

Трассировка пучка частиц в магнитном поле

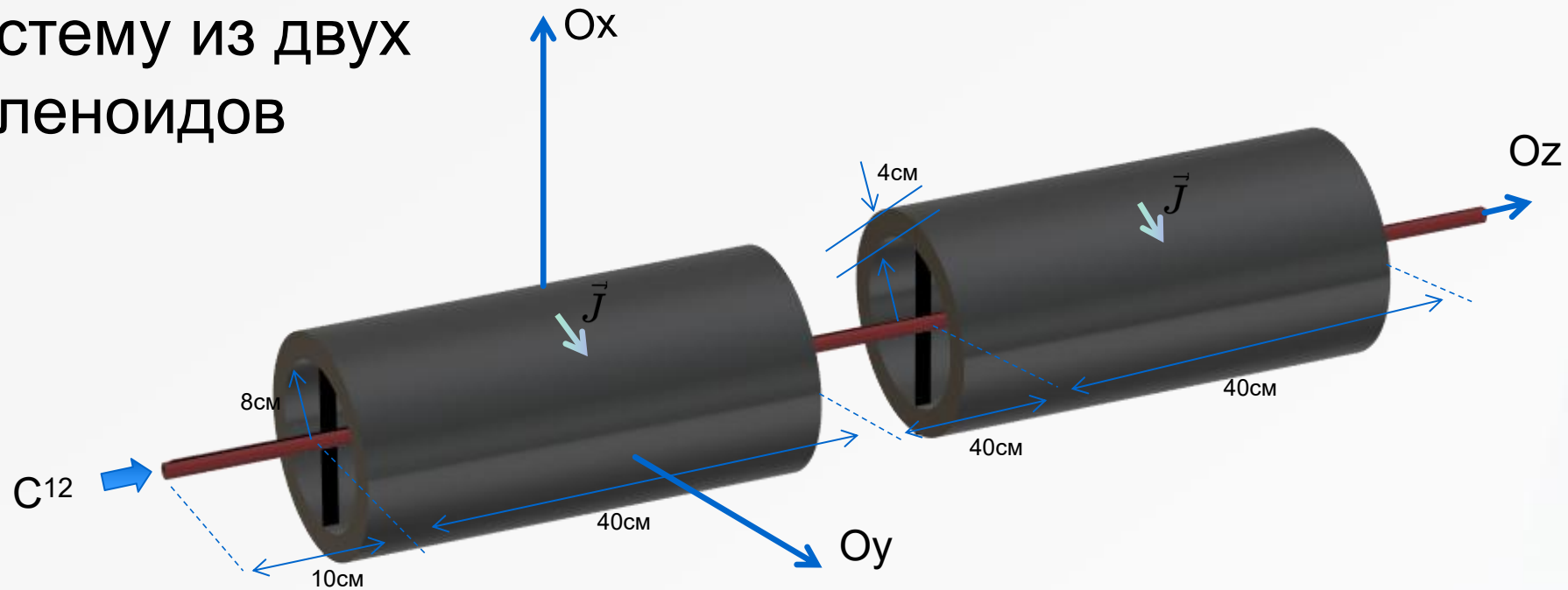
Выполнил :
студент 205 группы

Болонкин Е.В.

Научный руководитель:
профессор Перепёлкин Е. Е.

Описание задачи

- Пучок C^{12} направляется в систему из двух соленоидов



- Соленоид создаёт поле

$$\vec{H}(\mu) = \frac{1}{4\pi} \int_V \frac{[\vec{J}, \vec{r}_{\mu p}]}{r_{\mu p}^3} dV$$

