

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査
専門試験科目問題冊子
物理工学科

平成30年6月22日（金）10:00～12:00

注意事項

- ・ 4題中2題を選択し解答してください。
- ・ 解答は各問題番号に対応する解答用紙に解答してください。
- ・ 解答用紙はホチキス止めを外して、選択した2題を提出してください。
- ・ 試験終了後、問題用紙と計算用紙は持ち帰ってください。
- ・ 乱丁・落丁あるいは不鮮明な場合には申し出てください。

問題 1 設問すべてについて解答すること。

I 下図は、Fe-C 2 元系平衡状態図の模式図である。この Fe-C 2 元系平衡状態図にもとづいて、次の(1)～(4)の問いについて答えよ。ただし、 Fe_3C の炭素濃度は 6.69mass%とする。

- (1) 亜共析鋼である Fe-0.45mass%C 合金を 850°C からゆっくりと室温まで冷却した。その冷却に伴う組織変化について、組織の模式図と文章の両方を用いて説明しなさい。
- (2) 前問(1)での Fe-0.45mass%C 合金の組織変化において、727°C 直下における相および組織の質量比を求めなさい。
- (3) 共析鋼を 800°C からゆっくりと冷却した。このとき、727°C 直下における α 相と Fe_3C 相の質量比を求めなさい。
- (4) 平衡組織を持つ亜共析鋼の強度および延性について考える。亜共析鋼の炭素濃度が増加すると、強度および延性はどのように変化するであろうか？ 亜共析鋼の強度、延性および炭素濃度の関係について説明しなさい。

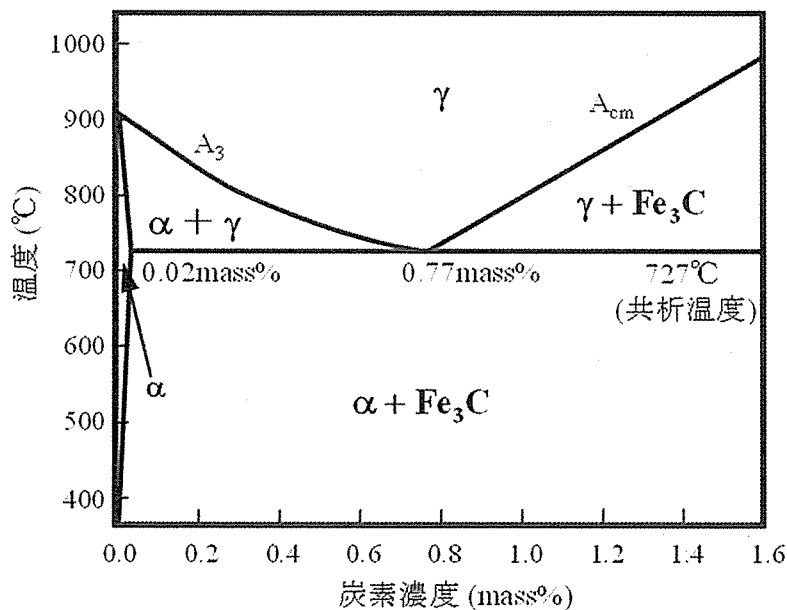


図 Fe-C 2 元系平衡状態図の模式図。

II 次の文章を読み、(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) 共析鋼を 800°Cまで加熱して γ 相単相にしたのち、水焼入れに供した。そのときに形成する組織および材料の機械的性質の特徴を説明しなさい。

(2) 前問(1)にて作製した焼入れ材に対し、低温焼戻し処理を施した。この低温焼戻し処理に伴う強度および延性の変化について説明しなさい。

(3) 低炭素鋼の一つである軟鋼を引張変形に供すると降伏点現象が発現する。応力-ひずみ曲線の模式図を描き、降伏点現象について説明しなさい。

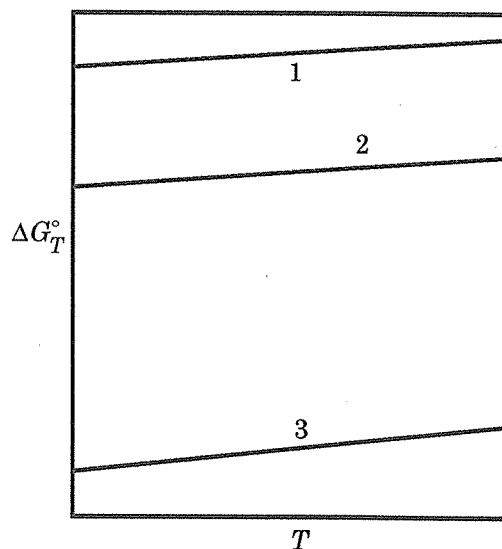
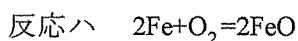
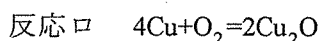
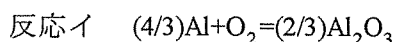
問題 2 以下の設問すべてについて解答すること。

