

2025年9月・2026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。

2025年9月・2026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

正の実数 s に対して、関数

$$\Gamma(s) = \int_0^{\infty} x^{s-1} e^{-x} dx$$

を考える。以下の問に答えよ。

- 1) $\Gamma(s+1) = s\Gamma(s)$ が成り立つことを示せ。
- 2) 自然数 n に対して $\Gamma(n)$ を求めよ。
- 3) $I = \int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$ とおく。 $x = \sqrt{t}$ と変数変換することにより、 I を $\Gamma(s)$ を用いて表せ。
- 4) 広義積分 $J = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-(x^2+y^2)} dx dy$ の値を求めよ。
- 5) $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$ の値を求めよ。

2025年9月・2026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、半径 a の円柱の側面上に拘束された質量 m の質点の運動を考える。重力加速度の大きさを g とし、重力は $-z$ 方向に働くものとする。空気抵抗や円柱側面との摩擦は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 図1に示すように、時刻 t における質点と円柱の上円の中心を結ぶ線と xz 面とのなす角を $\theta(t)$ とするとき、円柱の側面上を運動する質点の $z(t)$ 以外の座標 $(x(t), y(t))$ を、 $a, \theta(t)$ を用いて表せ。
- (2) $\theta(t), z(t)$ を一般化座標として、この質点の運動に対するラグランジアンを示せ。
- (3) 質点の運動に関するラグランジュ方程式を具体的に書き下せ。

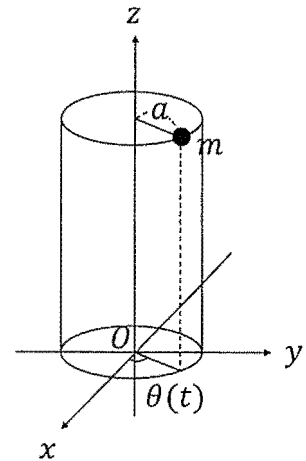


図1

問2 図2に示すように原点 O に一端を固定した自然長 a 、バネ定数 k のバネに、質量 m の質点を付けたとき、質点の運動について以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、重力の向きは $-z$ 方向として、バネの重さは無視する。質点の位置の球座標 (r, θ, φ) の角度は、図2のようにとることとする。

- (1) 質点の座標 (x, y, z) を (r, θ, φ) を用いて表せ。
- (2) 質点のラグランジアンを r, θ, φ を用いて表せ。
- (3) r, θ, φ に共役な一般化運動量 p_r, p_θ, p_φ を定義して、質点のハミルトニアンを求めよ。
- (4) (3) で求めたハミルトニアンの正準方程式を使って、 r, θ, φ と p_r, p_θ, p_φ の満たすべき運動方程式を書き下せ。

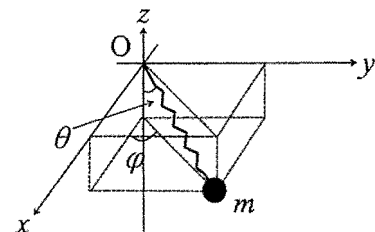


図2

2025年9月・2026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

容器内に理想気体が入っており、その温度は T 、圧力は P とする。気体は、2種類の分子、A と B からなる混合気である。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。

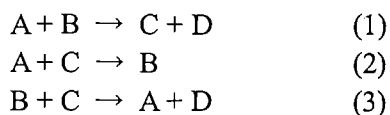
表 1

分子	直径 d	質量 m	数密度 ρ
A	d_A	m_A	ρ_A
B	$d_B = 2d_A$	$m_B = 2m_A$	$\rho_B = \rho_A/2$

- 一部の分子 A と分子 B の衝突が $A+B \rightarrow C+D$ の化学反応になる。1 個の分子 A が分子 B と衝突する頻度は $z_{AB} = \pi \rho_B (d_A + d_B)^2 \langle u_r \rangle_{AB} / 4$ である ($\langle u_r \rangle_{AB} = \sqrt{8k_B T (m_A + m_B) / \pi m_A m_B}$ は、分子 A と分子 B が衝突するときの相対速度の平均である)。すべての分子 A と分子 B との衝突の頻度 Z_{AB} を、 T 、 d_A 、 ρ_A と m_A の関数として求めよ。また、得られた式から、 Z_{AB} の単位 (kg, m, s) が妥当であることを確認せよ。
- 化学反応 $A+B \rightarrow C+D$ の速度と Z_{AB} との関係について述べよ。

