

2026年9月・2027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

- ◎問題表紙を除いて、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×印を記入しなさい。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なさい。
- ◎解答用紙の裏面は使用できません。

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なさい。

2026年9月・2027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

実3次元ベクトル空間 $\mathbb{R}^3$ において、一次独立な列ベクトル $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2$ をとる。

$$\mathbf{q}_1 = \frac{\mathbf{u}_1}{\|\mathbf{u}_1\|}, \quad \mathbf{a}_2 = \mathbf{u}_2 - (\mathbf{u}_2 \cdot \mathbf{q}_1)\mathbf{q}_1, \quad \mathbf{q}_2 = \frac{\mathbf{a}_2}{\|\mathbf{a}_2\|}$$

と定める。ここで、 $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^3$ に対して、 $\mathbf{x} \cdot \mathbf{y}$ は内積を、 $\|\mathbf{x}\|$ はベクトルの大きさを表す。行列 Q, P および部分空間 W を

$$Q = (\mathbf{q}_1 \ \mathbf{q}_2), \quad P = QQ^T, \\ W = \{c_1\mathbf{u}_1 + c_2\mathbf{u}_2 \mid c_1, c_2 \in \mathbb{R}\}$$

とする。ここで、 Q は3行2列の行列、 P は3次正方行列であり、 I_2 は2次の単位行列である。また、行列 Q の転置を Q^T で表す。以下の問に答えよ。

- 1) $Q^T Q = I_2$ および $P^2 = P$ となることを示せ。
- 2) 任意の $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^3$ に対して、 $P\mathbf{b} \in W$ であること、さらに $\mathbf{b} - P\mathbf{b}$ は W のすべてのベクトルと直交することを示せ。
- 3)

$$\mathbf{u}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u}_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

とする。以下の小問に答えよ。

- (i) 行列 Q および行列 P を求めよ。
- (ii) W に属するベクトルのうち、 $\mathbf{b}$ との距離が最小となるものを求めよ。また、その距離を求めよ。

2026年9月・2027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、中央に質量 m の質点を付けた長さ l の棒が壁と離れることなく、滑りながら倒れていく場合を考える。重力加速度を g とし、重力は $-y$ 方向に働くものとする。棒の質量、太さおよび棒と壁の間の摩擦は無視できるものとして、以下の問に答えよ。

- 1) 図1に示す通り、時刻 t における棒と y 軸のなす角を $\varphi(t)$ とするとき、質点の座標 $(x(t), y(t))$ を $\varphi(t)$ を用いて表せ。
- 2) 時刻 t における質点の運動エネルギーを $\varphi(t)$ を用いて表せ。
- 3) 時刻 t における質点のラグランジアンを $\varphi(t)$ を用いて表せ。
- 4) 質点に対するラグランジュ方程式を使って、 $\varphi(t)$ の微分方程式となる運動方程式を書き下せ。

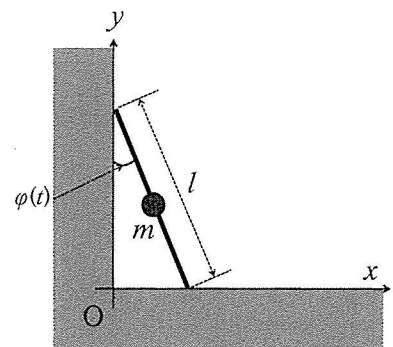


図1

問2 図2に示すような支点の位置が $y = y_0$ である振り子の運動について、以下の問に答えよ。ただし、重力の向きは x 方向、重力加速度の大きさを g 、振り子のおもりの質量を m 、ひもの長さを l として、ひもの質量、空気抵抗及び支点でのまさつは無視する。また、ひもは伸縮せず、たわむことはないものとする。

- 1) 支点の位置が $y = y_0$ の位置に固定されているとき、 θ を一般化座標として、質点の一般化運動量を求め、ハミルトニアンを書き下せ。
- 2) 1) の場合の質点のハミルトン正準方程式を示せ。
- 3) 次に支点 y_0 が y 軸上を速度 $u(t)$ で動くとき、質点の一般化運動量とハミルトニアンを書き下せ。
- 4) 3) の場合の質点のハミルトン正準方程式を示せ。
- 5) 3) の場合で $u(t) = \sin(\omega t)$ のとき、質点の運動方程式の一般解を θ が小さいものと近似して求めよ。

