2025(令和 7)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. 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 7 枚あります．試験開始後，問題用紙の過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．

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. 問題用紙は解答用紙も兼ねています．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．試験終了後にすべてを提出してください．

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]の問題すべてに答えよ. (1 ページ / 2 ページ)

[1] 図 1 の様に, 水平面に対し傾角 θ の角度を持つ斜面があり, 質量 m の物体が斜面上にある. 物体が斜面を滑り落ちるときには垂直抗力に比例する一定な摩擦係数 μ をもつ摩擦力が働く. 斜面は物体の運動による変形はなく, 物体は質点と考える. 物体には一様な重力が働き, 斜面と平行な方向に x 軸をとり, 斜面に対して垂直方向に y 軸をとる. 時刻 $t=0$ で物体は原点 O にあり, 初速度を $\vec{0}$ とする. 重力加速度は鉛直下向きに大きさ g とし, 物体に働く力は重力, 摩擦力, 垂直抗力のみとする. 以下の問い全てに答えよ. [50 点]

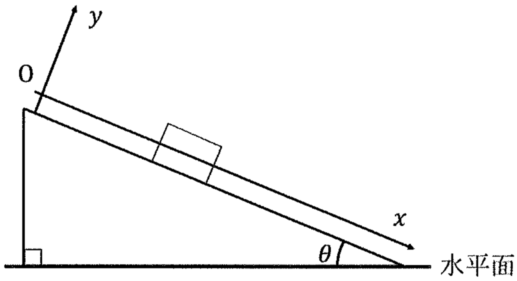


図 1

(1) x 軸方向の物体の運動方程式を答えよ.

(2) 時刻 t での x 軸方向の速度を答えよ.

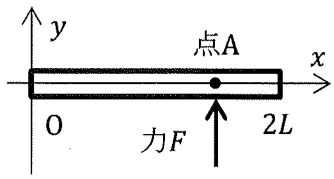
(3) 時刻 t での位置 x を答えよ.

(4) 時刻 t での運動エネルギー $K(t)$ を m, g, θ, x, μ を用いて答えよ.

(5) 運動エネルギーの増加分 $K(t)-K(0)$ について, 2 つの仕事の和に分け, それぞれ何の力がした仕事か答えよ.

試験科目名	力学	受 験 番 号	

[2] 太さの無視できる，質量m，長さ$2L$の一様で真っ直ぐな剛体棒が，摩擦のない水平面上で静止している．水平面上にxy座標を取り，図のように棒の一端の位置を原点0とする．また，紙面に垂直，裏から表方向にz軸をとる．時刻$t=0$でこの棒の点 A $(a,0)$ $(L \leq a \leq 2L)$に一定の大きさFの力を$+y$方向に瞬間的に加えた．力を加えた時間をΔtとする．



力を加えた後の，この棒の運動について述べた以下の枠線内の文章の空欄[ア]～[コ]に，適切な文字式，用語，数値を解答欄に答えなさい．[50 点]

まず，この剛体棒の重心の運動について考える．$t=0$からΔtの間にこの剛体棒に加えられた力積のx成分は[ア]，y成分は[イ]である．力積が加えられた前後の剛体の[ウ]の変化量は加えた力積に等しいことから，$t=\Delta t$でのこの剛体棒の重心の速度$(V_x(\Delta t), V_y(\Delta t))$は

$$\left(V_x(\Delta t), V_y(\Delta t)\right) = ([\quad エ \quad],[\quad オ \quad])$$

となる．$t>\Delta t$では力は働いていない．従ってこの剛体棒の重心座標(X,Y)は$t>\Delta t$では

$$(X,Y) = ([\quad カ \quad],[\quad キ \quad])$$

と時間変化することが判る．

次にこの剛体棒の，重心を中心とした水平面上での回転運動について考える．この剛体棒の重心を通り棒に垂直な軸の周りの慣性モーメントをI_G，時刻tでの剛体棒の角速度を$\omega(t)$，剛体棒に加わる力のモーメントのz成分をN_zと置くと，回転運動の運動方程式より

$$I_G \frac{d\omega}{dt} = N_z$$

の関係が成り立つ．この運動方程式を$t=0$からΔtまで積分すると

$$I_G\omega(\Delta t) - I_G\omega(0) = \int_0^{\Delta t} N_z\, dt$$

が得られる．右辺の積分は力積モーメントと呼ばれる．左辺の$I_G\omega(\Delta t)$，$I_G\omega(0)$はそれぞれ$t=\Delta t$，$t=0$でのこの剛体棒の[ク]であるので，剛体に力積モーメントが加えられた前後の[ク]の変化は，加えた力積モーメントに等しいことが判る．題意の力が働いている間，N_zは$N_z=$[ケ]で一定なので，この剛体棒に加えられた力積モーメントは$N_z\Delta t=$[ケ]$\times \Delta t$となる．

題意の力を加えても，この剛体棒が回転しない条件を考える．初期条件より$\omega(0)=0$なので，力を加え終わった直後の剛体棒の角速度$\omega(\Delta t)$は$\omega(\Delta t)=N_z\Delta t/I_G$である．従って加えた力積モーメント$N_z\Delta t$が 0 ならば，題意の力を加えてもこの剛体棒は回転しないことが判る．$N_z=$[ケ]より，$a=$[コ]ならばこの条件が満たされることが判る．

解答欄

ア			カ	
イ			キ	
ウ			ク	
エ			ケ	
オ			コ	

試験科目名	熱力学	受験番号	

[1],[2]の問題すべてに答えよ．

[1]　(i)式は 1 モルの実在気体の状態の考察に用いられる．ここで B, C はそれぞれ気体の圧力 P の 1 次項，2 次項の係数である．V_{m} と T はそれぞれ気体のモル体積と温度，R は気体定数である．

$$PV_{\mathrm{m}} = RT + BP + CP^2 + \cdots \quad \text{(i)}$$

ファン・デル・ワールスが考案した(ii)式も 1 モルの実在気体の状態の考察に用いられる．ここで a, b は定数である．

$$\left(P + \frac{a}{V_{\mathrm{m}}^2}\right)(V_{\mathrm{m}} - b) = RT \quad \text{(ii)}$$

