

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



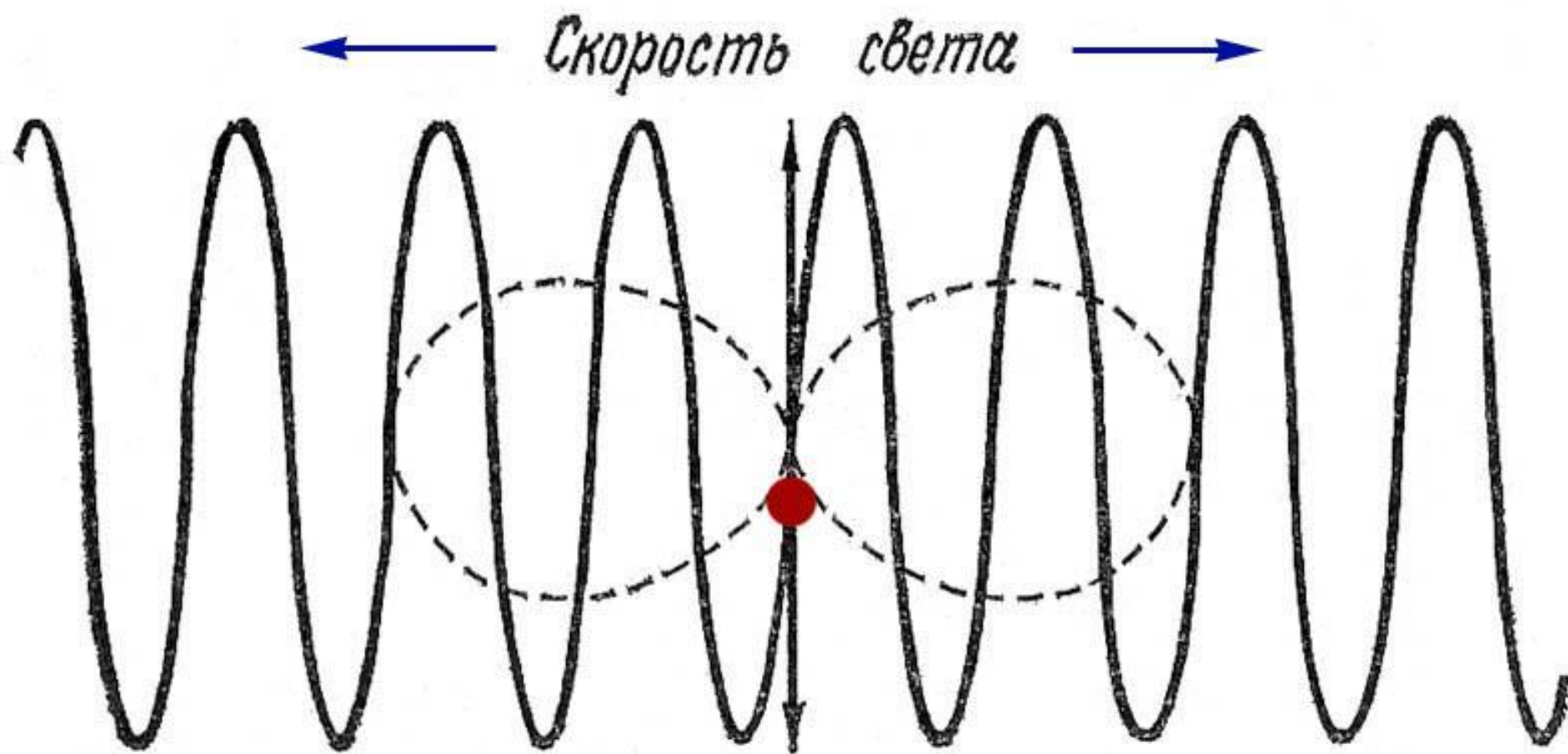
Видимый свет ($3500\text{-}7000 \text{ \AA}$) = 1 октава

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

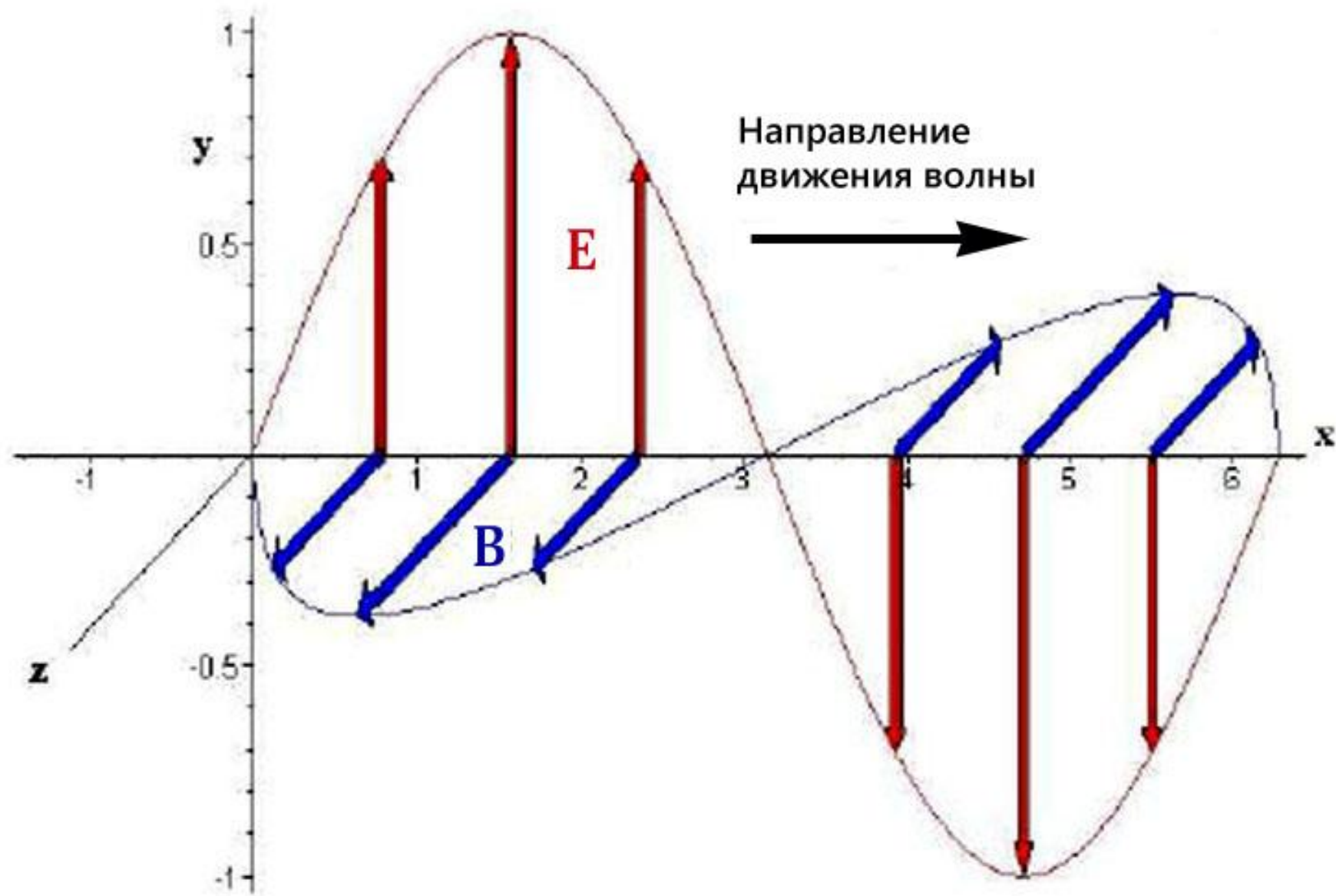
	CLASS	FREQUENCY	WAVELENGTH	ENERGY
Gamma rays	γ	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
Hard X-rays	HX	30 EHz	10 pm	124 keV
Soft X-Rays	SX	3 EHz	100 pm	12.4 keV
Extreme ultraviolet	EX	300 PHz	1 nm	1.24 keV
Near ultraviolet	NUV	30 PHz	10 nm	124 eV
Visible light	VL	3 PHz	100 nm	12.4 eV
Near infrared	NIR	300 THz	1 μ m	1.24 eV
Moderate infrared	MIR	30 THz	10 μ m	124 meV
Far infrared	FIR	3 THz	100 μ m	12.4 meV
Extremely high frequency	EHF	300 GHz	1 mm	1.24 meV
Super high frequency	SHF	30 GHz	1 cm	124 μ eV
Ultrahigh frequency	UHF	3 GHz	1 dm	12.4 μ eV
Very high frequency	VHF	300 MHz	1 m	1.24 μ eV
High frequency	HF	30 MHz	1 dam	124 neV
Medium frequency	MF	3 MHz	1 hm	12.4 neV
Low frequency	LF	300 kHz	1 km	1.24 neV
Very low frequency	ULF	30 kHz	10 km	124 peV
Voice (Ultra low)	VF	3 kHz	100 km	12.4 peV
Super low freq	ELF	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
Extremely low frequency	ELF	30 Hz	10 Mm	124 feV
		3 Hz	100 Mm	12.4 feV

