Письма в ЖЭТФ, том 116, вып. 6, с. 401 – 402

Ответ на комментарий к статье “Теория вращающегося двумерного вигнеровского кластера” (Письма в ЖЭТФ 115(10), 642 (2022))

Махмуд М. Махмудиан[+*1)], *Мехрдад М. Махмудиан*[+*1)], *М. В. Энтин*[+1)]

[+] *Институт физики полупроводников, Сибирское отделение РАН, 630090 Новосибирск, Россия*

[*] *Новосибирский государственный университет, 630090 Новосибирск, Россия*

Поступила в редакцию 16 июля 2022 г.
После переработки 15 августа 2022 г.
Принята к публикации 16 августа 2022 г.

DOI: 10.31857/S1234567822180124, EDN: kgvwjh

Мы согласны с тем, что результат “$\omega_c/2$” для жесткого кластера следует из фундаментальных формул. Однако, заметим, что в нашем случае критически важным являлось предположение о пропорциональности механического момента инерции и момента силы со стороны вихревого поля: то, что вклад каждого электрона в момент силы пропорционален квадрату расстояния до центра. Например, если рассмотреть тот же кластер в поле соленоида конечного радиуса, универсальность пропадет. В то же время для точечного соленоида (см. [1]) универсальность (правда, выраженная через поток магнитного поля) остается, так как снаружи его магнитное поле равно нулю.

Далее, по поводу поведения мягкого кластера в переменном магнитном поле. На самом деле имеются различные сценарии движения сложной системы электронов во внешнем потенциале и переменном магнитном поле. Мы считали [2], что включение магнитного поля достаточно быстрое, $\omega_c\tau \ll 1$. На рисунке 1 прослежен другой вариант, соответствующий адиабатическому пределу $\omega_c\tau \gg 1$. В этом случае вначале электроны приводятся в движение по азимуту за счет вихревого поля. Затем формируются циклотронные орбиты, дрейфующие под действием вихревого электрического поля к центру кластера. После установления магнитного поля вихревое поле исчезает, а поле потенциальной ямы остается, поэтому электроны начинают дрейфовать по азимуту. Подчеркнем, что в дрейфовом приближении кластер сжимается, сохраняя свою структуру.

Мы не согласны с тем, что быстрое включение магнитного поля неосуществимо. На самом деле, видимо, это возможно, если поместить над двумерным вигнеровским кластером сверхпроводящую пластину, экранирующую внешнее магнитное поле, либо сверхпроводящее кольцо с захваченным потоком. Если быстро перевести сверхпроводник в нормальное состояние, например, за счет нагрева лазерным импульсом, то магнитное поле, действующее на электроны, изменится от нуля до конечного значения в первом случае и от конечного значения до нуля во втором. Поскольку лазерный импульс может быть очень коротким, время изменения магнитного поля может достичь значения обратной проводимости нормального образца, т.е. для свинца 10^{-14} с и менее. Конечно, это сильно заниженное значение, так

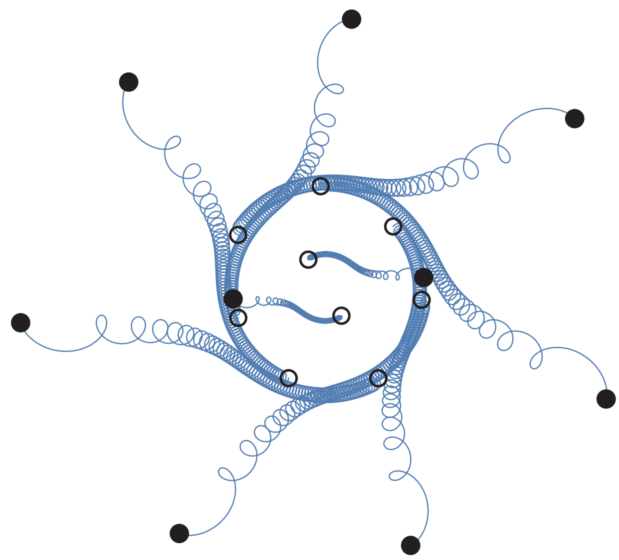

Рис. 1. (Цветной онлайн) Двумерный вигнеровский кластер с $N = 9$ электронами в магнитном поле $B(t) = B_0(\mathrm{th}((t - t_0)/c_0) + 1)$ при $B_0 = 50$, $t_0 = 1$, $c_0 = 1$. Сплошные и пустые кружки – начальные и конечные положения электронов, линии – их траектории

1)e-mail: mahmood@isp.nsc.ru; m.makhmudian1@g.nsu.ru; entin@isp.nsc.ru

как сам нагрев образца является достаточно инерционным. Примем в качестве времени нагрева 10^{-10} с. При поле 0.01 Тл это дает $\omega_c\tau = 0.16$, что соответствует неадиабатическому случаю.

1. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сендс, *Феймановские лекции по физике, Электродинамика*, АСТ, М. (2020), 352 с, гл. 17, § 4.
2. М. М. Махмудиан, М. М. Махмудиан, М. В. Энтин, Письма в ЖЭТФ **115**, 642 (2022).