

受験番号: _____

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

材料科学

(問題冊子)

全4問, 解答は問ごとに, 解答用紙に記入すること.

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること.

問題 1

以下の文章における空欄[1]から[5]にあてはまる式, 数字を答えよ.

図 1 に示す X 線ディフракトメーターを用い, 純金属 A 粉末試料の X 線回折実験を行ったところ, 強い回折ピークが複数観測された. 測定に用いた X 線の波長は $\lambda = 0.154 \text{ nm}$ であり, 純金属 A の結晶構造は面心立方構造である. 観測された回折ピークの中で, 最も低い回折角度は $2\theta = 39.0^\circ$ であった. 立方晶金属において, (hkl) 面の結晶面間隔 d は面指数 h, k, l , 格子定数 a を用いると, $d = [\text{ 1 }]$ と表され, また, 結晶面間隔 d と回折角度 2θ , X 線波長 λ の関係は Bragg の式, $\lambda = [\text{ 2 }]$ で表される. これらの式を用いると, 純金属 A の格子定数 a_A は $[\text{ 3 }] \text{ nm}$ と求められる.

次に, 金属 A に金属 B が固溶した固溶体粉末試料について同様に X 線回折実験を行ったところ, 観測された強い回折ピークのうち, 最も低い回折角度は $2\theta = 38.4^\circ$ であった. このとき, 固溶体の格子定数 a_{ss} は $[\text{ 4 }] \text{ nm}$ と求められる. ここで, 純金属 B も格子定数は $a_B = 0.420 \text{ nm}$ の面心立方構造を有しており, 固溶体における B のモル分率 x と固溶体の格子定数 a_{ss} には, 以下に示す Vegard の法則が成り立つと仮定したとき, 固溶体における B のモル分率は $[\text{ 5 }]$ と求められる.

Vegard の法則 : $a_{ss} = a_A(1 - x) + a_B x$

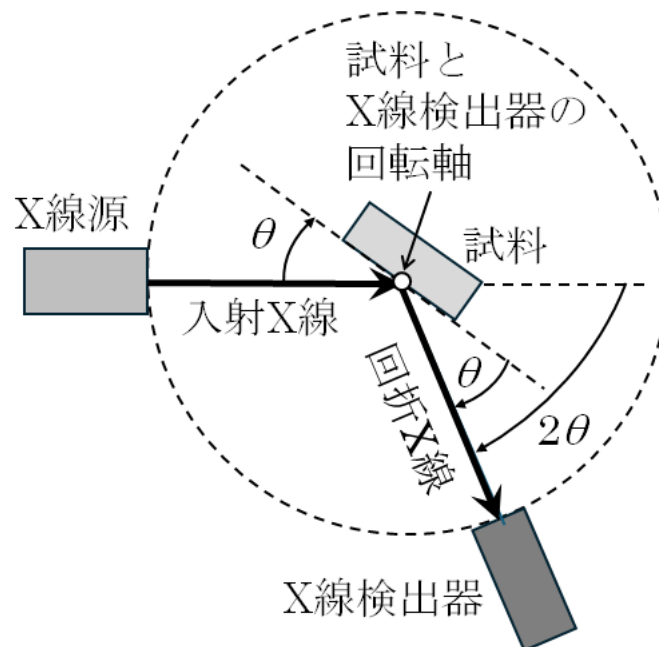


図 1

問題 2

図 2-1 は金属 A と金属 B の二元系平衡状態図である。以下の問いに答えよ。

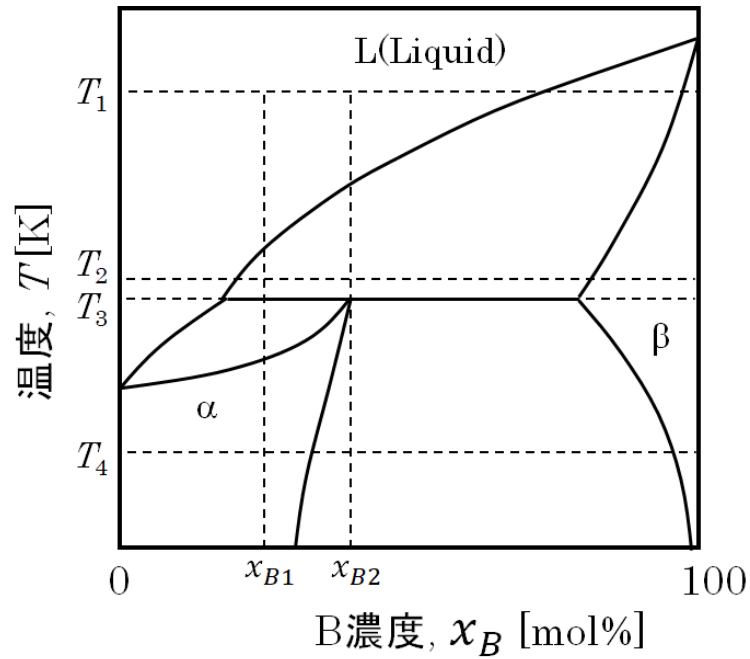


図 2-1

- 1) 温度 T_3 に存在する不変系反応の名称を答え、対応する反応式を答えよ。
- 2) 組成 x_{B2} 、温度 T_2 における自由度 f を求めよ。
- 3) 組成 x_{B1} と x_{B2} の合金を温度 T_1 から T_4 までゆっくりと平衡を保ちながら冷却した。温度 T_2 における組織を図 2-2 に示す。

