Астрономия

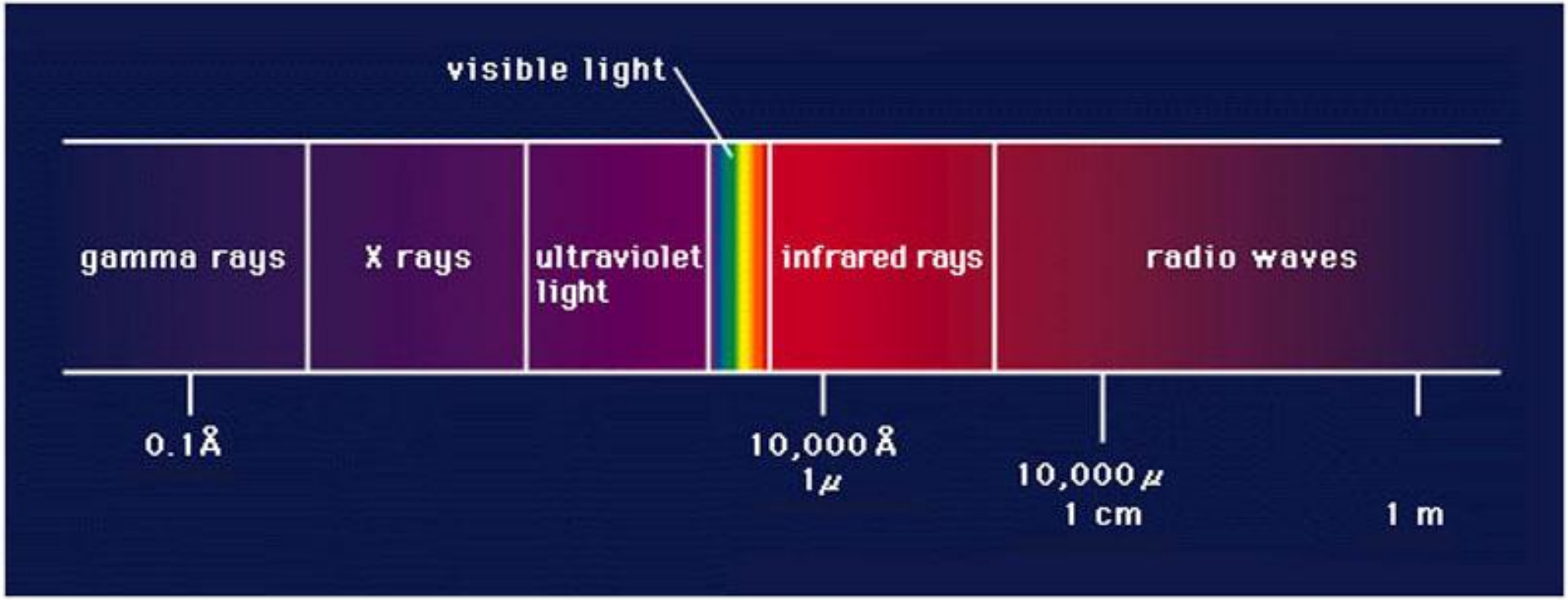
Сурдин В.Г.

Лекция 10

Спектры излучения и поглощения.
Принцип работы спектрографа.
Эффект Доплера и его использование в астрономии.

