2026(令和 8)年度
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験(一般入試 第 1 次募集)

学力試験問題

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース
情報電子工学系専攻 共創情報学コースG系

専門科目

第 1 日(力学, 熱力学, 電磁気学)

注 意 事 項

1. 監督員から試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません.

2. 問題冊子は, この表紙を含め, 合計 8 枚です. 試験開始後, 問題用紙の不足や印刷の不良に気づいた場合は, 直ちに監督員に申し出てください. 問題用紙は, 解答用紙も兼ねているので, 試験後すべて提出してください.

3. 次の 3 科目に解答してください (3 科目必須).

力学	3 枚
熱力学	2 枚
電磁気学	2 枚

4. すべての問題用紙に受験番号を必ず記入してください. 氏名を記入してはいけません.

5. 草案用紙は 1 枚です. 草案用紙は持ち帰ってください.

試験科目名	力学	受 験 番 号	

[1]，[2]の問題全てに答えよ．

[1] 2 つの質点 A と B が，互いに力をおよぼし合いながら運動しており，その他の外力は働いていないとする．質点 A，B の質量をそれぞれm_{A}，m_{B}，位置ベクトルをそれぞれ$\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}$，$\boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}$とし，質点 B が A に及ぼす力を$\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}$，質点 A が B に及ぼす力を$\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}$とする．質点 A，B の角運動量をそれぞれ$\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}$，$\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}}$とおくと，この系の全角運動量$\boldsymbol{L}$は$\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}+\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}}$となる．時刻を$t$とし以下の問に答えなさい．問題文で定義していない文字式を答案に使う場合はその定義を述べること．[50 点]

(1) (a) $\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}+\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}=\boldsymbol{0}$ となる理由と，(b) $\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}} \parallel \boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}-\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}$ となる理由を，ニュートンの運動の法則に基づいてそれぞれ説明しなさい．

(2) 質点 A に対する運動方程式を答えなさい．

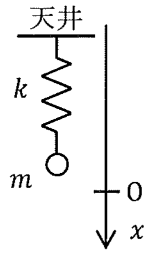
(3) $\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}$の定義式を答えなさい．

(4) $\dfrac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}$ となることを示しなさい．

(5) $\dfrac{d}{dt}\boldsymbol{L}$ を求めなさい．

試験科目名	力学	受 験 番 号	

[2] 図のように，質量の無視できるバネ定数kのバネの一端を天井に固定し，もう一端に質量mの質点を取り付ける．鉛直方向下向きにx軸をとり，つり合いの位置をその原点とする．バネが自然長の長さになるように質点をx軸に平行に動かし，時刻$t = 0$で静かに手を放すという実験をした．質点はx軸に沿って振動したが，その振幅は指数関数的に減衰しやがて静止するという観測結果を得た．この質点の運動について述べた以下の枠線内の文章の空欄[ア]～[コ]を埋めるのに適切な文字式，用語，数値を，解答欄に答えなさい．gを重力加速度の大きさ，eをネイピア数(自然対数の底)とする．[50 点]



まず初期条件を考察する．バネが自然長の長さになるように質点をx軸に平行に動かし，時刻$t = 0$で静かに手を放したことから，$t = 0$での初期座標x_0，初速度v_0はそれぞれ$x_0 =$[ア]，$v_0 =$[イ]である．

観測結果から，この質点には何らかの抵抗力が働いていることがわかる．この抵抗力が質点の速度の 1 次に比例し，その比例定数が$\Gamma\ (>0)$であると仮定すると，この質点に対する運動方程式は，

[ウ] ①

となる．①式は，$\gamma \equiv \Gamma/m$，抵抗力が全く働かない場合の単振動の角振動数をω_0として

$$\frac{d^2}{dt^2}x + \gamma\frac{d}{dt}x + \omega_0^2 x = 0 \quad ②$$

という常微分方程式に帰着される．pをある定数として$x = e^{pt}$が②式の解となるためには，pは，

[エ] ③

という条件を満たさなければならない．この方程式③を②の[オ]という．③式を満たす定数pは

(a) 2 つの異なる実数p_1，p_2
(b) 1 つの実数p_0
(c) 2 つの互いに複素共役な複素数p_1，$p_2\ (= p_1^*)$

の 3 通りに場合分けできる．②の一般解はC_1，C_2を任意定数とし，

$$x = \begin{cases} C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} & ((\mathrm{a}),\ (\mathrm{c})\text{の場合}) \\ (C_1 t + C_2) e^{p_0 t} & ((\mathrm{b})\text{の場合}) \end{cases}$$

と書ける．これらの一般解のうち，観測結果を説明できるのは(c)のみである．この場合C_1，C_2も複素定数となるが，質点の座標xが任意の時刻tに対し実数であるという条件から，C_1とC_2の間には$C_2 =$[カ]という関係が成り立たなければならない．

(c)の場合に方程式③を解くと，iを虚数単位として$p =$[キ]$\pm i \cdot$[ク]が得られる．一般解$x = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t}$に$C_2 =$[カ]の条件を考慮すると，一般解は，$A$，$B$を任意実定数として

$$x = \exp([\ キ\ ]\cdot t)\cdot\left[A\cos([\ ク\ ]\cdot t) + B\sin([\ ク\ ]\cdot t)\right] \quad ④$$

のように，実関数で表すことができる．はじめに考察した初期条件$x_0 =$[ア]，$v_0 =$[イ]を考慮すると，任意実定数A，Bはそれぞれ

$A =$[ケ]，$B =$[コ]

となることがわかる．

試験科目名	力学	受 験 番 号	

解答欄

[ア]		[イ]	
[ウ]			
[エ]			
[オ]		[カ]	
[キ]		[ク]	
[ケ]		[コ]	

(以下余白)

試験科目名	熱力学	受験番号	

[1], [2]の問すべてに答えよ.

[1] 単体物質の状態変化に関する以下の問に答えよ. p, T, V はそれぞれ圧力, 絶対温度, 体積, R は気体定数, n はモル数である. 【50 点】

(1) 図 1.1 の(a)～(c)から, 単体物質の代表的な状態図(相図)として正しいものを1つ選んで答えよ.

(2) (1)で選んだ図の①～③の領域が示す相をそれぞれ答えよ.

(3) (1)で選んだ図の臨界点と三重点を, 点 A～D から選んでそれぞれ答えよ.

(4) (1)で選んだ図の曲線 AB 上で成り立つ式を, 選択肢(a)～(d) から1つ選んで答えよ. ここで L と ΔV はそれぞれ状態変化に伴って発生する潜熱と体積変化量である.

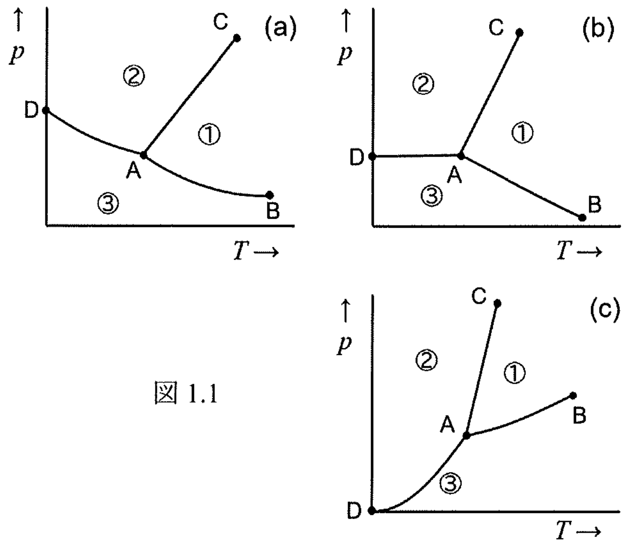


図 1.1

選択肢: (a) $p=\dfrac{nR}{\Delta V}\exp\left(-\dfrac{L}{T}\right)$ (b) $\dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T}=\dfrac{L}{T\Delta V}$ (c) $\dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T}=\dfrac{1}{\Delta V}\ln\left(\dfrac{L}{T}\right)$ (d) $p=\dfrac{nR}{\Delta V}\left(\dfrac{L}{T}\right)^{\frac{3}{2}}$

(5) 図 1.1 の曲線 AD 上, 点 A, 領域② それぞれにおける, 相の数と自由度(可変度)を答えよ.

(6) 図 1.2 の破線(直線) z_0～z_2 は単体物質の3態それぞれのモルギブズ自由エネルギー G_m の温度変化を示している.

