

# **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

# МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕТИКИ

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

### Импульсный

- Возбуждение одиночным или периодически повторяемым импульсом
- Изучение короткоживущих электронных состояний (нс)

### Фазово-модуляционный

- Возбуждение непрерывным источником света, интенсивность которого промодулирована с некоторой частотой
- Изучение короткоживущих электронных состояний (нс), молекулярной фосфоресценции (мс-10с)

# ФАЗОМОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД

Возбуждение синусоидально  
модулированным

светом → флуоресценция отстает по фазе  
относительно возбуждающего излучения и  
имеет ту же частоту  
ИНТЕНСИВНОСТЬ

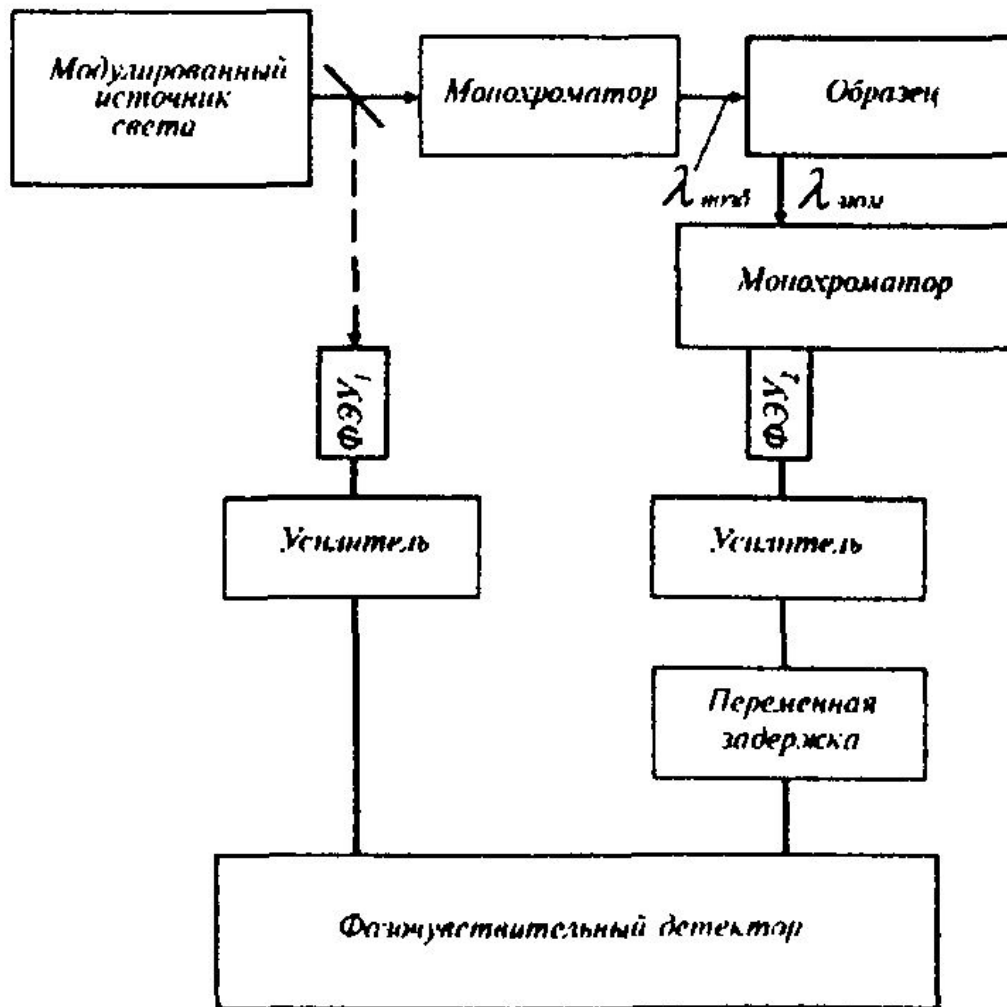
$$F(t) = \int_0^{\infty} i(t') L(t - t') dt',$$

$$i(t) = i_n \exp(-t/\tau_0)$$

где  $i(t)$  – характеристическая функция  
молекулярной  
флуоресценции,  $L(t)$  – интенсивность  
возбуждающего света

