

Минотрон (электронный ускоритель)

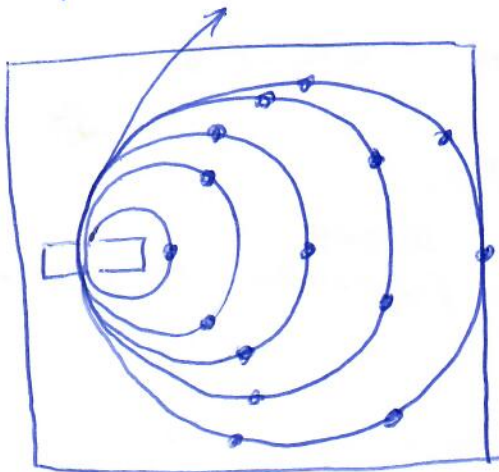
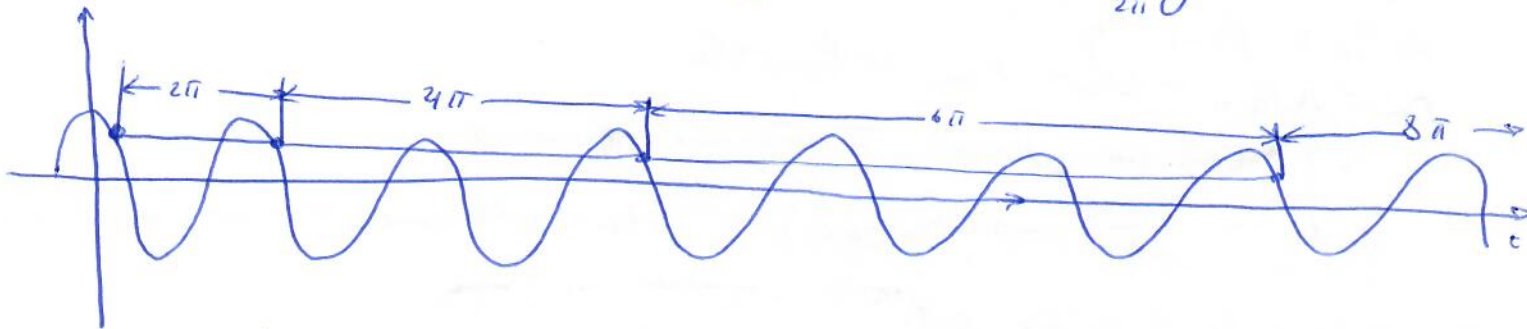
В.И. Вентер (1945-1961) "кратное ускорение"

к:

$$\frac{e B c^2}{W_k} = \frac{\omega_0}{q_k} \quad \text{или} \quad \frac{e B c^2}{W_k + e U \cos \varphi} = \frac{\omega_0}{q_{k+1}}$$

q - "кратность", которая увеличивается на 1 (или 2, 3 и т.д.) на оборот.

$$\cos \varphi_s = \frac{e B c^2}{\omega_0 e U} \quad \text{или} \quad \lambda_0 = \frac{2\pi c}{\omega_0} \quad \text{и} \quad \cos \varphi_s = \frac{B \lambda_0 c}{2\pi U}$$



$\cos \varphi_s < 1 \Rightarrow$ даже при $U = 1 \text{ МВ}$
и $\lambda_0 = 10 \text{ см}$ ("минус" трон)
 $B \approx (9.1 \div 0.2) \text{ Тл} \Rightarrow$ большие размеры
минотров

$$U = U_0 \cos \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

$$T_k = \frac{2\pi W_k}{e c^2 B} \quad (1); \quad \Delta T_k = T_{k+1} - T_k \Rightarrow \text{введем } \Delta T = p T_0 \quad (p = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\Delta T = \frac{2\pi U_0 \cos \varphi}{e c^2 B} = p T_0 \quad (2)$$

условия резонанса для первого оборота:

$$\frac{2\pi W_i}{c^2 e B} = e T_0 \quad (3) \quad (i = 1, 2, 3, \dots)$$

или непрерывный ускорение:

$$W_i = W_0 + e U_0 \cos \varphi_s = W_0 (1 + q); \quad q = \frac{e U_0 \cos \varphi_s}{W_0}$$

разделим (2) на (3)

$$q = \frac{p}{e - p} \quad (4); \quad \text{т.к. } q > 0, \text{ то } e > p \text{ и}$$

$$T_0 = \frac{2\pi W_0}{e c^2 B} \frac{1}{e - p} \quad (5)$$

$$P_0 = \lambda/c, \text{ то}$$

$$B\lambda = \frac{2\pi\omega_0}{c} \frac{1}{\epsilon - p} \approx 0,0107 \frac{1}{\epsilon - p} \text{ Т.н.м (6)}$$

т.н. упрощен энергия за одорот не произволен, то
 $p = 1$ (дава минимален знаменател в изразен (6)) \Rightarrow
 $\Rightarrow \epsilon_{\min} = 2$ и $\Delta W > W_0$ и $P_1 > 2P_0$