Электромагнитный спектр, исследуемый в астрофизике

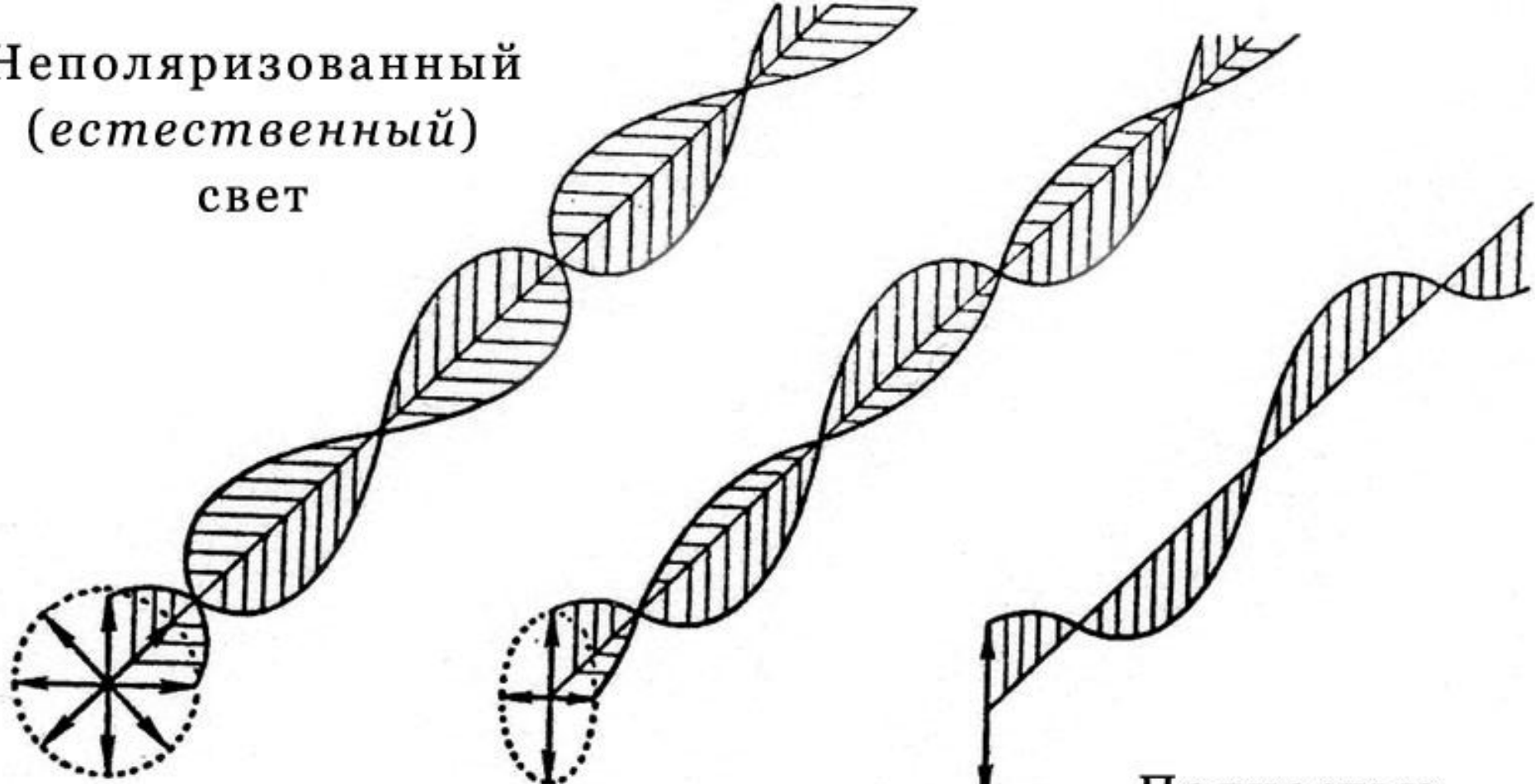
Область спектра	Длина волны
Радио	> 1 мм
ИК излучение	0,76 мкм - 1 мм
Видимое излучение	390 - 760 нм
Ближний УФ	310 - 390 нм
Далекий УФ	10 - 310 нм
Рентген	0,01 - 10 нм
Гамма-лучи	$< 0,01$ нм