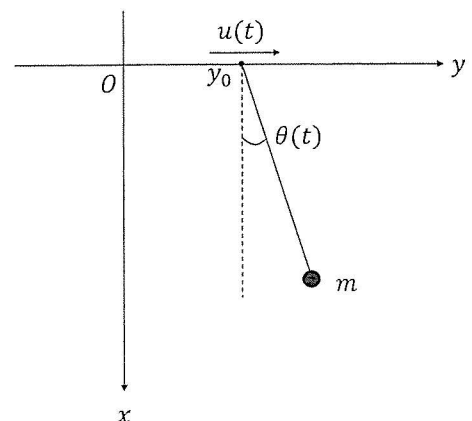


図2

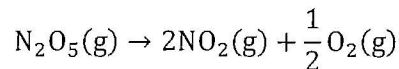
2026年9月・2027年4月入学試験問題
大学院基幹理工学研究科修士課程 材料科学専攻
科目名： _____ 化学

問題番号

3

問 1

常温では、下記で示す N_2O_5 ガスの分解反応は 1 次反応であり、



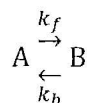
その速度式は下記のとおりである。

$$r(t) = -\frac{d[\text{N}_2\text{O}_5]}{dt} = k[\text{N}_2\text{O}_5]$$

- 1) N_2O_5 の半減期（濃度が初期の $[\text{N}_2\text{O}_5]_0$ から $[\text{N}_2\text{O}_5]_0/2$ になるまでの時間） $t_{1/2}$ を、速度定数 k の関数として示せ。
- 2) 反応が進むにつれて、半減期がどのように変化するかについて述べよ。つまり、 $[\text{N}_2\text{O}_5]_0/2$ から $[\text{N}_2\text{O}_5]_0/4$ に減少するまでの時間、次にその半分の $[\text{N}_2\text{O}_5]_0/8$ に減少するまでの時間は、どのように変化していくかについて述べよ。

問 2

温度が一定に保たれる容器内で、下記に示す可逆反応が進行する。正反応も逆反応も素反応である。



初期 ($t=0$) に、容器には分子 A しか存在せず、その濃度は $[\text{A}]_0$ とする。反応が進むと、分子 A が分子 B に変化していくが、十分に長い時間を経た後に系が平衡状態に達し、分子 A の濃度 $[\text{A}]$ は $[\text{A}]_{\text{eq}}$ 、分子 B の濃度 $[\text{B}]$ は $[\text{B}]_{\text{eq}}$ と一定になる。

- 1) $[\text{B}]_{\text{eq}}$ と $[\text{A}]_{\text{eq}}$ との比を、正反応の速度定数 k_f と逆反応の速度定数 k_b の関数として求めよ。
- 2) k_f が k_b よりも大きい場合の $[\text{A}]$ および $[\text{B}]$ の時間変化を、定性的に図で示せ。

2026年9月・2027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

物質の結晶構造について、以下の問に答えよ。

- 1) ①結晶系, ②ブラベー格子, ③結晶点群, ④空間群はそれぞれ何個あるか, 答えよ。
- 2) 塩化セシウム CsCl は立方晶系であり, 単位胞中に Cs が $(0,0,0)$, Cl が $(1/2,1/2,1/2)$ に存在する。塩化セシウムのブラベー格子は何か, 答えよ。
- 3) 空間群 $Fm\bar{3}m$ において, F , m , $\bar{3}$ の意味をそれぞれ説明せよ。また, この空間群の結晶系は何か, 答えよ。
- 4) 結晶における欠陥である刃状転位とバーガース・ベクトルについて, 転位周辺の原子配列を図に描いて説明せよ。
- 5) 立方晶系において, (210) 面間隔は格子定数 a の何倍になるかを求めよ。
- 6) 面心立方構造を持つ銅 Cu の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, 銅の X 線に対する原子散乱因子を f_{Cu} とする。
- 7) 銅の試料に対して粉末 X 線回折実験を行ったところ, 最も 2θ の小さいピークが $2\theta = 43.4^\circ$ に現れた。このピークは何面に由来するかを示せ。また, その面間隔を求めよ。ただし, X 線の波長は $1.54 \text{ \AA}$ とし, 必要であれば以下の近似値を用いて良い。 $\sin 43.4^\circ = 0.687, \sin 21.7^\circ = 0.370$ 。
- 8) 銅と金からなる CuAu 合金の構造の 1 つは, 格子定数 $a = 3.98, c = 3.69 \text{ \AA}$ の正方晶系であり, 単位胞中に Cu が $(0,0,0)$, $(1/2,1/2,0)$, Au が $(1/2,0,1/2)$, $(0,1/2,1/2)$ に位置している。この CuAu 合金における結晶構造因子を計算し, 粉末 X 線回折曲線が銅とどのように異なるかを説明せよ。Au の X 線原子散乱因子を f_{Au} とし, Cu と Au の原子番号はそれぞれ 29, 79 である。

