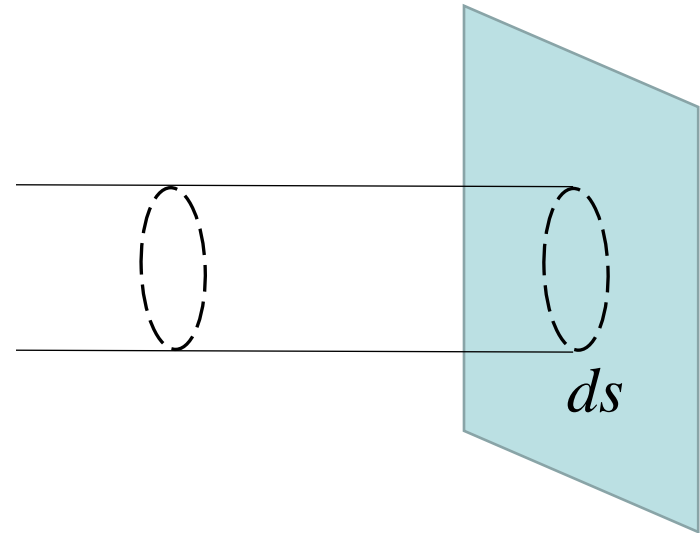


Энергия в электромагнитной волне

$$W_{\phi} = h\nu = \hbar\omega$$

$$p_{\phi} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c} = \hbar k$$



$$w = \frac{dW}{dv}$$

$$\vec{S} = \frac{dW}{dsdt} \vec{e} = c \frac{dW}{dv} \vec{e} = cw\vec{e}$$

$$w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \left\| B = \frac{E}{c}, c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}} \right\| = \varepsilon_0 \varepsilon E^2$$

$$\vec{S} = [\vec{E}, \vec{H}] = \left[\vec{E}, \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu} \right] = \frac{E^2}{c\mu_0 \mu} \vec{e} = c\varepsilon_0 \varepsilon E^2 \vec{e} = cw\vec{e}$$

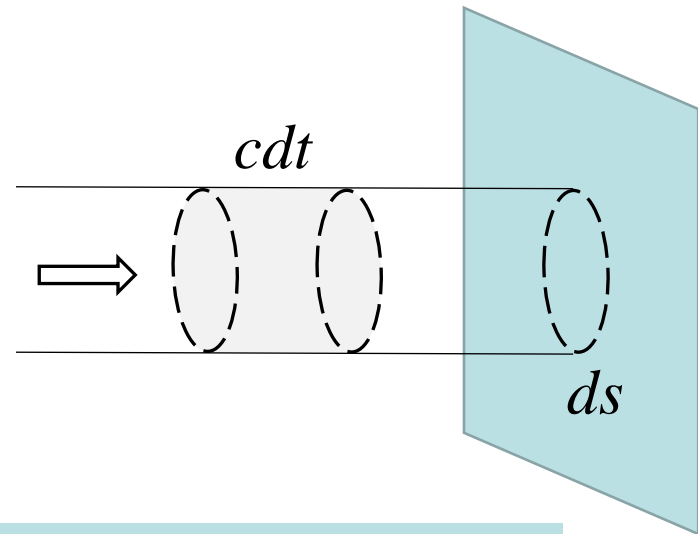
$$S = cw$$

$$I = \langle S \rangle = c \langle w \rangle$$

Давление света

$$W_{\phi} = h\nu = \hbar\omega$$

$$p_{\phi} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c} = \hbar k$$



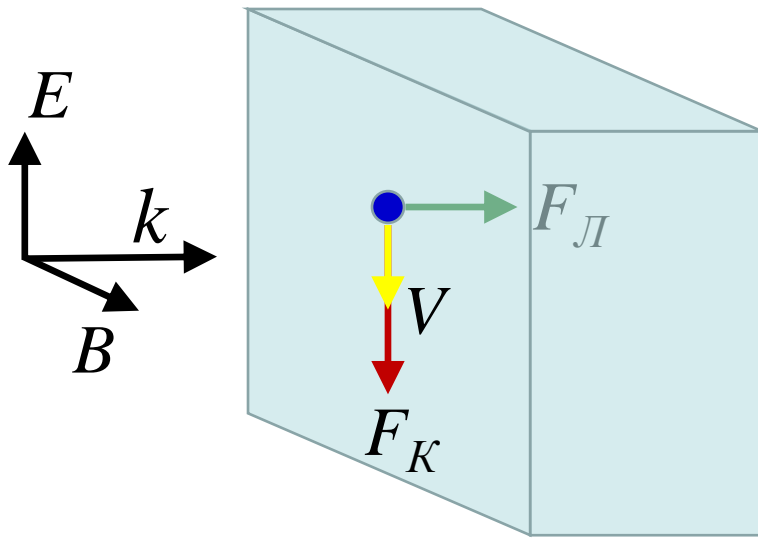
$$\begin{aligned} \wp &= \frac{\langle dF \rangle}{ds} = \frac{\langle dF_1 \cdot dN \rangle}{ds} = \frac{\langle dF_{\phi} \cdot dN \rangle}{ds} = \frac{\langle dp_{\phi} \cdot dN \rangle}{ds dt} = \\ &= \frac{\langle dp_{\phi} \cdot dW \rangle}{ds dt \cdot h\nu} = c \frac{\langle dp_{\phi} \cdot w \rangle}{h\nu} = (1+R)c \frac{\langle h\nu \cdot w \rangle}{ch\nu} = \langle w \rangle (1+R) \end{aligned}$$

$$\wp = \langle w \rangle (1+R)$$

$$I = c \langle w \rangle$$

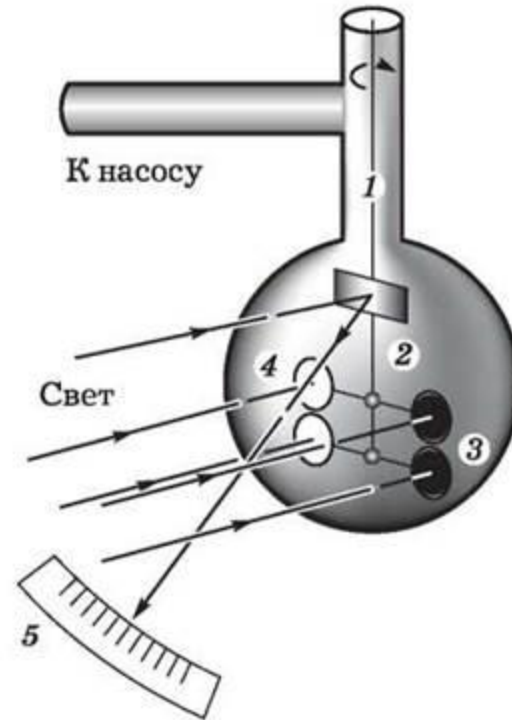
Опыты П.Н. Лебедева (1899 г.)

$$\mathcal{D} = \langle w \rangle (1 + R) = \|I = c \langle w \rangle\| = \frac{I}{c} (1 + R)$$



$$\vec{F}_K = -e\vec{E}$$

$$\vec{F}_L = -e[\vec{V}, \vec{B}]$$



Условная схема опыта Лебедева:

- 1 — нить; 2 — зеркальце;
- 3 — зачёрнённые крылышки;
- 4 — зеркальные крылышки;
- 5 — шкала

Теория кометных хвостов П.Н. Лебедева (1890 г.)