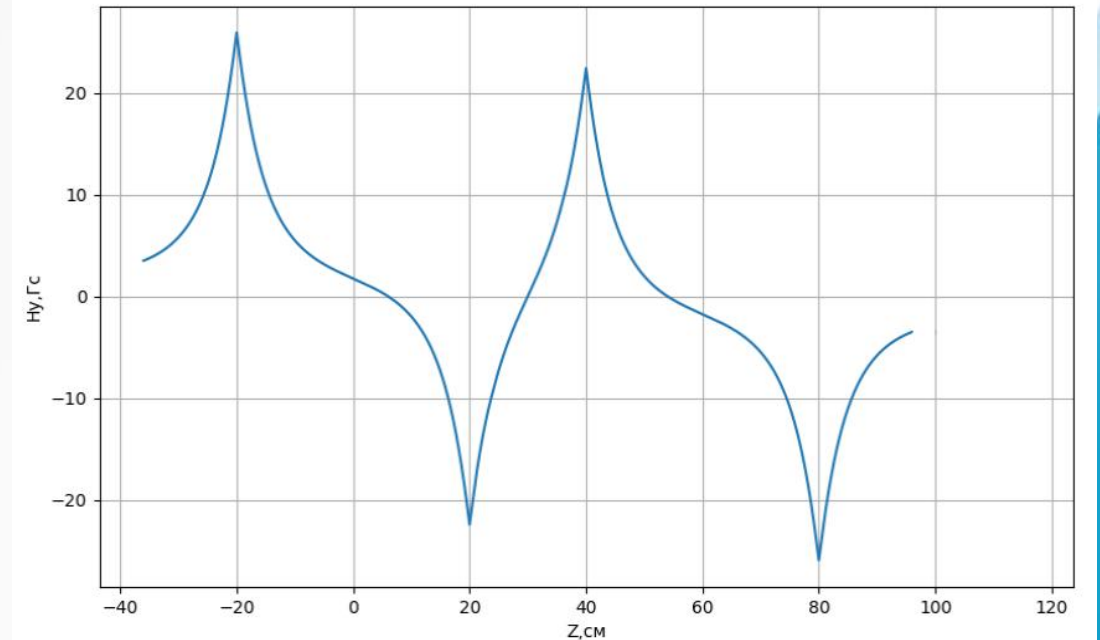
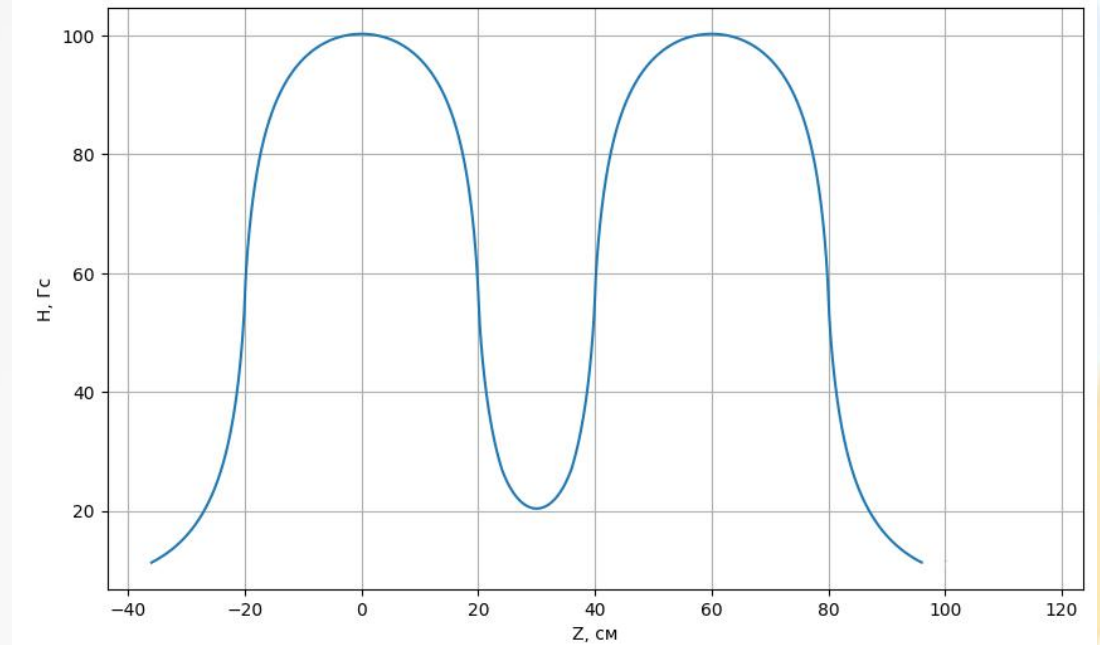
, которое можно найти по закону Био-Савара-Лапласа

