２０２４年９月・２０２５年４月入学試験

大学院基幹理工学研究科修士課程

材料科学専攻

問題表紙

◎問題用紙が 8 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
◎解答用紙が 3 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。
◎すべての解答用紙の所定欄に受験番号・氏名を必ず記入しなさい。
◎使わなかった解答用紙がある場合、解答欄に大きく×印を記入してください。使わなかった解答用紙も含めて、すべての解答用紙を提出してください。

全８科目中３科目を選択して、選択した問題番号と科目名を１科目につき１枚の解答用紙に明記して解答してください。

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：数学

問題番号 1

広義積分

$$I_n = \int_0^\infty x^n e^{-x^2} dx$$

を考える。ただし n は整数で $n \geq 0$ とする。以下の問に答えよ。

1) 広義積分

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2-y^2} dxdy$$

の値を求めよ。

2) I_0 を求めよ。

3) $\lim_{x\to\infty} x^n e^{-x^2} = 0$ を示せ。

4) I_1, I_2 を求めよ。

5) I_n を求めよ。

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：物理

問題番号 2

問１ 図１に示すような原点 O に片方の端が固定された重さの無視できる軽いバネ（自然長 l_0，ばね定数 k_0）のもう一方の端に質量 m の質点が固定されていて，xy 平面内を運動する場合を考える。原点と質点との距離を r，原点と質点を結ぶ直線と y 軸のなす角を θ，重力加速度の大きさを g，重力の向きは $-y$ 方向とする。摩擦及び空気抵抗は無視できるものとして，以下の問いに答えよ。

(1) 質点の運動エネルギー T を r と θ を用いて表せ。

(2) 質点のラグランジアン L を r と θ を用いて表せ。

(3) (2) の場合で，質点の r と θ に共役な一般化運動量 p を示しハミルトニアン H を求めよ。

(4) 質点に対するハミルトンの正準方程式を具体的に書き下せ。

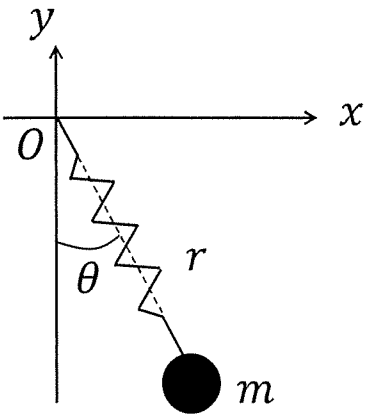


図１

問２ 図２に示すような原点を中心とする半径 a の半球面上のみを運動する質量 m の質点の運動について以下の問に答えよ。ただし，摩擦および空気抵抗の影響は無視する。重力の向きは $-z$ 方向で，重力加速度を g で表す。質点の位置と原点を結んだ線分と z 軸とのなす角を θ とし，質点の位置を xy 面に投影した点と原点を結んだ線分と x 軸とのなす角を φ とする。

(1) 質点の座標を θ と φ を用いて表せ。

(2) 質点のラグランジアンを θ と φ を用いて表せ。

(3) 質点に対するラグランジュ方程式を示せ。

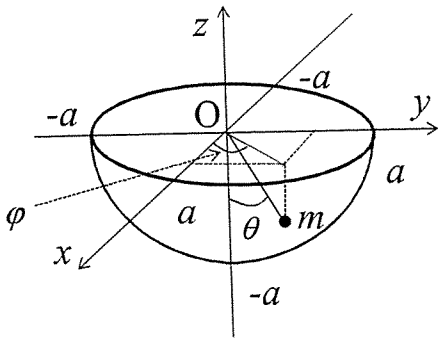


図２

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：化学

問題番号 3

問 1

温度 T，圧力 P の条件下にある容器内に理想気体が入っているとする。気体の成分として，２種類の分子，A と B がある。分子 A，分子 B はともに剛体球とし，それらの直径，質量と容器内の数密度は表 1 に示すとおりである。

表 1

分子	直径 d, m	質量 m, kg	数密度 ρ, m^{-3}
A	d_A	m_A	ρ_A
B	$d_B = d_A$	$m_B = m_A/2$	$\rho_B = \rho_A$

