Tfy-56.4144, Fuusioenergiateknologia **Tentti 19.12.2012**
Salomaa/Karttunen/Heikkinen/Järvinen

Vastaa korkeintaan viiteen (5) tehtävään!

1. Selvitä lyhyesti (ts. muutamalla lauseella):
   (a) Fuusion rooli maailmankaikkeudessa.
   (b) Tritiumin tärkeimmät ominaisuudet säteilysuojelun kannalta.
   (c) Mainitse kaksi esimerkkiä fuusioreaktorin tehotransienteista.
   (d) Miksi tokamak-fuusioreaktorin teho on väistämättä GW-luokkaa?
   (e) Fuusioneutronien käyttömahdollisuudet.
   (f) Mitkä ovat fuusioreaktorin säännöllisesti vaihdettavat komponentit?

2. Esitä tokamak-fuusiokoneen pääkomponentit ja niille nykyisen tietämyksen mukaan sopivat materiaalivalinnat.

3. Arvioi Be:n epäpuhtausosuus ja DT:n fuusiotiheyden pienentyminen reaktorille; jonka seinämät on vuorattu berylliumilla. Reunaplasman lämpötila on 2000 K, heijastuskerroin, R, berylliumille seinämästä on 0.05 ja $n_\alpha/n_i = 0.1$. Oleta $\tau_{Be} = \tau_\alpha = \tau_i$. Deuteriumin ja tritiumin sputteroitumiskerroin, S, on 0.028, alfoille 0.086 ja berylliumille 0.314 berylliumista. Berylliumin konsentraatiolle plasmassa voit käyttää yhtälöä:

$$c_Z = \frac{\tau_Z(S_i/\tau_i + n_\alpha S_\alpha/n_i\tau_\alpha)}{1 - S_Z - R_Z}. \tag{1}$$

4. Tokamak-plasmojen kuumennusmenetelmät. Selitä kunkin mentelmän osalta toimintaperiaate, tarvittava teknologia ja menetelmän edut ja haitat.

KÄÄNNÄ

5. Goldstonen skaalauksen mukaan energian koossapitoaika τ_E on:

$$\tau_E = 7.4 \cdot 10^{-2} \cdot I \cdot P^{-0.5} \cdot R^{1.38} \left(\frac{R}{a}\right)^{0.37}, \qquad (2)$$

missä I on plasmavirta, P on ulkoinen kuumennusteho, R on isosäde ja a on pikkusäde. Yksiköt ovat $[\tau_E]$ =s, $[I]$ = MA, $[P]$ = MW ja $[R] = [a] =$ m. Mikä on tarvittava kuumennusteho ja vastaava energian koossapitoaika, jolla DD-plasma saadaan 10 keV:n lämpötilaan? Tokamakin parametreiksi oletetaan $R = 6$ m, $a = 2$ m, $I = 15$ MA ja $n = 10^{20}$ m^{-3}. Säteilyhäviöt voi unohtaa. Mihin suuntaan tulos poikkeaisi DT-plasman tapauksessa ja miksi?

6. DEMO-luokan tyypin B fuusioreaktorissa terminen teho on 3600 MW, isosäde $R = 8.6$ m ja pikkusäteet noin $a = 2.8$ m ja $b = 5.0$ m.

   (a) Arvioi neutronien aiheuttama lämpövuo ensiseinämään.

   (b) Paljonko tehoa on siirrettävä diverttorista jäähdytyspiiriin.

   (c) Kuinka suuri on vaippa-alueen tehotiheys, jos vaipan efektiiviseksi paksuudeksi oletetaan 1.4 m?

Luonnonvakioita:
eV = $1.602 \cdot 10^{-19}$ J
$m_p = 1.673 \cdot 10^{-27}$ kg
$m_n = 1.675 \cdot 10^{-27}$ kg
$N_A = 6.022 \cdot 10^{-23}$ mol^{-1}
$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23}$ m^{2}kg s^{-2}K^{-1}