(6-1) z_0 と z_1 それぞれが該当する相を答えよ.

(6-2) 実際の相変化にしたがう G_m の温度変化を, 図 1.2 中へ, z_0～z_2 の破線を利用して実線で描き入れよ.

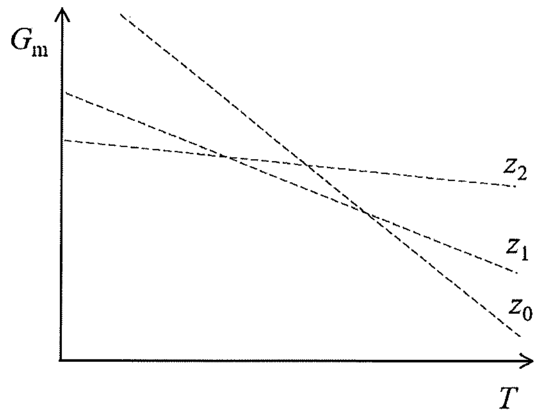


図 1.2

解答欄

(1)		(2)	①		②		③	

(3)	臨界点		三重点		(4)	

(5)	AD	相の数	自由度	A	相の数	自由度	②	相の数	自由度

(6-1)	z_0		z_1	

試験科目名	熱力学	受験番号	

[2] 以下の問に答えよ.　　【50 点】

(1) n モルの理想気体が“状態 0”（体積 V_0, 圧力 p_0, 絶対温度 T_0）になっている. この気体へ下記の過程 1 と過程 2 を施す. 気体の定積モル熱容量を C_V として以下に答えよ.

過程 1: 温度を一定に保ちながら可逆的に気体の体積を $V_1\ (> V_0)$ の“状態 1”へ変化させる.

過程 2: 過程 1 に続けて, 気体の体積を保ちながら温度を $T_2\ (< T_0)$ の“状態 2”へ変化させる.

(1-1) 過程 1 における気体の内部エネルギー変化量 ΔU_1 を答えよ.

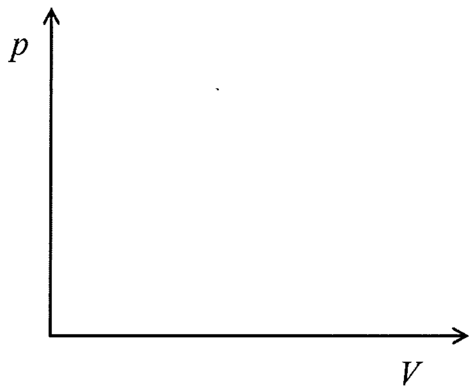
(1-2) 過程 1 で気体に対して行われた仕事 w を, V_0 と V_1 を含む式で示せ.

(1-3) 過程 1 におけるエントロピーの変化量 ΔS_1 を V_0 と V_1 を含む式で示せ.

(1-4) 過程 2 に伴う気体の内部エネルギー変化量 ΔU_2 を答えよ.

(1-5) 過程 2 に伴う気体のエントロピー変化量 ΔS_2 を示せ.

(1-6)“状態 0”,“状態 1”,“状態 2”と“過程 1”,“過程 2”の関係を, 右の p-V 図へ図示せよ.



p-V 図

(2) 熱力学基本式 $\mathrm{d}U = T\mathrm{d}S - p\mathrm{d}V$ を用いて, $\mathrm{d}G = V\mathrm{d}p - S\mathrm{d}T$ を導出せよ. ここで p, V, T はそれぞれ圧力, 体積, 温度, U, S, G はそれぞれ内部エネルギー, エントロピー, ギブズ自由エネルギーである.

試験科目名	電磁気学	受験番号	

[1] , [2] の問題すべてに答えよ。

[1] 真空の誘電率 (電気定数) を ε_0 として以下の問に答えよ。[50 点]

(1) 真空中において、2 次元直交座標系の y 軸上の 2 点 $\mathrm{A}(0,a)$, $\mathrm{B}(0,-a)$ と x 軸上の点 $\mathrm{C}(x,0)$ $(x>0)$ に電荷量 Q $(Q>0)$ の点電荷をおく (図 1)。

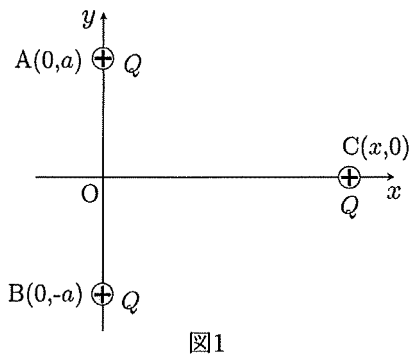


図1

(1-1) 点 C にある点電荷に働くクーロン力の大きさ $F(x)$ を求めよ。

(1-2) 問題 (1-1) のクーロン力の大きさ $F(x)$ が最大となる x の値を求めよ。

(2) 真空中において、半径 a の球表面上に面電荷密度 σ で電荷が一様に分布しているとき、この球中心から距離 r の位置における電場の大きさを積分形ガウスの法則を用いて求めよ。

(3) 静電容量がそれぞれ C_1, C_2, C_3, $\cdots$ C_n のキャパシタを直列接続するとき、この n 個 $(n \geq 2)$ のキャパシタの合成静電容量 C は個々の静電容量 C_1, C_2, C_3, $\cdots$ C_n よりも小さくなることを示せ。

試験科目名	電磁気学	受験番号	

[2] 真空中において、太さが無視できる無限に長い直線状導線に強さ I の電流を流す。真空の透磁率 (磁気定数) を μ_0 として以下の問に答えよ。[50 点]

(2-1) 直線状導線からの距離 R における磁束密度の大きさ $B(R)$ が $B(R) = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi R}$ となることをアンペールの法則を用いて示せ (図 2-1 参照)。

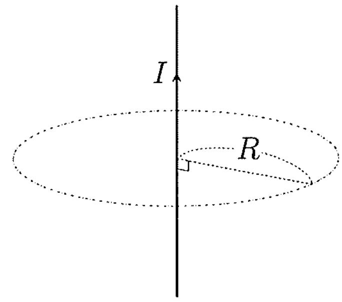


図2-1

(2-2) 図 2-2 のように、強さ I の電流を流した直線状導線から距離 $d(d > 0)$ の位置に、各辺の長さが a と b の長方形コイル ABCD を長辺 b が直線状導線に平行になるように配置する。長方形コイルに図のような微小幅 $\mathrm{d}x$ の帯状部分をとるとき、この帯状部分を貫く磁束 $\mathrm{d}\Phi$ を答えよ。

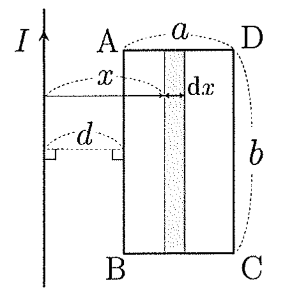


図2-2

(2-3) 長方形コイル ABCD を貫く全磁束 Φ を求めよ。

(2-4) 長方形コイル ABCD の自己インダクタンス L を求めよ。

(2-5) 時刻 t において、直線状導線に強さ I_0、角周波数 ω の交流電流 $I(t) = I_0 \sin \omega t$ を流したとき、長方形コイル ABCD に誘起される起電力 $\phi(t)$ を求めよ。

2026(令和 8)年度
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験（一般入試 第 1 次募集）

学力試験問題

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース
情報電子工学系専攻 共創情報学コースＧ系

専門科目

第 2 日（応用物理学）

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません.

2. 問題冊子は，表紙（本頁），問題選択記入用紙，問題用紙の合計 14 枚です.
試験開始後，問題用紙の不足や印刷の不良に気づいた場合は，直ちに監督員に申し出てください．問題用紙は，解答用紙も兼ねているので，<u>試験後すべて提出してください</u>.

3. 応用物理学の【1】～【6】から 4 題を選択して解答してください.

【1】量子力学	2 枚	【4】物理系実験	4 枚
【2】統計力学	2 枚	【5】応用力学	1 枚
【3】固体物理	1 枚	【6】材料科学	2 枚

問題選択記入用紙に受験番号を記入し，<u>選択した 4 題がわかるように</u>解答問題選択欄の空欄に〇を付けてください.
5 つ以上の問題に〇を付けた場合，応用物理学は 0 点になります.

4. 解答しなかった問題も含め，すべての問題用紙に受験番号を必ず記入してください．氏名を記入してはいけません.

5. 試験終了後，問題選択記入用紙も問題用紙に併せて提出してください.