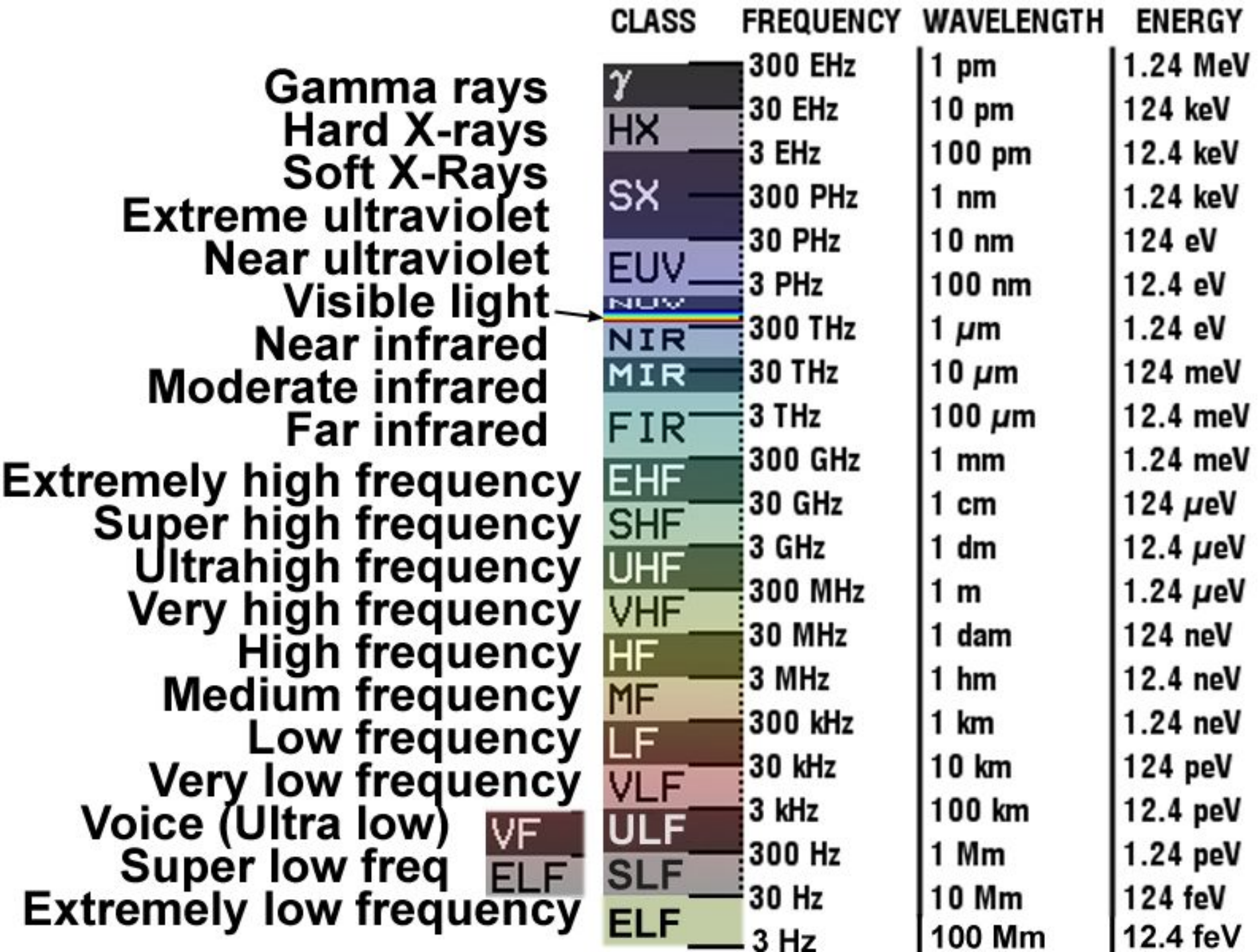
Электромагнитное излучение
Фотометрия

Электромагнитный спектр



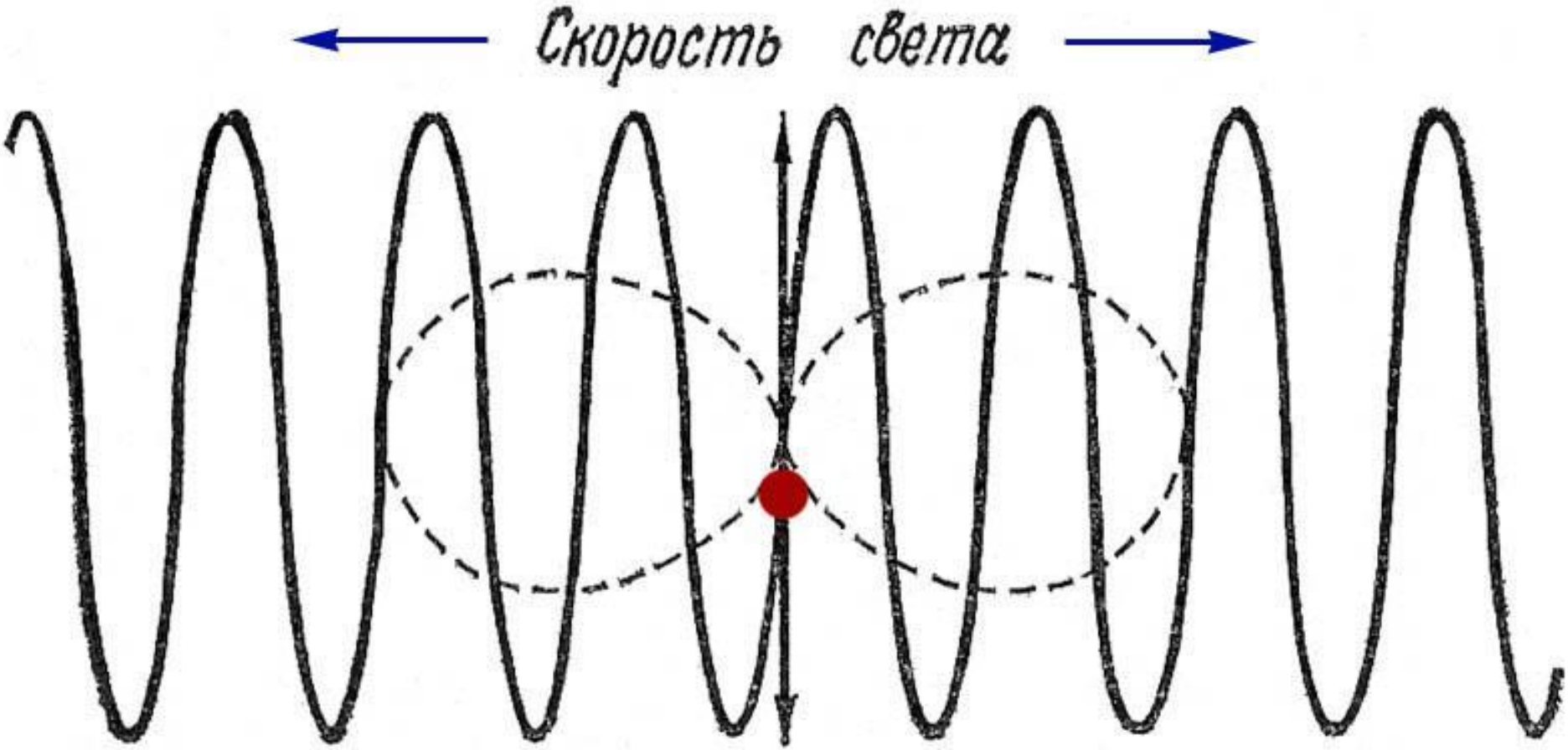
Видимый свет (3500-7000 Å) = 1 октава

От гамма (0,1Å) до радио (10 м) = 40 октав

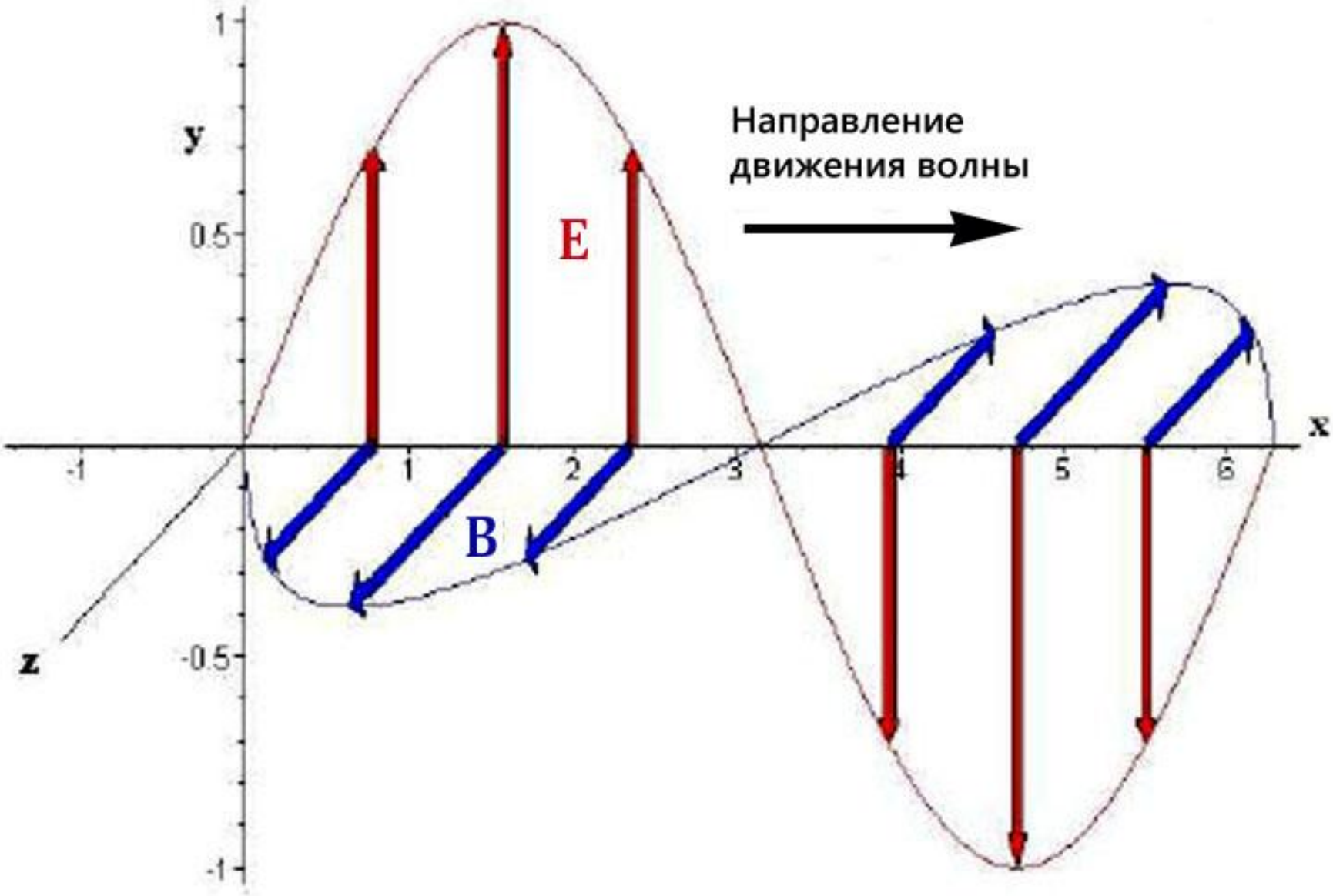

CLASS
FREQUENCY
WAVELENGTH
ENERGY
Gamma rays
Hard X-rays
Soft X-Rays
Extreme ultraviolet
Near ultraviolet
Visible light
Near infrared
Moderate infrared
Far infrared
Extremely high frequency
Super high frequency
Ultrahigh frequency
Very high frequency
High frequency
Medium frequency
Low frequency
Very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

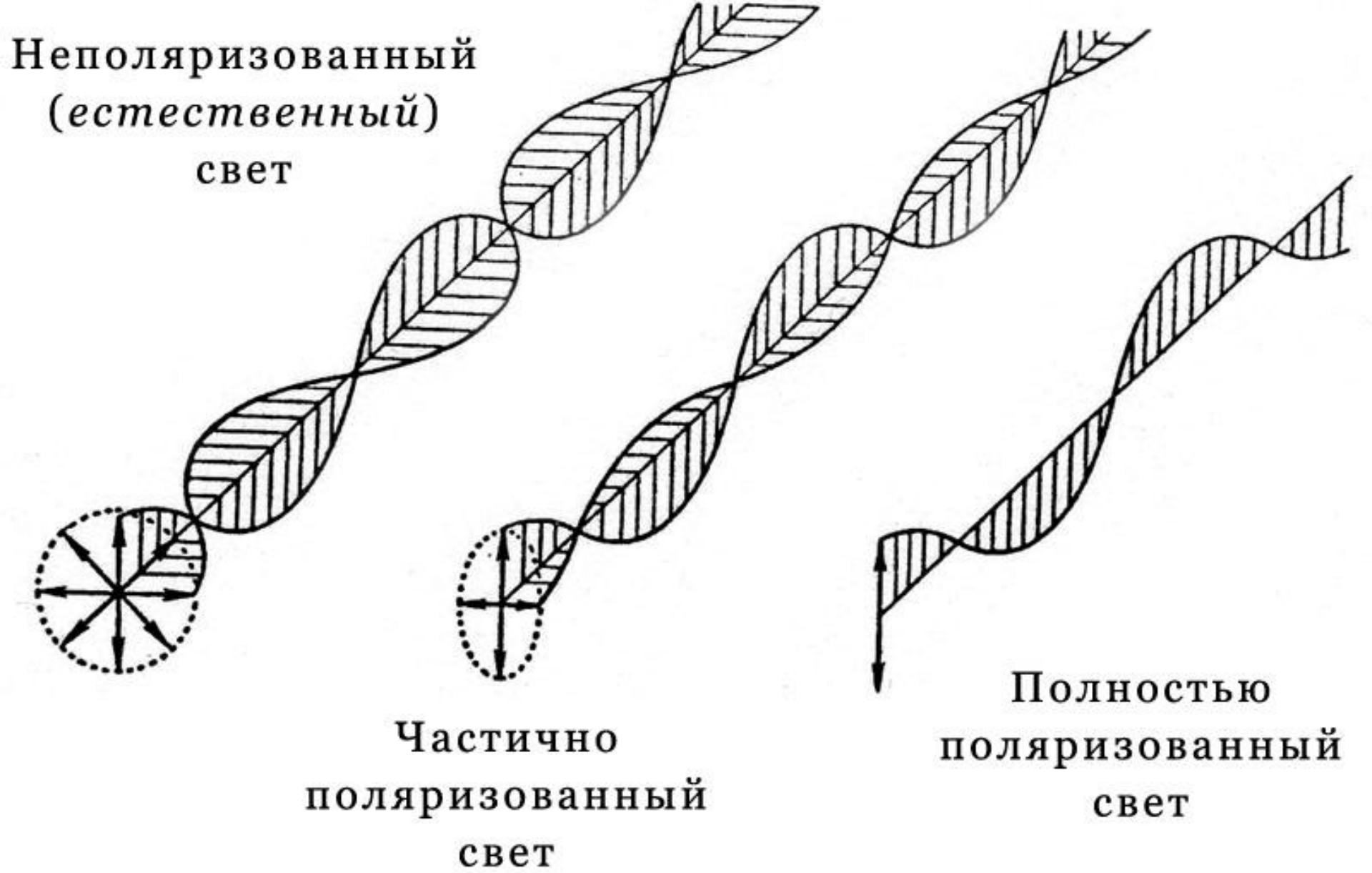
Электромагнитный спектр,
исследуемый в астрофизике

