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 2 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

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，この問題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 7 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).

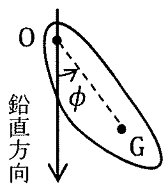
   力学　2 枚
   熱力学　2 枚
   電磁気学　2 枚

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] 重心 G を通らない水平軸 O (紙面に垂直)のまわりで, 重力のみが働いて振動している既知質量Mの剛体を考える. 図のように鉛直方向下向きと直線 OG のなす角をϕとし, OG 間の距離をh, 重力加速度の大きさをg, この剛体の回転軸 O のまわりの慣性モーメントをIとする. 以下の問に答えなさい. [50 点]



(1) この剛体の, 水平軸 O に関する回転運動の運動方程式を答えなさい.

(2) ある条件を満たす場合, この剛体は単振動する. その条件を答えなさい.

(3) この剛体が単振動する場合の周期Tを答えなさい.

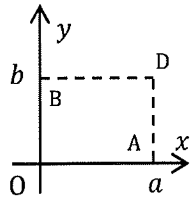
(4) この剛体の重心 G を通り水平軸 O に平行な軸の回りの慣性モーメントをI_Gとおくと, ある定理により, $I = I_G + Mh^2$の関係が成り立つ. その定理の名称を答えなさい.

(5) この剛体振り子のI_Gと振り子のある地点での重力加速度の大きさgを調べるため, 水平軸 O を平行に保ったままhを変化させ, この剛体の単振動の周期Tのh依存性を測定した. 測定結果を横軸h^2, 縦軸hT^2のグラフにプロットしたら直線状にデータが並び, その傾きはa_0, 切片はb_0であった. 測定誤差がないと仮定できる場合にgとI_Gをそれぞれ求めなさい. ただし物理量として用いることのできる文字はa_0, b_0, Mのみとする.

試験科目名	力学	受 験 番 号	

[1], [2]の問題全てに答えよ. (2 ページ / 2 ページ)

[2] 荒い水平面上に質点が静止している. 図のようにこの水平面上にxy直交座標系をとり, 質点の位置を原点 O とする. 水平面上に 3 点 A $(a,0)$, B $(0,b)$, D (a,b) $(a,b>0)$を取る. この水平面に平行な力を質点に加え, 質点を原点 O から点 D まで引きずり, そこで静止させる. この際, この質点が水平面から受ける摩擦力$\boldsymbol{F}$は, 向きが質点の移動方向と反平行で一定の大きさ$F_0>0$であるとする. 摩擦力$\boldsymbol{F}$が点 P から点 Q まである経路Cに沿って質点にした仕事を$W_{\mathrm{PQ}(C)}$とあらわす. 以下の問に答えなさい. [50 点]



(1) 題意の質点を原点 O から点 A まで線分 OA に沿って引きずり, 点 A から点 D まで線分 AD に沿って引きずった. この経路を経路C_1とする. $W_{\mathrm{OD}(C_1)}$の定義式を答え, その定義式から$W_{\mathrm{OD}(C_1)}$を計算しなさい.

(2) 題意の質点を原点 O から点 B まで線分 OB に沿って引きずり, 点 B から点 D まで線分 BD に沿って引きずった. この経路を経路C_2とする. $W_{\mathrm{OD}(C_2)}$を答えなさい.

(3) $W_{\mathrm{OD}(C_1)}$, $W_{\mathrm{OD}(C_2)}$, $\boldsymbol{F}$に関して述べた以下の文章(A)〜(E)の内, 正しい選択肢を解答欄に答えなさい.

(A) $W_{\mathrm{OD}(C_1)}=W_{\mathrm{OD}(C_2)}$であるから, $\boldsymbol{F}$は保存力である.
(B) $W_{\mathrm{OD}(C_1)}\neq W_{\mathrm{OD}(C_2)}$であるから, $\boldsymbol{F}$は保存力である.
(C) $W_{\mathrm{OD}(C_1)}=W_{\mathrm{OD}(C_2)}$であるが, これだけでは$\boldsymbol{F}$が保存力であるとは判断できない.
(D) $W_{\mathrm{OD}(C_1)}\neq W_{\mathrm{OD}(C_2)}$であるが, これだけでは$\boldsymbol{F}$が保存力であるとは判断できない.
(E) (A)〜(D)に正しいものはない.

(3) 解答欄

(4) 保存力の定義を説明し, その定義に沿って題意の摩擦力$\boldsymbol{F}$が保存力なのかそうでないのか示しなさい.

試験科目名	熱力学	受験番号	

[1], [2]の問すべてに答えよ.

[1] 以下の問いに答えよ. V, p, T, R, U, H はそれぞれ体積, 圧力, 絶対温度, 気体定数, 内部エネルギー, エンタルピーを表す. [50 点]

(1) 熱機関 M に熱量 500 J を供給して仕事をさせると, 同時に M から外界へ 350 J の排熱があった. M の熱効率 η を答えよ.

(2) 理想気体を温度を一定に保ちながら, 体積が元の 4/5 になるまで準静的に圧縮した. 圧縮後の圧力 p を, 圧縮前の圧力 p_0 を用いて示せ.

(3) ある気体 1 モルの状態が $\left(p+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$ で表されるとする. ここで a と b は定数である.

(3-1) a の単位を国際単位系(SI)で答えよ.

(3-2) $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ を求めよ.

(4) 定圧モル熱容量を C_p, 定積モル熱容量を C_V とする.

(4-1) $C_p=\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$ である. C_p を U と V を含む式で表せ.

(4-2) $C_V=\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ である. $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p=\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V+\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ を用いて, C_p-C_V を表す式を導出せよ.

試験科目名	熱力学	受験番号	

[2] 以下の問いに答えよ． [50 点]

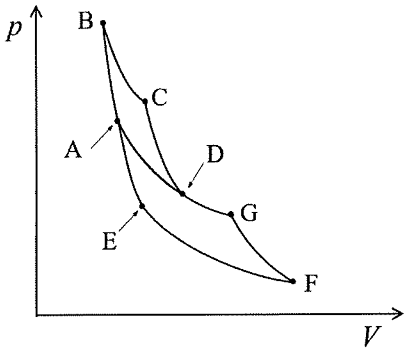
(1) 温度 T 一定における，理想気体 n モルの体積 V の圧力変化量 $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ を式で示せ．

(2) 右図は理想気体を 2 つのカルノーサイクルに沿って変化させた際の，体積(V)-圧力(p)変化を模式的に表している．なお，A は B→E 上に，D は G→A 上にある．各点の体積，圧力，絶対温度(T)は点の名称(A～G)を付して示すことにする(例: V_A, p_A, T_A)．

