

理工学 専攻 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）
試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））
試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は10問（**1**～**10**）あり，そのうち**1**～**3**については全員解答，**4**～**10**については7問のうち2問を選択し，合計5問を解答せよ．
なお，**4**～**10**については2問を超えて解答してはならない．
2. それぞれの解答用紙に，1問のみ解答すること．
3. 配布された5枚の解答用紙すべてに受験番号，氏名，問題番号を記入すること．
解答用紙に受験番号，氏名，問題番号の記入がない場合，その解答は無効とする．
4. 配布された計算用紙は採点対象外である．解答，解答過程等は解答用紙に記入すること．
5. 解答できなかった場合も，受験番号，氏名，および問題番号を記入した解答用紙を提出すること．すなわち，各受験生は，配布された5枚の解答用紙をすべて提出すること．

理工学

専攻

領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

1

3行3列のマトリクス $A = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0 \\ -4 & -1 & a \\ -2 & 2 & -2 \end{bmatrix}$ について、以下の設問に答えよ。

(1) A の一つの固有値が -2 のとき、 a の値を求めよ。

(2) $w = \begin{bmatrix} 1 \\ b \\ -2 \end{bmatrix}$ は、 A^{-1} の一つの固有ベクトルであり $A^{-1}w = \lambda w$ を満たすとする。このとき、 b, λ の値を求めよ。

(3) A の与えられた固有値を含むすべての固有値と対応する固有ベクトルを求めよ。ただし、固有ベクトルのノルムを 1 に正規化して示せ。

(4) $4A^5 - 3A^4 - 10A^3 + 17A^2 - 7A - 11I$ を求めよ。ここで、 I は単位マトリクスである。

2

(1) 条件 $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ のもとで、関数 $f(x, y, z) = x + 2y + 3z$ の最大値、最小値を求めよ。

(2) 微分方程式 $\frac{dy}{dx} = \sin x \cos^2 y$ を解け。ただし、 $x = \frac{\pi}{4}$ のとき $y = 0$ であるとする。

(3) 領域 D が $1 \leq x^2 + y^2 \leq 2y$, $x \geq 0$, $y \geq 0$ と与えられるとき、積分 $\iint_D x dx dy$ を求めよ。

(4) ラプラス変換 $F(s) = \frac{1}{s(s+a)}$ の逆ラプラス変換 $f(t)$ を求め、初期値定理および最終値定理を適用して $f(0), f(\infty)$ を求めよ。ただし、 $a > 0$ とする。

理工学

専攻

領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

3

- (1) 図1に示すような長さ L の2本の剛体棒 AB と AC がある．点 A において摩擦のないピンで二つの棒は結合され，点 A から h だけ離れた2点 D, E において棒が広がらないように水平に張られたワイヤーで結合されている．棒 AC において C 点からの距離 a の点に鉛直下方に荷重 P が負荷されるとき，ワイヤーに生じる張力を求めよ．ただし，二つの棒の下端における床と棒の角度は共に α で，床の摩擦と重力の影響を無視できるとする．

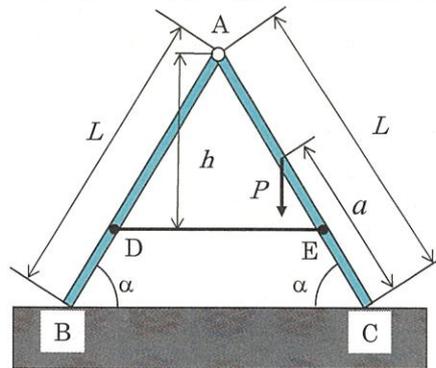


図1

- (2) 図2に示すように，水平方向と θ の角をなす粗い斜面があり，斜面に沿って上向きに x 軸を設定する．円板と斜面間の動摩擦係数を μ とする．半径 a ，質量 M の均質な円板をこの斜面に静かに置き，回転を与えず重心点の初速度 v_0 で斜面に沿って上方向に押し出す．その後，円板は x 軸方向に滑りながら転がるとする．重力加速度を g とするとき以下の設問に答えよ．
- ① 円板の慣性モーメント I を求めよ．
 - ② 円板が斜面から受ける摩擦力を F ，円板の回転速度を ω （時計まわりが正の向き）とすると，円板の重心点の並進運動と重心点まわりの回転運動についての運動方程式を記せ．
 - ③ 運動方程式を解いて，円板の滑りが停止する時刻 T を求めよ．