1) 容器内の分子 A と分子 B はランダムに並進運動をしており，それらの平均速度は $\langle u_A \rangle = \sqrt{(8k_BT/\pi m_A)}$ と $\langle u_B \rangle = \sqrt{(8k_BT/\pi m_B)}$ (k_B はボルツマン定数) である。分子 A と分子 B が衝突するときの平均相対速度 $\langle u_r \rangle_{AB}$ は $\langle u_A \rangle$ と $\langle u_B \rangle$ に比べて大きいか小さいかを求めよ。

2) １個の分子 A が分子 B と衝突する頻度は $z_{AB} = \pi \rho_B {d_A}^2 \langle u_r \rangle_{AB}$ であるとし，すべての分子 A と分子 B との衝突の頻度 $\mathbb{Z}_{AB}$ を，T，d_A，ρ_A と m_A の関数として求めよ。

問 2

温度・圧力が一定に保たれる容器内で，下記に示す反応 (1)～(3)が起きる。これらの反応は不可逆素反応であり，それらの速度定数はそれぞれ，k_1，$k_2 = 2k_1$ と $k_3 = 3k_1$ である。

$$\mathrm{A + B \rightarrow C + D} \qquad (1)$$
$$\mathrm{C + A \rightarrow D + B} \qquad (2)$$
$$\mathrm{D + A \rightarrow B} \qquad (3)$$

初期 ($t = 0$) に，容器には分子 A と分子 B しか入っていないとする。分子 A は，いずれの反応にも反応物として関与しているため，そのモル濃度 [A] は時間の経過とともに減少していく。これに対して，分子 B，分子 C と分子 D のモル濃度 [B]，[C] と [D] については，増加したり，減少したりする可能性はある。

1) [C] が最大値 $[\mathrm{C}]_{max}$ に達するとき，$[\mathrm{C}]_{max}$ と分子 B のモル濃度 [B] の関係を求めよ。
2) [C] が最大値 $[\mathrm{C}]_{max}$ に達するとき，分子 D のモル濃度 [D] が増加する ($\mathrm{d[D]}/dt > 0$) 条件を求めよ。

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：物質の構造

問題番号 4

問 1 結晶構造について以下の設問に答えよ。

1) 物体を不変に保つ回転操作C_nのうち，結晶において可能なものをすべて答えよ。それらの記号をC_nの形で示すとともに，どのような回転操作であるか説明すること。ただし，恒等操作は除く。

2) ある結晶の軸角$\alpha, \beta,$およびγを調べたところ，すべて90°であった。この結晶が属する可能性のある結晶系をすべて答えよ。

3) 結晶に対する回折条件であるブラッグ条件の式を示せ。また，この式の意味を言葉で説明せよ。

4) 結晶中の欠陥である刃状転位について，原子配列の模式図を描いて説明せよ。また，バーガース・ベクトルも図中に示せ。

問 2 面心立方構造について以下の設問に答えよ。

1) 面心立方構造の空間群は$Fm\bar{3}m$である。記号$F, m,$および$\bar{3}$の意味を説明せよ。

2) 面心立方構造の単位胞内の原子座標は 0 0 0，1/2 1/2 0，1/2 0 1/2，および 0 1/2 1/2 の 4 つである。これをもとに，面心立方構造の最近接原子間距離a_1と第 2 近接原子間距離a_2の比a_2/a_1を求めよ。また，最近接原子数も求めよ。

3) 面心立方構造からの X 線回折に対する結晶構造因子を計算し，回折強度が消滅する条件を求めよ。ただし，この物質は銅原子のみから成るとし，銅原子の X 線原子散乱因子をf_{Cu}とすること。

4) 次に，銅に金が添加され，単位胞内の 0 0 0 位置に金原子，1/2 1/2 0，1/2 0 1/2，および 0 1/2 1/2 位置に銅原子が配置された場合について考える。これは面心立方構造の規則構造と捉えることができるが，この規則構造が属する空間群は$Pm\bar{3}m$となり，上述した面心立方構造の場合とは異なっている。この理由を説明せよ。

5) この銅と金から成る規則構造についても X 線回折による回折強度を検討せよ。特に，銅原子のみから成る面心立方構造の場合との違いについて議論せよ。ただし，金原子の X 線原子散乱因子をf_{Au}とすること。

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：材料熱力学

問題番号 5

問１　図１は，現在実用化されている燃料電池の模式図を示したものである。(a)は 50～80℃で使用するタイプであり，(b)は 600～800℃で使用するタイプである。これらの燃料電池について，以下の問いに答えよ。