問 2

温度・圧力が一定に保たれる容器内で、下記に示す化学反応 (1)~(3) が進行する。これらの化学反応は不可逆素反応であり、それぞれの速度定数は、 k_1 、 $k_2 = 3k_1$ と $k_3 = 2k_1$ である。



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 D は、上記の反応が進むにともなって、生成され続けるので、そのモル濃度 $[D]$ は増加していく。これに対して、分子 C は典型的な中間生成物であり、そのモル濃度 $[C]$ は増加したり、減少したりする可能性はある。分子 A と分子 B についても、最初はモル濃度が減少するが、しばらくすると増加するかもしれない。

- $[C]$ が最大値 $[C]_m$ に達するとき、分子 A のモル濃度 $[A]$ が減少する ($d[A]/dt < 0$) 条件を求めよ。
- $[C]$ が最大値 $[C]_m$ に達するとき、分子 B のモル濃度 $[B]_m$ は、分子 A のモル濃度 $[A]_m$ の半分になった場合、 $[C]_m$ と $[A]_m$ との関係を求めよ。

2025年9月・2026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 体心立方構造について以下の設問に答えよ。

- 1) 体心立方構造の単位胞内の原子座標は000および $1/2, 1/2, 1/2$ である。これをもとに、体心立方構造の最近接原子数および第2近接原子数を求めよ。
- 2) 体心立方構造の充填率を求めよ。
- 3) Fe (鉄) で構成される体心立方構造からのX線回折実験による回折強度が消滅する条件を求めよ。ただし、Fe原子のX線の原子散乱因子を f_{Fe} とする。
- 4) 次に、FeとRh (ロジウム) の合金である $Fe_{50}Rh_{50}$ について検討する。この合金では、体心立方構造の000位置にFe原子、 $1/2, 1/2, 1/2$ 位置にRh原子が配置された規則構造が形成される。X線回折実験による $Fe_{50}Rh_{50}$ 規則構造からの回折強度を検討せよ。ただし、Rh原子のX線の原子散乱因子を f_{Rh} とする。また、Fe原子およびRh原子の原子番号は、それぞれ26および45である。
- 5) Fe-Rh合金系の室温付近において、上述の規則構造は広い組成範囲に存在し、純粋なFeにRhを添加していくと、 $Fe_{90}Rh_{10}$ 程度の組成から規則構造が出現し始める。合金組成を $Fe_{90}Rh_{10}$ から $Fe_{50}Rh_{50}$ まで変化させて回折実験を行った場合、Rh組成の増加に伴い、規則構造のX線回折強度にどのような変化が起こるか、定性的に説明せよ。ただし、FeがRhよりも多く含まれる組成では、Rh原子サイトに余剰のFe原子がランダムに置換されると仮定する。

問2 結晶構造について以下の設問に答えよ。

- 1) 点群とは何か、簡単に説明せよ。また、結晶では点群にどのような制限があるか、答えよ。
- 2) 単斜晶、正方晶、および立方晶である結晶において、軸比 a, b, c と軸角 α, β, γ が満たす条件を書け。
- 3) 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。
- 4) 結晶のサイズが極端に小さくなった場合、回折強度にどのような変化が生じるか、説明せよ。

2025年9月・2026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 A-B 2 成分系状態図の模式図である。C は A と B の化合物であり、縦軸は温度、横軸は成分 B のモル分率 x_B である。点 P (x_P, T_P) の組成・温度にある液相 (L) を連続的に冷却するとき、以下の問いに答えよ。

- ①～⑤の領域における共存相をそれぞれ書け。
- 温度 T_0 において起きる反応を示せ。またこの反応を何と呼ぶか。
- 温度 T_0 において、温度と時間の関係はどのような変化するか、またそれはなぜか。
- 点 P の組成の溶液が理想溶液で近似できる場合、混合のギブスエネルギー変化 ΔG_{mix} を示せ。
- 点 P の組成の溶液が正則溶液で近似できる場合、混合のエントロピー変化 ΔS_{mix} を示せ。

