

# 電力工学

問題 1. 原子力発電を説明している次の文章において、ア~クに入れるべき最も適切な言葉を【語群】から選んで、その記号を答案用紙の該当欄に記入しなさい。

原子力発電では、核分裂性のある ア の濃度を高めたウランを燃料とする。ア が核分裂すると、イ と 2~3 個の中性子が放出される。中性子のエネルギーは平均 2 MeV 程度であり、ウ と呼ばれる。ウ が別の ア に衝突して、次の核分裂反応が十分な頻度で起これば エ が実現するが、この反応断面積は大きくない。そこで、オ を用いて ウ を減速し、0.025 eV 程度の カ とする。カ が ア に衝突して次の核分裂反応を起こす反応断面積は大きく、原子力発電ではこの様な過程を利用して エ を実現している。オ の一つに キ があるが、キ はまた、ク としての機能もあることを利用した キ 炉が日本では多く建設されている。

【語群】

- a.  $^{239}\text{Pu}$ ,      b. 制御棒,      c. 連鎖反応,      d. 分裂中性子,      e. 軽水,      f.  $^{238}\text{U}$ ,  
 g. ナトリウム,      h. 冷却材,      i. 放射性物質,      j. 減速材,      k. 高速中性子,      l. 重水,  
 m.  $^{235}\text{U}$ ,      n. 核分裂生成物,      o. 蒸気発生器,      p. 熱中性子,      q. 化学反応

問題 2. 原子炉内の中性子の減速の見積りに使われるエネルギー対数減衰率を考える。中性子（質量を  $m$  とする）が減速材の原子核（質量を  $Am$  とする；以下では  $A > 1$  と考える）に散乱衝突するとき、中性子の衝突後の速度  $v_1$  は、衝突前の速度  $v_0$  を用いて

$$v_1^2 = v_0^2 \frac{A^2 + 1 + 2A \cos \theta}{(A + 1)^2}$$

と表される。ただし、衝突は弾性衝突として、 $\theta$  は両粒子の重心系でみたときの散乱角である。以下の問に解答しなさい。

- 中性子の衝突前のエネルギーを  $E_0$ 、衝突後のエネルギーを  $E_1$  とするとき、 $E_1/E_0 = 1 - s\chi$  と表したときの  $s$  を  $A$  で表しなさい。ただし、 $\chi = (1 - \cos \theta)/2$  である。
- エネルギー対数減衰率  $\xi$  は、 $E_1/E_0 = 1 - s\chi$  の対数値の平均値で考えるが、この対数値は通常負の値なので符号を反転させ、 $\xi = -\ln(E_1/E_0) = -\ln(1 - s\chi)$  とする。等方散乱と仮定し、立体角での平均を考える。微小立体角を  $\theta$  で表すと  $2\pi \sin \theta d\theta$  なので、

$$\xi = -\frac{1}{4\pi} \int_0^\pi \ln(1 - s\chi) \cdot 2\pi \sin \theta d\theta$$

となる。 $\xi$  を  $d\chi$  による積分で表しなさい ( $s$  はそのままの表記としなさい)。

2. の積分を求め、 $\xi$  を  $s$  で表しなさい。必要なら積分公式： $\int \ln x dx = x \ln x - x$  を使いなさい。

(次ページへ続く)

4. 3. の結果を  $A$  で表し,  $A = 10$  の場合の  $\xi$  を小数点以下第 2 位まで求めなさい. 必要なら  $\ln(9/11) = -0.20$  の近似値を使いなさい.
5. 中性子のエネルギーは, 1 回の衝突毎に平均的に  $\xi$  で決まる変化をする.  $\xi = 0.23$  として, 2.5 MeV の中性子が 0.025 eV にまで減速するには, 何回の衝突が必要か, 整数値で求めなさい. 必要なら  $\ln 10 = 2.3$  の近似値を使いなさい.

問題 3. 電磁流体力学 (MHD) 発電を, 下図に示す基本的な発電器構造で考える. ダクトは直方体の形状で, 幅  $d$ , 側面が導電性電極 (面積  $S$ ), 上下面が絶縁性の壁であり, 上下面に垂直な上向き方向に一様な磁場 (磁束密度)  $B$  が加えられている. 高温ガスなどに容易に電離する物質を加えた導電性流体 (導電率  $\sigma$ ) を速度  $u$  でダクト内に流す. 導電性流体は, 長さ  $d$  の導体線が磁束を横切ると等価に, 起電力  $U$  を生じる. 電極間には負荷抵抗  $R$  が接続されている. 以下の問に解答しなさい.

1. 正極は電極 1 か電極 2 のいずれか, 電極名の数字で答えなさい.
2.  $U$  の大きさを  $u, d, B$  で表しなさい.
3. 発電器の内部抵抗を  $r$ , また,  $R/(R+r) = \eta$  とするとき, 負荷抵抗にかかる電圧  $V$  を,  $U, \eta$  で表しなさい.
4. 発電器の出力電力 (負荷抵抗で消費する電力) を,  $\sigma, u, B, \eta, S, d$  で表しなさい.
5. 単位体積あたりの出力電力  $p$  を最大とする  $\eta$  の数値と, そのときの  $p$  を  $\sigma, u, B$  で表したものを求めなさい.

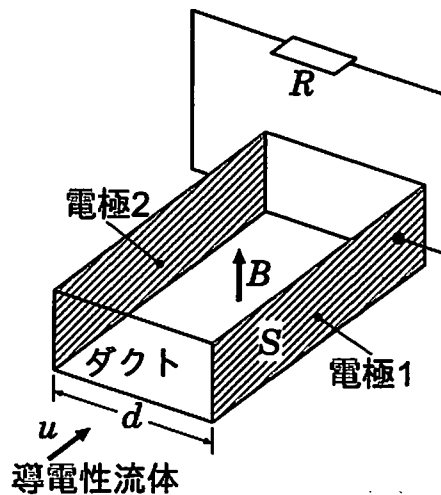


図: MHD 発電器