

Vastaa korkeintaan viiteen (5) tehtävään!

1. Selvitä lyhyesti (ts. muutamalla lauseella):
  - (a) Fissio-fuusio -hybridireaktorit.
  - (b) Tritiumin tärkeimmät ominaisuudet säteilysuojelun kannalta
  - (c) Mainitse kaksi esimerkkiä fuusioreaktorin tehotransienteista.
  - (d) Miksi tokamak-fuusioreaktorin teho on väistämättä GW-luokkaa?
  - (e) Minkälaisia litiumyhdisteitä hyötövaipassa on?
  - (f) Mitkä ovat fuusioreaktorin säännöllisesti vaihdettavat komponentit?
2. Tokamak-fuusioreaktorin sähköteho on 1500 MWe ja terminen hyötysuhde 35%. Plasmakammion isosäde on 8 m, pikkusäteet 2.6 m ja 5 m. Arvioi 14 MeV:n neutronien aiheuttama seinämäkuormitus ( $\text{MW}/\text{m}^2$ ) ja diverttorilevyille kohdistuva kokonaisteho.
3.
  - (a) Mitä ominaisuuksia vaaditaan tokamakin ensiseinämän pintamateriaaleilta
  - (b) Minkälainen on pintamateriaalien plasmapurkausta edeltävä puhdistusprosessi
  - (c) Mainitse jokin materiaali, jota käytetään ensiseinämän pintamateriaalina, sen edut ja haitat
4. Laske kaavasta  $\frac{dn_\alpha}{dt} = \frac{1}{4}n_i^2\langle\sigma v\rangle_{DT}$ , missä ajassa fuusioteho pienenee heliumtuhkan kasvun seurauksena puoleen, jos tuhka ei pääse poistumaan palotilasta. Kaavassa  $n_\alpha$  ja  $n_i$  ovat heliumionien ja polttoaineionien (50% D, 50% T) tiheys palotilassa.  $\langle\sigma v\rangle_{DT} = 4 \cdot 10^{-22}\text{m}^{-3}\text{s}^{-1}$  on DT-ionien fuusioreaktionopeuskerroin ionilämpötilassa 20 keV. Oleta, että ionilämpötila pidetään vakiona ja plasman paine  $p$  pysyy vakioarvossa  $p = 2n_0k_B T$ , missä  $n_0 = 10^{20}\text{m}^{-3}$  ja  $k_B T = 20 \text{ keV}$ .

KÄÄNNÄ

5. Goldstonen skaalauksen mukaan energian koossapitoaika  $\tau_E$  on:

$$\tau_E = 7.4 \cdot 10^{-2} \cdot I \cdot P^{-0.5} \cdot R^{1.38} \left( \frac{R}{a} \right)^{0.37} \quad (1)$$

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

6. Fuusion rooli maailmankaikkeudessa ja omassa aurinkokunnassamme. Käy läpi fuusion edut ja haitat tulevaisuuden energiantuotantomuotona.

Luonnonvakioita:

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$$