以下の問いに答えよ．[50 点]

(1)　選択肢（あ）～（え）から(i)式と(ii)式中の RT 項の単位として適切なものを選び，右の枠内へ記号で答えよ．

（あ）$\mathrm{J{\cdot}mol^{-1}}$　（い）$\mathrm{kg{\cdot}m{\cdot}s^{-2}{\cdot}mol^{-1}}$　（う）$\mathrm{J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}}$　（え）$\mathrm{J{\cdot}m{\cdot}mol^{-1}}$　[　　　]

(2)　(i)式において理想気体を考える場合は，B と C はどうなるか．

(3)　理想気体と実在気体の違いを説明せよ．(ii)式を用いて説明してもよい．

(4)　以下の空欄を適切な式で埋めよ．

(ii)式を変形すると，　$PV_{\mathrm{m}} =$ [　　　　　　] (iii)　となる．

ここで，a, b の値が微小な場合は $V_{\mathrm{m}} = \dfrac{RT}{P}$ と近似できることを用い，(iii)式右辺の V_{m} を消去して右辺を P の 2 次多項式で表すと，　$PV_{\mathrm{m}} =$ [　　　　　　] (iv)　となる．

(iv)式を(i)式と比較すると，　$B =$ [　　　　　　]　であることがわかる．

試験科目名	熱力学	受験番号	

[2] 以下のすべての問いに答えよ． [50 点]

(1) A) 大気圧 0.9 atm 下で断面積 22 cm^2 のピストン容器内の気体がピストンを 1.0 cm 押し出した．

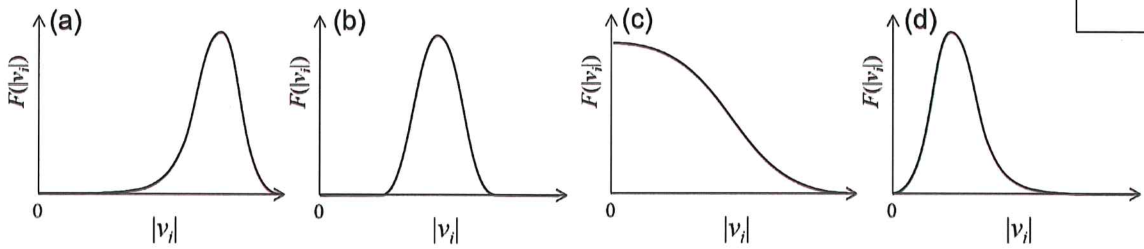
B) 大気圧 1.1 atm 下で断面積 20 cm^2 のピストン容器内の気体がピストンを 0.8 cm 押し出した．

A と B のどちらの場合が，気体が外界へ成した仕事が大きいかを根拠とともに答えよ．

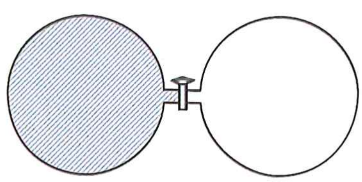
(2) 熱力学第 2 法則を説明せよ．

(3) カルノー熱効率が 30 % 以上となる理想的な熱機関を構築するには，280 K の熱浴と組み合わせる高温側の熱浴は何度(K) 以上に設定する必要があるか．説明文とともに答えよ．

(4) 体積一定の容器に封入された熱平衡状態にある理想気体の気体分子 i の速度 v_i の分布関数 $F(|v_i|)$ を正しく表している図を(a)〜(d)から選んで右の枠内へ記号で答えよ．



(5) 右図のように全体が断熱性の連結容器の左側にだけ理想気体を封入し，右側は真空である状態を考える。連結部のコックを開けて左右の容器間を理想気体が移動可能にした。この操作の前後で内部エネルギー変化 ΔU，エントロピー変化 ΔS のうち，値がゼロのものはあるか。ない場合は「なし」と答えよ。ある場合は該当するものをすべて答えよ。



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、図 1-1 のような等しい二辺の長さが a の直角二等辺三角形 ABC において、BC の中点を D とし、各頂点 A, B, C と 点 D に電荷量 q $(q > 0)$ の点電荷をおく。このとき頂点 A の点電荷に働くクーロン力の大きさを求めよ。

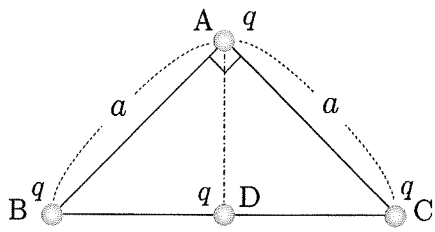


図1-1

(2-1) 真空中において、電荷量が Q $(Q > 0)$ の点電荷があるとき、この点電荷からの距離 r における電場の大きさ $E(r)$ を積分形のガウスの法則を用いて求めよ。

(2-2) 真空中において、電荷量が Q $(Q > 0)$ の点電荷からの距離 r における電位 $\phi(r)$ を、無限遠における電位を 0 V として求めよ。

(3) 静電容量が C のキャパシタを 8 個、図 1-2 のように接続したときの A-B 間の合成静電容量を求めよ。

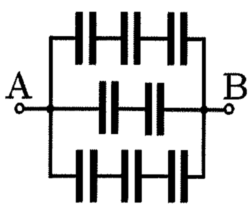


図1-2

試験科目名	電磁気学	受験番号	

[2] 図 2 のように真空中にある距離 R だけ離れた無限に長い 2 本の平行な直線電流 (a) と反平行な直線電流 (b)について考える。電流が流れる直線状導線の太さは無視でき、真空の透磁率(磁気定数)を μ_0 として以下の問いに答えよ。[50 点]

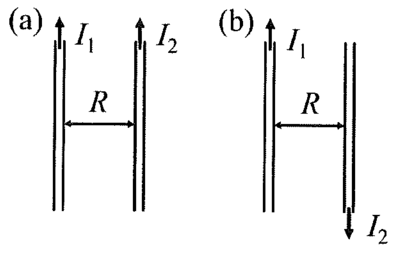


図 2

(1) 図 2 (a)のような場合、平行な直線電流 I_1 と I_2 の間に働く単位長さ当たりの力の大きさ F を I_1、I_2、R を用いて答えよ。

(2) 2 本の直線電流が (a) 平行な場合と (b) 反平行な場合に、電流間に働く力が斥力になるか引力になるかそれぞれ答えよ。

(a)