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

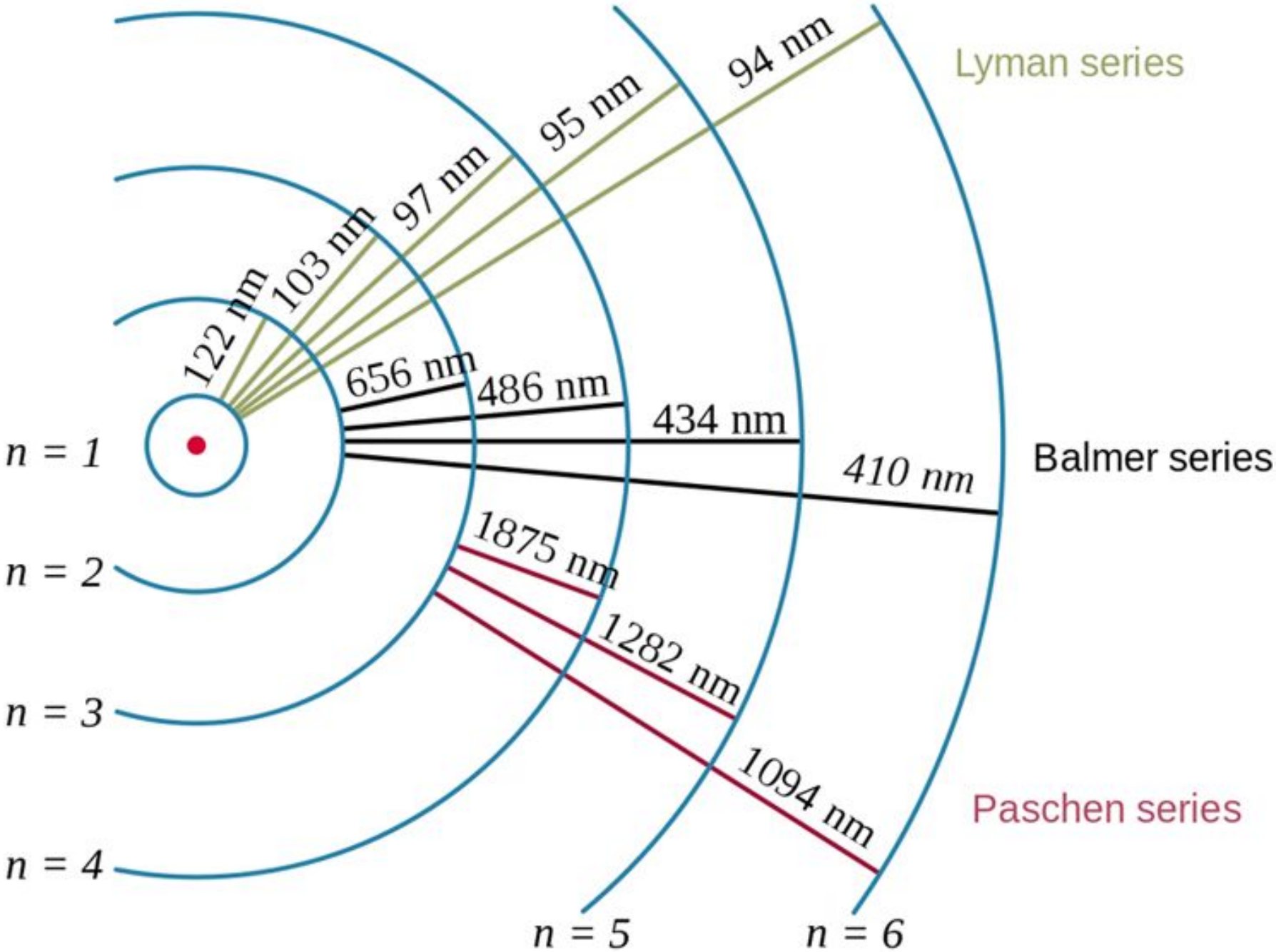


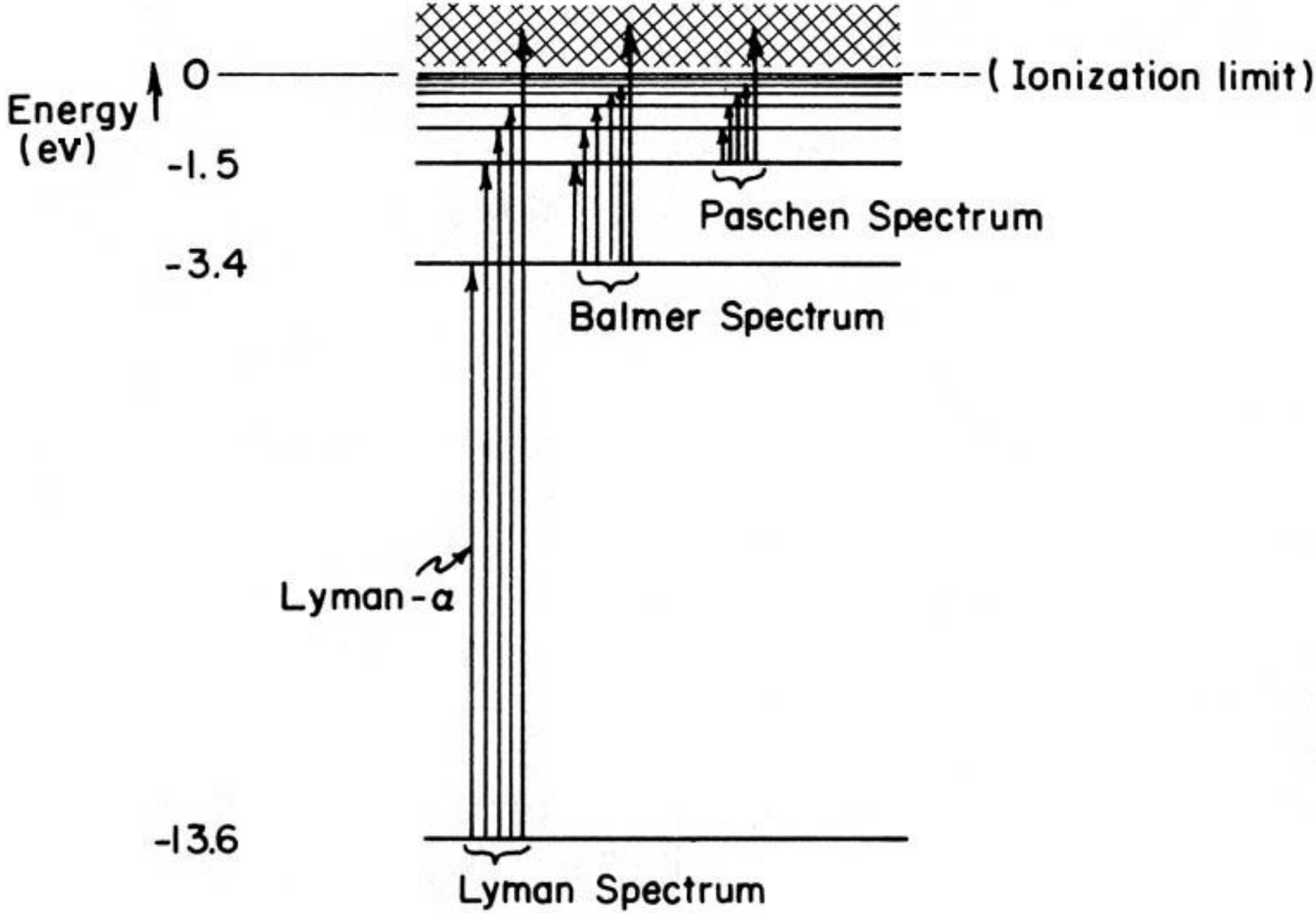
Колебание электрического заряда рождает электромагнитную волну


Направление
движения волны
E
B
y
x
z
1
0.5
-0.5
-1
-1
1
2
3
4
5
6

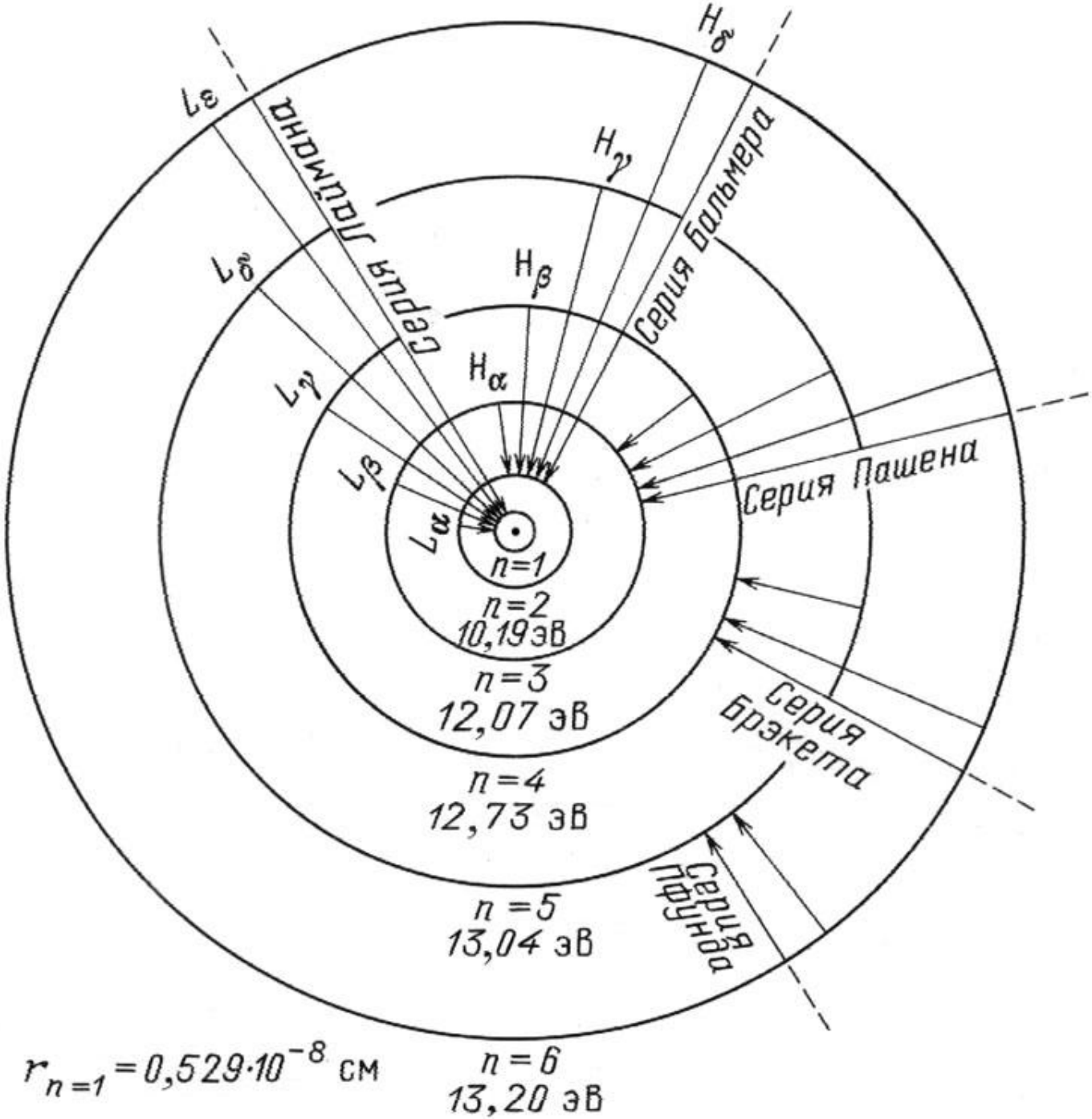


Указано направление и амплитуда колебаний вектора электрического поля


Lyman series
94 nm
95 nm
97 nm
103 nm
122 nm
656 nm
486 nm
434 nm
410 nm
Balmer series
1875 nm
1282 nm
1094 nm
Paschen series
n = 1
n = 2
n = 3
n = 4
n = 5
n = 6



Энергетический спектр атома водорода



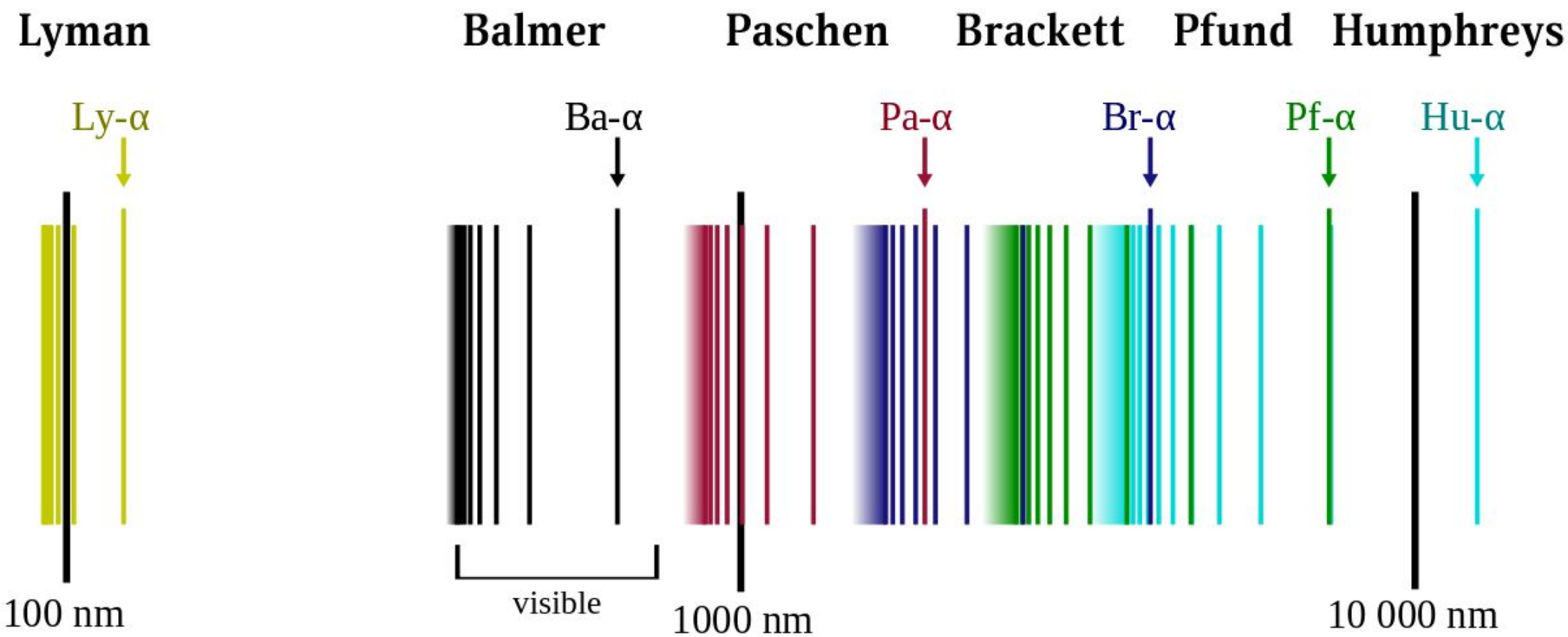
Энергетические уровни атома водорода

Серии Бальмера Лаймана Пашена Брэкета Пфунда

Энергия связи электрона на первом уровне 13,6 эВ

Спектральные серии водорода

(в логарифмической шкале длины волны)



