

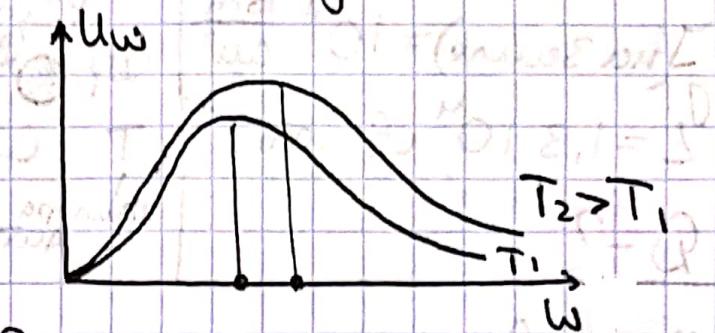
Негенде 1. Законы излучения АЧТ.

0-1-1

$$\lambda_{\max_1} = 2 \text{ мкм}$$

$$\lambda_{\max_2} = 1 \text{ мкм}$$

$$W_2 / W_1 - ?$$



1) Но з-ку Стефана-Больцмана Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{B}{T} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max_1}}{\lambda_{\max_2}} = \frac{T_2}{T_1} = 2$$

АЧТ

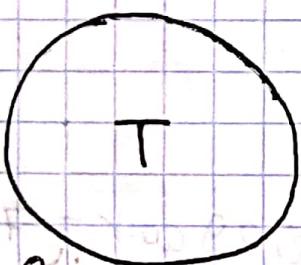
2) Но з-ку Стефана-Больцмана $W \propto T^4$

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^4 = 16 //$$

инт. энерг. свечения
(полная энергия,
излучаемая АЧТ вег.
время - можно
излучение)

0-1-2 $T = 1,3 \cdot 10^7 \text{ K}$ | 1) Давление генерации излучения

$P - ?$



Солнце - АЧТ

$P = U/3$, где U - внутренний
энергетический тенн.
излуч. АЧТ

2) Но з-ку Стефана-Больцмана

$$U = \sigma T^4, \text{ где } \sigma = \frac{40}{c}, \text{ } \sigma - \text{пост.}$$

$\int g dw$

c - Стефана-
Больцмана

$$G = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\Omega_{\text{ж}}}{\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{K}^4}$$

$$(T \text{ к. } Y = \sigma T^4 = \int j w dw = \int \frac{g c}{4} dw = \frac{c}{4} U)$$

$$\Rightarrow P = \frac{U}{3} = \frac{40}{3c} T^4 =$$

$$= \frac{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\Omega_{\text{ж}}}{\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{K}^4}}{3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \cdot (1,3 \cdot 10^7)^4 \text{ K}^4 = 7,2 \cdot 10^{12} \text{ На} \sim$$

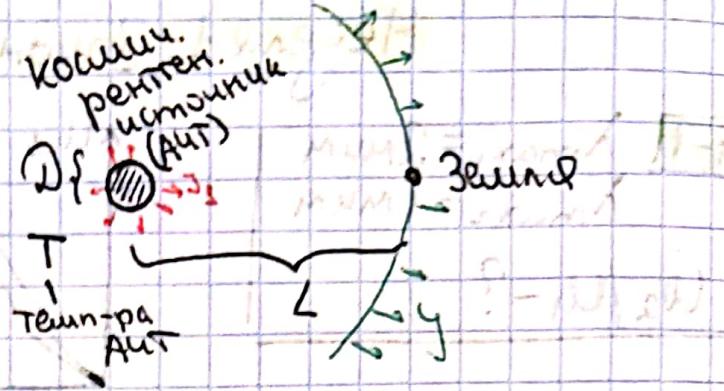
$$\sim 10^{13} \text{ На} //$$

1.22* $\lambda_{\max} = 2 \text{ \AA}$

$$\text{Энтропия вег. плазмы} = 10^{-11} \frac{\text{Bm}}{\mu^2} \quad \text{(на земле)}$$

$$L = 1,3 \cdot 10^4 \text{ см. лет.}$$

D - ?



