

Земное атмосферное давление (19)

1) $\rho_a \approx 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{10^3 \cdot 10^2}{10^4} [\text{срс}] = 10 [\text{срс}]$

2) $\rho_{\text{атм}} \approx \rho_{\text{атм}} \cdot \boxed{10^6 [\text{срс}]} \cdot \frac{2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} \cdot \boxed{g = 10^3 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}}$

$\Sigma_{\text{атм}} \frac{W_{\text{атм}}}{S_{\oplus}} = \frac{M_{\text{атм}} g}{S_{\oplus} g} = \frac{\rho}{g} = \frac{10^6}{10^3} = 10^3 \frac{\text{срс}}{\text{см}^2} \quad (*)$
(как в гравитации!)

3) $g_2 \sim \frac{\Omega^2 h}{2} = \frac{(\Omega R)^2 \delta}{2} = \left| \frac{\text{на 1. д. е.}}{\delta = 0.05} \right| = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 0.05 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2}}{1.5 \cdot 10^{13} \text{ см}} =$
 $= \frac{10^5}{10^{13}} = 10^{-8} \frac{\text{см}}{\text{с}^2} \rightarrow$ не 11 порядков!

4) $h = 1.5 \cdot 10^{13} \text{ см} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \approx 10^{12} \text{ см} = 10^7 \text{ м}$
У атмосферы: 10 м.

~~mm~~

Формы гравитационного излучения.

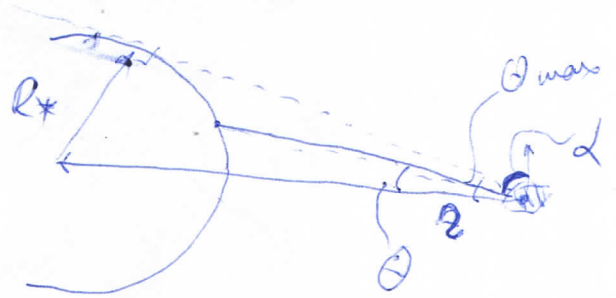
20

I) бесконечные тонкие диски.

$$\Theta_{\max} = \sin^{-1} \frac{R_*}{2}$$

$$0 < \Theta < \Theta_{\max}$$

$$-\frac{\varphi}{2} < \varphi < \frac{\varphi}{2}$$



$R = \int I_* \cos \alpha d\Omega$, где α - угол между нормалью к поверхности и лучом.

$\cos \alpha = \sin \Theta \cos \varphi$ (можно убедиться просто: это x-проекция $\vec{n}$, т.е. единичного вектора, где $x = R \sin \Theta \cos \varphi$ в сфер. с.с.!).

$$R = I_* \int_{-\varphi/2}^{\varphi/2} \cos \varphi d\varphi \int_0^{\Theta_{\max}} \sin^2 \Theta d\Theta \rightarrow \text{проверить, что это дает точное выражение 2.27. Проверить (без труда).}$$

или $\Theta_{\max} \ll 1$ ($2 \gg R_*$)?

$$\Theta_{\max} \approx \frac{R_*}{2}$$

$$R \approx 2 I_* \int_0^{\Theta_{\max}} \Theta^2 d\Theta = 2 I_* \frac{\Theta_{\max}^3}{3} = \frac{2}{3} I_* \left(\frac{R_*}{2} \right)^3$$

$$I_* = \frac{1}{4} \sigma T_*^4, \text{ а } R = \sigma T_d^4$$

$$\frac{T_d^4}{T_*^4} = \frac{2}{3^4} \frac{R_*^3}{2^3}$$

(*)

$$T_d \sim 2^{-3/4}$$

Получить что с

$$T_d^4 = \frac{3}{8^4} \frac{GM_*}{2^3} \frac{\dot{M}}{\sigma} \quad (\text{ср } 10^3)$$

$$T_*^4 R_*^3 \sim GM_* \frac{\dot{M}}{\sigma} \Rightarrow \sigma T_*^4 R_*^2 \sim \frac{GM_* \dot{M}}{R_*} !$$



Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

(21)

