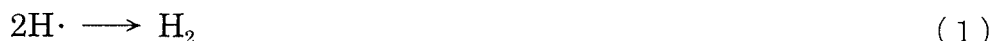


問題 3

反応熱を利用して、水素ガス中の水素ラジカル濃度を簡便に測定する方法が考案されている。その原理について考えてみよう。

温度 T_0 [K] の静止した水素ガス中に濃度 C_0 [mol/m³] の水素ラジカルが含まれている。図（次頁）のように熱電対を付けた直径 d [m] の金属球を入れると、金属表面で水素ラジカルの再結合反応



が起こる。この反応は非常に早く、水素ラジカルの金属球表面への拡散が律速となり、水素ラジカルの金属球表面における濃度 C_1 [mol/m³] はゼロと考えられる。

以下の設問に答えよ。

- (a) 水素ラジカルの物質収支に基づいて、金属球の周囲における水素ラジカル濃度 C [mol/m³] に関する微分方程式

$$\frac{d}{dr} \left(4\pi r^2 D \frac{dC}{dr} \right) = 0 \quad (2)$$

が成り立つことを示せ。さらに、金属球表面における単位時間当たりの水素ラジカルの反応量 R [mol/s] を求めよ。ただし、周囲の気体中には水素ガスが大過剰に存在しており、水素ラジカルの拡散係数 D [m²/s] は一定とする。

- (b) 水素ラジカルの再結合反応によって反応熱 ($-\Delta H$ [J/mol]) が発生し、金属球の温度は T_1 [K] まで上昇する。この温度は熱電対で測定できる。金属球からの伝熱速度 Q [J/s] が

$$Q = 2\pi d k (T_1 - T_0) \quad (3)$$

となることを示せ。ただし、熱伝導度 k [J/(m·K·s)] は一定とする。

- (c) 再結合反応による発熱速度が、伝熱速度と釣り合っていることを考慮し、 T_1 と C_0 の関係式を導け。