

Московский физико-технический институт  
(Государственный университет)  
Кафедра молекулярной и биологической физики

# Физические методы исследования

Осенний семестр

**Попов Игорь Алексеевич**

e-mail: icrms@yandex.ru

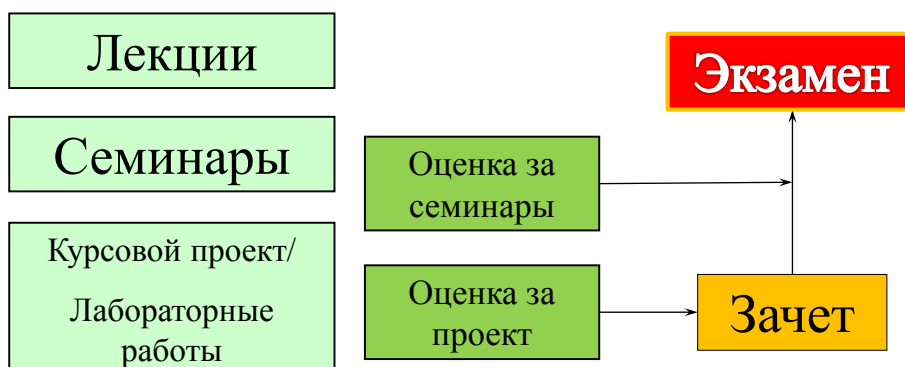
Весенний семестр, 3 курс

- Погрешности измерений
- Радиоспектроскопия
- Электрические цепи измерительных систем
- Измерение давления



## Осенний семестр, 4 курс

- Оптическая спектроскопия. Измерение температуры
- Техника лазеров и лазерная спектроскопия
- Хроматография
- Масс-спектрометрия



Московский физико-технический институт  
(Государственный университет)  
Кафедра молекулярной физики

Физические методы исследования

Лекция 1

## Оптическая спектроскопия. Общие вопросы

5 сентября 2015 г.

## План

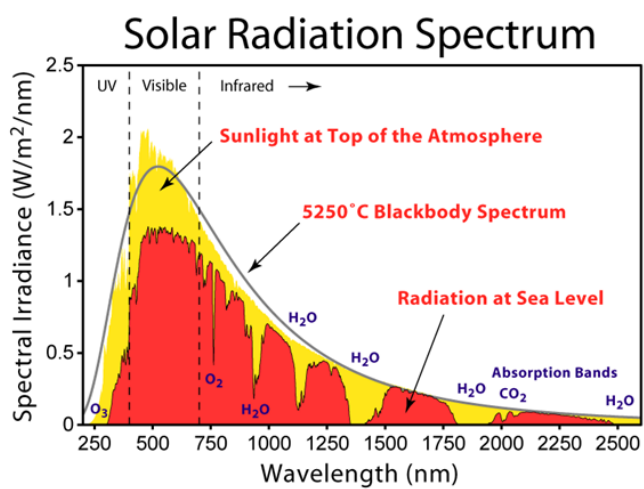
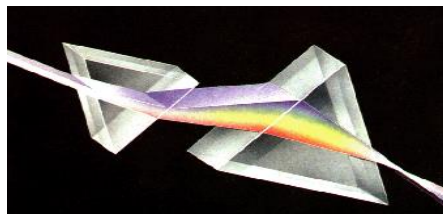
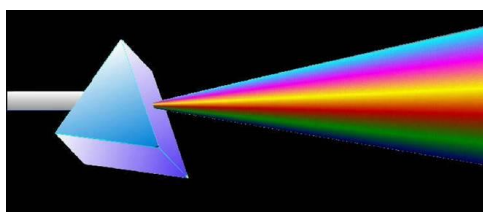
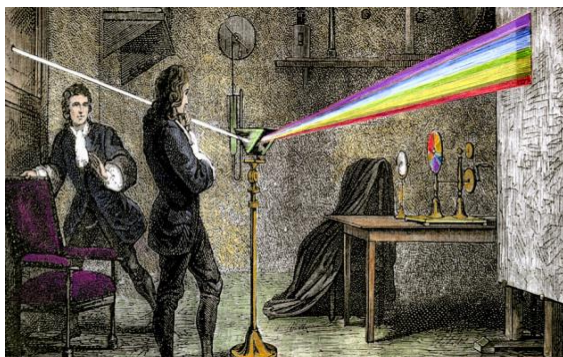
- Оптическая спектроскопия. Общие вопросы. Поддиапазоны спектра. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Источники, селекторы, детекторы излучения. Конструкции приборов, используемых в спектроскопических исследованиях. Ширина, форма, интенсивность спектральной линии.
- Ширина, форма, интенсивность спектральной линии. Электронная, колебательная, вращательная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния.
- Лазерная спектроскопия. Техника лазеров. Компрессия импульса. Синхронизация мод. Спектроскопия, ограниченная Доплеровским уширением. Внутريدоплеровская спектроскопия.
- Высокочувствительные методы лазерной спектроскопии. Внутривибронная лазерная спектроскопия. Оптоакустическая лазерная спектроскопия.