操作 1: 系を経路 A→B→C→D→A に沿って変化させる．

操作 2: 系を経路 A→E→F→G→A に沿って変化させる．

とする．以下の問いに答えよ．



(2-1) 操作 1 中にある，すべての断熱過程の経路を点名と矢印で答えよ（例：L→M)．

(2-2) 図中にあるすべての等温線を，点名を用いて答えよ(例： L－M)．さらに，この中で温度が最も低い等温線を答えよ．

(2-3) A→B 過程におけるこの気体のエントロピー変化を答えよ．

(2-4) 操作 1 の D→A 過程と，操作 2 の G→A 過程おいて系になされる仕事をそれぞれ W_{DA}, W_{GA} とする．W_{DA} と W_{GA} の差を答えよ．

(2-5) 図において A-B-C-D, A-E-F-G が囲む面積をそれぞれ S_{A1}, S_{A2} (S_{A1}, S_{A2}>0) とすると，$S_{A2} = 2S_{A1}$ であった．操作 1 に続けて操作 2 の終了までに系が“系外へ成した全仕事” W_{all} を答えよ．

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、x 軸上の 3 点 O$(x=0)$, A$(x=a)$, B$(x=b)$ $(0<a<b)$ にそれぞれ電荷量 Q $(Q>0)$, $-Q_a$ $(Q_a>0)$, Q_b $(Q_b>0)$, の点電荷をおく (図 1)。

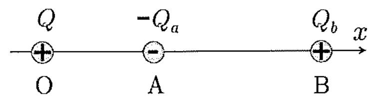


図1

(1-1) 点 O にある点電荷が、点 A の点電荷から受けるクーロン力の大きさ F_{AO} と点 B の点電荷から受けるクーロン力の大きさ F_{BO} をそれぞれ求めよ。

(1-2) 点 A にある点電荷が点 B の点電荷から受けるクーロン力の大きさ F_{BA} を求めよ。

(1-3) これら 3 個の点電荷それぞれに働くクーロン力の合力がいずれもゼロであるとき、$\dfrac{1}{\sqrt{Q}}+\dfrac{1}{\sqrt{Q_b}}=\dfrac{1}{\sqrt{Q_a}}$ が成り立つことを示せ。

(2) 真空中において、半径 a の球内に電荷密度 ρ 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 $E(r)$ 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, $\cdots$ C_n $(n\geq 3)$ のキャパシタを並列接続するとき、キャパシタに溜まる電荷量が印加電圧に比例することを用いて、並列接続された n 個のキャパシタの合成静電容量 C が $C=C_1+C_2+\cdots+C_n$ となることを導け。

試験科目名	電磁気学	受験番号	

[2] 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]

(1) 電流の強さが I の定常電流が流れているとき、位置ベクトル $\boldsymbol{s}$ にある電流素片 $I\Delta\boldsymbol{s}$ が、位置ベクトル $\boldsymbol{x}$ に作る磁束密度 $\Delta\boldsymbol{B}(\boldsymbol{x})$ は

$$\Delta\boldsymbol{B}(\boldsymbol{x}) = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I\Delta\boldsymbol{s}\times(\boldsymbol{x}-\boldsymbol{s})}{|\boldsymbol{x}-\boldsymbol{s}|^3}$$

と表される。
この式を用いて、図 2 のような半径 r の円電流 I がその中心 P に作る磁束密度の大きさ $B(r)$ が $B(r) = \dfrac{\mu_0 I}{2r}$ となることを導け。

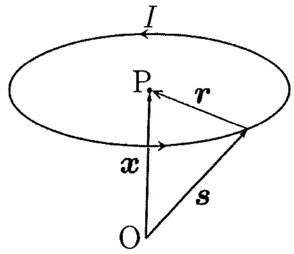


図2

(2) 図 3 のように、2 個の並列接続された抵抗値 R_0 の抵抗と n 個 ($n \geq 3$) の並列接続された抵抗値 R_x の抵抗があり、これらが直列接続されている。この回路に電流の強さ I の電流を流したとき、図 3 中の抵抗全体で発生するジュール熱 P が $P = R_0 I^2$ であるとして以下の問に答えよ。ただし、導線の抵抗と直流電源 V の内部抵抗は無視できるものとする。

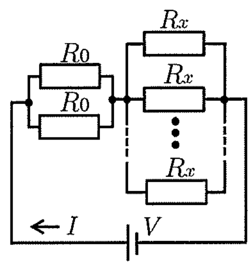


図3

(2-1) 図 3 中の全抵抗の合成抵抗値 R_{T} を $n,\ R_0,\ R_x$ を全て用いて表せ。

(2-2) 抵抗値 R_x の抵抗 1 個で発生するジュール熱 P_x を $n,\ R_0,\ I$ を用いて表せ。

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 2 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

専門科目
第 2 日（応用物理学）

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 13 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. 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　3 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，選択した 4 題がわかるように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 点とします．

4. 選択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 2 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

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、m を量子力学的粒子の質量とする。以下の問に答えよ。[75点]

幅 L の無限に深い一次元の井戸型ポテンシャル

$$V_0(x)=\begin{cases}0 & (0\le x\le L)\\ \infty & (x<0, x>L)\end{cases}$$

に閉じ込められた量子力学的粒子が基底状態にあるとする。基底状態の固有関数は、

$$\phi(x)=A\sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

で与えられ、A は規格化定数である。このときの固有エネルギーを E とする。この系にポテンシャル $V_1(x)$ が加わり、基底状態の固有エネルギーが δE だけ変化した。ここで、$V_1(x)$ は十分に小さく、δE は次式のように一次の摂動公式を用いて計算できるものとする。

$$\delta E=\int_0^L \phi^*(x)V_1(x)\phi(x)dx$$

(1) 無摂動系のハミルトニアンを $\phi(x)$ に演算し、固有エネルギー E を求めよ。

(2) $A=\sqrt{2/L}$ を示せ。

(3) $V_1(x)$ が次式で与えられるときの δE を求めよ。ただし、W_L と W_R は定数である。

$$V_1(x)=\begin{cases}W_L & \left(0\le x\le \dfrac{L}{2}\right)\\ W_R & \left(\dfrac{L}{2}\le x\le L\right)\end{cases}$$

(4) $V_1(x)$ が次式で与えられるときの δE を求めよ。ただし、Wは定数である。

$$V_1(x)=W\cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)\quad (0\le x\le L)$$

==

(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			

[1], [2] のすべての問に解答せよ。

以下では、$\hbar$ をプランク定数 h を 2π で割った定数、k_{B} をボルツマン定数、$\beta = 1/(k_{\mathrm{B}}T)$ とし、必要な変数などは自分で定義して用いてよい。また、対数 log は自然対数を表す。