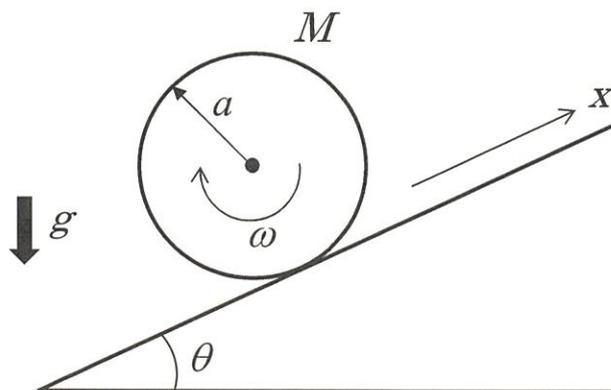


図2

理工学 専攻 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

4

【材料力学】

図3に示すような2点A, Bで単純支持された直径50 mmの円形中実断面を有するはりがあり、一様分布荷重と、両端（ $x=0$ mm と $x=6000$ mm）で集中荷重を受けている。重力の影響を無視できるとき、つぎの間に答えよ。

- (1) はりの断面2次モーメントを求めよ。
- (2) A, B点での反力を求めよ。
- (3) せん断力分布および曲げモーメント分布を求めよ。
- (4) せん断力図（SFD）および曲げモーメント図（BMD）を示せ。
- (5) 最大曲げ応力の発生点とその値を求めよ。

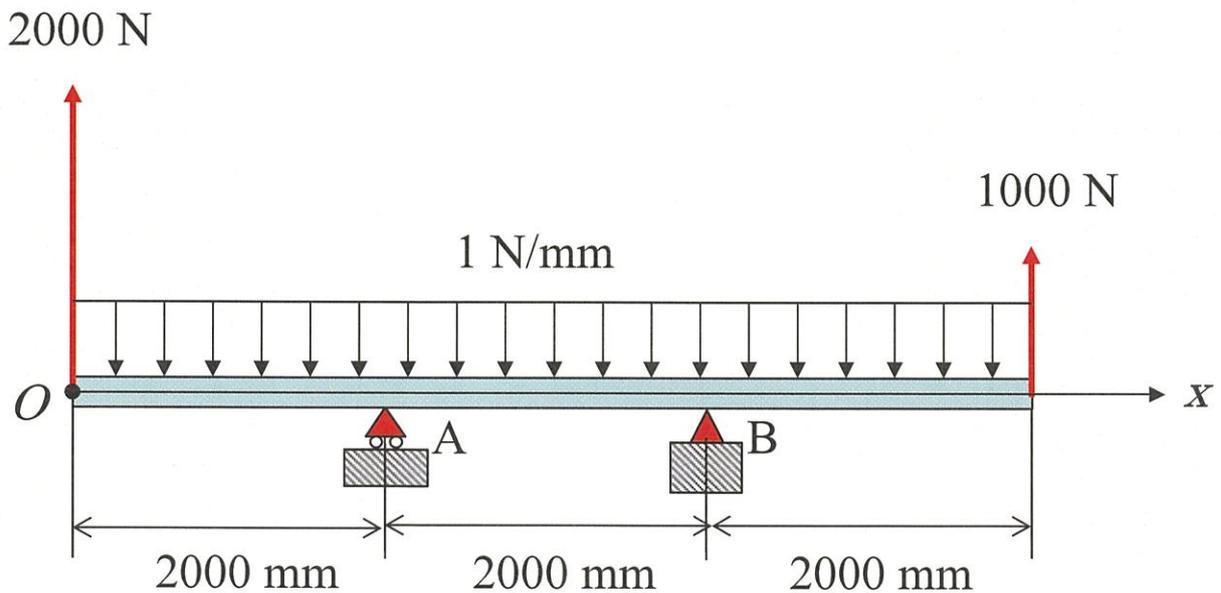


図3

理工学

専攻

領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

5

【機械力学】

図4は水平面と角度 α だけ傾いた摩擦のない斜面上に置かれた1自由度振動系である。 m, k, g をそれぞれ質量, ばね定数, 重力加速度として以下の問いに答えよ。

- (1) この系の運動方程式を立てよ。
- (2) この系の固有角振動数 ω_n を求めよ。
- (3) 系が初期条件 $x(0) = x_0, \dot{x}(0) = v_0$ によって自由振動するとき, 変位 $x(t)$ を時間の関数として求めよ。

