

1. 다음과 같은 플라즈마 파동들의 특성을 각각 나타내는 사항들을 아래 보기에서 찾아 그 번호를 모두 적어라. (25점)

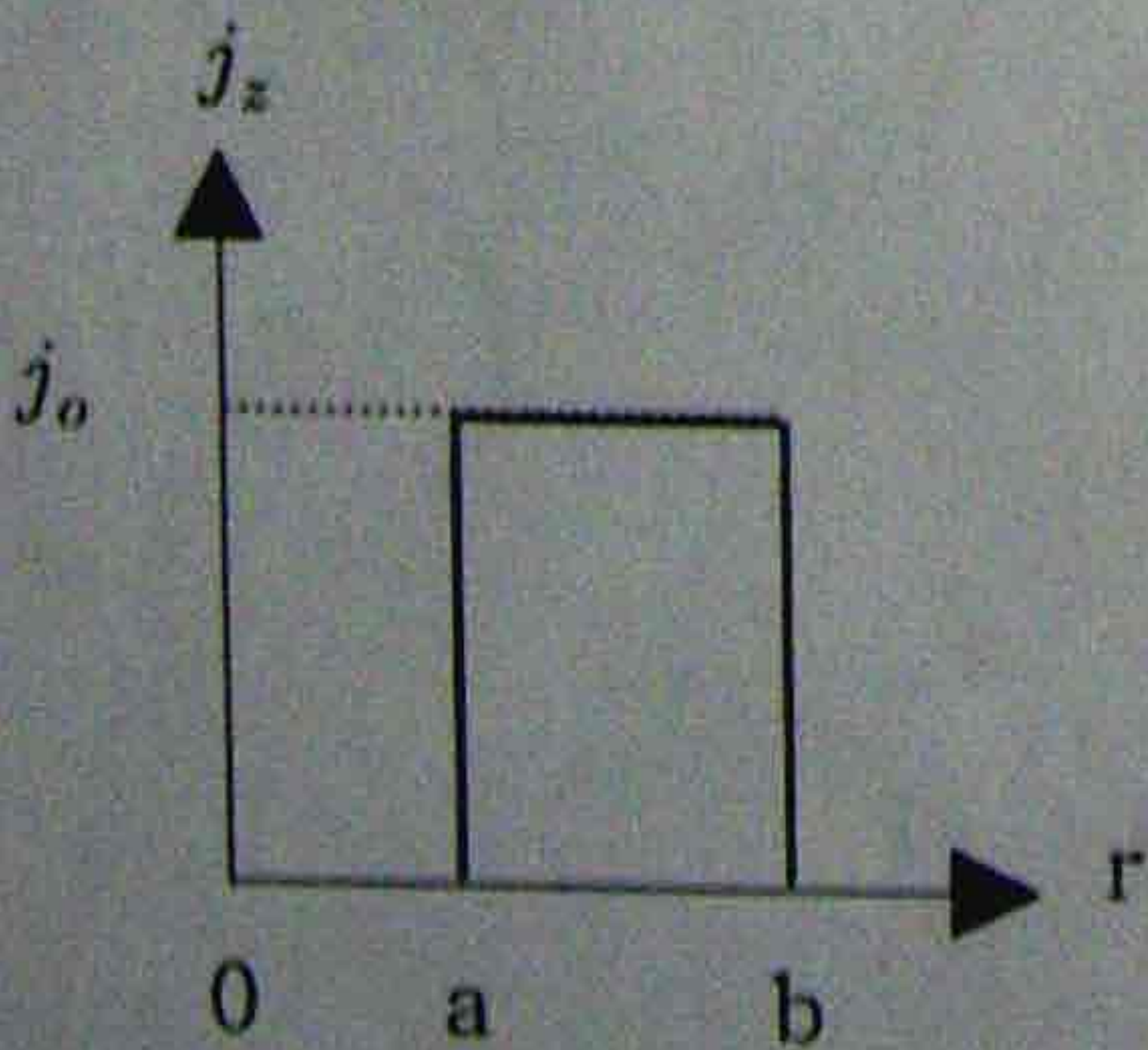
파동의 종류	가	나	다	라	마
O wave	1, 2	2	2	1	2
X wave	3, 2	2	2	2, 1	2
R, L wave		3	2	2	2
Upper hybrid wave <i>de</i>	3	1	1	1	3
Lower hybrid wave <i>ion</i>	4	1	1	1	1
Plasma oscillation	1, 2	1	1	1	2
Electron plasma wave (Langmuir wave)	3, 2	1	1	1	2
Ion-acoustic wave	3, 4	1	1	1	1
Alfven wave	3, 4	3	2	2	1
Magnetosonic wave	3, 4	2	2	2	1
보기	① $T_e = 0$ ② $T_i = 0$ ③ $T_e \neq 0$ ④ $T_i \neq 0$	① $B_0 = 0$ ② $B_0 \perp k$ ③ $B_0 \parallel k$	① 정전파 ② 전자파	① <i>lon</i> 종파 ② 횡파 <i>trans</i>	① 저주파 ② 고주파