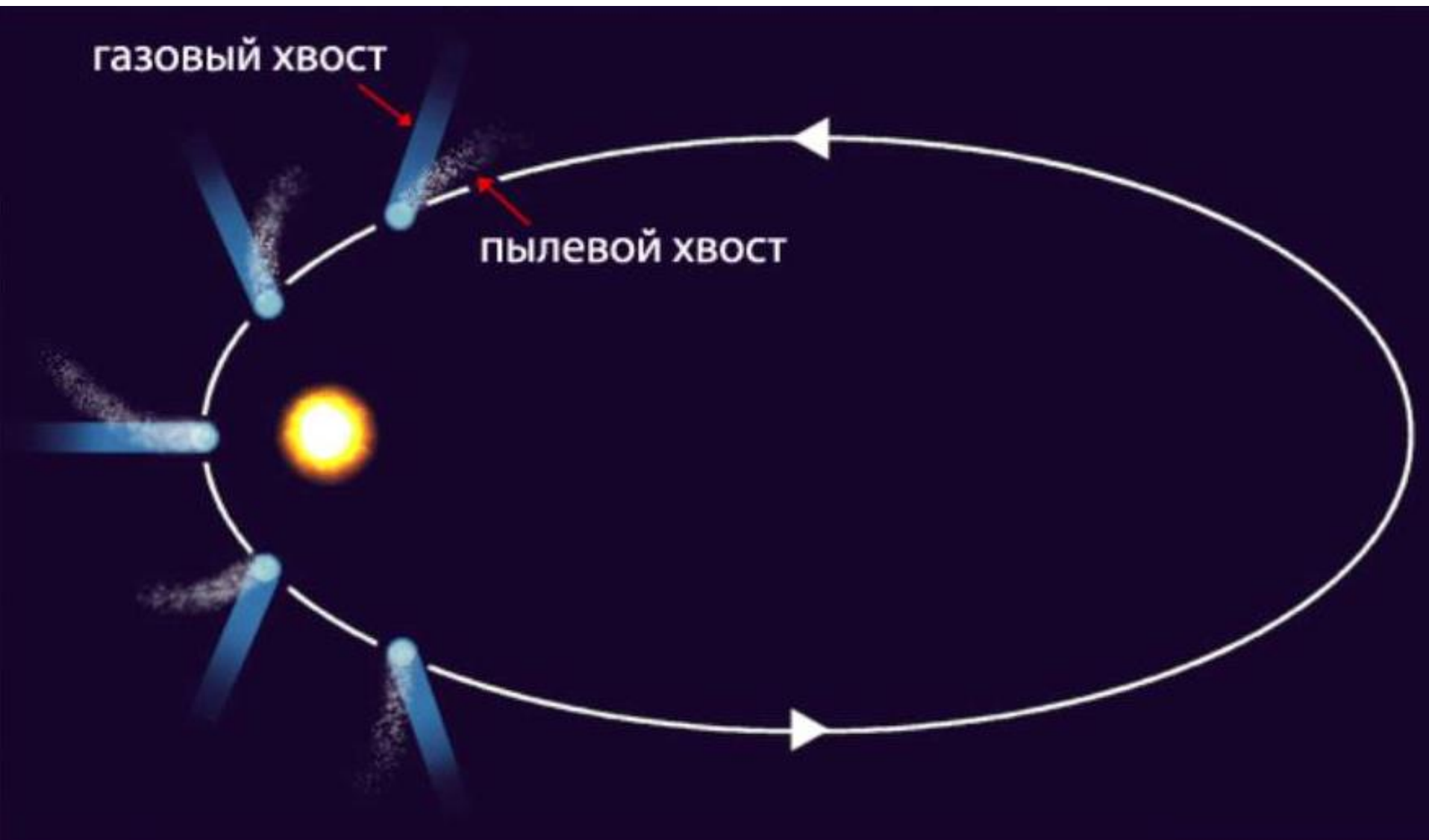
*Пётр Николаевич
Лебедев
1866-1912*

Объяснение поведения кометных хвостов Пётр Николаевич считал главным достижением своей жизни. Эта задача, в частности, привела к знаменитому опыту Лебедева. В частном письме он писал: «Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет».

В 1891 г. появилась его заметка «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел». В ней, основываясь на известных данных о лучеиспускании Солнца, Лебедев доказывает, что в случае очень малых частиц отталкивающая сила светового давления должна превосходить ньютоновское притяжение, и, таким образом, отклонение кометных хвостов действительно может объясняться давлением света.



Строение комет



Солнечный парус

$$\wp = \frac{I_{\text{Солн.}}}{c} (1 + R) = \frac{2I_{\text{Солн.}}}{c} \approx \frac{2 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт} / \text{м}^2}{3 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}} \approx 10^{-5} \text{ Па}$$

$$[\wp] = \frac{\text{Вт} / \text{м}^2}{\text{м} / \text{с}} = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$