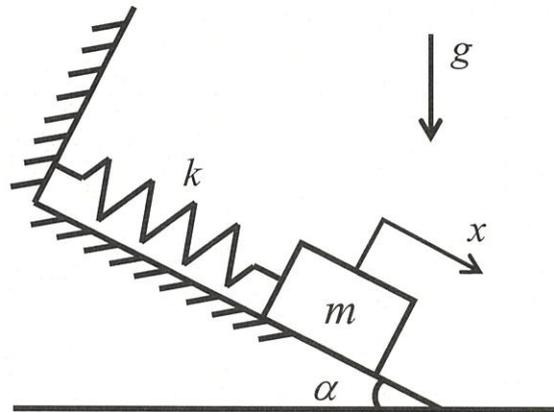


図4

理工学 専攻 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）
試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））
試験時間：（ 150 ）分

6

【熱工学】

シリンダーとピストンで構成される圧縮機に M [kg], T_1 [K], V_1 [m³]の空気が充填されている。空気が P_2 [kPa], V_2 [m³]にまでポリトロープ圧縮(ポリトロープ指数 n)されるとき、以下の間に答えよ。ただし、空気はガス定数 R [kJ/kg K]の理想気体とする。また、解答はこの問題にある変数を使用することとする。

- (1) この行程のポリトロープ指数を求めよ。
- (2) この行程で必要な仕事を求めよ。

理工学

専攻

領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

7

【流体力学】

図5のように小型ドローンが高度750 mを時速180 km (v_d)で飛行している。空気の密度は1.1 kg/m³とし、ゲージ圧はこの高度での大気圧を基準として測定するものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) ドローンの機首にあるよどみ点でのゲージ圧 (p_g) を求めよ。
- (2) ドローンのプロペラが後方に航跡(ウェイク)を生成し、その中で気流速度が時速72 km (v_w)に低下する。ドローンの機首のよどみ点 (p_s) と航跡内の間の圧力差 (p_w) を求めよ。

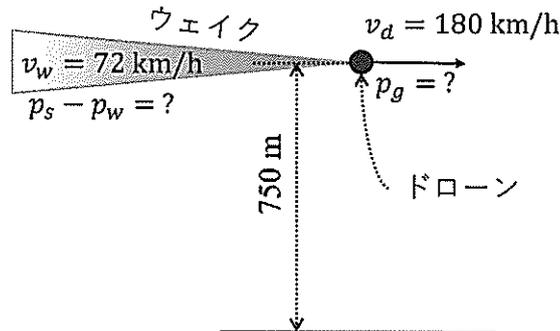


図5

理工学 専攻 _____ 領域（ 博士前期 ・ 博士後期 ・ 前後期共通 ）

試験科目：第 外国語（ _____ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

8

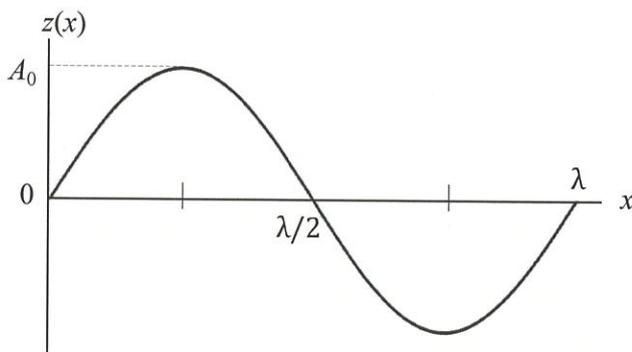
【精密工学】

図6に示すような波長 λ 最大振幅 A_0 の正弦波プロファイル（図6(a)）および波長 λ 最大振幅 A_1 の三角波プロファイル（図6(b)）より、それぞれの算術平均粗さ Ra および二乗平均平方根高さ Rq を計算する場合を考える。ただし、基準長さ L を $\lambda/4$ として計算するものとする。

