

48

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

Гравитационное фокусировка.

Характерное время роста эмбриона за счет сжатия магнетизма без учета грав. фокусировки.

масса
электронной

$$\frac{dM}{dt} = \rho_i \cdot V \cdot \Omega S^2 = \frac{\sum \rho_i}{h_{pi}} \Omega h_{pi} \cdot \Omega S^2 = \sum \rho_i \Omega \frac{4\pi S^3}{3} \rho_m \left(\frac{3}{4} S^{-1} \rho_m^{-1} \right)$$

$$= \frac{3}{4} \frac{\sum \rho_i \Omega}{S \rho_m} M.$$

Рост - ускоренный!

$\sum \rho_i$ - пов. м-16 падающих на диск
гуски (= $\sum \rho_i$)

S - размер ~~электронной~~
эмбриона (пропорционально)

$$\tau_m \approx \frac{\rho_m S}{\sum \rho_i} (*)$$

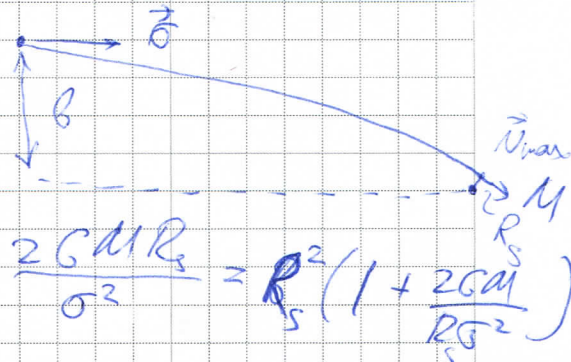
Отсюда имеем на 1 а.е.:

$$\tau_m \approx \frac{3 \cdot 10^8}{10} = 30 \text{ млн лет} \gg \text{ + время гуски.}$$

сразу не проходит газовые магниты!!

~~не~~ не иск а.е. будет ближе к 1 млрд лет.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\sigma^2}{2} &= \frac{v_{max}^2}{2} - \frac{GM}{R_s} \\ \sigma &= v_{max} R_s \end{aligned} \right\} \text{ в-?}$$



$$\frac{\sigma^2}{2} = \frac{(v_{max} R_s)^2}{2 R_s^2} - \frac{GM}{R_s} \rightarrow \sigma^2 = R_s^2 + \frac{2GM R_s}{\sigma^2} = R_s^2 \left(1 + \frac{2GM}{R_s \sigma^2} \right) = R_s^2 \left(1 + \frac{v_{esc}^2}{\sigma^2} \right) (*)$$

Рост - взрывной!

Эм. $v_{esc} \rightarrow \sigma$: $R = \sigma R_s^2 \frac{v_{esc}}{\sigma^2} \sim M^{2/3} (*)$

Пер. №

$$F_g \sim M^{2/3}$$

страница

из

~~не~~ Типо соотношение с радиусом грав. захвата.

$$R_{\text{coll}}^2 = R_s^2 \frac{v_{\text{esc}}^2}{\sigma^2} = \frac{2GM R_s}{\sigma^2} = 2R_g R_s.$$

$\rightarrow R_{\text{coll}} \sim (R_g R_s)^{1/2}$, где ранее прав захват
 есть $R_g = \frac{GM}{\sigma^2}$.



Оценке размера планетезимали из сравнение
скорости убывание с нее со скоростью дрейфа.

$$\frac{2GM_p}{S} = v_{esc}^2 \approx v_2^2 = \gamma^2 v_k^2$$

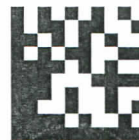
$$m_p = \rho_m \cdot \frac{4\pi}{3} S^3 \rightarrow \frac{2G \cdot \frac{4\pi}{3} \rho_m S^3}{SS} = \gamma^2 \frac{GM_*}{2}$$

$$S = \left(\frac{3}{8\pi} \frac{M_*}{\rho_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (*)$$

Если воспользоваться (см. лекцию 3), что $\gamma \sim 2^{1-\beta}$, то
 $S \sim 2^{\frac{1}{2}-\beta}$, т.е. при типичном $\beta \sim \frac{1}{2}$ размер планетезимал
будет слабо зависеть от расстояния.

