

Г-18
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2589



А. Ф. Гамалий, В. М. Горбунков, М. И. Соловьев

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ
ПРОПАНА В РАБОЧЕМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР
ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1966

2589

А. Ф. Гамалий, В. М. Горбунков, М. И. Соловьев

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ
ПРОПАНА В РАБОЧЕМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР
ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

Направлено в ПТЭ



40921/3 148

Среди различных пузырьковых камер очень широкое распространение получили пузырьковые камеры с пропановым наполнением. Удачное сочетание значительной плотности среды в рабочих условиях с большим числом ядер водорода в единице объема выгодно отличает пропан от других жидкостей. Пропан является хорошей водородной мишенью и прекрасным детектором γ -квантов.

В лабораториях Объединенного института ядерных исследований имеется несколько пропановых пузырьковых камер: 24 - литровая^{/1/}, 200-литровая^{/2/}. В октябре 1965 года была запущена 500 литровая пузырьковая камера с размерами рабочей области 210x85x43 см^{/3/}. Чем больше камера, тем точнее нужно знать оптические характеристики среды^{/4,5/}.

В связи с изготовлением в ОИЯИ 2-метровой пропановой пузырьковой камеры^{/3/} в 1963 году была проведена работа по измерению показателя преломления пропана. В нашем распоряжении имелся пропан 96% чистоты. По данным заводской лаборатории, пропана было не менее 96%, этана - не более 2%, бутана - не более 1%, около 1%, составляли другие примеси. Именно этот пропан используется нами для наполнения пузырьковых камер в последние 2-3 года. Измерения показателя преломления в пропана проведены для разных температур и трех длин волны λ ртутного спектра методом дифракционного рефрактометра, описанного в работах^{/6,7,8,11/}.

Необходимо отметить, что точности определения различных физических параметров элементарных частиц в пропановых пузырьковых камерах ограничиваются многократным кулоновским рассеянием^{/9/}, поэтому требования к точности определения n пропана были несколько снижены по сравнению с требованиями для водорода^{/8/}. Если для водорода Δn обеспечивалось равным $\pm 2 \cdot 10^{-4}$, то для пропана мы ограничились $\Delta n = \pm 4 \cdot 10^{-4}$. Это позволило сократить толщину t слоя исследуемой жидкости в сосуде с 250 мм, которая бралась для водорода^{/8/}, до 150 мм - для пропана. Уменьшение толщины слоя исследуемой жидкости привело к уменьшению объема всего прибора, следовательно, облегчило его термостатирование и сократило время проведения экспе-

римента. Принятые нами требования к точностям определения n пропана позволили снизить требования к точностям измерения температуры до $0,1^\circ\text{C}$. Давление P в жидкости измерялось с точностью $0,1$ атм и соответствовало равновесному значению насыщенных паров при стабилизируемой температуре, что обеспечивалось наличием небольшого газового пузыря над жидкостью. Время термостатирования при измерении - после достижения заданной температуры было не менее $1,5$ часов. За это время прекращались конвекционные потоки, что хорошо контролировалось по качеству дифракционной картины, чувствительной к температурным неоднородностям в $0,03\%$.

Для проверки измерительной установки в целом нами проведены контрольные измерения n дважды дистиллированной воды в том же диапазоне температур $(+18 - +65)^\circ\text{C}$. Результаты этих измерений находились в хорошем согласии ($\Delta n = \pm 3 \cdot 10^{-4}$) с данными, опубликованными в /8/. Во всех измерениях учитывались замеренные температурные удлинения t сосуда, выполненного из дюралюминия. Исходя из заданной точности определения показателя преломления пропана, толщина плоскопараллельных стекол, закрывающих сосуд с торцов, была взята равной 70 мм при диаметре 70 мм, что практически исключало влияние деформации стекол под действием давления.

Оптическая схема измерения относительного или абсолютного значения n показана на рис. 1. Способ состоит в измерении продольного смещения Δ рефракцией плоскости, содержащей совмещенные дифракционные картины, которые образуются по отдельности на двух симметричных парах щелей, когда сосуд соответственно заполнен воздухом или откачки на вакуум и когда сосуд заполнен исследуемой жидкостью. Эти картины для удобства смешаются по вертикали друг относительно друга при помощи оптического клина θ (рис. 1) так, что одна картина размещается под другой. В результате этого легко достигается высокая точность совмещения верхней и нижней картин при продольном перемещении Δ микроскопа и соответственно высокая точность определения n по Δ .