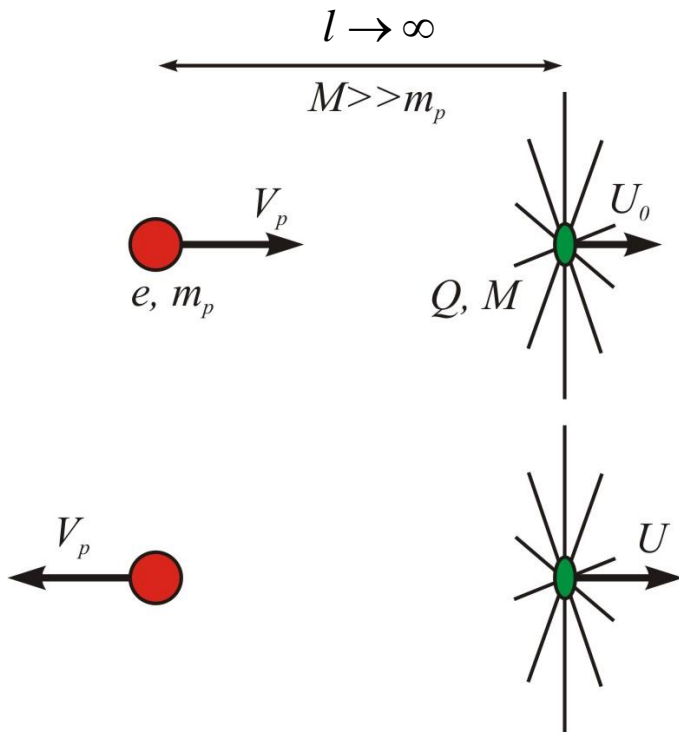
Фридрих Артурович
Цандер
(1887–1933)

$$F = \wp \cdot s = \left\| s = 10^3 \text{ м}^2 \right\| \approx 10^{-2} \text{ Н}$$

$$a = \frac{F}{m} = \left\| m = 100 \text{ кг} \right\| \approx 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\tau = \frac{V}{a} = \left\| V = 10 \frac{\text{км}}{\text{с}} \right\| \approx 10^8 \text{ с}$$

Электрический парус (солнечный ветер)



H	96 %
⁴ He	4 %

Концентрация	$n_p = 6 \text{ см}^{-3}$
Скорость	$V_p = 400 \text{ км/с}$

$$\begin{aligned}
 m_p V_p + MU_0 &= -m_p V + MU \Rightarrow \\
 &\Rightarrow dp_1 = 2m_p V_p \\
 F &= \frac{dp}{dt} = \frac{dNdp_1}{dt} = \\
 &= \frac{n_p s V_p dt}{dt} 2m_p V_p = 2n_p m_p V_p^2 s
 \end{aligned}$$

$$F = 2Rn_p m_p V_p^2 s$$

**Heliopause
Electrostatic
Rapid Transit
System (HERTS):**

$$F_{\text{Электр.парус}} = 2R \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 16 \cdot 10^{10} \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} 6 \cdot 10^6 \text{ м}^{-3} 6 \cdot 10^8 \text{ м}^2 = R \cdot 1,9 \text{ Н}$$

$$F_{\text{Солн.парус}} = 10 \text{ мН}$$

Парниковый эффект

Абсолютно чёрное тело – тело, которое при любой температуре поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение.

$$w_{\omega} = \frac{\hbar \omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar \omega}{kT}\right) - 1}$$

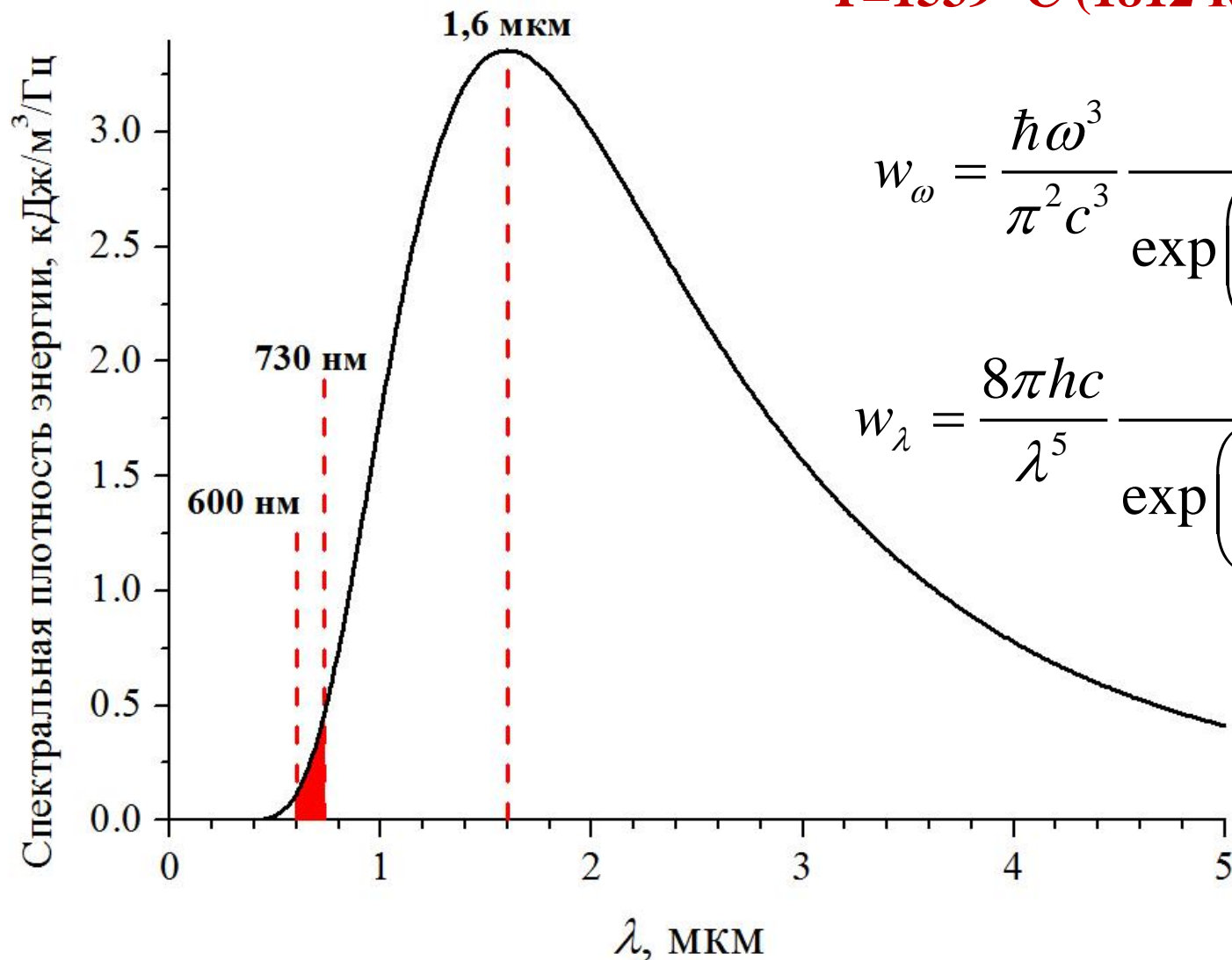
$$[w_{\omega}] = \frac{\text{Дж}}{c^2 (\text{м} / \text{с})^3} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \text{Гц}}$$