温度 T_4 における組成 x_{B1} と x_{B2} の合金の組織の模式図を描き、各相の名称を記入せよ。

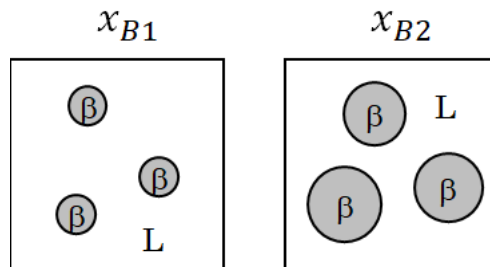


図 2-2

問題 3

- 1) 引張試験で得られる，以下の機械的特性について説明せよ．
a. 引張強さ，b. 全伸び（または，伸び），c. 絞り（または，断面減少率）
- 2) 軟鋼の引張試験を行い，表 1 の試験結果を得た．丸棒引張試験片を用い，変形前の試験片直径は，12.5 mm である．荷重 41.8 kN，試験片の長さ 70.3 mm で破断した．1)で説明した，3つの機械的特性（a.引張強さ，b.全伸び，c.絞り）を求めよ．有効数字は3桁で答えよ．

表 1

荷重 [kN]	試験片の長さ [mm]	試験片断面の直径 [mm]
0	50.0	12.5
32.9	51.3	12.4
37.4	52.0	12.3
40.0	53.0	12.2
48.9	54.8	12.0
51.9	63.2	11.0
48.9	67.2	10.3
41.8	70.3	9.40

問題4

単結晶のすべりについて考える.

- 1) 単結晶の降伏と分解せん断応力との関係を示す, シュミットの法則 (臨界分解せん断応力一定の法則) について説明せよ.

図3のように丸棒の金属単結晶を用いて引張試験を行った. 変形前の丸棒の半径は, 4.00 mm である.

- 2) 降伏した時の荷重が 1.60 kN であった. この時の降伏強さを求めよ. 有効数字は3桁で答えよ.
- 3) 降伏した時の, すべり面の法線方向は引張方向から 45° , すべり方向は引張方向から 60° 傾いていた. この時のシュミット因子を求めよ. 有効数字は3桁で答えよ.
- 4) この金属単結晶の臨界分解せん断応力を計算せよ. 有効数字は3桁で答えよ.

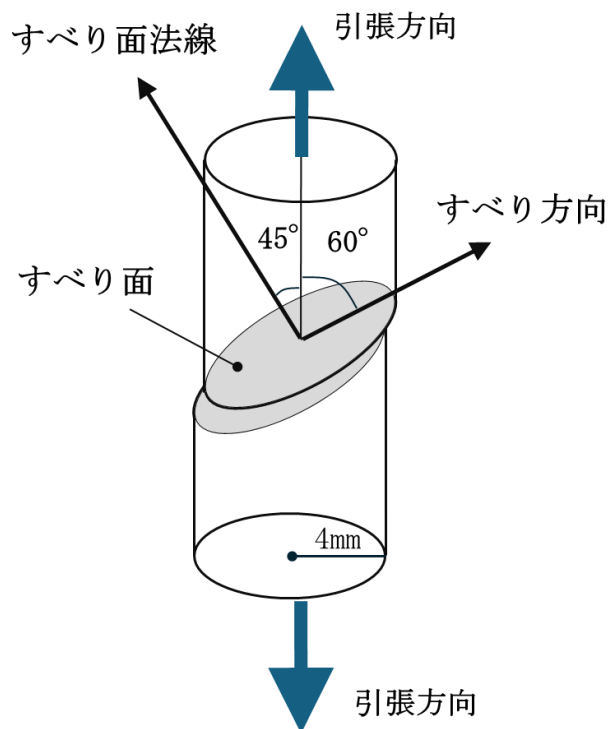


図3

令和7年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

材料・放射光工学専攻入学試験問題 材料科学 解答および解答例

問題 1

[1] $d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$

[2] $\lambda = 2d \sin \theta$

[3] 0.400

[4] 0.406

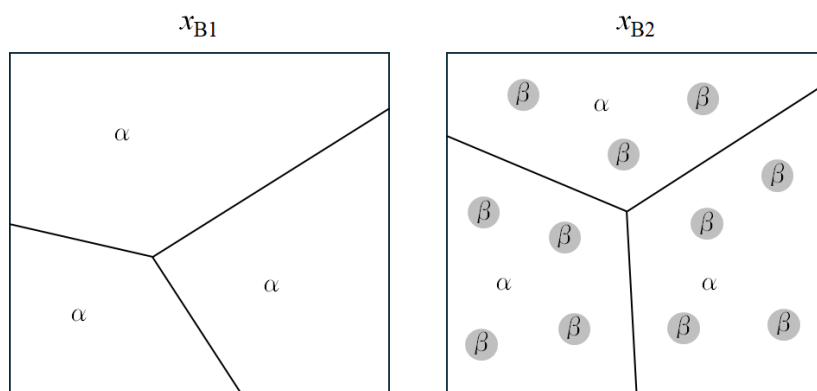
[5] 0.300

問題 2

1) 包晶反応 : $L + \beta \rightarrow \alpha$

2) 1

3)



問題 3

- a. 引張強さ : 423 MPa
- b. 全伸び : 40.6 %
- c. 絞り : 43.5 %

問題 4

1) 単結晶を引っ張ると、その方位によってすべりを起こし始める荷重(降伏応力)は様々である。しかし、活動した各すべり面、すべり方向の臨界せん断応力 τ を求めると、引張方向と活動したすべり面、すべり方向に関わらず τ は一定の値をとる。これを、シュミットの法則あるいは、臨界せん断応力一定の法則という。

2) 31.9 MPa

3) 0.354

4) 11.3 MPa

受験番号: _____

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

物性物理

(問題冊子)

全5問, 解答は問ごとに, 解答用紙に記入すること.