**Колебание электрического заряда
рождает электромагнитную волну**



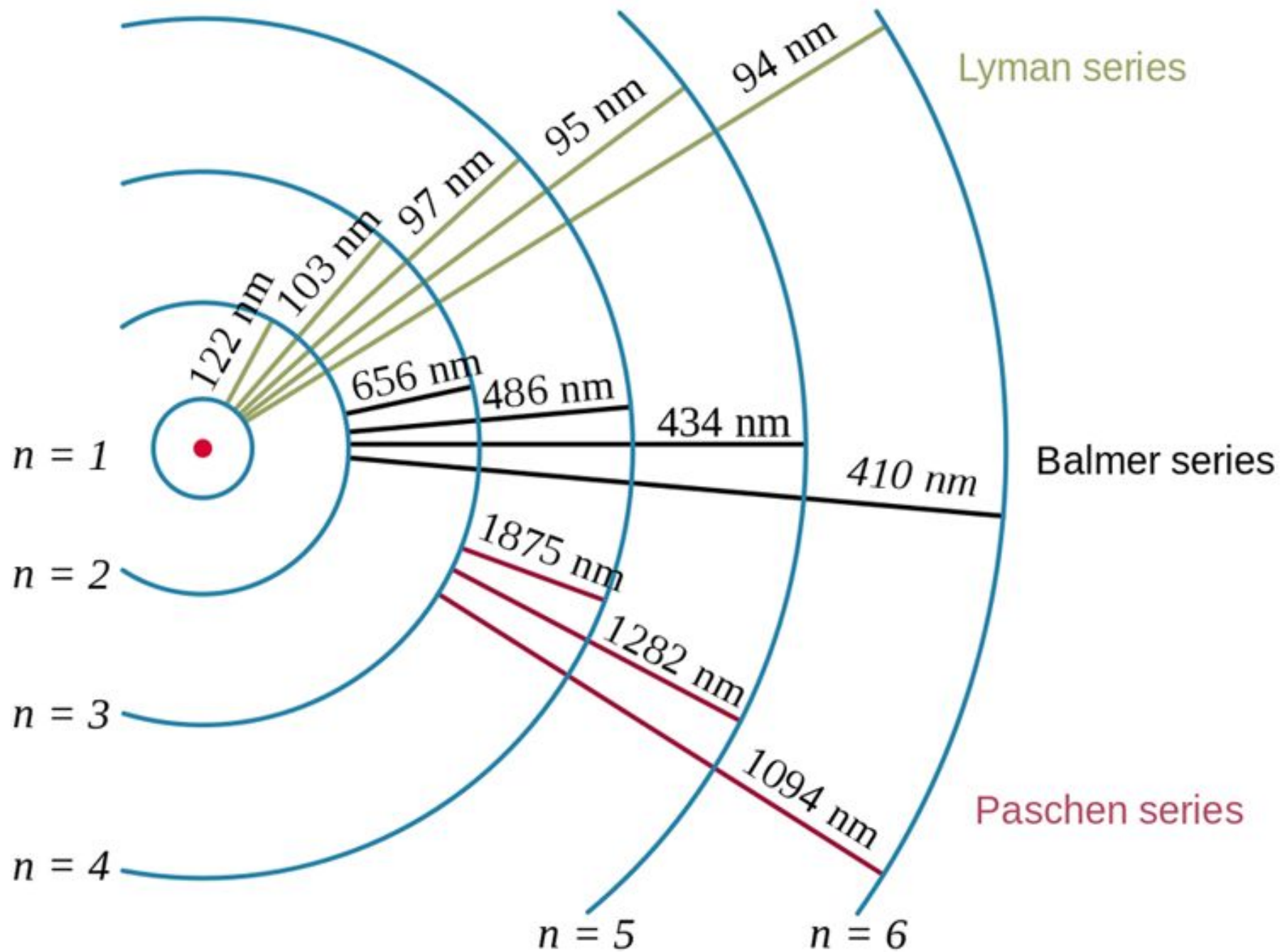
Неполяризованный
(естественный)
свет

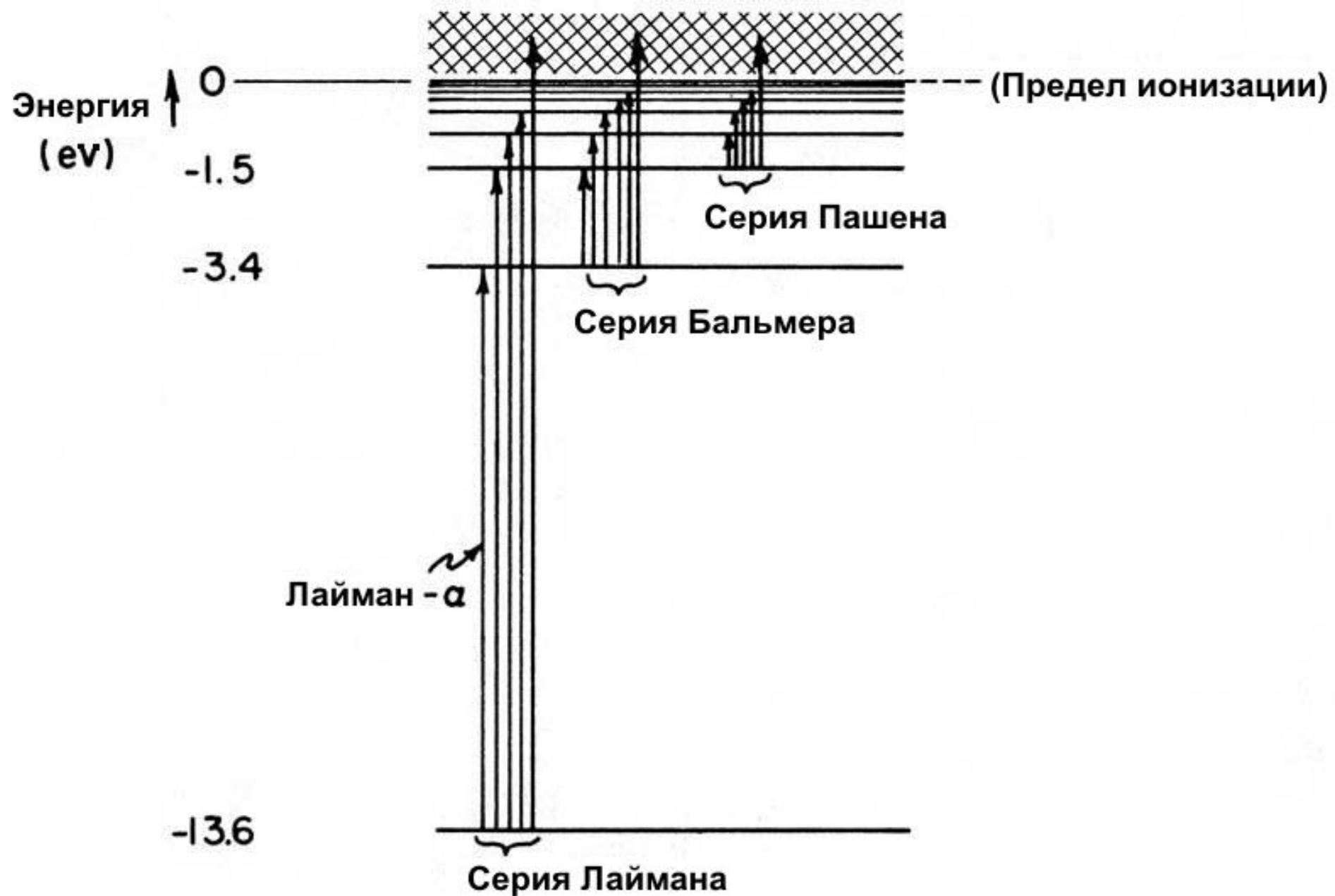


Частично
поляризованный
свет

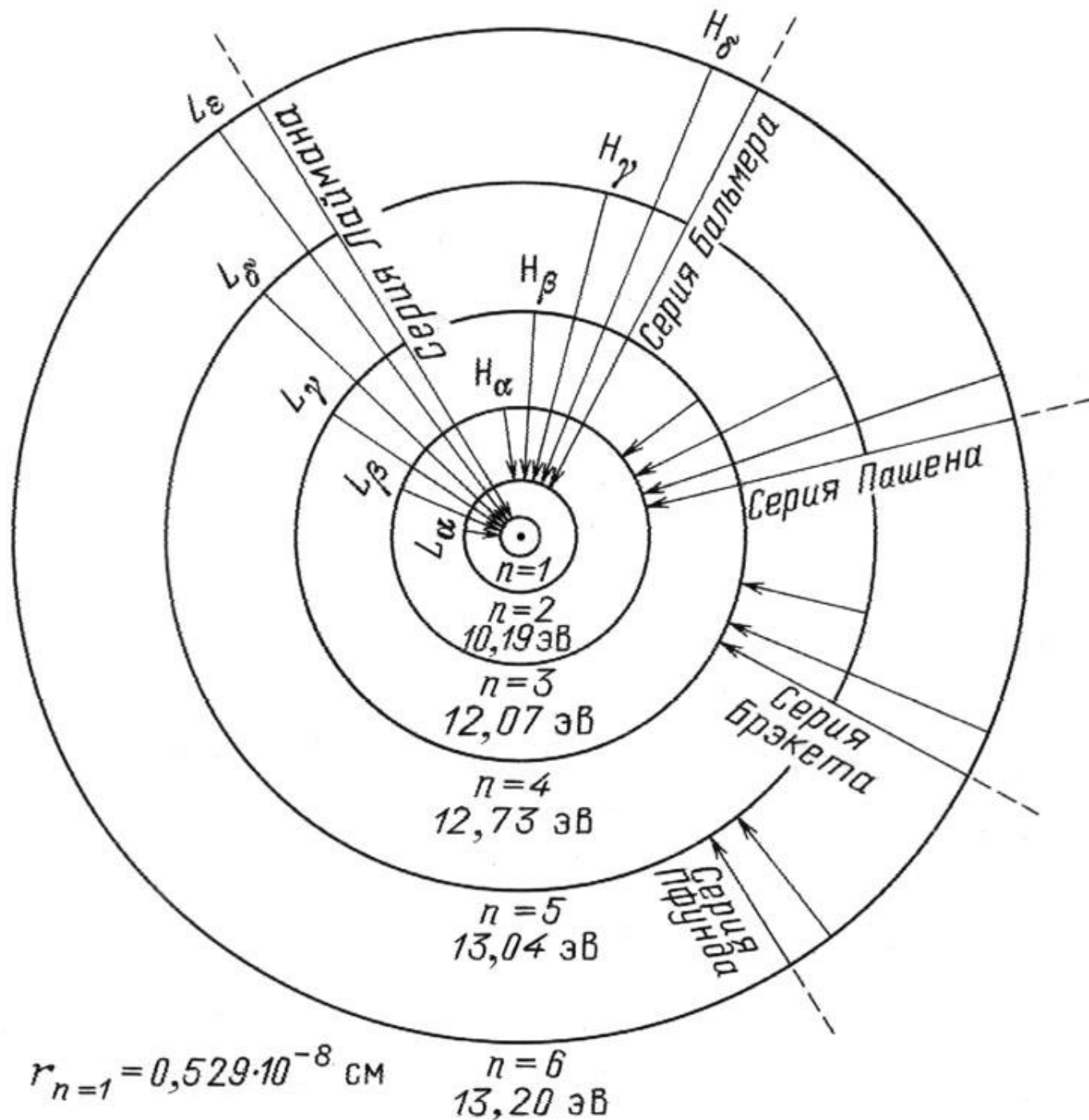
Полностью
поляризованный
свет

Указано направление и амплитуда колебаний
вектора электрического поля





Энергетический спектр атома водорода



Энергетические
уровни
атома
водорода

Сери́и
Бальме́ра
Лайма́на
Па́шена
Бра́кетта
Пфу́нда

Энергия связи
электрона
на первом
уровне
13,6 эВ

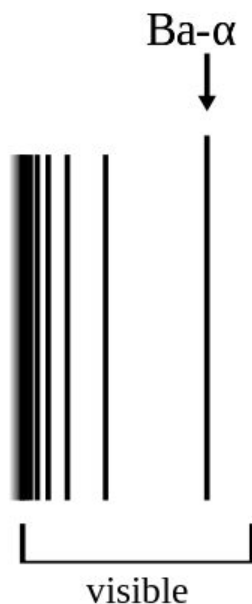
Спектральные серии водорода

(в логарифмической шкале длины волны)

Lyman



Balmer



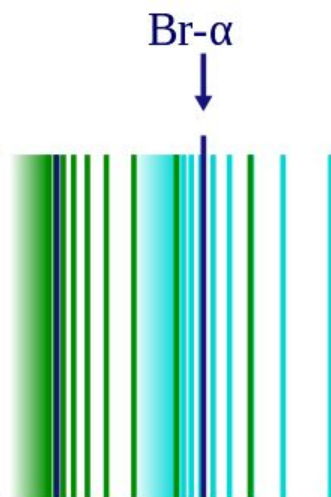
Paschen



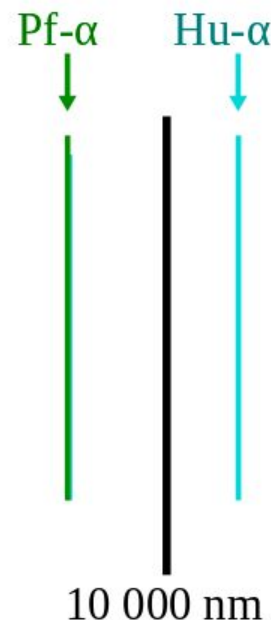
Brackett



Pfund



Humphreys



Альтернативные обозначения

Серия Лаймана

$Ly\alpha$ Ly_α
 $L\alpha$ L_α

Серия Бальмера

$H\alpha$ H_α
 $H-\alpha$

Следующие линии серии
(например - Лаймана)

$L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$, $L\delta$, ... $L\epsilon$ ($Ly\epsilon$)