Расчёт поля соленооида

$$H_r(P) = \frac{J}{4\pi} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^{j+k} \cdot Hc_r(R_j, Z_k, \phi_{PC})$$

$$H_t(P) = \frac{J}{4\pi} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^{j+k} \cdot Hc_t(R_j, Z_k, \phi_{PC})$$

$$H_z(P) = \frac{J}{4\pi} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (-1)^{j+k} \cdot Hc_z(R_j, Z_k, \phi_{PC})$$



$$\begin{aligned}
Hc_r(R_j, Z_k, \phi_{PC},) &= \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} \cos \psi \cdot \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} d\psi + \\
&+ \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} R_{PC} \cos^2(\psi) \cdot \ln \left((R_j - R_{PC} \cos(\psi)) + \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} \right) d\psi
\end{aligned}$$

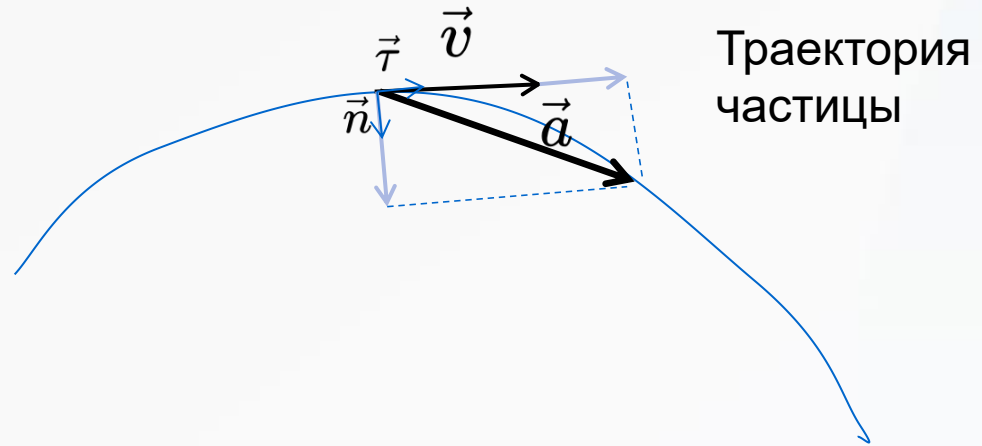
$$\begin{aligned}
Hc_t(R_j, Z_k, \phi_{PC}) &= \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} \sin(\psi) \cdot \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} d\psi + \\
&+ \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} R_{PC} \cos(\psi) \sin(\psi) \cdot \ln \left((R_j - R_{PC} \cos(\psi)) + \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} \right) d\psi
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Hc_z(R_j, Z_k, \phi_{PC}) = & \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} -Z_k \cdot \ln \left[(R_j - R_{PC} \cos(\psi)) + \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} \right] d\psi + \\
& + \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} -R_{PC} \cos(\psi) \cdot \ln \left(-Z_k + \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2} \right) d\psi + \\
& + \int_{-\phi_{PC}}^{2\pi-\phi_{PC}} R_{PC} \sin(\psi) \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{Z_k (R_j - R_{PC} \cos(\psi))}{R_{PC} \sin(\psi) \sqrt{R_{PC}^2 - 2R_{PC}R_j \cos(\psi) + R_j^2 + Z_k^2}} \right) d\psi
\end{aligned}$$

Движение релятивистской частицы

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \vec{p} = m\gamma\vec{v}$$

$$\vec{a} = \frac{F_n}{\gamma m} \vec{n} + \frac{F_\tau}{\gamma^3 m} \vec{\tau}$$