[1] 十分に大きな系（B）と接触し熱平衡にある系（A）を考える。A と B の間にはエネルギーのやりとりがあるが、A と B の全体は孤立系と見なせる。量子状態を n としたとき、そのエネルギーを E_n のように表す。また、系全体のエネルギーを E_{T} とする。以下の問に答えよ。[40 点]

(1) A と B の状態数をエネルギー E の関数としてそれぞれ $W_{\mathrm{A}}(E)$、$W_{\mathrm{B}}(E)$ とする。A が量子状態 n にある確率を P_n とすると、P_n は以下のようにあるエネルギーでの W_{B} に比例する。空欄に適切な変数または式を入れよ。

$$P_n \propto W_{\mathrm{B}}\left(\boxed{}\right)$$

(2) エントロピーに関する一般的な関係式より、以下の空欄に適切な定数や変数、式を入れよ。ここで、$S_{\mathrm{B}}(E)$ は B のエントロピーを表す。

$$S_{\mathrm{B}}(E) = \boxed{} \log \boxed{}$$

$$\frac{\partial S_{\mathrm{B}}}{\partial E} = \boxed{}$$

(3) $S_{\mathrm{B}}(E_{\mathrm{T}} - E_n)$ を E_{T} のまわりで E_n に関して 1 次まで展開したい。以下の空欄に適切な定数や変数、式を入れよ。

$$S_{\mathrm{B}}(E_{\mathrm{T}} - E_n) = S_{\mathrm{B}}(E_{\mathrm{T}}) + \left(\boxed{}\right) E_n$$

(4) これらの関係式から P_n に関する以下の式を示せ。また、このとき系 A の分配関数 Z はどのように表されるか。

$$P_n = \frac{e^{-\beta E_n}}{\displaystyle\sum_n e^{-\beta E_n}}$$

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【2】統計力学			

[2] 温度 T の熱浴に接し熱平衡にある等方的な単原子結晶を考える。結晶中の N 個の原子が x, y, z の 3 方向に独立な調和振動を行うとすると、全体で $3N$ 個の同一振動子（角振動数 ω）を考えればよい。1 振動子のエネルギー準位は以下で与えられる。

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

以下の問に答えよ。[35 点]

(1) 1個の振動子に対する分配関数 Z_1 を求めよ。なお、必要なら等比級数の公式 $\sum_{n=0}^{\infty} r^n = \frac{1}{1-r} \quad (|r| < 1)$ を用いてよい。

(2) この結晶全体の分配関数 Z を求めよ。

(3) この結晶の平均エネルギー $\overline{E}$ を求めよ。

(4) この結晶の定積熱容量 C_{V} を求めよ。

以下、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.　　　　(1ページ/1ページ)

[1] 以下の文章の空欄に最も適当な語句や文字式, 元素記号などを記入せよ. [24 点]

(1) 元素周期表の 18 属に属する希ガスの多くは十分低温では（　　　　　　）結合によって凝集し, 分子性固体を作る. 但し, 唯一の例外として（　　　　　）は, 1 気圧の下では絶対零度まで冷却しても固体にならない.

(2) 格子間隔 a の一次元単純格子結晶中を格子振動により伝搬する波の波数 k と角振動数ωの分散関係(ω-k 曲線) について考える. k が小さい, つまり波長が（　　　）いときはω と k の間に（　　　）関係があるが, ω-k 曲線の傾きである $\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}k$ は k の増加とともに小さくなり, k が（　　　）のときに 0 となる. $\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}k$ は波の（　　　）を意味するので, 対応する波数の波はこの結晶中を伝搬できない.

[2] 以下の設問に答えよ. [26 点]

(1) ダイヤモンドの基本構造は炭素 : Cの共有結合により形成される正四面体である. 正四面体は鏡映面と4回回映軸の他に, 2種類の回転軸を対象要素として持つ. この2種類の回転軸は何回と何回か答えよ.

(2) 結晶の格子欠陥には, 原子空孔に代表される点欠陥の他に, 線欠陥や面欠陥もある. 線欠陥と面欠陥の例をそれぞれ記せ.

線欠陥 :　　　　　　　　面欠陥 :

(3) 単体元素からなる金属A, Bを考える. Aは体心立方構造, Bは面心立方構造の結晶構造を持ち, それぞれの原子価はAが2, Bが1であるものとする. 絶対零度におけるフェルミエネルギーはBの方がAより明瞭に大きいものとする. フェルミエネルギーの大きさが自由電子モデルに従うものとしたとき, AとBの格子定数はどちらの方が大きいかについて, 根拠とともに示せ.

[3] 以下の設問に答えよ. [25 点]

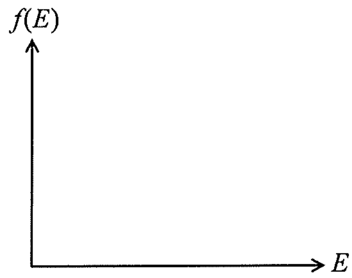
(1) 実空間での体心立方格子を逆格子空間で表すと, その格子は何か答えよ.　(1)

(2) 実空間で体心立方格子の結晶構造を持つ物質の, 逆格子空間における第一ブリルアン帯の形状は, 菱形十二面体と接頭八面体のどちらか答えよ.　(2)

(3) スピネル型結晶構造を持つ$CuMn_2O_4$という化合物の定積モル比熱が十分高温で漸近する値は, 気体定数Rを用いてどのように表されるか.　(3)

(4) 上問の$CuMn_2O_4$の格子比熱がデバイモデルでよく説明できるとき, 絶対零度近くの極低温において, この格子比熱は絶対温度Tに対してどのように振る舞うか答えよ.　(4)

(5) フェルミ-ディラックの分布関数$f(E)$を, 絶対零度の場合(f_0とする)と, 有限温度の場合(f_1とする)について, エネルギーを横軸にとって右に図示せよ. ただし, 有限温度Tは$kT \ll E_F$が成り立つ温度とする. ここでkはボルツマン定数, E_Fはフェルミエネルギー(化学ポテンシャル)とする. 図はフリーハンドで構わないが, f_0とf_1の区別を明示すること. また, 縦軸には0の他に1と1/2を, 横軸には0の他にE_FとE_{F0}(絶対零度でのフェルミエネルギー)を記すこと.