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

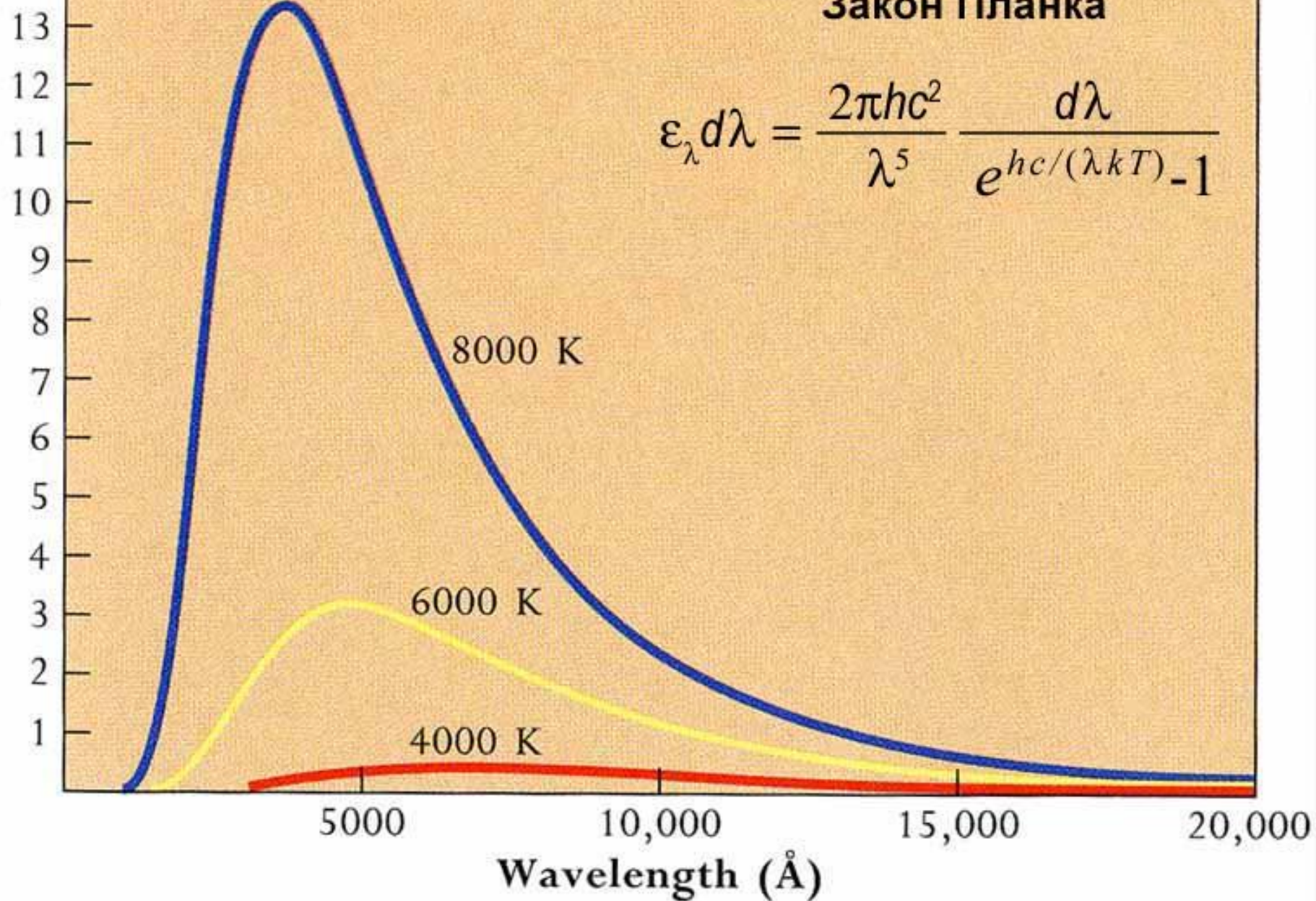
$$\nu = 2,18 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

(Бытовой радиодиапазон: 1 - 100 МГц)

Закон Планка

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

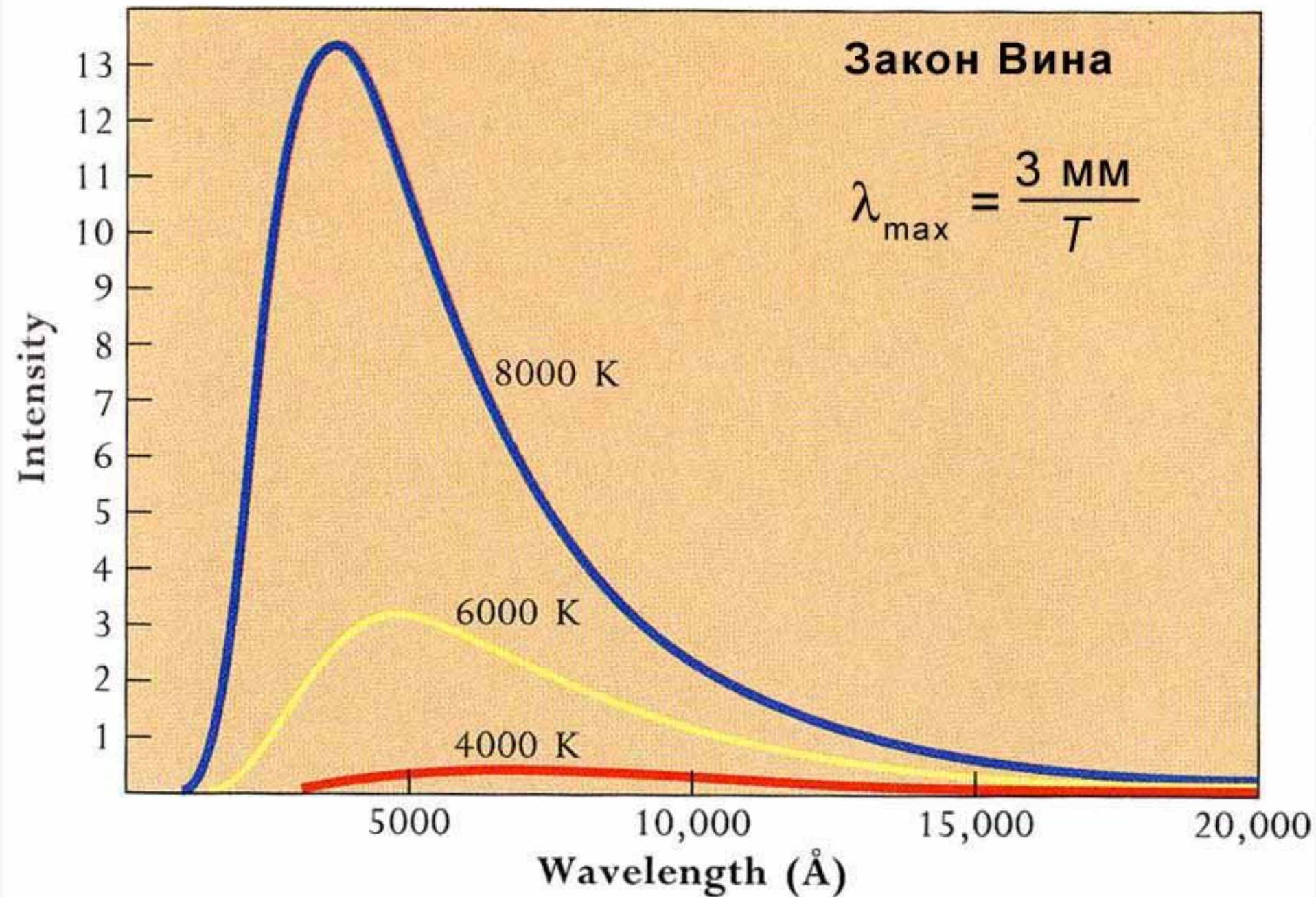
Intensity



Излучение абсолютно черного тела

Закон Вина

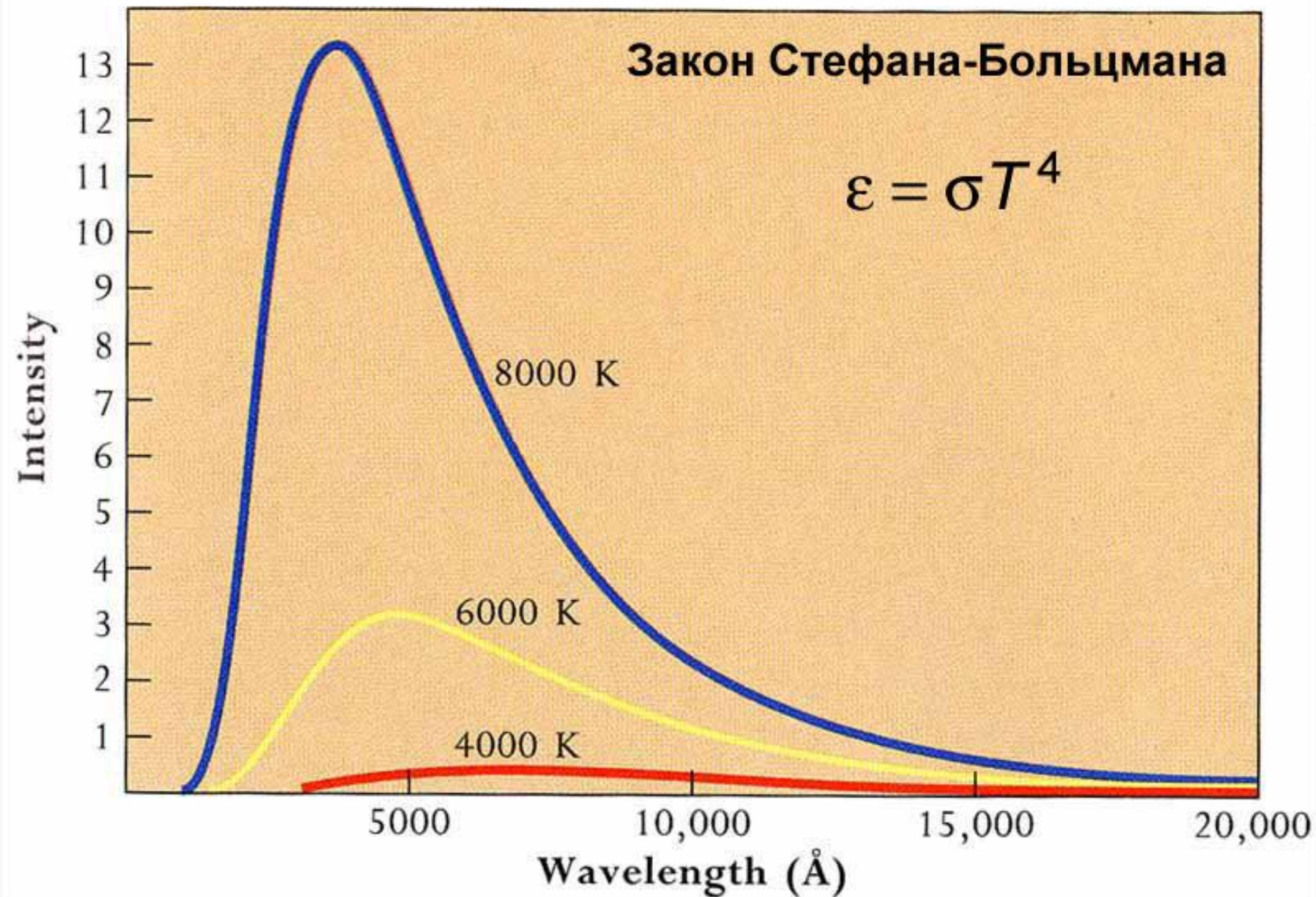
$$\lambda_{\text{max}} = \frac{3 \text{ мм}}{T}$$