## Определение

**Молекулярная спектроскопия** — метод получения информации о **строении и свойствах** молекулы на основе информации о её **взаимодействии с электромагнитным излучением**

## Рождение спектроскопии

Эксперименты Ньютона с солнечным светом —1666 г.



Инфракрасное излучение

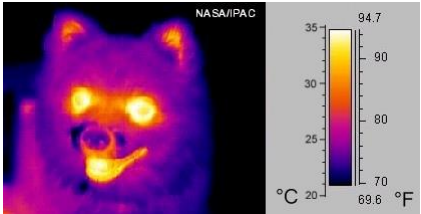
Уильям Гершель, 1800 г.



Коротковолновый поддиапазон  
 $\lambda = 0,74-2,5$  мкм

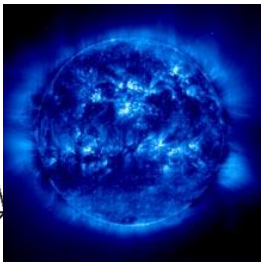
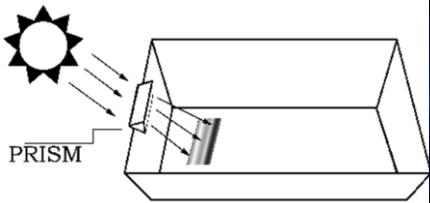
Средневолновый поддиапазон  
 $\lambda = 2,5-50$  мкм

Длинноволновый поддиапазон  
 $\lambda = 50-2000$  мкм



Ультрафиолетовое излучение

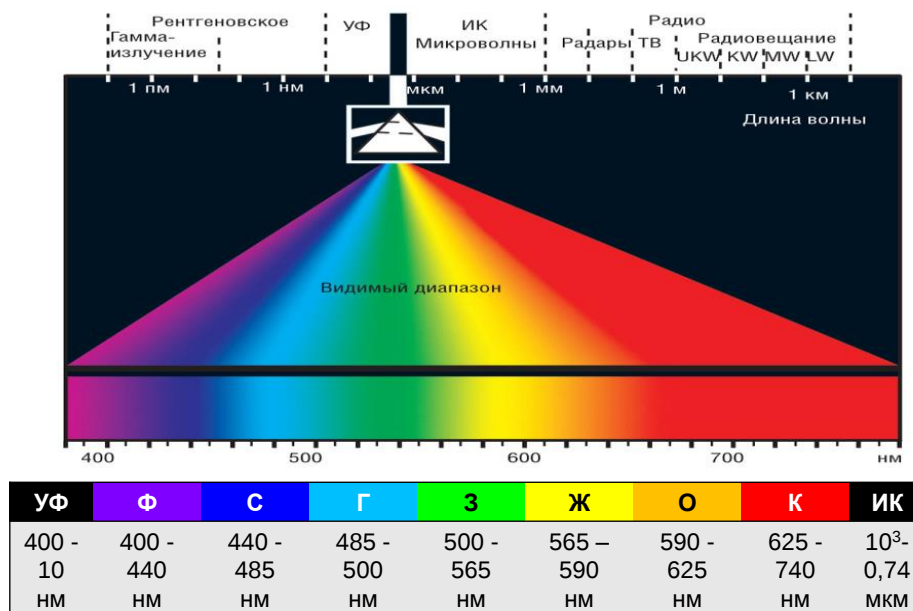
В. Риттер, 1801 г.