1) 図中の太い矢印の向きに移動するイオン A，B は何か。また図中の化合物 C，D は何か。なお化合物はその状態も示すこと。

2) P，Q は，固体電解質である。それぞれに最適と思われる材料の例を示せ。

3) 電池(a)の電極 S，T におけるそれぞれの電極反応と，電池の全体反応を示せ。

4) 電池(a)を作動させるために，1atm のH_2と 1atm の空気(O_2濃度 21%)を用いるとする。全体反応の標準ギブスエネルギー変化をΔG_T^0として，電池の理論起電力Eを求めよ。なお，ファラデー定数をFとせよ。

5) 電池(b)の陽極は，U，V のどちらになるか。

問２　以下の問いに答えよ。

1) CO_2の$P-T$状態図の概形を描け。

2) CO_2の$P-T$状態図には自由度が 0 の点が二つ存在する。それぞれの名称と定義を示せ。

3) 圧力P_0 atm，温度T_0 K のCO_2ガスを 1atm に断熱変化させた時の温度T_aを求めよ。ただしCO_2ガスは理想気体とし，定積モル比熱を $C_v = 3R$とせよ。

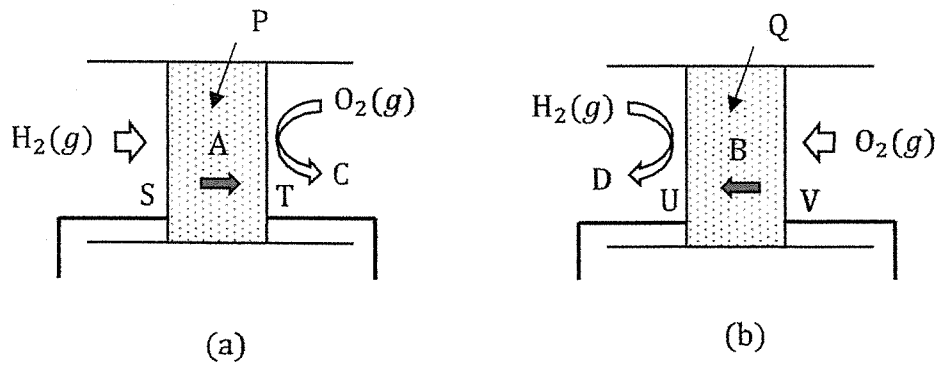


図１　燃料電池の模式図

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：材料電子論

問題番号 6

問１ 長さ L の一次元結晶中の電子が，すべて自由電子であると考えるとき，以下の問に答えよ。

1) 結晶中の電子の波動関数を $\psi(x)$，エネルギー固有値を E として，定常状態におけるシュレーディンガー方程式を示せ。

2) １）で示したシュレーディンガー方程式に，結晶の長さ L の周期境界条件と，規格化条件を加えて，波動関数 $\psi(x)$ を求めよ。ただし，$E = \dfrac{\hbar^2 k_x^2}{2m}$ $\left(\hbar = \dfrac{h}{2\pi},\ k_x \text{ は波数}\right)$ とおいて考えること。

3) 自由電子に対する状態密度がどのような関数で表せるかを示し，図示せよ。

問２ 以下の問に答えよ。

1) フッ素原子の電子配置を，主量子数，方位量子数，磁気量子数，スピン量子数を指定して示せ。

2) フッ素原子の原子軌道 1s，2s，2p 軌道の動径関数を図示せよ。

3) フッ素分子 F_2 の分子軌道 ϕ を LCAO 近似を用いて表すとき，２つのフッ素原子の 2s 軌道どうし，および 2p 軌道どうしの場合に分けて，どのような分子軌道が形成されるかを説明せよ。ただし，σ 軌道，π 軌道，結合軌道と反結合軌道という言葉を用いること。

4) フッ素分子の分子軌道のエネルギー準位図を示せ。ただし，各軌道の電子の占有を電子のスピン状態も併せて示せ。

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：機械材料学

問題番号 7

工具鋼のもととなる共析鋼について，図１に示す Fe-C 系平衡状態図（準安定の Fe_3C を表示）を用いて下記の問いに答えよ。図１を解答用紙に写し，問題指示に応じてそこに解を記入せよ。図１では問題作成上，実際の状態図とは異なる比率で描かれている箇所もあるが，解答する上で支障はない。

