

Tfy-56.102 Moderni Fysiikka II

Välikoe 14.5.1996

T. Kurki-Suonio

1. Johda yksidimensioisen lineaarisen kiteen dispersiorelaatio, kun oletaan hilavakio  $a$ , atomien massa  $M$ , ja lähinaapurien välinen vuorovaikutuspotentiaali  $U(x) = U_0(1 - \cos \beta x)$  ( $x$  on atomien etäisyys; oletetaan  $x \ll \beta^{-1}$ ). Mikä on äänen nopeus rajalla  $\lambda \rightarrow \infty$  ( $\lambda$  on aallonpituus)? Mikä on maksimitajuinen aalto, joka voi edetä kiteessä?
2. Suorittamalla energiayhtälössä korvaukset  $E = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$  ja  $p = -i\hbar \nabla$  osoita, että relativistiselle hiukkaselle (lepomassa  $\neq 0$ ) eräs ratkaisu on muotoa  $\frac{e^{-r/r_0}}{r}$ . Määrää  $r_0$  olettaen, että  $\pi$ -mesonin massa on  $m_\pi = 270 \cdot m_e$ . Voit olettaa pallosymmetrisen tapauksen, ts. ei kulmariippuvuuksia.
3. 'Johda' Weiszäckerin semiempiirinen massakaava lähtien niistä tiedoista, jotka sinulla on nukleonien välisestä vuorovaikutuksesta. Kaikki riippuvuudet on perusteltava. Laske isobaarin  $A$  stabiileimman ytimen järjestysluku.
4.  $^{14}\text{C}$ -isotooppia syntyy kosmisen säteilyn vaikutuksesta ilmakehän yläkerroksissa. Kasvien fotosynteesin kautta  $^{14}\text{C}$  joutuu eläviin olentoihin, joissa sen hiukkasosuus kaikesta hiilestä on noin  $1.5 \cdot 10^{-10}\%$ . Eräästä vanhasta intiaanien leiripaikasta löydettiin hiiltä, jonka  $^{14}\text{C}$ -ominaisaktiivisuus oli  $0.005 \mu\text{Ci/kg}$ . Arvioi, milloin intiaanit pitivät leiriään tässä paikassa.  $^{14}\text{C}$ -isotoopin puoliintumisaika on 5760 vuotta ja hiilen atomipaino on 12.01 amu.  $1 \text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ .
5. Eräänä kauniina kesäpäivänä mummosi, joka nuoruutensa päivinä toimi dosenttina matematiikan laitoksella, kysyy: 'Poikaseni/tyttäreni, mitkä ovat nykyfysiikan mukaan luonnon perusvuorovaikutukset?' Yritä vastata hänelle MOFY II:n tietämyksesi mukaan - kuitenkin nolaamatta itseäsi. Kerro kustakin vuorovaikutuksesta kaikki olennainen sekä miten ne suhtautuvat toisiinsa. (4p) Eräänä sateisena kesäpäivänä mummosi jatkaa: 'Minua on aina kiinnostanut, mikä on alkuaineiden suhteellinen runsaus ja miten eri alkuaineet ovat syntyneet. Kerropa se.' (2p)

Vakioita:  $1 \text{ amu} = 1.6604 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $h = 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ ,

Pallokoordinaatit:

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} r^2 \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$$