

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Лабораторная работа:**  
**Фурье спектроскопия**

Выполнили студенты:

Сериков Василий Романович

Группа: Б03-102

Сериков Алексей Романович

Группа: Б03-102

Москва, 2024 г.

## Аннотация

Ознакомление с принципами работы Фурье-спектрометров, цифровой обработкой оптических сигналов, поглощением света оптическими средами, с колебательно-вращательными спектрами молекул.

## Теоретические сведения:

Аппаратная функция спектрального прибора - это его отклик на монохроматическую световую волну.

Поэтому рассмотрим форму спектра на входе Фурье-спектрометра, когда на его вход поступает плоская монохроматическая волна, распространяющаяся вдоль оптической оси прибора. Запишем  $E(t)$  в виде

$$E(t) = E_0 \cos \omega_0 t.$$

Корреляционная функция этого сигнала запишется следующим образом:

$$R(\tau) = E_0^2 \overline{\cos \omega_0 \tau \cdot \cos \omega_0 (t - \tau)} = \frac{1}{2} \cos \omega_0 \tau.$$

Далее находим общее выражение для спектра:

$$G(\omega) = \frac{1}{2} \int_0^\infty \cos \omega_0 \tau \cos \omega \tau \alpha t.$$

Это выражение даст нам одну монохроматическую линию на частоте  $\omega_0$ . Однако в реальном Фурье-спектрометре корреляционная функция записывается за конечное время, которое ограничивается максимальной разностью хода в интерферометре  $\Delta_n$ . Поэтому

$$\begin{aligned} G(\omega) &= \frac{E_0^2}{2} \int_0^{\Delta_0/c} \cos \omega_0 \tau \cos \omega \tau c \hbar = \\ &= \frac{E_0^2}{4} \int_0^{\Delta_-/c} [\cos (\omega_0 - \omega) \tau + \cos (\omega_0 + \omega) \tau] d\tau = \\ &= \frac{E_0^2 c}{4 \Delta_-} \left[ \operatorname{sinc} (\omega_0 - \omega) \frac{\Delta_-}{c} + \sin (\omega_0 + \omega) \frac{\Delta_m}{c} \right]. \end{aligned}$$

Здесь функция  $\operatorname{sinc}(x) = \sin x/x$ . Член  $\operatorname{sinc}[(\omega_0 + \omega) \Delta_-/c]$  выражения в области частот  $\omega > 0$  дает незначительный вклад, и им в дальнейшем место пренебречь. В результате аппаратная функция Фурье-спектрометра может быть представлена в виде

$$A(v) = \frac{E_0^2 c}{4 \Delta_a} \sin c \left[ 2\pi (v_0 - v) \frac{\Delta_E}{c} \right].$$

Первый минимум этой функции будет, когда

$$2(v_0 - v) \frac{\Delta_t}{c} = 1,$$

или при

$$\delta v = v_0 - v = \frac{c}{2 \Delta_n}.$$

Отсюда в соответствии с критерием Рэлея разрешающая сила есть

$$R = \frac{2v\Delta_e}{c} = \frac{2\Delta_n}{\lambda}$$

При поступлении в интерферометр излучения от источника яркостью  $B(v)$  со сложным спектральным составом зависимость светового потока на выходе прибора от разности хода  $\Delta$  примет вид

$$\begin{aligned}\Phi(\Delta) &= q \int_0^\infty B(v) \cos\left(2\pi v \frac{\Delta}{c}\right) dv = \\ &= q \int_0^\infty B(v) dv + q \int_0^\infty B(v) \cos\left(2\pi v \frac{\Delta}{c}\right) dv.\end{aligned}$$

Пусть одно из зеркал будет двигаться равномерно со скоростью  $v$ . Тогда  $\Delta = vt$ , и второй член выражения примет вид

$$\Phi(t) = q \int_0^\infty B(v) \cos\left(2\pi v \frac{v}{c} t\right) dv.$$

Если положить

$$B(v) = B(-v),$$

то подынтегральная функция будет четной, и тогда

$$\Phi(t) = \frac{q}{2} \int_{-\infty}^\infty B(v) \cos\left(2\pi v \frac{v}{c} t\right) dv.$$

### **Экспериментальная установка:**

Измерения выполняются на приборе Varion 3100, который представляет собой стационарный настольный прибор, состоящий из двух лучевого интерферометра, источника, приемника излучения, оптической системы и блока электроники.

