

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 | (d) Kommutaatiorelaatio |
| (b) Aineaalto | (e) Aaltopaketti (aaltopulssi) |
| (c) Ekspansiopostulaatti | (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. (a) Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen mukaan kahden komplementaarisen suureen arvoja ei voi mitata yhtäaikaisesti, koska mittaustapahtuma häiritsee mitattavaa järjestelmää ja siten estää suureiden yhtäaikaisen mittaamisen. Tosi vai epätosi? Perustele.
- (b) Mitä valosähköisen ilmiön kokeissa havaittuja piirteitä voidaan selittää klassisen fysiikan (klassisen sähködynamiikan) avulla? Mitä piirteitä ei voida selittää?
3. (a) Hiukkanen on loukkuuntunut yksiulotteiseen alueeseen $0 \leq x < \infty$. Sen aaltofunktio on muotoa $\psi(x) = e^{-2x}$. Määritä todennäköisyys, että hiukkanen voidaan löytää alueelta $x \geq 1$.
- (b) Erään hiukkasen tilaa kuvataan aaltofunktiolla $\psi(x) = N x e^{-\left(\frac{x}{\sqrt{2l}}\right)^2}$. Mikä on hiukkasen todennäköisin sijainti, eli minkä pisteen ympäristöstä se on todennäköisintä löytää?
4. (a) Mitkä seuraavista funktioista ovat derivaattaoperaattorin d/dx ominaisfunktioita?
A. x B. x^2 C. $ax + b$ D. e^{ax^2} E. e^{ax} F. $\sin x$
- (b) Näytä että seuraavat lausekkeet ovat tosia. \hat{A} ja \hat{B} ovat mielivaltaisia operaattoreita, jotka eivät välttämättä kommutoi keskenään.
- A. $[\hat{A}, \hat{B}] = -[\hat{A}, \hat{B}]$
B. $[\hat{A}^m, \hat{A}^n] = 0$, kaikille m, n arvoille
C. $[\hat{A}^2, \hat{B}] = \hat{A}[\hat{A}, \hat{B}] + [\hat{A}, \hat{B}]\hat{A}$

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

$$U(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < L_1 \\ U_0, & L_1 < x < L_2 \\ \infty, & \text{muuten} \end{cases}$$

Määritä hiukkasen ominais- eli aaltofunktiot ja laske kuinka syvälle (e^{-1} -etäisyys) hiukkanen tunkeutuu valliin alueelle $L_1 < x < L_2$. Energian ominaisarvoja ei tarvitse laskea.