На 1а.р.: $S \approx 10^{-3} \left(\frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot 10^{33}}{3 \cdot 1.5 \cdot 10^{13}} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 10^6 \text{ см.}$

~~Результат~~

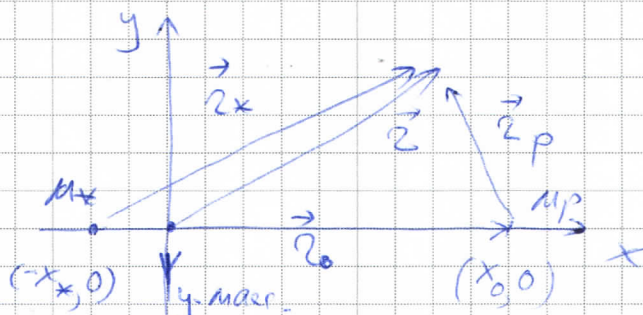


Пожалуйста, пользуйтесь темно-синей или черной ручкой, не пишите за пределами клеточек и на оборотах листов, не мните листы и не складывайте их пополам.

Ограниченная круговая задача 3х тел.

(50)

$$\Omega \equiv \frac{G(M_* + M_p)}{r_0^3}$$



$$\ddot{\vec{r}} = -\nabla\Phi - 2(\Omega \times \dot{\vec{r}}) - \Omega \times (\Omega \times \vec{r}),$$

$$\Phi = -\frac{GM_*}{r_x} - \frac{GM_p}{r_p}$$

$$\begin{cases} \ddot{x} - 2\Omega\dot{y} - \Omega^2 x = -G \left[\frac{M_* (x+x_*)}{r_x^3} + \frac{M_p (x-x_0)}{r_p^3} \right] & (1) \\ \ddot{y} + 2\Omega\dot{x} - \Omega^2 y = -G \left[\frac{M_*}{r_x^3} + \frac{M_p}{r_p^3} \right] y & (2) \\ \ddot{z} = -G \left[\frac{M_*}{r_x^3} + \frac{M_p}{r_p^3} \right] z & (3) \end{cases}$$

~~$$M_p \ll M_* : x_* \ll x_0$$~~

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}_p; |\vec{r}_p| \ll |\vec{r}_0|$$

переходим в положение M_p : $x \rightarrow x+x_0$, где $x \ll x_0$
 $y \rightarrow y$; $y \ll x_0$
 $z \rightarrow z$; $z \ll x_0$

В ур-ни (1): $-\Omega^2 x_0$ сокращается с $-\frac{GM_* x_0}{r_0^3}$, а $-\Omega^2 x -$
 $-c - \frac{GM_* x}{r_0^3}$; Аналогично - в ур-ни (2). В ур-ни (3) - остается!

Далее в ур-ни (1): $-\frac{GM_* x_0}{((x_0+x)^2+y^2)^{3/2}} \approx -\frac{GM_* x_0}{x_0^3 (1+3\frac{x}{x_0})} \approx -\frac{GM_* x_0}{x_0^3} + 3\frac{GM_*}{x_0^3} x$

$$3\frac{GM_*}{x_0^3} x = 3\Omega^2 x$$

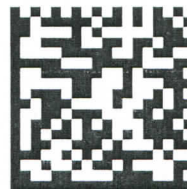
Рег. №

страница

из

С остальным ещо $\Rightarrow$ и получаем систему Хилла.

Интеграл Якоби: $J = \frac{1}{2} \dot{\vec{r}}^2 + \Phi_{eff} = const.$



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

Условие дисперсионно-замедленного режима. (5/1)

$$\sigma^2 > N_H^2$$

$$h_{pl}^2 \Omega^2 > \frac{GM_p M_*^{1/3}}{a_p^{1/3} z}$$

$$h_{pl}^2 \frac{GM_*}{z^3} > \frac{GM_p M_*^{1/3}}{a_p^{1/3} z}$$

$$\left(\frac{M_p}{M_*} \right)^{2/3} < \delta^2 \delta_{pl}^2 \quad (*)$$

$$\delta \equiv \frac{h}{z} - \text{угловой диск}$$

$$\delta_{pl} \equiv \frac{h_{pl}}{h} - \text{планетезималий-диск по отношению к газовой.}$$

По критерию Рундсена:

$$\delta_{pl} \sim \delta_p \sim 10^{-2} \Rightarrow \frac{M_p}{M_*} < (10^{-2} \cdot 10^{-2})^3 \approx 10^{-10}$$

$$M_p \sim 2 \cdot 10^{33} \cdot 10^{-10} = 10^{23} \text{ г.} \quad \text{Планетезималий } M_{pl} \sim 10^{18} \text{ г.}$$

$R_p \sim 100 \text{ км}$ (утопная планета, по Miso, начинаются от $R \sim 1000 \text{ км}$).

Вывод: с ростом массы утопной планеты, при увеличении δ планетезималий, должен происходить переход дисперсионный $\rightarrow$ световой режим взаимодействие $pl \leftrightarrow p \text{ or } pl$.