Альтернативные обозначения

Серия Лаймана

Lyα Ly_α

Lα L_α

Серия Бальмера

Hα H_α

H-α

Следующие линии серии (например - Лаймана)

Lα, Lβ, Lγ, Lδ, . . . Lc (Lyc)

Фотон

(квант электромагнитного излучения)

Уникальная безмассовая частица

c = 299 792 458 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

$$1\ \text{эВ},\ 1\ \text{eV} = 1{,}6\cdot10^{-19}\ \text{Дж} = 1{,}6\cdot10^{-12}\ \text{эрг}$$

~~электрон-вольт~~ **электронвольт**

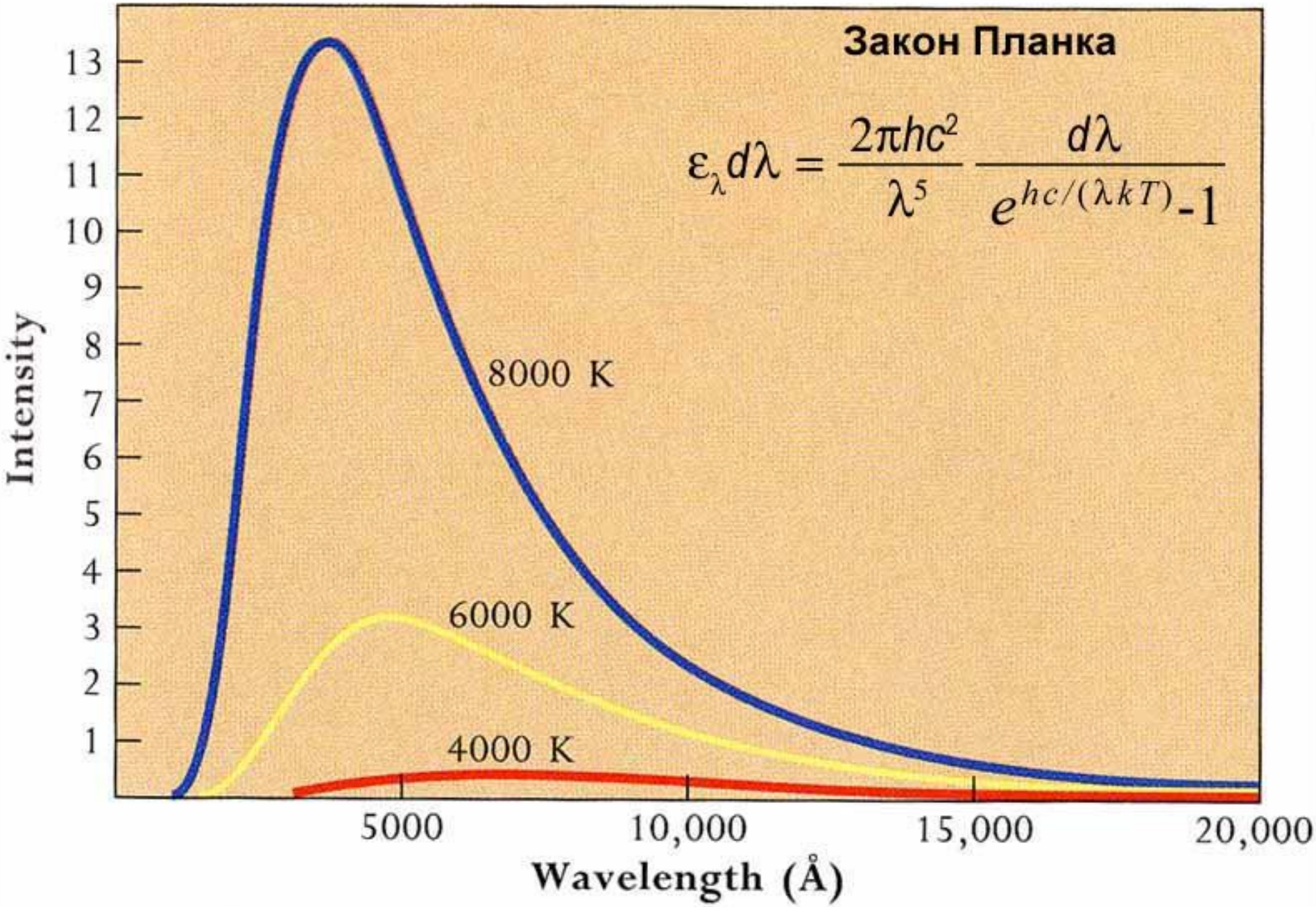
Кванту с энергией в 1 эВ соответствует длина волны

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

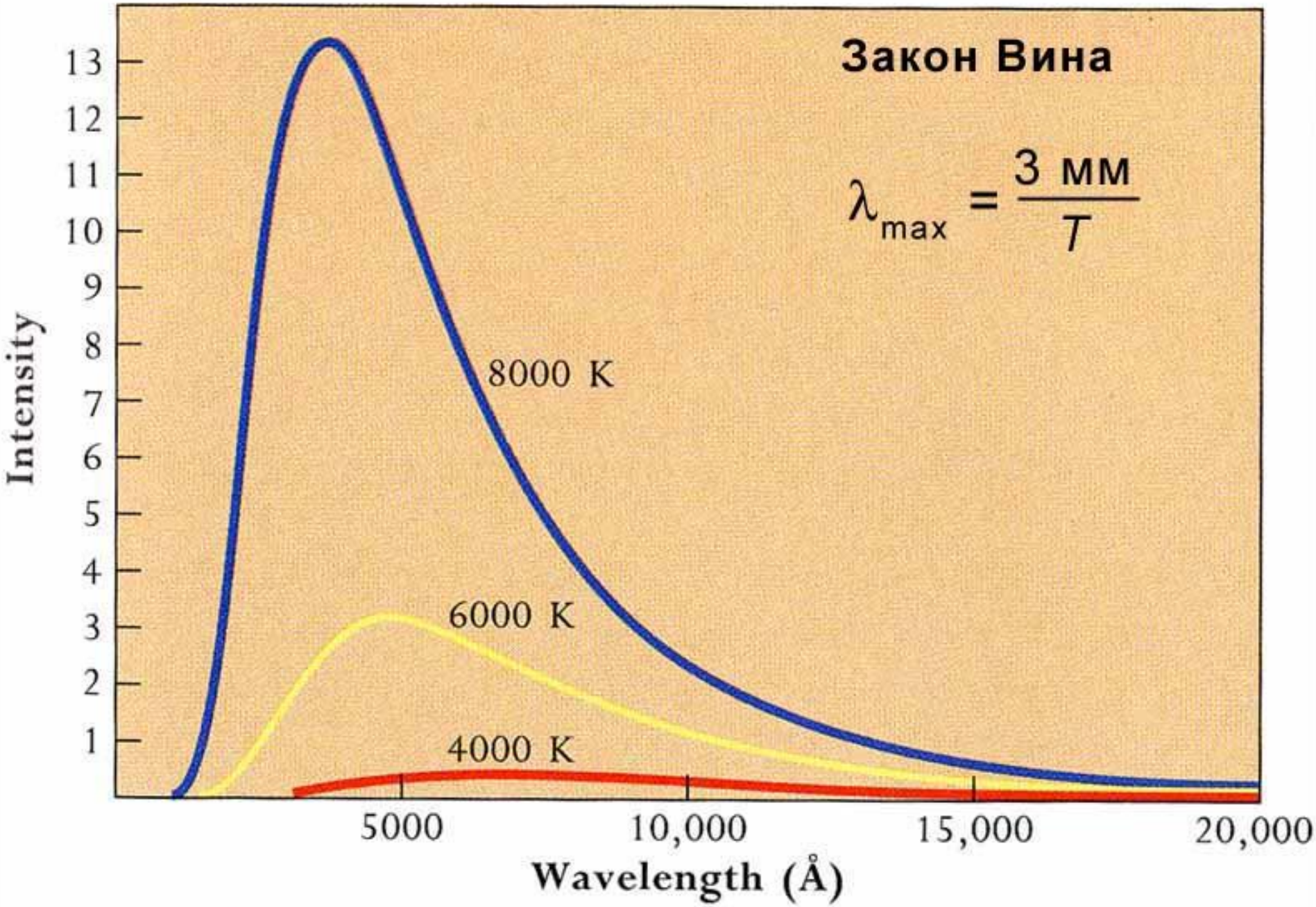
…и частота

$$\nu = 2{,}18\cdot10^{14}\ \text{Гц}$$

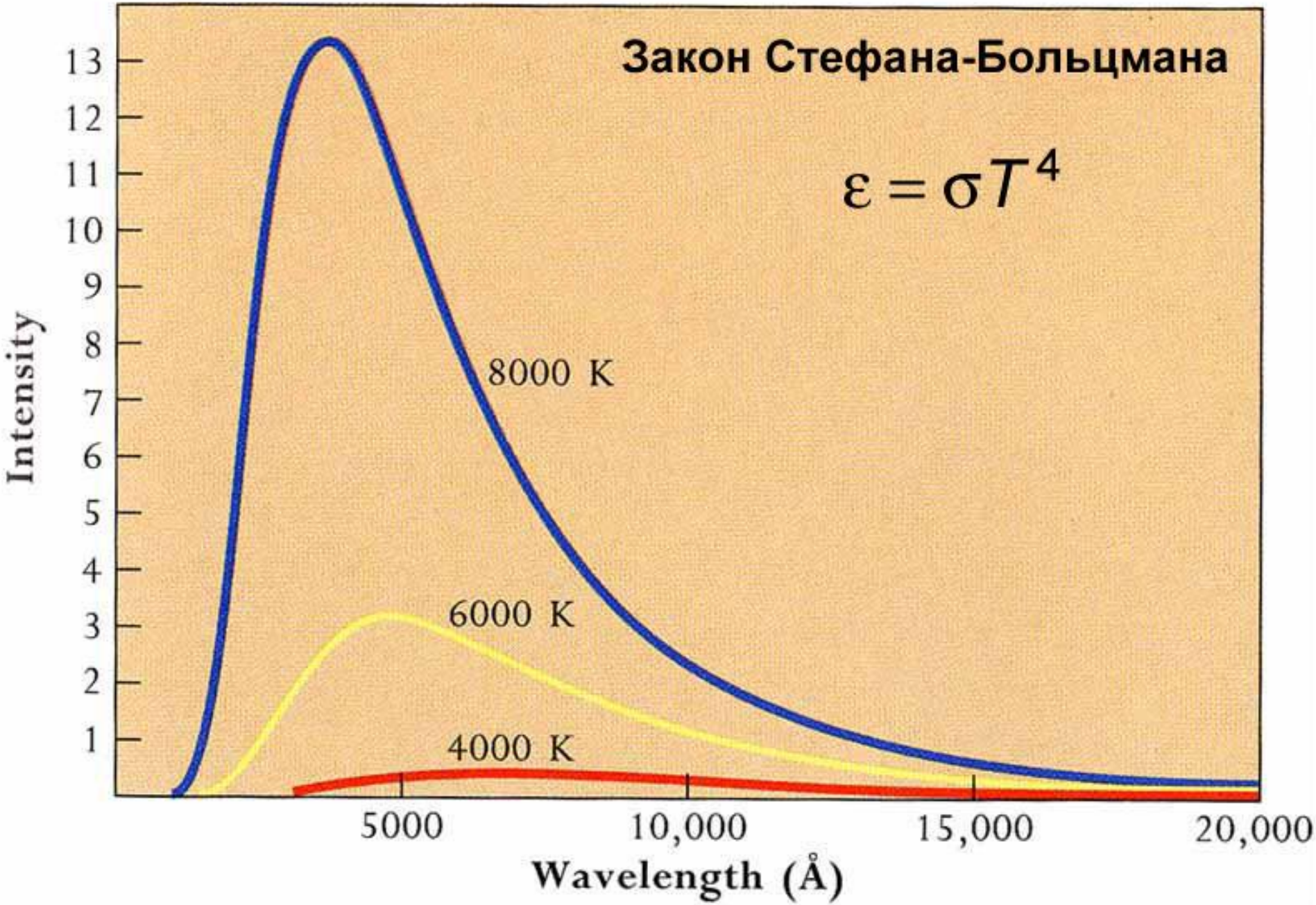
(Бытовой радиодиапазон: 1 - 100 МГц)