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。

[1] 以下の物理量に対し，最もふさわしい単位を以下の選択肢 A から選び解答欄に書きなさい。[15 点]

物理量の名称	解答欄 (単位)
ボルツマン定数	
プランク定数	
電気素量	
仕事	
重力加速度	

選択肢 A

kg, mol, m, C, J, F, V, m/s, m/s^2, J/K, J/kg·K, J·s, J/T, Wb/m^2

[2] 厚さの無視できる凸レンズ I, II, III がある(例：図 1)。表 1 には，物体からこの凸レンズまでの距離 a と凸レンズから実像までの距離 b の測定値を記載している。凸レンズ I, II, III それぞれの焦点距離 f を有効数字 2 桁で表の空欄内に答えなさい。[15 点]

表 1

	a /cm	b /cm	焦点距離 f /cm
凸レンズ I	7.0	6.0	
凸レンズ II	9.0	4.0	
凸レンズ III	20	15	

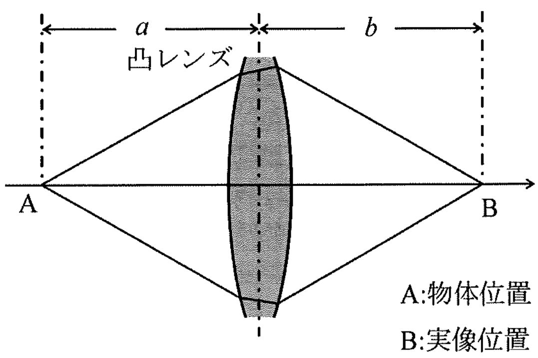


図 1

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[3] 電気抵抗測定について説明した以下の文章の（ 1 ）～（ 5 ）に当てはまる語句または式等を以下の選択肢 B から選び解答欄に書きなさい。[15 点]

図 2 は，直流 4 端子法で電気抵抗を測定する際の試料部分の模式図である。試料の電気抵抗 R_S は，試料を流れる電流を I，試料の電圧端子間の電位差を V としてオームの法則を用いて R_S =（ 1 ）で求めることができる。しかし，リード線の抵抗や電圧計の内部抵抗 R_V が存在し，I_L と I_V をリード線と電圧計に流れる電流とすると電圧計に表示される電圧は V=（ 2 ）となる。ここで R_V は，R_L や R_S より非常に大きいため，電圧計に表示される電圧は V =（ 3 ）となる。R_S は，試料の形状や電圧端子間の距離に依存して変化するので，電気抵抗率 ρ が物質固有の物理量となる。電流は試料の断面を一様に流れるとすると，ρ は長さ L = 1 m，試料の断面積 S = 1 m^2 における抵抗値として，R_S に（ 4 ）を掛けることで得られる。ρ の単位は SI 単位で，（ 5 ）で表される。

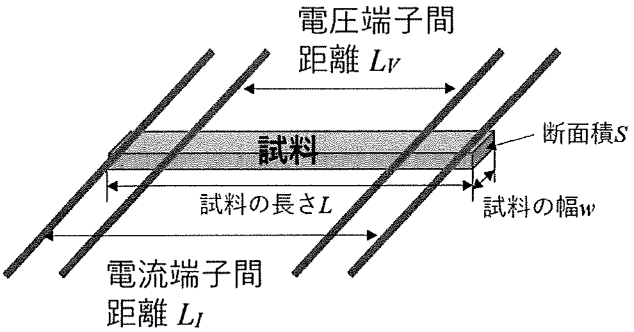


図 2

選択肢 B

C, A/m, Ω, Ωm, Ωm^2, V, I, IV, V/I, I/V, RV,
$IR_S + I_LR_L + I_VR_V$, $IR_S + I_LR_L$, IR_S,
S/L_I, S/L_V, S/L, S/w

解答欄

(1)		(2)		(3)	
(4)		(5)			

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[4] 剛体振り子に関する以下の文章の(1) ～ (6) に当てはまる語句または式等を解答欄に書きなさい。[30 点]

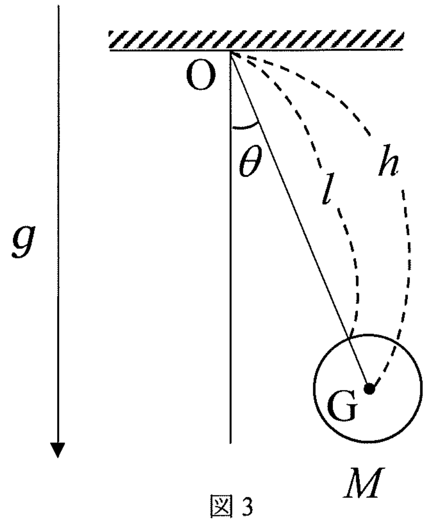


図 3

図 3 のように，支点 O を通る水平固定軸まわりの剛体の重力による回転運動(剛体振り子)の運動方程式は，重力加速度 g を鉛直下向きにとり，空気や支点の抵抗を無視すると，

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -Mgh\sin\theta$$

と表される。この式で，I は支点 O を通る水平固定軸まわりの剛体の慣性モーメント，θ は鉛直線と支点 O と重心 G を結ぶ直線との角度，M は剛体の質量，g は重力加速度，h は支点 O と重心 G 間の距離である。ここで，$|\theta| \ll 1$ならば，$\sin\theta \approx \theta$と近似できるので，

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = (\quad 1 \quad) \qquad ①$$

と書ける。①式は，単振動の運動方程式なので，単振動の周期を T とすれば，

$$T = (\quad 2 \quad) \qquad ②$$

と表すことができ，②式を重力加速度 g について解くと，

$$g = (\quad 3 \quad) \qquad ③$$

となる。③式における I の値は，慣性モーメントに関する平行軸の定理で計算できる。任意の軸まわりの剛体の慣性モーメント I は，重心 G を通りこれに平行な軸まわりの慣性モーメント I_G と $I = I_G + Mh^2$ の関係で結ばれる。剛体が半径 r の一様な球の場合，重心 G は球の中心にあるので，球の慣性モーメント$I_G = \frac{2}{5}Mr^2$と与えられる。従って，任意の軸周りの慣性モーメント I は，$I = \frac{2}{5}Mr^2 + Mh^2$となる。この I を③式に代入すると，g = (4) となる。OG 間の距離 h は，直ちに得ることが出来ないので，O から球面までの距離を l とすれば，$h = l +$ (5)で計算される。従って，この剛体振り子を用いて重力加速度 g を見積もるためには，l，球の直径の測定から得られる(5)，(6)の 3 つの物理量を求めることが必要になる。