1) 図１を写した図上に，共析鋼の炭素濃度 C_E に該当する箇所を例１に倣って示せ。
2) 図１を写した図上に，共析温度に該当する温度 T_E を例２に倣って示せ。
3) 温度 T_1 において存在する相について下記を解答せよ。最近接原子同士は点接触しているものとする。
a: 単位胞模式図，b: 最密な面の模式図（原子は 10 個以上描くこと），c: b で描いた面のミラー指数

以下 4)-10)は共析鋼を温度 T_1 で保持した後，平衡状態を保ちながら室温まで冷却したときについて解答せよ。
4) この冷却過程における冷却曲線を描け。
5) この冷却過程において，温度が変化しない不変系反応が生じるか解答せよ。また，不変系反応が生じると解答した場合は，その時のギブスの相律における自由度 f を答えよ。成分の数 c と相の数 p を明記して，自由度 f を算出する際の途中式を示せ。
6) この冷却を行った後，室温におけるミクロ組織の模式図を描け。それぞれの相の名称も模式図中に併記せよ。
7) この冷却を行った後，室温において，フェライト（α）相中に固溶している炭素濃度 C_α とする。図１を写した図上に，C_α を例１に倣って示せ。
8) この冷却を行った後，室温における α 相の分率を，セメンタイト中の C 濃度 C_{Fe3C}，C_α および C_E 用いて表せ。
9) この冷却を行った室温における共析鋼と，同様の冷却を行った室温における亜共析鋼とを比べて，降伏強度が高いのはどちらかを解答し，そのように考えた理由を 50 文字以内で解答せよ。
10) この冷却を行った後，室温において圧下率 10%で圧延を行った。この時，圧延前と比較して降伏強度は高くなるか，低くなるかを解答し，そのように考えた理由を 50 文字以内で解答せよ。

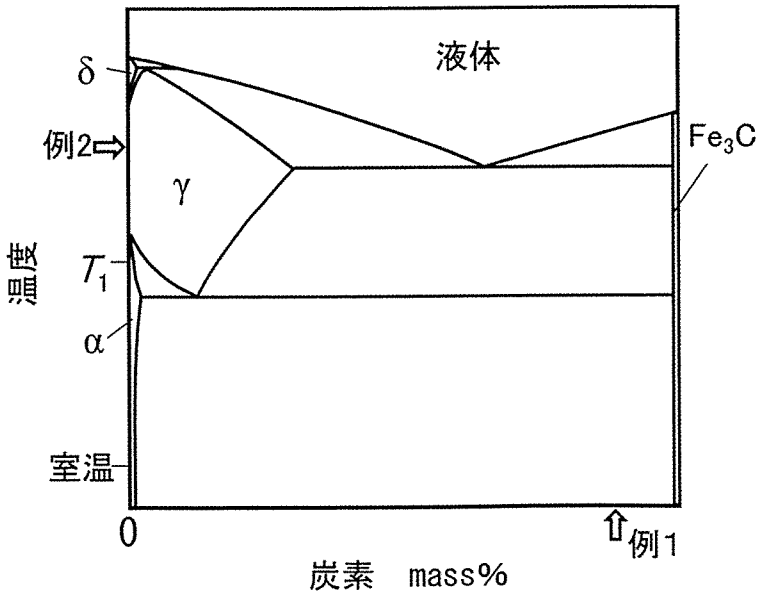


図１

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

科 目 名：　材料力学

問題番号 8

(8-1) 図のように，半径r（半径rは厚さの中央部までの長さ），厚さtの両端が閉じた薄肉な円形状断面（yz面）の細長い円筒がある。ここで，厚さtは他の寸法に比べて十分小さい（$t \ll r, l$）。両端は摩擦が生じない壁に固定されていて，x方向の変位のみが拘束されている。内圧pが作用していない状態で，円筒の長さは壁の間隔と同じ長さlである。薄肉円筒のヤング率E，ポアソン比νとして，以下の設問に答えなさい。

(1) 薄肉円筒に内圧pが作用した状態で，円筒が壁から受ける円筒の長手方向の反力Rを求めなさい。

(2) このときの円筒表面の応力は２次元応力状態である。C点の応力

$$\left[\sigma_{ij}\right]=\begin{bmatrix}\sigma_x & \tau_{x\theta}\\ \tau_{\theta x} & \sigma_\theta\end{bmatrix}$$