(b)

(3) アンペールの法則 $\int_{C_0} \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{s} = \mu_0 I$ を用いて電流 I_2 が電流 I_1 の位置につくる磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の大きさを答えよ。

(4) (1)で求めた電流間に働く力の大きさ F を I_1 と B を用いて答えよ。

2025(令和 7)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. 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，問題用紙の順に合計 13 枚あります．試験開始後，問題用紙の過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．

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，解答問題選択欄の選択した 4 題のところへ○を付けてください．5 つ以上の問題に○を付けた場合，応用物理学は 0 点になります．

4. 問題用紙は解答用紙も兼ねています．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．<u>試験終了後に，問題選択記入用紙を含めたすべてを提出してください</u>．

5. 草案用紙は 1 枚です．草案用紙は持ち帰ってください．

2025(令和 7)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）

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	

・解答問題選択欄の選択した 4 題のところへ○を付けてください．
・5 つ以上の問題に○を付けた場合，応用物理学は 0 点になります．
・選択した問題の答案が白紙の場合も，4 つの問題に○を付けてください．
・問題用紙は解答用紙も兼ねています．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．試験終了後に，この用紙を含めたすべて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			

かっこ[ア]～[カ]に、適当な文字式を記入せよ。[75 点]

[1] 1次元における、質量 m、固有振動数 ω の、時間に依存しない量子力学的な調和振動子（質点）のシュレディンガー方程式は、

$$H(x)\psi(x) = \left(\frac{p^2}{2m} + \frac{m}{2}\omega^2 x^2\right)\psi(x) = \hbar\omega\left(a^+ a + \frac{1}{2}\right)\psi(x) = E\psi(x) \cdots (1)$$

で与えられる。ここで、$H(x)$は系のハミルトニアン、$\hbar = h/2\pi$（h:プランク定数）、$\psi(x)$は質点の波動関数、Eは系のエネルギーを表す。位置演算子xと運動量演算子pの交換関係は、次のとおりである。

$$[x,p] = xp - px = i\hbar \quad \cdots (2)$$

また、a^+, aは次式で与えられる。

$$a^+ = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}}x - i\frac{p}{\sqrt{2m\hbar\omega}}, \qquad a = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}}x + i\frac{p}{\sqrt{2m\hbar\omega}} \quad \cdots (3)$$

この系の最低エネルギー状態に対応する波動関数$\psi_0(x)$は、次の式(4)

$$a\psi_0(x) = 0 \quad \cdots (4)$$

を満足する。位置座標表示での運動量演算子 $p = \dfrac{\hbar}{i}\dfrac{d}{dx}$を用いると、式(4)は、微分方程式(5)になる。

$$\left(\frac{d}{dx} + \left[ア \qquad\qquad\qquad\qquad \right]\right)\psi_0(x) = 0 \cdots (5)$$

$\psi_0(x)$の具体的な関数形は、(5)を解いて求まる。規格化された波動関数として、

$$\psi_0(x) = \left[イ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \right] \cdots (6)$$

を得る。なお、この計算で次の公式を用いてもよい。$\int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-Ax^2)dx = \sqrt{\pi/A} \quad (A > 0)$

ここからは、この系（質点）に一様な外部電場がかかる場合を考える。質点が電荷 qを持つとする。大きさF_0の外部電場が$+x$ 方向に加わる場合、電荷の静電ポテンシャル$V(x) = -qF_0 x$がハミルトニアン$H(x)$に加わる。系の新たなハミルトニアン$H(F_0,x)$は、式(7)となる。

$$H(F_0,x) = H(x) + V(x) = \frac{p^2}{2m} + \frac{m}{2}\omega^2 x^2 - qF_0 x \cdots (7)$$

ハミルトニアン$H(F_0,x)$は、次のように変形できる。

$$H(F_0,x) = \frac{p^2}{2m} + \frac{m}{2}\omega^2\left(x + \left[ウ \qquad\qquad\qquad \right]\right)^2 + \left[エ \qquad\qquad\qquad\qquad \right] \cdots (8)$$

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【1】 量子力学			

外部電場がない（$F_0 = 0$）場合の結果を利用して、この系（外部電場F_0が加わった系）の、最低エネルギー状態におけるエネルギーの値$E_0(F_0)$及び固有関数$\psi_0(F_0, x)$を求める。

外部電場F_0が加わった場合の、系の最低エネルギー状態におけるエネルギー固有値$E_0(F_0)$は、

$$E_0(F_0) = \left[\text{オ} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \right] \cdots (8)$$

であり、規格化された固有状態$\psi_0(F_0, x)$は、

$$\psi_0(F_0, x) = \left[\text{カ} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \right] \cdots (9)$$

である。

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。[75 点]

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。

[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。

(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) B のエントロピーを $S_{\mathrm{B}}(E)$ とすると、(1) より、$P_n \propto e^{S_{\mathrm{B}}(E_{\mathrm{T}}-E_n)/k_{\mathrm{B}}}$ となる。この関係式から P_n に関する以下の式を示せ。

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

(3) (2) の結果より、系 A の分配関数 Z はどのように表されるか。

以下、解答欄

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 N 個の振動子系をカノニカル分布で扱う。簡単のため、固有振動数 ω はすべての振動子で同一とする。

(1) 1個の振動子のエネルギーは、$E_n^{(1)} = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$、$n = 0, 1, 2, \cdots$ で与えられる。この1個の振動子に対する分配関数 Z_1 を求めよ。

(2) N 個の振動子系の分配関数 Z_N は、$Z_N = Z_1 \times \cdots \times Z_1 = (Z_1)^N$ と与えられる。N 個の振動子系の平均エネルギー $\overline{E}$ を求めよ。

(3) N 個の振動子系のヘルムホルツの自由エネルギー F 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．［75 点］

