

# Модель Андерсона

- Модель Андерсона – это модель, которая описывает микроскопический механизм возникновения локализованных магнитных моментов на примесных атомах переходных металлов в немагнитной матрице. Для записи гамильтониана модели используется метод вторичного квантования

# Вторичное квантование

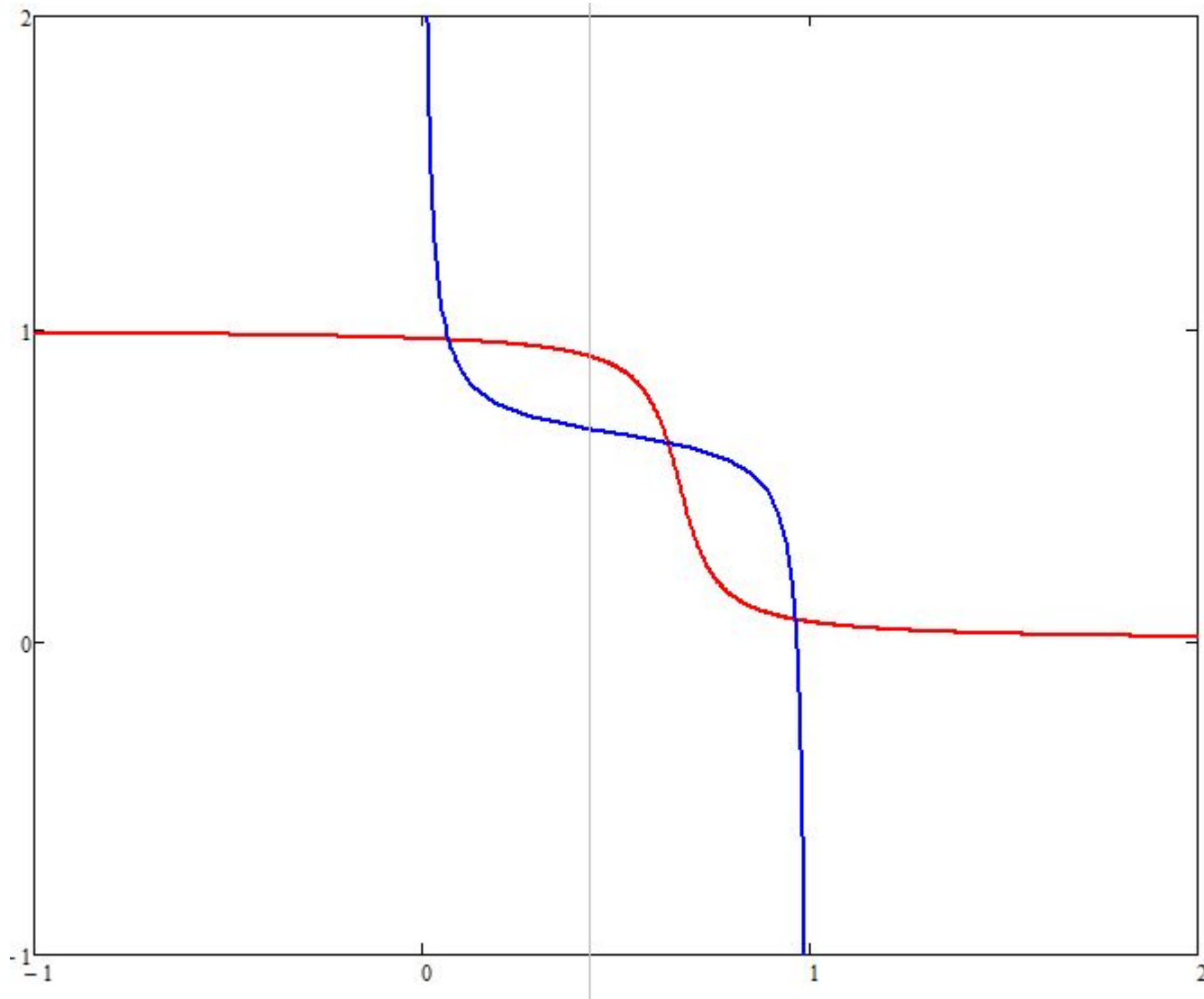
Гамильтониан модели в представлении вторичного квантования выглядит следующим образом:

$$H = \sum_{k,\sigma} \varepsilon_k^\sigma c_{k,\sigma}^+ c_{k,\sigma} + \sum_{i,\sigma} E_i d_{i\sigma}^+ d_{i\sigma} + \sum_{i,\sigma,k} V_{ik} (d_{i\sigma}^+ c_{k\sigma} + c_{k\sigma}^+ d_{k\sigma}) + \sum_{i,j,\sigma} V_{ij} d_{i\sigma}^+ d_{j\sigma} + \sum_{i,\sigma} U \hat{n}_i^\uparrow \hat{n}_i^\downarrow$$