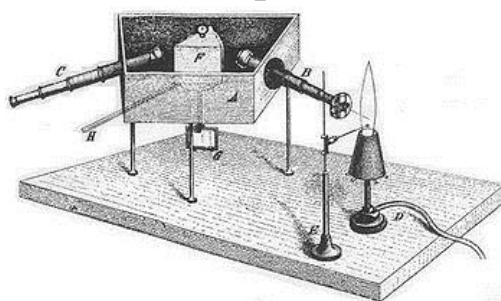
| Наименование                    | Аббревиатура | Длина волны в нанометрах | Энергия фотонов |
|---------------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| Ближний                         | NUV          | 400 нм — 300 нм          | 3.10 — 4.13 эВ  |
| Средний                         | MUV          | 300 нм — 200 нм          | 4.13 — 6.20 эВ  |
| Дальний                         | FUV          | 200 нм — 122 нм          | 6.20 — 10.2 эВ  |
| Экстремальный                   | EUV, XUV     | 121 нм — 10 нм           | 10.2 — 124 эВ   |
| Ультрафиолет А, длинноволновой  | UVA          | 400 нм — 315 нм          | 3.10 — 3.94 эВ  |
| Ультрафиолет В, средневолновой  | UVB          | 315 нм — 280 нм          | 3.94 — 4.43 эВ  |
| Ультрафиолет С, коротковолновой | UVC          | 280 нм — 100 нм          | 4.43 — 12.4 эВ  |

$10 \text{ нм} \leq \lambda \leq 200 \text{ нм}$   
Вакуумный УФ

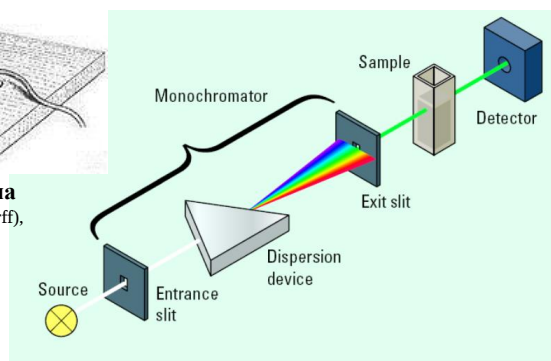
## Шкала частот электромагнитных волн



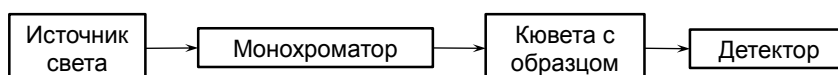
## Спектроскопические исследования



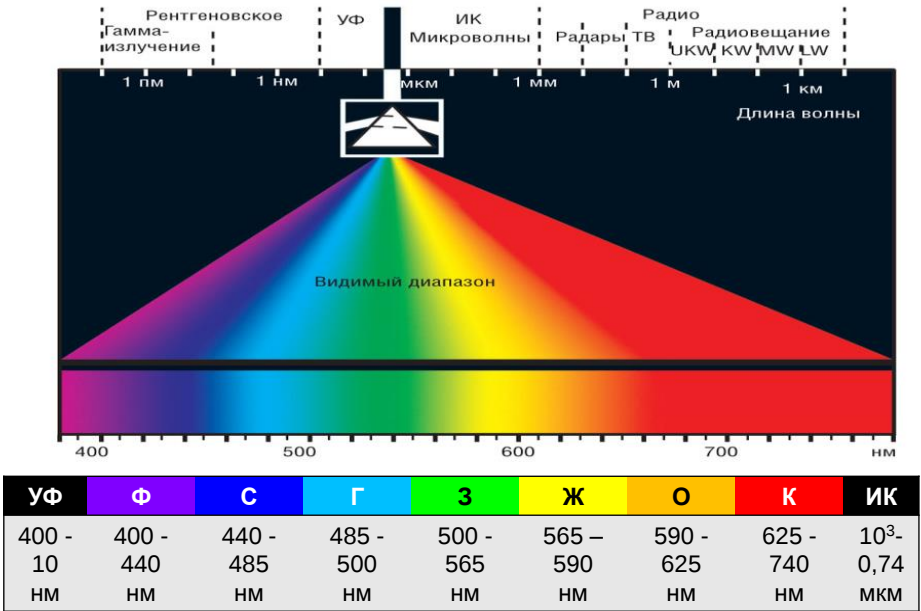
**Спектроскоп Кирхгофа-Бунзена**  
Annalen der Physik und der Chemie (Poggendorff),  
Vol. 110 (1860)