Углеродные звезды

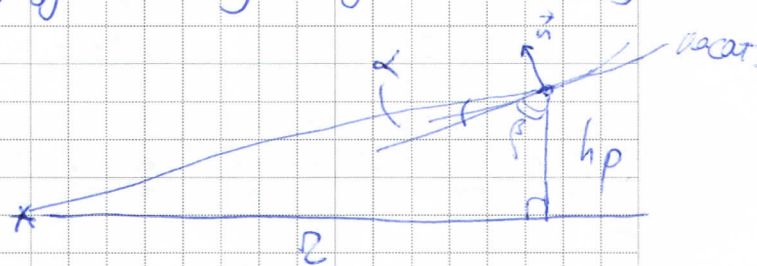
II) Разрушающиеся звезды

Сразу считаем $R_* \ll r$ и звезда — точечный источник

Тогда сразу поток от звезды на единицу площади есть $F = \frac{L_*}{4\pi r^2}$

$$\frac{L_*}{4\pi r^2} = \frac{L_*}{4\pi} \frac{dh_p}{dr} + \alpha$$

$$\alpha = \frac{dh_p}{dr} - \frac{L_*}{4\pi} \frac{dh_p}{dr} = 2 \frac{dh_p}{dr} \frac{L_*}{4\pi r^2} \quad (*)$$



Для степенной зависимости $\delta \sim r^{\epsilon < 1/2}$ ($\epsilon \sim 1/2$, где $\delta = r_0 = 2^{1/2} r$) имеем $L \sim \epsilon r^{\epsilon}$ — другие расходящееся величины! // Если считать $h_p \approx h$

Тогда $\sigma T_d^4 = \alpha \frac{\sigma T_*^4 \cdot 4\pi R_*^2}{4\pi r^2}$

(*)
(*)

$$\frac{T_d^4}{T_*^4} = \frac{R_*^2}{r^2} \alpha$$

$$T_d \sim r^{-1/2}$$

Если считать $T_c \approx T_d$ тогда углеродные звезды (и то рассевшиеся звезды) $\Rightarrow$ то $(h_p \sqrt{2})^2 = \frac{8kT_d}{\mu m_H} \Rightarrow$
[и $h_p \approx h$]

Вместе с (*) и (*) имеем уравнение на T_d и

Kenyon & Hartmann (1987) подтвердили

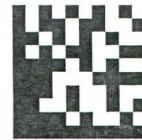
$$T_d \sim r^{-1/2}$$

Рег. №

страница

из





Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

Но: возможные дают $\rho < \frac{1}{2}$ (22)
 далее — см. рисунок из работы Вескити — BSO
 расширением даков по ρ , где $T_d \sim \rho^{-2}$.

Отсюда родилась еще более тонкая модель
 пассивной дресс: модель Чаппа — Поларабха.

Что утверждает:

- 1) что облучаемая звезда при нагревается
 $(F_* \propto \sigma T_d^4 !!)$.
- 2) что верхний слой планеты h_p — вращается тонким
 по отношению к более холодной излучению от
 поверхности звезды $T_* < T_d$.

эк-температурная модель

$$\alpha_0 \sim \lambda^{-1} \sim T.$$

Уравнение энергии излучения: способность погл. и изл.
 сравним с черным телом: $S_d \cdot F_* \cdot \epsilon_*$, где $S_d = \pi R_d^2$
 а также притока: $4\pi R_d^2 \sigma T_d^4 \cdot \epsilon_d$ — углов излучение.

$$\frac{\pi R_d^2 \cdot \sigma T_*^4 \cdot 4\pi R_*^2}{4\pi R_d^2} \epsilon_* = 4\pi R_d^2 \sigma T_d^4 \epsilon_d$$

$$\frac{T_*^4}{T_d^4} = \frac{\epsilon_*}{\epsilon_d} \left(\frac{R_*}{2R_d} \right)^2$$

т.к. $\epsilon \sim \alpha_0 \sim T$, то $\frac{\epsilon_*}{\epsilon_d} = \frac{T_*}{T_d}$ и

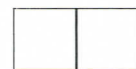
получаем

$$\frac{T_d}{T_*} = \left(\frac{R_*}{2R_d} \right)^{2/5}$$

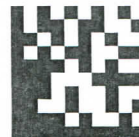
страница



из



А планета охлаждается
 столкновительно с
 газом: др. и др. ...



Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

SED гуски в Баттисен и среднем излучении (23)
(т.е. оптически тонко)

$$P_0 \sim \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\epsilon_{in}}^{\omega_{out}} \omega \epsilon d\omega B_0(T(\omega)) \quad (*)$$

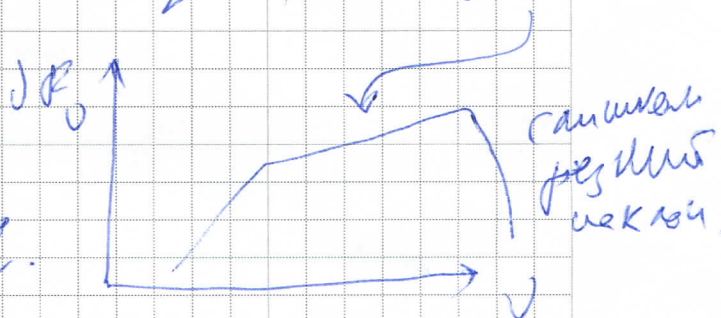
$$B_0 \sim \frac{\int_0^3}{e^{-\frac{h\nu}{kT}} + 1} : \text{замена } x = \frac{h\nu}{kT(\omega)} \text{ и т.д.}$$

Тогда получим (Косен § 2.2.)

$$\omega P_0 \sim \omega^{4-2/q} \int_0^\infty f(x) dx \rightarrow q = 3/4 : \omega P_0 \sim \omega^{4/3}$$

графи из работ

Вестник ИИ-ИВБ с сред. по г.