- В итоге задача сводится к решению следующей системы:

$$\begin{cases} \langle n^\uparrow \rangle = \frac{1}{\pi} \cot^{-1} \left( \frac{E_0 - \varepsilon_F + U \langle n^\downarrow \rangle}{\Gamma} \right) \\ \langle n^\downarrow \rangle = \frac{1}{\pi} \cot^{-1} \left( \frac{E_0 - \varepsilon_F + U \langle n^\uparrow \rangle}{\Gamma} \right) \end{cases}$$

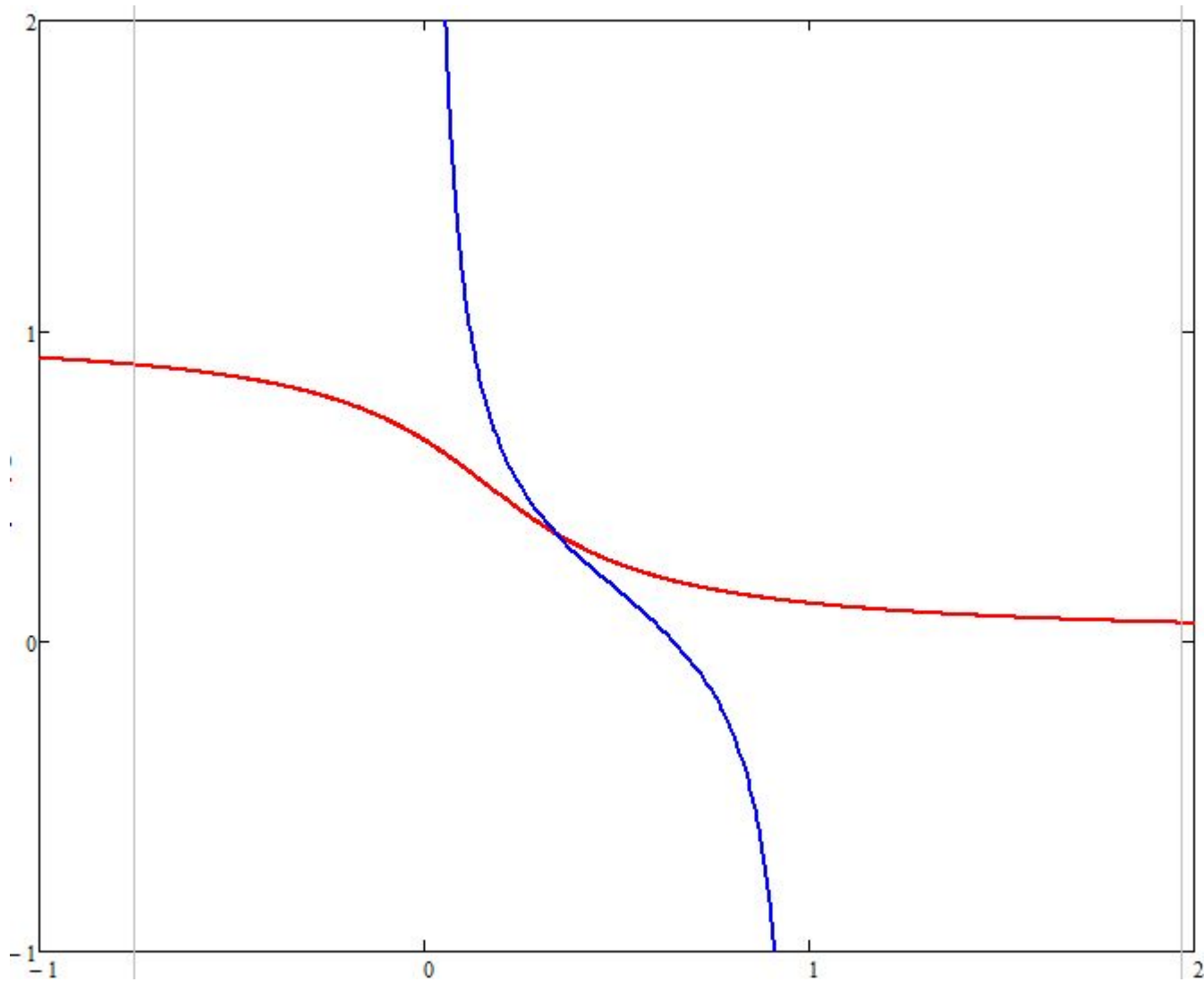
- Задача, фактически, сводится к нахождению точек пересечения графиков функций  $n^\uparrow(n_\downarrow)$  и  $n_\downarrow(n^\uparrow)$ . Андерсон показал, что в зависимости от параметров модели, возможны либо одно немагнитное решение, либо три решения, одно из которых также немагнитное.