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること.

問題 1

- 1) 平面上に剛体球を隙間なく詰めていくと、図 1-1 に示すように 2 次元の六方格子になる．この上に 2 層目の剛体球をできるだけ隙間なく詰めていくと、図 1-2 のようになる．

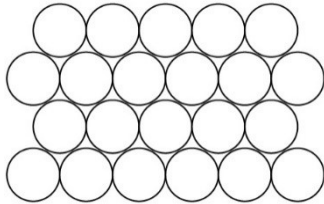


図 1-1 2 次元六方格子

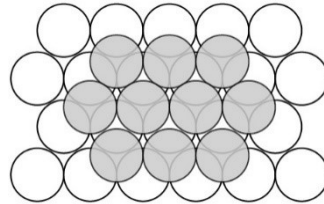


図 1-2 2 次元六方格子 (2 層)

さらにこの上に 3 層目の剛体球をできるだけ隙間なく詰めていく方法は 2 通りある．3 層目の剛体球の配置 (2 通り) を図示し，その結晶構造名を記せ．

- 2) シリコンの常温・常圧における安定な結晶構造はダイヤモンド構造である．ある原子に隣接する (最近接距離となる) 原子の数を示せ．
- 3) シリコンの(100)面，(110)面の原子配置は，それぞれ図 1-3，1-4 のようになる．図中の A 原子と同一面内で共有結合を形成する原子を「実線」でつないで示せ．また，一段下の層にあって A 原子と共有結合を形成する原子を書き込み「破線」でつなげ．

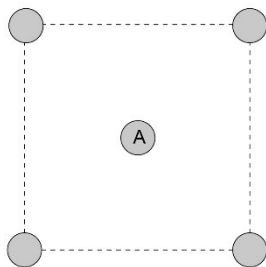


図 1-3 (1 0 0) 面

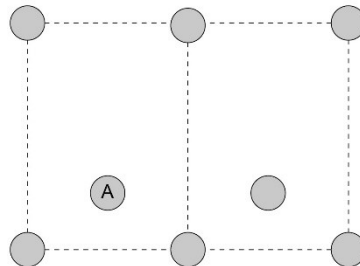


図 1-4 (1 1 0) 面

問題 2

時間に依存しないシュレディンガー方程式は以下のように示される.

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(\mathbf{r}) \right\} \varphi(\mathbf{r}) = \varepsilon \varphi(\mathbf{r})$$

図 2 に示すような 1 次元の無限に深い井戸型ポテンシャル内の粒子 (質量 m) に対して, 上記の時間に依存しないシュレディンガー方程式を適用して波動関数 $\varphi(x)$ を求める.

ポテンシャル $V(x)$ は, 以下のように表される.

$$V(x) = 0 \quad \left(-\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a}{2} \right)$$

$$V(x) = \infty \quad \left(x < -\frac{a}{2}, x > \frac{a}{2} \right)$$

- 1) ポテンシャルが無限となる井戸の外側 ($x < -\frac{a}{2}$ または $x > \frac{a}{2}$) における波動関数 $\varphi(x)$ を求めよ.
- 2) $-\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a}{2}$ の範囲内での関数 $\varphi(x)$ の一般解を示せ.
- 3) $x = -\frac{a}{2}$ と $x = \frac{a}{2}$ の境界条件より, 量子化された ε を求めよ.
- 4) $\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi(x)|^2 dx = 1$ で規格化して, $\varphi(x)$ を求めよ.

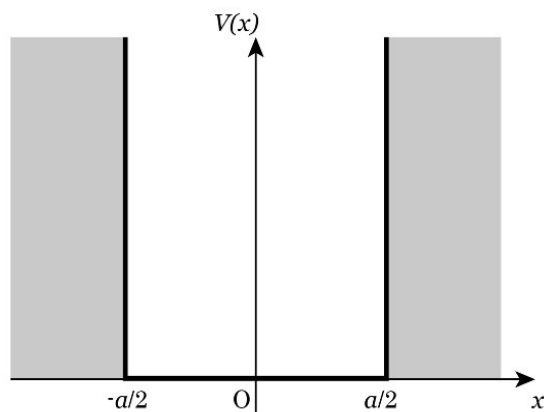


図 2 井戸型ポテンシャル

問題 3

二つの原子間の相互作用ポテンシャルエネルギー $V(r)$ が図 3 のようであった場合、以下の問に答えよ。

- 1) 原子間に働く力の大きさ $F(r)$ とポテンシャルエネルギー $V(r)$ の関係を示せ。
ただし、斥力を正とする。
- 2) 二つの原子間に斥力が働く範囲（原子間距離 r の範囲）を示せ。
- 3) 上記の場合に、斥力が働く原因を示せ。
- 4) 二つの原子間の結合エネルギーはいくらか示せ。

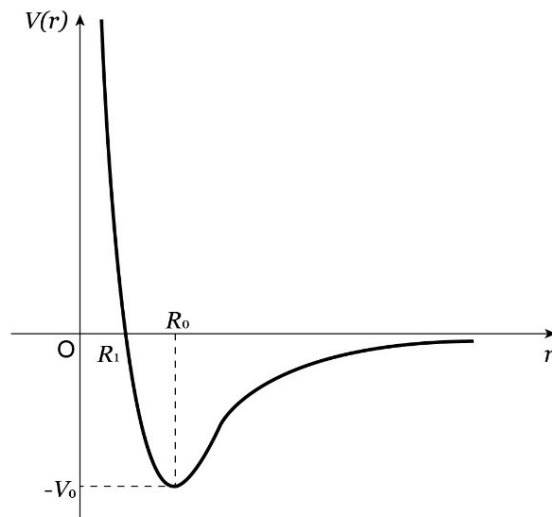


図 3 二つの原子間のポテンシャルエネルギー

問題 4

- 1) 図 4-1 のように、質量 M の原子が格子間隔 a で並び、各原子は隣接する 2 原子とバネ定数 C のバネで繋がっている 1 次元結晶の格子振動を考える。この系の格子振動における最小の波長を答えよ。また、その波長、および波長 $4a$ で振動する原子の変位の様子を図示しなさい。ただし、図 4-1 の原子は平衡点にあり、振動の変位は 1 次元結晶に垂直（紙面内の上下）方向とする。