$$S = \sigma T^4$$

$$\sigma = 56,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

Планковская кривая при температуре плавления железа

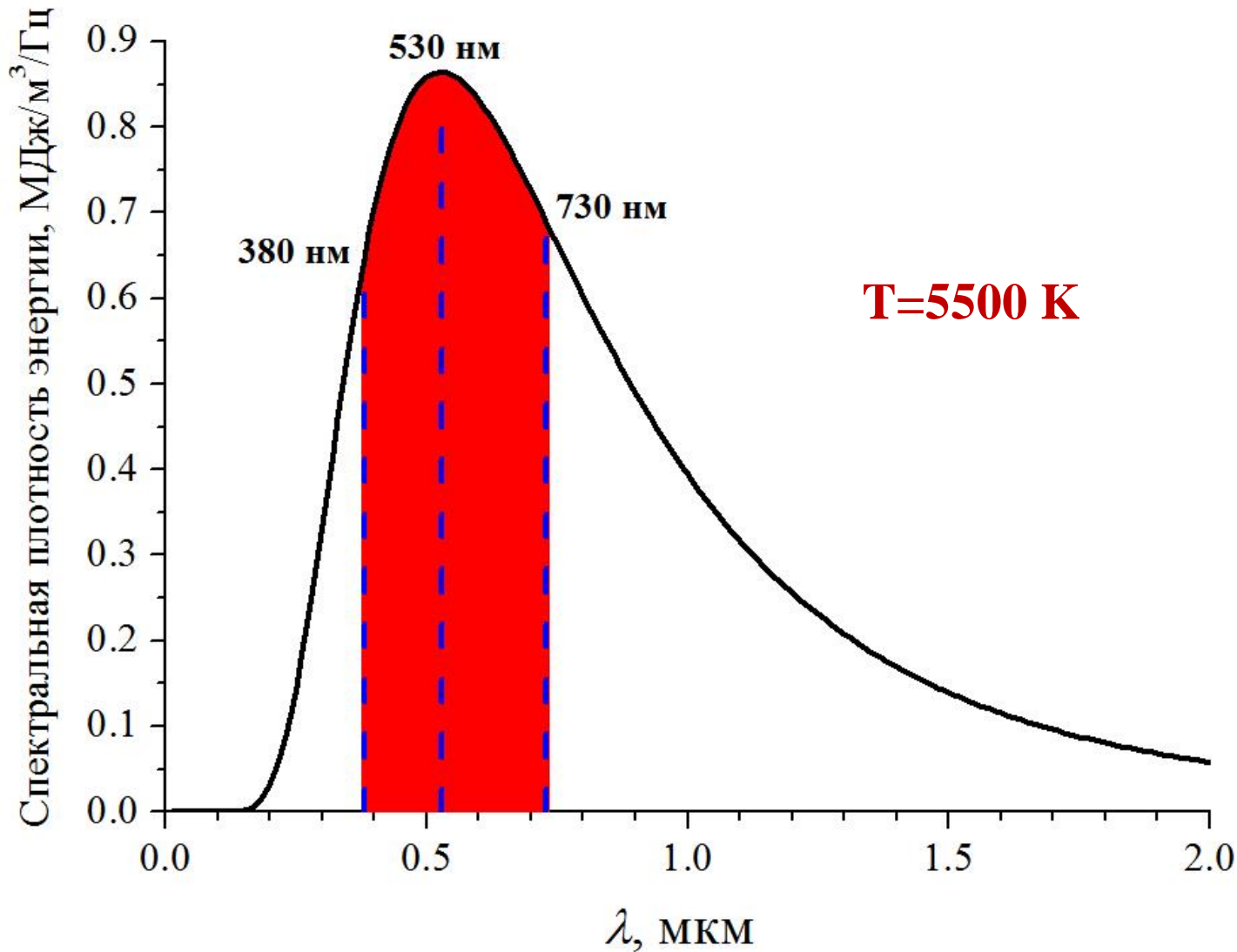
T=1539 °C (1812 K)



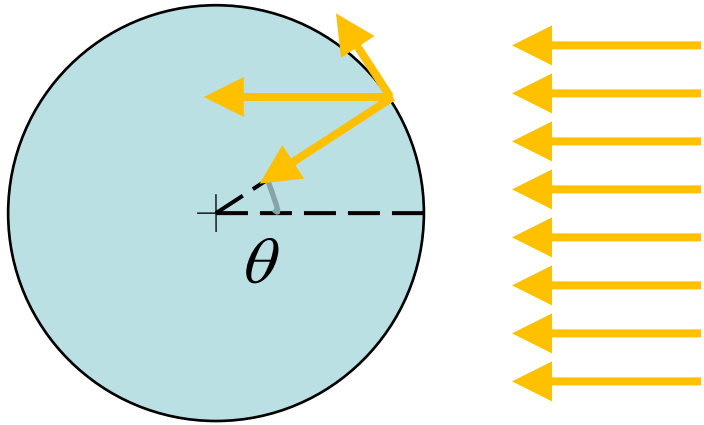
$$w_{\omega} = \frac{\hbar \omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar \omega}{kT}\right) - 1}$$