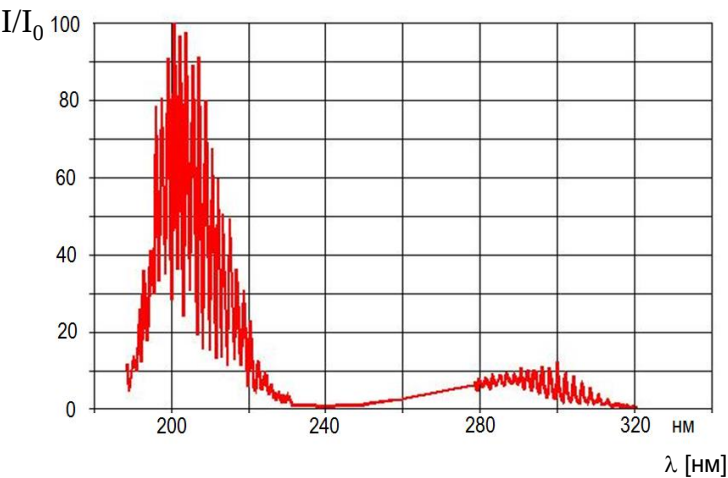
**Устройство спектрофотометра в общем виде**



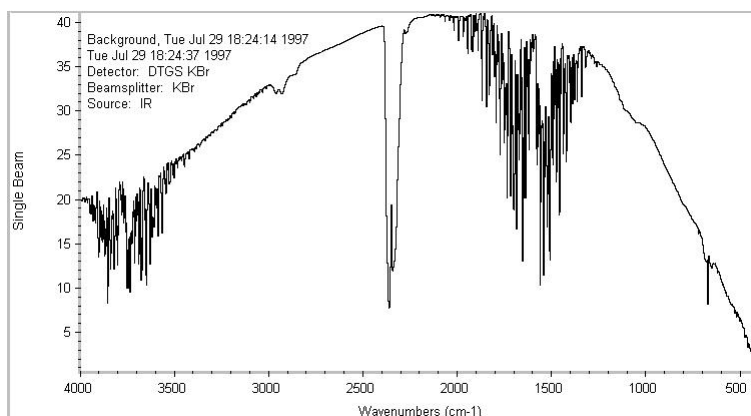
Шкала частот электромагнитных волн



Оптический спектр



## Техника спектральных исследований



## Источники излучения

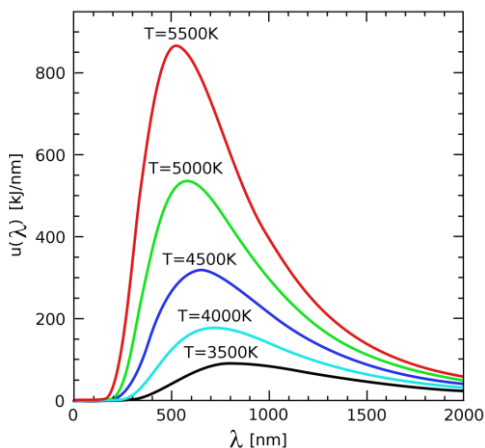
### Равновесные

- нагретое твердое тело
- пламя

### Неравновесные

- плазма
- люминесцентные источники  
(фото-, электро-, хими-, ...)
- полупроводниковые светодиоды
- тормозное излучение
- лазер