[1] 以下の文章の空欄に最も適当な語句を記入せよ．［25 点］

(1) 水分子は 1 個の酸素原子：O と 2 個の水素原子：H との［　　　］結合により形成される．このとき H-O-H の結合角度は 90 度よりやや［　　　］．この結晶すなわち氷において，水分子同士の支配的な結合様式は［　　　］結合である．

(2) 直方体の金属の各辺に右手系で x, y, z 軸をとる（x, y, z 各軸の向きが右手の親指，人差し指，中指の指す向きに対応）．この金属中を自由電子が $+y$ 方向の磁場下で $+x$ 方向に移動している．定常状態に達する前ではこの自由電子は磁場によって［　　　］方向に曲げられ，定常状態に達した後には［　　　］方向の電場が観測される（符号も付して解答すること）．

[2] 以下の設問に答えよ．［25 点］

(1) 結晶中に見られる転位の種類について一つ答えよ．

(2) ブラベー格子に一面心正方格子は含まれない．単位胞において，正方形の面の中心を面心位置とした場合，これと等価なより単純なブラベー格子は何か答えよ．

(3) 鉛（軟らかい）とダイヤモンド（硬い）のデバイ温度を比較したとき，どちらが高いか答えよ．

(1)

(2)

(3)

(4) 単一元素からなる結晶の定積モル比熱が$3R$（Rは気体定数）になるという，デュロン・プティの法則は十分に高温では成り立つ．この法則は結晶を構成する全原子が調和振動をしていて，エネルギー等分配則が成り立つという古典論で説明ができる．デュロン・プティの法則を導け．

[3] 以下の設問に答えよ．［25 点］

(1) 実空間での面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．

(2) 塩化ナトリウム：NaCl，ダイヤモンド：Cともに結晶中に光学的振動が生じ得る．これに伴い，赤外線を吸収するのはどちらの物質か答えよ．

(1)

(2)

(3) 3次元金属中の自由電子の絶対零度におけるフェルミエネルギーは，

$E_{F_0} = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3n}{8\pi}\right)^{2/3}$ で与えられる．ここでhはプランク定数，mは電子の質量，πは円周率であるので，E_{F_0}はnのみに依存する．nとは何かを答えよ．

(3)

(4) 金属中の自由電子の状態密度ZはエネルギーEの関数$Z(E)$であるが，一般的な3次元金属の場合の$Z(E)$とEの関係性を簡単な式で表せ．

(4)

(5) 上の(3)で示した関係式は，次の式から求められる．

$$n = \int_0^{\infty} Z(E)\,X(E)\,\mathrm{d}E = \int_0^{E_{F_0}} Z(E)\,\mathrm{d}E$$

ここで，n, Z, Eは上述のものと同意である．上式で一般的な記号ではなく$X(E)$で示したエネルギーの関数は，何と呼ばれるか答えよ．また，この具体的な式を示せ．必要があれば，有限温度Tでのフェルミエネルギー（化学ポテンシャル）をE_F，ボルツマン定数をkとして用いよ．

(5)

$X(E) =$

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

(1 ページ/3 ページ)

[1] ~ [6]の問題すべてに答えなさい。[75 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。

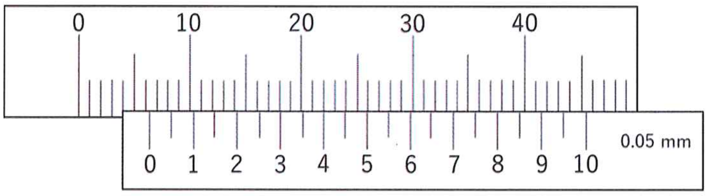


図 1

図 1 の解答

____

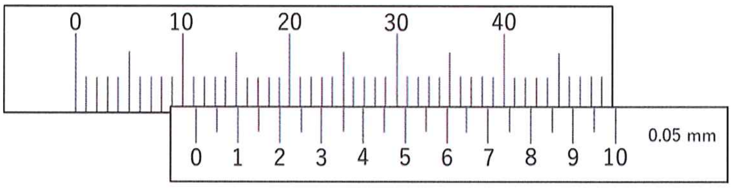


図 2

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)で物の長さを測定した。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。

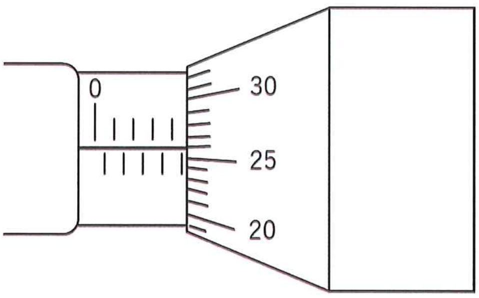


図 3

図 3 の解答

____

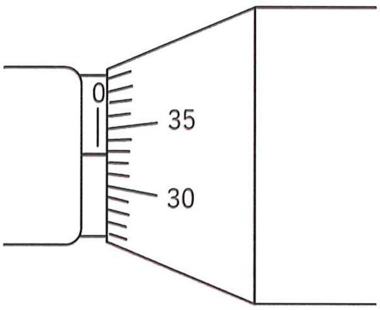


図 4

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 ページ/3 ページ)

[3] 温度測定に関する以下の文章の①~⑤に最もふさわしい語句を以下の語群 A から選び，解答欄に書きなさい。

一般的な温度の測定は，物差しで物体の長さを測定する直接測定とは異なり，温度と一定の関係にある物理量を測定し，その計測値から温度に変換する（ ① ）測定で行われる。温度測定素子の一つであるサーミスタで温度を測定する場合は，(②)を測定することで温度を得ることができる。サーミスタ素子は，温度の減少と共に(②)が増加する半導体が利用されることが多い。また，2 種類の金属線を接続して作った回路で，2 つの接合点の温度が異なると回路に起電力が生じ電流が流れる現象を利用した温度計は（ ③ ）と呼ばれる。この起電力は（ ④ ）と呼ばれ，この現象は（ ⑤ ）効果と言われる。

語群 A

電荷，温度，電気抵抗，誘電体，金属，放射，熱電対，ペルチェ， ゼーベック，熱起電力，直接，間接，光電効果，ジュール熱，比電荷

解答欄

①	②	③	④	⑤

[4] 以下の単位が最もふさわしい物理量の名称を以下の語群 B から選び解答欄に書きなさい。

単位	解答欄 (物理量の名称)
$m \cdot s^{-2}$	
$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	
C	
$J \cdot s$	
$J \cdot K^{-1}$	

