

с 374
Г-521

ГЛАГОЛЕВ В.В., МАЛЫ ^{107/111-65}
М.

+

БЧ-2304.

БЧ-2304

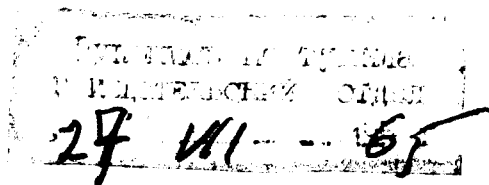
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЧ-2304

"Утверждаю"

Директор Лаборатории высоких энергий ОИЯИ

Векслер /В.И. Векслер/
" " 1965 года.



В.В. Глаголев, М.Малы

СЗ74
Г-521

1051/2 с. гр.

ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТА ПРИЗМАТИЧЕСКОГО РАСТРА

В ЖИДКОМ ВОДОРОДЕ.

Руководитель работы

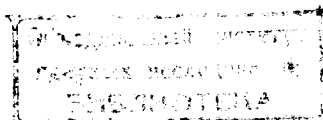
Лебедев

/Р.М. Лебедев/

альник Научно-экспериментального
отдела

Чувило

/И.В. Чувило/



г.Дубна, 1965 г.

Для проверки элемента раstra, работающего по принципу полного внутреннего отражения на границе стекло-жидкий водород, был сделан эксперимент в жидком водсроде в рабочем диапазоне плотности.

Отражающие свойства элемента сильно зависят от отношения показателей преломления водорода и стекла. Так как до настоящего времени нет экспериментальных данных о поведении показателей преломления стекла и жидкого водорода, то возникла необходимость сделать проверку отражательных свойств элемента при рабочих условиях.

Одновременно оказалось возможным вычислить изменения показателя преломления в диапазоне давления от I до 5,5 атм. равновесного состояния жидкого водорода.

В призме (рис. I) падающий луч после отражения на поверхностях a и b выходит в направлении, параллельном первоначальному. При этом, если углы α_1 и $\bar{\alpha}_1$ больше предельного угла полного внутреннего отражения α_n на границе стекло-водород, луч проходит без ослабления, т.е. интенсивность падающего луча равна интенсивности выходящего (в пренебрежении светопоглощением в стекле призмы).

Если отношение показателей преломления водорода и стекла

$$\frac{n_{H_2}}{n_c} = \sin \alpha_n = \sin 45^\circ,$$

то на поверхностях a и b полностью отражается лишь луч, для которого

$$\begin{aligned} \alpha_2 = \alpha_3 &= 0^\circ \\ \alpha_1 = \bar{\alpha}_1 &= 45^\circ \end{aligned}$$

Если α_2 отличается от нуля, то луч ослабляется на одной из поверхностей по закону Френеля, т.к. углы α_1 и $\bar{\alpha}_1$ связаны соотношением

$$\bar{\alpha}_1 + \alpha_1 = 90^\circ.$$

Если отношение $\frac{N_{H_2}}{n_c} = \sin \alpha_n < \sin 45^\circ$, то призма полностью отражает свет в диапазоне $\Delta \alpha = \alpha_n - 45^\circ$. Тогда углы α_1 и $\bar{\alpha}_1$, для которых будет иметь место полное внутреннее отражение, могут принимать значения $(45^\circ \pm \Delta \alpha)$.

Для других углов луч на одной из поверхностей ослабляется. В случае, когда $\alpha_n > 45^\circ$, в диапазоне $\Delta \alpha = \alpha_n - 45^\circ$ луч ослабляется на обеих поверхностях a и b , а для значений α_1 или $\bar{\alpha}_1 \geq \alpha_n$ только на одной поверхности.

Кривые отражения для описанных трёх случаев приведены на рис. 3.

При проведенных испытаниях использовалась призма со сферической передней поверхностью, которая превращает лучи, идущие из точки A в параллельный пучок внутри призмы (рис. 2).