を求めなさい。極座標系にてσ_θは円周方向の垂直応力である。

(3) この応力状態におけるモールの応力円を描きなさい。

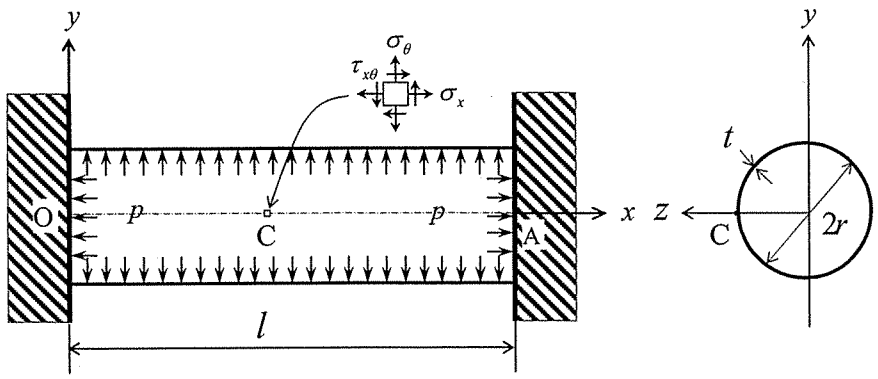


図 8-1 両端を拘束され内圧pを受ける薄肉円筒

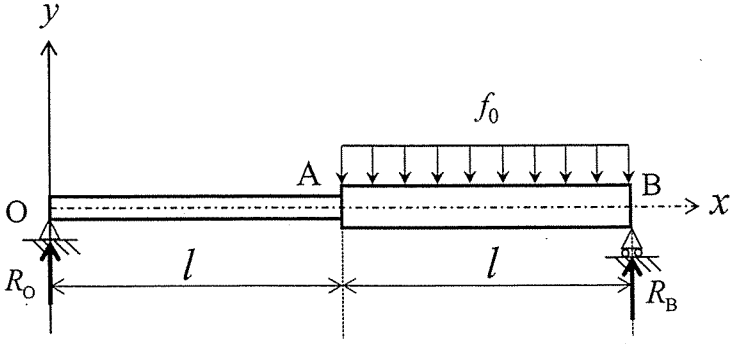
(8-2) 図のように，両端を単純支持されている長さ$2l$のはりがあり，中央（A点）で曲げ剛性が変化している（EIと$2EI$）。また，はりの右半分の区間（AB）に分布荷重f_0（単位長さ当たりの荷重）が作用している。はりが受ける支点反力をR_O，R_Bとして，以下の設問に答えなさい。

(1) 支点反力　R_O，R_Bをそれぞれ求めなさい。

(2) はり全体のせん断力線図（SFD）および曲げモーメント線図（BMD）をそれぞれ描きなさい。

(3) はりのたわみ解析に際して，はりを右図のように曲げ剛性が一定の２つの区間に分割して考える。それぞれに局所座標系を定義して，OA間の曲げモーメントを$M_1(x)$，AB間のそれを$M_2(x)$とした場合，それぞれを求めなさい。ここで，それぞれの座標xは，O点ならびにA点からの距離とする。

(4) はりの中央部（A点）でのたわみv_Aを求めなさい。



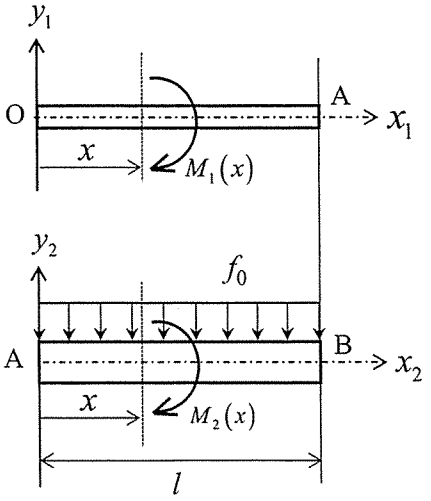


図 8-2 曲げ剛性が変化している単純支持はり

受験番号					
氏　　名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

採点欄

※裏面の使用は不可

選択　問題番号

科目名

受験番号					
氏　　名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

採点欄

※裏面の使用は不可

選択　問題番号

科目名

受験番号					
氏　　名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

２０２４年９月・２０２５年４月入学試験問題

大学院基幹理工学研究科修士課程　材料科学専攻

採点欄

※裏面の使用は不可

選択　問題番号

科目名