6. 草案用紙は 1 枚です．草案用紙は持ち帰ってください.

2026(令和 8)年度
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験（一般入試 第 1 次募集）

学力試験問題
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

情報電子工学系専攻 共創情報学コース G 系

応用物理学 問題選択記入用紙

受験番号を下の枠に記入してください.

受験番号	

下の【1】～【6】から**4 つの問題を選択し，解答**してください.
選択した 4 つの問題がわかるように、**下の欄に○を４つ** 付けてください.
○のある問題の解答だけを採点します.
白紙答案がある場合でも，4 つ選んで○を付けてください.
なお，**5 つ以上○を付けた場合は**，応用物理学は 0 点とします.

選択しなかった問題用紙を含め，**すべての問題用紙に受験番号を記入**してください.
試験終了後，**この用紙およびすべての問題用紙を提出してください**.

解答問題選択欄

【1】 量子力学	【2】 統計力学	【3】 固体物理	【4】 物理系実験	【5】 応用力学	【6】 材料科学

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【1】量子力学			

$h\,(=2\pi\hbar)$ をプランク定数、ε_0 を真空の誘電率（電気定数）、e を素電荷、m を電子の質量とする。以下の問に答えよ。[75点]

水素原子の電子に対するシュレーディンガー方程式 $H\psi = E\psi$ について、ハミルトニアン H は、以下の式で与えられる。

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m}\left[\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\Lambda(\theta,\phi)\right] - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}, \qquad \Lambda(\theta,\phi) = \frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial\phi^2}$$

ここで、陽子は原点に位置し、極座標を用いて電子の座標を $\boldsymbol{r} = (r,\theta,\phi)$ と表した。

1s状態の固有関数 ψ_0 は、ボーア半径 a_0 を用いて、以下のように表すことができる。

$$\psi_0(r,\theta,\phi) = C_0 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right), \qquad a_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2}$$

位置 $\boldsymbol{r}$ における電子の確率密度は、波動関数 $\psi(\boldsymbol{r})$ の絶対値の2乗で与えられる。よって、ψ_0 の規格化因子 C_0 は、確率密度を全空間で積分した値が 1 に等しくなるように定められる。

(1) $C_0 = (\pi a_0^3)^{-1/2}$ を示せ。極座標の微小体積要素が $r^2\sin\theta\, dr d\theta d\phi$ であることを用いてよい。

(2) H を ψ_0 に演算し、固有エネルギーが $E_0 = -\hbar^2/(2ma_0^2)$ となることを示せ。

(3) 電荷 $+2e$ のイオンの周りに1個の電子が束縛されたヘリウム陽イオン (He^+) の1s状態について、固有関数を $\psi_1(r,\theta,\phi) = C_1\exp(-r/a_1)$, 固有エネルギーを E_1 と表すとき、a_1/a_0 と E_1/E_0 を導出せよ。C_1 は規格化因子である。

==

(解答欄)

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【1】量子力学			

(解答欄)

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【2】統計力学			

問題 [1] と [2] の全ての問に解答すること。以下では、T を絶対温度、k_B をボルツマン定数、$\beta = 1/k_BT$ とする。必要に応じて $X \gg 1$ のときに成立するスターリングの公式 $\log X! = X \log X - X$ を使ってよい（log は $\log_e$ を表す）。また必要な変数の定義や条件の設定は自身で行ってよい。解答には計算過程も合理的な範囲で含めること。

[1] エネルギー準位が 0 と $\varepsilon (> 0)$ の 2 準位を持つ粒子が N 個（$N \gg 1$）存在する孤立系を考える。粒子は区別可能であり、相互作用は無視できるものとする。系全体のエネルギーを E とする。[45 点]

(1) エネルギー ε の粒子が n 個あるときの系の状態数 Ω を求めよ。

(2) (1) における系の全エネルギー E を n と ε で表せ。

(3) ミクロカノニカル集合におけるエントロピー S を求めよ。なお、スターリングの公式等を利用し、式を簡単な形に整理すること。

(4) エントロピー S を用いて E と T の関係を導け。

(5) E の温度依存性より、低温極限（$T = 0$）と高温極限（$T \to \infty$）における 1 粒子あたりのエネルギーをそれぞれ求めよ。

（解答欄）

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【2】統計力学			

[2] ある孤立系（全系）を部分系と熱浴に分けて考える。全系のエネルギーを E_{tot}、部分系のエネルギーを E_n とすると、残りの系（熱浴）のエネルギーは $E_{\mathrm{tot}} - E_n$ となる。ここで、n は固有状態を表す量子数である。また、熱浴と部分系は熱的に接しており、熱浴は部分系より十分に大きいものとする。[30 点]

(1) 熱浴のエントロピーを $S_{\mathrm{bath}}(E_{\mathrm{tot}} - E_n)$ とし、E_{tot} の周りで E_n に関してテイラー展開せよ。展開は一次までで良い。

(2) 部分系がエネルギー E_n を持つ確率 P は、熱浴の状態数 $\Omega_{\mathrm{bath}}(E_{\mathrm{tot}} - E_n)$ に比例する。このことと (1) のテイラー展開から、部分系がエネルギー E_n を持つ確率 P が $e^{-\beta E_n}$ に比例することを導け。

(3) 部分系の分配関数 Z の定義を書け。また (2) の確率 P を Z を用いて与えよ。

（解答欄）

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【3】固体物理			

[1]〜[3]までの問題すべてに答えよ．［75 点］

[1] 以下の文章の空欄ア〜オに最も適当な語句を記入せよ．［25 点］

(1) 正方晶系におけるブラベー格子として定義されるのは，単純正方格子と［ア］正方格子の二つのみである．これは［イ］正方格子は，より小さな単純正方格子に等価であり，［ウ］正方格子は，より小さなもう一方のブラベー格子(ア)に等価であることによる．

(2) 金属の絶対零度でのフェルミエネルギーE_{F0}は，自由電子近似では金属中の自由電子の［エ］のみの関数である(電子の質量は金属によらず一定)．したがって，ともに体心立方構造をとるK(格子定数：5.2 Å，原子価：1)とBa(格子定数：5.0 Å，原子価：2)では［オ］の方がE_{F0}が大きい．

[2] 以下の設問に答えよ．［25 点］

(1) ダイヤモンドが非常に硬いという性質は，構成元素である炭素：Cの結合様式の影響が大きいが，これは何結合か答えよ． (1)

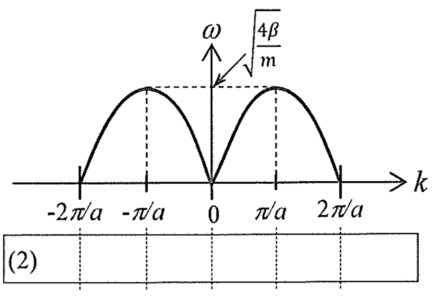
(2) 一定磁場中に置かれた半導体に，磁場と垂直な方向に電流が流れている定常的な状況を考える．このとき，電流と磁場の両方に垂直な方向で同じ向きに測定した電圧の符号は，キャリアがホールであるp型半導体と電子であるn型半導体の場合で同じか逆か答えよ． (2)

(3) 単元素金属の格子モル比熱についてデバイモデルで考えた場合，デバイ温度より十分高温である値に漸近するが，これは気体定数Rを用いてどう表されるか答えよ． (3)

(4) ある立方晶系の結晶構造を持つ化合物の多結晶粉末に対して，ディフラクトメータ法でX線回折実験を行なった(使用X線の波長は1.54 Å)．回折角：$\theta = 30.0°$ (注意：2θ ではなくθ)で明瞭な回折ピークが見られた．これが(304)面からの回折ピークである場合，その格子面間隔dと格子定数aを求めよ．ただし，格子定数は10 Åより小さいことがわかっているものとする．

[3] 以下の設問に答えよ．［25 点］

(1) 質量mの原子が間隔aで規則正しく並んでいる一次元単純格子結晶において，隣接原子間にのみフックの法則に従う力(係数：$\beta > 0$)が働くとした場合の，この結晶中を伝搬する波の角振動数ωと波数kの間の分散関係は，右図のようになる．これを式で表せ．



(2) 図の下の枠内に，第1ブリルアン帯の波数域を両矢印 (⟷) で示せ．

(3) 上で描いた分散関係の曲線において，何がこの波が伝搬する(群)速度vを表しているか，言葉と式で表せ．

(4) この分散関係から，この結晶中を伝搬することができない波にはどのような特徴があるか答えよ．

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[1]～[4]の問題すべてに答えなさい。(75 点)