$$w_{\lambda} = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}$$

Планковская кривая для Солнца



Парниковый эффект



$$P = S\pi R^2(1 - A)$$

$$S = 1,37 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

$$P = \iint S \cos \theta ds =$$

$$= S \iint R^2 \cos \theta \sin \theta d\theta d\varphi =$$

$$= SR^2 2\pi \int_0^{\pi/2} \sin \theta d(\sin \theta) = S\pi R^2$$

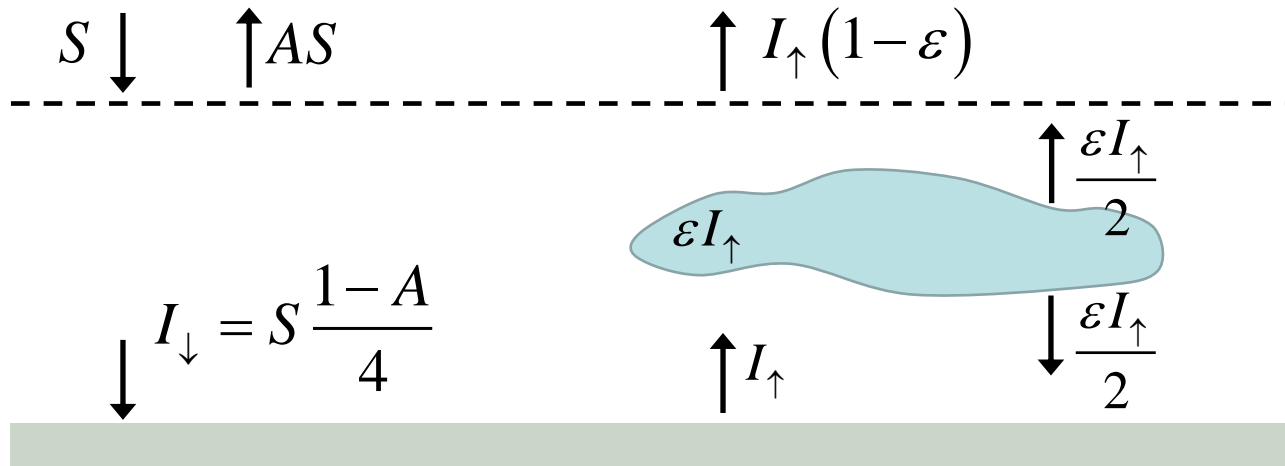
$$\begin{cases} I_{\downarrow} = \frac{S\pi R^2(1 - A)}{4\pi R^2} = \frac{S(1 - A)}{4} \\ I_{\uparrow} = I_{\downarrow} = \sigma T^4 \end{cases}$$

$$A \approx 0,3$$

$$\sigma = 56,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

$$T_3 = \left[\frac{S(1 - A)}{4\sigma} \right]^{1/4} \approx 255 \text{ K} = -18^\circ \text{C}$$

Парниковый эффект



$$\left\{ \begin{array}{l} I_{\Sigma} = I_{\downarrow} + I_{\downarrow} \frac{\varepsilon}{2} + I_{\downarrow} \frac{\varepsilon^2}{4} + \dots = I_{\downarrow} \frac{1}{1-\varepsilon/2} = S \frac{1-A}{4} \frac{1}{1-\varepsilon/2} \\ I_{\Sigma} = \sigma T_3'^4 \end{array} \right.$$