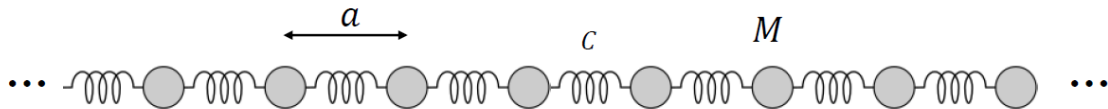


図 4-1 1 種類の原子からなる 1 次元結晶の格子振動を考えるためのモデル。

- 2) 図 4-2 のように、質量 M_A, M_B ($M_A > M_B$) の A 原子, B 原子が格子間隔 a で交互に並び、隣接する原子がバネ定数 C のバネで繋がったモデルを用いて、2 種類の原子からなる 1 次元結晶の格子振動を考える。

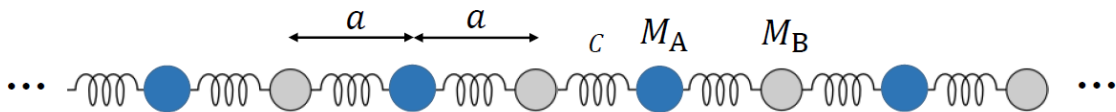


図 4-2 2 種類の原子からなる 1 次元結晶の格子振動を考えるためのモデル。

二つの原子の変位に対する運動方程式からは、次式が導出される。

$$\omega^2 M_A A = 2CA - 2C \cos(ka) B$$

$$\omega^2 M_B B = 2CB - 2C \cos(ka) A$$

ここで、 $\omega (\geq 0)$ は角振動数、 k は波数、 A と B はそれぞれ A 原子と B 原子の振動の振幅である。

この連立方程式から、系の分散関係を求めなさい。また、振動モードの数を理由と共に答えなさい。

- 3) 2) で求めた振動モードについて、 $k = 0$ における ω の値を求め、A 原子と B 原子の振動の変位の様子を図示しなさい。ただし、図 4-2 の原子は平衡点にあり、振動の変位は 1 次元結晶に垂直（紙面内の上下）方向とする。また、振動の変位の様子を導いた過程も記述すること。

問題5

1 辺の長さが L の正方形の金属中の自由電子について考える．自由電子の波数は

$$k_\alpha = \frac{2\pi}{L} n_\alpha, \quad n_\alpha = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad \alpha = x, y$$

と量子化されており，自由電子のエネルギーは，

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} (k_x^2 + k_y^2)$$

で与えられる．ここで， $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ， h はプランク定数， m は自由電子の質量である．以下の問に答えなさい．

- 1) 基底状態，第一励起状態の量子数 (n_x, n_y) を答えなさい．
- 2) 自由電子には上向きスピン状態と，下向きスピン状態がある．そして波数空間において，巨視的数の自由電子が，パウリ原理に従ってエネルギーの低い状態から順に詰まっていく．フェルミエネルギー $E_F = \frac{\hbar^2}{2m} k_F^2$ を，電子密度 $n = \frac{N}{L^2}$ を用いて表しなさい．ここで， k_F はフェルミ波数， N は全自由電子数である．
- 3) 電子密度が $n = 1.6 \times 10^{19} \text{m}^{-2}$ である金属のフェルミエネルギーを，温度を単位として答えなさい．ただし， $\hbar = 1.1 \times 10^{-34} \text{Js}$ ， $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ， $k_B = 1.4 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$ とする．ここで， k_B はボルツマン定数である．
- 4) 絶対温度 T において，どちらかのスピン状態の電子がエネルギー E の状態を占有する確率は，フェルミ分布関数

$$f(E) = \frac{1}{\exp[(E - \mu)/(k_B T)] + 1}$$

で表される．ここで， μ は化学ポテンシャルで， $T = 0$ においてフェルミエネルギーに等しい． $T = 0$ ， T_1 ， T_2 ($0 < T_1 < T_2$) における $f(E)$ を E の関数として図示しなさい．図には適宜スケール (目盛り) を入れ，それぞれの温度での $f(E)$ の違いが分かるように図示すること．

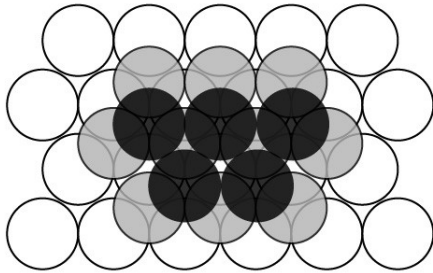
- 5) $T = 0$ ，および有限温度における $f(E)$ の E 依存性を，パウリ原理と熱励起の観点から説明しなさい．

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

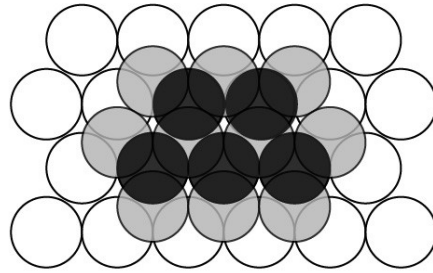
材料・放射光工学専攻入学試験問題 物性物理 解答および解答例

問題 1

1)



