

# **Астрономия**

**Сурдин В.Г.**

Лекция 10

Спектры излучения и поглощения.

Принцип работы спектрографа.

Эффект Доплера и его использование в астрономии.

# **Электромагнитное излучение**

## **Фотометрия**

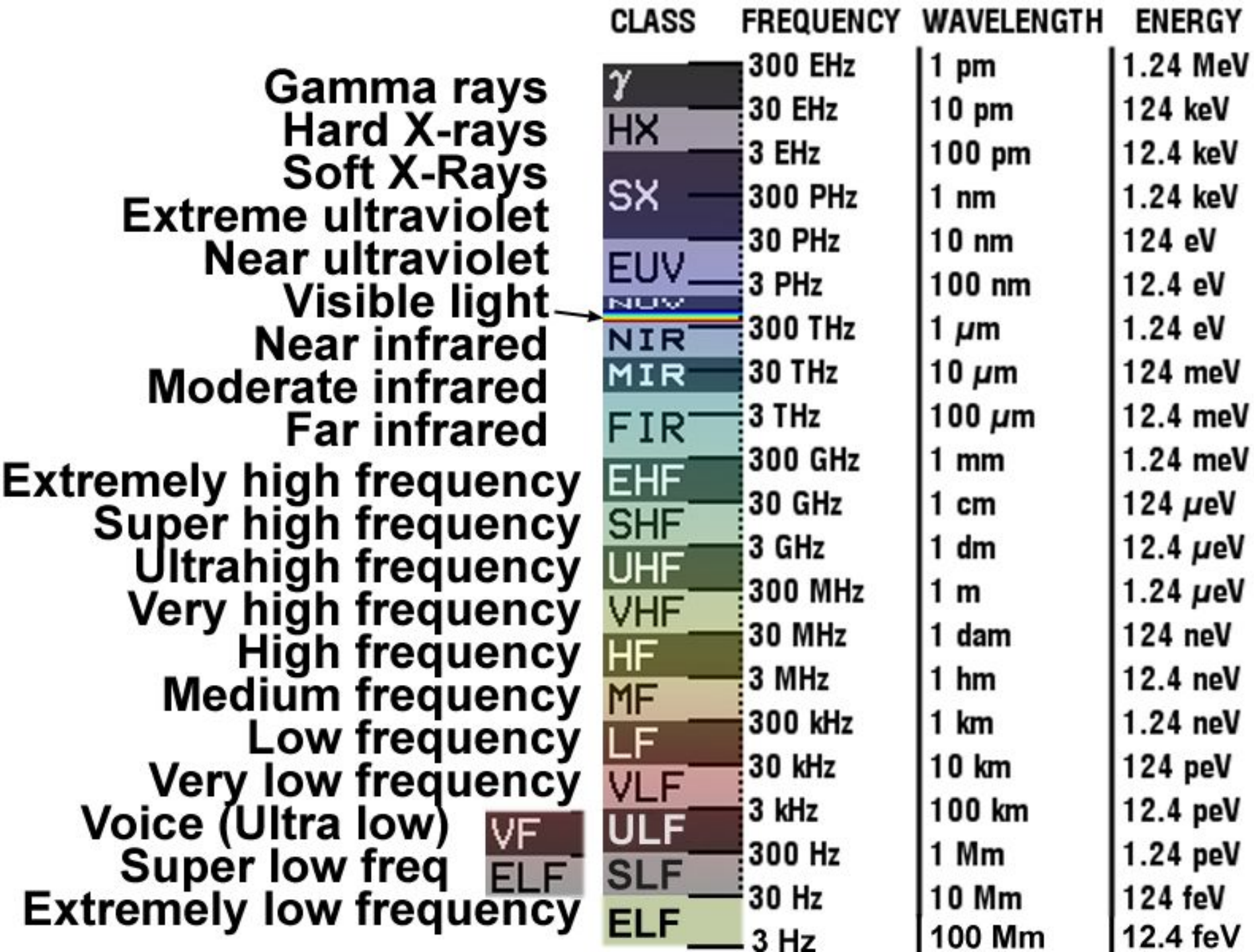


# Электромагнитный спектр



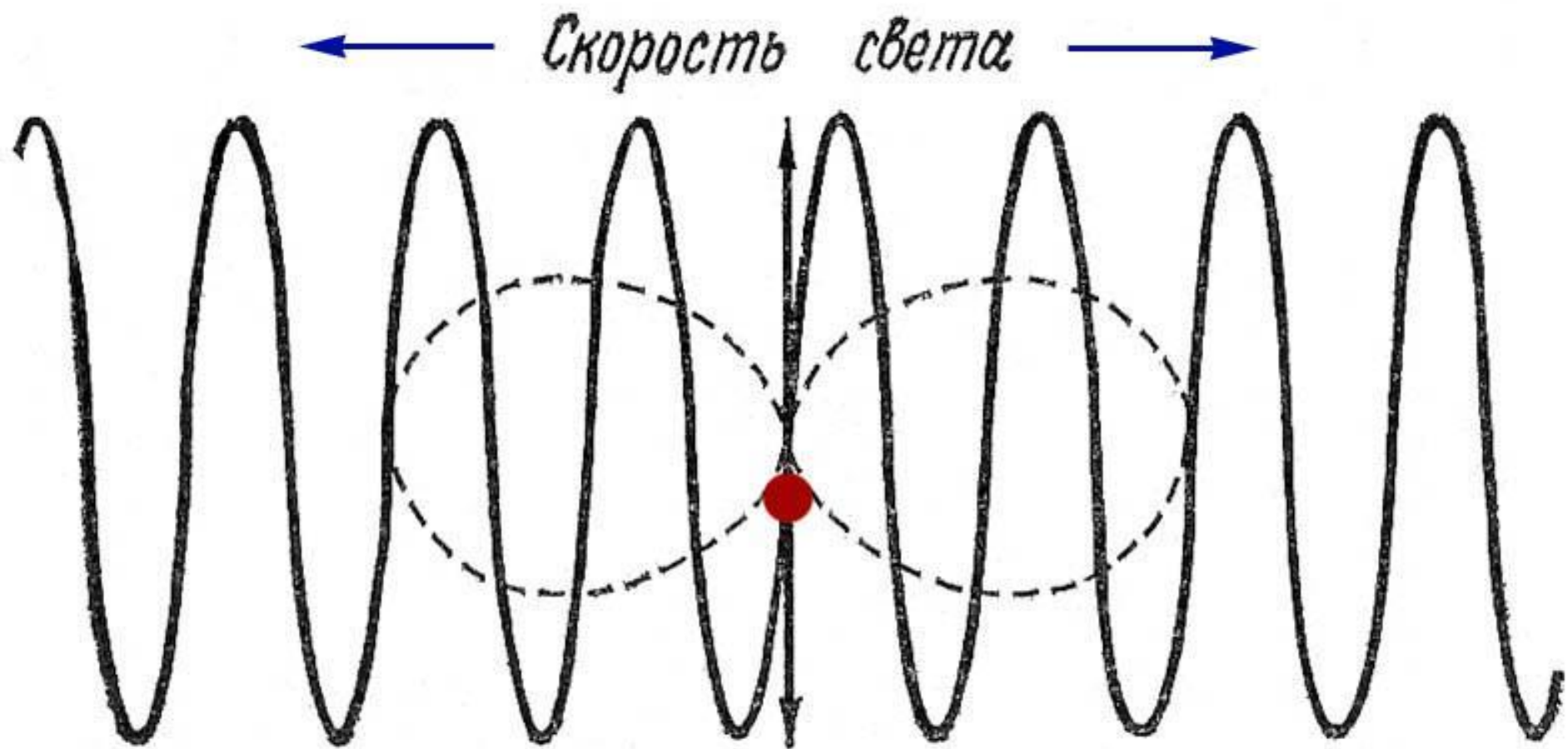
**Видимый свет ( $3500\text{-}7000 \text{ \AA}$ ) = 1 октава**