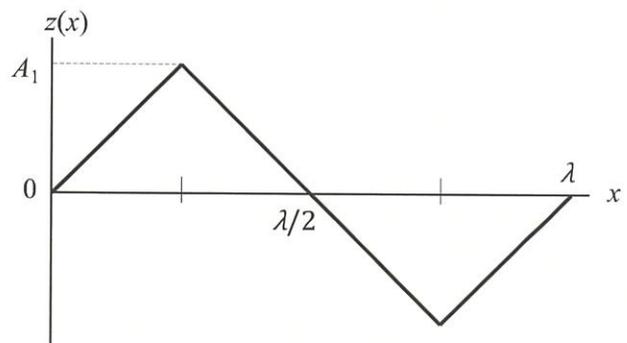
- (1) 算術平均粗さ Ra の定義式は以下で与えられる。その定義式を導出せよ。
- (2) 二乗平均平方根高さ Rq の定義式は以下で与えられる。その定義式を導出せよ。
- (3) 正弦波の Ra と三角波の Ra が等しくなる場合の最大振幅間の関係（ A_0 及び A_1 の関係）を計算せよ。
- (4) 正弦波の Rq と三角波の Rq が等しくなる場合の最大振幅間の関係（ A_0 及び A_1 の関係）を計算せよ。

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |z(x)| dx$$

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L z(x)^2 dx}$$



図(a) 正弦波プロファイル



図(b) 三角波プロファイル

理工学 専攻 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（機械工学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

9

【制御工学】

問題1. システムのブロック線図は図7に示してある. このシステムに対して, 以下の設問に答えよ. ただし, $R(s)$, $E(s)$, $N(s)$, $Y(s)$ はそれぞれ $r(t)$, $e(t)$, $n(t)$, $y(t)$ のラプラス変換である.

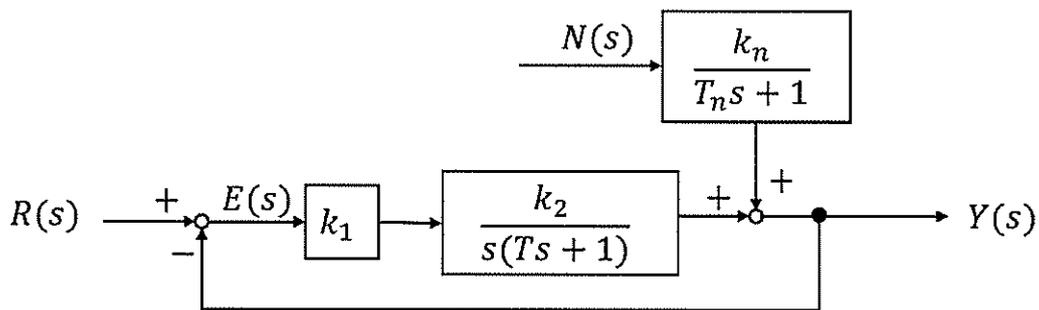


図7

- (1) $n(t) = 0$, $G_c(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ の場合, $G_c(s)$ を求めよ.
- (2) $r(t) = t$, $n(t) = t$ の場合, システムの定常位置偏差 $e_{sse} = \lim_{t \rightarrow \infty} (r(t) - y(t))$ を求めよ.
- (3) $k_2 = 1$, $k_n = 0$, $r(t) = t$, $n(t) = t$, $T = 3$, $T_n = 2$ の場合, システムが安定であるために k_1 が満たすべき条件を求めよ.

問題2. システムの伝達関数は $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{s+2}{s^2+5s+6}$ となる.

- (1) このシステムの次のような状態方程式による表現を一つ求めよ. ただし, $Y(s)$, $U(s)$ は $y(t)$, $u(t)$ のラプラス変換であり, $x(t) = [x_1(t), x_2(t)]^T$ で, A , B , C は行列である.

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases}$$

- (2) このシステムは可制御か判断せよ.
- (3) $x(0) = [1, 0]^T$, $u(t) = 0$ の場合, システムの応答 $y(t)$ を求めよ.

理工学

専攻

領域（博士前期・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（機械工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

10

【材料科学】

- (1) 図8に示すA金属とB金属からなるA-B二成分系状態図から、B金属の融点を読み取り、解答せよ。
- (2) A-B二成分合金を加熱し液体状態にしてから冷却した場合、どちらの原子が先に固体になりやすいか解答せよ。
- (3) A-30%B合金において、1200℃でのL相（液体）とS相（固溶体）のおおよその割合を計算せよ。
- (4) 無限遠で一様な引っ張り応力 σ_∞ が作用するき裂を持つ無限平板がある。引っ張り応力 $\sigma_\infty = 200$ MPa、き裂長さ $2a = 20$ mmの時、このき裂先端近傍における応力拡大係数を求めよ。また、応力拡大係数について説明せよ。
- (5) 直径10 mmの丸棒を40 kNで引っ張る場合を考える。丸棒に生じる垂直応力を求めよ。また、この丸棒の引っ張り強さを450 MPaとした場合、この丸棒は破断するか否か判定せよ。

