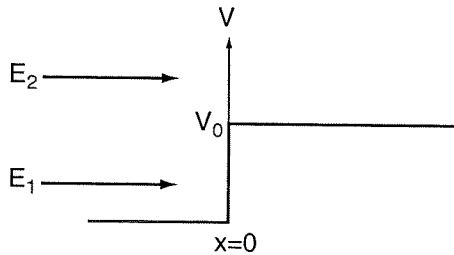


1. Tarkastellaan oheisen kuvan mukaista yksiulotteista potentiaaliporrasta, johon osuu vasemmalta tuleva hiukkasvuo (hiukkasen massa on m ja energia E). Potentiaali on siis $V(x) = 0$, kun $x < 0$ ja $V(x) = V_0$, kun $x \geq 0$. Tällaisella potentiaalilla voidaan mallintaa esimerkiksi metallipinnan läheisyydessä olevia elektroneja. Ratkaise Schrödingerin yhtälö ja kirjoita reuna- ja jatkuvuusehdot täyttävät aaltofunktiot eri alueissa tapauksissa $E < V_0$ ja $E > V_0$. Laske heijastuneen ja tulevan hiukkasvuon suhde, heijastuskerroin R , kun $E > V_0$. (6p)



2. a) Yrität juosta nopeudella 10 m/s läpi leveähköstä oviaukosta (leveys 1 m). Mitä suuruusluokkaa Planckin vakion pitäisi olla, että voisit syyttää kvanttimekaanisia ilmiöitä etkä esimerkiksi humalatilaa ovenkarmeihin törmäämisestä? (3p)
- b) Vetyatomi on hyvä esimerkki kvanttimekaanisesta systeemistä. Kirjoita vetyatomin energiatilojen lauseke niin hyvin kuin muistat. Mitä tarkoitetaan, kun sanotaan näiden energiatilojen olevan degeneroituneita? Kuinka moninkertaisesti ne ovat degeneroituneita? Perustele vastauksesi. (3p)
3. a) Oheisessa kuvassa on esitetty alkuaineiden jaksollinen järjestelmä. Kerro yksityiskohdallisesti, miten pääset siihen käsiksi lähtemällä liikkeelle monielektroniatomeja kuvaavasta Schrödingerin yhtälöstä. Sisällytä vastaukseen mahdollisimman monta yhdyssanaa seuraavasta listasta: keskeiskenttäapproksimaatio, yksielektronitila, elektronikonfiguraatio, kieltosääntö, täyttymisjärjestys. (4p)
- b) Kerro fysikaalinen peruste sille, miksi jaksollisen järjestelmän ensimmäisen ja toisaalta seitsemännentoista ryhmän alkuaineet (alkalimetallit ja halogeenit) ovat hyvin reaktiivisia. Entä miksi ryhmien 3–12 alkuaineet (transitiometallit) ovat kemiallisesti hyvin samankaltaisia myös jakson sisällä? (2p)

**Periodic Table
of the
Elements 2005**

1	2											13	14	15	16	17	18	
3	4											5	6	7	8	9	10	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
11	12											13	14	15	16	17	18	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
87	88	89											113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg								
		Molecular Research Institute																
59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71						
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
91	92											103	104	105	106	107	108	
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					

4. a) Kerro, millä eri tavoin kaksi atomia voi sitoutua toisiinsa ja muodostaa molekyylin? (3p)
- b) Kaksiatomisessa kaliumbromidimolekyylissä (KBr) ytimet ovat asettuneet tasapainoetäisyydelle $R_0 \approx 0,3$ nm toisistaan. Ytimien liiallisen lähentelyn estää niiden välillä vaikuttava voimakas repulsio, jota mallitetaan empiirisellä lausekkeella $V_C = A/R^n$. Kokeellisesti on määritetty kaliumin ionisaatioenergiaksi $E_{\text{ion}}(\text{K}) \approx 4,3$ eV, bromin elektroniaffiniteetiksi $E_{\text{aff}}(\text{Br}) \approx 3,4$ eV sekä KBr-molekyylin dissosiaatioenergiaksi $E_{\text{diss}}(\text{KBr}) \approx 3,9$ eV. Määritä näiden tietojen avulla parametri n . Lauseke ja suuruusluokka-arvio riittävät. (3p)
5. Opiskelijakaverukset Ilari ja Heikki ovat suorittamassa Fysiikan laboratoriotöitä, ja tällä kertaa työn aiheena on Zeemanin ilmiö. Valitettavasti Fysiikka III:n luennoitsija onnistui vaivuttamaan pojat uneen, eivätkä he ymmärtäneet kirjan saati opetusmonisteen selityksistä hölkäsen pöläystäkään. Selkkarin deadline on maanantaina, joten aikaa ei ole liiemmästi hukattavaksi. Auta poikia ja kerro heille ensiksi lyhyesti ja ytimekkäästi, mikä on Zeemanin ilmiö eli mitä tapahtuu, kun atomi joutuu magneettikenttään.

Varsinaisessa työssä atomiuunista tuleva natriumsuihku ohjataan magneettikenttään, jonka voimakkuutta säädellään ulkoisen virtalähteen avulla. Spektriviivojen aallonpituudet mitataan huipputarkalla spektrometrillä (erotuskyky $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-12}$), joka koostuu prismasta sekä Fabry–Perot-etalonista. Työn ensimmäisessä osassa virtalähteen nupit väännetään kaakkoon, ja magneettikentän voimakkuudeksi mitataan hillitön $B = 1$ T. Työhjeen mukaisesti pojat tarkastelevat transitiota $2p \rightarrow 1s$, jota vastaavan aallonpituuden he tietävät erittäin tarkasti. Kerro pojille, kuinka monta viivaa he näkevät spektrometrillään ja miksi. Työn toisessa osassa magneettikenttä on paljon heikompi ($B = 0,1$ T). Tarkastellessaan edelleen transitiota $2p \rightarrow 1s$ pojat näkevätkin 10 spektriviivaa, mitä he eivät ymmärrä ollenkaan. Auta jälleen miehiä mäessä ja kerro, miksi viivoja syntyy juuri 10 kappaletta. Käytä selitysesi apuna tarpeen mukaan vakuuttavia kaavoja ja yhtälöitä. (6p)

Aputietoja:

$$e \approx 2 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \epsilon_0 \approx 9 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}, \mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} \approx 9 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$$

Jos tarvitset Landén tekijää, sen lauseke on

$$g = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)}$$