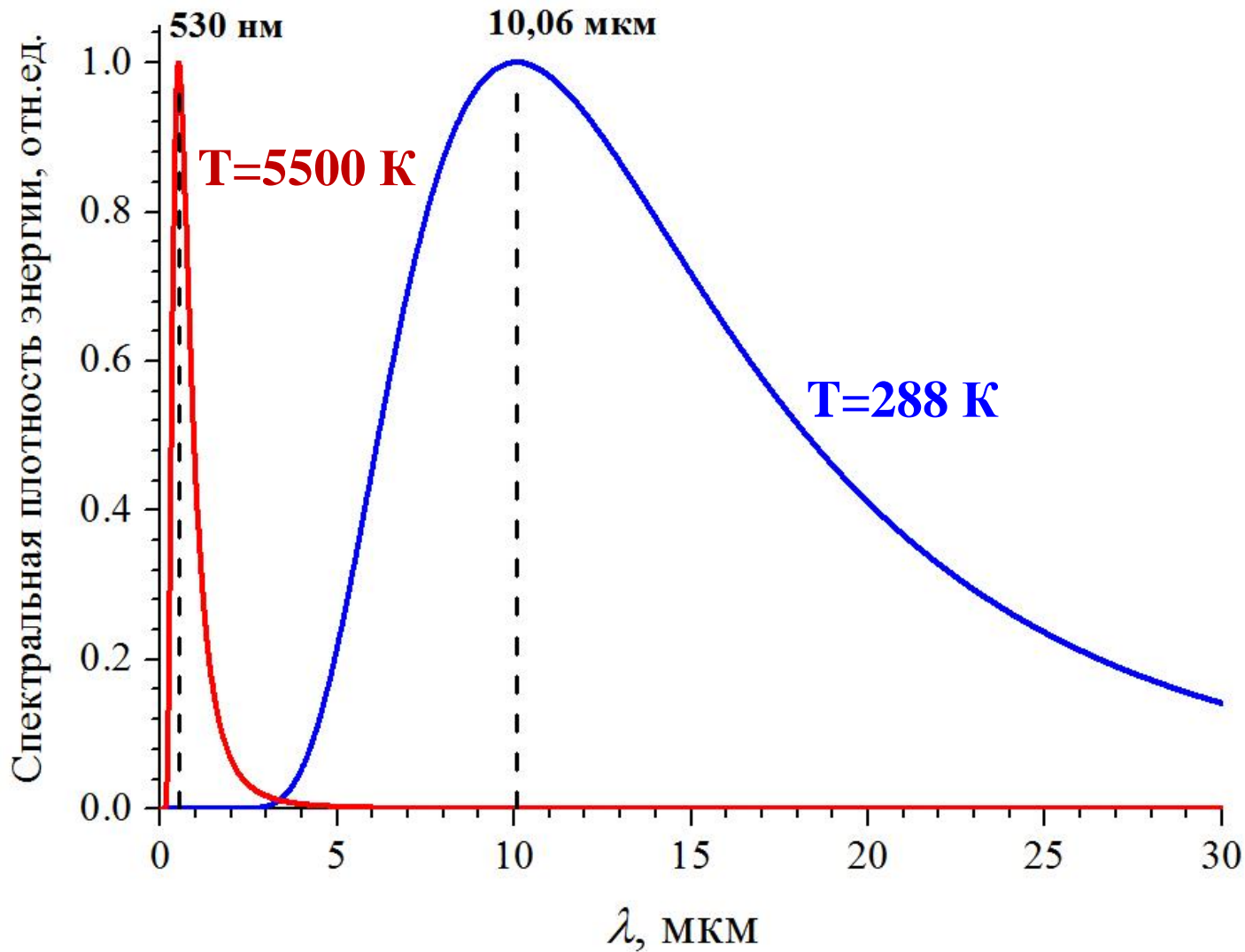
$$A \approx 0,3$$

$$\varepsilon \approx 0,8$$

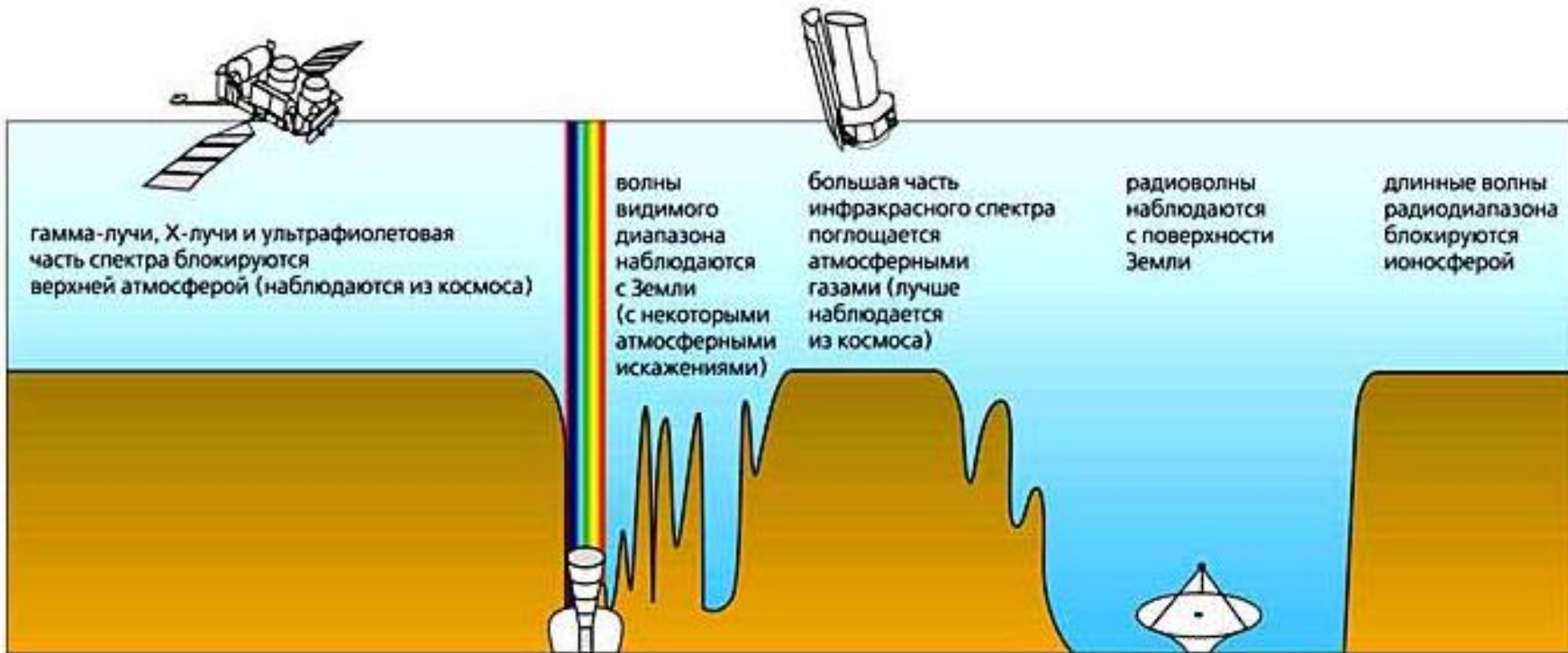
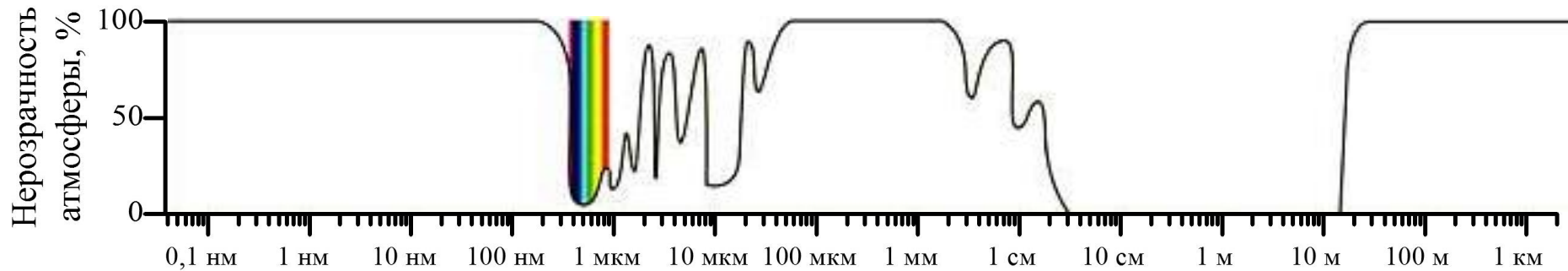
$$\sigma = 56,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

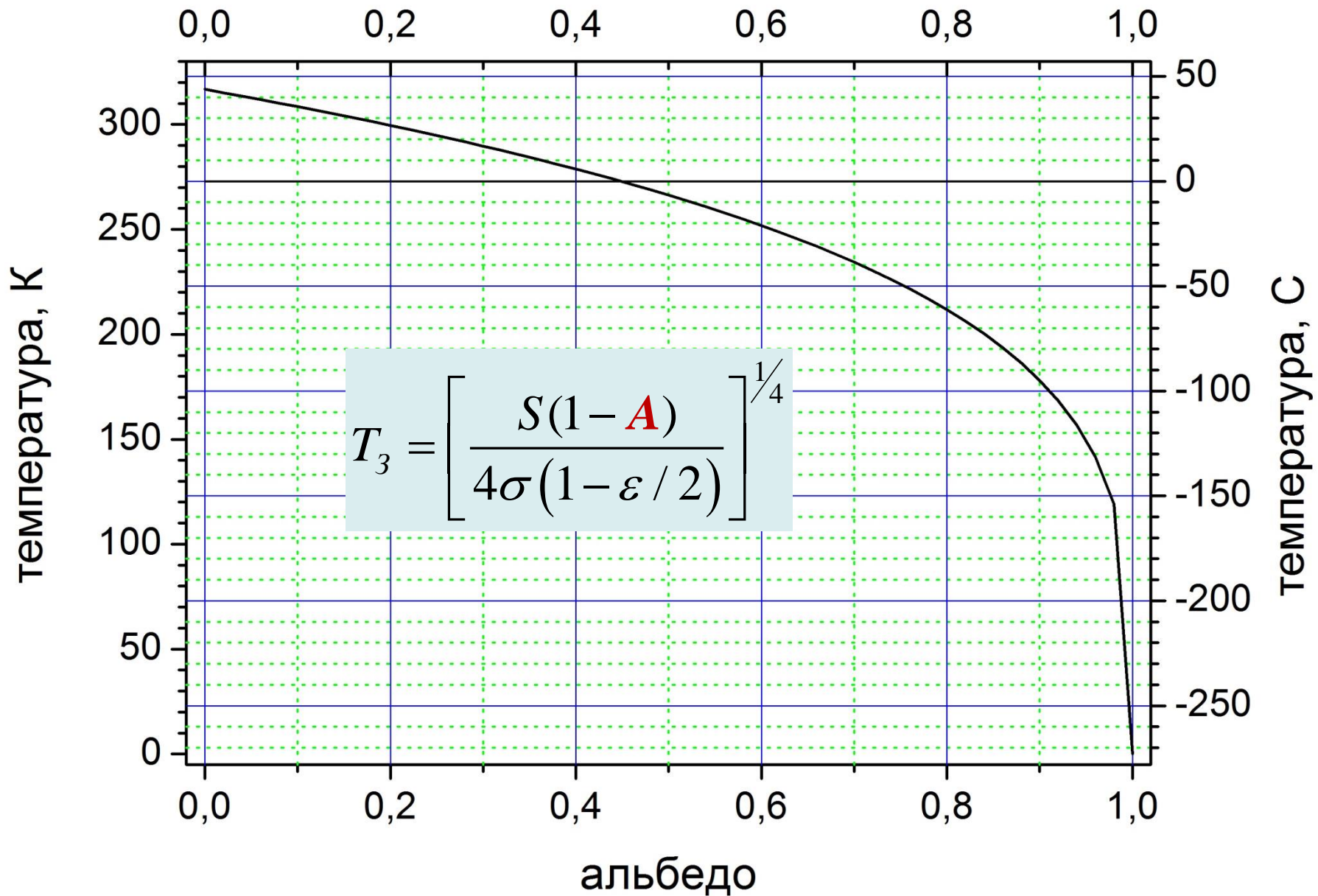
$$T_3' = T_3 \left(1 - \frac{\varepsilon}{2} \right)^{-1/4} \approx 290 \text{ K} = 17^{\circ}\text{C}$$