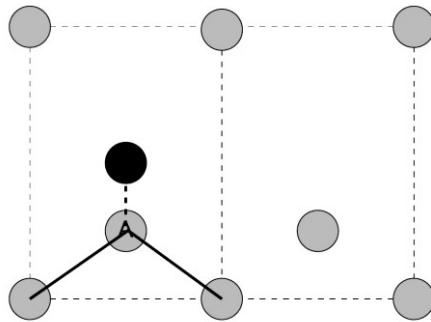
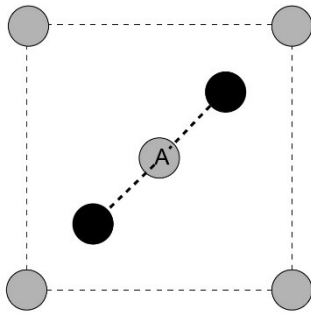
面心立方構造



六方最密充填構造

2) 4

3)



問題 2

1) $\varphi(x) = 0$

2) $\varphi(x) = Ae^{i\frac{\sqrt{2m\varepsilon}}{\hbar}x} + Be^{-i\frac{\sqrt{2m\varepsilon}}{\hbar}x}$

3) $\varepsilon = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{N\pi}{a} \right)^2$

N は任意の自然数

4) N が奇数の場合,

$$\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \cos\left(\frac{N\pi x}{a}\right)$$

N が偶数の場合,

$$\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{N\pi x}{a}\right)$$

問題 3

1) $F(r) = -\frac{dU(r)}{dr}$

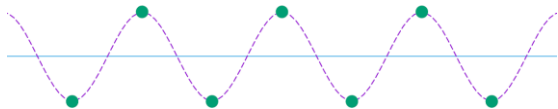
2) $0 \leq r \leq R_0$

3) 二つの原子を近づけると、お互いの電子軌道どうしの重なり合いが大きくなり、パウリの排他律により最もエネルギーの小さな軌道に電子が入れなくなる。そのため、エネルギーの大きな軌道に電子が入るため斥力が生じる。

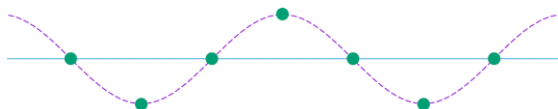
4) V_0

問題 4

1) $\lambda = 2a$



$\lambda = 4a$



2) $\omega_{\pm}(k) = \left[C \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \pm C \sqrt{\left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^2 - \frac{4}{M_A M_B} \sin^2(ka)} \right]^{1/2}$

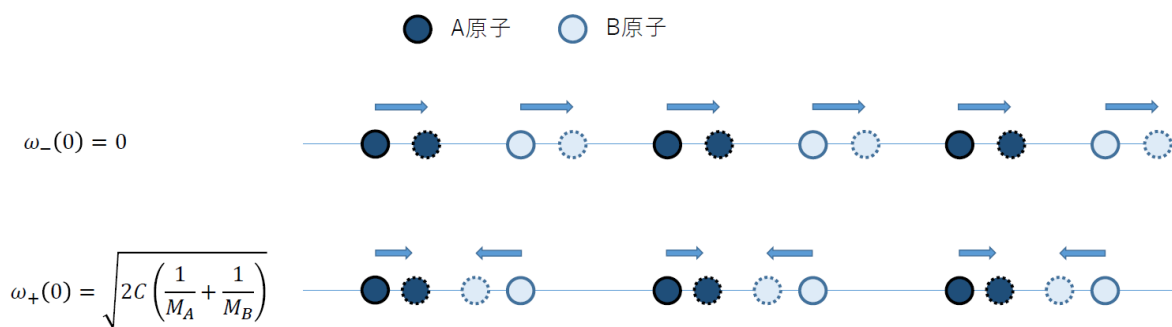
複号により二つのモードがある.

3) $\omega_{\pm}(0) = \begin{cases} \sqrt{2C \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)} \\ 0 \end{cases}$

• $\omega_{+}(0) = \sqrt{2C \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)}$ の場合, $\begin{pmatrix} \frac{M_A}{M_B} & 1 \\ 1 & \frac{M_B}{M_A} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ より, $A:B = M_B:-M_A$

• $\omega_{-}(0) = 0$ の場合, $\begin{pmatrix} 2C & -2C \\ -2C & 2C \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ より, $A = B$

これらの振動の様子を図示すると



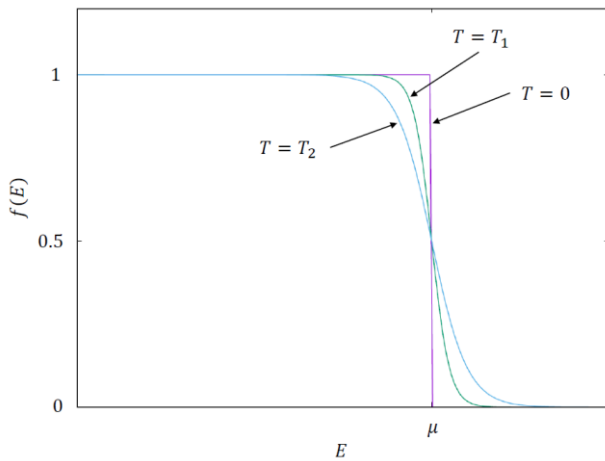
問題 5

1) GS: $(n_x, n_y) = (0, 0)$, 第 1 励起状態 : $(n_x, n_y) = (\pm 1, 0), (0, \pm 1)$.