問 2 純粋な固体 Si の基板上に H_2 - H_2O 混合ガスを流し、 $SiO_2(s)$ を生成させるプロセスを考える。以下の問いに答えよ。

- 全体の化学反応式を示し、系の自由度を計算せよ。
- 反応の平衡定数 K を各成分の活量と分圧を用いて示せ。
- 生成した SiO_2 に他の酸化物を添加して液相とした場合、平衡するガスの $\frac{P_{H_2}}{P_{H_2O}}$ の値はどのように変化するか。またその理由はなぜか。

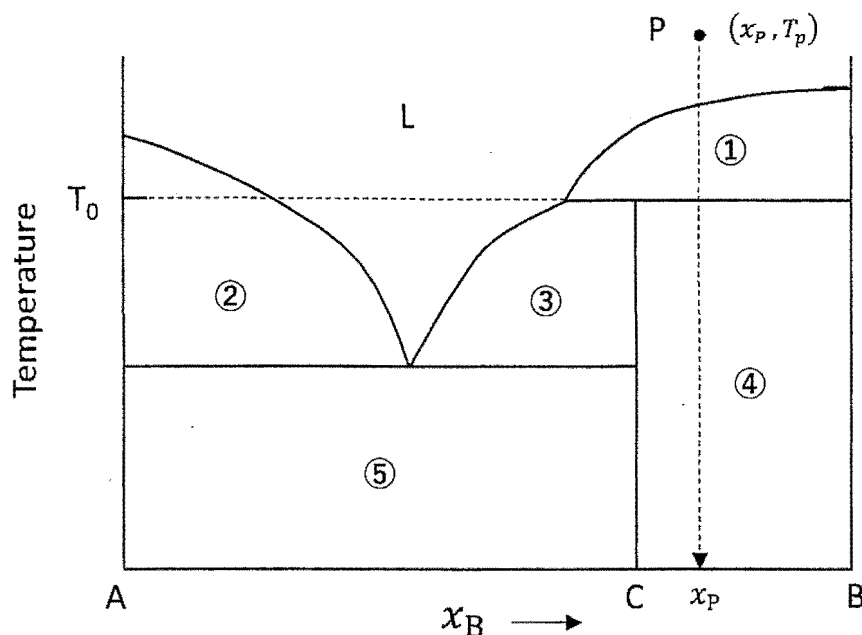


図 1 A-B 2 成分系平衡状態図

2025年9月・2026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 多電子系のシュレーディンガー方程式を解くための近似法であるハートリー近似とハートリー・フォック近似について、以下の問いに答えよ。

- 1) ハートリー近似では、各電子が独立に運動する、すなわち各電子のポテンシャル V_i は、各電子の座標 $\mathbf{r}_i$ のみで決まるとする近似法である。 N 電子系にハートリー近似を適用した場合、系全体の波動関数 $\Psi(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N)$ とハミルトニアン H を示せ。ただし、 i 番目の電子の一電子波動関数を $\varphi_i(\mathbf{r}_i)$ とする。
- 2) i 番目の電子に対する一電子ハミルトニアン h_i として具体的に書き下せ。更に、一電子ハミルトニアンを構成する各項の示す意味について説明せよ。
- 3) ハートリー・フォック近似における全電子系の波動関数の表し方を説明せよ。

問2 酸素原子および酸素分子 O_2 中の電子の波動関数である分子軌道について、以下の問いに答えよ。

- 1) 基底状態における酸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) 酸素分子中の σ 軌道と π 軌道について、原子軌道の空間分布を用いて、それらの分子軌道が持つ対称性を説明せよ。また、その分子軌道が結合軌道、反結合軌道となる場合について説明せよ。
- 3) 酸素分子の分子軌道に対してエネルギー準位図を示し、それぞれの軌道を占有する電子数を電子のスピンも含めて示せ。
- 4) 3) で示した電子配置のため、酸素分子は特徴的な性質を持つ。その性質は何か、またそのような性質を持つ理由について説明せよ。