Задание ДУ для решения методом Рунге-Кутты

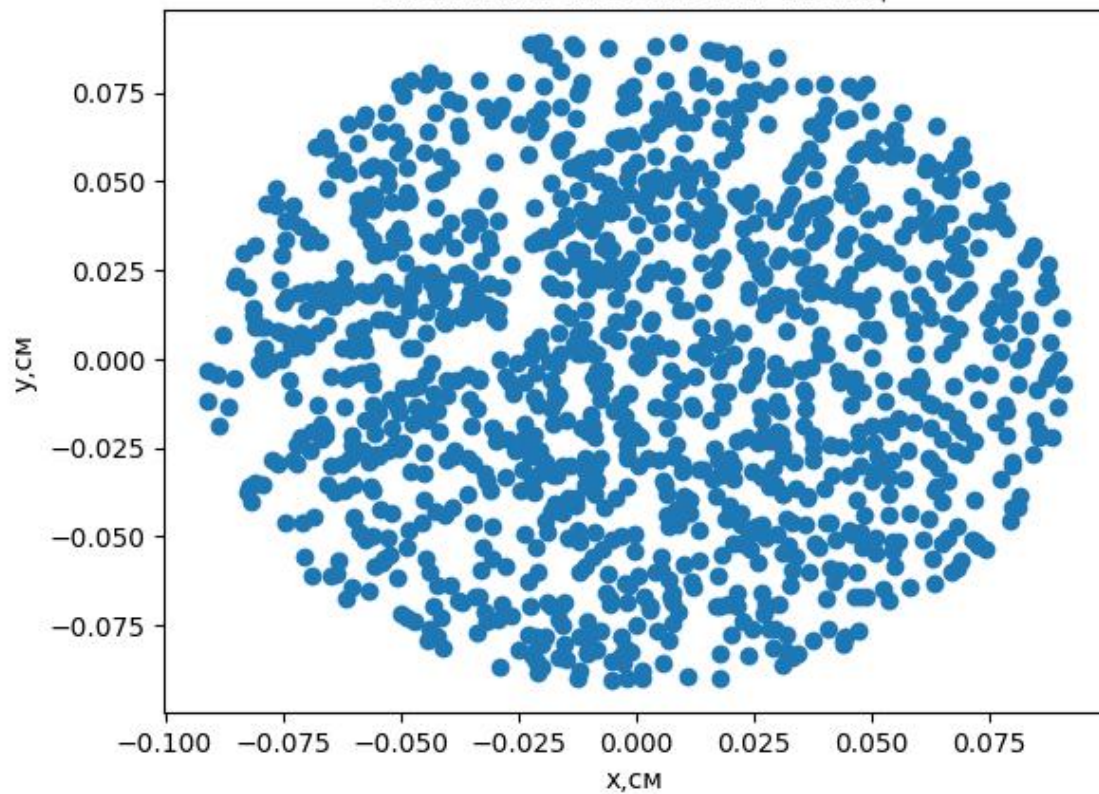
$$\begin{cases} \vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \\ \vec{a} = \frac{F_n}{\gamma m} \vec{n} + \frac{F_\tau}{\gamma^3 m} \vec{\tau} \\ \vec{v}(t_0) = \vec{v}_0 \\ \vec{x}(t_0) = \vec{x}_0 \end{cases}$$