~~///~~



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

Соотношение между скоростью Хилла и скоростью
убегания с протоплазмы.

$$\frac{v_H^2}{v_e^2} = \frac{6\mu_p^{1/3} M^* R_p}{\mu_p^{1/3} 2 \cdot 2\mu_p} = \frac{3}{2} \frac{\rho^* R^*}{\rho_p^{1/3} R_p} \frac{R_p}{2} \approx \left(\frac{\rho^*}{\rho_p}\right)^{1/3} \frac{R^*}{2}$$

(*)

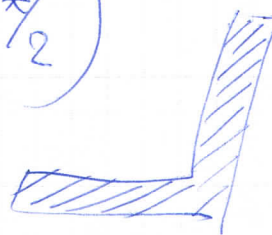
Поскольку $\rho^* \sim \rho_p$, то $v_H/v_e \sim (R^*/2)^{1/2}$

счит. v_H $\xrightarrow{F_g \gg 1}$ v_e $\xrightarrow{F_g = 1}$ v с ростом массы

$\sigma < v_H$ $v_H < \sigma < v_e$ $\sigma > v_e$

каков? ... взрывной рост упреждающий рост

(нейтральный, либо упреждающий)

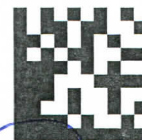


Размер протоплазмы в единицах R_H :

$$\frac{R_p}{R_H} = \frac{R_p M^{1/3}}{\mu_p^{1/3} 2} = \frac{R_p \rho^* R^*}{R_p \rho_p^{1/3} 2} = \left(\frac{\rho^*}{\rho_p}\right)^{1/3} \frac{R^*}{2}$$

(*)

Корень $\sqrt{R^*/2}$ (*)



53

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

Фактор фокусировки в сфокусированном режиме

Пусть $\sigma = 0$.

Характерная скорость захода в сферу Хилла (галактика Ротта): $\sigma_H \approx (2\Omega_H(2\Omega')) = 3\Omega_H\Omega$ где Кеплеровское вращение (проходящие орбиты, см. слабая). Прошли — зависимость задачи 2х тел.

$$\tilde{F}_g = \left(1 + \frac{Ne^2}{\sigma_H^2}\right) \approx \frac{2GM_P}{R_P \cdot 9\Omega_H^2 \Omega^2} = \frac{2}{9} \frac{2^{2/3}}{3} \frac{GM_P M_*^{2/3} 2^3}{R_P \cdot M_P^{2/3} 2^2 GM_*} =$$

$$\approx \frac{1}{2} \left(\frac{M_P}{M_*}\right)^{1/3} \frac{2}{R_P} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_P}{\rho_*}\right)^{1/3} \frac{2}{R_*} \quad (*)$$

Итак $\tilde{F}_g \sim \left(\frac{R_*}{2}\right)^{-1}$ и не зависит от M_P ! (*)

Но: рост не будет угрозительным, только с δ оставшимся соотношен! См. ниже.

Вопрос: сравнение σ_H с N_H :

$$\frac{\sigma_H^2}{N_H^2} \sim \frac{\Omega_H^2 \Omega^2 \Omega_H}{GM_P} = \frac{M_P 2^3 GM_*}{M_* 2^3 GM_P} \sim 1.$$

Означает то же.

Пер. №

страница

из

Очень важно, что σ_H — граничная скорость (подготовитель. орбиты) — потому и σ сравнивают с $N_H \sim \sigma_H$, а не с $(2\Omega')R_{coll}$!

Соотношение между характерными расстояниями
в протоплазме в единицах R_p .

(54)

Геометрический случай $\sigma \leq N_H$.

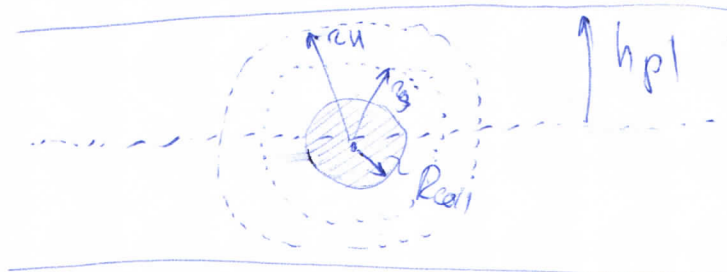
1) $\sigma > N_H$ ($\times \Omega^{-1}$)

$h_{pl} > 2H$

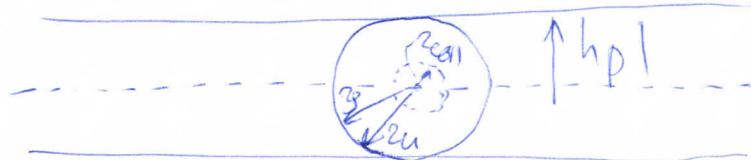
$G\sigma^{-2} < N_H^{-2} G M_p$
 $z_g < 2H$

$\sigma = N_H$
 $z_g = 2H$ точно!