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

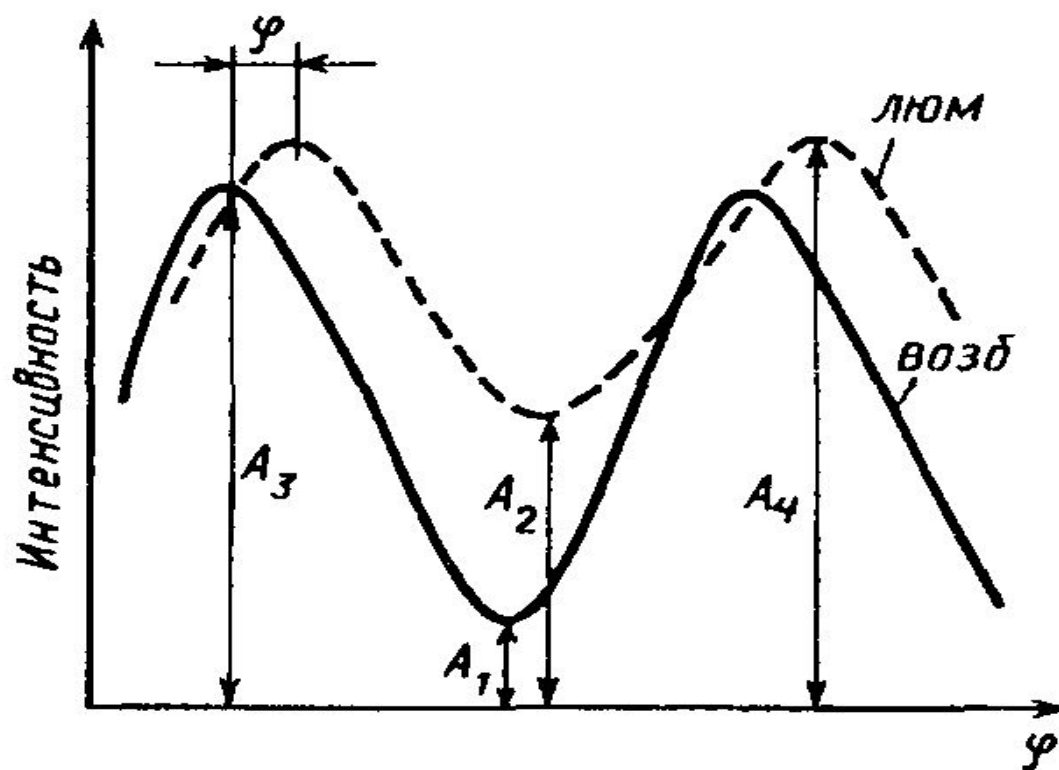
По разности  
фаз  
между волной  
излучения и  
волной  
возбуждения:  
$$\varphi = \operatorname{arctg}(\omega\tau_0)$$



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

По величине относительного  
коэффициента

$$m = \frac{A_4 - A_2}{A_4 + A_2} / \frac{A_3 - A_1}{A_3 + A_1} = \cos\varphi = \left(1 + \omega\tau_0^2\right)^{-1/2}$$



# ФАЗОМОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД

- Модуляторы: ячейки Поккельса и Керра, ультразвуковые модуляторы (частота модуляции 2-10 МГц)
- Диапазон измеряемых времен затухания люминесценции 0.1-10 нс

# ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД

Наблюдаемая интенсивность

$$F(t) = \int_0^t I(t') i(t - t') dt'$$

$$i(t) = i_n \exp(-t/\tau_0)$$

где  $i(t)$  – характеристическая функция молекулярной флуоресценции,  $I(t)$  – аппаратурная характеристическая функция

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Методом

$$t_0 = \sqrt{t_f^2 - t_l^2},$$

где  $t_0$  – среднее время жизни возбужденного состояния молекулы;  $t_f$  – среднее время жизни возбужденного состояния молекулы, определенное с помощью системы регистрации;  $t_l$  – постоянная времени прибора