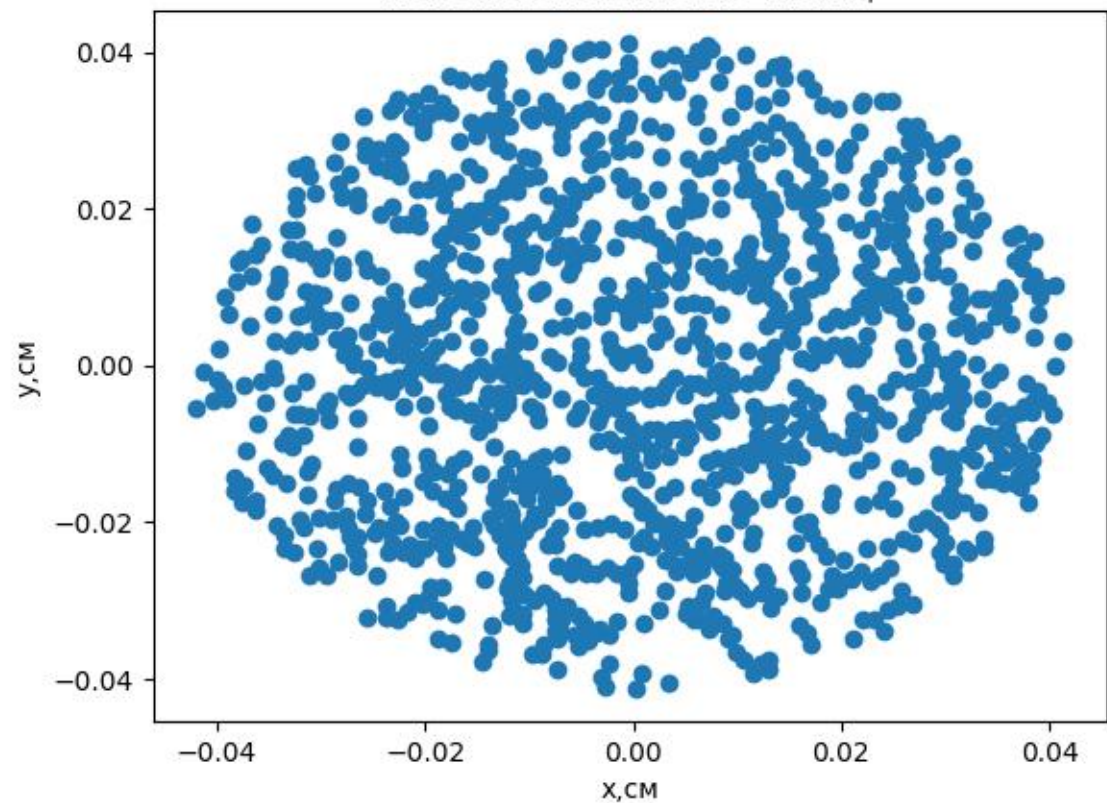
$$\vec{F}_j = \frac{q}{c} \left[\dot{\vec{x}}_j, \vec{H}(\vec{x}_j) \right] + \sum_{i \neq j} \frac{q_i q_j}{(r_{ij})^3} \vec{r}_{ij}, \quad \vec{r}_{ij} = \vec{x}_j - \vec{x}_i$$