Излучение абсолютно черного тела

Закон Стефана-Больцмана

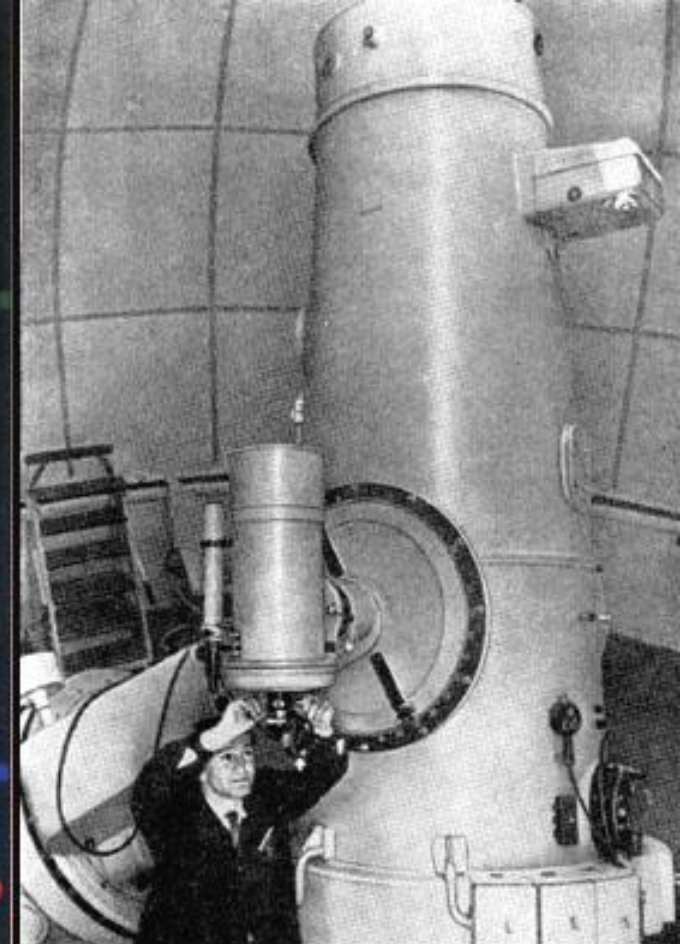
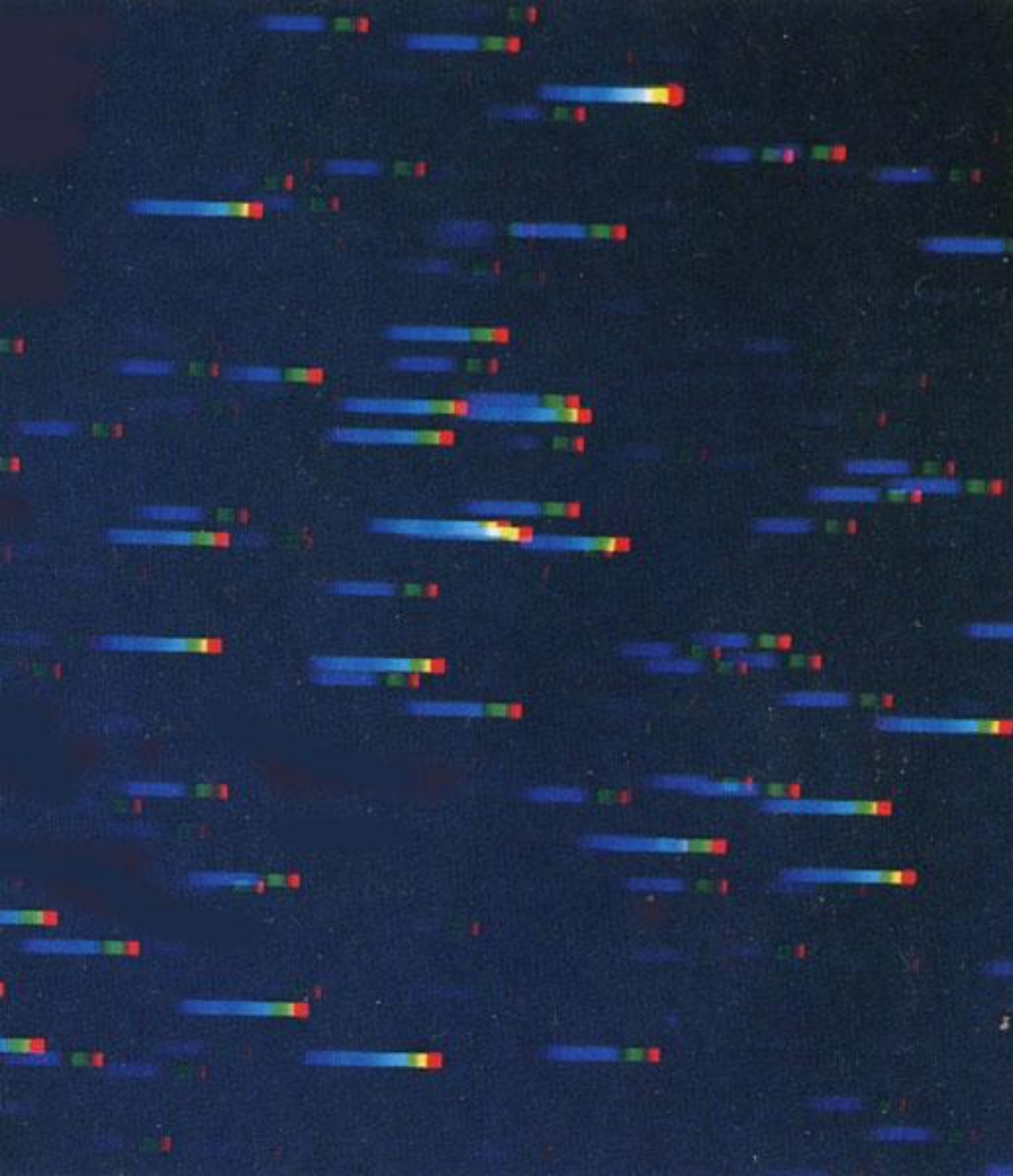
$$\varepsilon = \sigma T^4$$