Излучение абсолютно черного тела

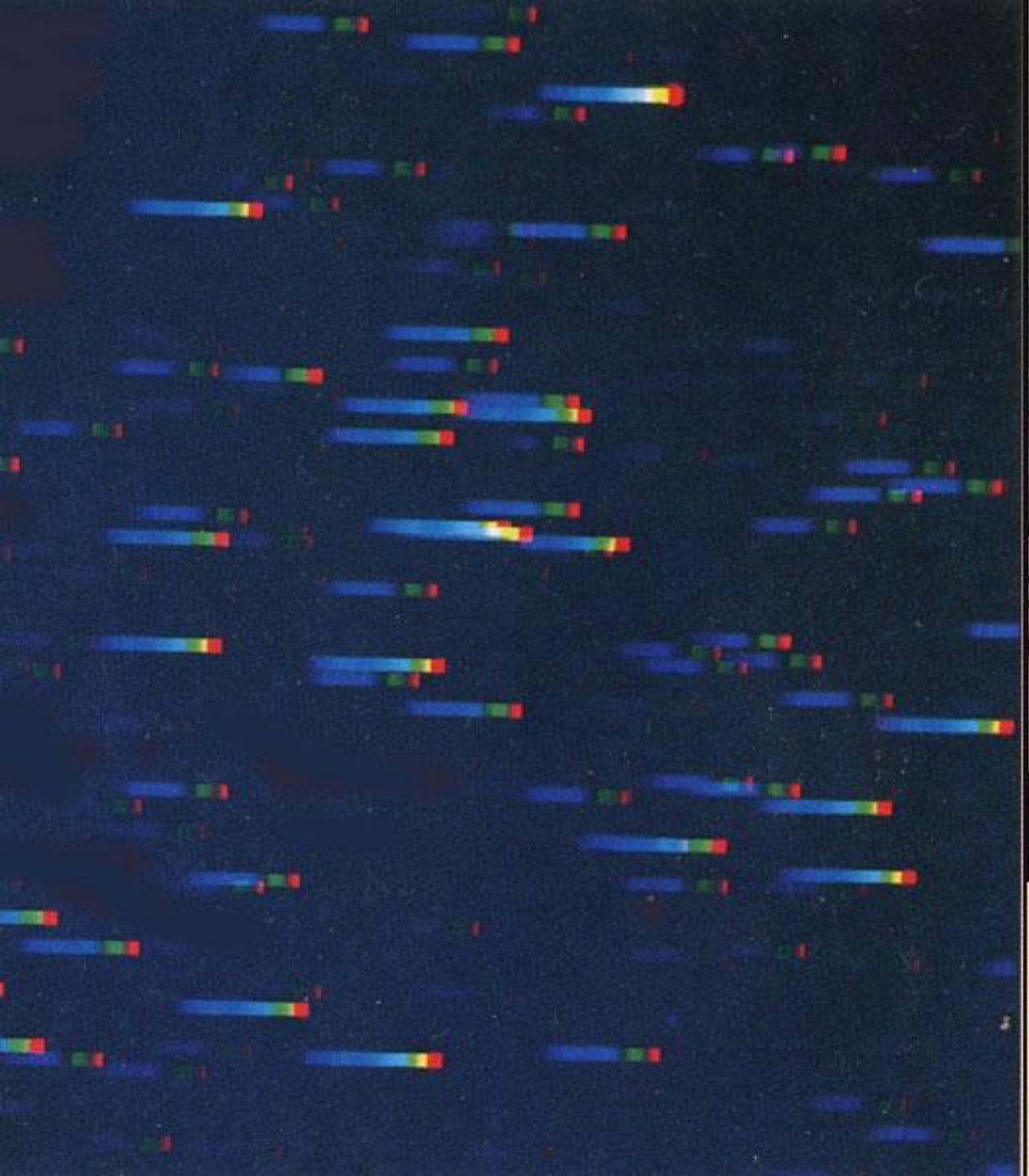


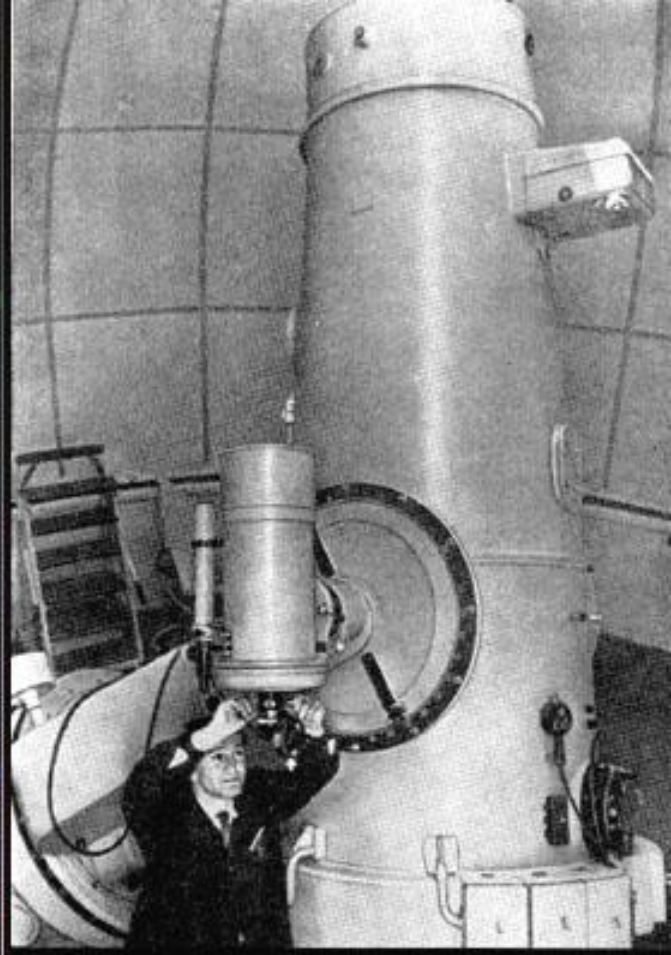
Излучение абсолютно черного тела



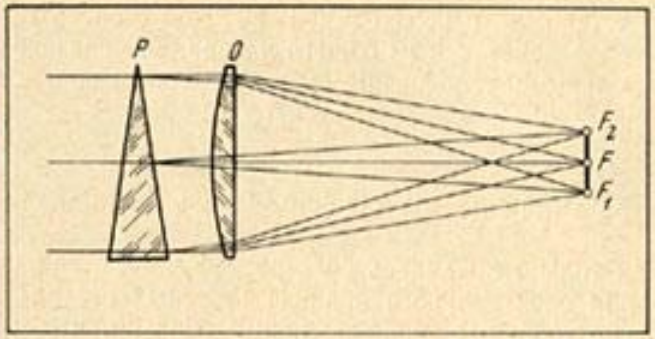
Излучение абсолютно черного тела

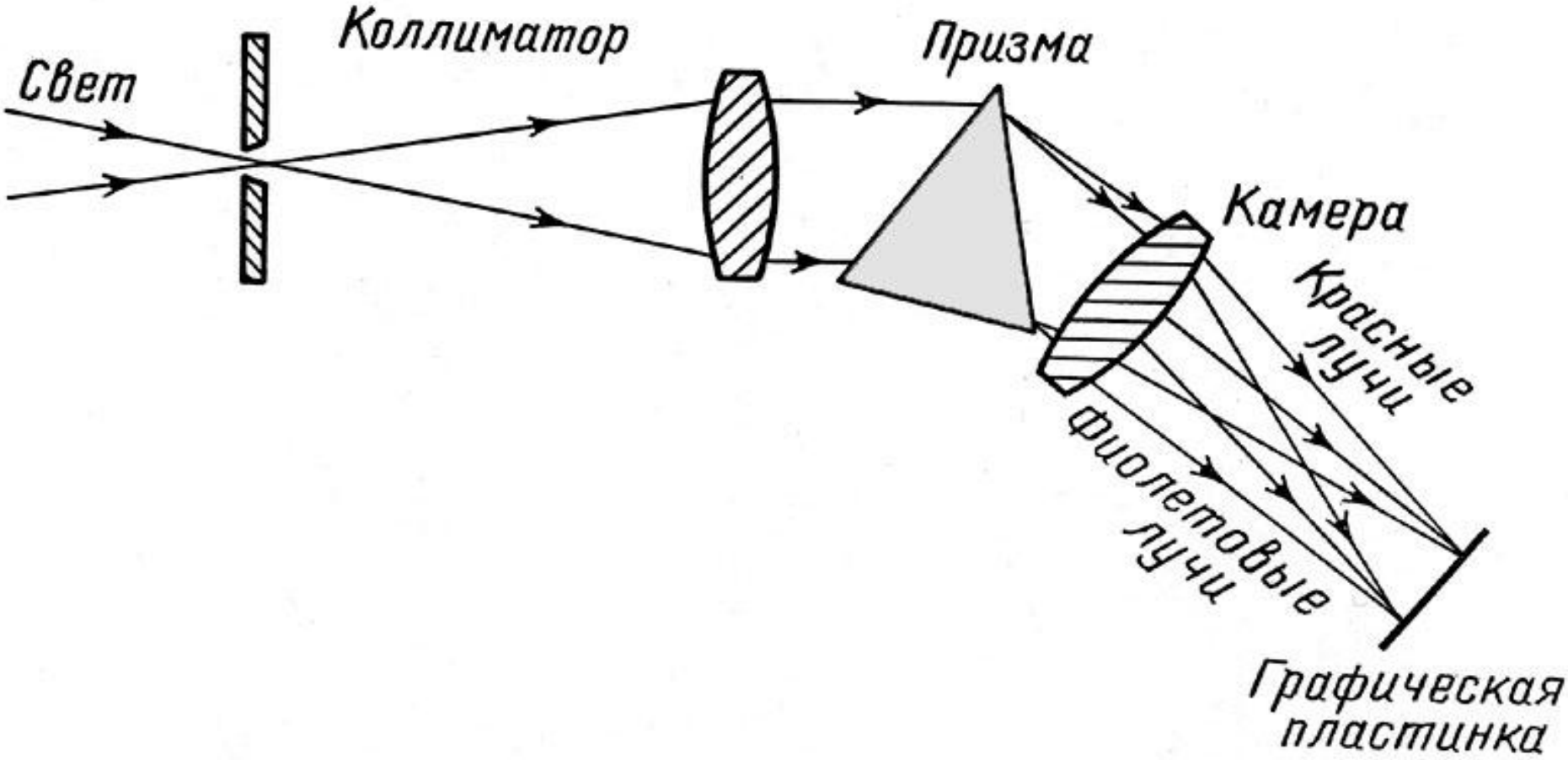
700 nm
600 nm