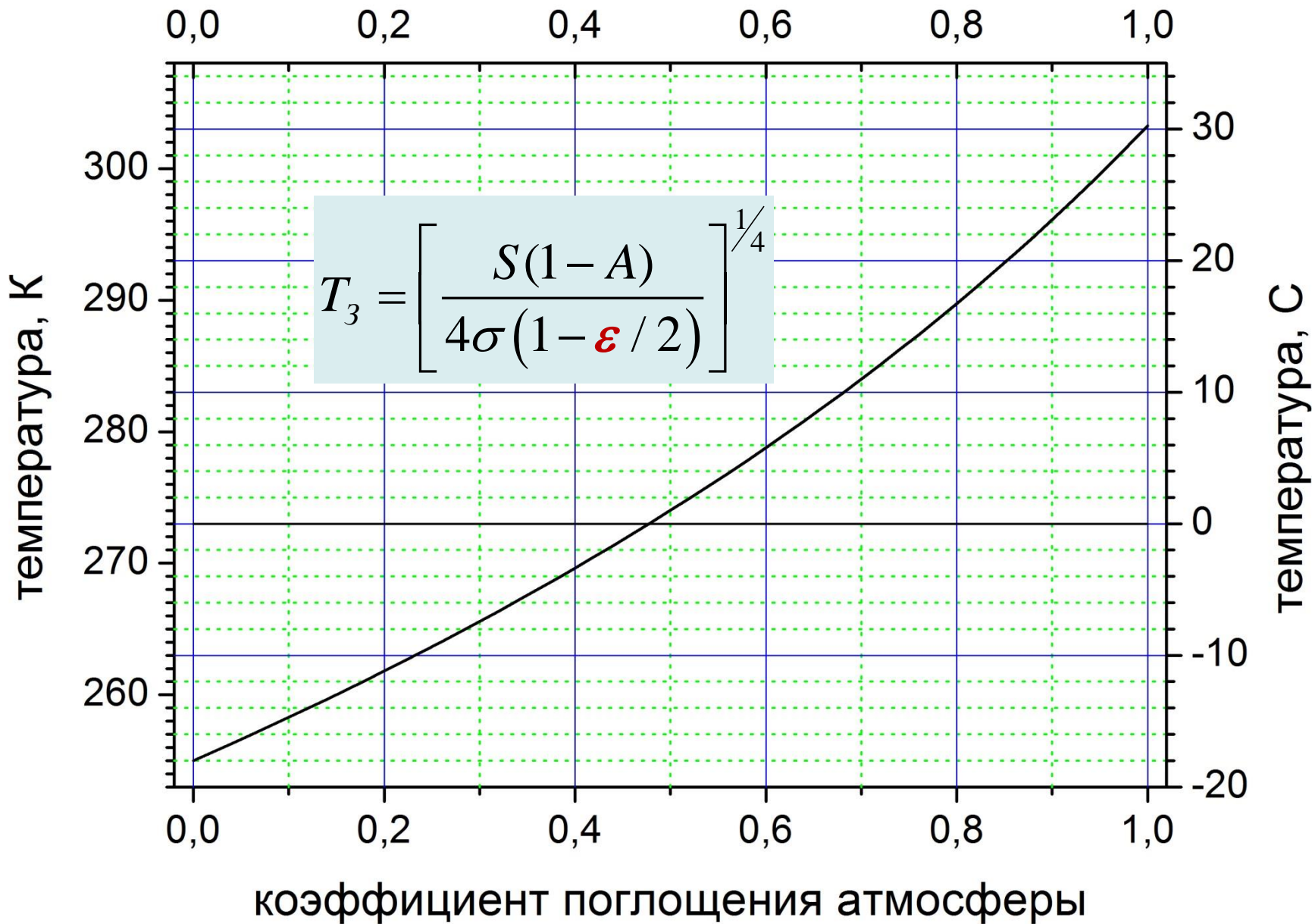
Сравнение планковских кривых для Земли и Солнца