[1]　　　　【20 点】

(1) 0 ~ 150 mm の長さの測定ができる一般的なキャリパーで物の長さを測定した。図 1 および図 2 は，その時にキャリパーが示した値である。図を読み取り，その値に単位をつけて解答しなさい。

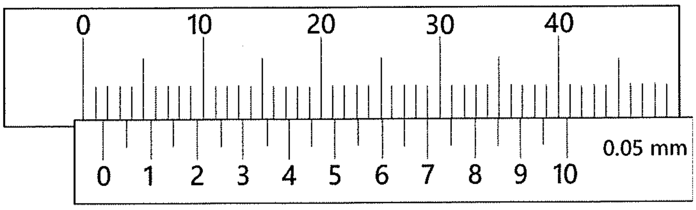


図 1

図 1 の解答

____

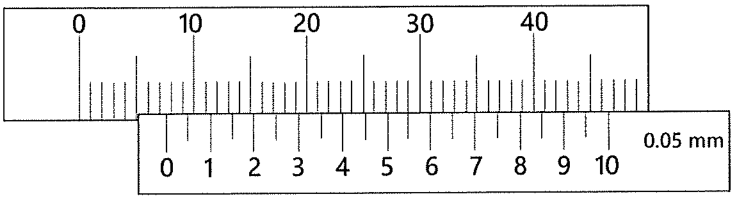


図 2

図 2 の解答

____

(2) 0 ~ 25 mm の長さの測定ができる一般的なマイクロメータ(最小目盛 0.01 mm)で板状物体の厚さを測定した。図 3 および図 4 は，その時にマイクロメータが示した値である。図を読み取り，その値に単位をつけて解答しなさい。ただし，0.001 mm の位の値は目分量でよい。

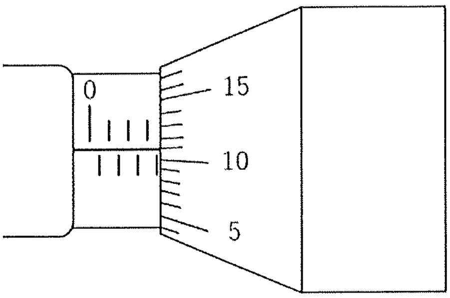


図 3

図 3 の解答

____

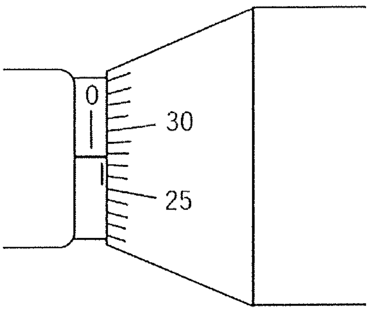


図 4

図 4 の解答

____

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[2] 以下の単位に対し，最もふさわしい物理量の名称を以下の語群 A から選び解答欄に書きなさい。

【15 点】

単位	解答欄 (物理量の名称)
J	
m/s^2	
C	
J/K	
J/(mol·K)	

語群 A

真空中の光速，電気定数，仕事，ボーア磁子，電子の質量，プランク定数
重力加速度，電気素量，アボガドロ数，ボルツマン定数，気体定数

[3] 粉末 X 線回折測定に関する以下の問いに答えなさい。 【20 点】

(1) d を結晶格子面間隔，λを X 線波長，θ を視射角，$n = 1, 2, 3, \cdots$ として Bragg の法則の式を書きなさい。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) Cu Kα 線(波長$\lambda = 0.154$ nm)を用いてある金属の粉末 X 線回折測定を行ったところ，$2\theta = 38.0°$に強い回折ピーク(1 次回折)が観測された。Bragg の法則を用いて面間隔 d を単位 nm で求めなさい。(有効数字 3 桁)

必要があれば，次の値を利用して良い。$\sin 19.0° = 0.326$，$\sin 38.0° = 0.616$

(2) ＿＿＿＿＿＿＿＿ nm

(3) (2)で測定した物質が立方晶であり，$2\theta = 38.0°$の強い回折ピークが(110)面に対応するとき，この金属の格子定数 a を単位 nm で求めなさい。(有効数字 3 桁)

必要があれば，次の値を利用して良い。$\sqrt{2} = 1.41$，$\sqrt{3} = 1.73$

(3) ＿＿＿＿＿＿＿＿ nm

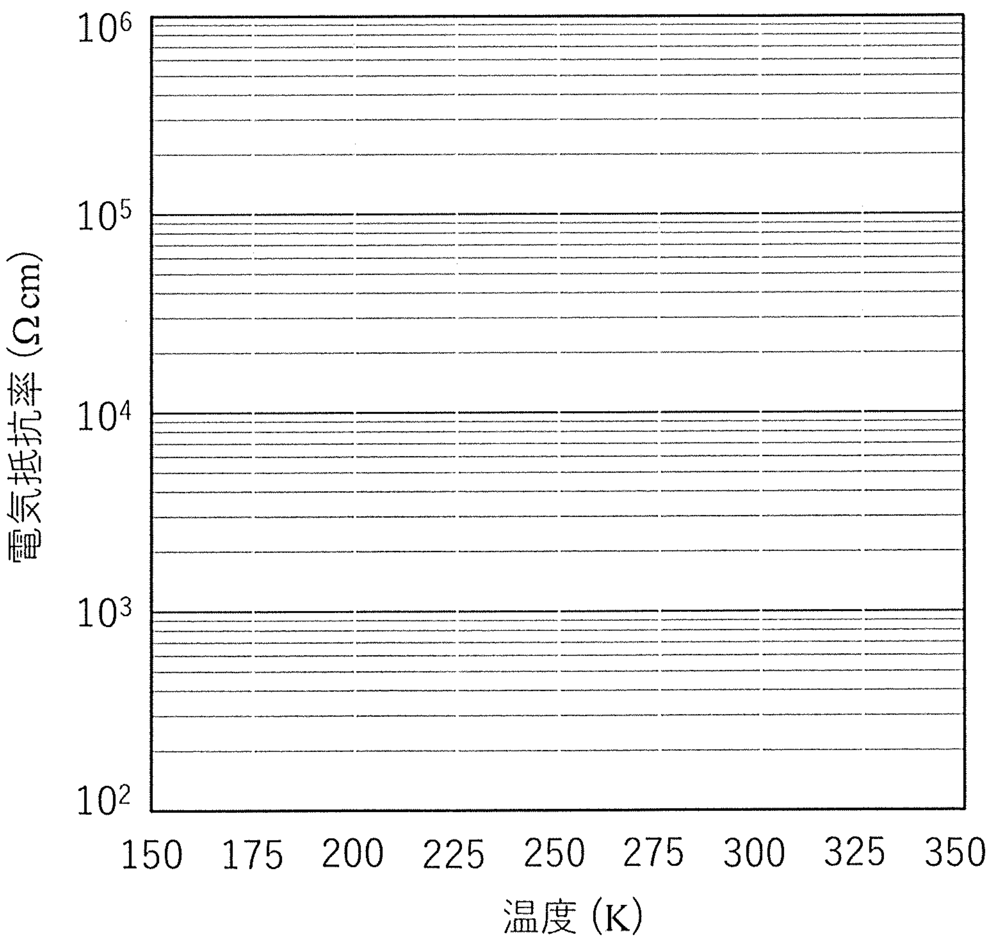
試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[4]　【20 点】

(1) 半導体の電気抵抗率の温度依存性を測定したところ，以下の表 1 のような結果が得られた。このデータをグラフにプロットしなさい。また，このグラフの特徴を簡単に説明しなさい。プロットの点は，黒丸ではっきりとわかりやすく記入すること。

表1

温度 (K)	電気抵抗率 (Ω cm)
300	1.00×10^3
275	4.20×10^3
250	1.80×10^4
225	1.20×10^5
200	1.00×10^6



グラフの特徴

[4]

(2) 半導体の電気抵抗率の温度依存性$\rho(T)$は,

$$\rho(T) = \rho_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right) \qquad ①$$

と表される。ここで B は定数（単位 : K）であり，今回の測定結果から得られた B は，$B = 6000$ K であった。温度 $T_1 = 300$ K における電気抵抗率ρ_1は，(1)の表から$\rho_1 = 1.00 \times 10^3\ \Omega$ cm である。これらを利用してρ_0を求めなさい。(有効数字 3 桁)