解答欄

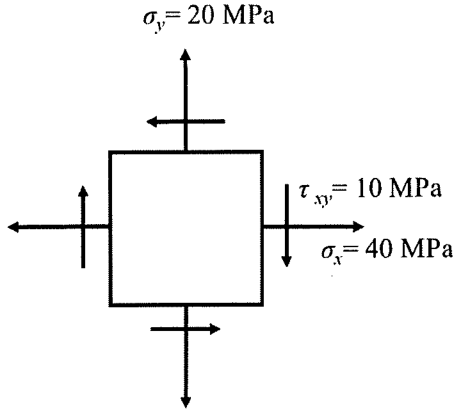
(1)		(2)		(3)	
(4)		(5)		(6)	

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、均質で等方的な物体の 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 $\tau_{\max}$ を求めよ。

(3)　この物体がこの応力場で弾性変形するとき、この物体の x 方向の直ひずみの大きさを計算せよ。ただし物体のヤング率$E = 360$ GPa, ポアソン比$\nu = 0.2$とする。

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【6】 材料科学			

問 A–B 二元系固溶体が正則溶体を形成するとする。また、相互作用パラメータ, $\Omega = 10{,}000$ J/mol、気体定数, $R = 8.314$ J/(mol·K)とする。混合エントロピーは理想溶体と同じとし、必要なら自然対数 $\ln 2 = 0.693$、$\ln 5 = 1.609$を用いてよい。[75 点]

(1) 温度 $T = 1{,}000$ K、A, B それぞれのモル分率が $x_A = 0.500, x_B = 0.500$のとき、混合のエントロピー変化 ΔS_{mix}、混合のエンタルピー変化 ΔH_{mix}、混合のギブズ自由エネルギー変化 ΔG_{mix} をそれぞれ求めよ。また、ΔG_{mix} の符号に基づき、均一固溶体が安定か判断し、選択肢から選び、該当する記号を○で囲め。

(計算過程)

解答欄	
$\Delta S_{mix} =$ $\Delta H_{mix} =$ $\Delta G_{mix} =$	(選択肢) ⓐ 安定である ⓑ 不安定である

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【6】 材料科学			

(2) 前問と同じ組成で温度が $T = 400\ \mathrm{K}$ になったとき、ΔG_{mix}の符号を求め、相分離が起こりやすくなるか述べよ。選択肢1と2からそれぞれ1つずつ選び、該当する記号を○で囲め。

解答欄	
(選択肢1)	(選択肢2)
ⓐ $\Delta G_{mix} > 0$	① 相分離傾向が強まる。
ⓑ $\Delta G_{mix} < 0$	② お互いに良く溶け合うようになる。
	③ A, B が規則的に配列する。

(3) 設問(1), (2)の結果から、この系の状態図は次のどれに対応すると考えられるか。選択肢から選び、該当する記号を○で囲め。

解答欄
(選択肢)
ⓐ 全率固溶型状態図
ⓑ 共晶型状態図（固相で固溶限あり）

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 2 次募集)

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

2026 年 2 月 27 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

試験科目名	力学	解答例

[1]

(1) この剛体に働く重力の大きさはMgで, 鉛直方向下向きである. 重心に働く力のモーメントNは, 重心 G が水平軸 O から距離hだけ離れており, 重力と直線 OG のなす角がϕで, ϕの大きさが減少する方向にNが働くことを考慮すると, $N = -Mgh\sin\phi$. 従って, 求める回転運動の運動方程式は,

$$I\frac{d^2}{dt^2}\phi = -Mgh\sin\phi$$

(2) $\phi \sim 0$

(3) この剛体が単振動する場合の運動方程式は

$$I\frac{d^2}{dt^2}\phi = -Mgh\phi \quad \therefore \frac{d^2}{dt^2}\phi = -\frac{Mgh}{I}\phi \quad \therefore \text{角振動数}\,\omega = \sqrt{\frac{Mgh}{I}} \quad \therefore T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgh}}$$

(4) 平行軸の定理

(5) 平行軸の定理より,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgh}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\mathrm{G}} + Mh^2}{Mgh}}$$

$$\therefore \quad T^2 = 4\pi^2\frac{I_{\mathrm{G}} + Mh^2}{Mgh}$$

$$\therefore \quad hT^2 = \frac{4\pi^2}{g}h^2 + \frac{4\pi^2}{Mg}I_{\mathrm{G}}$$

従って, この剛体の単振動の周期Tのh依存性の測定結果を横軸h^2, 縦軸hT^2のグラフにプロットすると

$$\begin{cases} \text{傾き}\,a_0 = \dfrac{4\pi^2}{g} \\ \text{切片}\,b_0 = \dfrac{4\pi^2}{Mg}I_{\mathrm{G}} \end{cases}$$

となることがわかる. これをgとI_{G}について解き,

$$\begin{cases} g = \dfrac{4\pi^2}{a_0} \\ I_{\mathrm{G}} = \dfrac{Mg}{4\pi^2}b_0 = \dfrac{b_0}{a_0}M \end{cases}$$

[2]

(1)

$$W_{\mathrm{OD}(C_1)} = \int_{\mathrm{O}\,(C_1)}^{\mathrm{D}} \boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r} = \int_{\mathrm{O}\,(\text{線分 OA})}^{\mathrm{A}} \boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r} + \int_{\mathrm{A}\,(\text{線分 AD})}^{\mathrm{D}} \boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r}$$

$$= \int_{(0,0)}^{(a,0)} (-F_0, 0)\cdot(dx, 0) + \int_{(a,0)}^{(a,b)} (0, -F_0)\cdot(0, dy)$$

$$= -\int_0^a F_0\,dx - \int_0^b F_0\,dy = -F_0(a+b)$$

(2)

$$W_{\mathrm{OD}(C_2)} = \int_{\mathrm{O}\,(\text{線分 OB})}^{\mathrm{B}} \boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r} + \int_{\mathrm{B}\,(\text{線分 BD})}^{\mathrm{D}} \boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r} = -\int_0^b F_0\,dx - \int_0^a F_0\,dy = -F_0(a+b)$$

(3)　(C)

(4)　保存力の定義:ある力が異なる 2 点 P から Q までに質点にした仕事がその経路に依らず始点と終点の位置のみの関数となる場合, この力を保存力という.

原点 O から点 D まで線分 OD に沿って摩擦力$\boldsymbol{F}$が質点にした仕事$W_{\mathrm{OD}(\text{線分 OD})}$を考える. この間, 摩擦力$\boldsymbol{F}$は, 向きは$\overrightarrow{\mathrm{DO}}$に平行でその大きさは題意より$F_0$. 線分 OD の長さ$\overline{\mathrm{OD}} = \sqrt{a^2+b^2}$だから,

$$W_{\mathrm{OD}(\text{線分 OD})} = -F_0\sqrt{a^2+b^2} \neq W_{\mathrm{OD}(C_1)}$$

摩擦力$\boldsymbol{F}$が原点 O から点 D まで質点にした仕事が経路に依って異なるので, 摩擦力$\boldsymbol{F}$は保存力の定義を満たさない. 従って摩擦力$\boldsymbol{F}$は保存力ではない.

