Письма в ЖЭТФ, том 87, вып. 3, с. 210 – 210

О возможностях мазерного циклотронного охлаждения

В. В. Пархомчук

Институт ядерной физики Сибирского отд. РАН, 630090 Новосибирск, Россия

Поступила в редакцию 19 ноября 2007 г.

После переработки 10 декабря 2007 г.

PACS: 29.27.Bd

В работе [1] обсуждается использование когерентного (коллективного) излучения сгруппированного сгустка для ускорения охлаждения в магнитном поле. Мощность излучения отдельного электрона, вращающегося по окружности радиусом $\rho_l = mV_\perp c/eB$ в магнитном поле B, определяется классической формулой [2]

$$P = \frac{2}{3c^3}(\ddot{d})^2 = \frac{4e^4B^2}{3m^3c^5}\frac{mV_\perp^2}{2} = \lambda E_k, \qquad (1)$$

где λ – декремент охлаждения. Время охлаждения $\tau = 1/\lambda$ в обычных полях, $B = 1$ кГс, составляет около 257 с. В статье [1] предлагается сгруппировать электроны в когерентный сгусток, что позволит увеличить осциллирующий дипольный момент d в число частиц N_e раз, $d = eN_e\rho_l = N_e mcV_\perp/B$. При этом мощность излучения возрастет в N_e^2, а декремент охлаждения в N_e, что приведет к сверхбыстрому охлаждению электронов за время около 10^{-6} с для $N_e = 10^8$. На самом деле, при отсутствии корреляции между электронами значение дипольного момента определяется статистическими флуктуациями $d_s = e\sqrt{N_e}\rho_l$, а мощность излучения – это просто сумма излучения всех частиц. В соответствии с теоремой Лиувилля, разброс частот, описываемый формулой (5) из статьи [1], приводит к статистическому перемешиванию, а не к группировке, как думают авторы. Для группировки нужно устроить взаимодействие с резонаторами так, чтобы тепловое движение не перемешивало частицы, но при этом после развития мазерной циклотронной неустойчивости тепловая энергия вместо уменьшения заметно возрастает за счет неадиабатичности группировки. Столь "блестящие" перспективы, конечно, уже привлекали исследователей с "горячими головами" [3], и в 1993 году на рабочем совещании по охлаждению пучков пришлось выделить специальную сессию для обсуждения циклотронного мазерного охлаждения [4]. Позволю себе привести цитату из заключительного выступления нобелевского лауреата ван дер Меера: "Циклотронное мазерное охлаждение провозглашается сверхбыстрым; время охлаждения только несколько оборотов. Однако когерентное излучение не содержит информации о движении индивидуальных частиц. Это и есть причина, почему циклотронное мазерное охлаждение не будет работать".

1. В. В. Березовский, Л. И. Меньшиков, Письма в ЖЭТФ **86**, 411 (2007).
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теория поля*, М.: Наука, 1988, с. 256.
3. H. Ikegami, Phys. Rev. Lett. **64**, 1773, 2593 (1990).
4. S. van der Meer, *Workshop on beam cooling and related topics*, Montreux, 4–8 October 1993, p. 123, CERN 94-03, 26 April 1994, Proton Synchrotron Division.