**От гамма ( $0,1\text{\AA}$ ) до радио ( $10 \text{ м}$ ) = 40 октав**

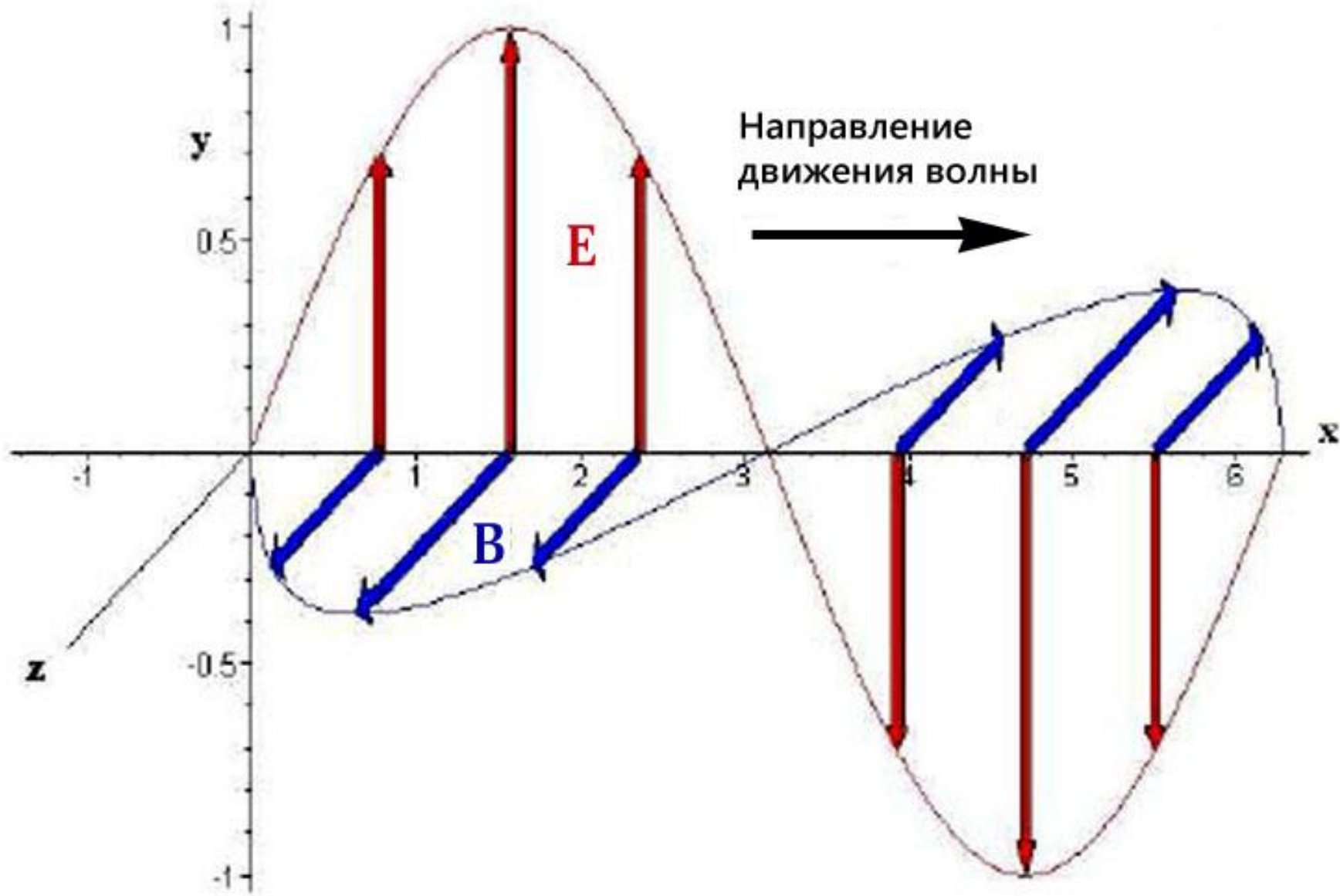


# Электромагнитный спектр, исследуемый в астрофизике

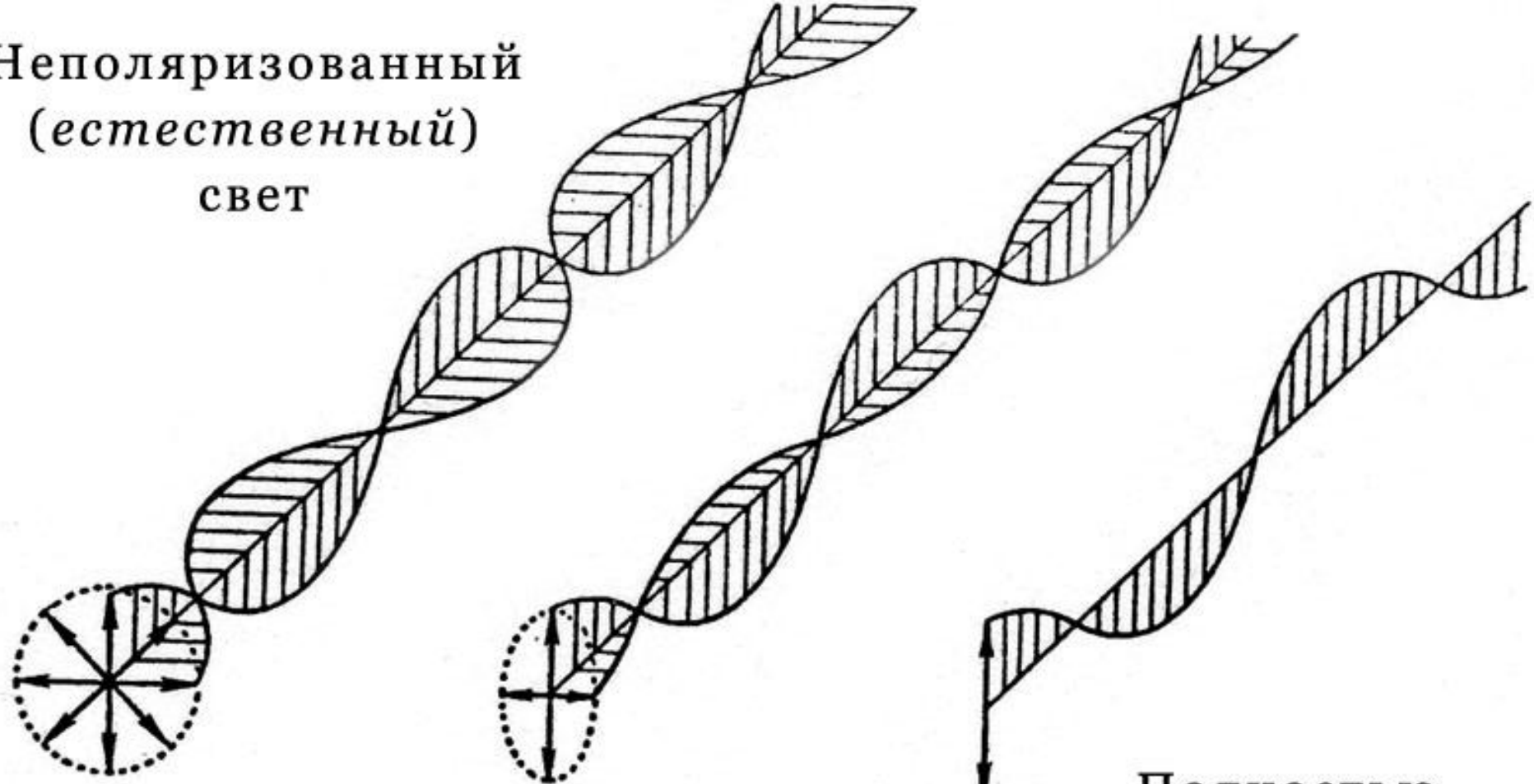
| Область спектра   | Длина волны     |
|-------------------|-----------------|
| Радио             | $> 1$ мм        |
| ИК излучение      | 0,76 мкм - 1 мм |
| Видимое излучение | 390 - 760 нм    |
| Ближний УФ        | 310 - 390 нм    |
| Далекий УФ        | 10 - 310 нм     |
| Рентген           | 0,01 - 10 нм    |
| Гамма-лучи        | $< 0,01$ нм     |



