

Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet, funktiolaskin sekä A4-kokoinen käsinkirjoitettu muistilappu. Muistilappu on palautettava koevastausten mukana. Perustele käyttämäsi kaavat ja ratkaisujen välivaiheet. 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.

Tenttitehtäviä ovat tehtävät 1, 4, 5, 6, 7, 9. On tärkeää että ainakin yrität jokaista tehtävää.

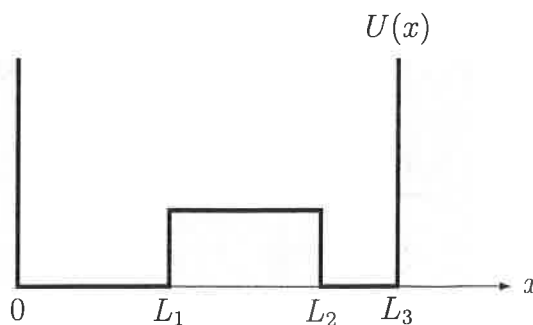
VÄLIKOE 1: tehtävät 1-5

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

(a) Aineaalto	(d) Ekspansiopostulaatti
(b) Musta kappale	(e) Heisenbergin epätarkkuusperiaate
(c) Hyvin määritelty suure	(f) Tunneloituminen
- Tutkit valosähköistä ilmiötä valaisemalla erästä kappaletta aallonpituudeltaan 500 nm säteilyllä. Valonlähteessäsi olevan vian takia säteilyn seassa on myös ultraviolettisäteilyä seassa. Miten vika vaikuttaa mittaustuloksiisi? Perustele käyttäen korkeintaan noin 300 sanaa.
- Laservalo on sisältää vain yhtä aallonpituutta. Laserpulssin keston lyhentyessä sen spektri kuitenkin levenee ja aallonpituus ei ole enää tarkasti määritettävissä.
 - Kauanko laserpulssin on kestettävä jotta sen spektri kattaisi koko näkyvän valon taajuuskaistan? Näkyvän valon taajuuskaista on 400–700 nm.
 - Miten pitkä (metreinä) kyseinen pulssi olisi?

- (TENTTI) Hiukkanen on vangittuna oikein kuvan mukaiseen epäsymmetriseen kvanttikaivoon.

$$U(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < L_1 \text{ ja } L_2 < x < L_3 \\ U_0, & L_1 < x < L_2 \\ \infty, & \text{muuten} \end{cases}$$



- Määritä hiukkasen aaltofunktiot ja etsi lauseke energian kvanttittumiselle. Numeerisia arvoja ei tarvitse laskea.
 - Näytä, että kun hiukkasen energia on paljon suurempi kuin U_0 , saat ratkaisuksi ainakin kvalitatiivisesti L_3 -levyisen kvanttikaivon ominaistilat.
- (TENTTI) Äärettömässä potentiaalikanavossa (leveys = L) sijaitsevalla hiukkasella on ajanhetkellä $t = 0$ aaltofunktio muotoa $\Psi(x, 0) = C((L/2)^2 - (x - (L/2))^2)$.
 - Normalisoi aaltofunktio $\Psi(x, 0)$ (2p)
 - Määritä aaltofunktion lauseke mielivaltaisella ajanhetkellä t . (4p)

Kirjoita SELVÄSTI nimesi, opiskelijanumerosi, opintojaksokoodi sekä kokeen päivämäärä jokaiseen koepaperiin. Ratkaise jokainen tehtävä omalle sivulleen.

VÄLIKOE 2: tehtävät 6-10

6. (TENTTI) Määrittele seuraavien kvanttifysiikan termien/käsitteiden merkitys enintään noin 30 sanalla / termi. Pelkkä kaava ei ole riittävä vastaus. Merkittävästi ylipitkä vastaus vähentää pisteitä.

- (a) Qubit (c) Paschenin sarja (e) Hybridisaatio
 (b) Elektronin spin (d) Degeneraatio (f) Paulin kieltoääntö

7. (TENTTI) Elektroni on loukkuuntunut a -säteiseen pallonmuotoiseen äärettömään kvantti-kaivoon (so. potentiaali on nolla kun $r < a$ ja ääretön muualla). Mitkä kvantittumisehdot odottaisit olevan samanlaisia kuin vetyatomilla? Tarkastele tehtävää kvalitatiivisesti. Perustele vastauksesi käyttäen korkeintaan noin 300 sanaa. Käytä tarvittaessa kuvia ja diagrammeja vastauksesi tukena. Pelkät kuvat eivät ole kuitenkaan riittävä vastaus.

8. (a) Näytä, että elektronin itseis- eli spindipolimomentin prekessiokulmanopeus on $\omega = eB/m_e$, missä e on elektronin varaus, B magneettivuontiheyden suuruus ja m_e elektronin massa (4p).

(b) Laske tämä taajuus, kun $B = 1$ T. (2p)

9. (TENTTI) Määritä vetyatomin tilalla (2,1,0) olevan elektronin potentiaalienergian odotusarvo. Spinin vaikutusta ei tarvitse huomioida. NB: $\int_0^\infty x^m \exp(-bx) dx = \frac{m!}{b^{m+1}}$

10. (a) Arvioidaan He-atomin elektronien välisen repulsion suuruutta. Heliumin ensimmäinen ionisaatioenergian suuruus on 24.6 eV. Lisää siihen kertaalleen ionisoituneen heliumin elektronin poistamiseksi tarvittava energia ja vertaa sitä molempien elektronien poistamiseksi tarvittavaan energiaan, jos ne käyttäytyisivät kuin niiden välillä ei olisi repulsiota. (4p)

(b) Kuinka kaukana toisistaan elektronit ovat, jos niiden välinen repulsiivinen energia on a -kohdassa lasketun suuruinen? (2p)

ℓ, m_ℓ	$Y_{\ell m_\ell}(\theta, \phi)$	n, ℓ	$R_{n\ell}(r)$
0, 0	$\sqrt{\frac{1}{4\pi}}$	1, 0	$\frac{1}{(a_0)^{3/2}} 2 \exp^{-r/a_0}$
1, 0	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$	2, 0	$\frac{1}{(2a_0)^{3/2}} 2 \left(1 - \frac{r}{2a_0}\right) \exp^{-r/2a_0}$
1, ± 1	$\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta \exp^{\pm i\phi}$	2, 1	$\frac{1}{(2a_0)^{3/2}} \frac{r}{\sqrt{3}a_0} \exp^{-r/2a_0}$
2, 0	$\sqrt{\frac{5}{16\pi}} (3 \cos^2 \theta - 1)$	3, 0	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}} \left(2 - \frac{4r}{3a_0} + \frac{4r^2}{27a_0^2}\right) \exp^{-r/3a_0}$
2, ± 1	$\sqrt{\frac{15}{8\pi}} \cos \theta \sin \theta \exp^{\pm i\phi}$	3, 1	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}} \frac{4\sqrt{2}r}{9a_0} \left(1 - \frac{r}{6a_0}\right) \exp^{-r/3a_0}$
2, ± 2	$\sqrt{\frac{15}{32\pi}} \sin^2 \theta \exp^{\pm 2i\phi}$	3, 2	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}} \frac{2\sqrt{2}r^2}{27\sqrt{5}a_0^2} \exp^{-r/3a_0}$