500 nm
400 nm

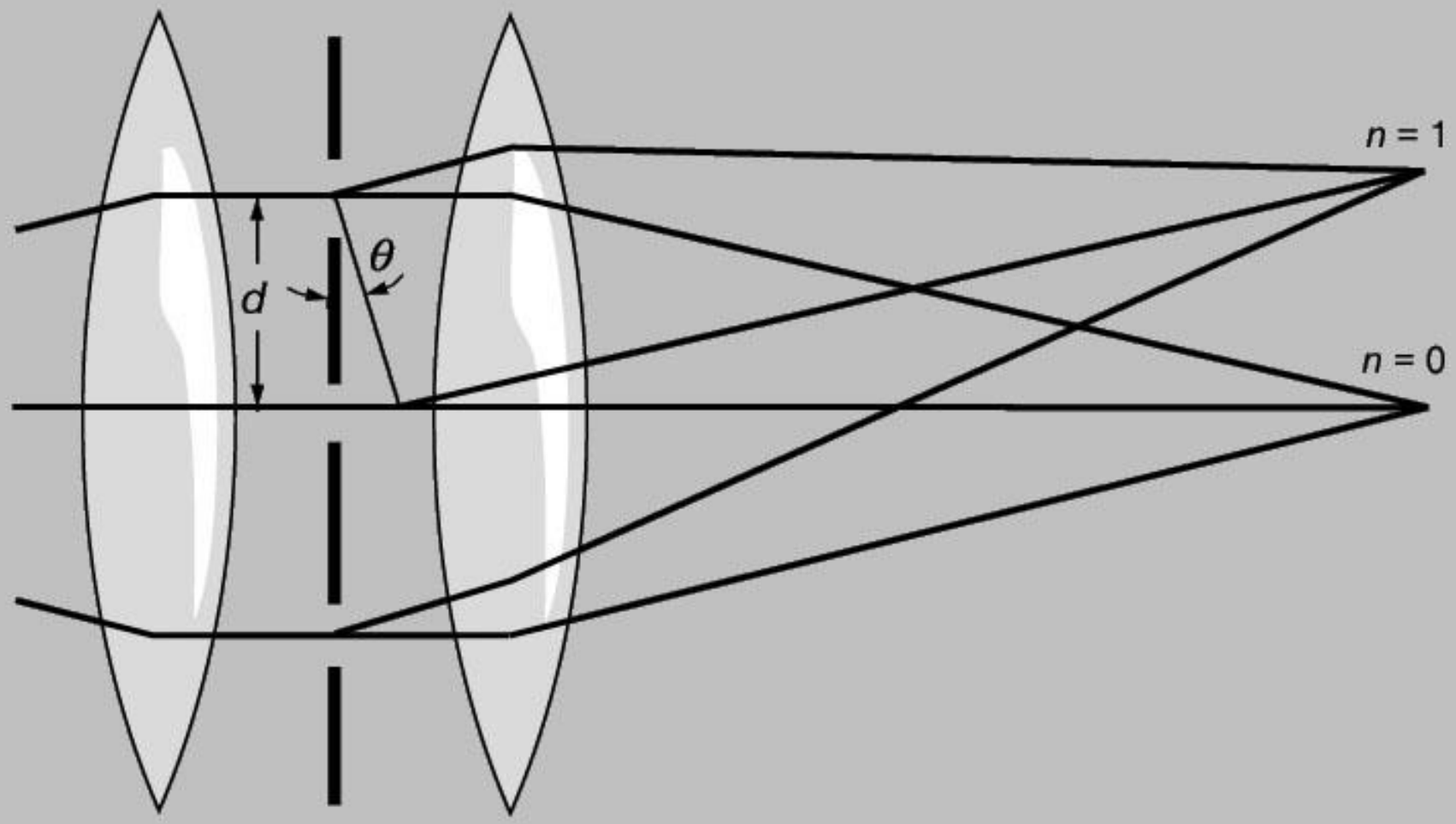




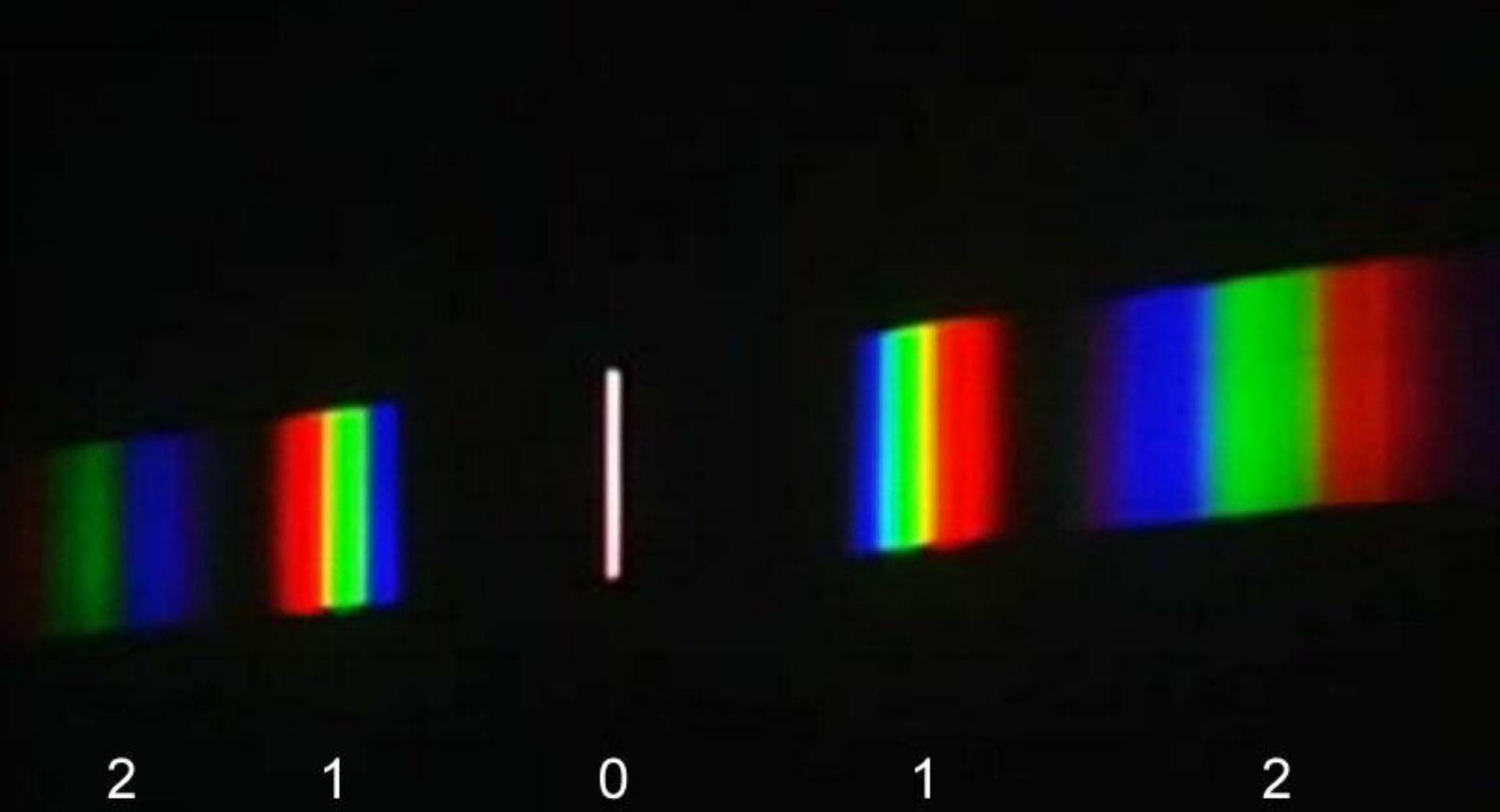
Телескоп
с объективной призмой



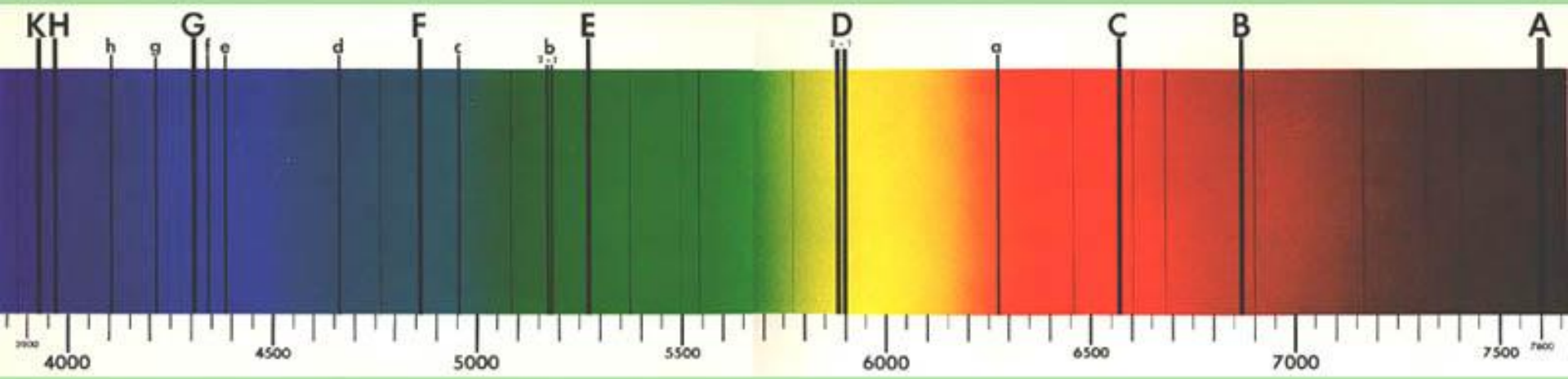

Свет
Коллиматор
Призма
Камера
Красные лучи
Фиолетовые лучи
Графическая пластинка

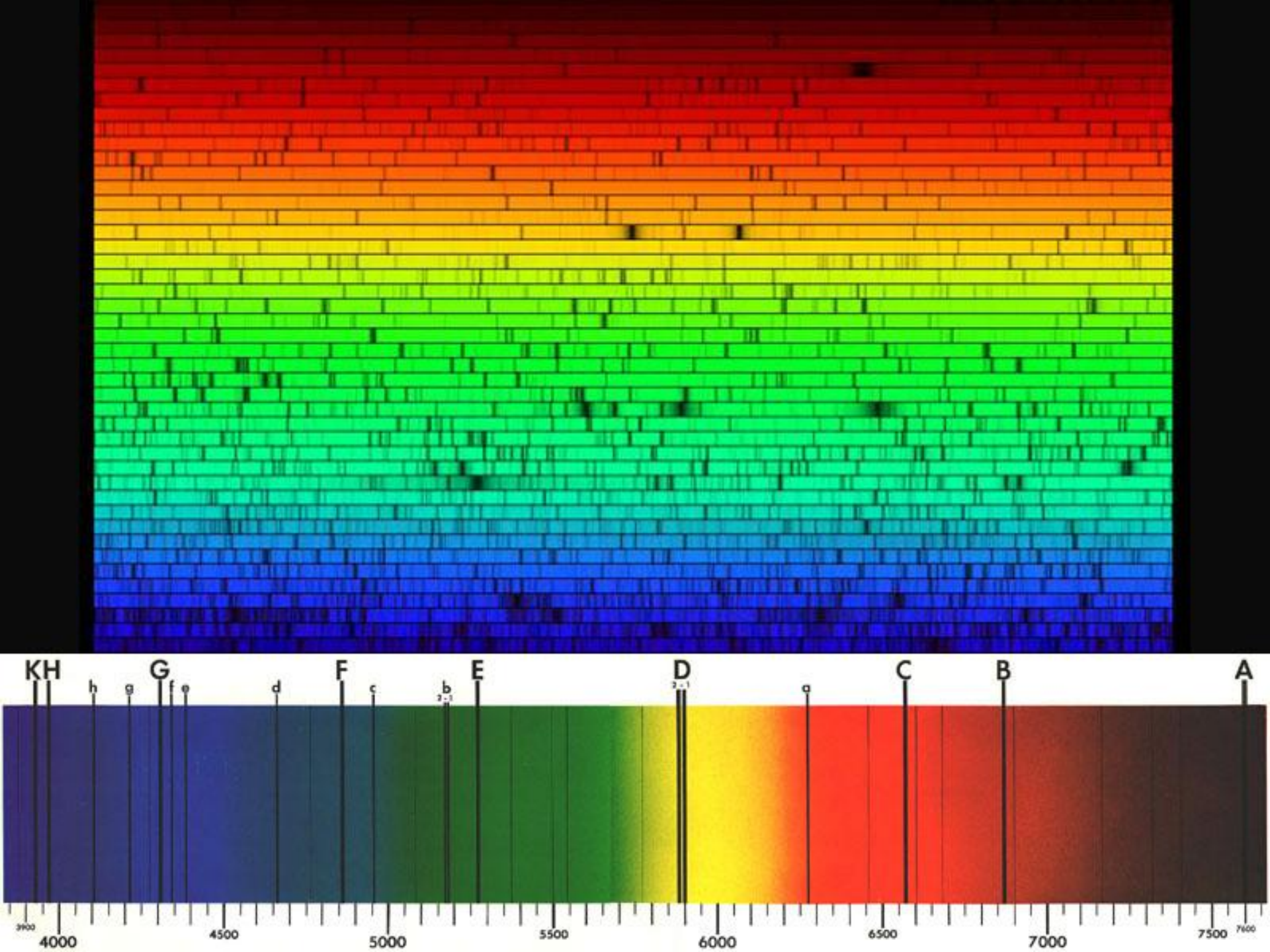


