

1.

Pionin (alkeishiukkanen, ei se kukka) keskimääräinen elinaika sen omassa lepokoordinaatistossa on 2.6×10^{-8} s. Eräässä laboratoriokokeessa tuotetaan pioneja kohtiassa, josta niiden havaitaan lentävän tyhjiössä keskimäärin 13 metrin matkan ennen hajoamistaan. Mikä on tuotettujen pionien lentonopeus?

2.

Osoita yksiulotteista Schrödingerin yhtälöä ja reunaehtoja käyttäen, että äärettömän syvässä, L-levyisessä suorakulmaisessa potentiaalikuopassa olevan hiukkasen tiloilla on energia

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2mL^2},$$

missä n on positiivinen kokonaisluku. Esitä ko. tiloihin liittyvä normittamaton aaltofunktio.

Ota kuopaksi:

$$U(x) = 0, \text{ kun } 0 < x < L \text{ ja } U(x) = \infty \text{ kun } x < 0 \text{ ja kun } x > L$$

3.

Kuinka monta mahdollista pääkvanttiluvun $n = 5$ omaavaa tilaa on vetyatomien elektronilla? Luettele tai taulukoi kaikki kyseisiä tiloja kuvaavat kvanttilukujen l ja m_l kombinaatiot. Mikä on niiden fotonien aallonpituus, joiden absorptio voi saada aikaan vetyatomien virittymisen perustilastaan kyseisille tiloille?

4.

Tarkastellaan pyörivää 2-atomista molekyyliä.

- osoita, että rotaatiotilojen välisten peräkkäisten siirtymien energioiden välinen ero on vakio.
- Mittaamalla rotaatiinsiirtymien tasavälinen absorptiospektri päästään käsiksi ko. molekyylin sidospituuteen. Miten?
- Hiilidioksiidimolekyylin CO kineettinen energia huoneenlämpötilassa on noin 0.0625 eV, josta 40 % johtuu pyörimisestä. Mikä on kyseistä keskimääräistä rotaatioenergiaa vastaava pyörimismääräkvanttiluku l , kun CO:n rotaatiovakio $\hbar^2/2I = 2.38 \times 10^{-4}$ eV? (I on hitausmomentti)

5.

Hahmottele stabiilien ytimien sidosenergiäkäyrä (E_B/A A:n funktiona).

Esitä **lyhyesti** ne tosiasiat, jotka vaikuttavat käyrän muotoon. Toisin sanoen, tarkastele kaavakokoelmassakin annettun semiempiirisen E_B - kaavan eri termien alkuperää ja osuutta sidosenergiäkäyrän käyttäytymisessä.

Mitä voit sanoa käyrän perusteella fission ja fuusion vapautuvasta energiasta?

6.

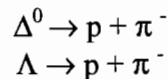
Termejä hadroni, leptoni, bosoni ja fermioni käytetään luokiteltaessa hiukkasia. Selitä **muutamalla sanalla** niiden merkitys ja anna esimerkki niiden käytöstä. Mihin ryhmään niistä kvarkit kuuluvat? Pienimassaisimmat barionit, joihin ei liity outoutta ovat nukleonit ja Δ :t (deltat) oheisen taulukon mukaisesti.

	<i>Electric charge</i>			
	-1	0	+1	+2
nucleons:		n	p	
Δ -baryons:	Δ^-	Δ^0	Δ^+	Δ^{++}

Mikä on niiden kvarkkisisältö (päätele yo. ja ao. taulukkojen avulla)?

Mikä perustavaa laatua oleva kvanttimekaniikan ongelma liittyy taulukon Δ^{++} - ja Δ^- - barioneihin, joiden kokonaispyörimismäärä on $3/2$ (ratapyörimismäärä = 0)? Miten tämä ongelma nykyisen kvarkkimallin (kvanttiväridynamiikka) mukaan ratkaistaan?

Δ^0 ja Λ ($\Lambda = \text{lampda}$, jonka outous $S = -1$) hajoavat molemmat protoniksi ja π -mesoniksi:



Miksi Δ^0 :n hajoamistodennäköisyys on 13 kertalukua suurempi kuin Λ :n?

Quark name	Symbol	Charge	Mass MeV/c ²	Flavour quantum number
Up	u	$+\frac{2}{3}$	330	$\left. \begin{array}{l} \text{Isotopic} \\ \text{spin } t=\frac{1}{2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} t_3 = +\frac{1}{2} \\ t_3 = -\frac{1}{2} \end{array}$
Down	d	$-\frac{1}{3}$	333	
Strange	s	$-\frac{1}{3}$	486	strangeness = -1
Charm	c	$+\frac{2}{3}$	1 500	charm = +1
Beauty	b	$-\frac{1}{3}$	4 700	beauty = -1
Top	t	$+\frac{2}{3}$	175 500	top = +1