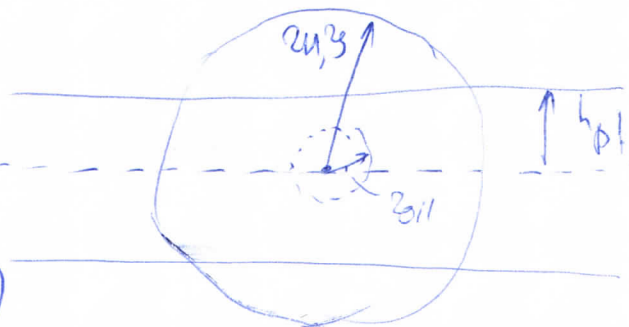
геометрический



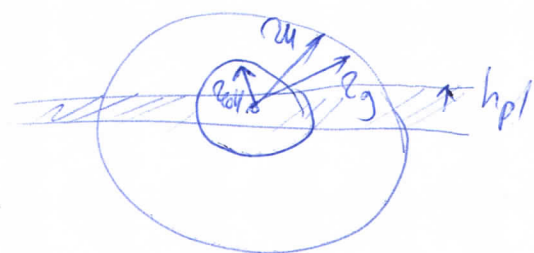
$N_H \approx \sigma$



сгубован 3D



сгубован 2D



$\frac{R_{coll}^2}{R_p^2} = \frac{N_H^2}{\sigma^2} = \frac{G M_p}{R_p h_{pl}^2 \Omega^2} =$

$= \frac{G \rho_m R_p^3 z^3}{R_p h_{pl}^2 G \rho_* R_*^3} = \frac{\rho_m}{\rho_*} \frac{R_p}{R_*} \frac{z}{R_*} \delta^2 \delta_{pl}^{-2}$

где $\delta = h/2$; $\delta_{pl} = h_{pl}/h$.

$\frac{R_{coll}}{R_p} \approx \left(\frac{\rho_m}{\rho_*} \right)^{1/2} \frac{R_p}{R_*} \left(\frac{z}{R_*} \right)^{1/2} (\delta \delta_{pl})^{-1} (*)$

$\frac{2H}{R_p} = \left(\frac{\rho_m}{\rho_*} \right)^{1/2} \frac{z}{R_*} (*)$

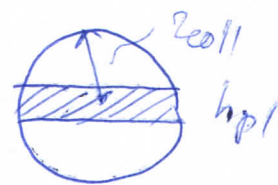
(*)

см. стр (52)

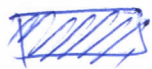


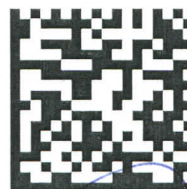
F_g где сгубовано 2D.

$$\tilde{f}_g^{2D} = \tilde{f}_g \cdot \frac{hpl}{z_{coll}} = \tilde{f}_g \frac{hpl}{R_p \cdot \tilde{f}_g^{1/2}} = \tilde{f}_g^{1/2} \frac{hpl}{R_p}$$



$$\tilde{f}_g^{2D} \propto \left(\frac{2}{R_p}\right)^{1/2} \frac{hpl}{R_p} \sim M_p^{-1/3} \quad (*)$$





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

Рост протопланеты в дисперсионном режиме.

при $N_e > \sigma$.

$$F_g = \frac{N_e^2}{\sigma^2} = \frac{2GM_p}{\sigma^2 R_p} = \frac{2G\rho_m 4\pi R_p^3}{3\sigma^2 R_p} = \frac{8\pi}{3} \frac{G\rho_m R_p^2}{\sigma^2}$$

Циркуляционная масса:

$$F_g = \frac{2GM_p}{\sigma^2 \left(\frac{3M_p}{4\pi\rho_m}\right)^{1/3}} = \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{1/3} \frac{2G}{\sigma^2} \rho_m^{1/3} M_p^{2/3}$$

Отсюда: $\text{см. } \sigma p(48) = x F_g$

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{3}{4} \frac{\Sigma_{pl} \Omega}{\rho_m R_p} M_p \cdot \frac{2GM_p}{\sigma^2 R_p} = \frac{3}{4} \Sigma_{pl} \Omega M_p^2 \cdot \frac{2G}{\sigma^2} \rho_m^{-1} \left(\frac{3}{4\pi} \frac{M_p}{\rho_m}\right)^{-2/3} \\ &= \frac{3}{2} \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{2/3} \rho_m^{-1/3} \frac{G}{\sigma^2} \Sigma_{pl} \Omega M_p^{4/3} \end{aligned}$$