① ЗСЭ: Приравняем излученное источником

энергии и энергии на расстоянии L от него:

$$\sigma T^4 \cdot 4\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \gamma \cdot 4\pi L^2$$

площадь поглощ. вег. источника
поглощ. вег. источника
исходящий от источника
АУТ

площадь поглощ. вег. источника
поглощ. вег. источника
на земле)

$$\sigma T^4 \cdot \frac{D^2}{4} = \gamma \cdot L^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4\gamma L^2}{\sigma T^4}} = \frac{2L}{T^2} \sqrt{\frac{\gamma}{\sigma}}$$

② по 3-му закону Вульфа:

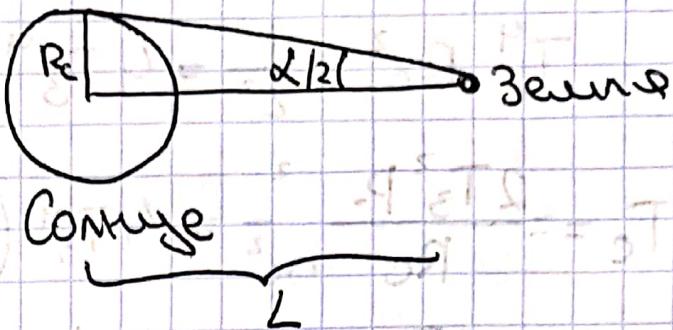
$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{0,29 \text{ см} \cdot \text{K}}{2 \cdot 10^{-8} \text{ см}} = 1,45 \cdot 10^7 \text{ K}$$

$$③ D = \frac{2L}{T^2} \sqrt{\frac{\gamma}{\sigma}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 10^4 \cdot 9,46 \cdot 10^{12} \text{ см}}{(1,45 \cdot 10^7)^2 \text{ K}^2} \sqrt{\frac{10^{-11} \frac{\text{Bm}}{\mu^2}}{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4}}} =$$

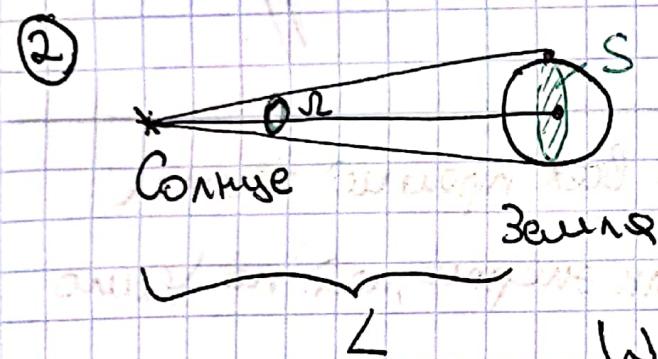
$$= 1,55 \cdot 10^6 \text{ см} = 15,5 \text{ км} //$$

H.26* $\alpha_c = 0,01 \text{ pag}$ | ① Выдвинутые условия р-р Солнца
 $T_3 = 300 \text{ K}$ (с Земли)



$$\frac{\alpha_c}{2} = \operatorname{tg} \frac{R_c}{L} \approx \frac{R_c}{L}$$

$$\frac{L}{R_c} = \frac{2}{\alpha_c}$$



$$W_1 = \sigma \bar{T}_c \cdot 4\pi R_c^2 \cdot \frac{S}{4\pi} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{макр. урон, нод} \\ \leftarrow \text{ном. радио Земли от Солнца} \end{matrix}$$

S

$$S = \frac{\pi R_3^2}{L^2} \Rightarrow W = \sigma \bar{T}_c \cdot 4\pi R_c^2 \cdot \frac{\pi R_3^2}{4\pi L^2}$$

- Земля на дист. нод-ти излучает энергию

$$W_2 = 4\pi R_3^2 \cdot \sigma \bar{T}_3^4$$

- $W_1 = W_2$ (макр. равновесие на нодти Земли — нод-тое попадающее тепло от Солнца равно тому же, излученному от нодти Земли)