2026年9月・2027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 Mg-Si 2 元系平衡状態図を図 1 に示す。以下の問に答えよ。

- (1) 組成 c_1 を求めよ。また、組成 c_1 において、点 A から低温側に延びる直線は何を示しているか答えよ。
- (2) 組成 c_2 において、液相 L から点 B を通るように冷却した際に起こる反応を何と言うか。また、どのような反応が起こるか具体的に書け。
- (3) 組成 c_2 の合金を T_2 より低温まで冷却したとき、複数の平衡相が存在すると判断した場合は、この法則により各相の存在比を求めよ。ただし、Mg 相への Si の固溶および Si 相への Mg の固溶は無視できるものとする。なお、単相となると判断した場合は、存在比を求める代わりに、その理由を記せ。
- (4) 組成 c_2 より Si を多く含む組成域（ただし、純 Si を除く）において、液相 L を T_2 より低温まで冷却した際に起こる反応は(2)の場合とどのように異なるか、説明せよ。
- (5) この系で、温度 T_1 より低温側で実現可能な平衡状態をすべて示せ。
- (6) 液相が存在する温度 T において、組成 c_1 の液相 L における 1 mol あたりの混合のギブスエネルギー変化 ΔG_{mix} を求めよ。ただし、Mg 原子と Si 原子を合わせた物質量を 1 mol とする。また、理想混合のエントロピーを仮定し、混合のエントルピー変化を ΔH_{mix} としてよい。なお、解答は対数を含む式のままでよい。

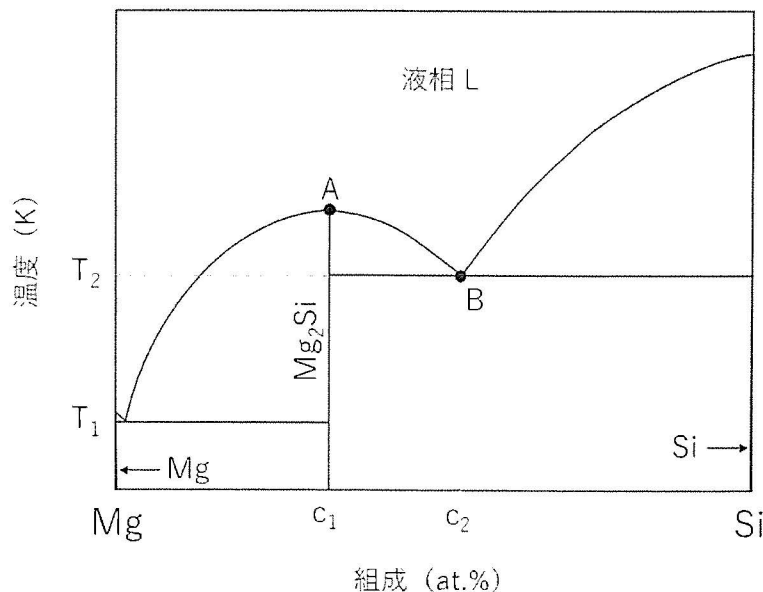


図 1 Mg-Si 2 元系平衡状態図

2026年9月・2027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 図1に示すような、幅が a で、ポテンシャル V が $x < -a, x > 0$ で $V = \infty$, $-a \leq x \leq 0$ で $V = 0$ となる井戸型ポテンシャル中に存在する質量 m の粒子の x 方向での一次元運動について、以下の問に答えよ。

- 1) この粒子に対して、 $x < -a, -a \leq x \leq 0, 0 < x$ の区間に分けて、固有関数を $\psi(x)$ 、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を解いて、すべてのエネルギー固有値 E と固有関数 ψ を求めよ。
- 3) 2)で求めた固有関数について、 $-a \leq x \leq 0$ の範囲で基底状態から第二励起状態までの波動関数を図示し、粒子の分布の違いについて説明せよ。