試験科目名	熱力学	解答例

[1]

(1)　$\eta = 0.3$

(2)　$p = 5/4\, p_0$

(3-1)　[Pa・m^6]

(3-2)　$\left(\dfrac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \dfrac{R}{V-b}$

(4-1)　$C_p = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

(4-2)　(4-1)より $C_p = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left(\dfrac{\partial U}{\partial V}\right)_T\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p + p\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p = C_V + \left[\left(\dfrac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right]\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

である．従って，　$C_p - C_V = \left[\left(\dfrac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right]\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

[2]

(1)　$\left(\dfrac{\partial V}{\partial p}\right)_T = -\dfrac{nRT}{p^2}$

(2-1)　A→B と C→D

(2-2)　B－C,　A－G,　E－F である．この中で温度が最も低い等温線は E－F である．

(2-3)　エントロピー変化はない（ゼロである）．

(2-4)　$W_{\mathrm{GA}} - W_{\mathrm{DA}} = -nRT_{\mathrm{G}} \ln \dfrac{V_{\mathrm{D}}}{V_{\mathrm{G}}}$

(2-5)　S_{A1}とS_{A2}はそれぞれの操作で生じる仕事である．操作 1 は右回りで系が系外へ仕事をする．
操作 2 は左回りで，系へ系外から仕事がなされる．これらを踏まえて、
$W_{\mathrm{all}} = S_{\mathrm{A1}} - S_{\mathrm{A2}} = -S_{\mathrm{A1}}$　であり，W_{all}は負の値になる．

試験科目名	電磁気学	解答例

[1]

(1-1) $F_{\mathrm{AO}} = \dfrac{QQ_a}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$, $F_{\mathrm{BO}} = \dfrac{QQ_b}{4\pi\varepsilon_0 b^2}$

(1-2) $F_{\mathrm{BA}} = \dfrac{Q_a Q_b}{4\pi\varepsilon_0 (b-a)^2}$

(1-3) クーロン力のつり合いより、$|F_{\mathrm{AO}}| = |F_{\mathrm{BO}}|$ であるから、$\dfrac{Q_a}{a^2} = \dfrac{Q_b}{b^2}$ より $\dfrac{\sqrt{Q_a}}{\sqrt{Q_b}} = \dfrac{a}{b} \cdots$①

同様に、$|F_{\mathrm{BO}}| = |F_{\mathrm{BA}}|$ であるから、$\dfrac{QQ_b}{b^2} = \dfrac{Q_a Q_b}{(b-a)^2}$ より $\dfrac{\sqrt{Q_a}}{\sqrt{Q}} = \dfrac{b-a}{b} \cdots$②

①＋②より、$\dfrac{\sqrt{Q_a}}{\sqrt{Q_b}} + \dfrac{\sqrt{Q_a}}{\sqrt{Q}} = 1$ であるから、$\dfrac{1}{\sqrt{Q}} + \dfrac{1}{\sqrt{Q_b}} = \dfrac{1}{\sqrt{Q_a}}$ が成り立つ。

(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 $\mathrm{S_0}$、$\mathrm{S_0}$ 上の微小面積を $\mathrm{d}S$、単位法線ベクトルを $\boldsymbol{n}$、電場ベクトルを $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$、$\mathrm{S_0}$ 内の総電荷量を Q として、積分形ガウスの法則 $\displaystyle\int_{\mathrm{S_0}} \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) \cdot \boldsymbol{n}\mathrm{d}S = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ を適用すると

$$r < a \text{ では } E(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r \quad , \quad a \leq r \text{ では } E(r) = \frac{a^3 \rho}{3\varepsilon_0 r^2}$$

と求められる。

(3) キャパシタに溜まる電荷量が印加電圧に比例することから、印加電圧を V、静電容量がそ $C_1, C_2, \cdots C_n$ のそれぞれのキャパシタに溜まる電荷量を $Q_1, Q_2, \cdots Q_n$ とすると、$Q_1 = C_1 V, Q_2 = C_2 V, \cdots Q_n = C_n V$ となる。n 個のキャパシタに溜まる総電荷量を Q とすると、$Q = CV$ であり、また、$Q = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n = C_1 V + C_2 V + \cdots + C_n V$ であるから、$C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ となる。

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2次募集)
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース
専門科目(力学, 熱力学, 電磁気学) 解答例

試験科目名	電磁気学	解答例

[2]

(1) 円の中心に向かうベクトルを $\boldsymbol{r}\ (=\boldsymbol{x}-\boldsymbol{s})$ とすると、$\Delta\boldsymbol{s}\perp\boldsymbol{r}$ であるから、

$$|\Delta\boldsymbol{s}\times\boldsymbol{r}| = |\Delta\boldsymbol{s}||\boldsymbol{r}|\sin\frac{\pi}{2} = r\Delta s$$

$\Delta s \to \mathrm{d}s$ とすると $I\mathrm{d}\boldsymbol{s}$ が円の中心に作る磁束密度 $\mathrm{d}B$ は

$$\mathrm{d}B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{Ir\Delta s}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}\mathrm{d}s$$

であり、求める磁束密度の大きさ $B(r)$ は、この $\mathrm{d}B$ を半径 r の円周 C_0 に沿って積分して

$$B(r) = \int_{C_0}\mathrm{d}B = \int_{C_0}\frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}\mathrm{d}s = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}\int_{C_0}\mathrm{d}s = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}\cdot 2\pi r = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

と導かれる。

(2-1) 2個の並列接続された抵抗値 R_0 の合成抵抗値は $\frac{1}{2}R_0$ であり、n 個の並列接続された抵抗値 R_x の合成抵抗値は $\frac{1}{n}R_x$ であるから、求める合成抵抗値 R_{T} は、

$$R_{\mathrm{T}} = \frac{1}{2}R_0 + \frac{1}{n}R_x$$

と求められる。

(2-2) 合成抵抗値 $R_{\mathrm{T}} = \frac{1}{2}R_0 + \frac{1}{n}R_x$ が R_0 と等しいことから $R_x = \frac{n}{2}R_0$ となる。
抵抗 R_x の1個を流れる電流の大きさは $\frac{1}{n}I$ であるから、$P_x = \frac{n}{2}R_0\left(\frac{1}{n}I\right)^2 = \frac{1}{2n}R_0 I^2$ と求められる。

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2次募集)

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

2026 年 2 月 28 日 実施

学力試験問題

専門科目(応用物理学)