語群 B

真空中の光速，電気定数，ボーア磁子，電子の質量，ボルツマン定数， 力，重力加速度，電荷，プランク定数，仕事，気体定数

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【4】 物理系実験			

[5] 厚さの無視できる凸レンズ I、II、III がある。表 5 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。

表 5

	a /cm	b /cm	焦点距離 f /cm
凸レンズ I	6.2	3.8	
凸レンズ II	11	9.0	
凸レンズ III	13	7.0	

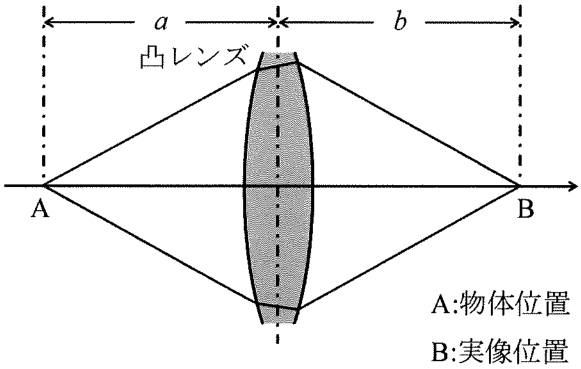


図 5

[6] 右図の回路おいて電源電圧を V, 固定抵抗の抵抗値を R, キャパシタの静電容量を C とする。スイッチ SW2 を開いた状態でスイッチ SW1 を閉じてキャパシタに電荷を蓄えたのち，SW1 を開く。その後，時刻 $t = 0$ で SW2 を閉じて右側の回路に電流を流す。時刻 t におけるキャパシタの電荷量を $Q(t)$，回路に流れる電流を $I(t)$ として以下の問に答えなさい。

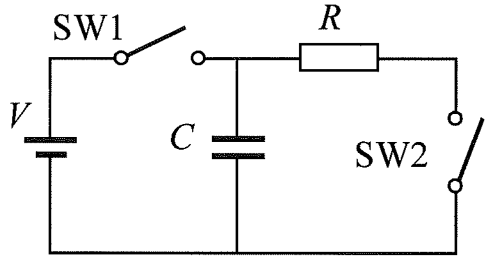


図 6

(1) 右側の回路おいて，SW2 を閉じた後，時刻 t における起電力と電圧降下を答えなさい。

起電力	

電圧降下	

(2) SW2 を閉じて右側の回路に電流 $I(t)$ を流すとき，電流 $I(t)$ についての微分方程式を答えなさい。

微分方程式	

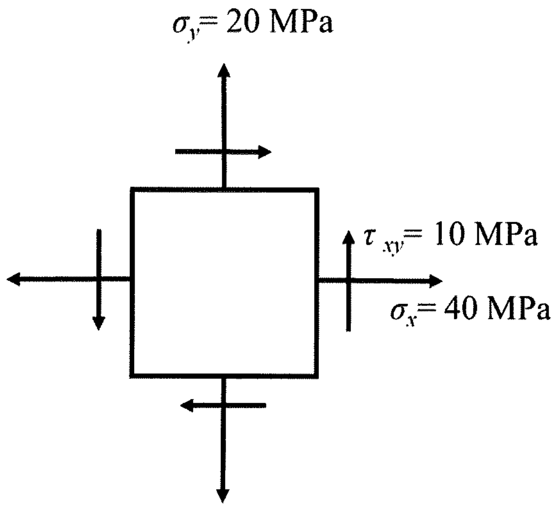
(3) SW2 を閉じて右側の回路に電流 $I(t)$ を流すと，電流 $I(t)$ は指数関数的に変化して定常値に達する。電流 $I(t)$ が定常値に達するまでに変化するこの現象の名称を答えなさい。

現象名	

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【5】 応用力学			

x-y 二次元応力場における、図のような垂直応力 σ_x、σ_y とせん断応力 τ_{xy} が作用する微小要素について次の問に答えよ。ただし $\sqrt{2}=1.41$、$\sqrt{3}=1.73$ とし、せん断応力は時計回りを正とする。[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) x-y 座標の x 軸と主応力 σ_1 の方向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			

次の**(1)**〜**(3)**の文章について、**A**〜**Y** の（______）内に入る適切な用語を、[　　]内の最も適切な記号を答えよ。答案は解答欄に記入しなさい。[**75 点**]

(1) 相変態とは、今考えている系の中に存在する（単独あるいは複数の）相が、別の相（あるいは複数の相)に変化することである。一定温度、一定圧力下における相変態に関し、相の安定性は自由エネルギー, G によって定義される。

$$G = H - TS \qquad ①$$

ここで H は（**A.** ________）、T は温度、S は（**B.** ________）である。H は系が有する熱エネルギーの尺度であり、以下の式で定義される。

$$H = U + PV \qquad ②$$

ここで U は系の内部エネルギー、P は圧力、V は体積である。U は系中の原子の運動エネルギーと（**C.** ________）からなる。固体や液体のような凝縮系の場合、圧力と体積の項 PV は、U に比べて非常に小さいため、$H \fallingdotseq U$ である。つまりこの場合、H は原子間やイオン間、分子間の（**D.** ________）の大きさを意味しており、一般に、**[E. ⓐ正(プラス)・ⓑ負(マイナス)]**である。

【解答欄 (1)】		
A.	**B.**	**C.**
D.	**E.**	

(2) 物質の平衡状態に対して定まる変数を（**F.** ________）という。たとえば、温度, 圧力, 体積, 内部エネルギーなどである。（ **F** ）の変化は、変化の経路にはよらず、変化の始めと終りの状態のみによる。**[G. ⓐ示強性・ⓑ示量性]**のある（ **F** ）は、相を決定する因子である。例えば、鉄（Fe）は温度によって結晶構造が変化し、それらは α 相, γ 相, δ 相と呼ばれる。このような同一の元素で変化の名称を（**H.** ________）という。

