

### 1.B Pisni izpit iz Nanofizike, 10.6.2022

1. Kvantna pika je sklopljena na izvir in ponor (kapaciteti  $C_s$  in  $C_d$ , napetosti  $V_s, V_d$ ) in pa dodatno elektrodo s katero kontroliramo zasedenost ( $C_g, V_g$ ).

- Naj najprej velja  $C_s = C_d, V_s = -V_d = V/2$ . Pri katerih vrednostih  $V, V_g$  pride do Coulombske blokade?
- Pri katerih  $V, V_g$  transport poteka zaporedno, torej, da elektron skoči iz izvira na kvantno piko in takoj potem iz kvantne pike na ponor? Napravi račun in označi na grafu!
- Naj sedaj velja  $C_s < C_d, V_s = V, V_d = 0$ . Pri katerih vrednostih  $V, V_g$  pride do Coulombske blokade in elektronskega transporta ni? Skiciraj!

2. Za meritev stanja Josephsonovih kubitov se uporablja sklopitev kubita na nihajni način mikrovalovnega resonatorja. Sistem opišemo s Hamiltonianom  $H = \omega_q \sigma_z / 2 + \omega_r a^\dagger a + g(a\sigma^+ + a^\dagger \sigma^-)$ .

- Zapiši lastna stanja in lastne energije  $H$  v odsotnosti sklopitve  $g$ !
- Od tu naprej naj bo  $g > 0$ . Hamiltonian lahko zapišemo kot  $H = H_1 + H_2$  kjer je  $H_1 = \omega_r(a^\dagger a + \sigma_z/2)$  in  $H_2 = (\omega_q - \omega_r)\sigma_z/2 + g(a\sigma^+ + a^\dagger \sigma^-)$ . Izvrednoti komutator med  $H_1$  in  $H_2$ !
- Z uporabo prejšnjega rezultata pokaži, da Hamiltonian postane bločno diagonalen z bloki podanimi s stanji  $|n \uparrow\rangle$  in  $|n+1 \downarrow\rangle$  (bloki se med sabo ločijo po različnih vrednostih eksitacijskega števila podanega z  $a^\dagger a + \sigma_z/2$ ). Zapiši lastna stanja in lastne energije!

3. Bellova stanja so maksimalno prepletena stanja  $1/\sqrt{2}(|00\rangle + |11\rangle), 1/\sqrt{2}(|00\rangle - |11\rangle), 1/\sqrt{2}(|01\rangle - |10\rangle), 1/\sqrt{2}(|01\rangle + |10\rangle)$ .

- Poišči vezja, ki iz stanja  $|00\rangle$  ustvarijo štiri Bellova stanja!
- Poišči vezje s katerim z meritvijo enokubitnih stanj ugotovimo v katerem od Bellovih stanj je sistem!