$$U/\Gamma = 15,$$

$$E_0 - \varepsilon_F = -10$$

График самосогласованных решений в случае с тремя решениями, из которых одно немагнитное



$$U/\Gamma = 3,$$
$$E_0 - \varepsilon_F = -1/2$$

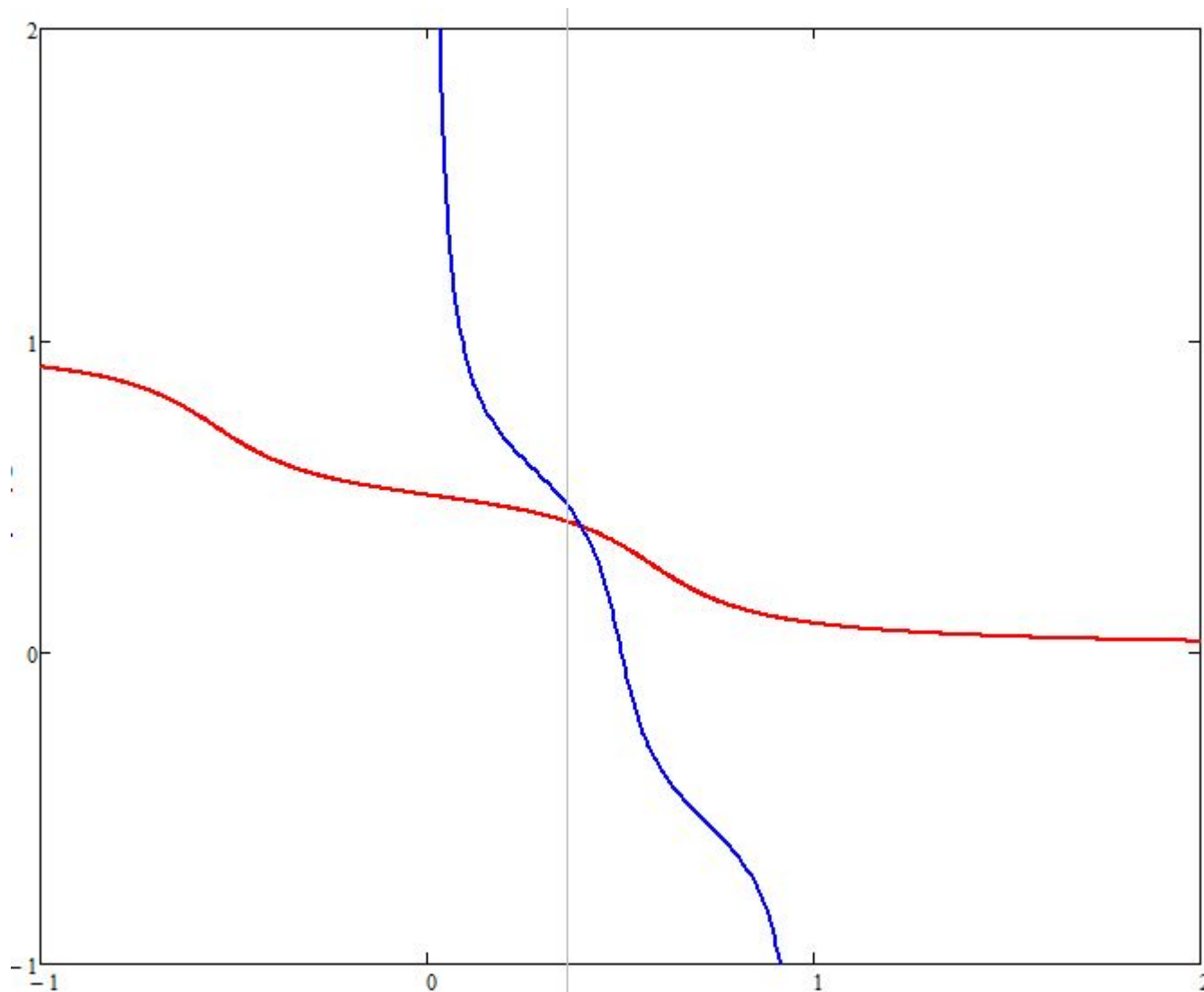
График самосогласованных решений в случае с одним немагнитным решением

- В рассмотренной выше модели Андерсона уединенной примеси электроны были локализованы на узле. Это значит, что параметр  $V$ , отвечающий за перескоки электронов с узла на узел, был равен нулю. В общем случае, когда в системе несколько атомов, расположенных недалеко друг от друга, это не так. Модель, учитывающая d-d-взаимодействия в периодической структуре носит название периодической модели Андерсона.