2) $E_F = \frac{\pi \hbar^2 n}{m}$.

3) $E_F \approx 4.8 \times 10^4$ K

4)



5) $T = 0$ では, $E = 0$ からパウリ原理に従って低エネルギー準位から順に, $E = E_F$ まで電子が詰まっているので, $0 \leq E < E_F$ で $f(E) = 1$, $f(E_F) = 1/2$, $E_F < E$ で $f(E) = 0$. 有限温度では熱励起により, $E = \mu$ 近傍で $E \leq \mu$ のエネルギーの電子が $\mu \leq E$ に励起され、励起に寄与する電子は μ を中心としておよそ $2k_B T$ のエネルギー幅に分布すると評価される. 以上より, 図のようなエネルギー依存性になる.

受験番号: _____

令和7年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

力学

(問題冊子)

全2問, 解答は問ごとに, 解答用紙に記入すること.

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること.

(力学 問題 1)

問題 1

二つの原子の距離が r であるとき、それらの間のポテンシャルエネルギー $V(r)$ が次式で表されるものとする.

$$V(r) = c(1 - e^{-a(r-b)})^2$$

以下の問題について答えよ. ただし, a, b, c は正の定数とし, 原子の質量は等しく m とする.

- 1) ポテンシャルエネルギーが最小となる距離 r_e を a, b, c の中から必要なものを選び表せ.
- 2) 二原子間の距離が r_e である状態から二原子間の距離を無限大にするために必要なエネルギー (解離エネルギー) の最小値を a, b, c の中から必要なものを選び表せ.
- 3) $r = r_e$ 近傍でポテンシャルエネルギーを級数展開し, $(r - r_e)^2$ の係数を a, b, c の中から必要なものを選び表せ. 必要であれば次に示すテイラーの定理を用いよ.

[テイラーの定理]

閉区間 $[\alpha, x]$ で n 回微分可能な関数 $f(x)$ について

$$f(x) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{f^{(k)}(\alpha)}{k!} (x - \alpha)^k + \frac{f^{(n)}(\beta)}{n!} (x - \alpha)^n$$

を満たす β ($\alpha < \beta < x$)が存在する. ただし, $f^{(k)}(x)$ を関数 $f(x)$ の第 k 次導関数とする.

- 4) 二原子間の距離が r_e である状態から, 原子を互いに逆向きに同じだけ微小量変位させ, その後初速度 0 で運動を開始させた. 二原子間の距離が r であるときに二原子間に作用する力を $(r - r_e)$ のべき級数で表し, 2 次以上の項を無視すると, r の時間変化に関して次の微分方程式が近似的に成り立つ.

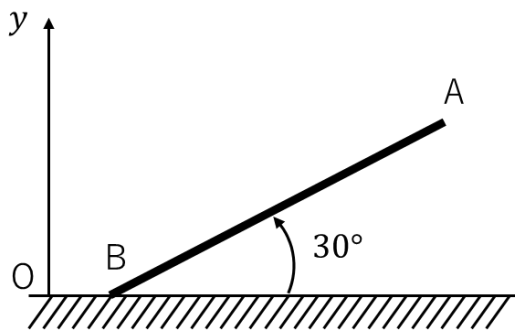
$$\frac{d^2 r}{dt^2} \approx -K(r - r_e)$$

Newton の運動方程式を利用して, K の値を m, a, b, c の中から必要なものを選び表せ.

(力学 問題2)

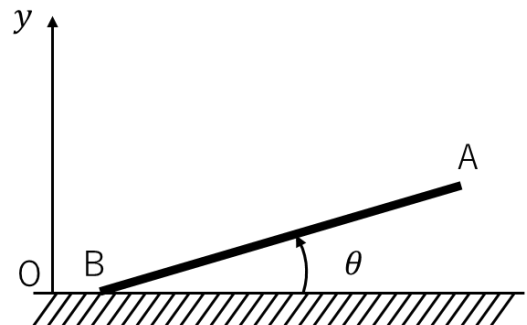
問題 2

はじめ、図1のように長さ L 、質量 M の様な細長い棒 AB が滑らかで水平な床面に対して 30° の角度で置かれていた。その後、上端 A を静かに放すと図2のように下端 B が床面を滑って倒れた。重力加速度の大きさを g 、棒が床面となす角度を θ 、その時間 t に関する導関数 $\frac{d\theta}{dt}$, $\frac{d^2\theta}{dt^2}$ をそれぞれ $\dot{\theta}$, $\ddot{\theta}$ とし、転倒中の運動に関する以下の問題について答えよ。ただし、下端 B は常に床面と接しているものとし、棒と床との摩擦、空気抵抗は無視せよ。また、鉛直上向きを y 軸とし原点 O を床面上に定める。



初期状態($t = 0$)

図 1



転倒中

図 2

- 1) 棒の重心の y 座標を L, θ の中から必要なものを選び表せ。
- 2) 初期状態における位置エネルギーを L, M, g, θ の中から必要なものを選び表せ。
- 3) 棒の重心の速さを $L, \theta, \dot{\theta}$ の中から必要なものを選び表せ。
- 4) 棒の重心まわりの慣性モーメントを L, M の中から必要なものを選び表せ。
- 5) 棒の回転エネルギーを $L, M, \theta, \dot{\theta}$ の中から必要なものを選び表せ。
- 6) エネルギー保存則を用いて、上端 A が床面に接する直前の角速度 $\dot{\theta}$ の大きさを L, M, g, θ の中から必要なものを選び表せ。

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

材料・放射光工学専攻入学試験問題 力学 解答および解答例

問 1

- 1) b
- 2) c
- 3) a^2c
- 4) $\frac{4ac^2}{m}$

問 2

- 1) $\frac{L}{2} \sin \theta$
- 2) $\frac{MgL}{4}$
- 3) $\frac{L}{2} \dot{\theta} \cos \theta$
- 4) $\frac{ML^2}{12}$
- 5) $\frac{ML^2}{24} \dot{\theta}^2$
- 6) $\sqrt{\frac{3g}{2L}}$

受験番号: _____

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

電磁気学

(問題冊子)

全3問, 解答は問ごとに, 解答用紙に記入すること.