Все лучи, идущие из точек линии, проходящей через точку A и параллельной ребру призмы возвращаются на ту же линию. На экране образуются полоса с шириной $2h$, где h связано с $\Delta \alpha$ соотношением

$$h = \Delta \alpha \cdot n_c \cdot s_3'.$$

s_3' - приведённое расстояние от экрана до призмы. Предполагая, что можно пренебречь изменением показателя преломления стекла в диапазоне $20,3^\circ\text{K} - 28,0^\circ\text{K}$, можно рассчитать приращение показателя преломления водорода, дифференцируя формулу:

$$\frac{N_{H_2}}{n_c} = \sin \alpha_n.$$

Получаем

$$\Delta N_{H_2} = n_c \cdot \cos \alpha_n \cdot \Delta \alpha.$$

Учитывая что

можно переписать -

$$\Delta N_{H_2} = \cos \alpha_n \cdot \alpha_3 = \frac{h}{S_3} \cos \alpha_n .$$

В случае, когда $\alpha_n = 45^\circ$, ширина полосы $2h = 0$. Поэтому для области значений ΔN_{H_2} вблизи этой точки можно написать формулу для приращения ΔN_{H_2} в виде

$$\Delta N_{H_2} = 0.707 \cdot \frac{h}{S_3} .$$

Эта формула не совсем точна, т.к. при изменении показателя преломления изменяется и α_n . Проведенная оценка влияния изменения α_n показала, что это даёт смещение самой крайней точки (при 5,5 атм) всего на 0,0003 в ΔN_{H_2} .

Изменения выполнены на установке, основные характеристики которой приведены на рис. 4. Призма изготовлена из стекла БК-10. Измерялась ширина полосы на экране с точностью ± 1 мм.

Измерения проводились при равновесном состоянии водорода в диапазоне давления от 1 до 5,5 атм. в течение 80 минут.

Результаты измерения ширины полосы в зависимости от давления приведены на рис. 5.

Из этих результатов видно, что выбранное стекло типа БК-10 имеет показатель преломления, обеспечивающий достаточно большой диапазон $\Delta \alpha$ в рабочих условиях водородной камеры. Оказывается возможным использовать стекло даже с несколько меньшим показателем преломления (например с $n_c = 1,563$).

На рис. 6 дана кривая приращения показателя преломления жидкого водорода в зависимости от равновесного давления. Для получения абсолютных значений N_{H_2} был вычислен коэффициент преломления жидкого водорода по отношению к воздуху при 1 атм. по [1] и по данным относительного показателя преломления водорода $\frac{N_{\text{жидк.}}}{N_{\text{газообразн.}}}$ [2] с применением формулы Лоренц-Лоренца для пересчёта N_{H_2} газообразного водорода на температуру 20,3°К.

Получен результат для равновесных условий

$$\frac{N_{\text{H}_2 \text{ жидкий}}}{N_{\text{воздух}}} = 1,11172^{\text{x}}$$

На основании этих данных построена шкала абсолютных значений показателя преломления водорода в зависимости от равновесного давления (рис. 6).

При сравнении экспериментальных данных с показателем, рассчитанным по Лоренц-Лоренцу, полного согласия не получилось. Возможно, что в некоторой степени отклонение связано с быстрым подъёмом температуры водорода во время измерений, так что рост температуры призмы несколько запаздывал по отношению к росту температуры основного объема водорода. Но этот факт никак не может полностью объяснить отклонение от Лоренц-Лоренца.

В заключение авторы благодарят сотрудников криогенного отдела А.В. Белоногова и Л.Т. Праздникова за предоставление экспериментальной установки и помощь при измерениях.

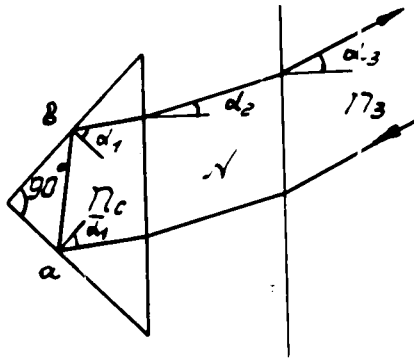
х) В отчёте группы Альвареца [3] для пересчёта показателя преломления газообразного водорода по Лоренц-Лоренцу использовалось отношение плотностей

$$\frac{\rho_{20.3^\circ\text{K}}}{\rho_{273^\circ\text{K}}} = 13,45, \text{ т.е. как для идеального газа. Но по данным [1] получается } \frac{\rho_{\text{H}_2 20.3^\circ\text{K}}}{\rho_{\text{H}_2 273^\circ\text{K}}} = 15,1, \text{ что использовалось нами.}$$