SED гуски в мн-гранатоне (т.е. оптически тонко)

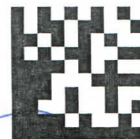
$$P_0 \sim \frac{1}{\sqrt{2}} \int (\omega \epsilon d\omega) \frac{2\omega^2 kT}{c^2} \sum \alpha_\nu$$

$$\alpha_\nu \sim \alpha_0 \nu^\beta : P_0 \sim \frac{A}{\sqrt{2}} \alpha_0 \int \omega^{2+\beta} (\omega \epsilon d\omega) T(\omega) \sum(\omega)$$

$$\beta \approx (p-3) \beta_{ISM} \text{ если } \frac{dn}{ds} \sim s^{-p} \text{ где } 5 < p_{max} = 3.2$$

$$\beta_{ISM} \approx 2.2, \beta = 1 : \text{согласие, (Draine, 2006).}$$

что плазма в звезде имеет, по др. мере



Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

24

Профиль поверхностной плотности
активного диска в предположении, что
профиль температуры (профиль диска!) определяется
излучением звезды.

$$\Sigma \propto \frac{\dot{M}}{R}$$

$$T_c = 150 \left(\frac{R}{1 \text{ a.u.}} \right)^{-3/4} \text{ K} \quad - \text{внутр. температура из} \\ \text{модели Чанга-Раджабханга}$$

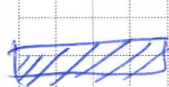
$$\dot{\Sigma} = 2\pi R \dot{\Sigma} = 2\pi R^2 \Omega^{-1} = 2 \frac{R K T_c}{\mu m_H} \Omega^{-1}$$

$$\Sigma = \left(\frac{R K}{\mu m_H \cdot 30} \right)^{-1} \dot{M} \Omega^{-1} \cdot 150^{-1} \left(\frac{R}{1 \text{ a.u.}} \right)^{3/2} = \left(\mu m_H \dot{M} = 10^{-7} \text{ Mo/yr} \right. \\ \left. R = 1 \text{ a.u.}, d = 0.01 \right)^{-1} =$$

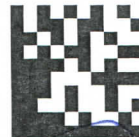
$$= \frac{2 \cdot 4 \cdot 1.6 \cdot 10^{-24}}{1.3 \cdot 10^{-16} \cdot 3 \cdot 3.14} \cdot \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{33}}{3.14 \cdot 10^7} \cdot 10^2 \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 14}{3.14 \cdot 10^7} \cdot 15 \cdot 10^{-2} = \\ = 0.25 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{19} \cdot 10^2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} = 2.5 \cdot 10^3$$

то: такое предположение, начиная с $\dot{M} \leq 10^{-8} \text{ Mo/yr}$, partially:

$$\Sigma \approx 250 \left(\frac{R}{1 \text{ a.u.}} \right)^{-15/4} \left(\frac{\dot{M}}{10^{-8} \text{ Mo/yr}} \right) \left(\frac{d}{0.01} \right)^{2/3} \text{ g/cm}^2 \quad (*)$$



только для центральных звезд, вроде Чанга-Раджабханга,



Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

25

Химический состав.

Газы

H, He

98%

по весу.

Легкие

C, N, O, Ne, S, Ar, Cl

1.5%

Калий

Na, Mg, Al, Si, Ca, O, Fe, Ni

0.5%

Среднее значение: 1) где число атомов газа

$a_{SI} \approx 3.7$ а.е. из Моргана-2005, если $\Sigma_0 \approx 100 \cdot 100^{2/3} \text{ см}^2$
на 5.2 а.е.

что соотв. MMSK.

2) где число неактивных газов - Голанд & Lin-2007

— $a \approx 1$ а.е.

3) ~~спотермическая оценка~~ из равновесия потоков
"на" и "с" планеты, нормальное к лучу инсоляции,

— $a \approx 2.7$ а.е.

$$\sigma_{\text{S}}^2 \frac{G_{\text{X}}}{4\pi R^2} = 4\sigma_{\text{S}}^2 \sigma T^4$$

отсюда.

$$T = 280 \left(\frac{G_{\text{X}}}{G_0} \right)^{1/4} \left(\frac{R}{1 \text{ а.е.}} \right)^{-1/2} \text{ К.}$$



(26)

Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

Нестационарное излучение.

