

Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet, laskin sekä A4-kokoinen käsinkirjoitettu muistilappu. Esittele vastauksessasi esiintyvät symbolit ja niiden merkitykset. Ratkaise jokainen tehtävä omalle sivulleen. Kaikissa tehtävissä vastauksista arvioidaan sekä esitystapa että sisällön oikeellisuus. Jokainen tehtävä arvioidaan asteikolla 0-6 pistettä.

Palauta muistilappu ja erikseen jaettu integraali- ja luonnonvakiotaulukko koevastaustesi mukana. ÄLÄ tee merkintöjä integraali- ja vakiotaulukkoon.

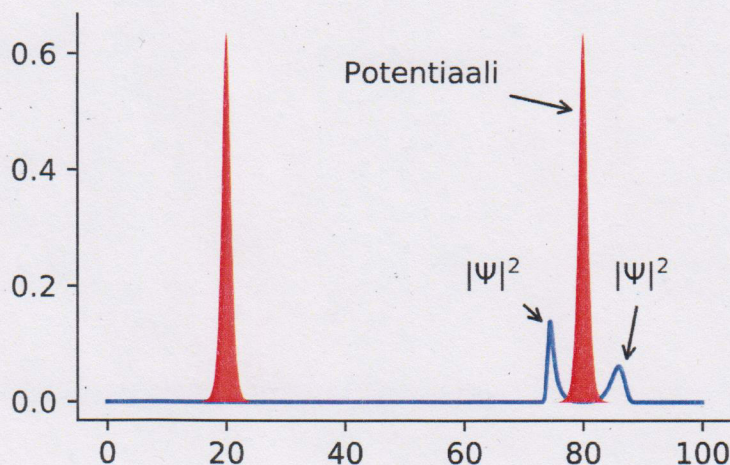
On tärkeää että ainakin yrität jokaista tehtävää.

1. Määrittele seuraavien termien/käsitteiden merkitys enintään noin 30 sanalla / termi. Pelkkä kaava ei ole riittävä vastaus. Merkittävästi ylipitkä vastaus vähentää pisteitä.

- | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------------|
| (a) Aikadilataatio | (c) Ekspansiopostulaatti | (e) Aaltopaketti |
| (b) Aineaalto | (d) Kommutaatiorelaatio | (f) Tunneloituminen |

Vastaa seuraavaan kysymykseen maksimissaan noin 200 sanalla per alakohta, vastaa kuitenkin käyttäen kokonaisia lauseita. Merkittävästi ylipitkä tai heikosti jäsennelty vastaus vähentää pisteitä. Voit käyttää vastauksesi tukena piirrosta, mutta pelkkä piirros ei ole riittävä vastaus.

2. Viereisessä kuvassa on ajanhetki simulaatiosta, jossa simuloitiin hiukkasen käyttäytymistä kahden potentiaalivallin välissä. Simulaation alussa hiukkanen oli vangittuna potentiaalivallin väliin. Nyt näyttää siltä, että hiukkanen olisi molemmin puolin potentiaalivallia yhtäaikaan. Onko tulkinta oikea? Perustele vastauksesi.



3. (a) Hiukkanen on loukkuuntunut yksiulotteiseen alueeseen $0 \leq x < \infty$. Sen aaltofunktio on muotoa $\psi(x) = xe^{-2(x-1)^2}$. Määritä todennäköisyys, että hiukkanen voidaan löytää alueelta $x \geq 1$.
- (b) Mitkä seuraavista funktioista ovat derivaattaoperaattorin d^2/dx^2 ominaisfunktioita?
A. x B. x^2 C. $ax + b$ D. e^{ax^2} E. e^{ax} F. $\sin x$
4. Hiukkanen on loukkuuntunut yksiulotteiseen äärettömään potentiaalikaivoon (pituus L). Määritä hiukkasen liikemäärän epävarmuus Δp tilan n funktiona.

Vinkki: Operaattorin \hat{Q} epävarmuus on määritelty $\Delta Q = \sqrt{\langle Q^2 \rangle - \langle Q \rangle^2}$.

5. Hiukkanen on vangittuna oheisen kuvan mukaiseen kvanttikaivoon. Tiedetään, että hiukkasen energia $E < U_0$

$$U(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x \leq a \text{ ja } b < x \leq c \\ U_0, & a < x \leq b \\ \infty, & \text{muuten} \end{cases}$$

Määritä hiukkasen ominais- eli aaltofunktiot aaltofunktioiden ehtojen mukaisesti, poislukien normeeraus. Energian ominaisarvoja ja normalisaatiota ei tarvitse laskea. Vastaus on riittävä jos sen perusteella pystyy tietokoneella piirtämään aaltofunktiot. Vinkki: kannattaa hyödyntää matriiseja merkintöjen lyhentämiseen ja käyttää $e^{\pm ikx}$ -funktioita kantafunktioina.