## Равновесное излучение



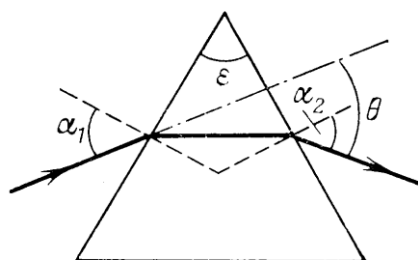
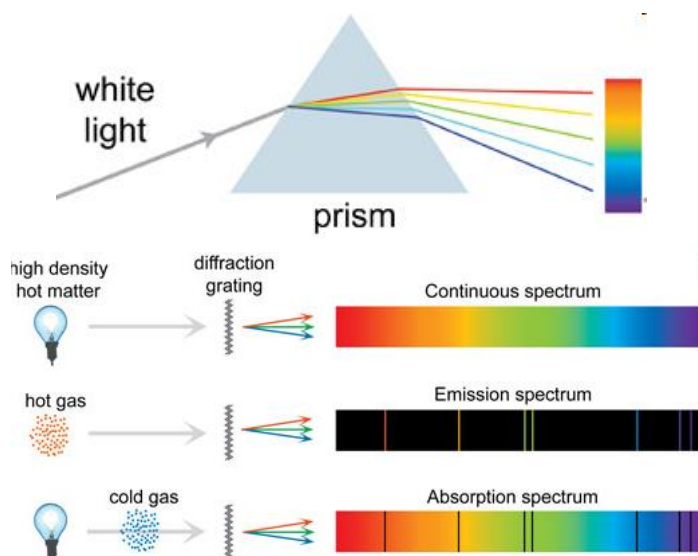
$$u_{\lambda} = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \quad [\lambda] = [\text{мкм}], \quad b \approx 3000$$

## Типы источников теплового излучения

1. Модельное АЧТ
2. Лампы накаливания
3. Глобар
4. Штифт Нернста
5. Платино-керамический излучатель
6. Кратер угольной дуги
7. ....

## Техника спектроскопии. Диспергирующие элементы.



Преломление света в  
минимуме отклонения, когда  
 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ,  $\theta = 2\alpha - \epsilon$

## Призма

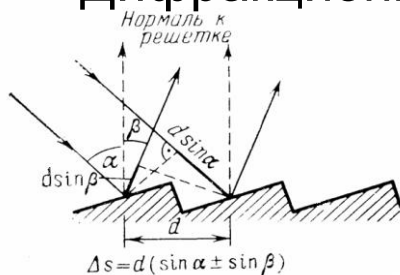
Теоретическая разрешающая  
способность

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = g \frac{dn}{d\lambda}$$

Из за конечности ширины щели достижимое на практике разрешение несколько ниже и соответствующая разрешающая способность не превышает

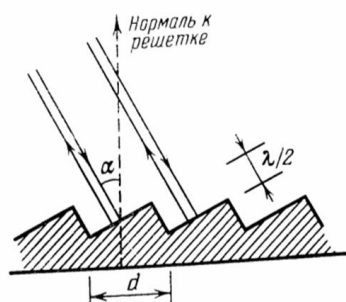
$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \leq \frac{1}{3} g \frac{dn}{d\lambda}$$

## Дифракционная решетка

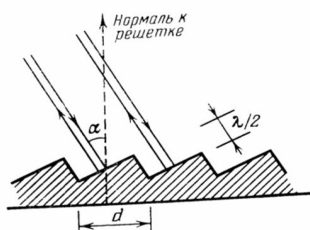


Уравнение решетки:

$$d(\sin \alpha \pm \sin \beta) = m\lambda$$



## Решетка Литтрова



При  $\alpha = \beta$  решетка работает как селективный по длинам волн отражатель, т.к. свет отражается только в том случае, если его длина волны удовлетворяет условию

$$2D \sin \alpha = m \cdot \lambda$$

## Разрешение дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = mN$$