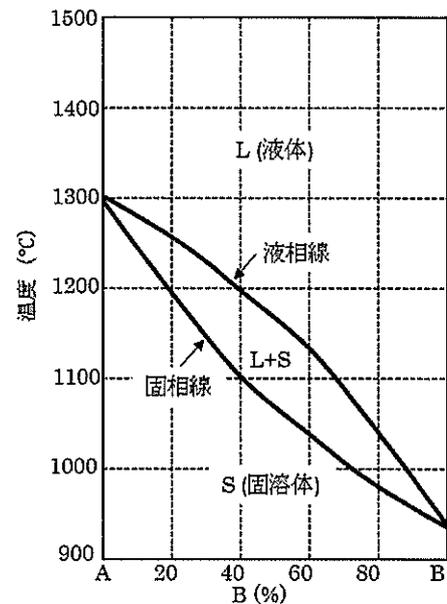


図8 A-B二成分系状態図

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎(電気・電子工学基礎)）

試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は6問（ ～ ）である。
選択問題はないので、全問に解答すること。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
解に至る過程を、文章や式を用いて適切に説明すること。
解に至る過程が不明瞭な答案は0点になる場合がある。
3. 配布された6枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
問題番号が未記入の場合、その答案は採点されない。
4. 配布された計算用紙は採点の対象外である。
解答、解答過程等は解答用紙に記入すること。
計算用紙は回収しないので注意すること。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

1

(1) 次の常微分方程式の一般解を求めよ。

(a)
$$\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + 5y = 0$$

(b)
$$\frac{dy}{dx} = \frac{2y^2}{5x^2}$$

(2) 次の行列Aの固有値と固有ベクトルを求めよ。

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & -2 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

(3) 次の実数関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(k)$ を求めよ。ただし、 p は正の実数とする。

$$f(x) = \begin{cases} 1 & (|x| \leq p) \\ 0 & (|x| > p) \end{cases}$$

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

2

真空中に xyz 直交座標系があり，その xy 平面 ($z=0$) 上に直線 $y=2a$ がある。この xyz 空間において，図1のように， x 軸からの距離が $4a$ ($a>0$) 以下である部分を「領域 I」，直線 $y=2a$ からの距離が a 以下である部分を「領域 II」とする。次の問いに答えよ。電界は大きさだけでなく向きも分かるように答えよ。真空の誘電率を ϵ_0 とする。電荷群は x 軸方向に無限遠まで続いており， a は電荷群の軸方向の長さに対して十分に小さいとする。

- (1) 領域 I に電荷が体積密度 ρ ($\rho>0$) で一様に分布しているとき， $-1 \leq x \leq 1$ の範囲にある電荷により点 $P(0, y_1, 0)$ (ただし， $y_1 > 4a$) に生じる電界を求めよ。
- (2) 図2のように，領域 I のうち領域 II を除く部分に電荷が体積密度 ρ で一様に分布しており，かつ，領域 II には電荷が存在しないとき，次の問いに答えよ。
- (a) $-1 \leq x \leq 1$ の範囲にある電荷により点 $P(0, y_1, 0)$ ($y_1 > 4a$) に生じる電界を求めよ。
- (b) $a=1$ であるとき，点 $P_1(0, 6, 0)$ の電位を，点 $P_2(0, 12, 0)$ を基準として求めよ。答えに指数が含まれる場合は素因数の指数の形で表せ。

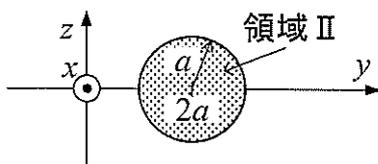
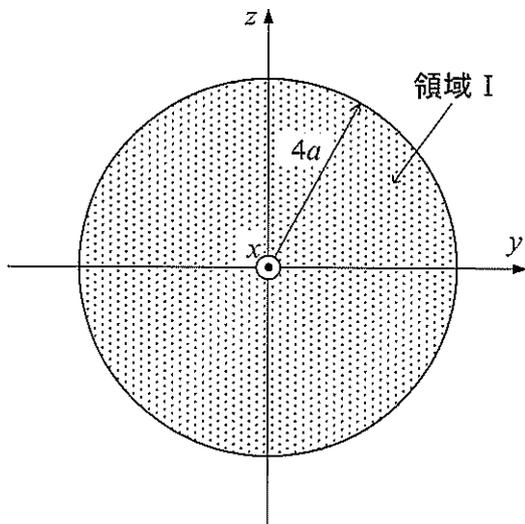


