. — *УФЖ*, 1970, 15, с.1974; — *ЖЭТФ*, 1970, 59, с.688; — *ЖЭТФ*, 1972, 63, с.2159; Крафтмахер Я.И., Ромашина Т.Ю. — *ФТТ*, 1965, 7, с.2532.

3. Булавин Л.А. и др. – УФЖ, 1971, 15, с.91; – УФЖ, 1971, 15, с.183;  
Булавин Л.А. и др. – УФЖ, 1978, 23, с.1125.
4. Thomas J.E., Schmidt P.W. – J. Chem. Phys., 1963, 39, p.2506;  
Bale H.D. et al. – Phys. Rev. Lett., 1970, 25, p.1555;  
Lin J.S., Schmid Paul W. – Phys. Rev., 1974, 10A, p.2290.
5. Balzarini D., Ohrn K. – Phys. Rev. Lett., 1972, 29, p.840;  
Ester W.T. et al. – Phys. Rev., 1975, 12A, p.2119;  
Balzarini D., Burton M. – Can. J. Phys., 1979, 57, p.1516;  
Hocken R., Moldover M.R. – Phys. Rev. Lett., 1976, 37, p.29.
6. Wallace B.A., Meyer H. – Phys. Rev., 1970, 2A, p.1563;  
Pittman Ch., Doiron Th., Meyer H. – Phys. Rev., 1979, 208, p.3678.
7. Воронель А.В. и др. – ЖЭТФ, 1972, 63, с.964;  
Анисимов М.А., Ковальчук В.А., Рабинович В.А. В сб.: Теплофизические свойства веществ и материалов. М.: Изд-во стандартов, 1977, с.140.
8. Симкина А.П. ОИЯИ, Б1-14-84-589. Дубна, 1984.
9. Ester W.T. et al. – Phys. Rev., 1975, 12A, p.2118.
10. Булавин Л.А. и др. ОИЯИ, Б2-14-7444, Дубна, 1973.
11. Лесневская Л.С., Симкина А.П. ОИЯИ, Р14-80-674, Дубна, 1980.
12. Клепиков М.П., Соколов С.И. Анализ и планирование эксперимента методом максимума правдоподобия. М.: Наука, 1964.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.  Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	4 р.50 к.  13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 июля 1987 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного  
института ядерных исследований.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Осипенко Б.П., Симкина А.П., Тишин В.Г.

P14-87-592

Применение  $\gamma$ -излучения с энергией 123 кэВ для изучения вещества вблизи критической точки. Экспериментальная установка

Создана и опробована экспериментальная установка для исследования вещества вблизи критической точки методом пропускания  $\gamma$ -излучения с энергией 123 кэВ. Установка может быть использована в области температур от 285 до 340 К, при возможности приближения к критической температуре до интервала  $\tau = 10^{-4} \div 10^{-5}$  ( $\tau = (T_k - T)/T_k$ ). Нестабильность температуры образца не выше 0,0001 К, градиент температуры по образцу не превышает 0,0001 К. Точность определения положения мениска не хуже 0,1 мм. Энергетическое разрешение детектора и регистрирующего тракта 3,5 кэВ. На примере ксенона показано, что точность определения плотности жидкости и пара на мениске 0,07% и 0,01% соответственно. На данной установке можно исследовать вещества, порядковый номер элементов которых выше 40. Установка позволяет изучать кривую сосуществования, критическую изотерму, сжимаемость, температурную зависимость движения границы раздела жидкость-пар. На данной установке можно определять также кривую сосуществования смеси, если в качестве примеси брать радиоактивный изотоп, например йод или криптон.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Osipenko B.P., Simkina A.P., Tishin V.G.

P14-87-592

The Use of 123 keV  $\gamma$ -Radiation for Investigation of Substance Near the Critical Point. Experimental Apparatus

Experimental apparatus for investigation of substance near the critical point by transmission of  $\gamma$ -rays with 123 keV energy has been designed and tested. The apparatus works within the 285-340 K temperature range, with the approach to critical temperature up to  $\tau = 10^{-4} \div 10^{-5}$  ( $\tau = (T_k - T)/T_k$ ). Sample temperature instability is not higher than 0.0001 K, temperature gradient on a sample does not exceed 0.0001 K. The accuracy of determining the meniscus position is not worse than 0.1 mm. The energy resolution of detector and detecting channel is 3.5 keV. It is shown on xenon sample that the accuracy of determining the density of liquid and vapour in meniscus is 0.07% and 0.01, respectively. Using this apparatus substances could be investigated whose element serial numbers are higher than 40. The apparatus permits to study the coexistence curve, critical isotherm, compressibility, temperature dependence of motion of frontier liquid-vapour. The coexistence curve of mixture, if as an admixture a radioactive isotope is taken, for example, J or Kr, could also be determined.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987