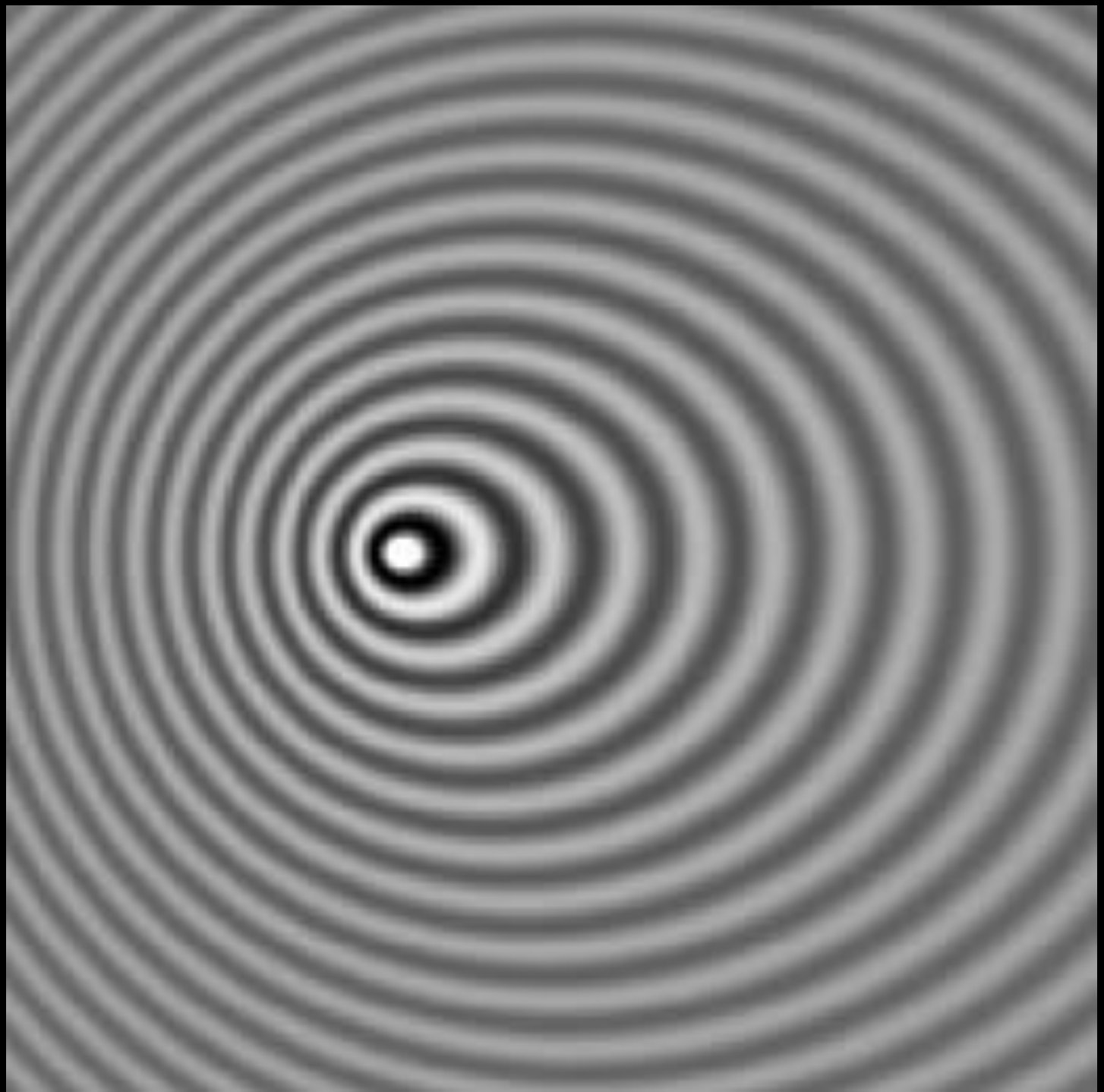
Дифракционная решетка

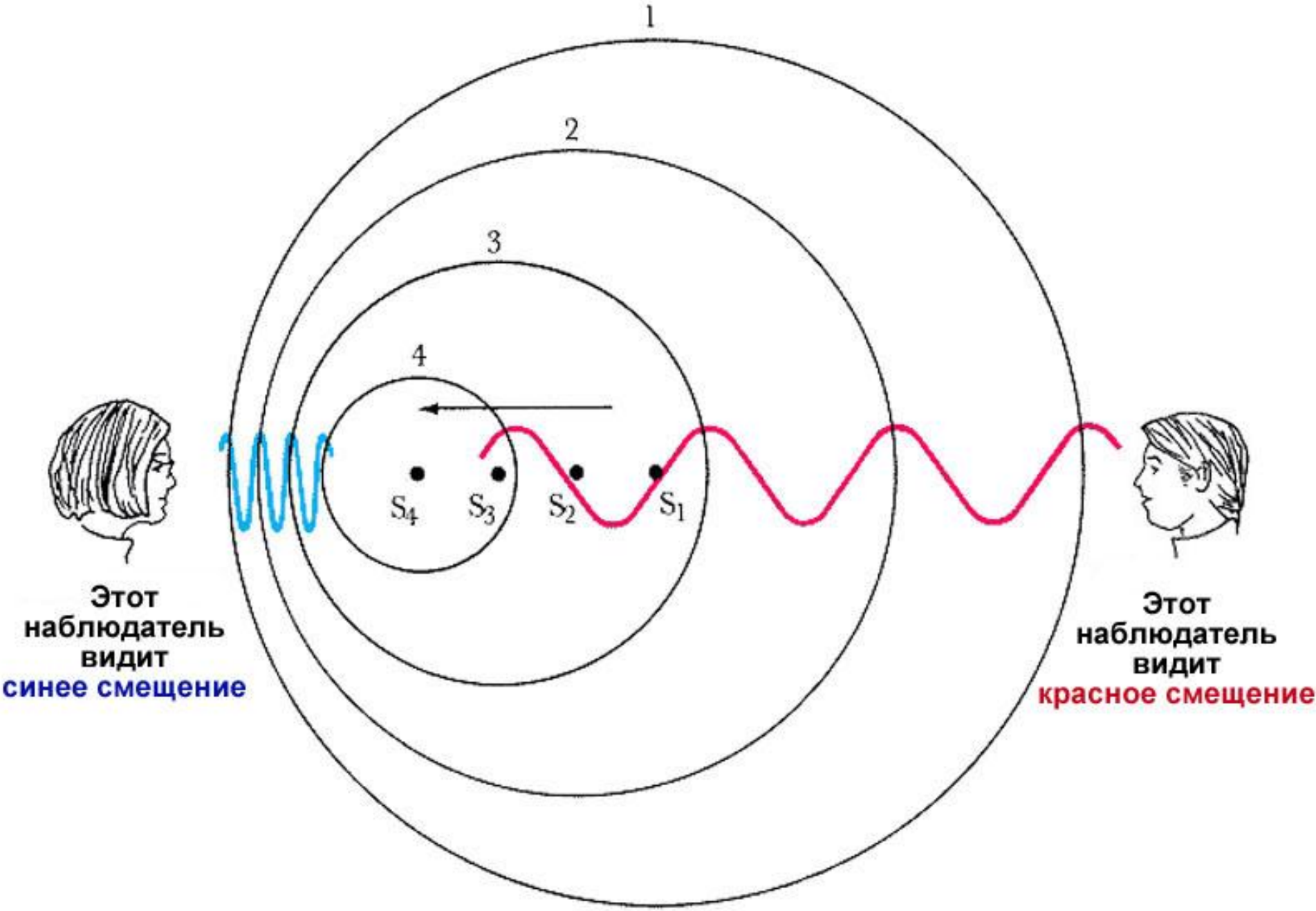

2
1
0
1
2

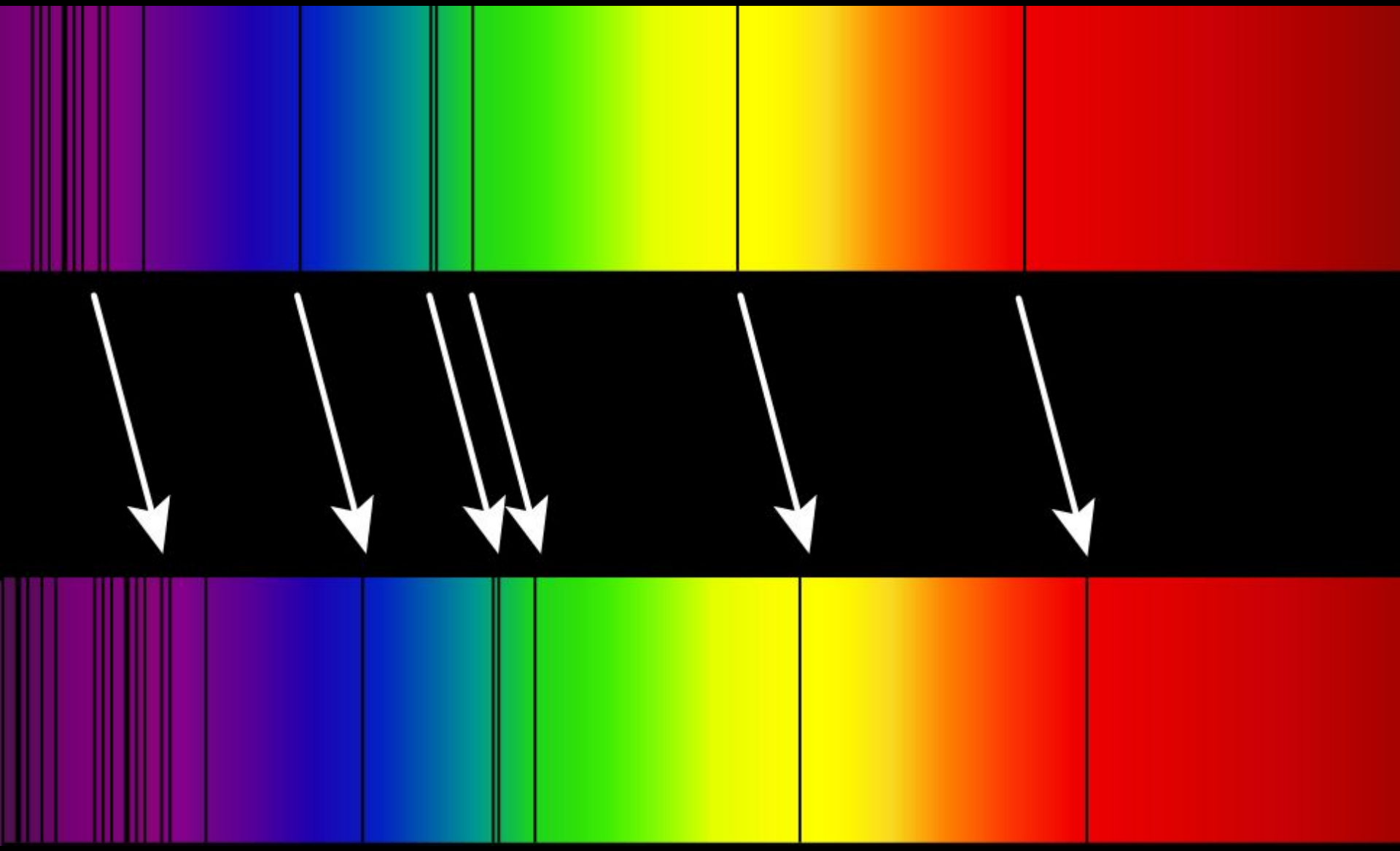
Оптический спектр типичной звезды



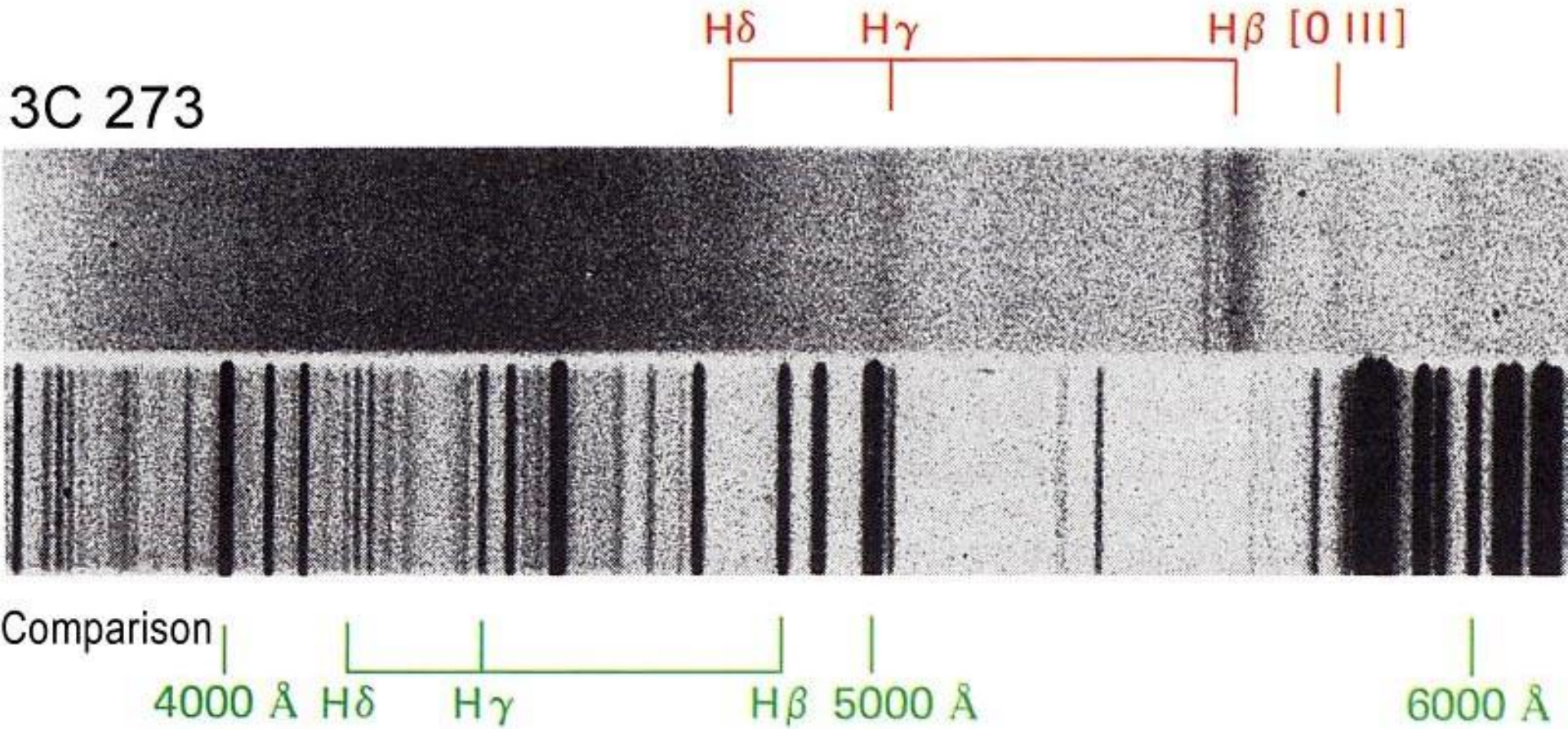

K
H
h
g
G
f
e
d
F
c
b
E
D