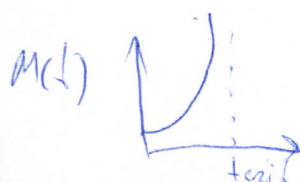
$$\frac{dM}{dt} = K M^{4/3}$$

$$\int \frac{dM}{M^{4/3}} = \int K dt = -3M^{-1/3} = Kt + C$$

$$t=0: -3M_0^{-1/3} = C$$

$$3M^{-1/3} = 3M_0^{-1/3} - Kt$$

$$M = \frac{1}{\left(3M_0^{-1/3} - Kt\right)^3}$$



$$\begin{aligned} \tau_m &= \left(\frac{M}{\Omega M}\right)^{-1} = \frac{2}{3} \left(\frac{3}{4\pi}\right)^{2/3} \rho_m^{1/3} \frac{\sigma^2}{G \Sigma_{pl}} \\ &\cdot M^{-1/3} = \frac{2}{3} \left(\frac{3}{4\pi}\right)^{1/3} \frac{\sigma^2}{G \Sigma_{pl} R_p} \end{aligned}$$

$$\text{из т.е.: } (\Sigma_{pl} \sim 10^{-2}): \sigma \sim 10^3 \text{ см/с}$$

$$\begin{aligned} &\frac{(10^3)^2}{6 \cdot 6.5 \cdot 10^{-8} \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 10^5} = \\ &\text{страница } \boxed{} \text{ из } \boxed{} \boxed{} \boxed{} \\ &= 0.25 \cdot 10^4 \approx 10^3 \text{ (лет)! } (*) \end{aligned}$$

$$\tau_m \approx R_p^{-1}$$

масса
Возмута Q:
 $\tau_m = Q \frac{hpl}{R_p}$



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

Рост протогалактик в субновом режиме.

(56)

$$\frac{dM}{dt} = 3Z_H \Omega \Sigma_{PI} Z_H \cdot \Delta Z \text{ где } \Delta Z \text{ — относительных транзитов} \cdot \pi R_p^2 \left(1 + \frac{v_e^2}{\sigma_H^2}\right) (Z_H \cdot h_{PI})^{-1} =$$

$$= 3\pi \Omega \Sigma_{PI} \frac{Z_H}{h_{PI}} \cdot \frac{R_p^2 \cdot 2GM_p}{R_p \cdot g Z_H \Omega^2} = \frac{2\pi}{3} \Sigma_{PI} \frac{GR_p}{\sigma Z_H} M_p.$$

$$Z_H \sim M_p^{1/3} \rightarrow \frac{1}{M_p} \frac{dM_p}{dt} \sim M_p^{-2} \text{ неэволюционный рост!} \quad (*)$$

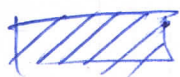
$$\tau_m = \left(\frac{\dot{M}_p}{M_p \Omega} \right)^{-1} = \frac{3}{2\pi} \frac{\Omega}{\Sigma_{PI}} \frac{\sigma}{G} \frac{Z_H}{R_p} \approx \frac{3}{2\pi} \left(\frac{\Omega}{\Sigma_{PI}} \frac{\sigma}{G} \frac{Z}{R_*} \right) \quad (*)$$

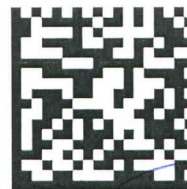
Характерное время роста в субновом режиме (3D).

на 1 а.з.:

$$\tau_m = \frac{3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 6.5 \cdot 10^{-8}} \cdot 200 = 0.3 \cdot 10^5 \text{ (лет)!} \quad (*)$$

τ_m — не зависит от R_p .





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

Рост протопланеты в двумерном сжатом
режиме.

