

## Tfy-56.139 Plasmafysiikka ja fuusioreaktorit

Tentti 14.10. 2003

1. Osoita, että suure  $\mu = W_{\perp}/B$  pysyy likipitään vakiona (adiabaattinen invariantti) hiukkasen liikkeessä sylinterisymmetrisessä heikosti muuttuvassa magneettikentässä  $B_z = B_z(z)$ . Suure  $W_{\perp} = mv_{\perp}^2/2$  on poikittainen liike-energia. Osoita lisäksi, että  $\mu$  on hiukkasen gyroliikkeeseen liittyvä magneettinen momentti.
2. Johda MHD-epästabiilisuuksia kuvaava ominaisarvoyhtälö  $\rho_0 \omega^2 \xi(\mathbf{r}_0, \omega) = \mathbf{F}[\xi(\mathbf{r}_0, \omega)]$ , missä  $\xi(\mathbf{r}_0, t) = \mathbf{r} - \mathbf{r}_0$  on neste-elementin poikkeama tasapainoasemasta  $\mathbf{r}_0$  ja  $\mathbf{F}$  lineaarinen differentiaalioperaattori. Häiriön aikariippuvuus muotoa  $\exp(-i\omega t)$ . Mikä on  $\mathbf{F}$ ? Oleta ideaalinen MHD teoria.
3. Tarkastele, mitä vaikuttaa pitkittäisten plasmavärähtelyjen dispersiorelaatioon, kun lisätään painetermi elektronien liikeyhtälöön. Paineesta aiheutuva voima tilavuusyksikköä kohden on muotoa  $\gamma k_B T \nabla n$ , missä  $T$  on elektronien lämpötila,  $n$  on niiden tiheys sekä  $k_B$  ja  $\gamma$  ovat vakioita. Vertaa saatua tulosta kineettisen teorian antamaan dispersiorelaatioon. Oleta magneettikentätön plasma ja unohda ionien liike.
4. Johda sähköstaattisen plasma-aallon Landau-vaimennus ja anna vaimennuksen fysikaalinen tulkinta.
5. Osoita, että Lawsonin kriteeri nettoenergian tuotolle on inertiakoossapitoon perustuvassa fuusiossa muotoa

$$nR > F(T)g/\eta_c,$$

missä  $n$  on plasman tiheys,  $R$  kohtion säde,  $g$  fuusiovahvistus,  $\eta_c$  kytkentätehokkuus laserenergiasta kohtion termiseksi energiaksi ja  $F(T)$  on puhtaasti lämpötilasta riippuva suure. Mikä on  $F(T)$ ?