必要があれば，次の値を利用して良い。$\exp(20) = 4.85\times10^8$, $\exp(-20) = 2.06\times10^{-9}$

ρ_0 = ______________ Ω cm

(3) 熱活性型の半導体の電気抵抗率は，伝導電子の数 n と反比例の関係にある($\rho \propto n^{-1}$)。この n とバンドギャップE_gとの間には,

$$n \propto \exp\left(-\frac{E_g}{2k_B}\cdot\frac{1}{T}\right) \qquad ②$$

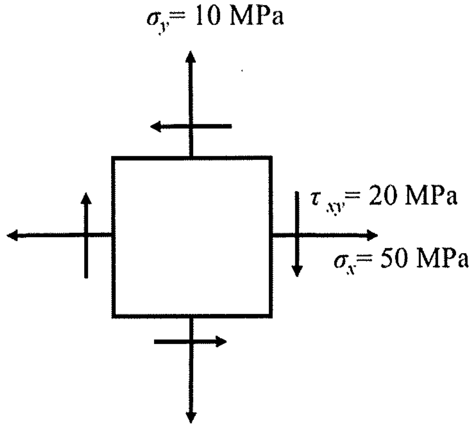
の関係がある。①式および②式をよく比較して，$k_B = 8.62\times10^{-5}$ eV/K としてこの半導体のバンドギャップE_gを求めなさい。(有効数字 3 桁)

E_g = ______________ eV

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【5】 応用力学			

図のような微小要素で示される、ある物体のX-Y 二次元応力場について次の問に答えよ。せん断応力は時計回りを正とし、必要に応じて$\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$として計算せよ。[75点]

(1) モールの応力円を描け



(2) 主応力 σ_1、σ_2および最大せん断応力 τ_{max} を求めよ

(3) X-Y 座標と主応力面のなす角度を求めよ

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【6】 材料科学			

(1 ページ/2 ページ)

図1はマグネシウム(Mg)–ニッケル(Ni)二元系平衡状態図である。図中Lは液相、(Mg)および(Ni)は、それぞれ固溶体を表している。以下の(1)〜(5)に答えなさい。各温度における物質の相変態は、平衡状態図の通りに進行すると考える。また圧力は一定とする。[75 点]

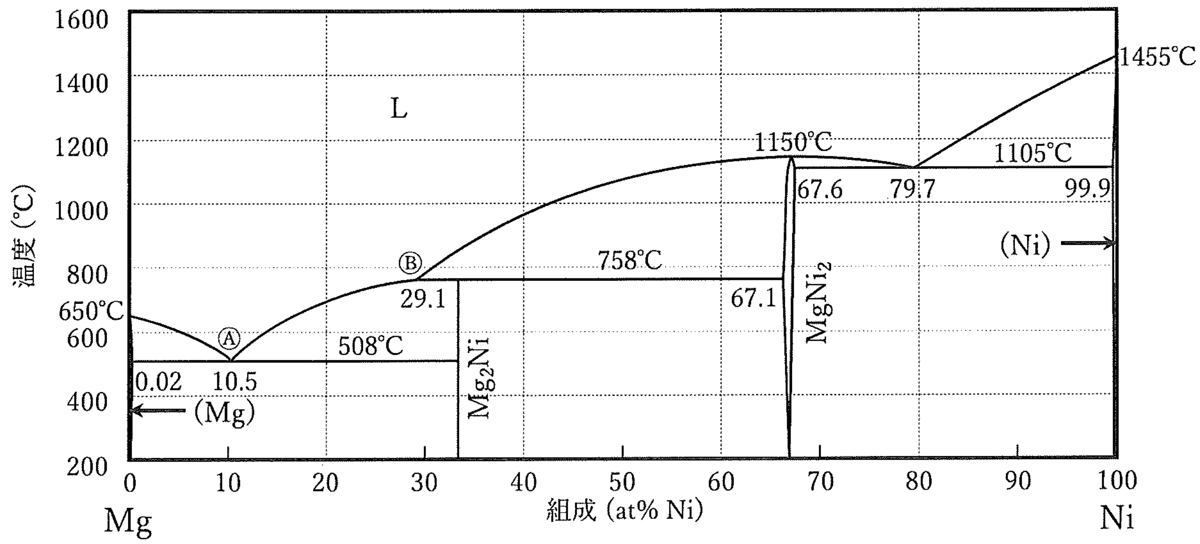


図1 Mg–Ni 二元系平衡状態図

(1) この状態図中の曲線Ⓐ–Ⓑの名称を答えなさい。

(2) 組成 Mg–20 at%Ni の液相をゆっくり冷却する。この組成で曲線Ⓐ–Ⓑが示す温度に達すると、液相から最初に Mg_2Ni 相が析出する。このように、液相から最初に析出する固相の名称を答えよ。

(3) この状態図に存在する不変系反応について、反応名、反応温度および反応式を全て答えなさい。ただし、純金属は考慮しない。

反応名	反応温度	反応式

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【6】 材料科学			

(4) 組成 Mg–90 at%Ni の液相をゆっくり冷却した。等温線が示す 1105°C直上(1105°Cのわずかに高い温度)で平衡にあるすべての相の組成を、相の名称とともに答えなさい。

相の名称	組成

(5) 1455°CにおけるＬ相および(Ni)相のギブス自由エネルギーを、それぞれ G_L および G_{Ni} とするとき、組成–自由エネルギー線図の概略を描きなさい。共通接線が引ける場合には明示しなさい。また、縦軸・横軸の名称も図に記入しなさい。

組成–自由エネルギー線図（T= 1455°C）

Mg　　　　　　　　　　Ni

2026(令和 8)年度 4 月入学

室蘭工業大学大学院工学研究科

博士前期課程入学試験(一般入試 第 1 次募集)

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

情報電子工学系専攻 共創情報学コース G 系

2025 年 8 月 26 日 実施

学力試験問題

専門科目 (力学, 熱力学, 電磁気学)

解答例

2026(R8)年度 4 月入学 工学研究科 博士前期課程入学試験(一般入試 第 1 次募集)
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース | 情報電子工学系専攻 共創情報学コース G 系
専門科目(力学, 熱力学, 電磁気学) 解答例

試験科目名	力学	解答例

[1]

(1) ニュートンの運動の第三法則(作用・反作用の法則)より, 質点 A と B とが互いにおよぼし合う力は, Ⓐ 2 つの質点を結ぶ直線に平行で, Ⓑ 大きさが等しく互いに反対向きである.
(a) Ⓑより$\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}+\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}=\boldsymbol{0}$となる.
(b) Ⓐより$\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}} \parallel \boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}-\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}$となる.

(2)
$$m_{\mathrm{A}}\frac{d^2}{dt^2}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}=\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}$$

(3)
$$\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times m_{\mathrm{A}}\frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}$$

(4)
$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}&=\frac{d}{dt}\left(\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times m_{\mathrm{A}}\frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\right)\\&=\frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times m_{\mathrm{A}}\frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}+\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times m_{\mathrm{A}}\frac{d^2}{dt^2}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\\&=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times m_{\mathrm{A}}\frac{d^2}{dt^2}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\quad\left(\because \frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}} \parallel m_{\mathrm{A}}\frac{d}{dt}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\right)\\&=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}\quad\left(\because (2)\text{より } m_{\mathrm{A}}\frac{d^2}{dt^2}\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}=\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}\right)\end{aligned}$$

(5) 系の対称性から, $\frac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}}$ は(4)の添字 A と B を入れ替えたものとなる: $\frac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}}=\boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}$.
$$\begin{aligned}\therefore \frac{d}{dt}\boldsymbol{L}=\frac{d}{dt}(\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}+\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}})&=\frac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{A}}+\frac{d}{dt}\boldsymbol{L}_{\mathrm{B}}\\&=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}+\boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}\quad(\because (4))\\&=\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}}\times(-\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}})+\boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}\quad(\because (1)(\mathrm{a})\text{より}\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}=-\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}})\\&=(\boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}-\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}})\times\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}\\&=\boldsymbol{0}\quad(\because (1)(\mathrm{b})\text{より}\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}} \parallel \boldsymbol{r}_{\mathrm{B}}-\boldsymbol{r}_{\mathrm{A}})\end{aligned}$$

[2]