58

$$\frac{dM}{dt} = 32\pi \Omega \Sigma_p 2\pi \cdot R_p \left(1 + \frac{v_z^2}{\sigma_H^2}\right)^{1/2} h_{p1} \cdot (2\pi \cdot h_{p1})^{-1} =$$

$$\approx 3 \Omega \Sigma_p 2\pi R_p \frac{(2GM_p)^{1/2}}{R_p^{3/2} \cdot 32\pi \Omega} = \frac{3\sqrt{2}}{3} G^{1/2} \Sigma_p R_p^{1/2} M_p^{1/2} =$$

$$= \sqrt{2} G^{1/2} \Sigma_p R_p^{1/2} M_p \cdot M_p^{-1/2}$$

$$1) \frac{1}{M} \frac{dM}{dt} \sim M_p^{1/6} \cdot M_p^{-1/2} = M_p^{-1/3}$$

(*) упрощенный
рост!

$$\tau_m \approx \left(\frac{1}{\Omega M}\right)^{-1} \approx G^{-1/2} \frac{\Omega}{\Sigma_p 1} R_p^{-1/2} M_p^{1/2} = G^{-1/2} \frac{(GM_*)^{1/2} \rho_m^{1/2} \cdot \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{1/2} R_p^{3/2}}{2^{3/2} \Sigma_p 1 R_p^{1/2}} =$$

$$\approx \left[2 M_*^{1/2} \rho_m^{1/2} \frac{R_p}{\Sigma_p 1} 2^{-3/2} \right] (*)$$

Характерное время роста в 2D сжатом режиме.

$$\text{Из 1a.e.: } \tau_m \approx 2 \cdot 2^{1/2} 10^{33/2} \cdot 3^{1/2} \cdot \frac{1000 \cdot 10^5}{10} \cdot 1.5^{-3/2} \cdot 10^{-13 \cdot 1/2} =$$

$$\approx 2 \cdot 10^{16.5-19.5} \cdot 10^7 = 2 \cdot 10^4 (\text{лет})! (*)$$

$$\text{Из: } \tau_m \sim R_p$$

$$\dot{M} \text{ отсюда} / \dot{M} \text{ стр 48} = \frac{R_p^2}{R_p^2} = \text{const}$$

Регистрация №355809664

(от 5 тыс. страниц)

из

ваше плато Gzezhwe's & Gissauer (1880).

Другое задание τ_m где 2D сферическое решение. (57 d.)

$$\begin{aligned}\tau_m &= G^{-1/2} \frac{\Omega}{\Sigma_{pl}} R_p^{-1/2} M_p^{1/2} = \frac{\sigma \Omega}{\sigma G \Sigma_{pl}} \frac{\sigma G^{1/2} M_p^{1/2}}{\sigma} \frac{1}{R_p^{1/2}} = \\ &= \pi Q \frac{R_p}{h_{pl}} \left(\frac{\sigma M_p}{R_p^3} \right)^{1/2} \Omega^{-1} = \pi Q \frac{R_p}{h_{pl}} \left(\frac{\sigma M_p}{R_p^3} \right)^{1/2} \frac{h_{pl} \Omega}{h_{pl} \Omega} \left(\frac{2^3 R_*^3}{\sigma M_* R_*^3} \right)^{1/2} = \\ &= \pi Q \frac{R_p}{h_{pl}} \left(\frac{\rho_m}{\rho_*} \right)^{1/2} \left(\frac{2}{R_*} \right)^{3/2}.\end{aligned}$$

Итак, $\tau_m = \pi Q \left(\frac{\rho_m}{\rho_*} \right)^{1/2} \left(\frac{2}{R_*} \right)^{3/2} \frac{R_p}{h_{pl}} \quad (*)$



Соотношение между временем роста.

$\tau_1 \sim Q \frac{h_{pl}}{R_p}$ - в дисковом решении $V_H < \sigma < V_e$.

$\tau_2 \sim Q \frac{2}{R_*}$ - в 3D сферическом решении $< \sigma < V_H$.

$\tau_3 = \tau_m \sim \frac{\tau_2^2}{\tau_1} \left(\frac{R_*}{2} \right)^{1/2}$, считая что $\left(\frac{\rho_m}{\rho_*} \right)^{1/2} \sim 1$.

Итак: $\tau_2 \sim \left(\frac{2}{R_*} \right)^{1/4} (\tau_1 \tau_3)^{1/2} \quad (*)$

Рост в 3D сферическом решении чуть более, чем среднее геометрическое от роста в дисковом и сферическом решениях и роста в 2D сферическом решении.



(58)

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

Переход в 2D соответствует решению

$$h_{pl} = r_{coll} = R_p \frac{v_e}{\sigma_H}$$

$$h_{pl}^2 = R_p^2 \frac{2GM_p}{R_p^2 g^2 \Omega^2} = \frac{2}{g} R_p \frac{GM_p}{GM_*} \frac{2^3}{2^2} \frac{M_*^{2/3}}{M_p^{2/3}} \approx$$

$$(\delta\delta_{pl})^2 = \frac{2}{g} \frac{R_p}{2} \left(\frac{M_p}{M_*}\right)^{1/3} = \frac{2}{g} \frac{R_p}{2} \frac{\rho_m^{1/3}}{\rho_*^{1/3}} \frac{R_p}{R_*}$$

$$R_p \approx 2(R_*^2)^{1/2} \delta\delta_{pl} \quad (*)$$

(Везде считаем, что отношения плотностей ~ 1 , поэтому
лишние степени выкидываем).

$$R_p < (10 \text{ a.e.}) = 2 \cdot (10^{11} \cdot 10^{13})^{1/2} \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 10^8 \text{ см} \sim 2000 \text{ км.}$$

$$R_p \sim 2^{1/2}$$

Т.е. переход в 2D соответствует решению
возможен где-то пос ходу роста.