Al, Cu, Fe は最も大量に使用されている実用金属である。その 3 種の金属について以下の間に答えよ。なお、次のパラメータは適宜利用して良い。

ガス定数 $R = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$, 円周率 $\pi = 3.14$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$

- (1) 各金属の標準状態における結晶構造を答えよ。
- (2) Cu の単位格子に含まれる原子数および配位数を答えよ。
- (3) Al の格子定数は 0.405 nm である。Al 原子を剛体球として Al の原子半径を有効数字 3 桁で求めよ。
- (4) Fe 原子を剛体球とした時の単位格子における Fe 原子の充填率を有効数字 3 桁で求めよ。

右図は上記の実用金属の酸化反応(イ～ハ)の標準反応ギブズエネルギー (ΔG_T°) を絶対温度 (T) に対してプロットしたある温度範囲の概略図である。

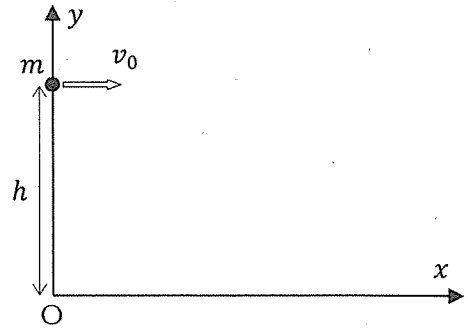


- (5) このような図を何と言うか答えよ。
- (6) 反応式イ～ハが図中 1～3 にどのプロットに対応するか答えよ。
- (7) 反応式ハに対して ΔG_T° と平衡酸素分圧 p_{O_2} の関係を示せ。途中の過程も示すこと。
- (8) FeO を C で還元して Fe を得ることを考える。気体生成物を CO のみとした場合の反応式を答えよ。
- (9) 反応ハおよび $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$ の標準反応ギブズエネルギーをそれぞれ $\Delta G_T^\circ(\text{FeO}) / \text{kJmol}^{-1} = -530 + 0.131T$ および $\Delta G_T^\circ(\text{CO}) / \text{kJmol}^{-1} = -223 + 0.175T$ とする。大気圧下で FeO を C で還元するための温度に対する条件を答えよ。途中の過程も示すこと。

問題3 設問すべてについて解答すること。重力加速度は g とする。

解答に必要な量が問題文中で与えられていない場合は、適宜解答中で定義して用いよ。

I 速度に比例する抵抗が働く環境中で、質量 m の質点を原点 O の真上、高さ h の位置から水平に初速 v_0 で射出する。射出時を $0s$ とする時刻を t とする。質点に働く力は重力と抵抗力(抵抗係数 c)だけであるとして、以下の問について答えよ。右図の通り鉛直方向上向きに y 軸を、運動平面内水平方向に x 軸を取る。

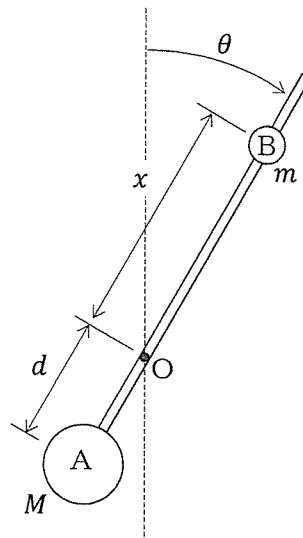


- (1) 運動方程式を書き下せ。
- (2) 時間が充分経過したあとの質点の速度を答えよ。
- (3) 抵抗係数が十分に大きく、 $y = 0$ になる前に終端速度にほぼ到達するとして、 $y > 0$ の範囲で質点の軌跡を図示せよ。
- (4) 質点の速度の y 成分 v_y を時刻 t の関数として求めよ。
- (5) 質点の速度の y 成分 v_y の時間変化を表すグラフを描け。
- (6) 抵抗が働かない場合の質点の速度の y 成分を答えよ。
- (7) 指数関数の展開式

$$e^x = 1 + x + x^2/2 + x^3/6 + \dots$$

を利用し、射出してから充分短い時間であれば抵抗の働きを無視できることを、質点の速度の y 成分 v_y について示せ。

II 点 O を中心に摩擦なく鉛直平面内で回転するように固定された軽く細い剛体棒に、質量 M のおもり A と質量 m のおもり B が右図のように取り付けられている。二つのおもりは質点とみなすことができ、おもり A は O 点から下に d 、おもり B は O 点から上に x の位置に固定されている。剛体棒と鉛直方向のなす角を θ とし、剛体棒は $-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$ の範囲だけで回転できる。