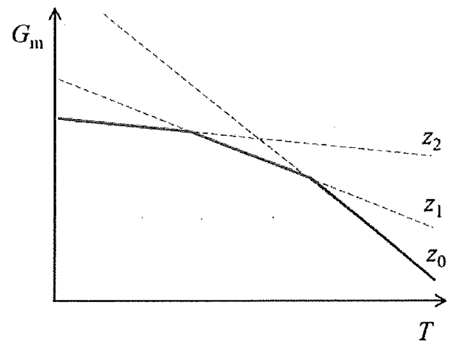
[ア]	$-\frac{mg}{k}$	[イ]	0
[ウ]	$m\frac{d^2}{dt^2}x=-kx-\Gamma\frac{d}{dt}x$		
[エ]	$p^2+\gamma p+\omega_0^2=0$		
[オ]	特性方程式	[カ]	C_1^* (C_1の複素共役)
[キ]	$-\frac{1}{2}\gamma$	[ク]	$\sqrt{\omega_0^2-\frac{\gamma^2}{4}}$
[ケ]	$-\frac{mg}{k}$	[コ]	$-\frac{\gamma}{\sqrt{4\omega_0^2-\gamma^2}}\frac{mg}{k}$

試験科目名	熱力学	解答例

[1]

(1)	(c)		(2)	①	液相	②	固相		③	気相	
(3)	臨界点	B	三重点	A		(4)	(b)				
(5)	AD	相の数	自由度	A	相の数	自由度	②	相の数	自由度		
		2	1		3	0		1	2		
(6-1)	z_0	気相	z_1	液相							

(6-2)



[2]

(1)

(1-1) 温度変化がないので, $\Delta U_1 = 0$ である。

(1-2) $d'w = -pdV$ へ $pV = nRT_0$ を代入して $d'w = -pdV = -\dfrac{nRT_0}{V}dV$ を得る. これより,

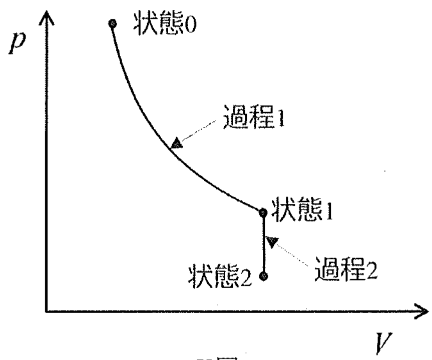
$$w = \int_{V_0}^{V_1} -\frac{nRT_0}{V}dV = -nRT_0\int_{V_0}^{V_1}\frac{1}{V}dV = -nRT_0 \ln\frac{V_1}{V_0}$$ である. $\therefore\ w = -nRT_0 \ln\dfrac{V_1}{V_0}$

(1-3) $\Delta U_1 = q + w = 0$ より $q = -w = nRT_0 \ln\dfrac{V_1}{V_0}$ である. したがって $\Delta S_1 = \dfrac{q}{T_0} = nR\ln\dfrac{V_1}{V_0}$

(1-4) $\Delta U_2 = q + w = nC_V(T_2 - T_0) + 0 = nC_V(T_2 - T_0)$

(1-5) $\Delta S_2 = \displaystyle\int_{T_0}^{T_2}\frac{nC_V}{T}dT = nC_V \ln\left(\frac{T_2}{T_0}\right)$

(1-6)



p-V 図

(2) $G = H - TS$ と $H = U + pV$ より, $dG = dH - d(TS) = dU + d(pV) - d(TS)$

これへ $dU = TdS - pdV$ を代入して整理すると,

$$dG = dU + d(pV) - d(TS) = TdS - pdV + Vdp + pdV - SdT - TdS = Vdp - SdT$$

となる.

試験科目名	電磁気学	解答例

[1]

(1)

(1-1) 点 A,B の電荷から点 C に働くクーロン力は y 軸方向成分が相殺されるため、

$$F(x) = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0(x^2+a^2)}\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}} \times 2 = \frac{Q^2}{2\pi\varepsilon_0}\frac{x}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

となる。

(1-2) $\dfrac{\mathrm{d}F(x)}{\mathrm{d}x} = 0$ のとき $F(x)$ の大きさは最大値となるから、

$$\frac{\mathrm{d}F(x)}{\mathrm{d}x} = \frac{Q^2}{2\pi\varepsilon_0}\frac{x^2+a^2-3x^2}{(x^2+a^2)^{\frac{5}{2}}} = 0$$

より $x = \dfrac{a}{\sqrt{2}}$ $(x>0)$ のとき $F(x)$ が最大となる。

(2) 半径 a の球と中心を同じくする半径 r の球表面を積分範囲 S_0 とし、S_0 上の微小面積を $\mathrm{d}S$、単位法線ベクトルを $\boldsymbol{n}$ とすると、$r<a$ では S_0 内の総電荷量がゼロであるから $E(r)=0$ となり、$a \leq r$ では S_0 内の総電荷量 Q が $Q = 4\pi a^2\sigma$ であるから、積分形ガウスの法則より、

$$\int_{\mathrm{S}_0} \boldsymbol{E}(r)\cdot\boldsymbol{n}\mathrm{d}S = \int_{\mathrm{S}_0} |\boldsymbol{E}(r)||\boldsymbol{n}|\cos 0\mathrm{d}S = E(r)\int_{\mathrm{S}_0}\mathrm{d}S = E(r)\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \frac{4\pi a^2\sigma}{\varepsilon_0}$$

となるから、点電荷から距離 r における電場の大きさは、$E(r) = \dfrac{a^2\sigma}{\varepsilon_0 r^2}$ となる。

(3) 直列接続であるから合成静電容量は

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n} > \frac{1}{C_1}$$

であるから、$\dfrac{1}{C} > \dfrac{1}{C_1}$ より $C < C_1$ となり、C_2, C_3, $\cdots$ C_n についても同様である。
したがって、合成静電容量 C は個々の静電容量 C_1, C_2, C_3, $\cdots$ C_n よりも小さくなる。

試験科目名	電磁気学	解答例

[2]

(2-1) 直線状導線から半径 R の円を閉曲線 C_0 として考え、アンペールの法則を適用する。

磁束密度 $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{R})$ と閉曲線 C_0 上の微小ベクトル $\mathrm{d}\boldsymbol{s}$ は C_0 上では常に平行であり、$\displaystyle\int_{\mathrm{C}_0} \mathrm{d}s$ は半径 R の円周長 $2\pi R$ であるから、

$$\int_{\mathrm{C}_0} \boldsymbol{B}(\boldsymbol{R})\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{s} \;=\; B(R)\int_{\mathrm{C}_0}\mathrm{d}s = B(R)\cdot 2\pi R = \mu_0 I \quad より \quad B(R) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

と導かれる。

(2-2)

$$\mathrm{d}\Phi = B(x)\, b\mathrm{d}x = \frac{\mu_0 I b}{2\pi x}\mathrm{d}x$$

(2-3) この $\mathrm{d}\Phi$ を d から $d+a$ まで積分して、長方形コイル ABCD を貫く磁束 Φ を求めると

$$\Phi = \int_d^{d+a}\mathrm{d}\Phi = \frac{\mu_0 I b}{2\pi}\int_d^{d+a}\frac{1}{x}\mathrm{d}x = \frac{\mu_0 I b}{2\pi}\log\frac{d+a}{d}$$

(2-4)

$$\Phi = LI \quad より \quad L = \frac{\mu_0 b}{2\pi}\log\frac{d+a}{d}$$

(2-5) 直線状導線を流れる電流が $I(t) = I_0\sin\omega t$ のとき、長方形コイル ABCD を貫く磁束 Φ は

$$\Phi = \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi}\log\frac{d+a}{d}\sin\omega t$$

であるから、誘起される起電力 $\phi(t)$ は

$$\phi(t) = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\frac{\mu_0\omega I_0 b}{2\pi}\log\frac{d+a}{d}\cos\omega t$$

2026(令和 8)年度 4 月入学

室蘭工業大学大学院工学研究科

博士前期課程入学試験(一般入試 第 1 次募集)

生産システム工学系専攻　物理物質科学コース

情報電子工学系専攻　共創情報学コース G 系

2025 年 8 月 27 日　実施

学力試験問題

専門科目(応用物理学)

解答例

試験科目名	応用物理学【1】量子力学	解答例

(1) 題意より

$$1=\int_V |\psi_0|^2 dV=\int_0^\infty dr r^2\int_0^\pi d\theta\sin\theta\int_0^{2\pi}d\phi\,|C_0|^2 e^{-2r/a_0}=4\pi|C_0|^2\int_0^\infty r^2 e^{-2r/a_0}dr$$