В нем применяются сменные фотоприемники и светоделители, что позволяет использовать прибор для измерения спектров пропускания и поглощения в широком диапазоне ИК-излучения. Он разбит на под диапазоны: 16000 — 3000 см и 7000 - 400 см. Разрешение прибора может изменяться от 16 см до 0,25 см. В работе используются стандартные кюветы, заполненные различными газами. Они попеременно помещаются оператором в специальный отсек для образцов. Управление прибором, регистрация и обработка спектра осуществляются компьютером.

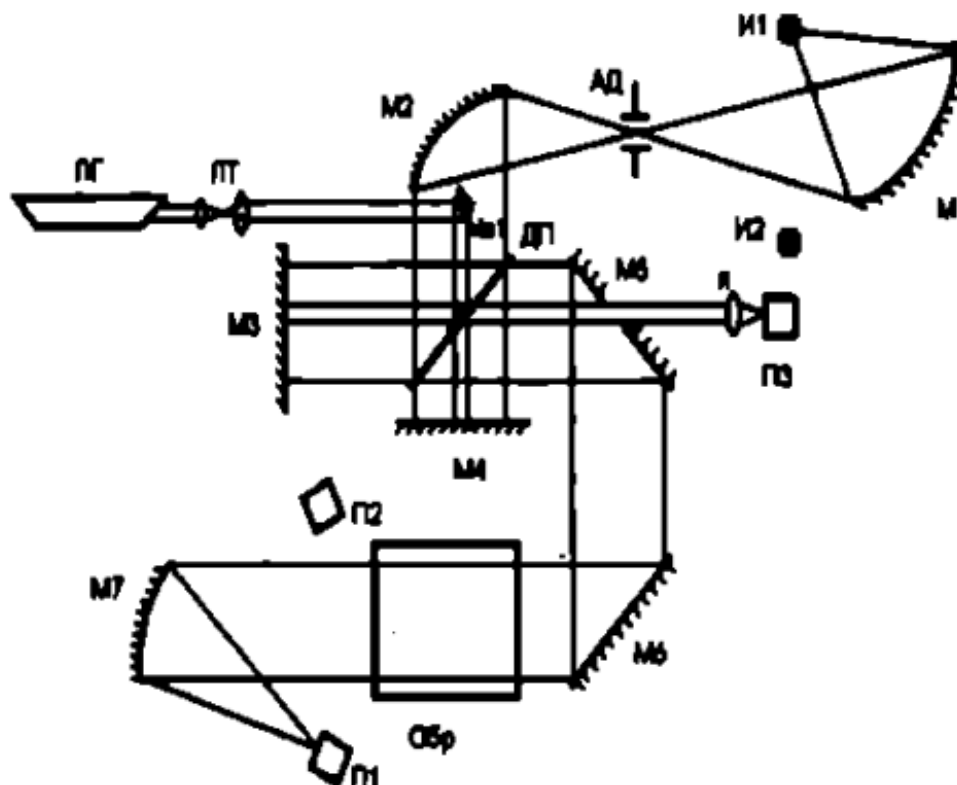


Рис. 12. Оптическая схема фурье-спектрометра.

И1, И2 – источники света; М1, М2, М7 – проецирующие зеркала; М3, М4 – зеркала интерферометра; М5, М6 – зеркала вывода светового пучка; М7 – поворотное зеркало лазерного пучка; АД – дифракционная решетка; ДП – делительная пластина; П1, П2 – приемники основного излучения; П3 – приемник лазерного излучения; ЛГ – лазер; ЛТ – расширитель лазерного пучка; Л – фокусирующая линза; Обр – исследуемый образец

Рис. 1: Экспериментальная установка

Ход работы:

- 1) Были произведены попытки измерения спектров поглощения газов:  $CO$ ,  $C_2H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$