

1. 토카막의 중성빔 입사(NBI) 시스템에 관하여 다음을 논하라 (25점)
 - (a) 토카막 플라즈마를 가열하기 위한 장치 구성도
 - (b) 가속기의 설계 요건
 - (c) 입사된 중수소 중성빔의 플라즈마 내에서의 atomic/molecular processes와 결과적으로 생성된 이온의 궤도 운동
 - (d) 중수소 빔의 경우, 이온의 종류와 에너지 크기에 따른 neutralizer에서의 중성화 효율의 비교

2. 다음과 같은 두 종류의 토카막이 있다. (20점)

토카막 A: $Z_{eff} = 1, q(a) = 3, R_0/a = 3$

토카막 B: $Z_{eff} = 2, q(a) = 2, R_0/a = 4$

토카막 B에 토로이달 자기장 $B_0^a = 1$ Tesla를 걸어 저항가열을 해서 얻은 전자온도 T_B 보다 4배의 전자온도($T_A = 4T_B$)를 토카막 A에서 얻기 위해서는 몇 Tesla의 B_0^a 를 토카막 A에 걸어 저항가열을 하여야하나 계산하라.
(단, 저항가열 단계에서 $P_b \ll P_r$ 를 가정하여 $P_\Omega = P_r$ 의 관계를 이용하고, $\eta \propto Z_{eff} T^{-3/2}, \tau_E \propto na^2$ 를 사용하라)

3. 핵융합로의 PFC (Plasma Facing Component)로부터 발생하는 불순물과 관련하여 다음을 답하라. (30점)
 - a) 불순물에 의해 방출되는 radiation 종류와 이 때 플라즈마 냉각에 미치는 영향을 charge number Z와 전자 온도 변화에 따라 설명하라.
 - b) low-Z 재료와 high-Z 재료의 sputtering rate를 플라즈마 온도 변화에 따라 비교하고, a)에서 설명한 radiation loss power와 종합적으로 고려하여 점화온도 이상으로 유지 되기 위한 최소 불순물 농도에 대하여 논하라.
 - c) Fe 불순물의 경우, 플라즈마 반경 $a = 1$ m 인 D-T 토카막에서 10 keV로 운전될 때 연료 플라즈마 밀도의 0.5%까지 불순물이 허용된다. Alcator scaling law $\tau_E = 5 \times 10^{-21} na^2$ 에 따라 운전하면서 break-even 조건을 만족 시키려면 철의 농도는 몇 m^{-3} 이하로 유지 시켜야 하느냐?
 - d) 이러한 불순물을 조절 및 제거하는 방법을 설명하라.

4. 핵융합 발전과 관련하여 다음에 답하라. (25점)
 - a) 핵융합로 Blanket 내에 냉각재로 He과 경수를 각각 사용하는 경우에 이에 적합한 삼중수소 증식재를 각각 말하고 그 이유를 설명하라.
 - b) 최적의 핵융합로 구조재로서 V 합금과 SiC를 개발하려고 하는 이유를 설명하라.
 - c) 핵융합발전소 운전 시 발생할 수 있는 사고 유형을 들어라
 - d) 핵융합발전에서 발생하는 방사성 물질의 종류에 따른 activity 분류