【解答欄 (2)】		
F.	**G.**	**H.**

(3) 成分 α と β が、液体や固体の溶体をつくるとき、**[I. ⓐ示量性・ⓑ示強性]**の状態変数である体積や(ギブス)自由エネルギー、エンタルピー、エントロピーなどは、純物質 α と β の値の単純な算術和とはならない。これは一般的に成り立つことであり、溶体を構成する各成分の 1 モル当たりの量を（**J.** ________）と呼ぶ。

例えば、温度 25 ℃において、大量の H_2O（水）に 1 mol の H_2O を加えると 18 cm^3 の体積増加が生じる。これは加えた H_2O のモル体積 18 cm^3/mol に相当する。一方で、大量のエタノールに 1mol の H_2O を加えると 14 cm^3 しか体積増加しない。これは純エタノール中の H_2O の（**K.** ________）が 14 cm^3/mol であるため、溶液の体積の増加量に違いが生じる。

次に、成分 α と成分 β の 2 成分からなる 1 mol の α-β 固溶体を考える。ここで成分 α のモル分率 x_α と β のモル分率 x_β とすると、その関係は以下の式で表される。

（**L.** ________________________）　③

（次ページに続く）

試験科目名	応用物理学	受験番号	
【6】 材料科学			

α, βの純物質 1mol あたりの自由エネルギーをG_α, G_β とする。混合前の成分 α(x_α)と成分 β(x_β)がもつ自由エネルギーは、それぞれ (**M.** ________) と (**N.** ________) である。

混合後の成分 α, β の固溶体の自由エネルギーを考える。成分 α, β の自由エネルギーの (**J**) を$\overline{G_\alpha}$、$\overline{G_\beta}$とし、生成した固溶体の自由エネルギーG_{mix}は

$$G_{\mathrm{mix}} = (\textbf{O.}\ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) \tag{4}$$

である。一方で、溶体の混合の自由エネルギー変化をΔG_{m}とすると、生成した固溶体の自由エネルギーG_{mix}をx_α, x_β, G_α, G_β, ΔG_{m}を使って表すと、

$$G_{\mathrm{mix}} = (\textbf{P.}\ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) \tag{5}$$

となり、純物質 α, β の自由エネルギーG_α, G_β の単純な算術和とならない。式④のようにモル分率を用いた算術和として扱える成分iの自由エネルギーの (**J**), $\bar{G_i}$をμ_iと表し、μ_iを混合物の中の物質の (**Q.** ________) と呼ぶ。(**Q**) は溶体の温度、圧力、組成により変化し、純物質の場合は、物質の (**R.** ________) と同じである。

また、混合のエンタルピー変化をΔH_{m}、混合のエントロピー変化をΔS_{m}、系の温度をTとするとΔG_{m}は

$$\Delta G_{\mathrm{m}} = (\textbf{S.}\ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) \tag{6}$$

である。ここで、混合によってエンタルピーに変化が起こらない場合 ($\Delta H_{\mathrm{m}} = 0$)を理想溶体と呼ぶ。また、混合によってエンタルピーに変化が起こる場合を正則溶体と呼び、次のような関係があるとすると

$$\Delta H_{\mathrm{m}} = \Omega x_\alpha x_\beta \tag{7}$$

である。式⑦のΩを (**T.** ________) と呼び、成分 α と成分 β の相互作用の強さを表す。
Ωが**[U ⓐ正・ⓑ負]**の場合、α と β の間には斥力が働き、互いに遠ざかった方がエネルギーは低い。このような正則固溶体を考えると、結晶中の α, β は**[V. ⓐ固溶体・ⓑクラスター形成・ⓒ規則状態]**で配列するのが安定となる。一方、Ωが**[W. ⓐ正・ⓑ負]**の場合、α と β の間には引力が働き、互いに近寄った方がエネルギーは低くなるため、結晶中の α, β は**[X. ⓐ固溶体・ⓑクラスター形成・ⓒ規則状態]** で配列するのが安定となる。Ωが 0 (ゼロ)の場合は、α と β は互いに干渉しない (**Y.** ________) 溶体である。

【解答欄 (3)】

I.	**J.**	**K.**
L.	**M.**	**N.**
O.	**P.**	**Q.**
R.	**S.**	**T.**
U.	**V.**	**W.**
X.	**Y.**	

2025(令和 7)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)

生産システム工学系専攻 物理物質科学コース

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]	摩擦のある斜面を物体が滑り落ちる運動を考え、運動方程式をたて物体の速度と位置の時間変化を求める問題。物体に働く力に非保存力が含まれる場合の力学的エネルギーについて理解しているか問う出題である。また、計算に必要な数学の力があるか問う出題である。
[2]	剛体の力学，特に角運動量，慣性モーメント，力のモーメントに対する基本事項の理解度を評価するための出題.

試験科目名 ： 熱力学	
問題番号	出題意図
[1]	気体の状態方程式の理解度を問う.
[2]	系がなす仕事，熱力学第２法則，カルノーの熱効率，気体分子の速度分布，気体の自由膨張の仕事，内部エネルギー，エントロピー変化について，それぞれの理解度を問う.

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) ガウスの法則と電場と電位の関係についての理解度を問う. (3) キャパシタの合成静電容量の計算能力を問う.
[2]	アンペールの法則と電流間に働く力について理解しているか問う出題である．また，計算に必要な数学の力があるか問う出題である. (1) 2 本の平行な直線電流間に働く単位長さ当たりの力の大きさを求める問題. (2) 2 本の平行な直線電流間に働く力について，平行・反平行の場合の力の向きを答える問題. (3) 直線電流が作る磁束密度をアンペールの法則から求める問題. (4) 電流間に働く力を，磁束密度を用いて表すことできることを理解しているか問う問題.