Тогда

$$\frac{T_c^4 \cdot R_c^2 \cdot \frac{\pi R_3^2}{L^2}}{4} = 4T_3^4 \cdot R_3^2$$

$$T_c^4 \cdot R_c^2 \cdot \frac{1}{L^2} = 4T_3^4$$

$$T_c^4 = 4T_3^4 \cdot \frac{L^2}{R_c^2} = 4T_3^4 \cdot \left(\frac{2}{d_c}\right)^2$$

$$T_c = \frac{2T_3}{\sqrt{d_c}} = \frac{2 \cdot 300 \text{ K}}{\sqrt{0,01}} = 6000 \text{ K} //$$

1.30* $\bar{W} = 10^{13}$ Вт - мощность всех пром. Земли

$\bar{W} = 10^{17}$ Вт - мощность Солнечной энергии, под. на Землю

1) $\Delta T = ?$ - перегрев от пром. Земли.

2) $\Delta T_{\max} = 1 \text{ K}$: $W_{\max} = ?$ - откуда?

Решение

Запишем баланс энергии:

1) В случае отсутствия пром. источников:

$$\bar{W} = W_{\text{излуч}} = T^4 \cdot S$$

постоянство Земли
постоянство излуч. Земли
от Солнца

$$T = 300 \text{ K} - \text{mean. Земли (сред.)}$$

2) При наличии прямых источников:

$$\overline{W} + W = \sigma (T + \Delta T)^4 \cdot S$$

ном. землей

энергия тепера
бывает в сде

и энергии от источников.

$$3) \text{ Тогда } \frac{\overline{W} + W}{\overline{W}} = \frac{(T + \Delta T)^4}{T^4} = \left(1 + \frac{\Delta T}{T}\right)^4 \approx 1 + 4 \frac{\Delta T}{T}$$

$$\Delta T \ll T$$

$$\frac{W}{\overline{W}} = 4 \frac{\Delta T}{T}$$

$$\Delta T = \frac{W}{4\overline{W}} T = \frac{10^{13}}{4 \cdot 10^{17}} \cdot 300 \text{ K} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ K} //$$

$$4) W_{\max} = 4 \frac{\Delta T_{\max}}{T} \cdot \overline{W} = 4 \cdot \frac{1}{300} \cdot 10^{17} \text{ Вм} \approx 1,3 \cdot 10^{15} \text{ Вм} //$$

1.38* В-вариант в сущу 11

$$\frac{\Delta V}{V} = 0,05.$$

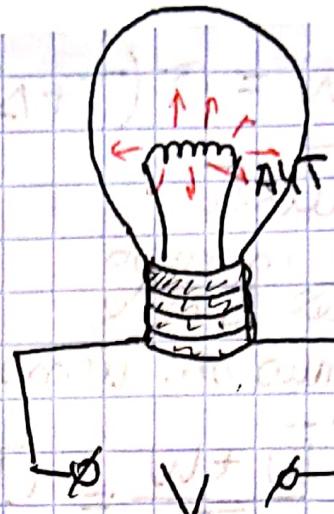
$$T = 1500 \text{ K}$$

$$\lambda = 500 \text{ nm}$$

$$1) R = \text{const}$$

$$2) R = R_0 + \alpha(T - T_0)$$

$$\frac{\Delta E}{E} - ?$$



(Освещенность — это излучаемая лампой энергия на ед. поверхн. $\Rightarrow \frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta S_w}{S_w}$)

специф. объем.
нормиров. энергии

3) Чему $\frac{\Delta S_w}{S_w}$ и изменение темп-ри ΔT
(чтм $V \Rightarrow$ чтм T при)

$$\frac{\hbar\omega}{k_B T} = |\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}| = \frac{\hbar \cdot 2\pi c}{k_B T \lambda} = \frac{hc}{k_B T \lambda} =$$

$$= \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 1500 \text{ К} \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}} \approx 19,13$$

$\Rightarrow \hbar\omega \gg k_B T \Rightarrow$ но 3-му Винца

$$S_w = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} e^{-\hbar\omega/k_B T} \quad \begin{array}{l} \text{уменьш. дифракции} \\ \text{распр-е плавк-я} \end{array}$$

$$\frac{dS_w}{dT} = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} \cdot e^{-\frac{\hbar\omega}{k_B T}} \cdot \left(+ \frac{\hbar\omega}{k_B} \cdot \frac{1}{T^2} \right) =$$

$$= S_w \cdot \frac{\hbar\omega}{k_B T^2}$$

$$\frac{d\varphi_w}{\varphi_w} = \frac{\hbar\omega}{k_5 T} \cdot \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{\Delta\varphi_w}{\varphi_w} = 19 \frac{\Delta T}{T}$$

2) Чрез ΔT и ΔV

Считаем, что R не зависит от температуры,

аналогично можно выразить изменение (предпр. резн.)