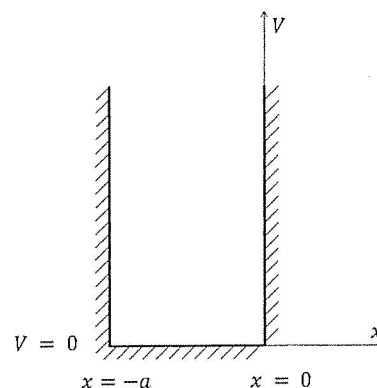


図1

問2 以下の問に答えよ。

- 1) 基底状態における窒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) 窒素分子(N_2)の分子軌道 ϕ をLCAO近似を用いて表すとき、2つの窒素原子の2s軌道どうし、および2p軌道どうしの場合に分けて、 σ 軌道、 π 軌道、結合軌道と反結合軌道について、各原子軌道の空間分布を図示して説明せよ。
- 3) 窒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。
- 4) 酸素分子(O_2)の分子軌道のエネルギー準位図を示し、窒素分子との違いを説明せよ。

2026年9月・2027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

機械材料として多く用いられる炭素鋼(carbon steel)について、下記の問に答えよ。必要に応じて、下に示した参考データを用いても良い。

- 1) セメントタイトにおける C 濃度 $C_C(\text{mass}\%)$ を計算により求めよ。途中式を明記すること。
- 2) Fe-Fe₃C 系平衡状態図 (equilibrium phase diagram) を C 濃度 0~ $C_C \text{ mass}\%$, 温度 20~1100°C の範囲で図示せよ。

以下では、炭素鋼 S35C (C を 0.35mass% 含有) について解答せよ。

- 3) 750°C における α 相の質量分率(mass fraction)を計算せよ。途中式を示すこと。
- 4) 1100°C から平衡を保ちながら 20°C まで冷却したときの温度の時間変化 (冷却曲線, cooling curve) を図示せよ。
- 5) 4) で冷却後のミクロ組織 (microstructure) 概略図を示せ。図示した各相に名称を示すこと。
- 6) 4) の冷却曲線において、不変系反応 (invariant reaction) が見られる温度におけるミクロ組織 (microstructure) の概略を示せ。図示した各相に名称を示すこと。
- 7) α 相と γ 相のそれぞれにおける原子の充填率を求めよ。途中式を明記すること。
- 8) 焼入れ (quenching) したときに現れるマルテンサイト(martensite) α' 相と γ 相との結晶方位関係として下記の Kurdjumov-Sachs (K-S) 関係がある。この関係を満たすようなミラー指数(Miller index) $(hkl)_{\alpha'}$ および $[uvw]_{\alpha'}$ を解答せよ。解として何通りか考えられるが、そのうち一つ解答すればよい。また、 γ 相と α' 相の単位胞(unit cell)の模式図を描き、この図を用いて、この関係を説明せよ。
K-S 関係: $(111)_{\gamma} // (hkl)_{\alpha'}$, $[\bar{1}01]_{\gamma} // [uvw]_{\alpha'}$
- 9) 焼入れ後に材料全体をマルテンサイトにするための、焼入れ前の加熱温度の下限値を T_x とする。2) で解答した状態図中に温度 T_x を示せ。 T_x を数値で解答する必要はない。
- 10) 焼きならし (normalizing) をした丸棒の 20°C での引張試験(tensile test)で得られる応力-ひずみ曲線 (stress-strain curve) の概略図を破断 (fracture) まで図示せよ。
- 11) α 相が小さくなるような焼きならし条件で得られた試料の降伏強度は、 α 相が大きい場合に比べて降伏強度が高くなる。この理由を格子欠陥 (lattice defect) の観点から 50 字以内で説明せよ。
- 12) α 相の単位胞の各辺を x, y, z 軸に合わせて置き、x 軸方向に引張負荷を与えることを考える。結晶内の面のうち最密な面がすべり面(slip plane), すべり面上で最密な方向がすべり方向(slip direction)になるものとする。最大となるシュミット因子(Schmid factor)を計算により求め解答し、そのときのすべり面およびすべり方向のミラー指数(Miller index)も解答せよ。途中式を明記すること。

参考データ (問題作成上、実在のデータとは若干異なる数値になっている箇所もある。)

[純鉄の変態温度 (phase transition temperature)] $\alpha \rightleftharpoons \gamma$: 912°C, $\gamma \rightleftharpoons \delta$: 1394°C, 融点 : 1534°C

[C の最大固溶限 (solubility)] α : 0.02 mass%, γ : 2.06 mass%, δ : 0.09 mass%

[共析反応 (eutectoid reaction)] 共析点の組成 : 0.76 mass%C, 共析温度 : 723°C

[セメントタイト (cementite)] 融点 : 1252°C

[原子量 (atomic weight)] Fe : 56, C : 12

[α , γ 二相領域 (two-phase region)] 750°C での炭素量 : 0.015 mass% (α 中), 0.615 mass% (γ 中)