右辺の積分は部分積分より、$\int_0^\infty r^2 e^{-2r/a_0}dr=a_0^3/4$となるので、$C_0=(\pi a_0^3)^{-1/2}$ を得る。

(2) Hをψ_0に演算すると、

$$H\psi_0=-\frac{\hbar^2}{2m}\left[\frac{1}{a_0^2}-\frac{2}{r}\frac{1}{a_0}+0\right]C_0\exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)-\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}C_0\exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)$$

を得る。$1/r$に比例する項は、a_0の式を代入すれば、以下のようにゼロとなる：

$$\left[\frac{\hbar^2}{ma_0}-\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right]\frac{1}{r}=0$$

よって、$H\psi_0=-\frac{\hbar^2}{2ma_0^2}\psi_0=E_0\psi_0$ が成り立つ。

(3) ヘリウム陽イオンのハミルトニアンは、以下の式で与えられる。

$$H_1=-\frac{\hbar^2}{2m}\left[\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}+\frac{1}{r^2}\Lambda(\theta,\phi)\right]-\frac{2e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

これを ψ_1 に演算すると

$$H_1\psi_1=-\frac{\hbar^2}{2m}\left[\frac{1}{a_1^2}-\frac{2}{r}\frac{1}{a_1}+0\right]C_1\exp\left(-\frac{r}{a_1}\right)-\frac{2e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}C_1\exp\left(-\frac{r}{a_1}\right)$$

となる。$1/r$に比例する項は、a_1が以下を満たすときゼロとなる：

$$\left[\frac{\hbar^2}{ma_1}-\frac{2e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right]\frac{1}{r}=0$$

よって、

$$a_1=\frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m(2e^2)}=\frac{a_0}{2}$$

となるとき、

$$H_1\psi_1=-\frac{\hbar^2}{2ma_1^2}\psi_1=E_1\psi_1$$

が成立する。以上より、

$$\frac{a_1}{a_0}=\frac{1}{2},\quad\frac{E_1}{E_0}=4$$

(波動関数の広がりは 1/2 倍になり、束縛エネルギーは 4 倍になる)

試験科目名	応用物理学【2】統計力学	解答例

[1]

(1)

$$\Omega(n) = \binom{N}{n}$$

(2)

$$E = n\varepsilon$$

(3) $S(E) = S(n\varepsilon)$ を、以後、$S(n)$ と表すと、

$$S(n) = k_B \log \binom{N}{n}$$

スターリング近似で

$$\log \binom{N}{n} \simeq N \log N - n \log n - (N-n)\log(N-n)$$

従って、

$$S(n) = k_B \log \binom{N}{n} \simeq k_B \left\{ N \log N - n \log n - (N-n)\log(N-n) \right\}$$

(4)

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial S}{\partial n} = \frac{k_B}{\varepsilon} \log\left(\frac{N-n}{n}\right)$$

すなわち

$$\frac{n}{N} = \frac{1}{1+e^{\beta\varepsilon}}$$

(5)

$$\frac{E(T)}{N} = \frac{\varepsilon}{1+e^{\beta\varepsilon}}$$

高温（$\beta \to 0$）で $E/N \to \varepsilon/2$、低温（$\beta \to \infty$）で $E/N \to 0$.

[2]

(1)

$$S_{\mathrm{bath}}(E_{\mathrm{tot}} - E_n) \simeq S_{\mathrm{bath}}(E_{\mathrm{tot}}) - \left.\frac{\partial S}{\partial E_n}\right|_{E_{\mathrm{tot}}} E_n$$

(2)

$$P(E_n) \propto \Omega_{\mathrm{bath}}(E_{\mathrm{tot}} - E_n)$$

$$P(E_n) \propto e^{-\beta E_n}$$

(3)

$$Z = \sum_n e^{-\beta E_n}$$

Z の定義より、 $P(E_n) = \dfrac{e^{-\beta E_n}}{Z}$

試験科目名	応用物理学【3】固体物理	解答例

[1]

(1) 正方晶系におけるブラベー格子として定義されるのは，単純正方格子と $\boxed{ア\ 体心}$ 正方格子の二つのみである．これは $\boxed{イ\ 底心}$ 正方格子は，より小さな単純正方格子に等価であり，$\boxed{ウ\ 面心}$ 正方格子は，より小さなもう一方のブラベー格子(ア)に等価であることによる．

(2) 金属の絶対零度でのフェルミエネルギー E_{F0} は，自由電子近似では金属中の自由電子の $\boxed{エ\ 密度}$ のみの関数である(電子の質量は金属によらず一定)．したがって，ともに体心立方構造をとる K(格子定数：5.2 Å，原子価：1)と Ba(格子定数：5.0 Å，原子価：2)では $\boxed{オ\ \mathrm{Ba}}$ の方が E_{F0} が大きい．

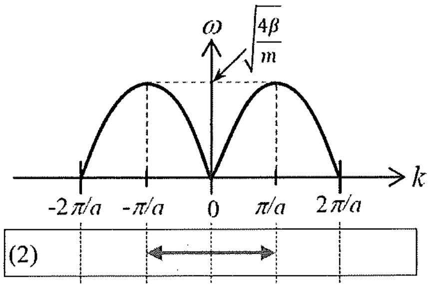
[2] (1) 共有結合　(2) 逆　(3) $3R$

(4) $2d\sin\theta = n\lambda$ より $d = 1.54n/2\sin 30° = 1.54, 3.08, \cdots\cdots$ Å となる．立方晶系であるから，$1/d^2 = (h^2+k^2+l^2)/a^2$ が成り立ち，$a^2 = (3^2+0^2+4^2)d^2 = 25d^2$ となる．
これより，$a = 5d = 7.70, 15.4\cdots\cdots$ Å となるが，条件より，
$d = 1.54$ Å, $a = 7.70$ Å となる．

[3]

(1) $\omega = \sqrt{\dfrac{4\beta}{m}}\left|\sin\dfrac{ka}{2}\right|$

(2)



(3) 曲線の接線の傾き，$v = \frac{d\omega}{dk}$

(4) 角振動数が $\sqrt{4\beta/m}$ より大きな波や波数 k が π/a に等しい波は伝搬できない．

試験科目名	応用物理学【4】物理系実験	解答例

[1]

(1) 図 1 1.70 mm (±0.05) 図 2 7.55 mm (±0.05)

(2) 図 3 3.609 mm (±0.001) 図 4 0.778 mm (±0.001)

[2]

単位	解答欄 (物理量の名称)
J	仕事
m/s^2	重力加速度
C	電気素量
J/K	ボルツマン定数
J/(mol·K)	気体定数

[3]

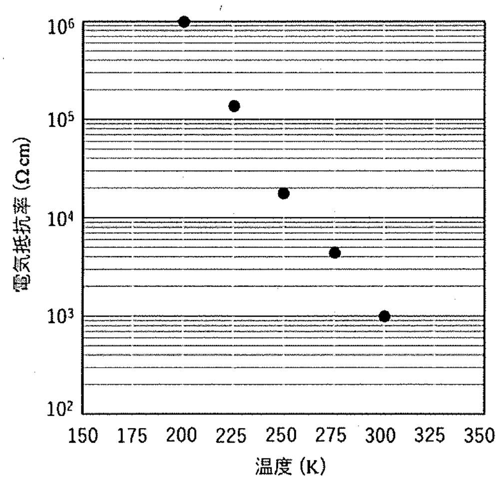
(1) $2d\sin\theta = n\lambda$

(2) 0.236 nm

(3) 0.333 nm

[4]

(1)



グラフの特徴

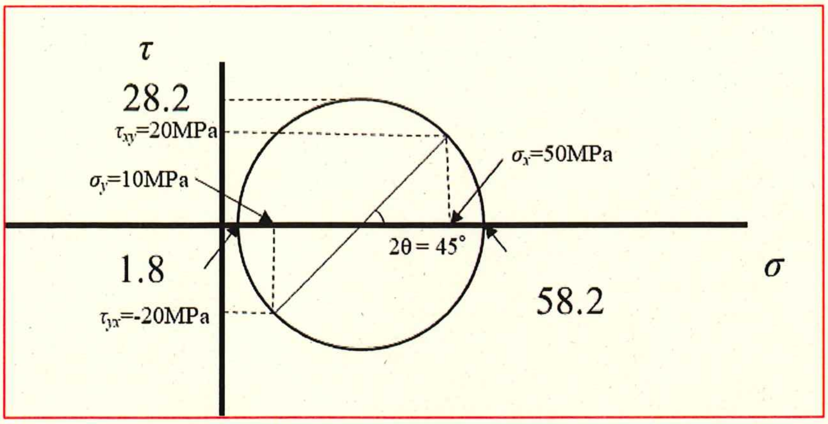
電気抵抗率ρは, 温度の減少と共に指数関数的に増加する。

(2) $\rho_0 = 2.06\times10^{-6}$ Ω cm

(3) $E_g = 1.03$ eV

試験科目名	応用物理学【5】応用力学	解答例

(1)