図 1

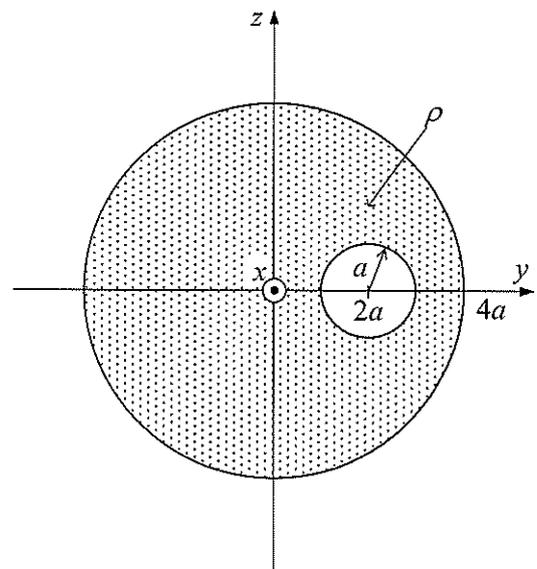


図 2

理工学 専攻（ 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 ）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

3

図のように辺の長さ $2a$ で太さの無視できる正方形導線回路 ABCD が xy 平面上にあり，その中心が原点に一致するように置かれている。この導線に，大きさ I の電流が $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ の方向に流れているとき，次の問いに答えよ。ただし導線は真空中にあるものとして真空中の透磁率を μ_0 とし， x, y, z 方向を表す単位ベクトルを $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z$ とする。

- (1) 正方形導線の線分 AB について，線分上の点 $P(a, y, 0)$ における微小線要素ベクトルを $d\mathbf{y} = dy \cdot \mathbf{e}_y$ としたとき，この線要素に流れる電流による原点 O の磁束密度 $d\mathbf{B} = dB_x \cdot \mathbf{e}_x + dB_y \cdot \mathbf{e}_y + dB_z \cdot \mathbf{e}_z$ を求めよ。
- (2) 正方形導線 ABCD に流れる電流 I による原点 O の磁束密度 $\mathbf{B} = B_x \cdot \mathbf{e}_x + B_y \cdot \mathbf{e}_y + B_z \cdot \mathbf{e}_z$ を求めよ。

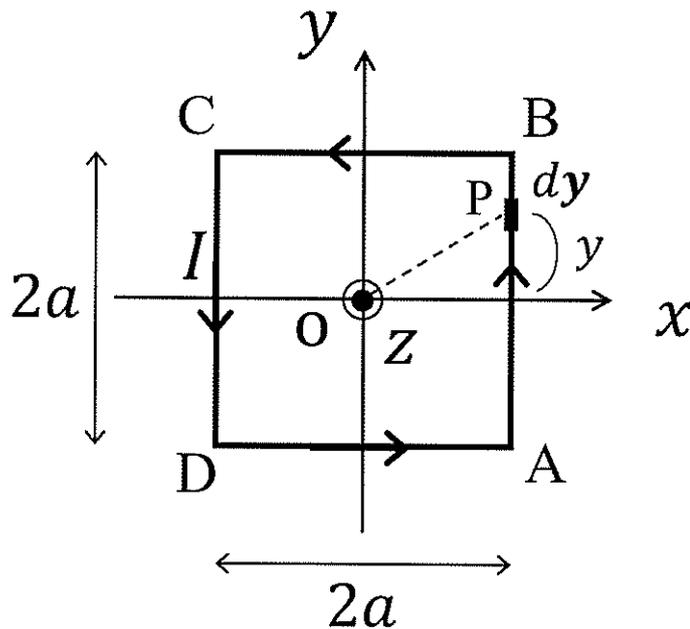


図 正方形導線回路

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

4

図に示すバイポーラトランジスタ増幅回路に関する次の問いに答えよ。

ただし、 $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ 、 $R_C = 1.0\text{ k}\Omega$ 、 $R_E = 220\ \Omega$ 、 $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R_L = 1.0\text{ k}\Omega$ 、トランジスタのベース-エミッタ間電圧 V_{BE} を 0.7 V 、エミッタ接地直流電流増幅率 β を 100 とする。また、 v_{in} は交流小信号電圧源であり、 v_{out} は交流出力電圧、コンデンサ C_1 、 C_2 、 C_3 は交流小信号電圧に対して短絡、直流に対して開放とみなせるものとする。