2025年9月・2026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

炭素鋼(carbon steel)の熱処理(heat treatment)について、下記の問いに答えよ。図1にFe-Fe₃C系平衡状態図(equilibrium phase diagram)を簡略化して示す。図1には、 M_s 点と M_f 点も一点鎖線で示している。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。ここで、急冷(quenching)とは、マルテンサイト変態の臨界冷却速度を超える冷却速度での冷却とする。下記1)-9)では、図1で炭素量 C_X の炭素鋼を図2に示す方法で熱処理を施すことを考える。図2の縦軸は図1と共通とする。図2の各記号で示した状態におけるミクロ組織(microstructure)の模式図を描き、そこに各相(phase)の名前を明記せよ。

- 炭素量 C_X の炭素鋼の室温(room temperature) T_R における標準組織 A。
- この炭素鋼を温度 T_1 まで加熱し、平衡状態になるまで保持した時 (B)。
- B を T_R まで急冷した時 (C)。
- C を温度 T_3 まで加熱し、平衡状態になるまで保持した時 (D)。
- D を T_R まで急冷した時 (E)。
- A を T_2 まで加熱し、平衡状態になるまで保持した時 (F)。
- F を T_R まで急冷した時 (G)。
- C を T_2 まで加熱し、平衡状態になるまで保持した時 (H)。
- H を T_R まで急冷した時 (I)。
- I における各相の分率(fraction)を示せ。平衡状態図上で、温度 T_2 で α 及び γ 相における炭素量をそれぞれ C_α および C_γ とする。
- 炭素量 C_X , C_Y , および C_Z の炭素鋼のうち、 T_1 から T_R まで急冷した時に残留 γ 相(retained γ)が残るものどれか解答し、その理由を述べよ。
- 残留 γ 相をなくす方法として、i) サブゼロ処理(sub-zero treatment), ii) ショットピーニング(shot peening), iii) 焼戻し(tempering)がある。それぞれについて、残留 γ 相がなくなる理由を述べよ。
- 12)で挙げた処理のうち、処理前より硬さが低下するのはどれか解答し、その理由を述べよ。
- γ 相とマルテンサイト α' 相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: $(111)_\gamma // (hkl)_{\alpha'}$, $[\bar{1}01]_\gamma // [uvw]_{\alpha'}$
- 炭素鋼に、Cr や Mo のような合金元素を添加すると焼入性(hardenability)を改善することができる。焼入性とはどのような性質か解答せよ。また、このような合金元素を添加することにより、焼入れ後の硬さがどのようになるか解答せよ。

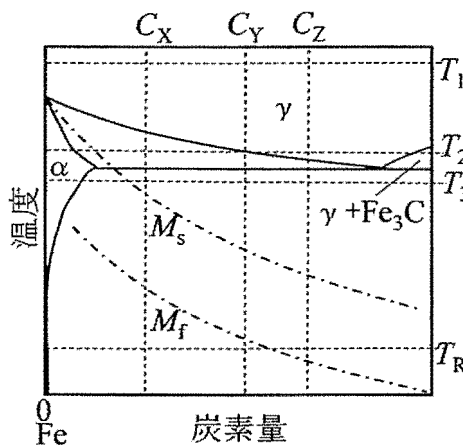


図1

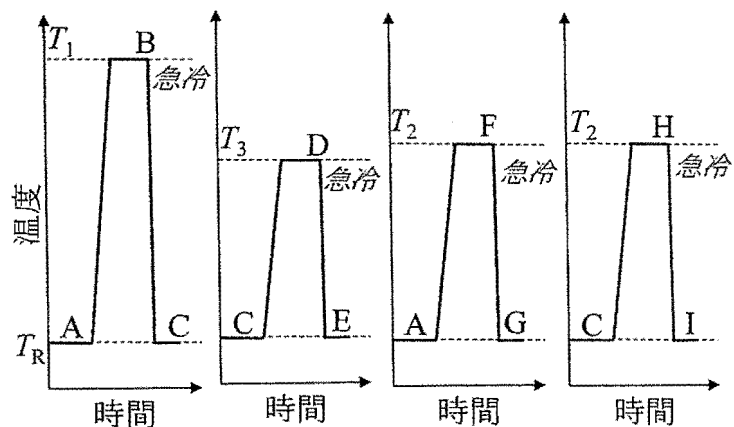


図2

2025年9月・2026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2本の部材（バー）で構成されている静定トラスがA点にてピンで結合され、またy軸に対して下向きの外力Pが作用してつり合っている。①のバーはx軸に平行で長さ2a、②のバーはx軸に対して30°の角度で長さb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。両方とも伸び剛性は同じEAであるとして、以下の設問に回答せよ。