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること.

(電磁気学 問題 1)

問題 1

以下の記述について正しいものには○を，誤っているものには下線部を修正した文言を記せ．

- 1) 電場，および電束密度はベクトル量である．電位もベクトル量である．
- 2) 誘電率の異なる材料で電極間が満たされた，電極面積と電極間距離の等しい 2 つのコンデンサに，それぞれ独立の回路で同じ量の電荷を与えた場合，誘電率の高い材料でできたコンデンサの方が誘電体内の電場の大きさは小さい．
- 3) 単一の点電荷が存在する空間において，点電荷からの距離が 2 倍になると，電場の大きさは 2 倍になる．
- 4) 金属の電気抵抗率は一般に，温度が高くなるほど高くなる．
- 5) 外部から磁場を与えられると，その磁場を打ち消す方向に磁化する物質を常磁性体とよぶ．

問題 2

- 1) 図 1 に示すように、無限に長い、太さの無視できる直線状の導線を流れる大きさ I_0 の電流によって、電流の方向に対して右ねじを回す方向に磁束密度 $\mathbf{B}_0$ が発生する。このとき、導線から垂直距離 r の地点における磁束密度の大きさ $|\mathbf{B}_0|$ を求めよ。計算過程も示せ。また、以下の等式を参考にしてもよい。

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

ここで C と $d\mathbf{l}$ はそれぞれ、設定した閉曲線とその中の線素ベクトル、 μ_0 は真空中の透磁率、 I は閉曲線内を通り抜ける電流の大きさである。

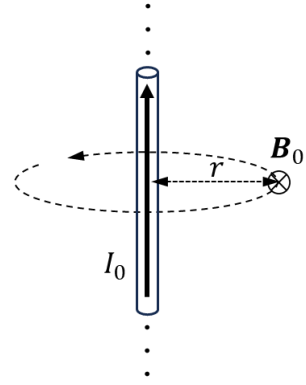


図 1

- 2) 図 2 に示すように、無限に長い、太さの無視できる直線の導線 2 本に、互いに反平行の電流が流れている。導線間の距離が 10 cm、左右の導線に流れる電流がそれぞれ $I_1 = 1.0 \text{ A}$ 、 $I_2 = 5.0 \text{ A}$ であるとき、右側の導線の電流 I_2 から発する磁束により左側の導線が長さ 1.0 m あたりに受ける力の大きさを、1) の結果を利用して単位 [N] で、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$ で、アンペールの力に関する等式は、

$$\Delta \mathbf{F}_1 = I_1 \Delta \mathbf{l}_1 \times \mathbf{B}_2$$

である。ここで $\Delta \mathbf{F}_1$ は左側の導線の単位素片が受ける力、 $\Delta \mathbf{l}_1$ は左側の導線の線素ベクトル、 I_1 は左側の導線の電流値、 $\mathbf{B}_2$ は右側の導線の電流が発する磁束密度の、左側の導線の線素ベクトル位置における大きさと向きである。

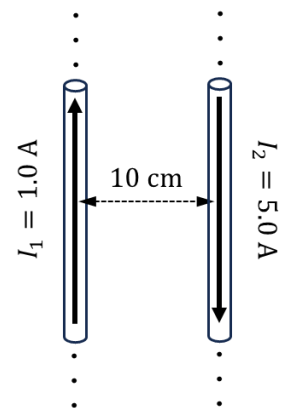


図 2

- 3) 2) において 2 本の導線の受ける力は引力であるか斥力であるかを答えよ。その際、2) に示したアンペールの式の形と、式中の物理量 (ベクトル量) の示す向きを引用して、そのように答えた根拠も述べよ。

問題 3

図 3 の回路はホイートストン・ブリッジと呼ばれ、精密に電気抵抗を測定する際に用いられる．ここで電圧値 V と，抵抗値 R_1 と R_2 は既知であり， R_3 は可変抵抗の抵抗値である．回路図中の G は検流計である．この回路において抵抗値 R_3 を調節したところ，検流計を流れる電流がゼロとなった．

1) 分岐点 B および分岐点 E においてキルヒホッフの第 1 法則を適用し，電流の保存則に関する関係式を， I_1 から I_4 を用いて示せ．

2) 閉回路 $[ABED]$ および $[BCFE]$ についてキルヒホッフ第 2 法則（電位に関する法則）に基づいた関係式を立て，1) の式と組み合わせることで，未知の抵抗値 R_4 を既知の物理量を用いて表せ．計算過程も示せ．

3) 抵抗値を評価するには一見，図 4 に示すような単純な回路を用いれば十分のように思われる．電源には無視できない内部抵抗が存在する（図 4 は理想的な回路を示した図にすぎない）ことを踏まえ，抵抗値の精密な決定においてホイートストン・ブリッジを用いる意義を適宜，回路図や式などを示しながら論ぜよ．

