

## 2. Pisni izpit iz Nanofizike, 24.6.2022

1. Mezoskopski sistem pri temperaturi  $T = 0$  priključimo na tri vodnike prek simetričnega stika, ki ga opisuje sipalna matrika

$$S = \frac{1}{e} \begin{pmatrix} 1 + 2e^{i\phi} & 1 - de^{i\phi} & 1 - de^{i\phi} \\ 1 - de^{i\phi} & 1 + 2e^{i\phi} & 1 - de^{i\phi} \\ 1 - de^{i\phi} & 1 - de^{i\phi} & 1 + 2e^{i\phi} \end{pmatrix}$$

- Poišči realni konstanti  $d$  in  $e$ , da bo  $S$  opisovala smiselno sipalno matriko!
- Kaj se zgodi z elektronom, ki pride do stika, če je  $\phi = 0$  in kaj, če je  $\phi = \pi$ ?
- Zapiši matriko prevodnosti  $G_{ij}$  za primer, ko je  $\phi = \pi$ !
- Na enega od priključkov priklopimo voltmeter, na druga dva pa napetosti  $V$  in  $0$ . Kolikšen tok teče skozi sistem in kolikšno napetost pokaže voltmeter?

2. V Weylovih polkovinah elektronska stanja opišemo z brezmasno Diracovo enačbo v treh dimenzijah.

$$H(q_x, q_y, q_z) = c \sum_{i=x,y,z} \sigma_i q_i,$$

kjer so  $\sigma_i$  Paulijeve matrike,  $q_i$  pa odmik valovnega vektorja od točke degeneracije.

- Izračunaj elektronsko disperzijo  $\epsilon(q_x, q_y, q_z)$ !
- Zapiši Hamiltonian v prisotnosti magnetnega polja  $B$ , ki naj kaže v smeri  $z$ . (Namig: Pomagaj si z izpeljavo za Landauove nivoje v grafenu.)
- Izračunaj lastne energije in njihovo odvisnost od  $q_x, q_y, q_z$ ! Dobljeno odvisnost skiciraj!

3. Obravnavajmo par spinskih kubitov! Denimo, da lahko na vsakemu od kubitov opravimo poljubno enokubitno operacijo, od dvokubitnih operacij pa imamo na voljo zgolj tiste, ki jih lahko realiziramo s Heisenbergovim Hamiltonianom  $H = J(t)\mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_2$ .

- Oglej si delovanje Heisenbergovega Hamiltoniana na bazna stanja  $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$ , kjer velja  $|0\rangle = |\uparrow\rangle$  in  $|1\rangle = |\downarrow\rangle$ . Zapiši, kako se zaradi delovanja Heisenbergovega Hamiltoniana časovno razvija stanje  $|01\rangle$ , torej poišči  $|01\rangle(t)$ !
- Zapiši, kako bi realiziral SWAP vrata, ki delujejo  $|10\rangle \leftrightarrow |01\rangle$ !
- Kako bi realiziral vezje, ki izmenja Bellovi stanji s projekcijo  $S_z = 0$  [ $(|01\rangle - |10\rangle) \leftrightarrow 1/\sqrt{2}(|01\rangle + |10\rangle)$  ]?