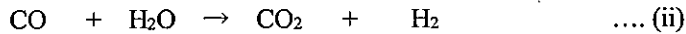
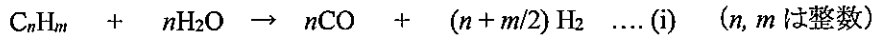


5

次の文章を読んで、以下の問に答えよ。ただし、原子量 H 1.0, C 12, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, ファラデー定数 $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。計算を要する間には導出過程も記し、2桁の有効数字で答えること。(配点 40)

石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料は、重要なエネルギー資源である。たとえば、天然ガスはメタン CH_4 を主成分とし、都市ガスなどに利用されている。しかしながら、化石燃料の使用量増大に伴い、燃焼によって生じる CO_2 の大気中の濃度が増加し、気候変動への影響などが懸念されている。

CO_2 を発生しないエネルギー源として期待されている水素-酸素燃料電池は、 H_2 を燃料として発電を行っている。現在、 H_2 の製造には天然ガスなどの改質反応 [式 (i)] および水性ガスシフト反応 [式 (ii)] などが用いられている。



式 (ii) では CO_2 が発生するので、将来的には化石燃料を用いない H_2 の製造方法が望まれている。

- (1) CH_4 , CO_2 は、実験室でそれぞれ CH_3COONa , CaCO_3 を用いて発生することができる。その方法を化学反応式で1つずつ記せ。
- (2) 前問 (1) の製法で CO_2 を捕集する方法として上方置換と下方置換のどちらがよいか。 CO_2 の性質にもとづき理由とともに答えよ。
- (3) ある容器に温度 300 K で 26.4 g のプロパン C_3H_8 のみを入れたところ、一部が液化し、気体部分の体積は 1.0 L となった。このとき C_3H_8 全体の何%が気体となっているか。300 K における C_3H_8 の蒸気圧を $9.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。
- (4) 異なる量の CH_4 と C_3H_8 を別々に完全燃焼させたところ、 CO_2 生成量が同じであった。このとき、どちらの反応の発熱量が多いか。ただし、 CH_4 と C_3H_8 の燃焼熱を、それぞれ 890 kJ/mol, 2220 kJ/mol とする。これらの反応で生成する H_2O は液体であるものとする。
- (5) 電解質として H_3PO_4 水溶液を用いる水素-酸素燃料電池の構成は次のように

表される。



この電池を作製して作動させたところ、4.5 g の H_2O が生成した。このとき電池に流れた電気量は何 C か。

- (6) 容積一定の容器に CH_4 と H_2O を 0.10 mol ずつ入れ、触媒を用いて一定温度 T_1 に保ちながら式 (i) の反応を行ったところ、 CO と H_2 が生成した。このとき容器内の圧力は反応開始時にくらべ 1.1 倍に増加した。生成した H_2 の物質量はいくらか。この反応における物質はすべて気体として存在し、触媒の体積は無視できるものとする。
- (7) 容積一定の容器に CO と H_2O を入れ、触媒を用いて式 (ii) の反応を一定温度 T_2 に保ちながら行ったところ、 CO_2 と H_2 が生成して平衡状態に達した。容器内の温度を T_2 より高くすると H_2 の割合は増加するか、減少するか、変わらないか。この反応における物質はすべて気体として存在し、 CO 、 CO_2 、 H_2O の生成熱をそれぞれ 110 kJ/mol, 390 kJ/mol, 240 kJ/mol とする。