По известным параметрам t и U и измеренной величине смещения Δ (возд) показатель преломления n (отн) относительно воздуха определяется по формуле:

$$n_{(\text{отн})} = \cos U \sqrt{\left(\frac{t}{t - \Delta(\text{возд})}\right)^2 + \text{tg}^2 U} \quad (1)$$

Формула (1) в дальнейшем преобразуется в практически более удобную для абсолютного значения n (абс) измеряемой среды

х) В ранее опубликованной работе /8/ и ее перепечатке /11/ имеются не влияющие на окончательный результат опечатки, а именно: приближенная формула 5 должна быть записана в следующем виде:

$$n_{(\text{отн})} = \left(\frac{t}{t - \Delta}\right) \left\{ 1 - \frac{U^2}{2} + \frac{U^2}{2} \left(\frac{t - \Delta}{t}\right)^2 + \frac{U^4}{24} \left[2 \left(\frac{t - \Delta}{t}\right)^2 - 3 \left(\frac{t - \Delta}{t}\right)^4 + 1 \right] \right\},$$

где квадратная скобка с множителем $U^4/24$ при $U = 0,055$ менее 10^{-6} и в дальнейшем отбрасывается.

$$n_{(\text{абс})} = \left(\frac{t}{t - \Delta(\text{вак})}\right) - M \left(\frac{n^* - 1}{n^*}\right) - \delta n \quad (\text{вакуум-воздух}), \quad (2)$$

где Δ (вак) измерено при откачанном и заполненном исследуемой жидкостью сосуде, а постоянные величины 2 и 3-го членов для принятого диапазона изменения n вычисляются один раз /8/ через $n^* = n_{\text{ср}}$. Полученные для 3-х длин волн ртутного спектра экспериментальные зависимости изменения показателей преломления пропана для рабочего $(20 - 65)^\circ\text{C}$ диапазона температур и соответственного диапазона изменения давления /10/ $P_{65^\circ\text{C}} - P_{20^\circ\text{C}} = 15$ атм показаны на рис. 2.

Авторы весьма благодарны И.В. Чувилу, по предложению которого поставлена эта работа, а также В.А. Белякову, В.Г. Иванову, В.Н. Пеневу, Г.А. Королеву и техникам группы пропановых пузырьковых камер ЛВЭ, содействовавшим быстрому и успешному проведению эксперимента.

Л и т е р а т у р а

1. Ван Ган-чан, М.И. Соловьев, Ю.Н. Шкобин. ПТЭ, **1**, 41 (1959).
2. А.В. Богомолов, О.А. Будагов, А.Т. Василенко, В.П. Желепов, Н.И. Дьяков, В.Г. Иванов, В.С. Кладивцкий, В.И. Лепилов, Ю.Ф. Ломакин, В.И. Москалев, В.Б. Флягин, Т.И. Шетет, П.В. Шляпников. Препринт ОИЯИ 1278, Дубна 1963.
3. М.П. Баландин, Н.Г. Борисов, Ван Юн-чай, Р.П. Кухарева, В.А. Моисеенко, В.И. Снятков, М.И. Соловьев, И.В. Чувילו. Nucl. Instr. and Meth., **20**, 110 (1963).
4. Ю.А. Александров, Г.С. Воронов, В.М. Горбунков, Н.Б. Делоне, Ю.А. Нечаев. Пузырьковые камеры. Атомиздат, 1963.
5. High Energy and Nuclear Physics Data Handbook, Rutherford High Energy Lab., Chilton, 1963.
6. В.М. Горбунков, А.В. Белоногов. Авторское свидетельство № 156319.
7. А.В. Белоногов, В.М. Горбунков. Оптика и спектроскопия. Изд. АН СССР, **14**, 438 (1963).
8. А.В. Белоногов, В.М. Горбунков. ПТЭ, **3**, 188 (1965).
9. Б.В. Иоффе. Руководство по рефрактометрии для химиков. Изд. Ленинградского Университета (1956).
10. Н.И. Гальперин. Справочник. Гос. научн. техн. издат. хим. лит. М-1963.
11. A.V. Belonogov and V.M. Gorbunkov. Cryogenics, v. 5, no. 6 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел
22 февраля 1966 г.