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2次募集)
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース
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) ハミルトニアンを ϕ に演算することで、以下の固有エネルギー E を得る。

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}\right]\phi(x)=\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\pi}{L}\right)^2\phi(x)$$

$$E=\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\pi}{L}\right)^2$$

(2) 規格化条件より、以下の関係式が成立する。

$$1=\int_0^L\phi^*(x)\phi(x)dx=A^2\int_0^L\sin^2\left(\frac{\pi x}{L}\right)dx=\frac{A^2}{2}\int_0^L\left(1-\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)\right)dx=\frac{A^2L}{2}$$

これより、$A=\sqrt{2/L}$ を得る。

(3) 公式より

$$\delta E=\int_0^L\phi^*(x)\delta V(x)\phi(x)dx=\frac{W_L}{2}\frac{2}{L}\int_0^{L/2}\left(1-\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)\right)dx+\frac{W_R}{2}\frac{2}{L}\int_{L/2}^{L}\left(1-\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)\right)dx$$

$$=\frac{W_L+W_R}{2}$$

(4) 公式より

$$\delta E=\int_0^L\phi^*(x)\delta V(x)\phi(x)dx=\frac{2W}{L}\int_0^L\sin^2\left(\frac{\pi x}{L}\right)\cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)dx=\frac{2W}{L}\left[\frac{L}{3\pi}\sin^3\left(\frac{\pi x}{L}\right)\right]_0^L=0$$

試験科目名	応用物理学【2】統計力学	解答例

[1]

(1) $P_n \propto W_\mathrm{B}(E_T - E_n)$

(2) $S_\mathrm{B}(E) = k_\mathrm{B} \log W_\mathrm{B}(E)$

$$\frac{\partial S_\mathrm{B}}{\partial E} = k_\mathrm{B}\,\beta$$

(3) $S_\mathrm{B}(E_\mathrm{T} - E_n) = S_\mathrm{B}(E_\mathrm{T}) - \left(\dfrac{\partial S_\mathrm{B}}{\partial E}\right) E_n$

(4) これらの式を代入して $\quad P_n \propto \exp\left(\dfrac{S_B(E_T)}{k_\mathrm{B}}\right) \exp\left(-\dfrac{E_n}{k_\mathrm{B} T}\right) \propto e^{-\beta E_n}$

規格化より $\quad P_n = \dfrac{e^{-\beta E_n}}{\sum_n e^{-\beta E_n}}$

分配関数は $\quad Z = \displaystyle\sum_n e^{-\beta E_n}$

[2]

(1) $Z_1 = \displaystyle\sum_{n=0}^{\infty} e^{-\beta\hbar\omega(n+\frac{1}{2})} = e^{-\beta\hbar\omega/2} \sum_{n=0}^{\infty} \left(e^{-\beta\hbar\omega}\right)^n.$

等比級数より $\quad \displaystyle\sum_{n=0}^{\infty} r^n = \frac{1}{1-r} \quad (|r| < 1)$

なので $\quad Z_1 = \dfrac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1 - e^{-\beta\hbar\omega}}.$

(2) 独立な同一振動子が $3N$ 個なので $\quad Z = (Z_1)^{3N} = \left(\dfrac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1 - e^{-\beta\hbar\omega}}\right)^{3N}$

(3) 平均のエネルギーは、$\overline{E} = -\dfrac{\partial}{\partial\beta} \ln Z$

で与えられる。まず $\quad \ln Z = 3N \ln Z_1 = 3N\left[-\dfrac{\beta\hbar\omega}{2} - \ln\left(1 - e^{-\beta\hbar\omega}\right)\right]$

これを β で微分すると、$\quad \dfrac{\partial}{\partial\beta} \ln Z = 3N\left[-\dfrac{\hbar\omega}{2} - \dfrac{\partial}{\partial\beta} \ln\left(1 - e^{-\beta\hbar\omega}\right)\right]$

$$\frac{\partial}{\partial\beta} \ln\left(1 - e^{-\beta\hbar\omega}\right) = \frac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega} - 1}$$

したがって $\quad \dfrac{\partial}{\partial\beta} \ln Z = 3N\left[-\dfrac{\hbar\omega}{2} - \dfrac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega} - 1}\right]$

よって $\quad \overline{E} = 3N\left(\dfrac{\hbar\omega}{2} + \dfrac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega} - 1}\right)$

(4) C_V は $\quad C_\mathrm{V} = \dfrac{\partial \overline{E}}{\partial T} \quad$ なので、$\quad C_\mathrm{V} = 3Nk_\mathrm{B}\, x^2 \dfrac{e^x}{(e^x - 1)^2}, \quad x = \dfrac{\hbar\omega}{k_\mathrm{B} T}$

試験科目名	応用物理学【3】固体物理	解答例

[1]

(1) 元素周期表の18属に属する希ガスの多くは十分低温では $\boxed{\text{ファン・デル・ワールス}}$ 結合によって凝集し，分子性固体を作る．但し，唯一の例外として $\boxed{\text{ヘリウム(He)}}$ は，1気圧の下では絶対零度まで冷却しても固体にならない．

(2) 格子間隔 a の一次元単純格子結晶中を格子振動により伝搬する波の波数 k と角振動数 ω の分散関係(ω-k 曲線)について考える．k が小さい，つまり波長が $\boxed{\text{長}}$ いときは ω と k の間に $\boxed{\text{比例}}$ 関係があるが，ω-k 曲線の傾きである $d\omega/dk$ は k の増加とともに小さくなり，k が $\boxed{\pi/a}$ のときに0となる．$d\omega/dk$ は波の $\boxed{\text{群速度}}$ を意味するので，対応する波数の波はこの結晶中を伝搬できない．

[2]

(1) 2回回転軸と3回回転軸

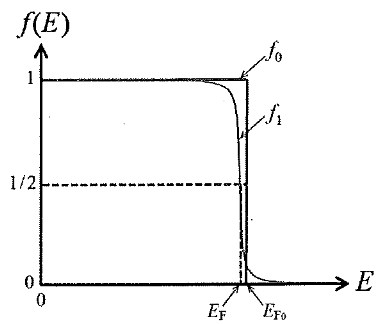
(2) 線欠陥:刃状転位／らせん転位　　面欠陥:表面／結晶粒界

(3) 絶対零度でのフェルミエネルギーは自由電子密度のみに依存し，これが高いほど大きくなる．それぞれの金属の単位格子中に存在する自由電子は，単位格子に存在する原子数×価数となるので，A は $2\times2=4$, B は $4\times1=4$ と同数になる．B のフェルミエネルギーが大きいということは，電子密度が大きいことになるので，A の方が格子定数が大きい．