**Колебание электрического заряда  
рождает электромагнитную волну**



Неполяризованный  
(естественный)  
свет

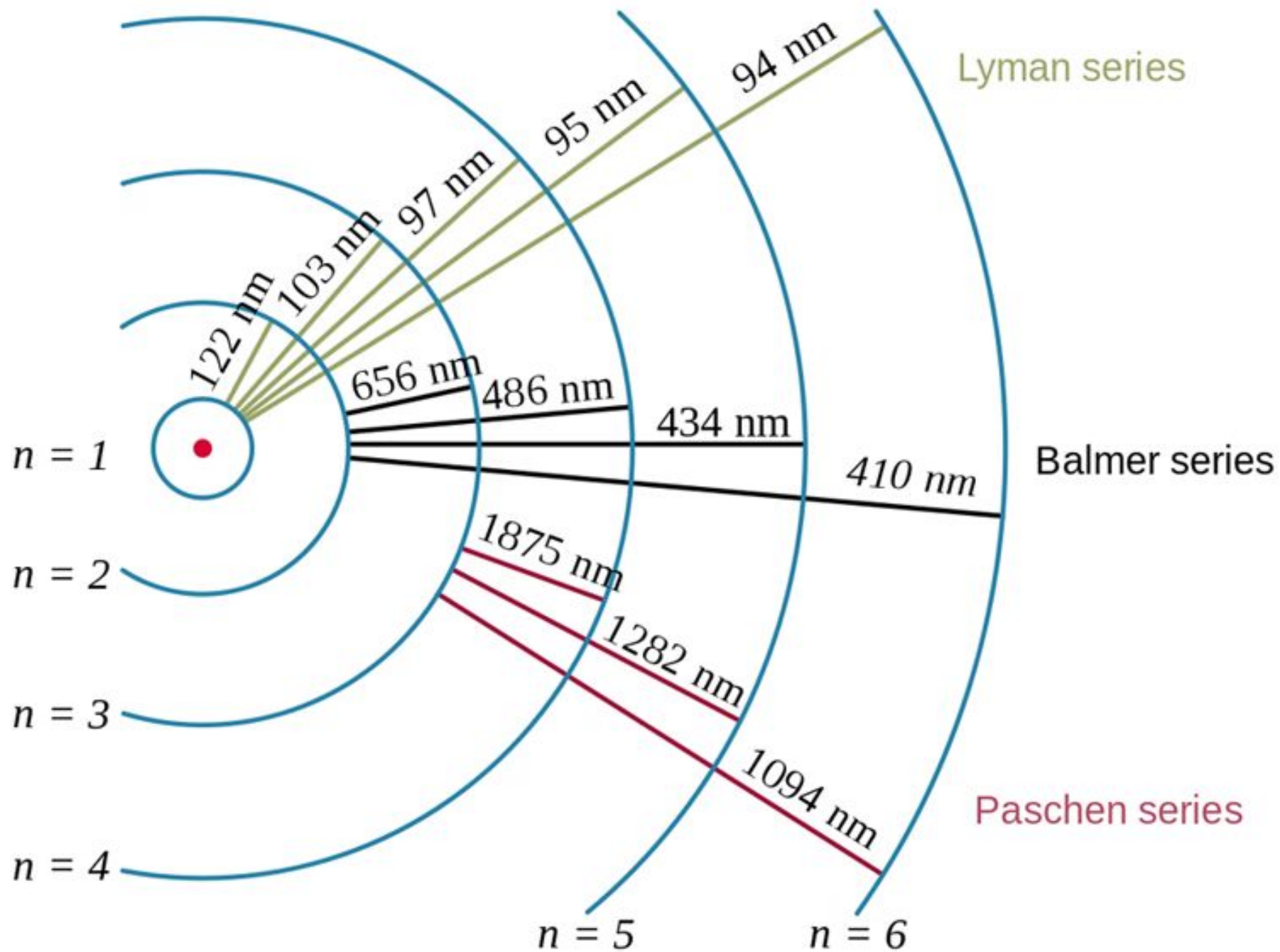


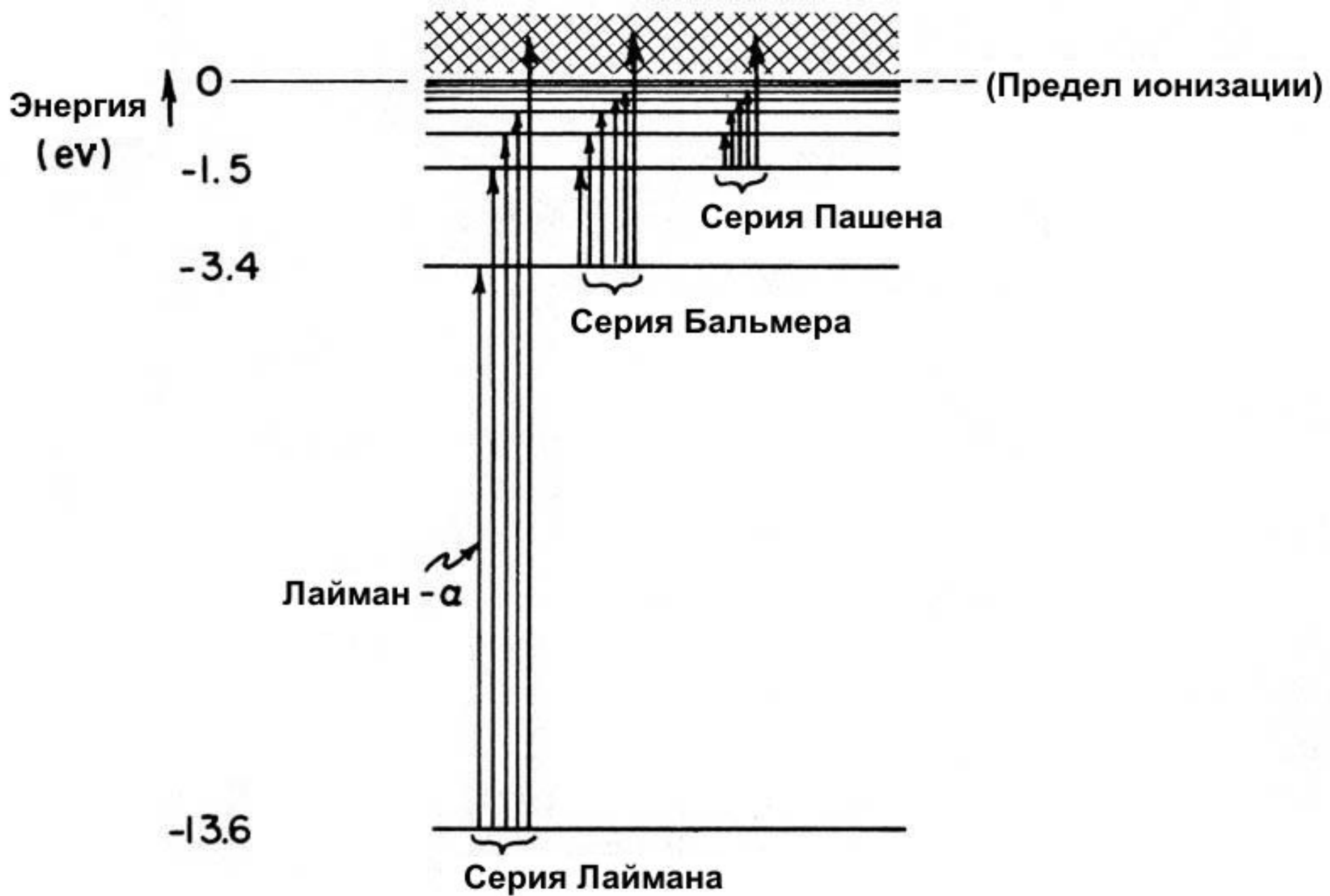
Частично  
поляризованный  
свет

Полностью  
поляризованный  
свет

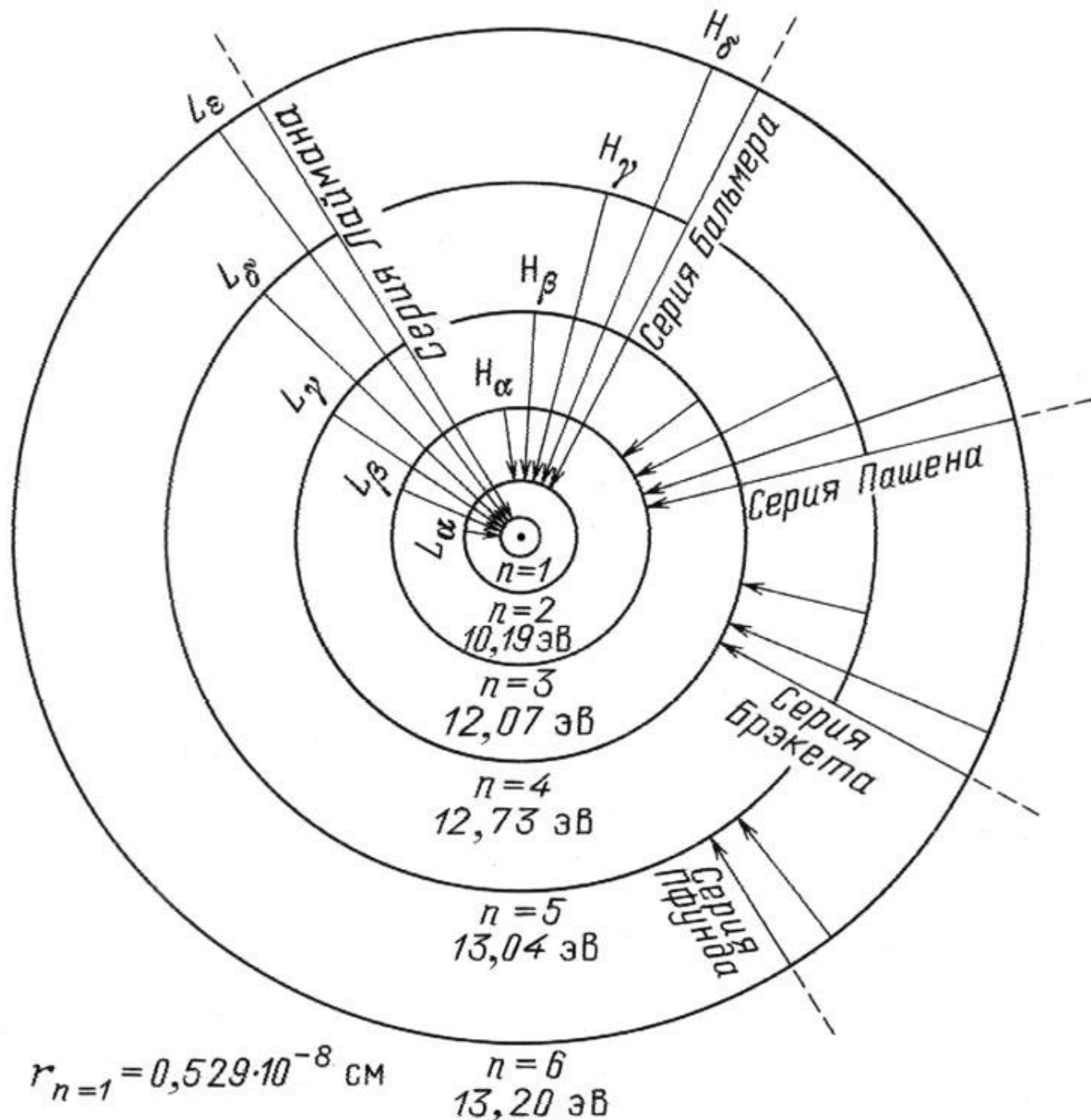
Указано направление и амплитуда колебаний  
вектора электрического поля







**Энергетический спектр атома водорода**



Энергетические уровни атома водорода

Сери́и Бальмера Лаймана Пашена Брэкета Пфунда

Энергия связи электрона на первом уровне 13,6 эВ

$$r_{n=1} = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

$$n=6 \quad 13,20 \text{ эВ}$$

# Спектральные серии водорода

(в логарифмической шкале длины волны)

Lyman



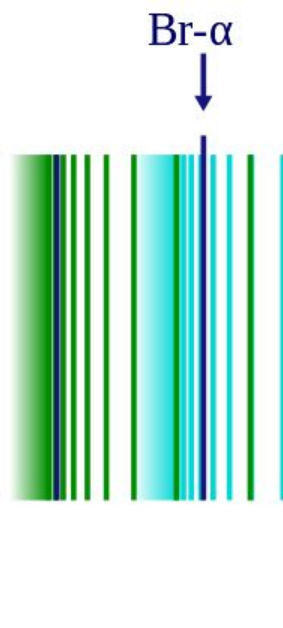
Balmer



Paschen



Brackett



Pfund



Humphreys



## Альтернативные обозначения

Серия Лаймана

Ly $\alpha$  Ly $_{\alpha}$

L $\alpha$  L $_{\alpha}$

Серия Бальмера

H $\alpha$  H $_{\alpha}$

H- $\alpha$

Следующие линии серии  
(например - Лаймана)

L $\alpha$ , L $\beta$ , L $\gamma$ , L $\delta$ , ... L $c$  (L $\psi$ )

# ФОТОН

*(квант электромагнитного излучения)*

**Уникальная безмассовая частица**

$$c = 299\,792\,458 \text{ м/с}$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

*Постоянная Планка (1900 г.)*

# Единицы измерения энергии квантов

$$1 \text{ эВ}, 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг}$$

~~электрон-вольт~~      **электронвольт**

Кванту с энергией в 1 эВ соответствует длина волны

$$\lambda = 12\,399 \text{ \AA} = 1240 \text{ нм} = 1,24 \text{ мкм}$$

... и частота

$$\nu = 2,18 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

(Бытовой радиодиапазон: 1 - 100 МГц)

# Закон Планка

$$\epsilon_{\lambda} d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{d\lambda}{e^{hc/(\lambda kT)} - 1}$$