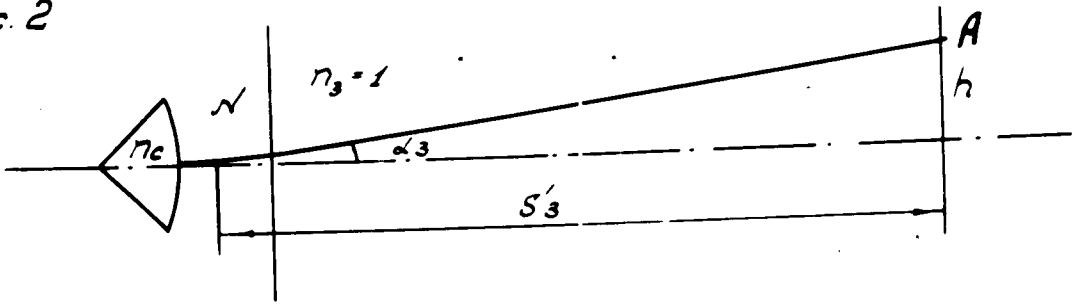
Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] NBS. *Criogenic data book*. p 13-15.
- [2] Augustin. *Annalen der Physik* 44, 419 (1915).
- [3] R.R. Ross. *UCID* 146, 4320-12M4.