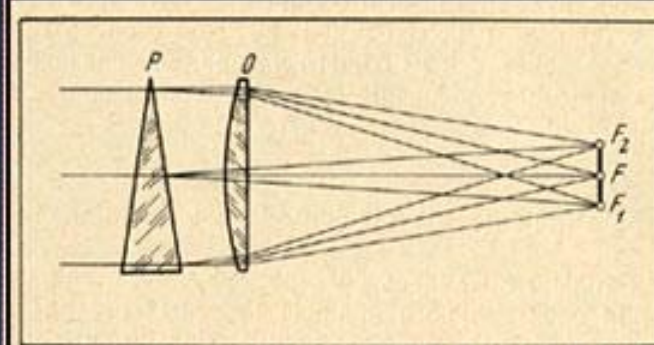
Излучение абсолютно черного тела

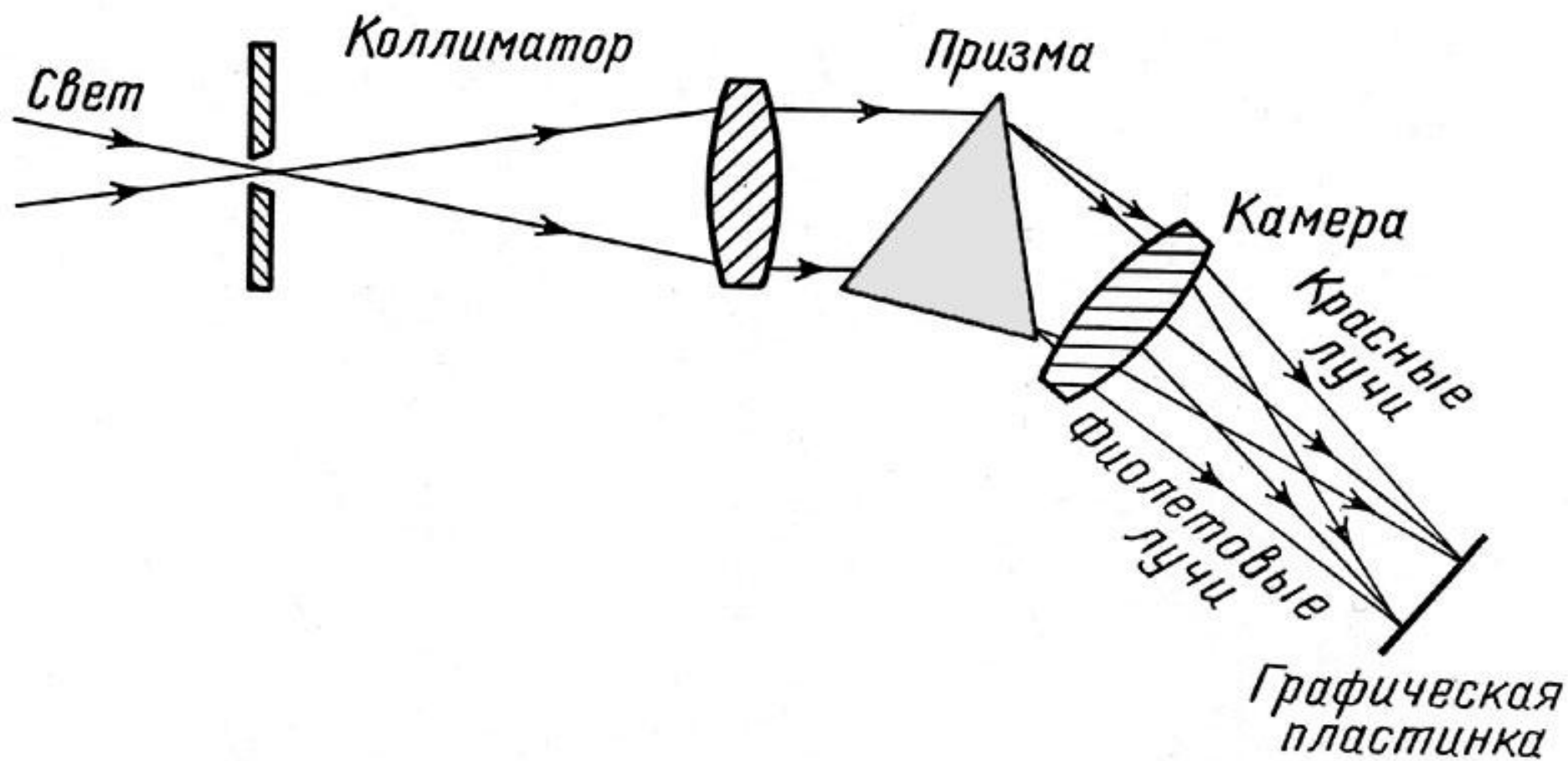


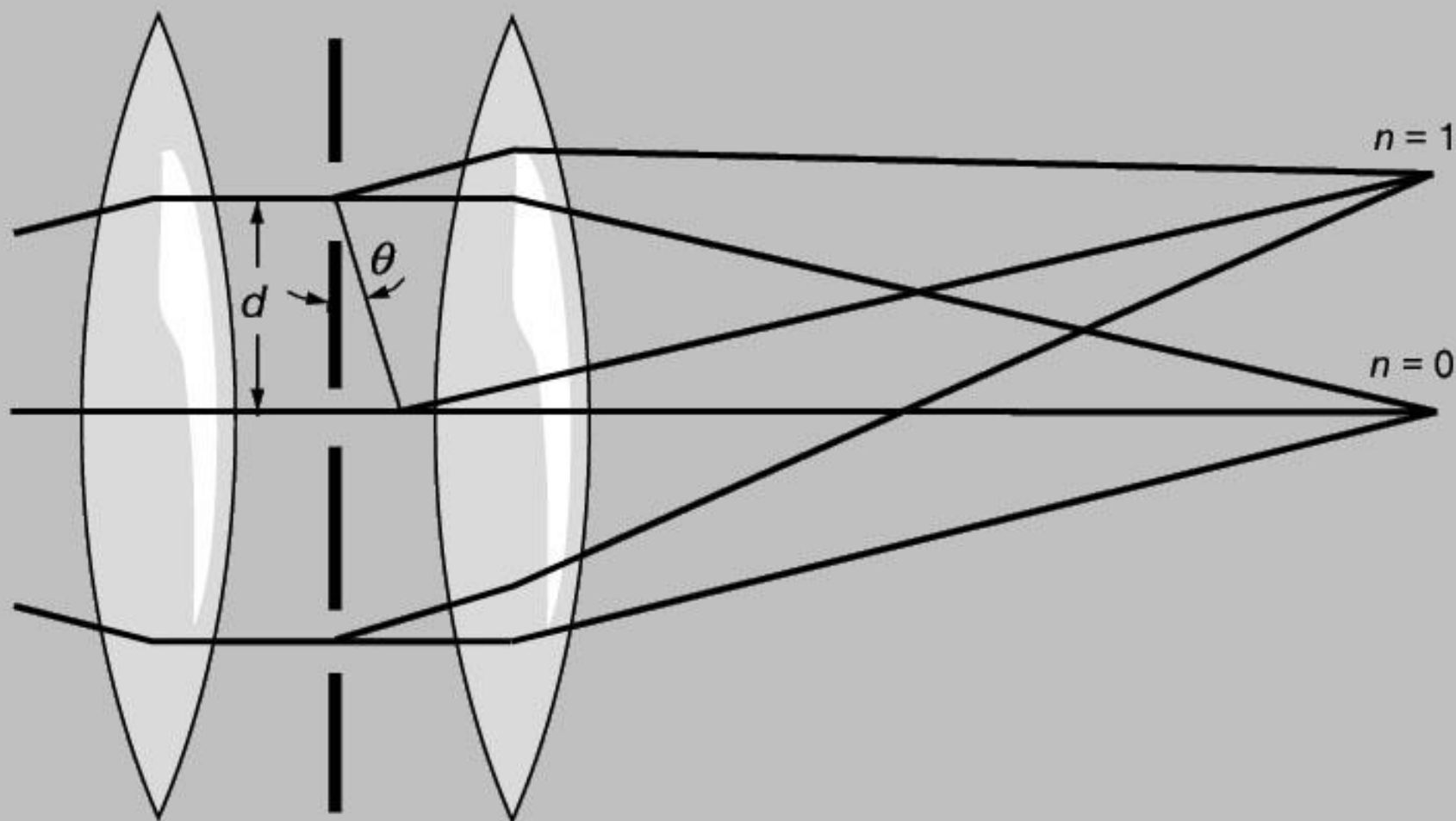




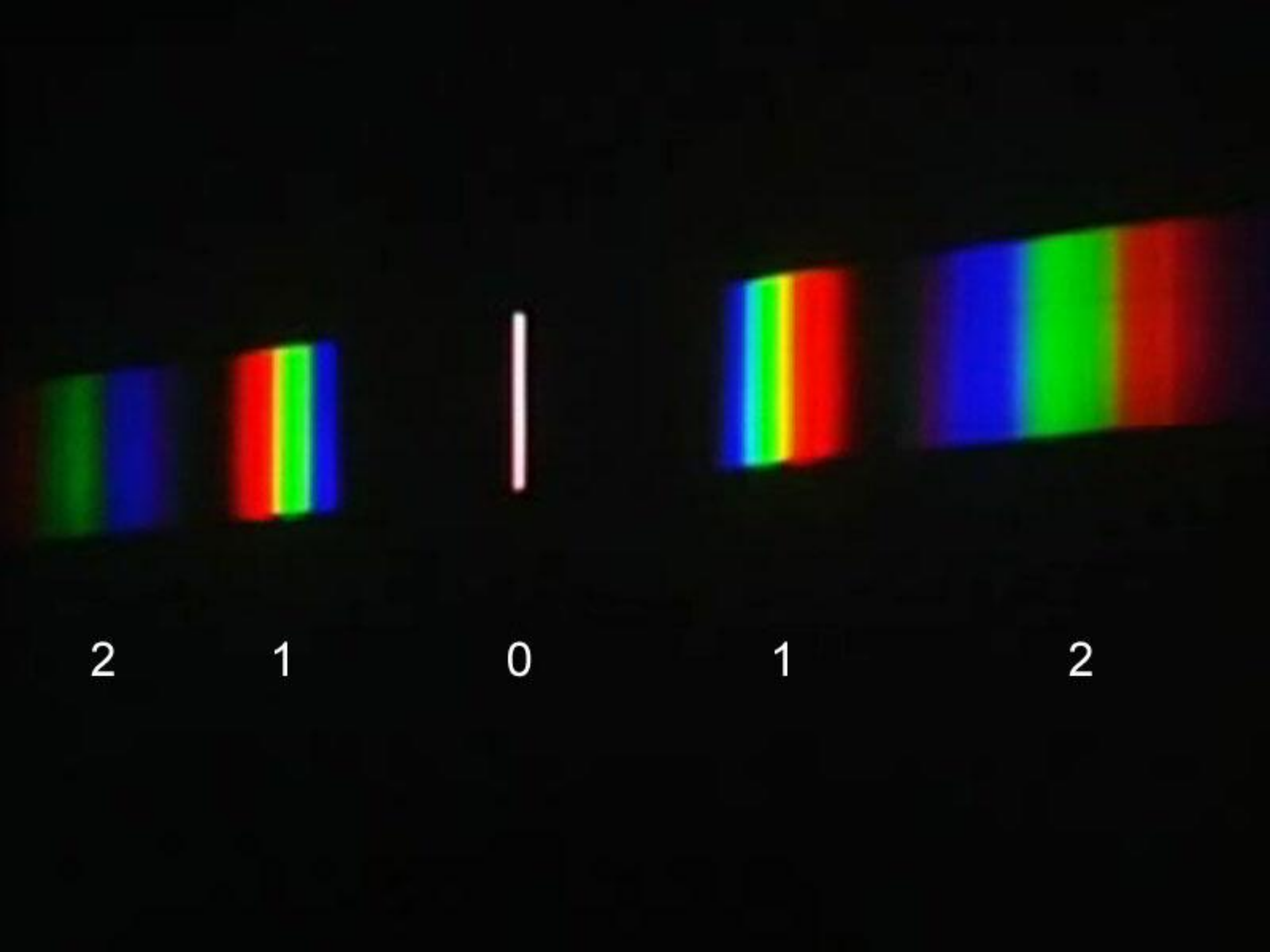
Телескоп
с объективной призмой