Intensity

13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

8000 K

6000 K

4000 K

5000

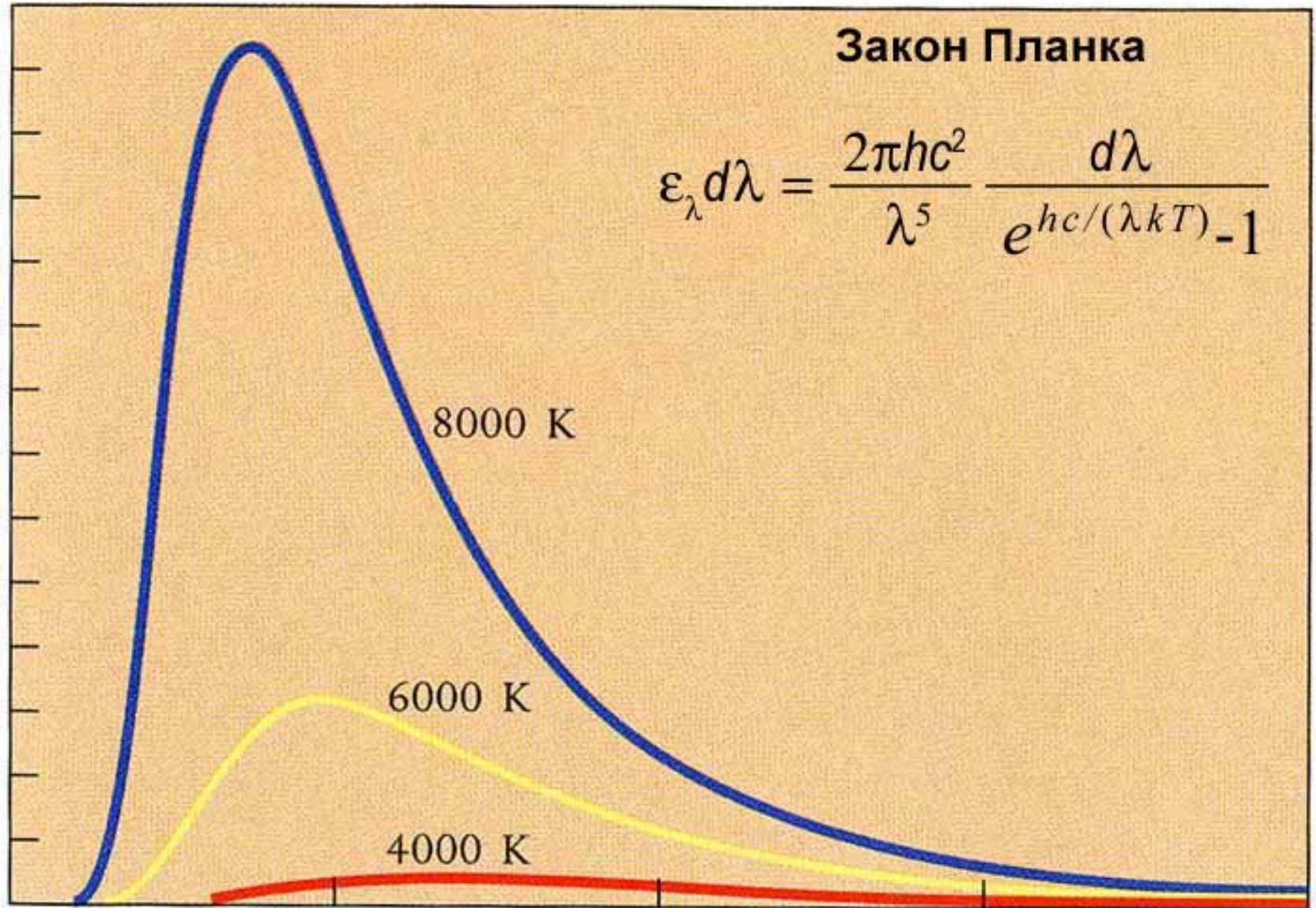
10,000

15,000

20,000

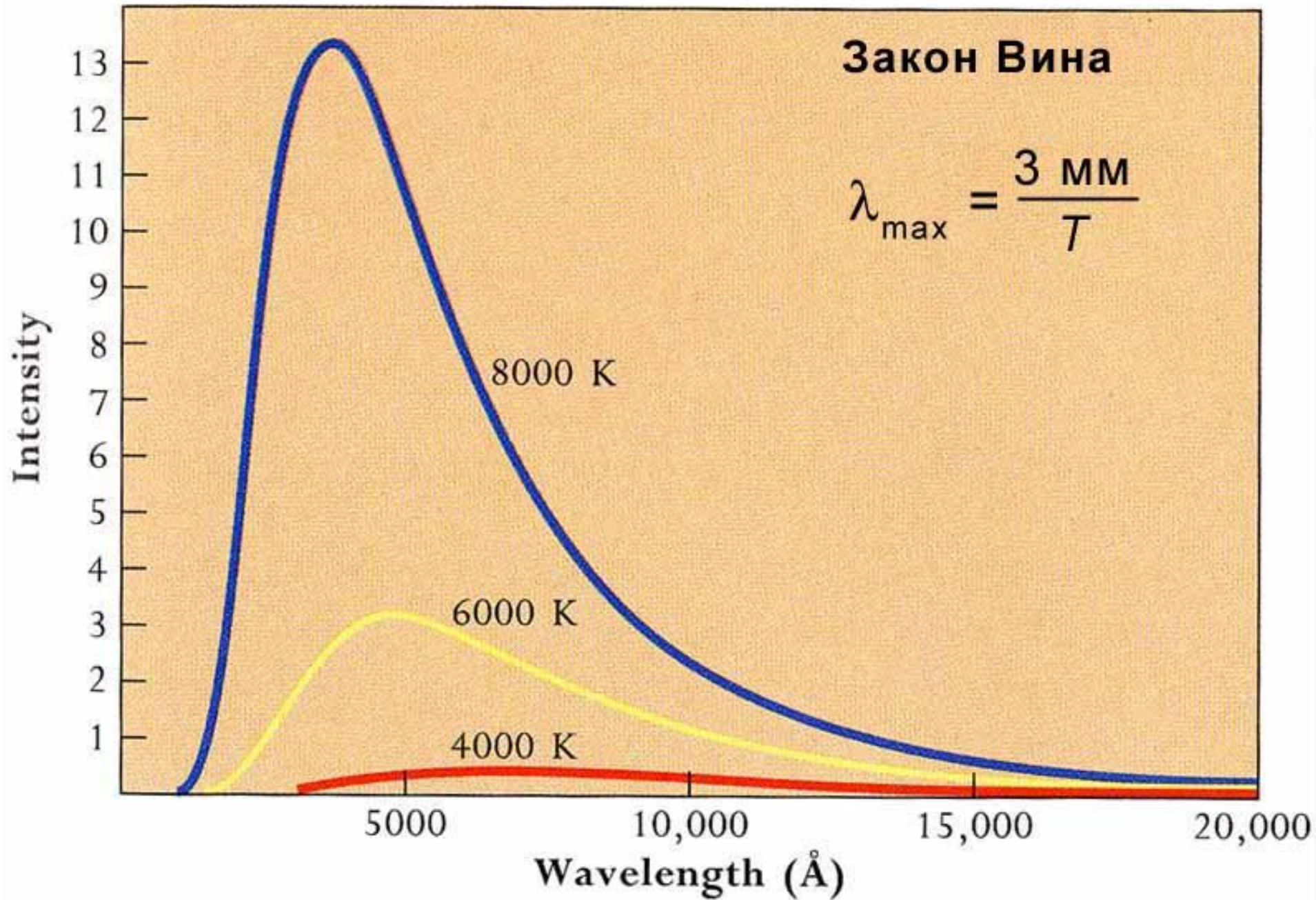
Wavelength (Å)