Удобно рассмотреть движение в виде уравнений в конечных разностях

$$\Delta F_k = F_{k+1} - F_k$$

$$\Delta^2 = \Delta F_{k+1} - \Delta F_k = F_{k+2} - 2F_{k+1} + F_k$$

из (1) получим ур-ие в конечных разностях:

$$\Delta^2 t_k - \frac{2\pi U_0}{\epsilon B c^2} \omega (\omega_0 t_{k+1}) = 0; \quad t_k - \text{момент } k\text{-ого прохода за сф.} \quad (7)$$

$$\Delta t_k = T_k; \quad \Delta^2 t_k = \Delta T_k$$

$$\Delta \varphi_k = \omega_0 \Delta t_k - 2\pi \ell_k \quad (8); \quad \ell_k - \text{преломность}; \quad \Delta \ell_k = P(9)$$

из (8) и (9) получим

$$\Delta^2 \varphi_k - \frac{2\pi P \omega \varphi_{k+1}}{\omega_0 \Delta \ell} = -2\pi P \quad (10) \text{ и}$$

$$\Delta^2 \varphi_k - D \omega \varphi_{k+1} = -D \omega \Delta \ell \quad (11)$$

$$D > 2\pi \\ (P < 2\pi \text{ для любых } \varphi_k)$$

тогда можно перейти

$$\frac{d^2 \varphi}{dk^2} - D \omega \varphi = -D \omega \Delta \ell \quad (12)$$

можно полагать

$$\varphi_k = \varphi_s + \psi; \quad |\psi| \ll \varphi_s \quad (13)$$

если использовать ур-ие (10), то

$$\psi_{k+2} - 2(1 - \pi \cdot P \cdot \tan \varphi_s) \cdot \psi_{k+1} + \psi_k = 0 \quad (14)$$

решение

$$\psi_k = \psi \cos(\mu k + \delta); \quad \omega \mu = 1 - \pi P \tan \varphi_s, \quad \text{где}$$

μ, ψ, δ - постоянные

условие четной симметрии:

$$|\cos \mu| < 1 \text{ или } 0 < \tan \varphi_s < \tan \varphi_{s, \text{пред}} = \frac{2}{\pi P} \quad (15)$$

$$\varphi_s = \varphi_{s, \text{пред}} \text{ соотв. } \mu = \frac{\pi}{2} \text{ (центр одн. четной симметрии)}$$

$$\varphi_{s, \text{пред}} = \arctan \left(\frac{1}{\mu P} \right)$$

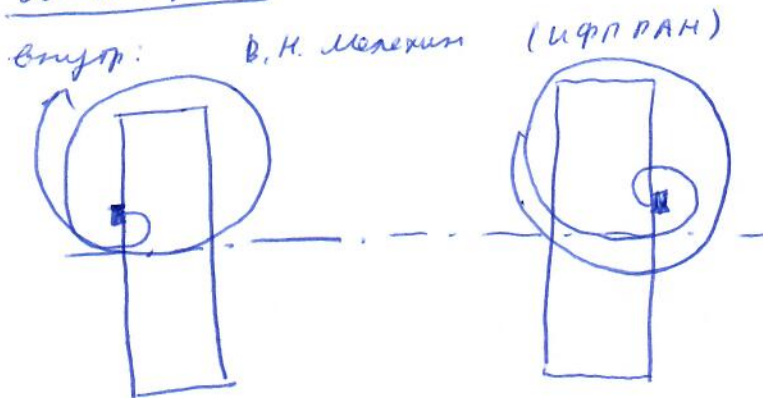
в простейшем случае: $p = 1; \epsilon = 2; q = 1 \Rightarrow \varphi_{s, \text{пред}} = 17,65^\circ$

малая одн. задержка и небольшие преломности, то

высокий темп усреднения; малые предельные погрешности (малый

(12) разброс по φ и ΔW)

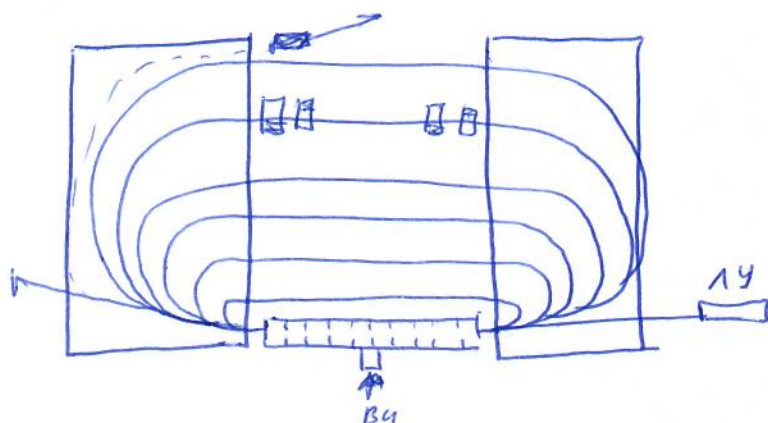
Иллюстрация:



Автоматод

Продолжи „первый орбитой“

Разрезной микротрон:



внешняя антенна

64

Круговой микротрон

у.н.-т. им. Гутенберга (Майнц) 500 МэВ

СП микротрон с разд. траекторией
проект в ЦНИИЯФ МГУ

CEBAF TJNL