~~Власова Алика Михайловна~~
ученица 10 класса, школа №166



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

Угнетённая масса.

(59)

- 1) В сферическом решении протопланета "гаснет" только
планетезималей на $\Delta z_{\text{max}} \sim 2.3 z_H$ (точно: $2\sqrt{3} z_H$).
2) Масса планетезималей в этом кольце: "C"

$$2\sqrt{2} \cdot 2 C z_H \cdot \Sigma_{p1} = M_{iso}$$

$$4\sqrt{2} C z_H^2 \frac{M_{iso}^{1/3}}{3\pi M_*^{1/3}} \Sigma_{p1} = M_{iso}$$

$$M_{iso} = \frac{8}{\sqrt{3}} \pi^{3/2} C^{3/2} M_*^{-1/2} \Sigma_{p1}^{3/2} z_H^3 \quad (*)$$

на 10.е. $\Sigma_{p1} \approx 10$, $C \approx 2\sqrt{3}$:

$$M_{iso} = 0.07 M_\oplus$$

M_{iso} (5.е. с учётом слез. линии) $\sim$ неск $M_\oplus$.
не хватает до $\sim 10 M_\oplus$!

$$M_{iso} \sim \Sigma_{p1}^{3/2} z_H^3$$

очень важно, что будет за счёт
линии в зоне планетов!





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

(60)

Характерное время взаимодействия
спутников галактики планетизматов.

1) Гравитационный захват (Возмим захват на планетизматов)

Темп изменение энергии галактики π -м. смысле "гравитационное рассеяние"

$$\frac{dE}{dt} = \Gamma \cdot \delta E, \text{ где } \Gamma - \text{частота столкновений,}$$

а) Сильное столкновение $\rightarrow \delta E \sim E_{p1}$, но мало.

б) Слабое столкновение $\rightarrow \delta E \ll E_{p1}$, но много.

$$\rightarrow \text{тогда } t_E \approx \Gamma^{-1} = (n \sigma b^2)^{-1}, \text{ где } b \approx \frac{G M_{p1}}{\sigma^2}$$

$$t_E \approx \left(n \sigma \frac{G^2 M_{p1}^2}{\sigma^4} \right)^{-1} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{\sigma^4}{G^2 M_{p1}^2} \right) = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sigma^4}{G^2 M_{p1}^2 \Sigma \Omega} =$$

$$= \frac{1}{n} \cdot \frac{\sigma^4}{\Sigma \Omega} \cdot \frac{R_{p1}^2}{4 G^2 M_{p1}^2} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\Sigma \Omega} \left(\frac{\sigma}{v_e} \right)^4 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{R_{p1}^3 \rho_m}{R_{p1}^2} \times$$

$$\approx 10^4 \frac{\rho_m R_{p1}}{\Sigma_{p1} \Omega} \left(\frac{\sigma}{v_e} \right)^4$$

(*) где $\frac{1}{50}$ учесть
галактики столкновения



сравните с (*) на стр (55)!

То же самое, но фактор " $\left(\frac{\sigma}{v_e} \right)^{2.4}$ " стоит.

Рег. №

Вотому что галактики

страница

из

розрешение процесс, только
здесь это не приводит к столкновениям.

2) Возник вопрос не эмбрионах
(оно же: гравитационное рассеяние на эмбрионах)

И стр 60: целевое маневрирование летящего
облака маневрирование — и t_E — это время = времени
ее свободного пробега в нем.

Теперь — все то же самое, но облако состоит из
эмбрионов.

Σ_p, M_p, R_p — эмбрионы. $V_e^2 \equiv \frac{2GM_p}{R_p}$
 $\Sigma_{p1}, M_{p1}, R_{p1}$ — маневрирование. $V_e^2 \equiv \frac{2GM_{p1}}{R_{p1}}$

~~т.е.~~
 $t_E^+ \approx \frac{G}{\eta_p b^2 \sigma}$, где $b \approx \frac{GM_p}{\sigma^2}$
 $t_E^+ \approx G \frac{M_p \sigma^4 R_p^2 \cdot 4}{\eta_p \sigma M_p 4 G^2 M_p^2 \cdot R_p^2} \approx G \left(\frac{\sigma}{V_e} \right)^4 \cdot \frac{16 \rho_m R_p}{\Sigma_p \Omega} \cdot \frac{\sigma_m}{\sigma}$, где σ_m —
— гравитационное
— эмбрионов.