Излучение абсолютно черного тела



# Закон Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{3 \text{ мм}}{T}$$



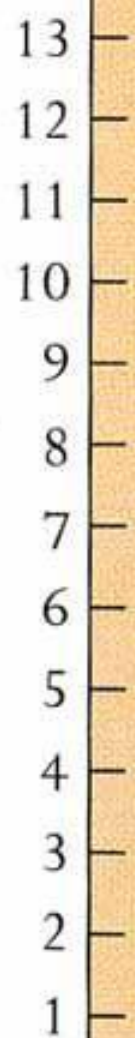
Излучение абсолютно черного тела



# Закон Стефана-Больцмана

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

Intensity



8000 K

6000 K

4000 K

5000

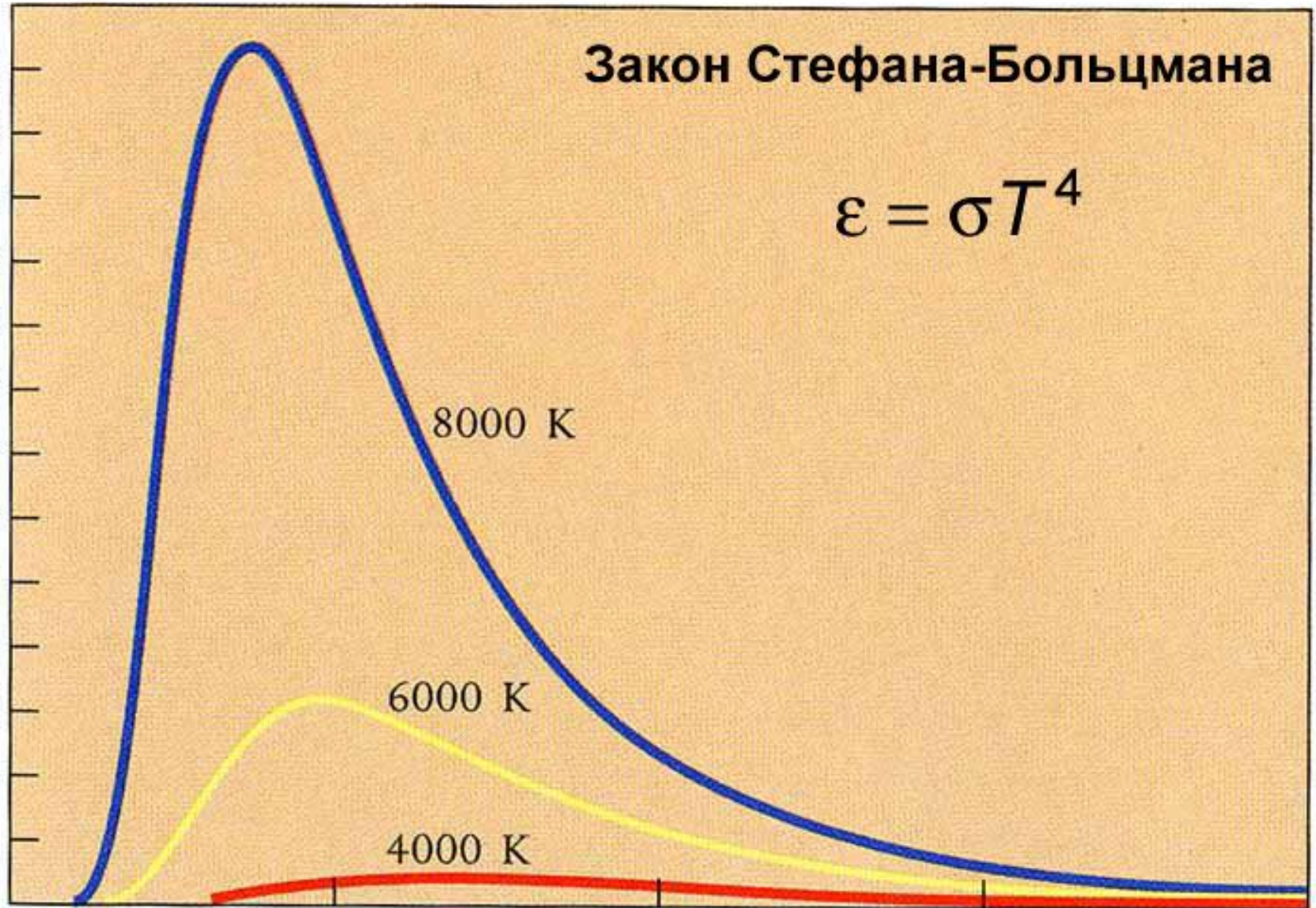
10,000

15,000

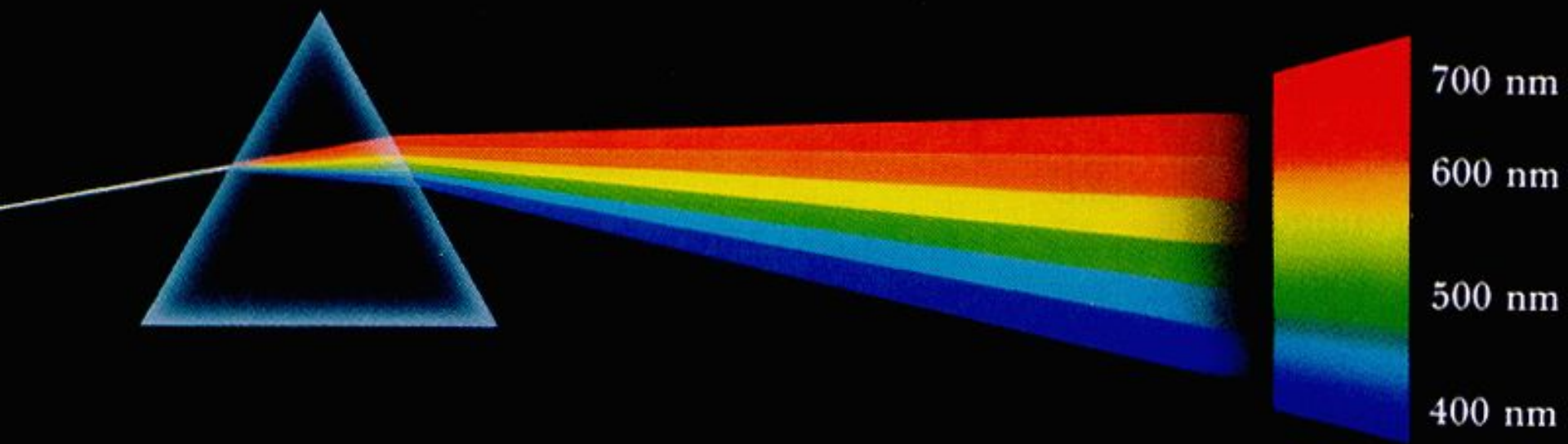
20,000

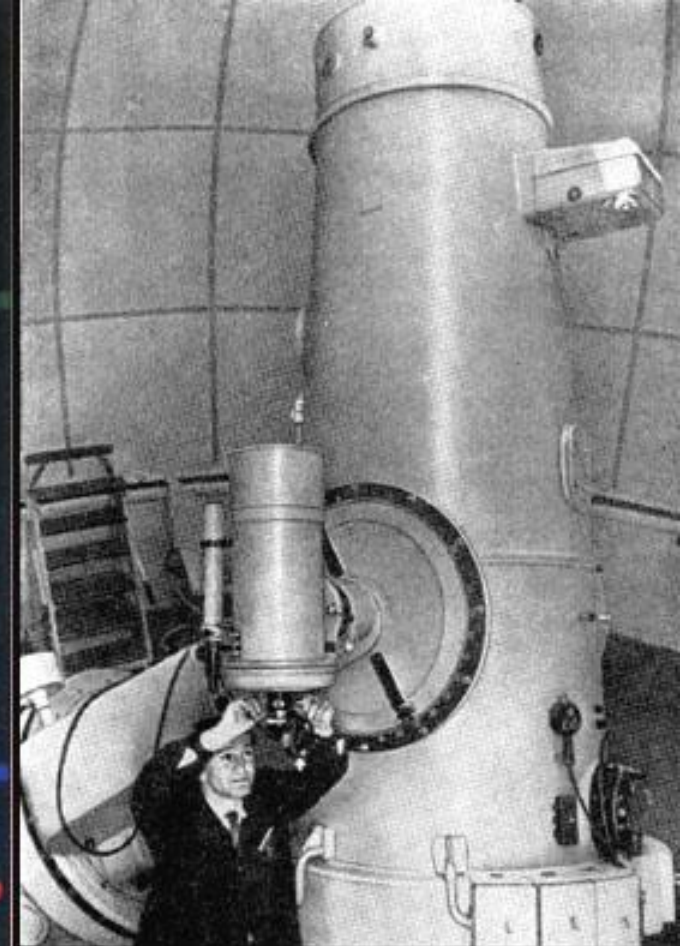
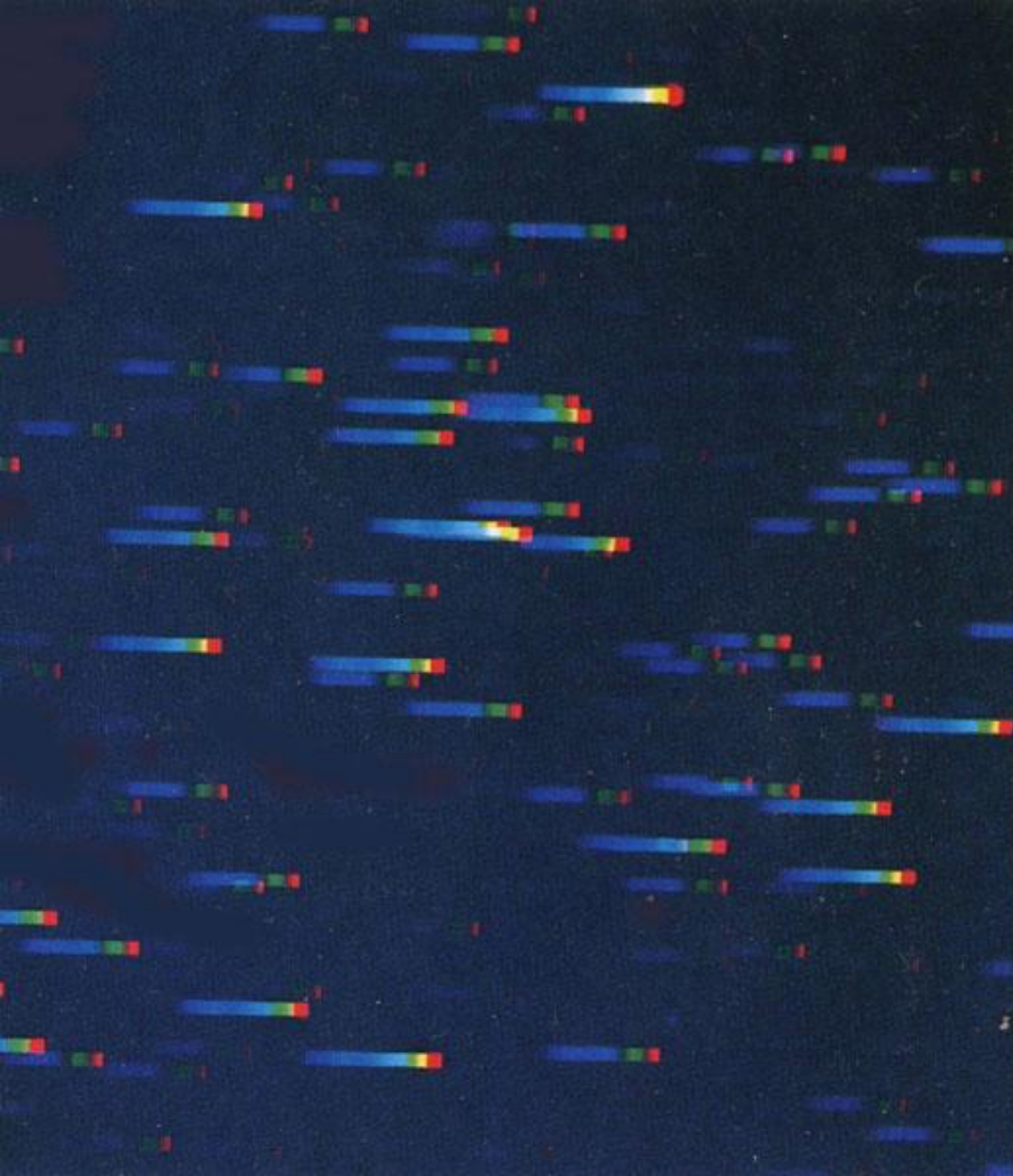
Wavelength (Å)