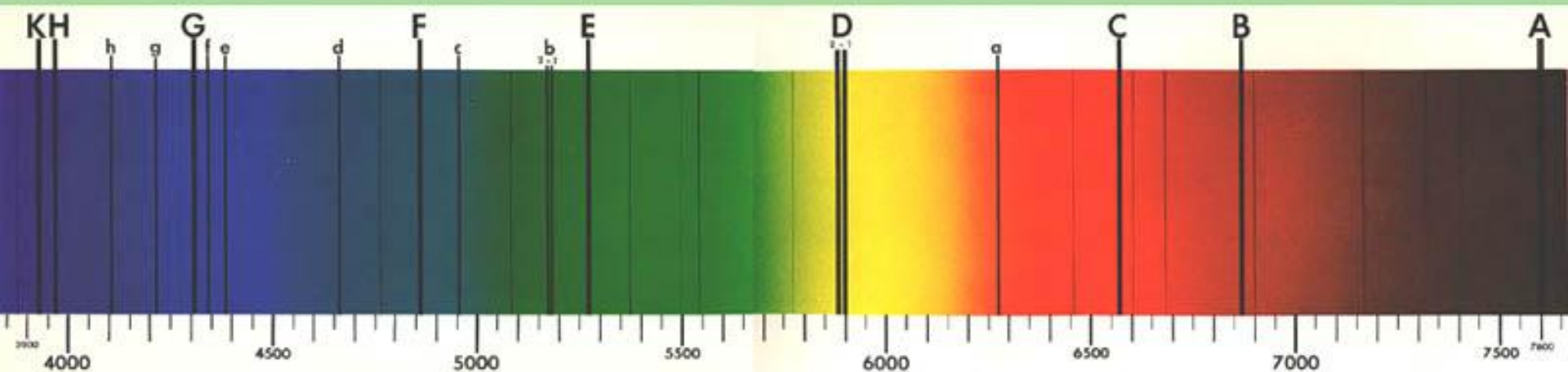


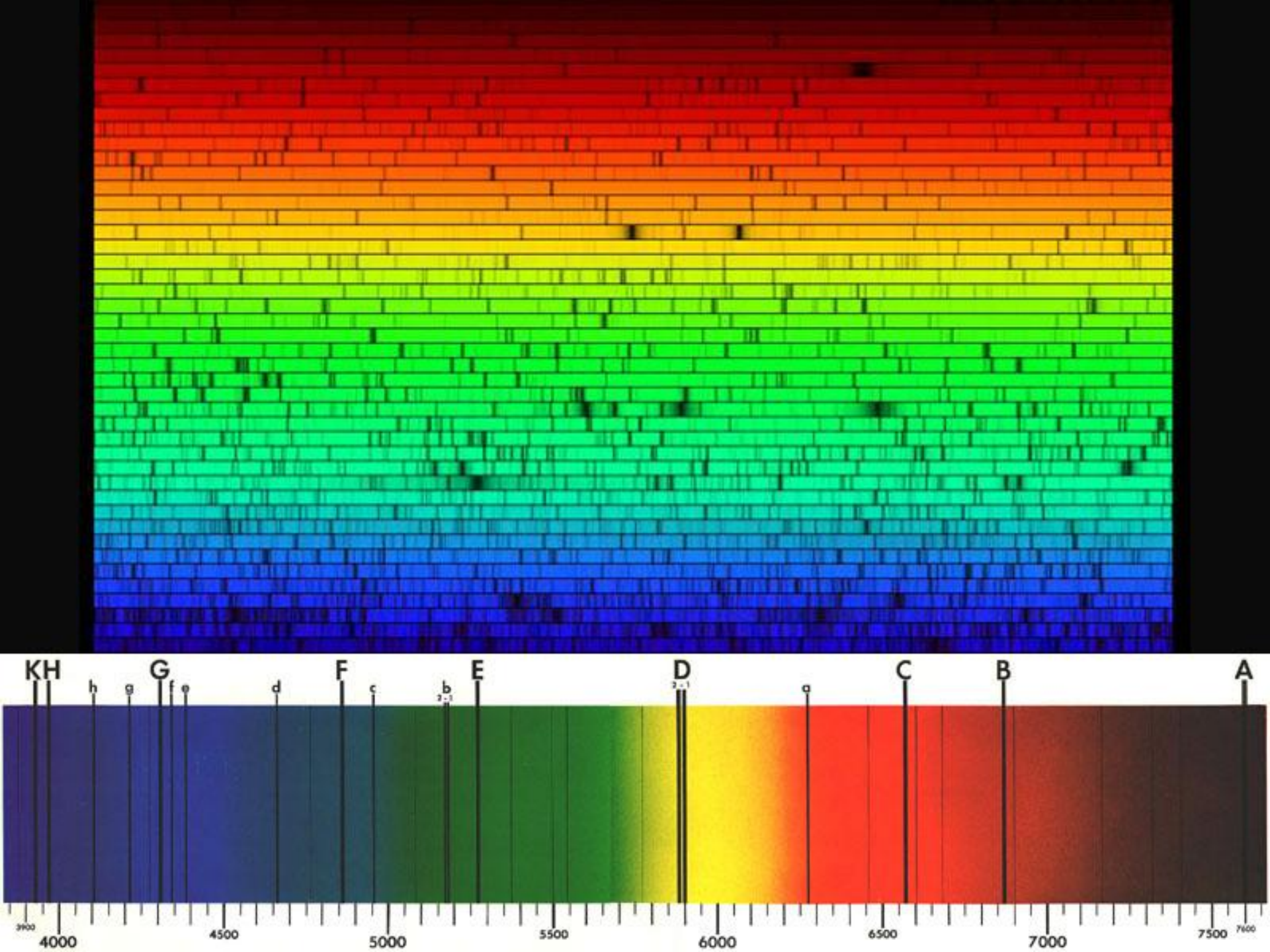


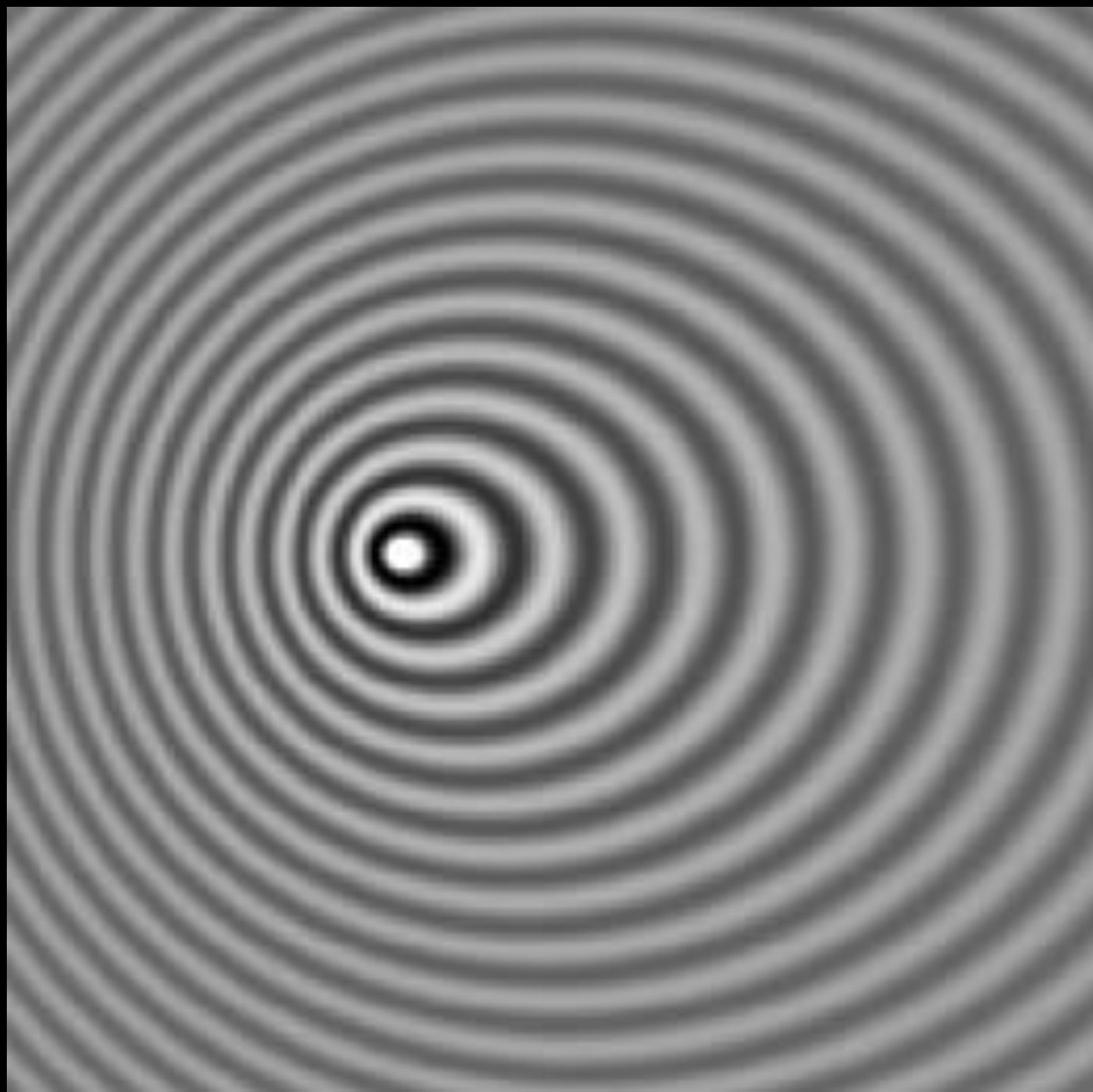
Дифракционная решетка

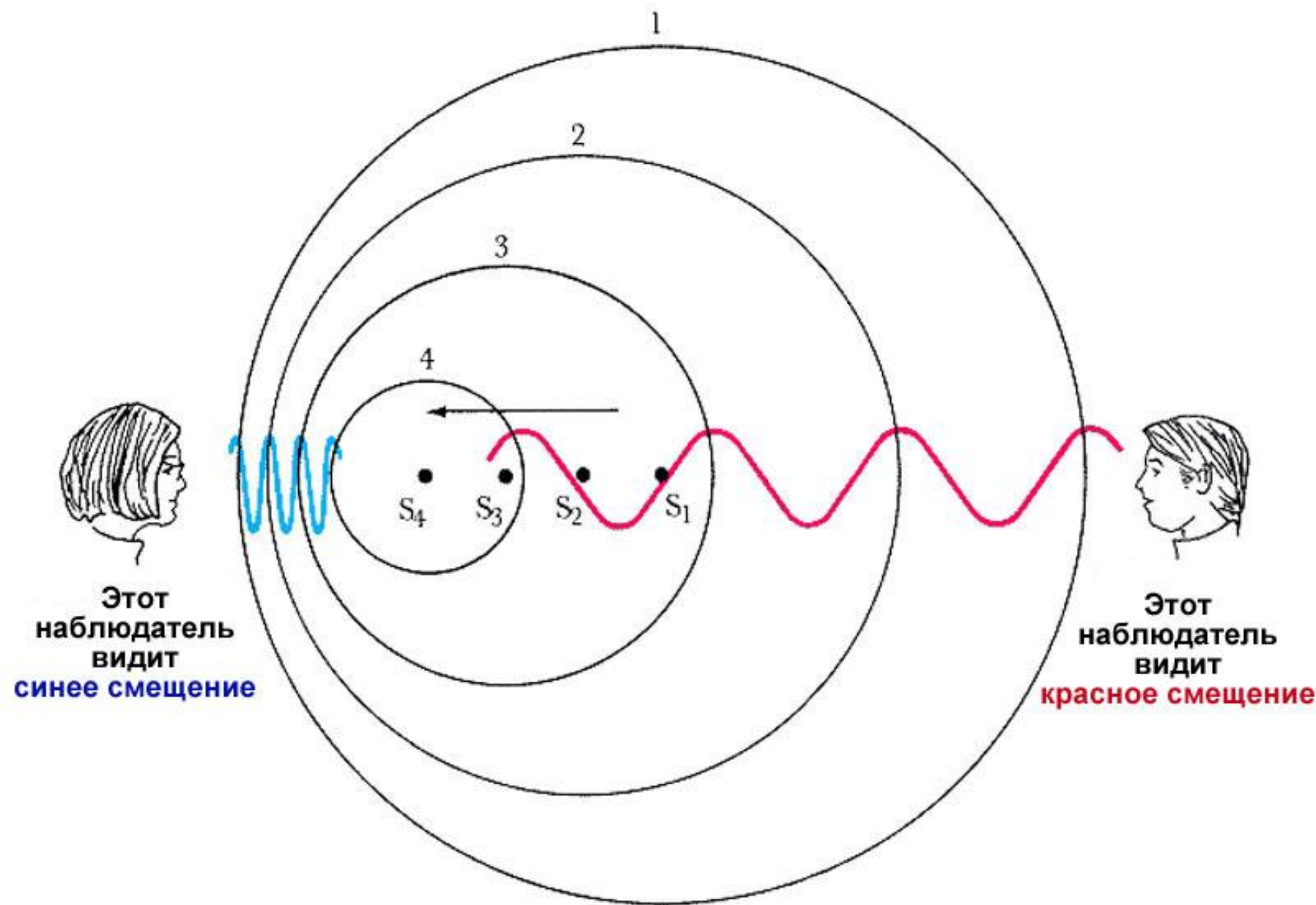


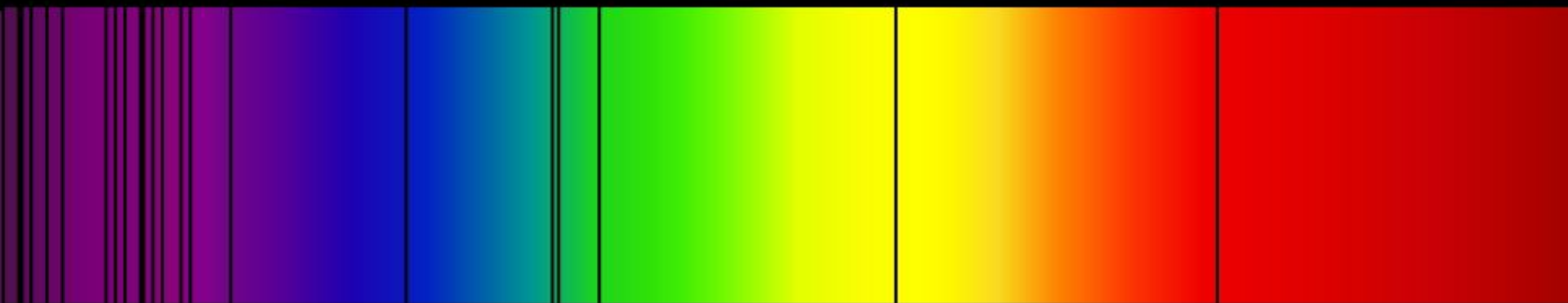
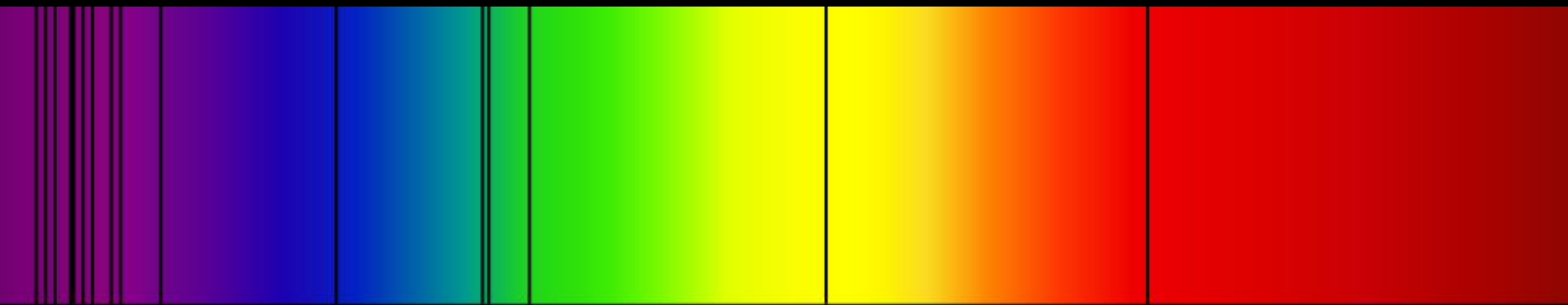