из автомодельное решение (Linden-Bell & Pringle 1984):

$$\Sigma(\tilde{r}, t) = \text{const} \cdot T^{-(5/2-\delta)/(2+\delta)} \exp\left[-\frac{\tilde{r}^{2-\delta}}{T}\right] \text{ где}$$

$\tilde{r} = r \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^{\delta}$ видим, что внешний край расширяется по

закону: $\frac{r_0^{2-\delta}}{T} = \text{const} = \frac{r_0^2}{r_1^2} \frac{r_1^{\delta}}{2^{\delta}} + \frac{r_1^2}{0} = \frac{r_0^2}{0^{\delta}}$

(это мы можем получить, считая, что внешний край движется с характерной гидродинамической скоростью $v_2 = \frac{3}{2} \frac{v_0}{2}$, но ошибка!)

Тогда: $r_0^{2-\delta} = \text{const} \cdot t \Rightarrow \boxed{r_0^2 + \frac{1}{2} t^{\frac{1}{2-\delta}}}$

$$J_d \sim \kappa M_d \Omega(r_0) r_0^2 \Rightarrow M_d \sim \frac{J_d}{\sqrt{\sin \alpha} r_0^{\frac{1}{2}}}$$

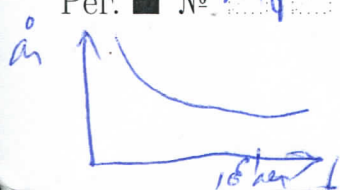
$$M_d \sim t^{-\frac{1}{2(2-\delta)}}$$

Тогда $\dot{M}_d = \frac{dM_d}{dt} \sim t^{-\frac{1+2(2-\delta)}{2(2-\delta)}}$

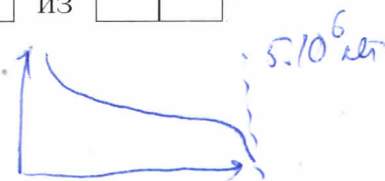
$$\boxed{\dot{M}_d \sim t^{-\frac{5/2-\delta}{2-\delta}}} \quad (!)$$

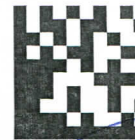
Увеличилось то, что стоит в числителе точкой.

Per. № $M_d \sim t^{-3/2}$ где $\delta \sim 2$ (Тогда $T \sim 2^{-1/2}$ типичный случай) страница из



ИЕ то что наблюдается!!
(фотоиспарение.)





Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

22

Попробуйте к кеплеровскому браунингу. Любимый ветер.

Радиационный баланс сил?

$$\frac{V_p^2}{2} = \Omega^2 r = \frac{GMx}{r^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$

$$\rho \sim \rho_c \sim \rho \xi^2 = \rho (1/\Omega)^2$$

$$\frac{V_k^2}{2} = \frac{GMx}{r^2} = \Omega_k^2 r \rightarrow V_p^2 = V_k^2 + \frac{2}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$

$$V_p^2 \sim V_k^2 + G^2$$

$$V_k - V_p = \eta V_k$$

Если $\Sigma \sim r^{-\gamma}$, $T_c \sim r^{-\beta}$, то

$$\rho \sim \rho_c \sim \frac{\Sigma T_c}{h} \sim \Sigma T_c^{\frac{1}{2}} r \sim r^{-(\gamma + \beta/2 + 3/2)}$$

$$\text{т.е. } \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = - \frac{(\gamma + \beta/2 + 3/2)}{2} \frac{G^2}{\eta}$$

$$V_k - V_p = V_k - V_k \left(1 + (-\gamma - \beta/2 - 3/2) \eta^{-1} \frac{G^2}{V_k^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\eta V_k = \frac{V_k}{2\eta} (\gamma + \beta/2 + 3/2) G^2 / V_k^2$$

$$\frac{G^2}{V_k} \sim \frac{r^{-\beta}}{r^{-\gamma/2}} = r^{\gamma/2 - \beta}$$

$$\eta V_k = \frac{375}{\eta} (\gamma + \beta/2 + 3/2) \left(\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}} \right)^{1/2} \left(\frac{8 \text{ м.с.}}{0.05} \right)^2 \left(\frac{r}{1 \text{ а.е.}} \right)^{\gamma/2 - \beta} \frac{\text{век.с.}}{(*)}$$

Пер. №

страница

из

ηV_k удобно альтернативно найти из баланса сил

вероятнее сил гравитации:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = 2\Omega \eta V_k$$