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
[1]	[ア,イ] 量子力学における調和振動子の基礎を理解し，題意に沿って正しく微分方程式を立てることができるかを問う．また，求めた微分方程式を解くことができるか，波動関数の規格化について理解しているかを問う． [ウ～カ] 前問[ア,イ]で考察した系に外部電場が加わった場合のハミルトニアンを導出できるか，そのエネルギー固有値と固有関数を求めることができるかを問う．

試験科目名 ： 応用物理学【2】統計力学	
問題番号	出題意図
[1]	ミクロカノニカル分布およびカノニカル分布に関する基本的な理解度を問う．
[2]	N個の振動子系をカノニカル分布で扱い，熱力学関数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)	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．
[1](2)	ホール効果に関する基礎事項の理解度を問う．
[2](1)	結晶の不完全性のうち，転位に関する基礎事項の理解度を問う．
[2](2)	ブラベー格子に関する理解度を問う．
[2](3)	デバイ温度に関する理解度を問う．
[2](4)	エネルギー等分配則や比熱の求め方に関する理解度を問う．
[3](1)	逆格子空間に関する理解度を問う．
[3](2)	結晶中の格子の振動様式の基礎知識と，光学的振動と電磁波との結合についての理解度を問う．
[3](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](4)	金属中自由電子の状態密度と次元性との関係性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，状態密度関数と自由電子密度の関係性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]	キャリパーを用いた長さ測定の基礎を問う.
[2]	マイクロメータを用いた長さ測定の基礎を問う.
[3]	測温に関する基礎知識を問う.
[4]	基礎的な物理量の単位の知識を問う.
[5]	光学レンズの性質の基礎知識を問う.
[6]	電気回路実験に関する基礎知識を問う.

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	材料科学は, 物質の構造, 物性, 熱力学的性質, ならびにそれらの相互関係を理解するための基盤となる学問である. 本試験では, 材料の熱力学的安定性や相変態, 混合・溶体の自由エネルギー変化といった基礎概念を問うことで, 進学者が材料科学の原理を理解し, 研究・開発に必要な知識を有しているかを評価する. 特に, 熱力学と統計力学を活用した材料設計や状態変化の理解を重視し, 材料科学の専門的な学修に必要な基礎知識を確認することを目的とする.
おおまかな出題範囲	• 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. 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.

2025(令和 7)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)

生産システム工学系専攻　物理物質科学コース

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) $m\frac{d^2x}{dt^2} = mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$

(2) $\frac{d^2x}{dt^2} = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$ と $v_x(t=0) = 0$ から，$v_x = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t$

(3) $\frac{dx}{dt} = v_x = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t$ と $x(t=0) = 0$ から，$x = \frac{1}{2}g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t^2$

(4) (2), (3)から，$|K(t)| = \frac{1}{2}m{v_x}^2 = \frac{1}{2}mg^2(\sin\theta - \mu\cos\theta)^2t^2 = mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)x$

(5) $mgx\sin\theta$ が重力のした仕事で，$-mgx\mu\cos\theta$ が摩擦力のした仕事．

[2]

解答欄

ア	0
イ	$F\Delta t$
ウ	運動量
エ	0
オ	$\frac{F\Delta t}{m}$

カ	L
キ	$\frac{F\Delta t}{m}t$
ク	角運動量（のz成分）
ケ	$(a-L)F$
コ	L

試験科目名	熱力学	解答例

[1]

(1) (あ)

(2) 理想気体の状態方程式 $PV_{\mathrm{m}} = RT$ を(i)式と比較すると、$B = 0, C = 0$ とすればよいことがわかる.

(3) 理想気体の分子は大きさ（体積）がゼロであり，理想気体の分子間には相互作用が存在しない．一方，実在気体の分子は有限の大きさをもち，分子間の相互作用が存在する。

(4)
$$PV_{\mathrm{m}} = RT + bP - \frac{a}{V_{\mathrm{m}}} + \frac{ab}{V_{\mathrm{m}}^2}$$
$$PV_{\mathrm{m}} = RT + \left(b - \frac{a}{RT}\right)P + \frac{ab}{(RT)^2}P^2$$
$$B = b - \frac{a}{RT}$$

[2]

(1) $W_{\mathrm{A}} = P\Delta V = 0.9\times22\times1.0 = 19.8$ [atm·cm³]，　$W_{\mathrm{B}} = 1.1\times20\times0.8 = 17.6$ [atm·cm³] より，A である.

(2) ある系にサイクルを行わせ，温度が一定のただ1つの熱源から熱をとって，それと等量の仕事を外部にさせることは不可能である.

(3) カルノー熱効率は $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$ で表される．ここで，T_L と T_H はそれぞれ熱機関の低温側と高温側の温度である．今，与えられた条件を代入すると，　$0.3 \le 1 - \frac{280}{T_H}$　より，　$T_H \ge \frac{280}{0.7} = 400$

したがって，高温側を 400 K 以上にする必要がある.

(4) (d)

(5) 自由膨張である．断熱より$\Delta Q = 0$，真空への膨張は $\Delta W = 0$ より，$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = 0$ である．非可逆過程であるから $\Delta S \neq (>) 0$ である．したがって $\underline{\Delta U}$ である.

試験科目名	電磁気学	解答例

[1]

(1) $F = \dfrac{(\sqrt{2}+2)q^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$

(2-1) 積分形ガウスの法則を示し，$E(r) = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ を求めていること。

(2-2) $\phi(r) = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

(3) $\dfrac{7}{6}C$

[2]

(1) $F = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I_1 I_2}{R}$

(2) (a) 引力　(b) 斥力

(3) $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_2}{R}$

(4) $F = I_1 B$

2025(令和 7)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）

生産システム工学系専攻　物理物質科学コース

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]

ア　$\frac{m\omega}{\hbar}x$

イ　$\left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{\frac{1}{4}}\exp\left(-\frac{m\omega}{2\hbar}x^2\right)$

ウ　$-\frac{qF_0}{m\omega^2}$

エ　$-\frac{(qF_0)^2}{2m\omega^2}$

オ　$\frac{\hbar\omega}{2}-\frac{(qF_0)^2}{2m\omega^2}$

カ　$\left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{\frac{1}{4}}\exp\left[-\frac{m\omega}{2\hbar}\left(x-\frac{qF_0}{m\omega^2}\right)^2\right]$

試験科目名	応用物理学【2】統計力学	解答例

[1]