Излучение абсолютно черного тела

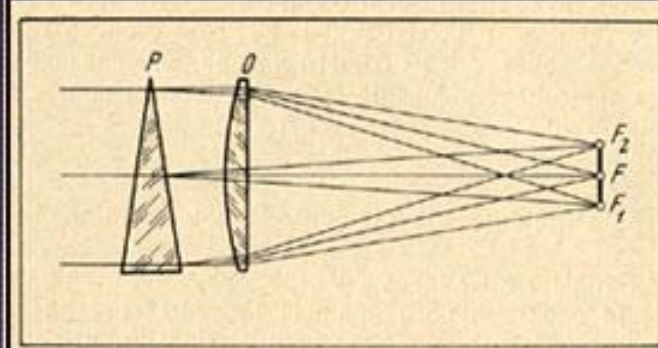


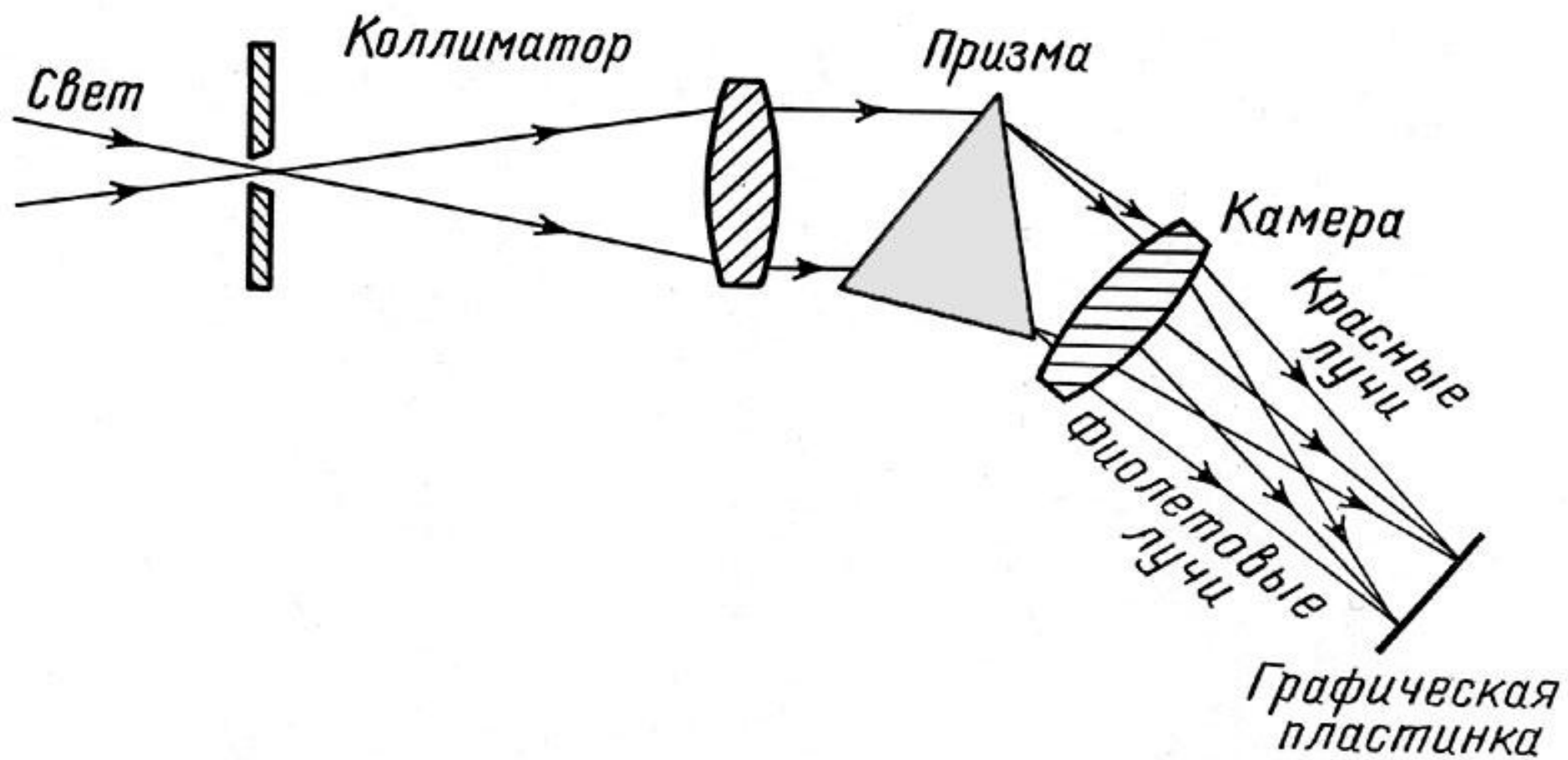


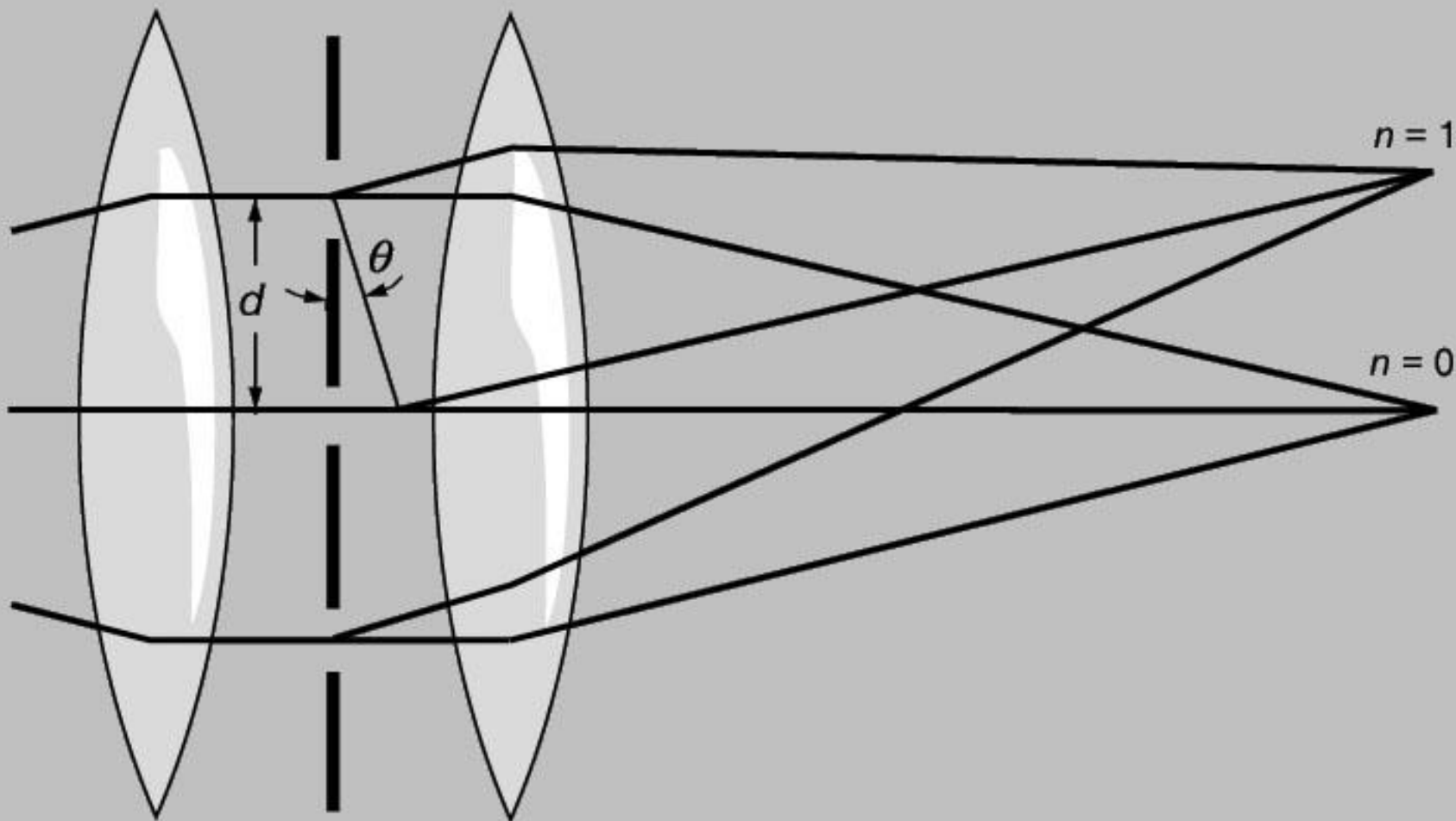




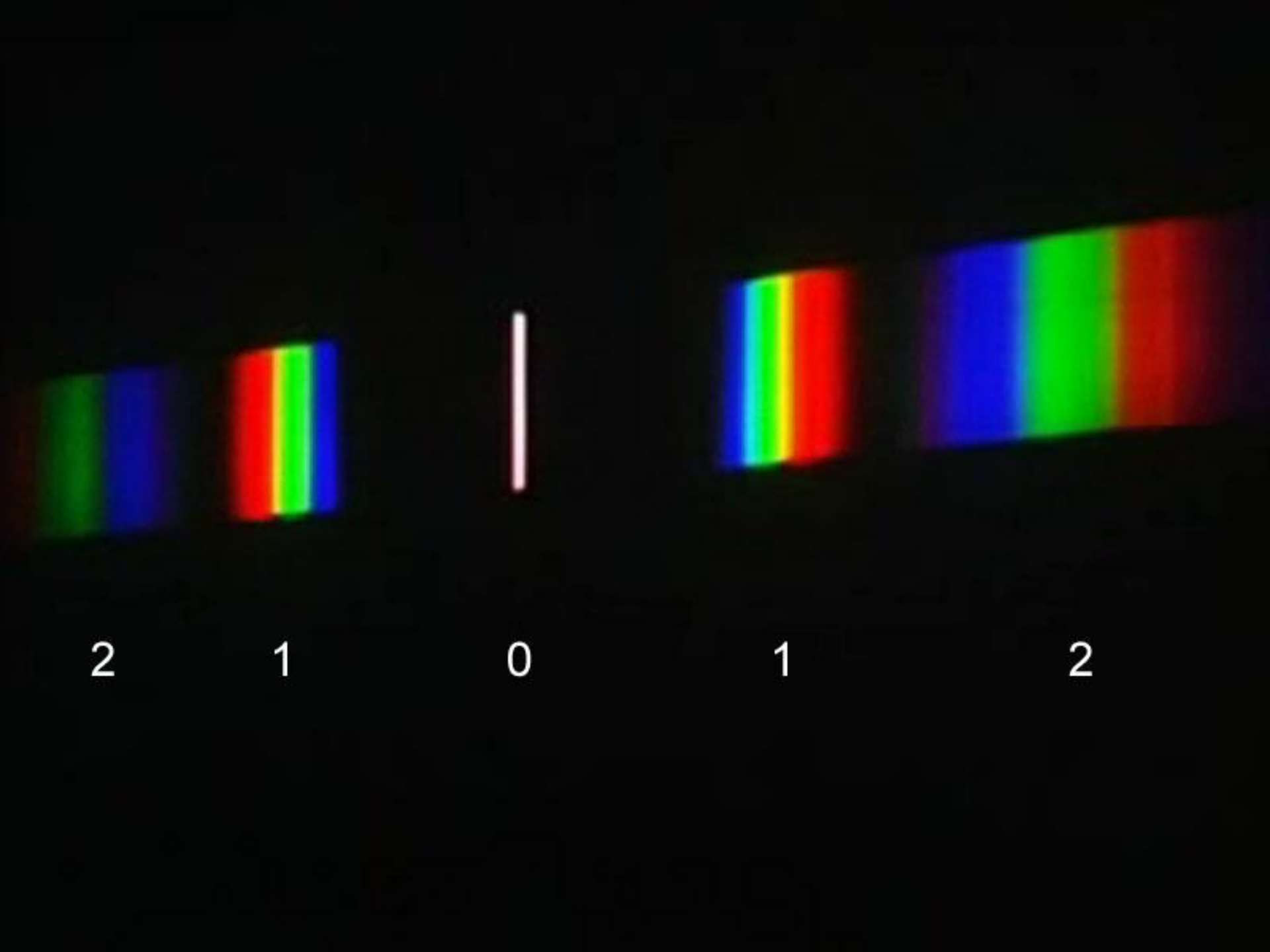
Телескоп  
с объективной призмой







Дифракционная решетка



2

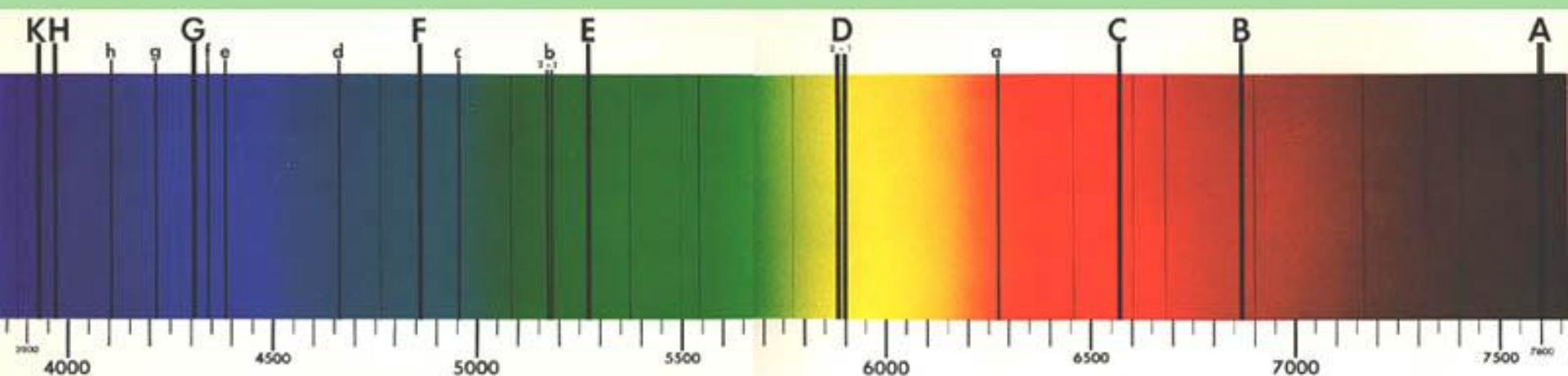