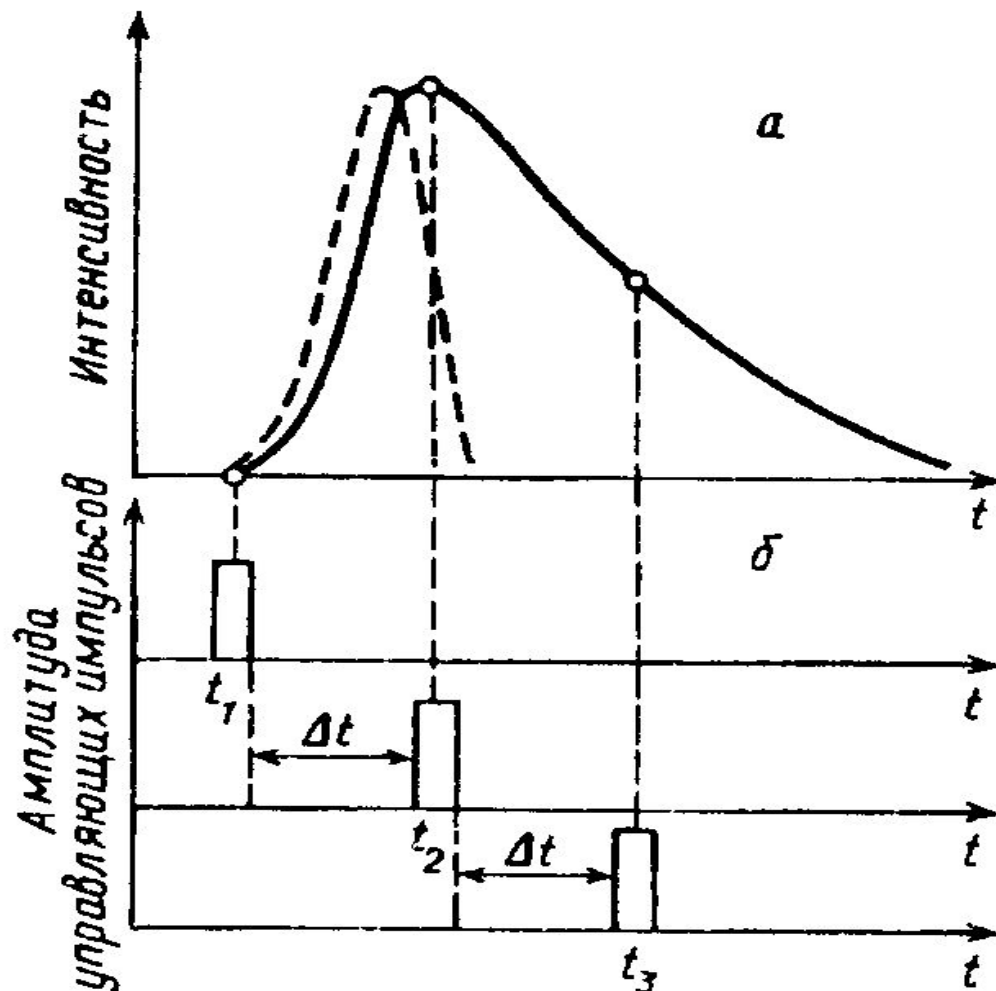


# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Стробоскопический

ий

метод: повторение  
кинетической  
кривой процесса



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Метод счета фотонов: измерение времени  
испускания отдельных фотонов

Многоканальный амплитудный анализатор  
накапливает импульсы определенной  
амплитуды  
(до  $10^5$  фотонов), затем анализируется  
кинетика  
флуоресценции

# ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД

- Временное разрешение  $\sim 0.5$  нс
- Возбуждение с помощью импульсных ламп (длительность импульса  $\sim 1$  нс), лазеров (до  $\sim 10$  пс)

# МЕТОД ИМПУЛЬСНОГО ФОТОЛИЗА

- Изучение триплетных состояний молекул сложных органических веществ
- Возбуждение мощной вспышкой света малой длительности

## Способы:

- Кинетический (получение кинетической кривой на любой длине волны)
- Спектрографический (регистрация полного спектра исследуемого вещества)