Но: t_E надо еще разделить на $g_{\text{полн}}^{-1} p_1$,
участующих в столкновении с эмбрионами,
т.к. диск эмбрионов — более толстый: $h_p < h_{p1}$.

$h_p/h_{p1} \approx \frac{\sigma_m}{\sigma} \Rightarrow t_E^+ \approx 16 G \frac{\rho_m R_p}{\Sigma_p \Omega} \left(\frac{\sigma}{V_e} \right)^4$ (*)

Сравниваем с (*) на стр 60:

$\frac{R_p}{\Sigma_p V_e^4} \approx \frac{R_{p1}}{\Sigma_{p1} V_e^4} \Rightarrow \Sigma_p R_p^3 \approx \Sigma_{p1} R_{p1}^3 \Rightarrow \Sigma_p M_p \approx \Sigma_{p1} M_{p1}$!
ан. выше. Глаз Моткинсо — 1993.

Оценки Σ_p .

Во численных расчетах Ito & Makino (1983)
(определение зоны ионизации планетезималичного газа
газовой эмбриональной фиксированной массы) $\rightarrow$
~~зона ионизации планетезималичного газа~~
 $\rightarrow$ зона $\sim 10^2$ и эмбриона.

Далее: эмбрион позволяет рост всех первичных
и вторичных эмбрионов, находящихся в зоне
(у них относительный нейтральный рост см.
таблицу).

Значит, упорядоченно растущие эмбрионы
(и есть олигархи!) разделены по 2 поколения $\sim 10^2$
эмбрионов (см. также рисунок 1-18 Ормелле).

Отсюда:

$$\Sigma_p = \frac{M_p}{2 \cdot 10^2 \cdot 10^2}$$

Отсюда (Pera (2004-2005):

$$M_p > 10^{-6} - 10^{-7} \left(\frac{2}{1 \text{ a.e.}} \right)^{6/5} \left(\frac{\Sigma_p M_p}{10^{19} \text{ г}^2/\text{см}^2} \right)^{3/5} M_\oplus$$

(перечислено, не проверено мною)

 ранее наступившее олигархическое
роста.

3) Столкновительное охлаждение (саморазогрев)

см. стр 48) на обороте: $R_{coll} = (R_g R_s)^{1/2}$, т.е.

$$\frac{R_{coll}^2}{R_g^2} = \frac{R_s}{R_g} = \frac{R_{p1} \sigma^2}{G_{\text{ан}}} = \left(\frac{\sigma}{v_e}\right)^2$$

Возмем t_E из (*) стр 60) заменим на $(\frac{\sigma}{v_e})^2$:

$$t_E \approx 16 \zeta' \frac{\rho_m R_{p1}}{\sum_{p1} \Omega} \left(\frac{\sigma}{v_e}\right)^2 \quad (*)$$

Планетарная разогревается безвзрывным взрывом от змбронов,

$\sigma \approx v_e$ и $t_E \approx 16 \zeta' \frac{\rho_m R_{p1}}{\sum_{p1} \Omega}$

$$t_E^- = t_E^+ \text{ (стр 61 (*))} \rightarrow \frac{R_{p1}}{\sum_{p1}} = \frac{R_p}{\sum_p} \left(\frac{\sigma}{v_e}\right)^4$$

$$F_s = \left(\frac{v_e}{\sigma}\right)^2 = \left(\frac{R_p}{R_{p1}}\right)^{1/2} \left(\frac{\sum_{p1}}{\sum_p}\right)^{1/2} \sim M_p^{1/6} / M_p^{1/3} / \ln R_{p1}, \sum_{p1} \approx \text{const} /$$

$$\sim M_p^{-1/3} \quad \text{Но!} \quad [F_s \gg 1] \sim \left(\frac{R_p}{R_{p1}}\right)^{1/2} \ln \sum_{p1} \approx \sum_p !$$

упреждающий рост

близкий к экспоненциальному росту,
но отличается от стандартного
упреждающего.

х) Плюс, важно, что змбронит, питающиеся из одной области
($\sigma = \text{const}$) - растут нейтрально, т.к. $R_s \sim R_p \sim M_p^{1/3}$ где они.
Так вырастают в итоге хорошо разделенные протопланеты.

4) Охлаждение за счёт торможения в
газовом пространстве.

(63)