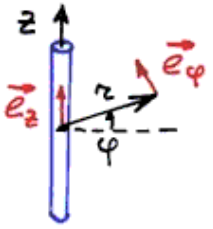
XIII) Эффект Аронова – Бома

заключается в том, что, в отличие от классической частицы, микрочастица может испытывать электромагнитное взаимодействие даже в той области пространства, где электромагнитное поле отсутствует! Это связано с тем, что в у. Ш. входит $\vec{A}(\vec{x})$.

Пример: Бесспиновая заряженная частица движется вокруг бесконечно длинного узкого соленоида с магнитным полем внутри соленоида.



Пусть Φ – магнитный поток внутри соленоида, тогда в полярных координатах (r, φ, z) можно записать:

$$\vec{A} = \frac{\Phi}{2\pi r}\vec{e}_\varphi \Rightarrow \vec{\mathcal{H}} = \vec{\nabla}\times\vec{A} = \frac{\Phi}{\pi}\delta(r^2)\vec{e}_z .$$

Стационарное у. Ш. для частицы, движущейся по окружности в плоскости $(x,y) \Leftrightarrow p_z = 0$ и $p_r = 0$ имеет вид:

$$\frac{1}{2m}\left(p_\varphi - \frac{e}{c}A_\varphi\right)^2 \Psi(\varphi) = E\,\Psi(\varphi),$$

где: $p_\varphi - \frac{e}{c}A_\varphi = \frac{1}{r}\left(-i\hbar\frac{\partial}{\partial\varphi} - \frac{e\Phi}{2\pi c}\right) = \frac{\hbar}{r}\left(-i\frac{\partial}{\partial\varphi} - \lambda\right)$, где $\lambda = \frac{\Phi}{\Phi_0}$ и $\Phi_0 = \frac{2\pi\hbar c}{e}$ – квант магнитного потока. Подставим в у. Ш.:

$$\left(i\frac{\partial}{\partial\varphi} + \lambda\right)^2\Psi(\varphi) = \frac{2m}{\hbar^2}r^2 E\,\Psi(\varphi).$$

Его решение: $\Psi_\ell(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{i\ell\varphi}$ и $E_{\ell,\lambda} = \frac{\hbar^2(\ell-\lambda)^2}{2mr^2}$.

$\ell = 0, \pm1, \pm2, \ldots$ – целое из требования однозначности волновой ф-ции: $\Psi_\ell(\varphi) = \Psi_\ell(\varphi + 2\pi)$.

1. Если $\lambda = \Phi/\Phi_0$ – целое, то спектр совпадает со спектром свободного ротатора $E_\mu = \hbar^2\mu^2/2mr^2$ и эффект взаимодействия отсутствует.
2. Если $\lambda = \Phi/\Phi_0$ – дробное, то спектр отличается от спектра свободного ротатора $\Rightarrow$ эффект немонопольности взаимодействия в керметрив. квант. механике.