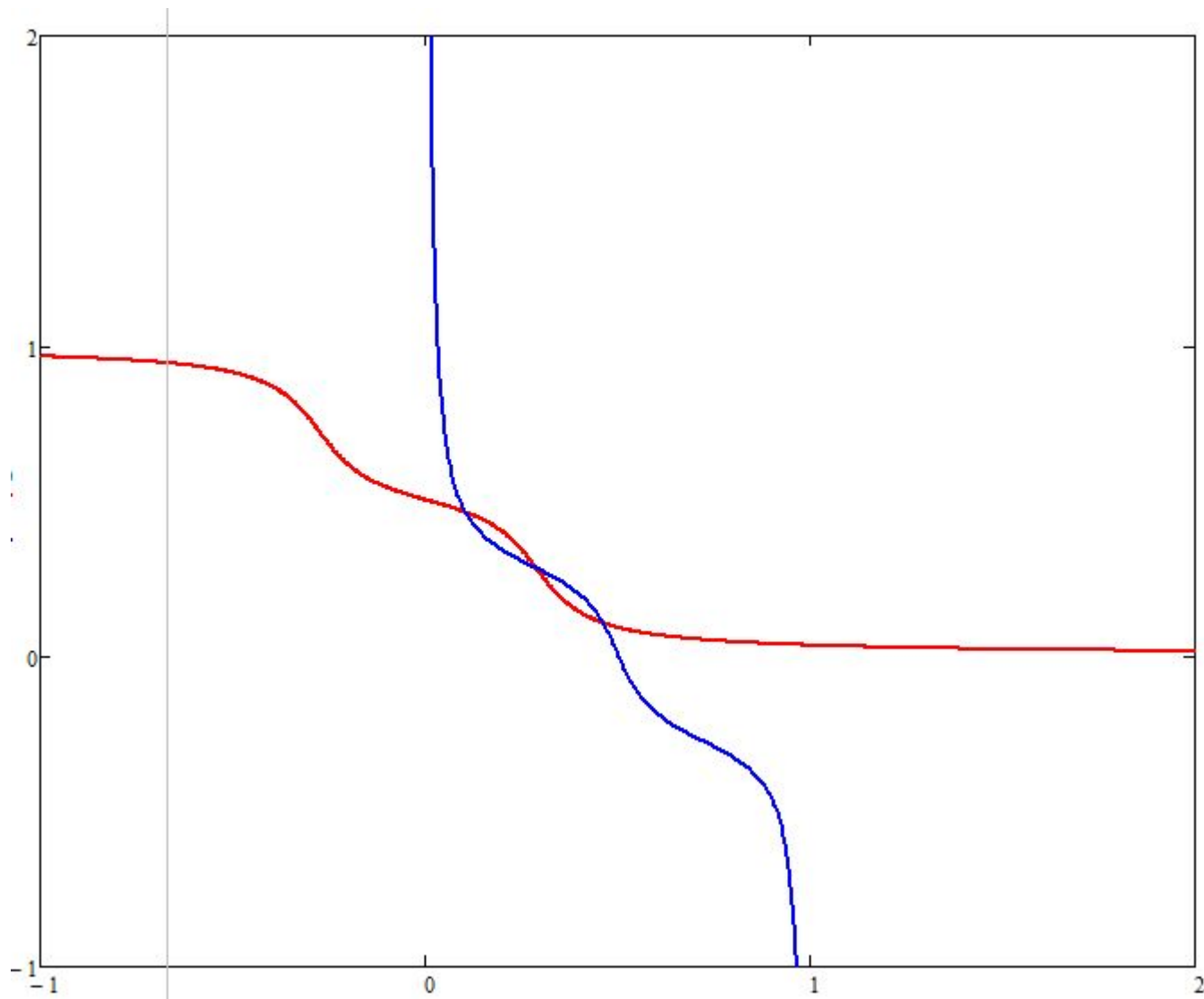
- Число магнитных решений, при увеличении параметра  $U/\Gamma$  меняется от одного до пяти. При этом одно из решений, лежащее на оси симметрии, всегда является парамагнитным. Остальные решения являются симметричными относительно прямой и дают одинаковое по модулю значение магнитного момента.