[3]

(1)	面心立方格子
(2)	菱形十二面体
(3)	$21R$
(4)	T の3乗に比例する

(5)



試験科目名	応用物理学【4】物理系実験	解答例

[1]

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

[2]

	a /cm	b /cm	焦点距離 f/cm
凸レンズ I	7.0	6.0	3.2
凸レンズ II	9.0	4.0	2.8
凸レンズ III	20	15	8.6

[3]

解答欄

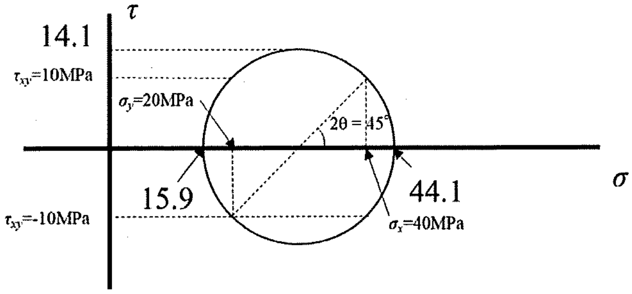
(1)	V/I	(2)	$IR_S + I_L R_L + I_V R_V$	(3)	IR_S
(4)	S/L_V	(5)	Ωm		

[4]

(1)	$-\frac{Mgh}{I}\theta$	(2)	$2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgh}}$	(3)	$\frac{4\pi^2}{T^2}\frac{I}{Mh}$
(4)	$\frac{4\pi^2}{T^2}\left(\frac{2}{5}\frac{r^2}{h}+h\right)$	(5)	球の半径 r	(6)	周期 T

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 = 44. 1 MPa

σ_2 = 15.9 MPa

$\tau_{\max}$ = 14.1 MPa

(3)

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}\left(\sigma_x - \nu\left(\sigma_y + \sigma_z\right)\right) = \frac{1}{360 \times 10^9}(40 \times 10^6 - 0.2 \times 20 \times 10^6) = 1 \times 10^{-4}$$

試験科目名	応用物理学【6】材料科学	解答例

(1) $\Delta S_{mix} = 5.76\ \mathrm{J/(mol \cdot K)}$

$\Delta H_{mix} = 2.50 \times 10^3\ \mathrm{J/mol}\ (= 2{,}500\ \mathrm{J/mol})$

$\Delta G_{mix} = -3.26 \times 10^3\ \mathrm{J/mol}\ (= -3{,}260\ \mathrm{J/mol})$

(選択肢) ⓐ

(2) (選択肢 1) ⓐ (選択肢 2) ①

(3) ⓑ

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2次募集)
生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

(実施日:2026 年 2 月 27、28 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，剛体振り子を取り上げ， ✓ 剛体の慣性モーメントとそれに成り立つ基本的な定理や，剛体に働く力のモーメント ✓ 剛体の固定軸回りの回転の運動方程式 ✓ ある振動が単振動となる条件 に対する基本的な理解度を評価するとともに， ✓ 測定から決定できる未定定数とあるモデルから導かれる関係式との関係から，未知の物理量を見積もる という，測定データ整理の基本的な能力を評価することである．
[2]	本問の出題意図は，摩擦力のした仕事を取り上げ， ✓ 仕事の定義 ✓ ある経路に沿った仕事の計算 ✓ 仕事と保存力との関係 ✓ 保存力，非保存力，それぞれの定義 に対する基本的な理解度を評価するとともに， ✓ 必要条件，充分条件，必要充分条件 ✓ ある主張に対し反例を挙げてその主張を否定する という，論理的な思考力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]	熱力学に関する多様な知識を問うことを目的としている．
[2]	理想気体の T-P-V 関係の知識を問うことを目的としている．

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]	(1) ビオサバールの法則についての理解度を問う． (2) ジュールの法則・キルヒホッフの法則・抵抗の合成値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	
出題意図	典型的な 1 次元井戸型ポテンシャルの問題を出題し、量子力学の基礎を理解しているかを問う。 (1) ハミルトニアンと固有関数が与えられたときに、正しく固有値を計算できるかを問う。 (2) 波動関数の規格化について理解しているかを問う。 (3), (4) 1 次摂動論に基づき、エネルギーシフトを計算できるかを問う。

試験科目名 ： 応用物理学 【2】統計力学	
問題番号	出題意図
[1]	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。
[2]	固体中の原子振動に関して最も基本的なモデルであるアインシュタインモデルを用いて、カノニカル集合の方法を等方的な固体に応用し、基本的な熱力学量の 1 つである定積熱容量を求める能力を問う。

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)	原子の結合様式に関する基礎事項の理解度を問う.
[1] (2)	結晶中を伝搬する波の分散関係についての理解度を問う.
[2] (1)	結晶が持つ対称性に関する理解度を問う.
[2] (2)	格子欠陥に関する基礎事項の理解度を問う.
[2] (3)	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.
[3] (1)-(2)	ブリルアン帯についての理解度を問う.
[3] (3)-(4)	格子比熱の基礎知識に関する理解度を問う.
[3] (5)	フェルミ-ディラックの分布関数に関する基礎知識の理解度を問う.

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]	基礎的な物理量とその単位の知識を問う.
[2]	光学レンズの性質の基礎知識を問う.
[3]	試料の電気抵抗測定の原理と試料の抵抗率に関する知識を問う.
[4]	剛体振り子の運動の理解と実験から重力加速度を求める過程を問う.

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)	弾性構成方程式を知っているかの知識を問う。

試験科目名 ： 応用物理学 【6】材料科学	
出題意図	本問題は、溶体の熱力学および二元系状態図の理解に基づき、混合に伴う自由エネルギー変化と固溶体の熱力学的安定性を適切に評価できる能力を確認することを目的とする。 具体的には、正則溶体モデルを題材として、 1. 混合エントロピー変化、混合エンタルピー変化、および混合ギブズ自由エネルギー変化を適切に計算できるか、 2. 混合自由エネルギーの符号に基づき、均一固溶体の熱力学的安定性を判断できるか、 3. 温度変化に伴うエンタルピー項とエントロピー項の競合関係を理解しているか、 4. これらの熱力学的考察を状態図の型(全率固溶型か固溶限を持つ型か)と関連付けて考察できるか、 を問うものである。 固溶体形成の可否や固溶限の出現は、合金設計や材料機能発現に直接関係する重要な基礎概念である。したがって、本問題では、受験者が溶体の熱力学、自由エネルギー変化、および状態図の関係を体系的に理解し、それらを定量的計算と概念的判断の双方に適用できる能力を確認することを意図している。
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、ギブズ自由エネルギー、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。