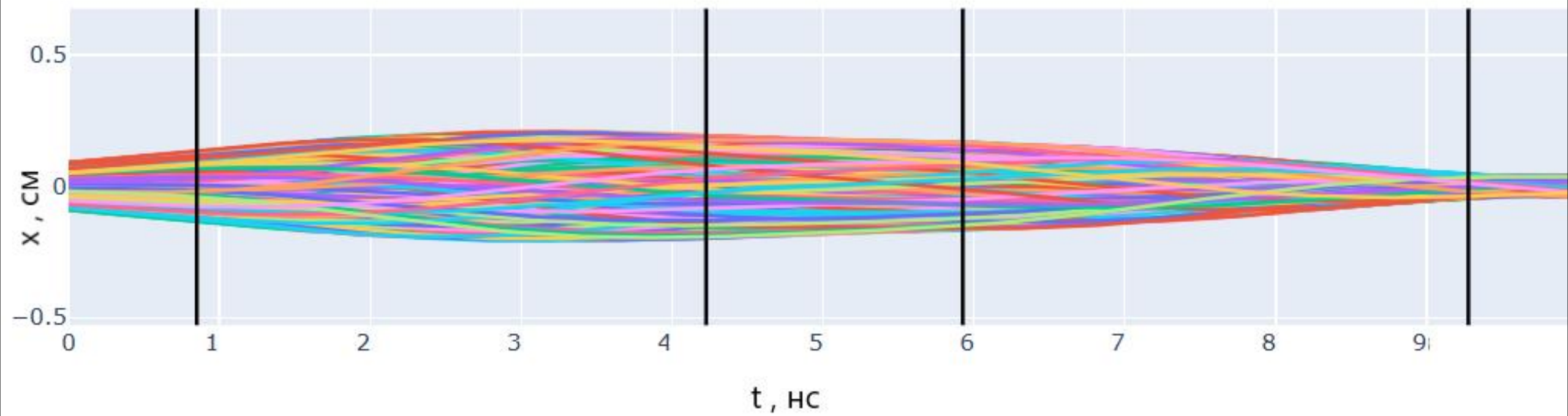
Для 1250 частиц

начальные положения частиц

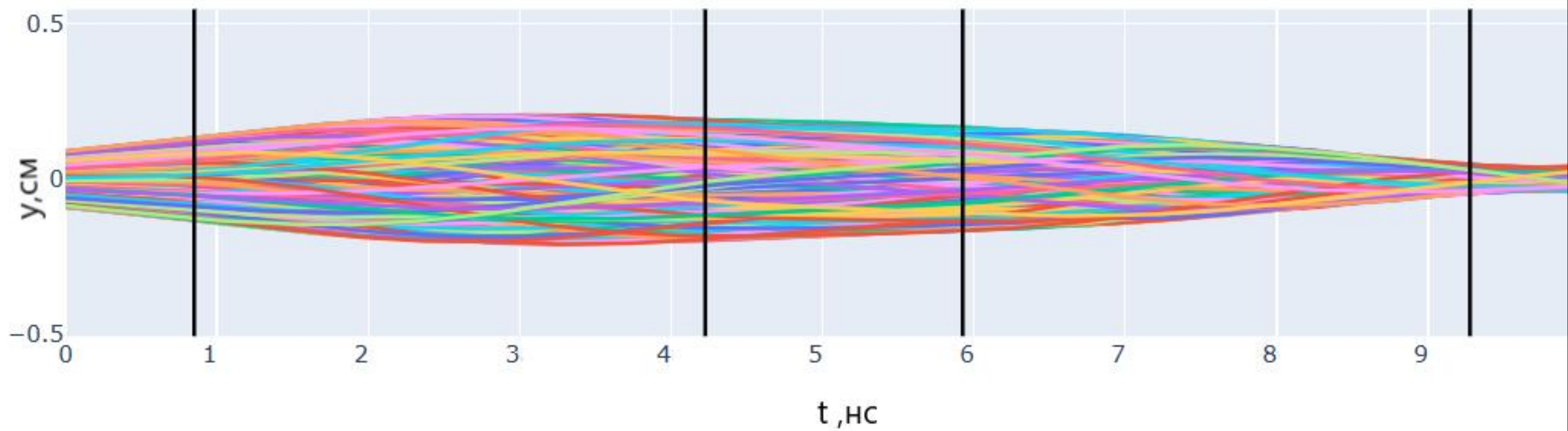


Конечное положение частиц

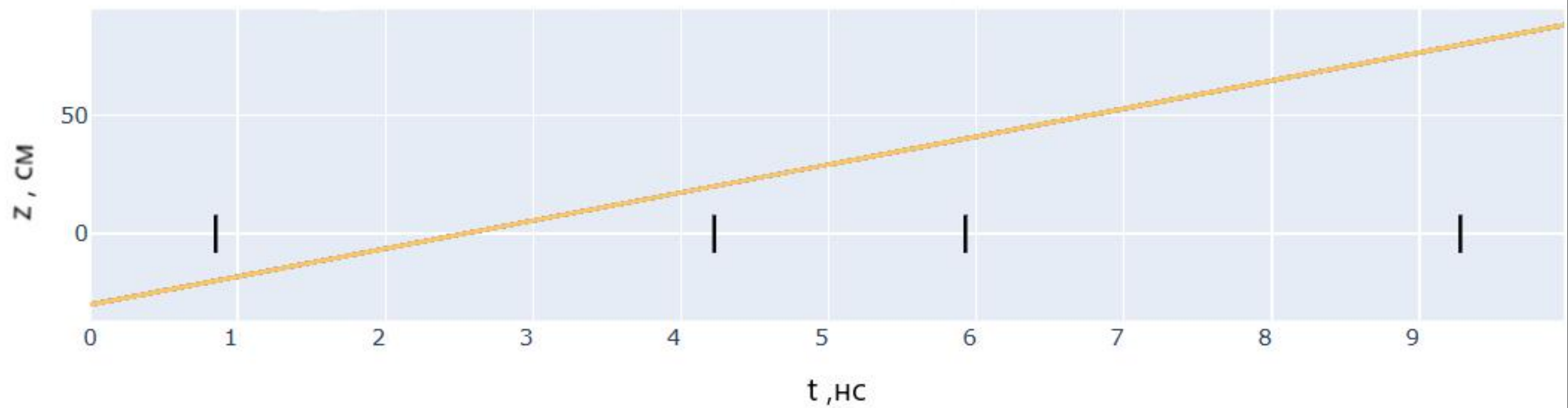




Проекция координаты частицы на ось X.