Магнитные решения в случае периодической модели Андерсона для заданных параметров:



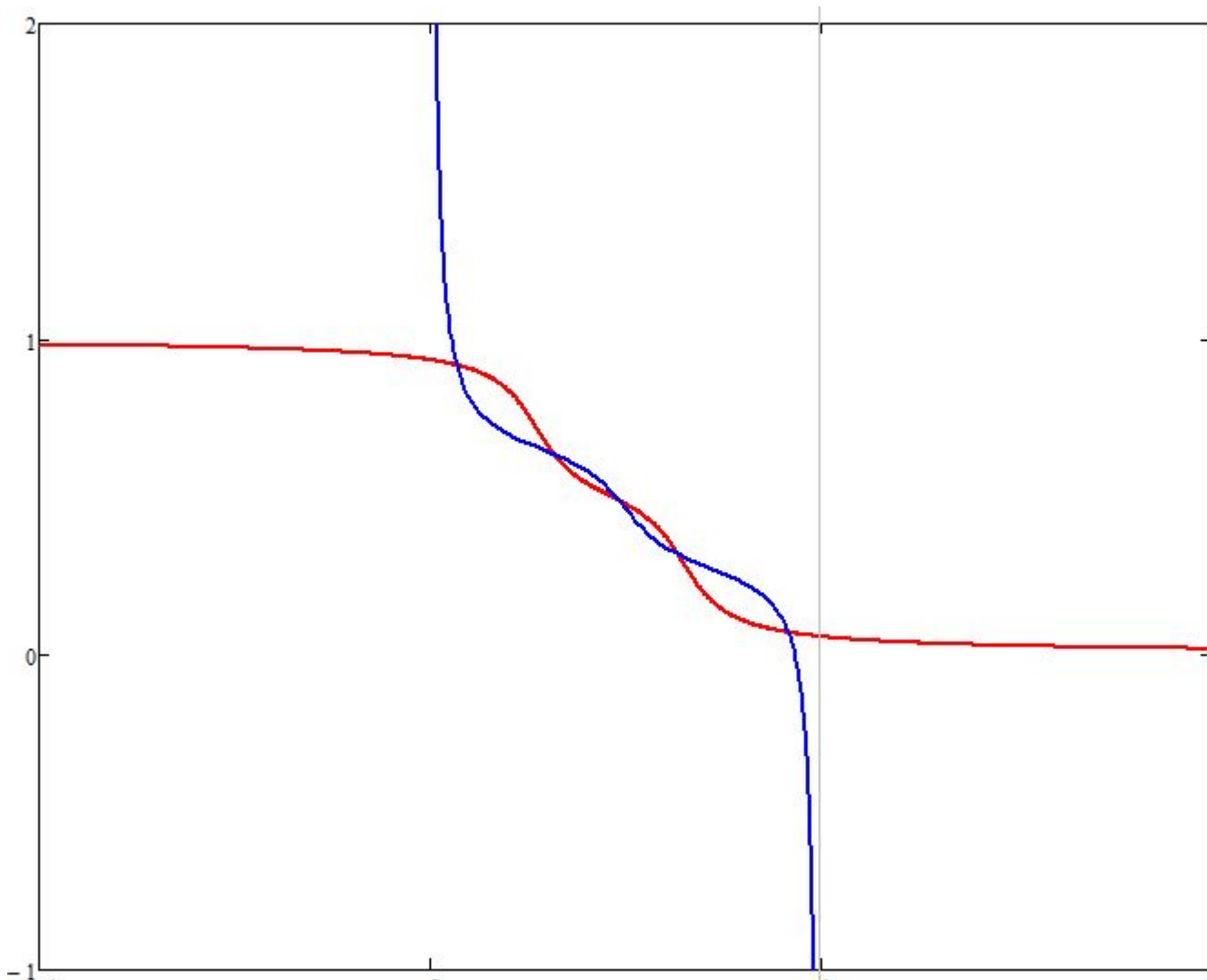
$$U/\Gamma = 5, V/\Gamma = 1$$
$$E_0 - \varepsilon_F = -1/10$$

Магнитные решения в случае периодической модели Андерсона для заданных параметров:



$$U/\Gamma = 10, V/\Gamma = 1$$
$$E_0 - \varepsilon_F = -5.55$$

Магнитные решения в случае периодической модели Андерсона для заданных параметров:



$$U/\Gamma = 12, V/\Gamma = 1$$
$$E_0 - \varepsilon_F = -1/10$$