Puc. 1



Puc. 2



Puc. 3

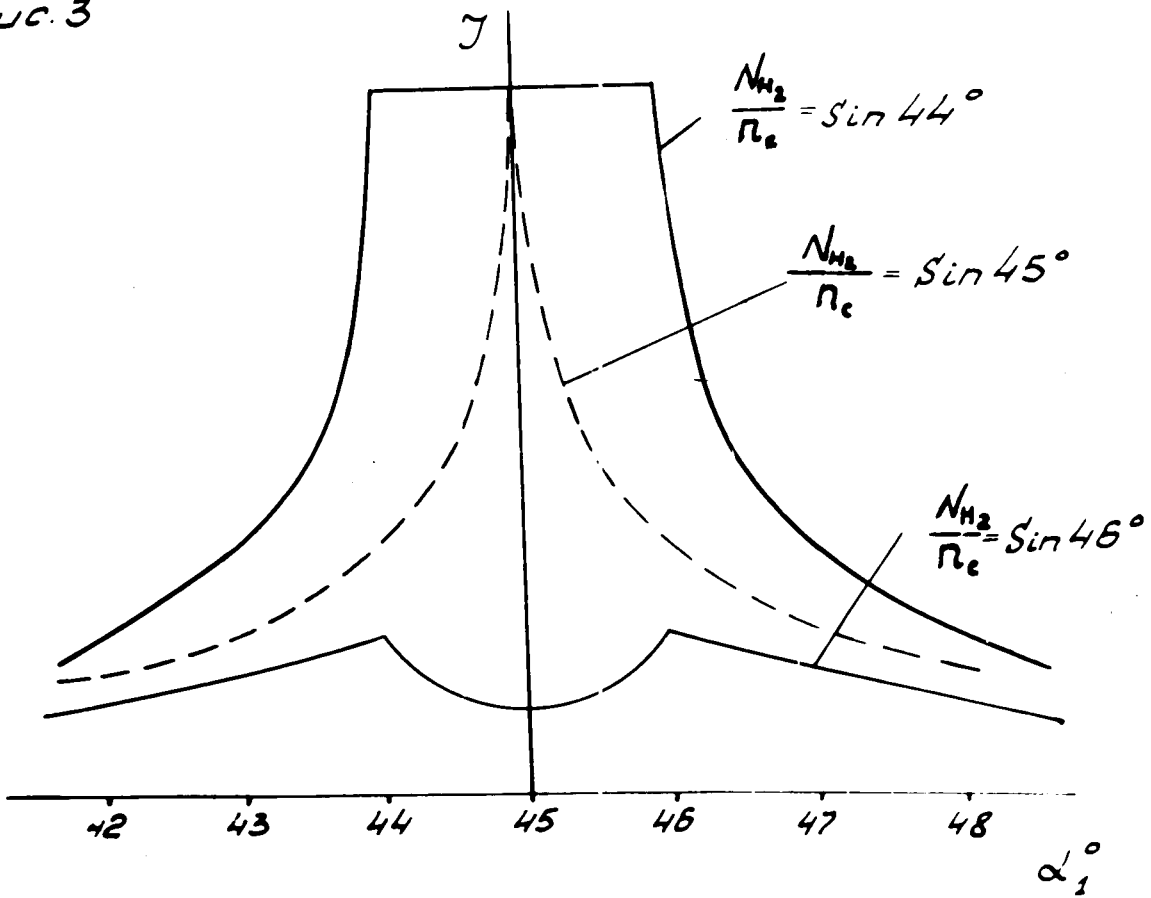
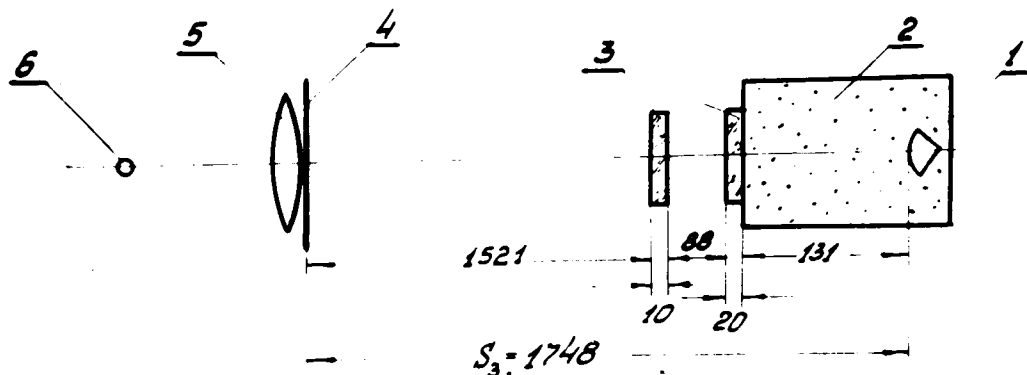
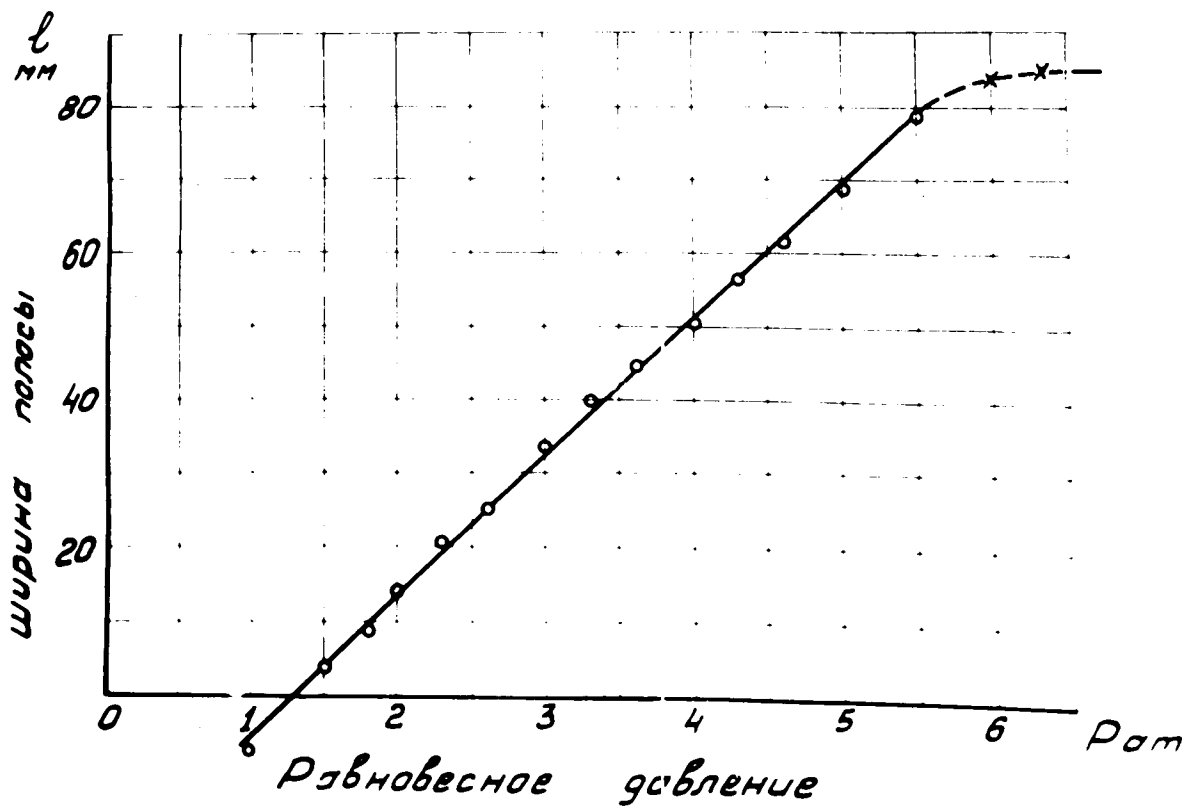


Рис. 4. Основные габариты установки.



- | | |
|------------------|---------------------|
| 1 элемент раstra | 4. Экран |
| 2 жидкий водород | 5. Конденсор |
| 3 Стекло | 6. Натриевая лампа. |
- S_3 - расстояние приведенное к воздуху

Рис. 5. Результаты измерений



x - точки в неравновесных условиях