2026年9月・2027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

【1】図1のように、C点にて結合され、2本の部材（バー）で構成されている静定トラスがある。①のバーは長さ $\sqrt{2}l$ で x 軸に対し -45° の角度をなし、②のバーは長さ l で x 軸に対して平行である。いずれもO点とB点にて壁にピン結合されている。今、 y 軸に対して下向きの外力 P がC点にて作用してつり合っている問題を考える。バーの伸び剛性は両方とも EA であるとして、以下の設問に答えよ。

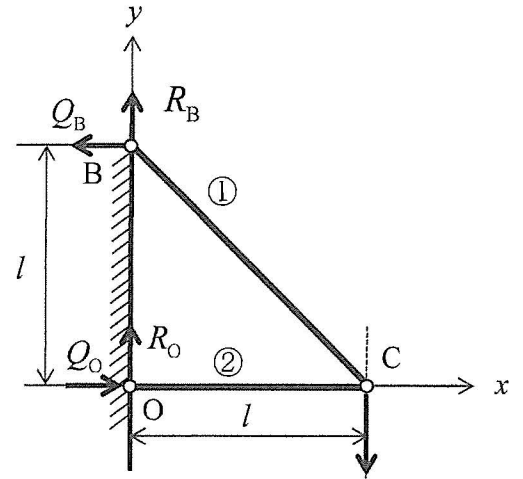


図1 静定トラス

- (1) 壁からの反力を図1のように定義して、O点に関して (Q_O, R_O) 、B点では (Q_B, R_B) とする。それぞれの値を求めよ。
- (2) C点に関する力のつり合いから部材①と②の軸力 T_1, T_2 をそれぞれ求めよ。なお、引張りは正、圧縮は負として答えよ。
- (3) 部材①の伸びの大きさを λ_1 、部材②の縮みのそれを λ_2 として、それぞれを求めよ。
- (4) 図2にトラスの結合点C点がC'点に変位する様子を示した。これを参考にして、変位 (u, v) を求めよ。

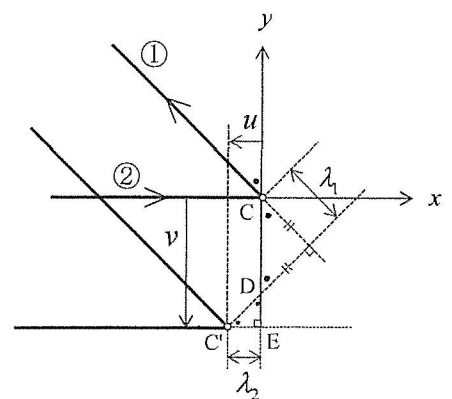


図2 トラスの変形

次に、図3のように、部材①はそのままにして部材②をはり（部材③）と交換する。はりは壁に固定された片持ちはりで伸び剛性 EA' 、曲げ剛性 EI 、長さ l とし、部材①とヤング率は等しく、断面積が異なる。以下の設問に答えよ。

- (5) はりの壁からの反力 Q_O の大きさを X として、はりに関するフリーボディダイアグラム（FBD）を描け。
- (6) 部材①（バー）の伸びの大きさを λ_1 、部材③（はり）の縮みのそれを λ_3 とする。それぞれ λ_1, λ_3 を、反力 X を用いて求め、さらに、壁からの反力 X の値を求めよ。

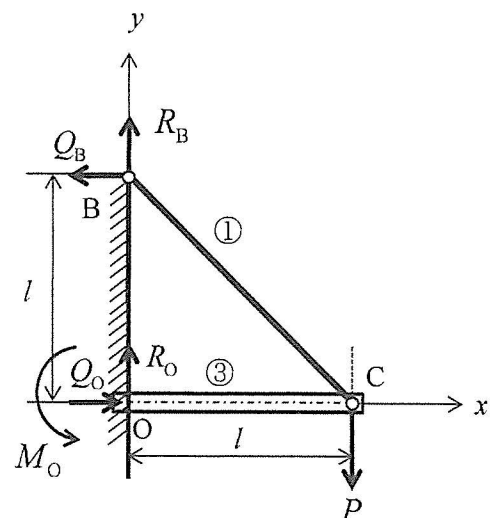


図3 バーに結合されたはり

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別して書くこと

2026年9月・2027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

No.

1	/	3
---	---	---

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」は明確に区別して書くこと

2026年9月・2027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

No.

2	/	3
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号		科目名	
---------	--	-----	--

