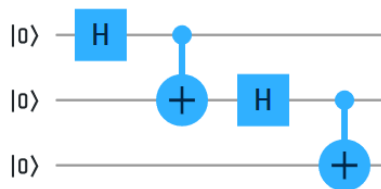


## Koeohjeet

- Kolme pakollista tehtävää. Max 12p/tehtävä.
- Kaikki materiaalit ja apuvälineet sallittuja, paitsi jos tehtävänannossa toisin mainitaan. **Kerro ratkaisuisasi, mitä materiaaleja ja apuvälineitä olet käyttänyt.**
- Muista perustella ja selittää ratkaisujasi myös sanallisesti!
- Välikoe on yksilösuoritus. Ilmeisiä kopioita ei arvioida.
- **Älä jätä ratkaisujen palauttamista viime hetkeen!** Myöhässä palautettuja suorituksia ei arvioida.

## Tehtävä 1

Tarkastellaan kuvassa 1 esitettyä kvanttilaskentapiiriä, joka koostuu Hadamardin porteista ja CNOT-porteista.



Kuva 1: Tehtävä 1:n kvanttipiiri.

- Selvitä laskemalla ilman sähköisiä apuvälineitä kubittien lopputila. (6p)
- Kolmeen kubittiin sovelletaan kuvan 1 mukaiset portit, minkä jälkeen ensimmäisen kubitin arvo mitataan. Mitkä ovat eri mittaustuloksia vastaavat toisen ja kolmannen kubitin tilat mittauksen jälkeen? Ovatko kubitit kietoutuneet näissä tiloissa? Perustele. (6p)

## Tehtävä 2

Tarkastellaan kvanttihiukkasta yhdessä ulottuvuudessa potentiaalissa

$$U(x) = \begin{cases} 0 & \text{kun } 0 < x < L, \\ \infty & \text{muulloin.} \end{cases}$$

Hiukkasen tilaa  $|\varphi\rangle$  kuvaa aaltofunktio

$$\varphi(x) = \begin{cases} Nx(L-x) & \text{kun } 0 < x < L, \\ 0 & \text{muulloin.} \end{cases}$$

missä  $N = \sqrt{30/L^5}$  on aaltofunktion normalisointivakio.

- Hiukkasen paikka mitataan sen ollessa tilassa  $|\varphi\rangle$ . Millä todennäköisyydellä hiukkanen löytyy väliltä  $[0, L']$ , missä  $L' < L$ ? (4p)
- Hiukkasen kokonaisenergia mitataan, kun se on tilassa  $|\varphi\rangle$ . Mitkä ovat mahdolliset mittaustulokset, ja millä todennäköisyydellä ne saadaan? (8p)

### Tehtävä 3

Tarkastellaan elektronia yhdessä ulottuvuudessa potentiaalissa

$$U(x) = \begin{cases} 0 & \text{kun } 0 < x < L_1, \\ U & \text{kun } L_1 \leq x < L_2, \\ \infty & \text{muulloin.} \end{cases}$$

missä  $U > 0$  on vakio. Oletetaan, että elektronin kokonaisenergialle  $E$  pätee  $E < U$ .

- a) Selvitä elektronin kokonaisenergian kvantisointiehto. (6p)
- b) Olkoon  $U = 10 \text{ eV}$ ,  $L_1 = 2 \text{ \AA}$  ja  $L_2 = 5 \text{ \AA}$ . Miten täytyy sähkömagneettisen säteilyn aallonpituus valita, jos halutaan siirtää elektroni perustilaltaan ensimmäiselle viritetylle tilalle? (6p)