- (1) O 点まわりの回転の運動方程式を書き下せ。 O 点まわりの慣性モーメントを I とする。
- (2) 剛体棒が振り子運動するための x の条件を求めよ。
- (3) 剛体棒が振り子運動する条件が満足されているとき、剛体棒を鉛直から 60° 傾けて ($\theta = 60^\circ$) 静かに手を離した。 $\theta = 0$ の位置を通過するときの剛体棒の角速度の大きさを求めよ。 O 点まわりの慣性モーメントを I とする。
- (4) O 点まわりの慣性モーメント I を求めよ。
- (5) 剛体棒が微小振動するときの周期を x の関数として表せ。また、振り子として振る舞う範囲で x を増加させたとき、振れの周期は長くなるか短くなるか、理由をつけて答えよ。

問題4 設問すべてについて解答すること。

右図1のように、真空中に置いてある1巻の導線でできた半径 a の円に電流 I が反時計回りに流れている。ただし、真空中の透磁率を $\mu_0 (4\pi \times 10^{-7} [\text{N/A}^2])$ とし、導線の抵抗と導線の太さは無視できるものとする。また、数値による解答については有効数字2桁で答えること。

(1) 導線上の微小部分 ds が円の中心 O を通り、円に垂直な中心軸上の点 $P(0, 0, z)$ に作る磁束密度の大きさ dB を求めよ。ただし、 ds から点 P までの距離を R とする。

(2) コイル全体によって点 P に作られる磁束密度 $B=(B_x, B_y, B_z)[\text{T}]$ を求めよ。ただし、 OP の距離を r とし、 r を使って答えよ。

(3) 円形コイルの中心点 O における磁束密度 $B[\text{T}]$ を求めよ。

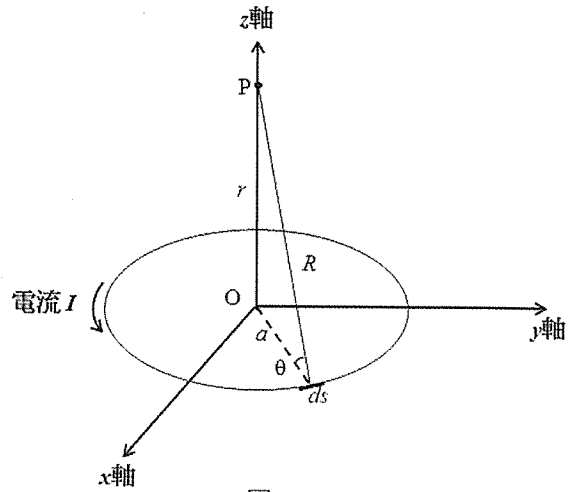


図1

(4) 100巻の導線でできた半径 $0.10[\text{m}]$ の円形コイルに電流 $0.50[\text{A}]$ が流れている。円形コイルの中心点 O における磁束密度 $B[\text{T}]$ を求めよ。

次に、 n 巻の導線でできた半径 a の2つの円形コイルを用意し、右図2のようにコイルの面を平行に間隔 a で配置した。また、コイルの中心 O および O' はそれぞれ x 軸上にあり、コイルには同じ方向に電流 I が流れている。これらのコイルをヘルムホルツコイルと呼ぶ。

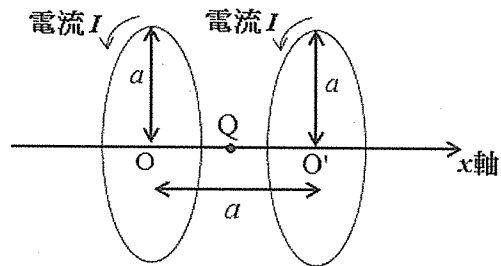


図2

(5) コイルの中心点 O 、および、中心軸上両コイルの中点 Q の磁束密度 $B[\text{T}]$ を求めよ。

(6) 100巻の導線でできた半径 $a = 1.0[\text{m}]$ の二つの円形コイルには、同じ方向に等しい電流 $I = 100[\text{mA}]$ が流れている。コイル間の中点の Q 点における磁束密度 $B[\text{T}]$ を求めよ。さらに、図2の模式図を解答用紙に書きこみ、磁束密度の向きを示せ。