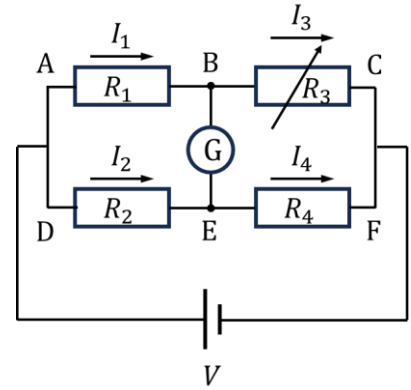


図 3

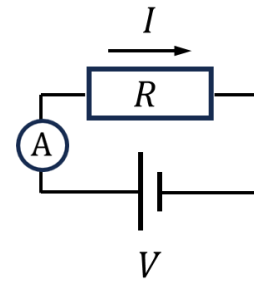


図 4

令和7年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

材料・放射光工学専攻入学試験問題 電磁気学 解答および解答例

問題 1

- 1) はスカラー
- 2) ○
- 3) 4分の1
- 4) ○
- 5) 反磁性体

問題 2

- 1) $\frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$
- 2) $1.0 \times 10^{-5} \text{ N}$
- 3) 斥力

問題 3

- 1) 分岐点 B : $I_1 = I_3$, 分岐点 E : $I_2 = I_4$

- 2) $\frac{R_2 R_3}{R_1}$

- 3) 図4の単一抵抗回路では，電源の内部抵抗を考慮して抵抗値 R を計算すると $R = \frac{I}{V} - r$ となり，未知の内部抵抗値 r が含まれるため抵抗値をあまり精度よく求められない．一方、ホイートストン・ブリッジ回路では2)の解答に示す通り，内部抵抗の値を含まずに未知の抵抗の値を精度良く評価できる．

受験番号: _____

令和7年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

基礎化学

(問題冊子)

全2問, 解答は問ごとに, 解答用紙に記入すること.

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること.

(基礎化学 問題 1)

問題 1

以下の問題に、単位も含めて,適切に答えよ。解答は有効数字 2 桁で求めよ。

ただし、絶対零度は -273°C 、大気圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

- 1) ある熱力学的な変化において、そのときに熱として移動したエネルギー $q [\text{J}]$ 、エントロピーの変化 $\Delta S [\text{J K}^{-1}]$ 、そのときの温度 $T [\text{K}]$ の関係を示す式を記せ。
- 2) $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、 0.00°C の氷 5.00 mol を 0.00°C の水にするとき、そのエントロピー変化を求めよ。ただし、氷の融解エンタルピーは 0.00°C で 6.01 kJ mol^{-1} とする。
- 3) $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、 0.00°C の水 5.00 mol を 100°C の水にするとき、そのエントロピー変化を求めよ。ただし、この温度範囲での水の定圧モル熱容量は $75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ で一定であるとする。
- 4) $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、 100°C の水 5.00 mol を 100°C の水蒸気にするとき、そのエントロピー変化を求めよ。ただし、水の蒸発エンタルピーは 100°C で 40.6 kJ mol^{-1} とする。
- 5) $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、 0.00°C の氷 10.0 mol を温めて 100°C の水蒸気にするとき、そのエントロピー変化を求めよ。

(基礎化学 問題 2)

問題 2

以下の問題に、単位も含めて,適切に答えよ. 解答は有効数字 2 桁で求めよ. ただし, 絶対零度を -273°C とする.

- 1) ギブズエネルギー G [J], エンタルピー H [J], 温度 T [K], ならびにエントロピー S [J K^{-1}] の関係式を記せ.
- 2) 300 K において, 1.00 mol の原料物質 A が分解し, 2.00 mol の物質 B が生成する反応のエンタルピー変化およびエントロピー変化はそれぞれ 50.0 kJ および 200 J K^{-1} であるとする. この反応のギブズエネルギー変化を計算せよ.
- 3) 上記問題「2)」の反応は, エネルギー的な観点から自発的に起こるといえるか?
- 4) ある反応から得られるエネルギーを利用するとして, その反応のギブズの自由エネルギー変化量 ΔG [J] およびエンタルピー変化量 ΔH [J] を用いて, その反応で利用できるエネルギーの理論効率 η を求めよ.
- 5) 常温 (298 K)で, ある反応で出来る電池のエンタルピー変化量 ΔH が -400 kJ で, エントロピー変化量 ΔS が -50.0 J K^{-1} であった. その電池の理論エネルギー効率 η を計算せよ.

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

材料・放射光工学専攻入学試験問題 基礎化学 解答および解答例

問題 1

1 - 1) $\Delta S = q/T$

1 - 2) 11 J K^{-1}

1 - 3) 120 J K^{-1}

1 - 4) 550 J K^{-1}

1 - 5) 1500 J K^{-1}

問題 2

2 - 1) $G = H - TS$

2 - 2) -10 kJ

2 - 3) ギブズエネルギー変化が負（マイナス）なので，自発的には反応する．

2 - 4) $\eta = \Delta G / \Delta H$

2 - 5) 96%

受験番号: _____

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科(博士前期課程)

材料・放射光工学専攻入学試験問題

小論文

(問題・解答冊子)

解答は、問題文の下のスペースに記入すること。

解答スペースが足りない場合は解答用紙の裏面に記入すること。

受験番号: _____

問題

本専攻を選んだ理由，および大学院で何を研究するか，そして，その研究を通してどのように社会貢献したいかについて，以下に論述しなさい．

令和 7 年度兵庫県立大学大学院工学研究科（博士前期課程）

材料・放射光工学専攻入学試験問題 小論文 出題の意図

以下の 2 点を，論理的に説明できるか，正しい日本語で記述できるかをみた．

1. 材料・放射光工学専攻で学ぶ目的が明確であるか
2. 社会の課題や要請に関心を持っているか