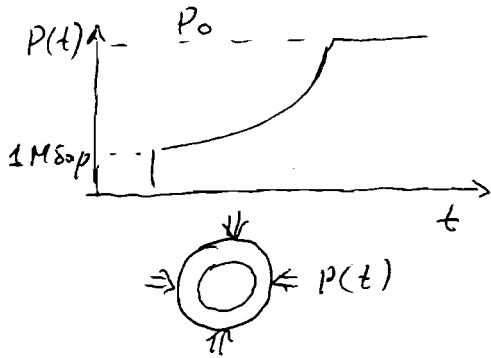


# Имплозия сферических оболочек

(как сжатие до бесконечной плоскости концентрическими сферами)

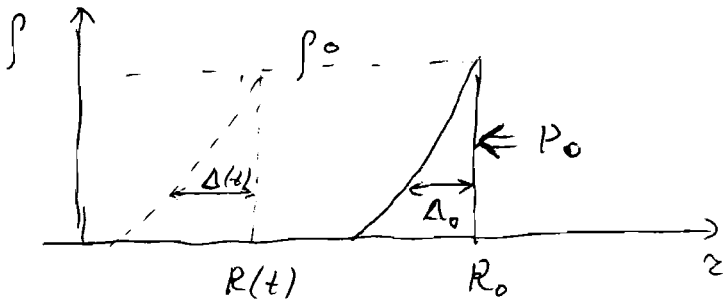
Пусть  $P_0$  - наше максимальное давление.



Мы прикладываем его не сразу:

- (i) уд. волна  $\approx 1 \text{ Мбар}$  ( $\delta \approx 4$ )
- (ii) ад. сжатие в центр. волне  $\delta \approx 15 \Rightarrow \delta_0 \approx 60$

Таким образом мы формируем низкоэнтропийный сжимающийся профиль давления / плотности:



$$\rho = \text{const} \cdot r^{5/3}$$

$$A_0 = \frac{R_0}{\Delta_0} \gg 1$$

$$M = 4\pi R_0^2 \Delta_0 \rho_0$$

Далее: имплозия к центру!

Три фазы имплозии: А, В, С

Фаза А: набор скорости (кинетической энергии)

Пусть  $R = R(t)$  - уменьшающийся радиус оболочки

$\Delta = \Delta(t)$  - её эфф. толщина

$U = U(t)$  - скорость имплозии

Баланс энергии:

$$\frac{1}{2} M U^2 = P_0 \Delta V = \frac{4\pi}{3} P_0 (R_0^3 - R^3)$$

При  $R \lesssim \frac{1}{2} R_0$  скорость имплозии выходит на асимптотическое значение

$$U_{\text{lim}}^2 = \frac{8\pi}{3} \frac{P_0 R_0^3}{M} = \frac{8\pi}{3} \frac{P_0 R_0^3}{4\pi R_0^2 \Delta_0 \rho_0} = \frac{2}{3} c_0^2 A_0$$

На этом фазе А заканчивается <sup>(т.е. при  $R = \frac{1}{2} R_0$ )</sup>, но имплозия идёт ~~еще~~ значительно дальше (глубже!) поскольку  $\Delta_0 \ll R_0$ !

Что происходит далее: зависит от соотношения двух характерных времён

$$t_h \approx \frac{\Delta}{c} = \text{время } \left. \begin{array}{l} \text{шдр.)} \\ \text{релаксации} \end{array} \right\} \text{ против давления/плотности } \text{ ~~по~~$$

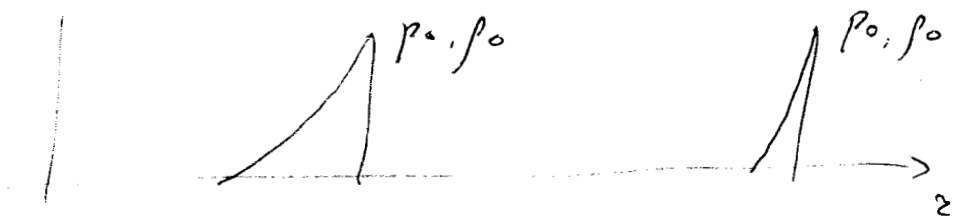
$$t_{im} \approx \frac{R}{U_{im}} = \text{время имплозии}$$