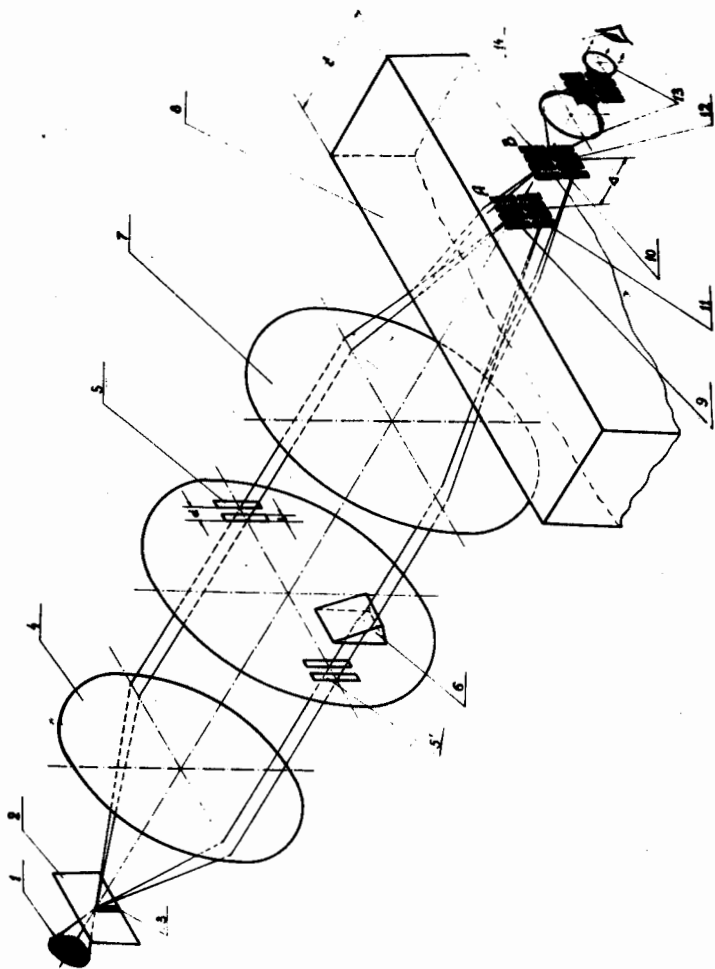


Рис. 1. Оптическая схема прибора для измерения абсолютного значения показателя преломления.
 1 - источник света (ртутная лампа), 2 - светофильтр, 3 - шель коллиматора, 4 - объект, 5 - 5' - пары шелей, 6 - отклоняющий клин, 7 - объект, 8 - плоскопараллельный слой исследуемой жидкости толщиной t , 9 и 11 - совмещенные дифракционные картны от щелей 5 и 5' при отклонном сосуде, 10 и 12 - совмещенные дифракционные картны от щелей 5 и 5' при заполненном сосуде, 13 - микроскоп, введенный на плоскость со смещенными вдоль оси на Δ совмещенными дифракционными картнами, 14 - глаз наблюдателя.

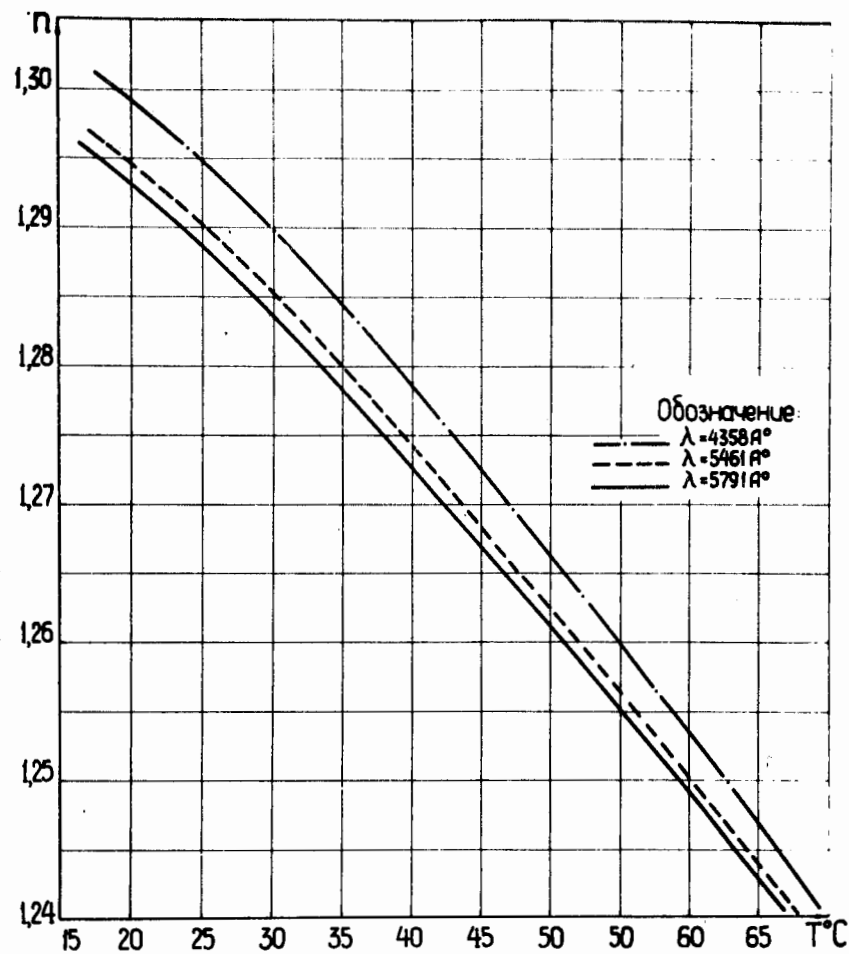


Рис. 2. Зависимость показателя преломления пропана от температуры для трех длин волн ртутного спектра.