1

0

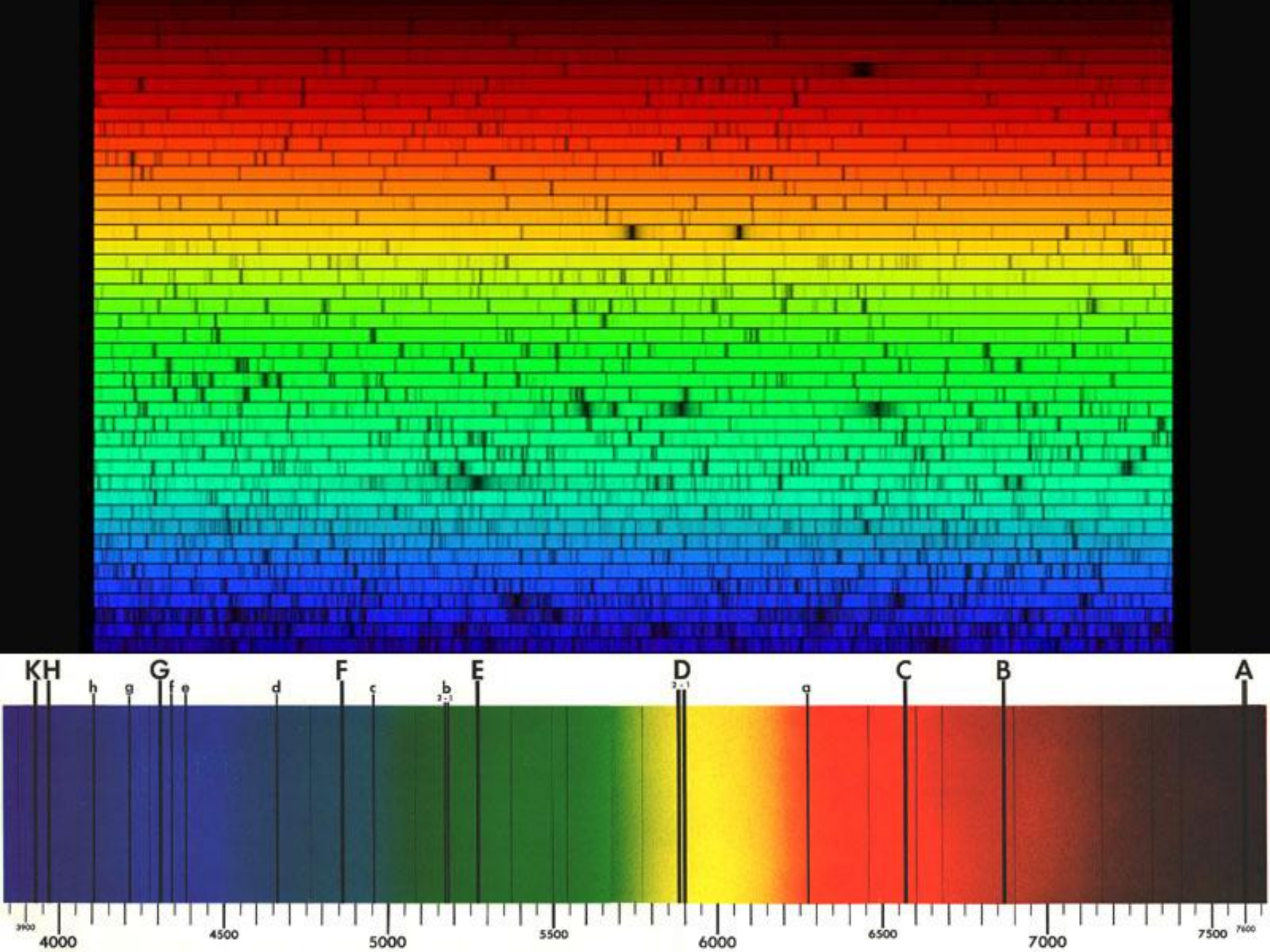
1

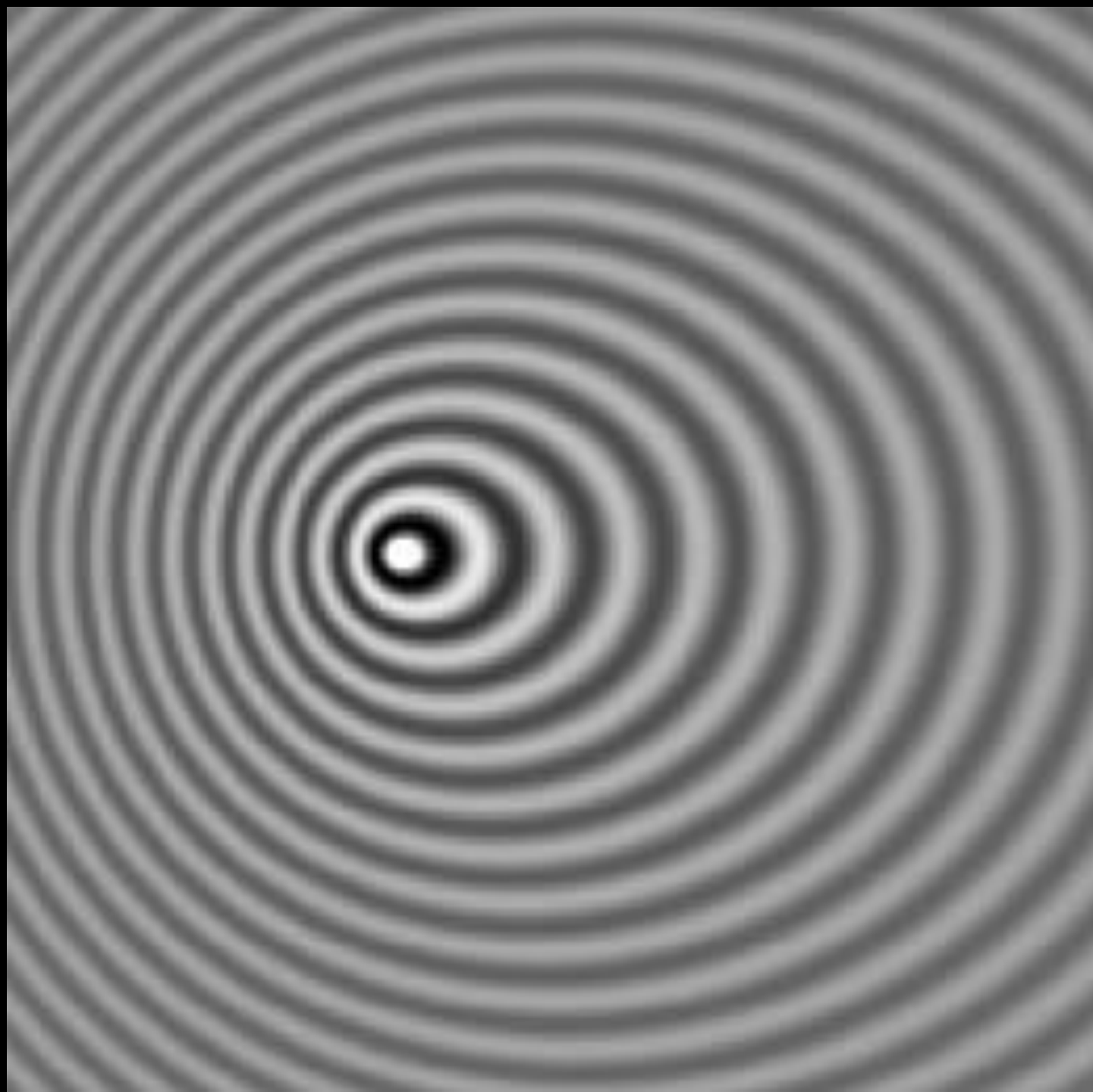
2

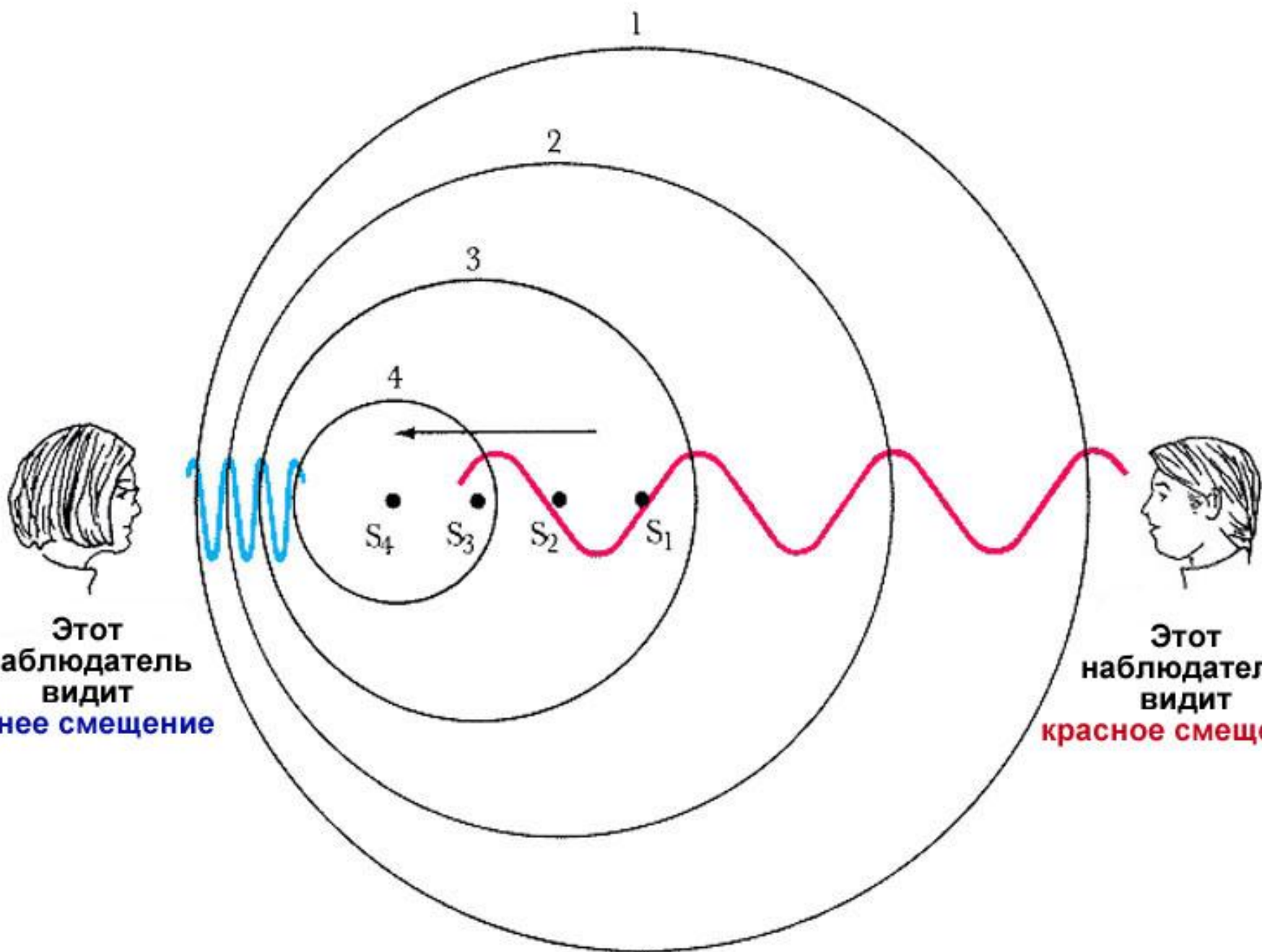
# Оптический спектр типичной звезды





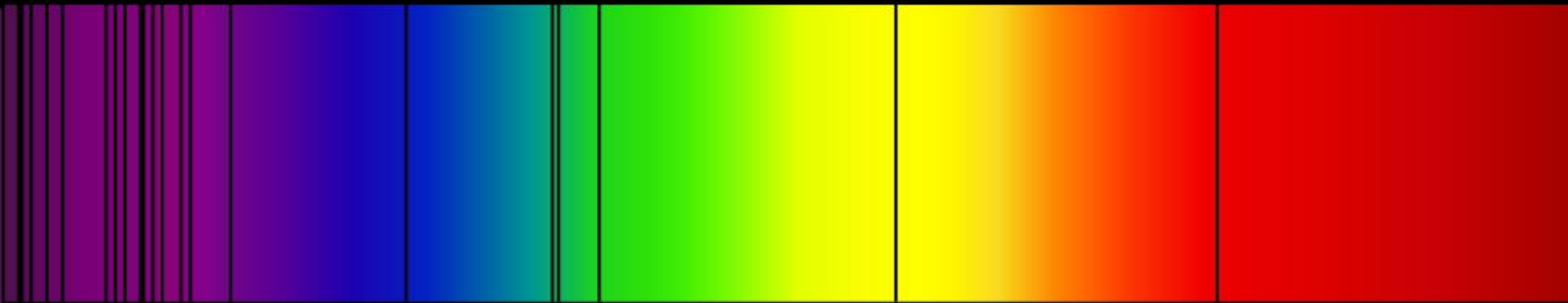
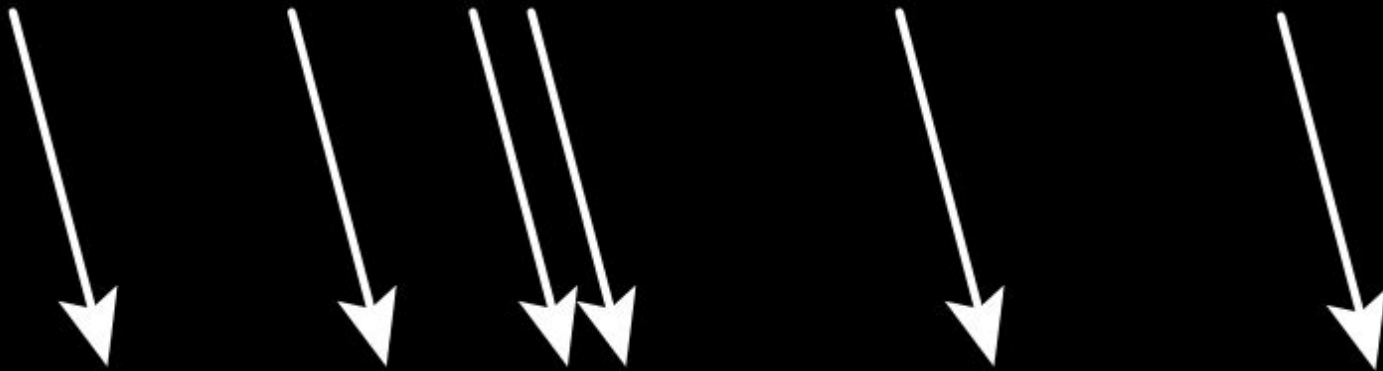
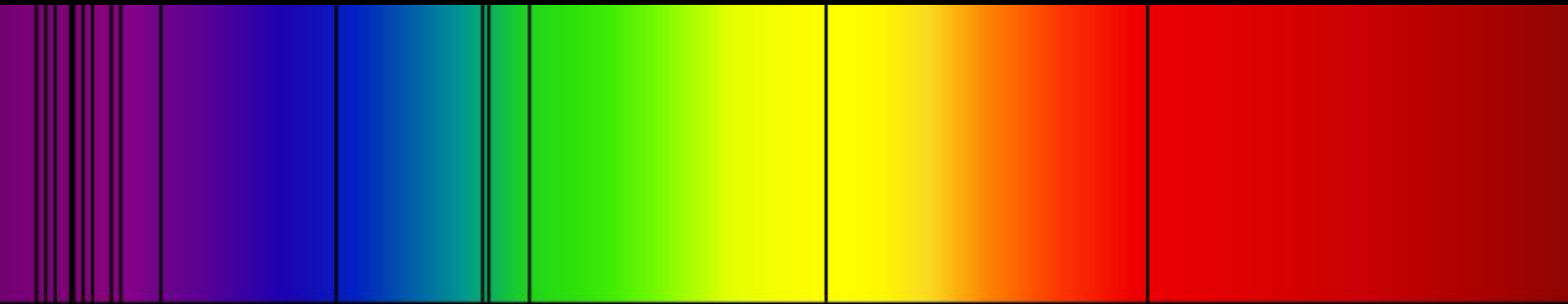