- (1) ①の軸力を N_1 、②の軸力を N_2 として、
A点における力のつり合い式を示せ。
- (2) 軸力 N_1 、 N_2 それぞれ求めなさい。
- (3) A点の垂直方向（y軸方向）変位 λ_v を求めなさい。
- (4) 同じくA点の水平方向（x軸方向）変位 λ_h を求めなさい。

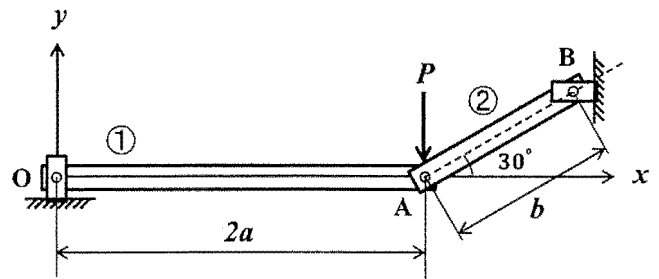


図1 静定トラス

【2】 ある弾性体である薄板の表面に描かれた微小な直角二等辺三角形OAB（ $\overline{OA} = \overline{OB} = a$ ）に応力が作用して変形した問題を考える。図2のように、直角二等辺三角形OAB（点線）がOA'B'（実線）となった。図のn-t座標はx-y座標を反時計回りに45°回転させた座標系である。また、弾性体の材料定数は、縦弾性係数E、横弾性係数G、ポアソン比 ν である。以下の設問に解答せよ。

- (1) 変形前後の図より、垂直ひずみ ε_x 、 ε_y 、せん断ひずみ γ_{xy} をそれぞれ求めよ。
- (2) これより、モールのひずみ円を描きなさい。
- (3) ひずみの座標変換式からt方向の垂直ひずみ ε_t を求めなさい。また、モールのひずみ円から求めた結果と一致することを確認せよ。
- (4) 主ひずみ（ ε_1 、 ε_2 ）を求めなさい。
- (5) 応力とひずみの関係式より、主応力（ σ_1 、 σ_2 ）を求めなさい。
- (6) この時の最大せん断応力は $\tau_{\max}$ とすると、(5)の結果から $\tau_{\max}$ を求めなさい。ただし、 $\sigma_1 > 0$ として回答すること。
- (7) 一方、(4)の結果から最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}$ を求めなさい。
- (8) 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ と最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}$ の関係を示しなさい。
- (9) 横弾性係数GはEと ν を用いて求められる。
G、E、 ν 間に成立つ関係式を示せ。

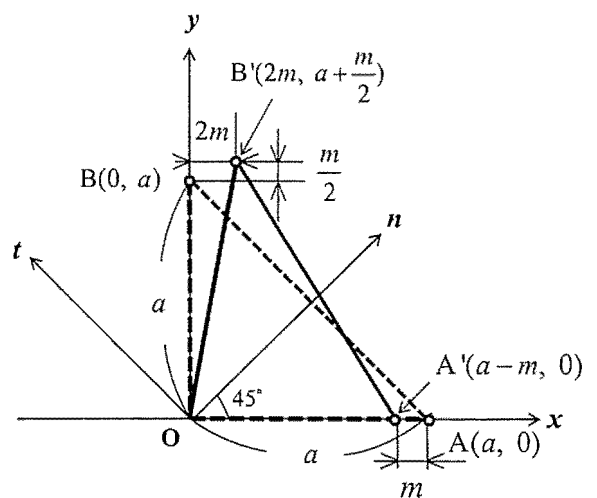


図2 弾性体の表面上の直角三角形の変形

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

2025年9月・2026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」は明確に区別すること

2025年9月・2026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	

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

2025年9月・2026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.

3	/	3
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号		科目名	
---------	--	-----	--