Тогда

$$N = \frac{V^2}{R} \sim T^4 \Rightarrow \frac{V}{RT^4} = \text{const.}$$

мощность
равна

• 1 случай $R = \text{const.}$

$$V^2/T^4 = \text{const}$$

$$2\ln V - 4\ln T = \ln \text{const}$$

$$2 \frac{\Delta V}{V} - 4 \frac{\Delta T}{T} = 0.$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta \varphi_w}{\varphi_w} = 19 \frac{\Delta T}{T} = 19 \frac{\Delta V}{2V} \approx 0,475$$

$\Rightarrow E \uparrow \uparrow \text{на } 47,5\%$

• 2 случай $R = R_0 + \alpha(T - T_0)$

$$\frac{V^2}{R} \sim T^4 \Rightarrow V^2 \sim (R_0 + \alpha(T - T_0)) T^4 \sim T^5$$

$T \gg T_0$.

$$2\ln V - 5\ln T = \ln \text{const}$$

$$2 \frac{\Delta V}{V} = 5 \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta E}{E} = 19 \frac{\Delta T}{T} = 19 \cdot \frac{2}{5} \frac{\Delta V}{V} = 0,38 \Rightarrow E \uparrow \uparrow \text{на } 38\%$$

1.44*

коэф. пот.

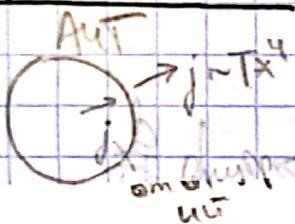
$$A = \begin{cases} 1, & w \leq w_0 \\ 0, & w > w_0 \end{cases}$$

Баланс., Т. - ?

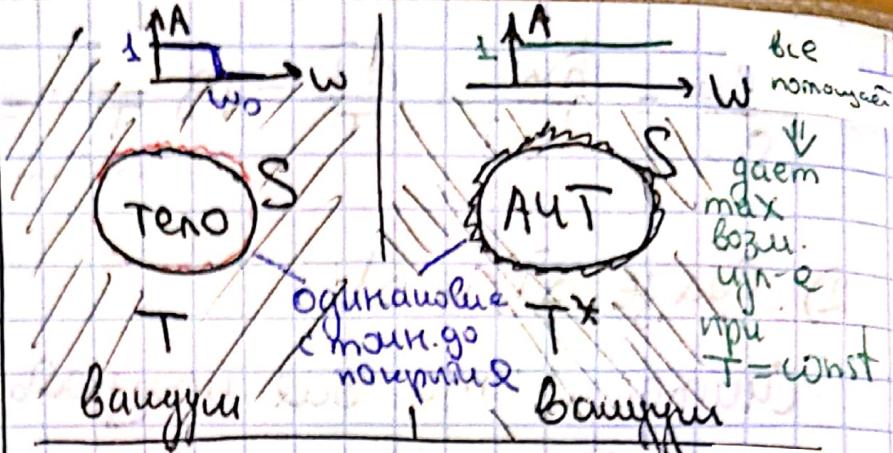
аналог
терм. пот. АЧТ
new

$$A\text{ЧТ}: T^* = 300K$$

$$\Theta = \frac{k w_0}{k_B T} = 300K$$



мено напр.
за счет выхр.
и.е.



бес
рассыпки

гаеч
макс
возд.
ура

при
 $T = \text{const}$

2) Норм. меню энергии:

$$\bar{W} = \frac{c}{4} \cdot S \int_0^{w_0} g(w) dw \Theta$$

Прим-е: Оценим $\frac{k w_0}{k_B T} \ll 1$, т.к. мено ищущает
меньше, чем АЧТ \Rightarrow
 \Rightarrow его темпера-
доминально выше.