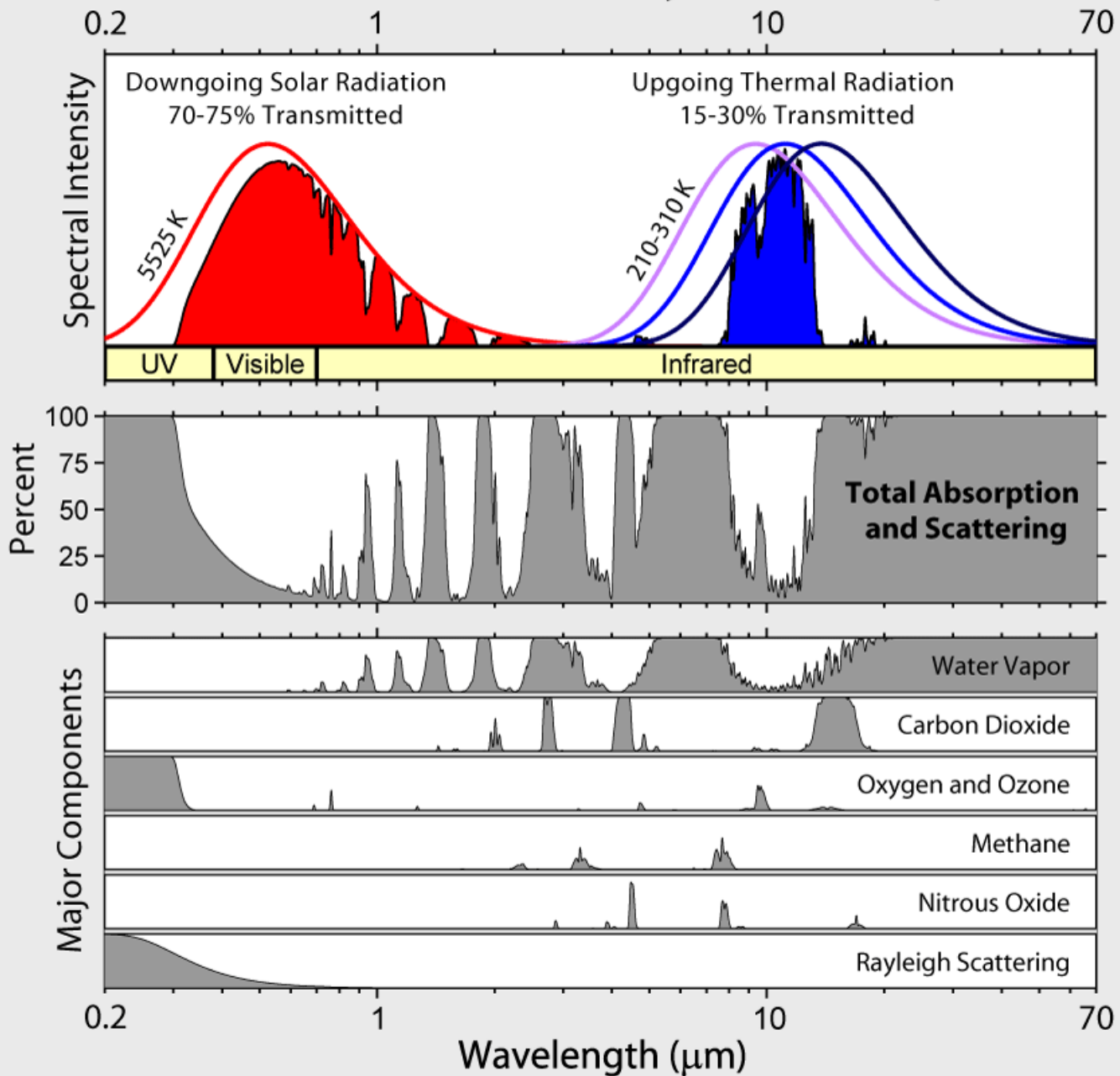
Пропускание земной атмосферы







Radiation Transmitted by the Atmosphere



Количество ядерных боеголовок в странах мира



Источник: институт SIPRI, январь 2017

© DW

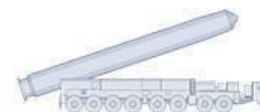
Stockholm International Peace Research Institute



ПОДВИЖНЫЙ ГРУНТОВЫЙ РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС «ЯРС»

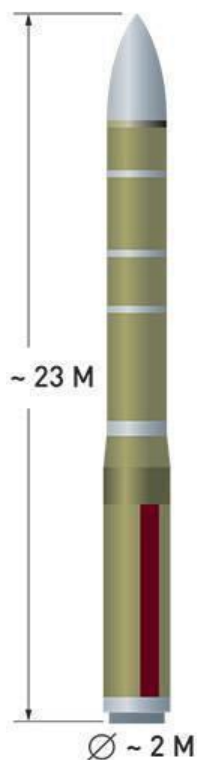


ПРИНЯТ НА ВООРУЖЕНИЕ В 2009 ГОДУ

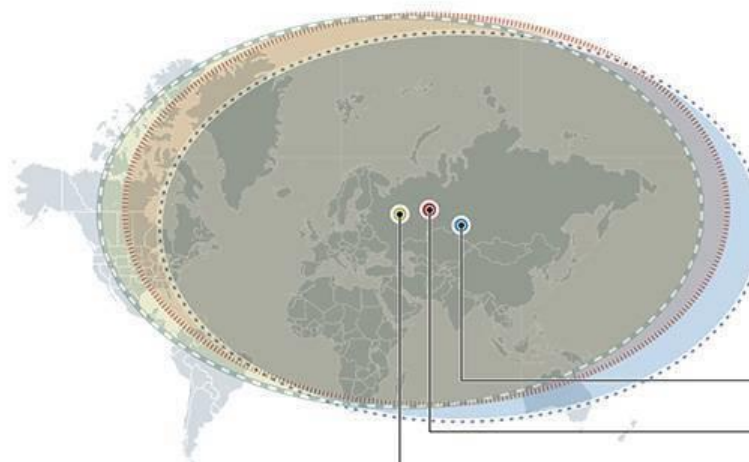


ПЕРВЫЙ ПУСК – 29 МАЯ 2007 ГОДА

РАКЕТА РС-24



КОЛИЧЕСТВО БОЕГОЛОВОК	4-6
МОЩНОСТЬ ЗАРЯДА	150-300 КИЛОТОНН
ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА	11 000 КИЛОМЕТРОВ
МАКСИМАЛЬНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ЦЕЛИ	150 МЕТРОВ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ	АВТОНОМНАЯ, ИНЕРЦИАЛЬНАЯ
ВИД ТОПЛИВА	ТВЕРДОЕ
КОЛИЧЕСТВО СТУПЕНЕЙ	3






ПУСКОВАЯ УСТАНОВКА



ДЛИНА	22.6 МЕТРА
ШИРИНА	3.3 МЕТРА
ВЫСОТА	3.2 МЕТРА
ВЕС	44 ТОННЫ
СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ	45 КМ/Ч

ВОЗМОЖНЫЕ ЗОНЫ ПОРАЖЕНИЯ РАКЕТНЫХ ДИВИЗИЙ С МОБИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ «ЯРС»

-  НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ
-  НИЖНИЙ ТАГИЛ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)
-  ТЕЙКОВО (ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)