Начальное состояние:  $t_h \ll t_{im}$

$$\left( \frac{t_h}{t_{im}} \right)_0 \approx \frac{\Delta_0}{c_0} \frac{U_{im}}{R_0} \approx \frac{1}{\Lambda_0} \ll 1$$

Фаза В:

Значит покакалу против ~~у~~селевает подстраивается под вы. поршень



$$\rho R^2 \Delta = \text{const} \quad \wedge \quad \rho = \rho_0 = \text{const}$$

$$\Delta = \Delta_0 \left( \frac{R_0}{R} \right)^2 \propto \frac{1}{R^2}$$

Но с уменьшением  $R$

$$t_h \approx \frac{\Delta}{c_0} = \frac{\Delta}{c_0} \propto \frac{1}{R^2} \quad \text{расчёт}$$

$$t_{im} \approx \frac{R}{U_{im}} \propto R \quad \text{на глаз}$$

рано или поздно они сравниваются!

Фаза А:  $\frac{R_0}{2} \lesssim R < R_0$ ,  $U \rightarrow U_{im}$ ,  $t_h \ll t_{im}$   
 $\rho = \rho_0 = \text{const}$   
 $\Delta \propto R^{-2}$  расчёт

Фаза В:  $R_* < R \lesssim \frac{R_0}{2}$ ,  $U = U_{im} = \text{const}$   
 $t_h < t_{im}$

Фаза С:  $R < R_*$ ,  $t_h > t_{im}$

$$\rho = \rho_0 = \text{const}$$

$$\Delta \propto \frac{1}{R^2} \quad \text{расчёт}$$

Сначала пока нет!

$$t_h = t_{im} : R = R_*, \Delta = \Delta_*$$

Фаза С:  $\Delta_* \lesssim R < R_*$ ,  $t_h \approx t_{im}$

$$\frac{M}{4\pi} = \rho \Delta R^2 = \text{const}$$

Доподка:  $\Delta = \Delta_* = \text{const}$

Тогда  $\rho = \rho_0 \left(\frac{R_*}{R}\right)^2 \propto R^{-2}$

$$t_h = t_{im} \Leftrightarrow \frac{\Delta_*}{c_0} \approx \frac{R_*}{U_{im}}$$

$$\frac{R_*}{\Delta_*} \approx \frac{U_{im}}{c_0}$$

Проверим:  $\frac{t_h}{t_{im}} = \frac{\Delta_*}{c} \frac{U_{im}}{R} = \frac{\Delta_* U_{im}}{R} \sqrt{\frac{\rho}{p}} \propto$

$$\propto \frac{1}{R \rho^{\frac{\gamma-1}{2}}} \propto R^{\gamma-2} \Rightarrow \boxed{\gamma < 2}$$

Степень эмиссии останавливается при  
 $R \approx \Delta x$

Степень сжатия в фазе С:

$$\frac{\rho_s}{\rho_0} \approx 4 \left( \frac{R_*}{\Delta x} \right)^2 \approx 4 \frac{V_{lim}^2}{c_0^2} = \frac{8}{3} A_0$$

огранич.  
уг. волна

$$\frac{\rho_s}{\rho_0} \approx \frac{8}{3} A_0$$

Единств. способ  
достичь неогран.  
сжатия при  
огранич. ст. и м.  
давлении

В мм NIF:  $A_0 \approx 30 \div 35$

$$\frac{\rho_s}{\rho_0} \approx 100 \Leftrightarrow \frac{\rho_s}{\rho_{00}} = \frac{\rho_s}{\rho_0} \frac{\rho_0}{\rho_{00}} \approx \frac{5000}{10000}$$

- Ограничения:
- 1) однородность облучения
  - 2) точность изготовления
  - 3) РТ неустойчивость