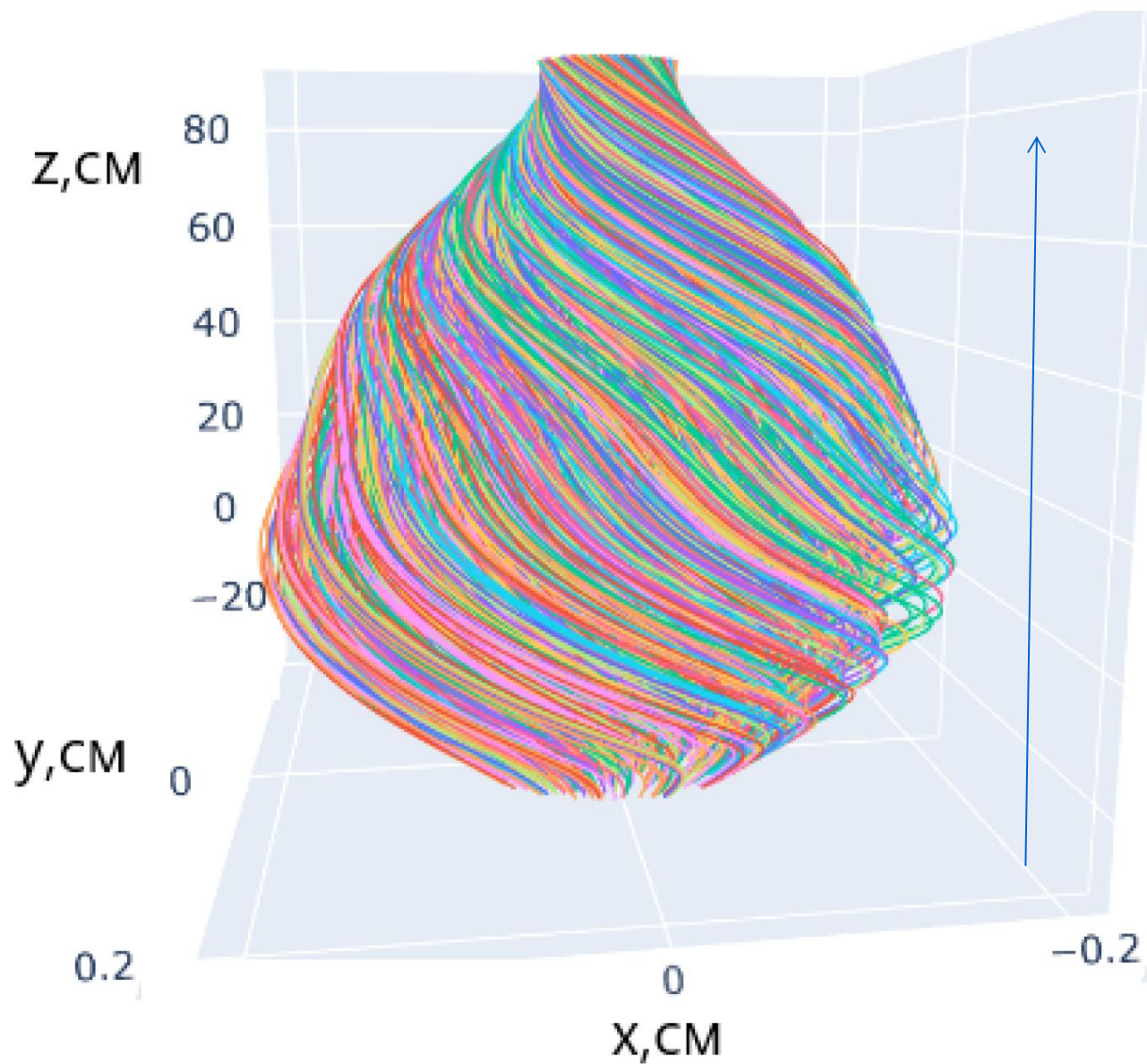


Проекция координаты частицы на ось Y.



Проекция координаты на ось Z .

**График траектории пучка
частиц в трёхмерном
пространстве .**



Итоги

- В работе было численно посчитано поле , создаваемое соленоидом
- Записано уравнение движения частицы в магнитном поле с учётом релятивизма
- Моделирование прохождения пучка через систему соленоидов.

Спасибо за внимание