(1) $W_B(E_T - E_n)$

(2) $S_B(E_T - E_n)$ を E_T のまわりでテイラー展開すると、

$$S_B(E_T - En) = S_B(E_T) - \frac{dS(E_T)}{dE}E_n + \cdots = S_B(E_T) - \frac{E_n}{T} + \cdots$$

これを P_n に代入して、E_n の高次の項を無視すると、

$$\begin{aligned} P_n &\propto e^{S_B(E_T - E_n)/k_B} \\ &= e^{S_B(E_T)/k_B - \frac{E_n}{k_B T}} \\ &= e^{S_B(E_T)/k_B} e^{-\frac{E_n}{k_B T}} \\ &\propto e^{-\beta E_n} \end{aligned}$$

P_n の規格化を考慮すると、

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

(3)

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

[2]

(1)

$$\begin{aligned} Z_1 &= \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\beta\hbar\omega(n+\frac{1}{2})} \\ &= \frac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1 - e^{-\beta\hbar\omega}} \end{aligned}$$

(2)

$$Z = Z_1^N$$

したがって、　N 個の振動子系の平均のエネルギーは、

$$\begin{aligned} \overline{E} &= -\frac{d}{d\beta}\log Z \\ &= N\left(\frac{1}{2}\hbar\omega + \frac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega} - 1}\right) \end{aligned}$$

(3)

$$\begin{aligned} F &= -k_B T \log Z \\ &= N\left(\frac{1}{2}\hbar\omega + k_B T \log(1 - e^{-\beta\hbar\omega})\right) \end{aligned}$$

試験科目名	応用物理学【3】固体物理	解答例

[1]

(1) 水分子は１個の酸素原子：O と２個の水素原子：H との $\boxed{\text{共有}}$ 結合により形成される．このとき H-O-H の結合角度は 90 度よりやや $\boxed{\text{大きい}}$ ．この結晶すなわち氷において，水分子同士の支配的な結合様式は $\boxed{\text{水素}}$ 結合である．

(2) 直方体の金属の各辺に右手系で x, y, z 軸をとる（x, y, z 各軸の向きが右手の親指，人差し指，中指の指す向きに対応）．この金属中を自由電子が $+y$ 方向の磁場下で $+x$ 方向に移動している．定常状態に達する前ではこの自由電子は磁場によって $\boxed{-z}$ 方向に曲げられ，定常状態に達した後には $\boxed{-z}$ 方向の電場が観測される（符号も付して解答すること）．

[2]

(1) らせん転位／刃状転位

(2) 単純正方格子

(3) ダイヤモンド

(4) この物質1 molの原子数をN個（Nはアボガドロ定数）とする．調和振動なので，1自由度当たり運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの両方に$\frac{1}{2}kT$（kはボルツマン定数）のエネルギーが分配されるので，運動方向の自由度3を考慮して1 mol当たりのエネルギーEは$3NkT$となる．定積モル比熱C_vはこれを温度で偏微分して，次のように求められる．

$$C_v = \frac{\partial E}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial T}(3NkT) = 3Nk = 3R$$

[3]

(1) 体心立方格子

(2) NaCl

(3) 自由電子密度

(4) $Z(E) \propto E^{1/2}$

(5) フェルミ・ディラックの分布関数

$$X(E) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_{\mathrm{F}}}{kT}\right) + 1}$$

試験科目名	応用物理学【4】物理系実験	解答例

[1]

図 1　6.40 mm　　図 2　11.30 mm

[2]

図 3　4.760 mm　　図 4　0.328 mm

[3]

①	②	③	④	⑤
間接	電気抵抗	熱電対	熱起電力	ゼーベック

[4]

単位	解答欄（物理量の名称）
$m\cdot s^{-2}$	重力加速度
$kg\cdot m\cdot s^{-2}$	力
C	電荷
$J\cdot s$	プランク定数
$J\cdot K^{-1}$	ボルツマン定数

[5]

	焦点距離 f/cm
凸レンズ I	2.4
凸レンズ II	5.0
凸レンズ III	4.6

[6]

(1)

起電力	$\frac{Q(t)}{C}$

電圧降下	$RI(t)$

(2)

微分方程式	$-\frac{1}{C}I(t) = R\frac{dI(t)}{dt}$

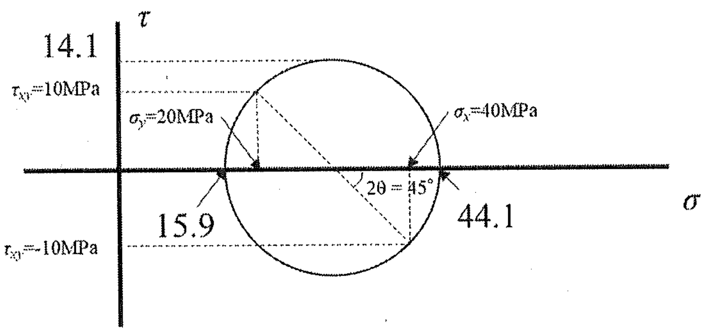
(3)

現象名	過渡現象

令和７年度　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【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

τ_{max} ＝14.1MPa

(3) モール円より x軸から見て主応力 σ_1の方向は反時計回りに 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)

【解答欄（1)】		
A.　エンタルピー	B.　エントロピー	C.　ポテンシャルエネルギー
D.　相互作用（or 結合力）	E.　ⓑ	

(2)

【解答欄（2)】		
F.　状態変数（状態量）	G.　ⓐ	H.　同素変態

(3)

【解答欄（3)】※ M, N: 逆の答案も正答とする		
I.　ⓐ	J.　部分モル量	K.　部分モル体積
L.　$x_\alpha + x_\beta = 1$	M.　$x_\alpha G_\alpha$	N.　$x_\beta G_\beta$
O.　$\overline{G_\alpha} x_\alpha + \overline{G_\beta} x_\beta$	P.　$x_\alpha G_\alpha + x_\beta G_\beta + \Delta G_\mathrm{m}$	Q.　化学ポテンシャル
R.　モル(ギブス)自由エネルギー	S.　$\Delta H_\mathrm{m} - T\,\Delta S_\mathrm{m}$	T.　相互作用パラメータ
U.　ⓐ	V.　ⓑ	W.　ⓑ
X.　ⓒ	Y.　理想	