(2) モール円より

σ_1 = 58. 2 MPa

σ_2 = 1.8 MPa

$\tau_{\max}$ = 28.2 MPa

(3) モール円より 2θ = 45° よって 22. 5°

試験科目名	応用物理学【6】材料科学	解答例

(1) 液相線

(2) 初晶

(3)

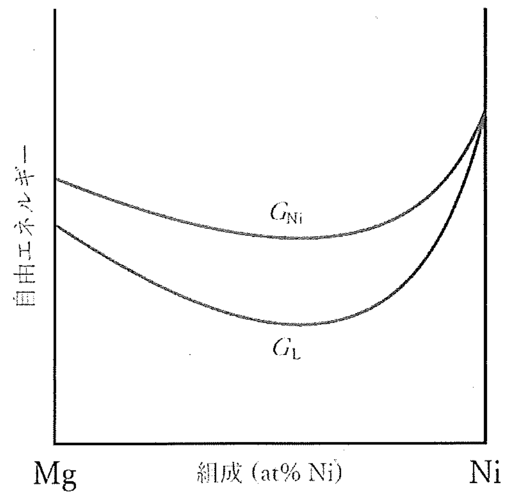
反応名	反応温度	反応式
共晶反応	508°C	L → (Mg) + Mg_2Ni
包晶反応	758°C	L + $MgNi_2$ → Mg_2Ni
共晶反応	1105°C	L → $MgNi_2$ + (Ni)

(4)

相の名称	組成
L（液相）	79.7 at% Ni
(Ni)（Ni 固溶体）	99.9 at% Ni

(5)

組成–自由エネルギー線図（T= 1455°C）



2026(令和 8)年度 4 月入学
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験(一般入試 第 1 次募集)
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース
情報電子工学系専攻 共創情報学コース G 系
(実施日:2025 年 8 月 26、27日)

学力試験問題

専門科目 (力学, 熱力学, 電磁気学)

専門科目(応用物理学)

出題意図

専門科目（力学，熱力学，電磁気学）

試験科目名 ： 力学	
問題番号	出題意図
[1]	本問の出題意図は，多粒子系の質点の力学における保存則に対する基本的な理解度を評価することである．題意の二粒子系を１つの系とした場合，外力が働いていないのでこの系に働く力のモーメントも **0** となる．従って角運動量保存則より，この系の全角運動量は保存される． (1) ニュートンの運動の法則と内力に対する基本的な理解度を評価する． (2) 角運動量の定義に対する基本的な理解度を評価する． (3) ニュートンの運動方程式に対する基本的な理解度を評価する． (4) ベクトルの基本的な演算に対する理解度を評価する． (5) 系の対称性に対する基本的な理解度を評価する．
[2]	本問の出題意図は，バネに結ばれた質点の運動を取り上げ，出題文で言及されている状況設定から ・ 状況設定を正しく把握する ・ 初期条件を確認する ・ 運動方程式を立式する ・ 運動方程式を解き一般解を求め，物理的に意味のある解を考察する ・ 初期条件から一般解に含まれる任意定数を決定する という，一粒子系の力学に対する基本的な理解度を評価することである．

試験科目名 ： 熱力学	
問題番号	出題意図
[1]	物質の3態と状態図の基礎知識の確認．相律，ギブズエネルギーの理解度を問う．
[2]	(1) 理想気体の体積変化，温度変化に伴う内部エネルギー，エントロピーの扱い方の理解度を問う． (2) 熱力学変数の理解度を問う．

試験科目名 ： 電磁気学	
問題番号	出題意図
[1]	(1) クーロン力についての理解度を問う． (2) ガウスの法則についての理解度を問う． (3)キャパシタの合成静電容量についての理解度を問う．
[2]	アンペールの法則と電磁誘導の法則についての理解度を問う．

専門科目（応用物理学）

試験科目名 ： 応用物理学 【1】量子力学	
問題番号	出題意図
	水素様原子の 1s 状態を題材にして、量子力学に関する基本的知識と計算力を問う。 (1) 固有関数の規格化条件に関する理解、および極座標の積分を実行できるかを問う。 (2) ハミルトニアン演算子に関する理解、および基本的な微分演算と代数計算ができるかを問う。 (3) 水素原子の問題の拡張として、ヘリウム陽イオンの問題が解けるかどうかを問う。

試験科目名 ： 応用物理学 【2】統計力学	
問題番号	出題意図
[1]	N 個の 2 準位系をミクロカノニカル集合で扱い、統計力学に関する基本的な理解度を問う。
[2]	ミクロカノニカル集合とカノニカル集合の関係に関する基本的な理解度を問う。

試験科目名 ： 応用物理学 【3】固体物理	
問題番号	出題意図
[1](1)	ブラベー格子に関する理解度を問う.
[1](2)	フェルミエネルギーを決定する因子についての理解度を問う.
[2](1)	物質中の原子の結合様式に関する基礎事項の理解度を問う.
[2](2)	ホール効果に関する基礎事項の理解度を問う.
[2](3)	格子比熱の基礎に関する理解度を問う.
[2](4)	X 線回折と結晶格子の基礎事項に関する理解度を問う.
[3](1)-(4)	結晶中を伝搬する波の分散関係やブリルアン帯についての理解度を問う.

試験科目名 ： 応用物理学 【4】物理系実験	
問題番号	出題意図
[1]	キャリパーおよびマイクロメータを用いた長さ測定の基礎を問う.
[2]	基礎的な物理量とその単位の知識を問う.
[3]	X 線回折測定に関する基礎知識と基本的なデータ解析方法を問う.
[4]	半導体の電気抵抗率の温度依存性を、片対数グラフを用いたグラフの表現とその特徴を問う. また, 理論式からデータ解析できる能力を問う.

試験科目名 : 応用物理学 【5】応用力学	
問題番号	出題意図
(1)	与えられた微小要素を理解してモール円を描けるかを問う。
(2)	モール円を用いるか、公式等を利用して主応力と最大せん断応力を求められるかを問う。
(3)	*X-Y* 座標と、主軸の向きの関係性の理解を問う。

試験科目名 : 応用物理学 【6】材料科学	
出題意図	本問題は、二元系平衡状態図の読解力と、それに基づく相変態および熱力学的考察の能力を評価することを目的とする。具体的には、Mg–Ni 二元系平衡状態図を題材として、 1. 状態図における重要な曲線や反応の名称を理解しているか、 2. 特定組成における冷却過程から析出する相や、その組成変化を読み取れるか、 3. 不変系反応の種類・温度・反応式を適切に記述できるか、 4. 温度・組成条件から平衡に存在する相とその組成を求められるか、 5. 状態図と組成–ギブス自由エネルギー線図の関係を理解し、自由エネルギー曲線と共通接線の意味を説明できるか、 を問う。 ギブス自由エネルギー曲線と状態図との対応関係の理解は、材料設計や合金開発の基礎となる。したがって、受験者が材料科学の基盤である相平衡、熱力学的安定性、相変態のメカニズムに関する知識を有し、それを状態図の解析や自由エネルギー論に適用できる能力を確認する問題を出題する。
おおまかな出題範囲	注意: 出題は必ずしもここに書かれた内容からに限定しない。 • 理論化学(化学結合論、熱力学的状態量、ギブス自由エネルギー、化学ポテンシャル) • 物理化学(溶体の熱力学、理想溶体・正則溶体の自由エネルギー、相互作用パラメータ) • 材料科学(材料の平衡、相変態、状態図、拡散、非平衡状態と熱力学) • 結晶学(結晶構造、結晶欠陥) • 機能性材料学(半導体・電子材料、磁性材料、誘電体材料の機能と材料設計) • 材料強度学(多結晶材料の強化機構、粒界制御、転位論、クリープ) • 精錬学(鉄鋼精錬、乾式・湿式非鉄精錬、熱力学的評価(エクセルギーを含む)) 以上を中心に、記述問題、計算問題など多様な形式で知識を問う問題を出題する。