Оптический спектр типичной звезды







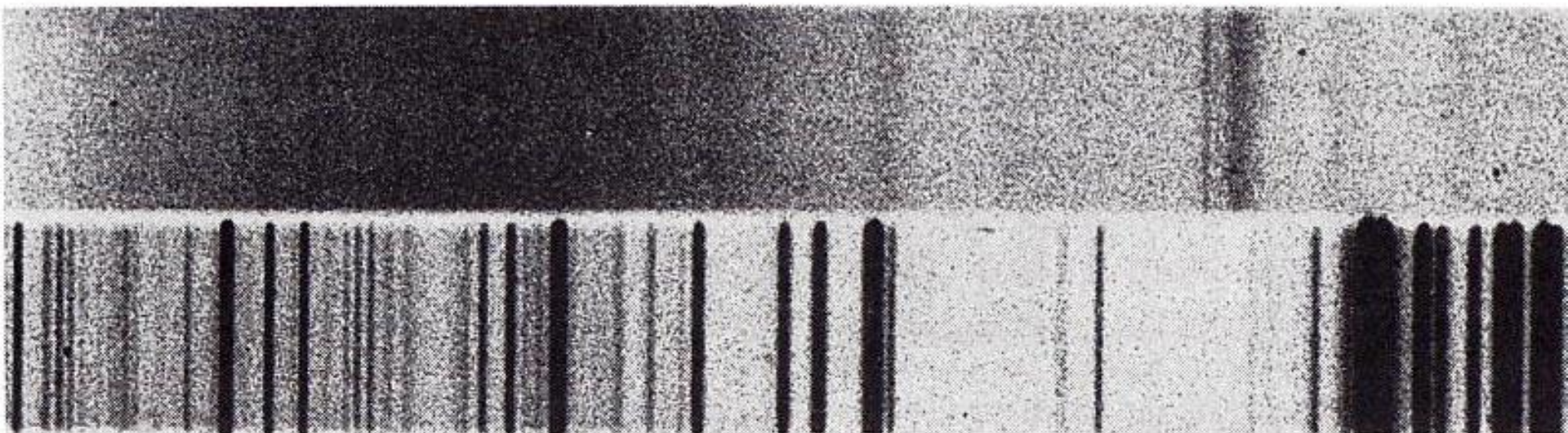




Спект ярчайшего из квазаров 3C 273 ($m_v = 12,8$; $z = 0,158$)

3C 273

H δ H γ H β [O III]



Comparison

4000 Å H δ H γ H β 5000 Å

6000 Å