**Этот наблюдатель видит синее смещение**

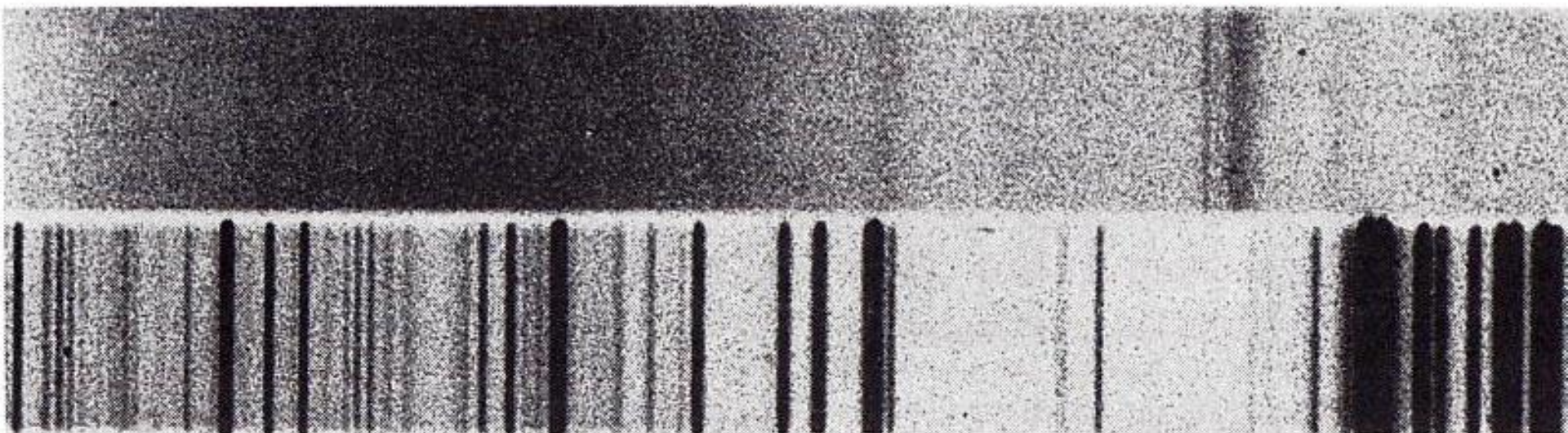
**Этот наблюдатель видит красное смещение**



Спект ярчайшего из квазаров 3C 273 ( $m_v = 12,8$  ;  $z = 0,158$ )

3C 273

H $\delta$  H $\gamma$  H $\beta$  [O III]



Comparison

4000 Å H $\delta$  H $\gamma$  H $\beta$  5000 Å

6000 Å