$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$   
 $k \times E$   
 $B = 0$   
 $k \parallel E$

이 문제에서

2. 플라즈마의 파동현상과 불안정성 현상을 이론적으로 각각 해석하기 위한 방법으로 선형섭동이론(Linear Perturbation Theory)을 사용하려고 할 때, 해석의 절차와 방법을 설명하면서 같은 점과 차이점을 비교해서 논하라. (20점)

3. 평형 z-pinch의 전류밀도  $j = j_z \hat{z}$  가 그림과 같은 분포를 가질 때,  $B_\theta(r)$ 과  $p(r)$ 이 각각 다음과 같은 분포를 가짐을 보여라 (단,  $r > b$ 인 곳에서 플라즈마는 없다고 가정하라). (20점)



$$B_\theta(r) = \begin{cases} 0, & 0 \leq r \leq a \\ \frac{\mu j_0}{2} \frac{r^2 - a^2}{r}, & a \leq r \leq b \\ \frac{\mu j_0}{2} \frac{b^2 - a^2}{r}, & b \leq r \end{cases}$$

$$\nabla \times B = \mu j$$

$$\nabla p = j \times B$$

$$\frac{d}{dr} B_\theta + \frac{1}{r} B_\theta =$$

$\nabla \times B = \mu j$   
 $\hat{r} \times \hat{z} = -\hat{\theta}$   
 $\hat{\theta} \times \hat{z} = \hat{r}$   
 $\hat{r} \times \hat{r} = 0$   
 $\hat{r} \times \hat{\theta} = -\hat{z}$   
 $\hat{\theta} \times \hat{\theta} = 0$   
 $\hat{\theta} \times \hat{r} = \hat{z}$   
 $\hat{z} \times \hat{z} = 0$   
 $\hat{z} \times \hat{r} = \hat{\theta}$   
 $\hat{z} \times \hat{\theta} = -\hat{r}$

$$\left(\frac{\mu j_0}{2} \frac{b^2 - a^2}{b}\right)^2 \rightarrow \frac{\mu j_0^2}{4}$$

$$p(r) = \begin{cases} p(0) \equiv \frac{\mu j_0^2}{4} [b^2 - a^2 - 2a^2 \ln(b/a)], & 0 \leq r \leq a \\ p(0) - \frac{\mu j_0^2}{4} [r^2 - a^2 - 2a^2 \ln(r/a)], & a \leq r \leq b \end{cases}$$

또,  $a \rightarrow 0$  일 때,  $p(0) = B_0^2(b)/\mu$  임을 보여라.

4. 확산은 무시할 수 있고 재결합 현상에 의해 지배되는 약전리 플라즈마가 있다. 자외선을 이용하여 플라즈마를 발생시킨 후 10 msec 후에 최초  $10^{20} m^{-3}$  이던 밀도가 반으로 줄어들었다면 재결합계수  $\alpha$ 가 얼마인가 재결합 방정식  $\frac{\partial n}{\partial t} = -\alpha n^2$ 을 풀어 찾아라. (10점)

$$\frac{\partial n}{\partial t}$$

5. 다음 물음에 대하여 간단히 설명하라. (30점)

- ✓ a) 완전 전리된 플라즈마에 있어서 Classical, Bohm, Banana diffusion의 비교
- ✓ b) 완전 전리된 고온 플라즈마의 온도 상승에 따라 collisionless 플라즈마에 가까워지는 이유와 저항가열에 의한 온도 상승에 한계가 있는 이유
- ✓ c) Landau damping이란 무엇이며, 속도분포함수와의 관계
- ✓ d) 외부 자장이 걸렸을 때와 안 걸렸을 때, 약전리된 플라즈마에서 Ambipolar diffusion에 의한 전자와 이온의 확산속도 비교
- e) 토카막에서  $\nabla p$  driven instabilities와 그 안정화 방법
- f) Kruskal-Shafranov limit와 최대 플라즈마 전류밀도의 한계

$$\beta \ll \beta_{crit}$$

$$kT_e \gg \mu_0 n I^2$$

m

$$0 = -\nabla \cdot \mathbf{p} + q_e n_0 (\mathbf{E} + \mathbf{v}_s \times \mathbf{B}) - m_e n_0 (\mathbf{v}_s \cdot \nabla \mathbf{v}_s)$$

$$\begin{pmatrix} \hat{r} & \hat{\theta} & \hat{z} \\ \ominus & \circ & j_z \\ 0 & B_0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v}_s =$$



$$\int_{-\infty}^{\infty} dp = \int_0^r -\frac{\mu j_0^2}{2} \frac{r^2 - a^2}{r} dr$$

$$p(r) - p(\infty) = \int_{\infty}^r r \left[ \frac{T_e}{T_i} \frac{\mu_0 I^2}{2} \right] dr$$

$$\frac{\omega}{k}$$