\Rightarrow no open Ponel-Dominca

$$\Theta \frac{cS}{4} \int_0^{w_0} \frac{k_B T}{\pi^2 c^3} w^2 dw =$$

$$= \frac{cS}{4} \frac{k_B T}{\pi^2 c^3} \cdot \frac{w_0^3}{3}$$

3) В равновесии гн. тела: $W = \tilde{W}$
изл. норм.

$$\Rightarrow \frac{\pi^2}{60} \cdot \frac{k_5^{3/4}}{c^2 h^3} T^{*4} = \frac{c^8 k_5 T}{T^2 \pi^2 c^8} \cdot w_0^3$$

$$\frac{\pi^4}{5} \cdot \frac{k_5^{3/4}}{h^3} \cdot \frac{h^4 w_0^4}{k_5^4} = T w_0^3 \quad (\text{чтобы } T^* = 0 = \frac{h w_0}{k_5})$$

$$\frac{\pi^4}{5} \cdot \frac{h w_0}{k_5} = T$$

$$T = \frac{\pi^4}{5} \Theta \approx 5833 \text{ к} = 6000 \text{ к} \gg T^* \Rightarrow$$

\Rightarrow непр-е верно.

1.50* АЧТ, Т?

$$B_{AUT} = B_{NU} \text{ при } \omega$$

$$\varepsilon = 1 \text{ дис.}$$

i) Ампл. излучения - норм

чл-я в eq. men. ума

$$B_\omega = \frac{j_T(\omega)}{j_L} \text{ - симп. АЧК.}$$

ii) АЧТ излучаем Bo Gc
пр-бо ($\rho_{4\mu}$),
а лазер- практич.
может (с учетом
гир. расхождения)

\Rightarrow где надо, чтобы на

частоте излучения ω

$B_{AUT}(\omega) = B_{NU}(\omega)$, т.е. при AUT Т должна

быть одинаковая ($k_T \gg h \omega \sim 2eV \leftarrow$ где ирас. для)



частота
лазера

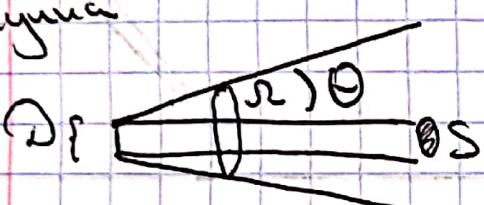
\Rightarrow предположим, что $kT \gg \hbar\omega$

3) АЧГ: \downarrow ср-е на ламберта \uparrow Рене-Дюисс

$$B_{AHT} = \frac{j_T(\omega)}{\pi} = \frac{g_T(\omega) c}{4\pi} = \frac{c}{4\pi} \cdot \frac{k_5 T \omega^2}{n^2 c^2} = k_5 T \cdot \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{\pi} = \frac{k_5 T}{\lambda^2 \pi}$$

4) Лазер:

грав.пучка



$$B_{LH}(\omega) = \frac{q}{\Delta\omega \cdot \Delta\Omega}$$

$q = \frac{\Sigma}{S^2}$ - энергия импульса
 $S = \pi D^2/4$ - площадь пучка, $D = nD/4$ - времязадержка

У соотн. неопр. $\Delta\omega \cdot T \approx 2\pi$

$$\Delta\Omega = 2\pi(1 - \omega s \theta) = \pi \theta^2 = \pi (N/D)^2$$

$\theta \ll 1$ ↑

счит, что расстояние
одинаково

$$B_{LH}(\omega) = \frac{\epsilon}{\frac{\pi D^2 \cdot T \cdot \Delta\omega \cdot \pi}{4} - \frac{\lambda^2}{\theta^2}} = \frac{2\epsilon}{\pi^3 \lambda^2}$$

$$5) B_{\text{AHT}}(\omega) = B_{\text{BHU}}(\omega)$$

$$\frac{k_6}{\pi \lambda^2} = \frac{2\varepsilon}{\pi^3 \lambda^2}$$

$$T = \frac{2\varepsilon}{\pi^2 k_6} \approx 1,5 \cdot 10^{22} \text{ K} //$$

Решение с
оправданием