a
C
B
A
3900
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
7500
7600

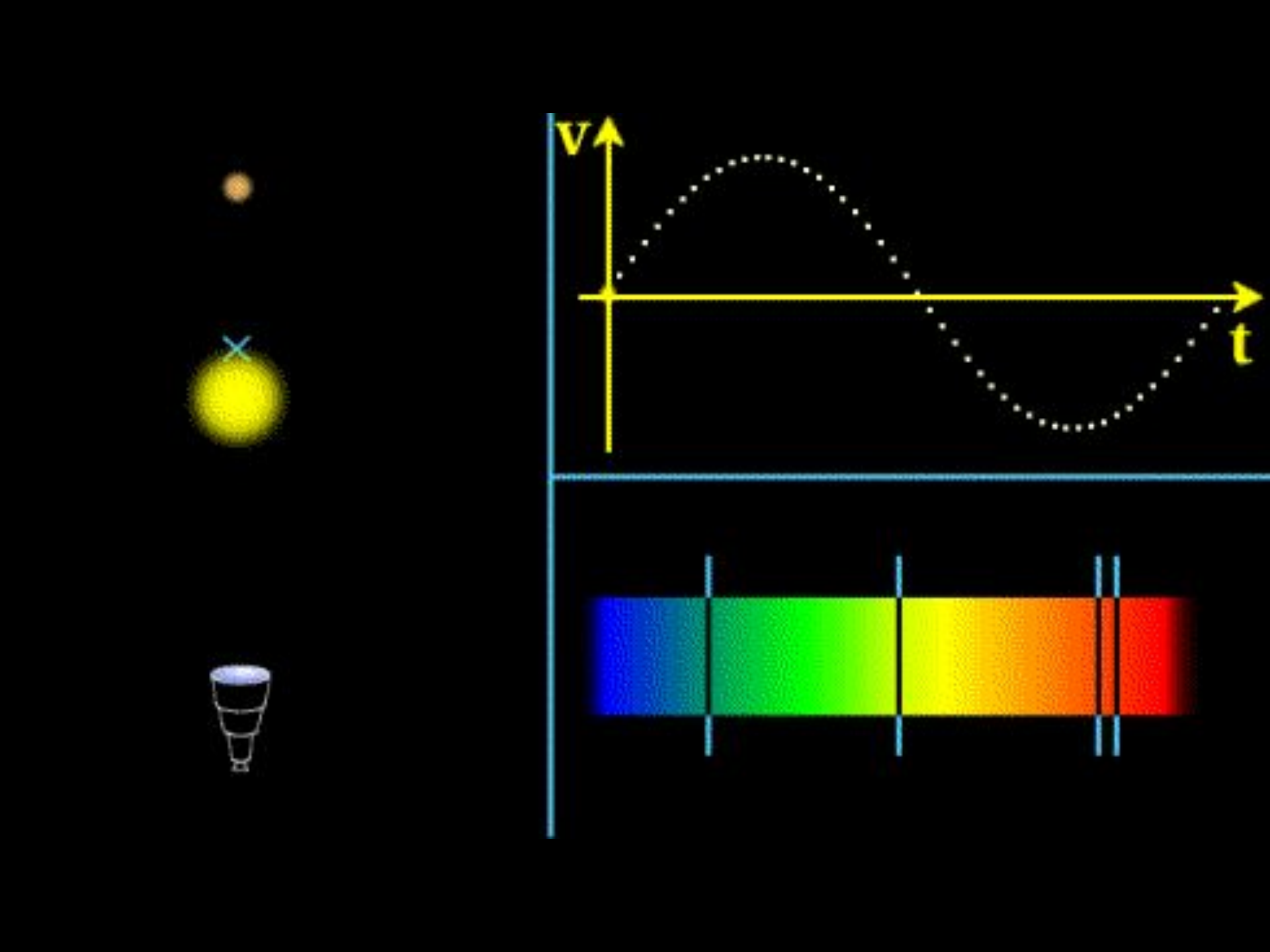



1
2
3
4
S4
S3
S2
S1
Этот наблюдатель видит синее смещение
Этот наблюдатель видит красное смещение



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




V
t