- (1) 直流ベース電流を $20\ \mu\text{A}$ とするための抵抗 R_1 の値を求めよ。
- (2) 上記 R_1 のとき、トランジスタの直流コレクター-エミッタ間電圧 V_{CE} 、および直流コレクタ電流 I_C の値を求めよ。
- (3) トランジスタの交流小信号等価回路に h パラメータを用い、入力インピーダンス $h_{ie} = 1.0\text{ k}\Omega$ 、電流伝達利得 $h_{fe} = 100$ 、電圧帰還比 h_{re} と出力アドミタンス h_{oe} をゼロとする。このとき、トランジスタ単体の交流小信号等価回路を図示し、含まれる素子の記号と値もそれぞれ示せ。
- (4) 上記(1)と(3)の設定において、図のトランジスタ増幅回路の交流小信号電圧増幅率 $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$ を求めよ。

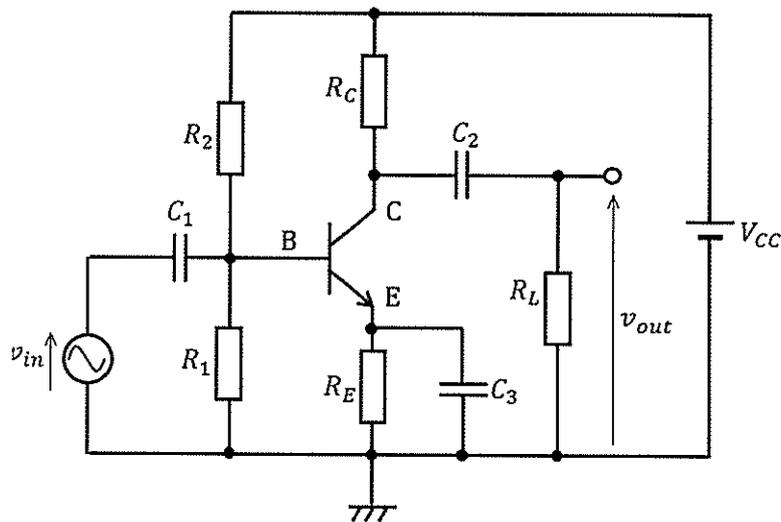


図. トランジスタ増幅回路

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

5

図1に示す抵抗 R 、キャパシタンス C のコンデンサ、インダクタンス L のコイル、起電力 E の直流電圧源とスイッチ SW_1 、 SW_2 で構成されている回路において、 $t=0$ でスイッチ SW_1 を閉じ、定常状態後の $t=t_1$ でスイッチ SW_1 を開き、スイッチ SW_2 を閉じた。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、初期状態ではスイッチ SW_1 、 SW_2 は開いている。また、 $t=0$ でコンデンサに電荷は蓄えられていない。

- (1) $t=0$ における抵抗 R に流れる電流 $i(0)$ とコンデンサにかかる電圧 $v_c(0)$ をそれぞれ求めよ。
- (2) コンデンサの2区間（ $0 \leq t < t_1$ 、 $t_1 \leq t$ ）における電圧 $v_c(t)$ をそれぞれ求めよ。
- (3) 上記の設問(2)で求めたコンデンサにかかる電圧 $v_c(t)$ を解答用紙に図2のような座標軸を持つグラフとして図示せよ。

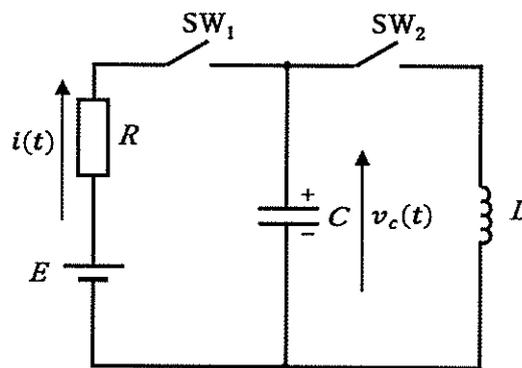


図 1

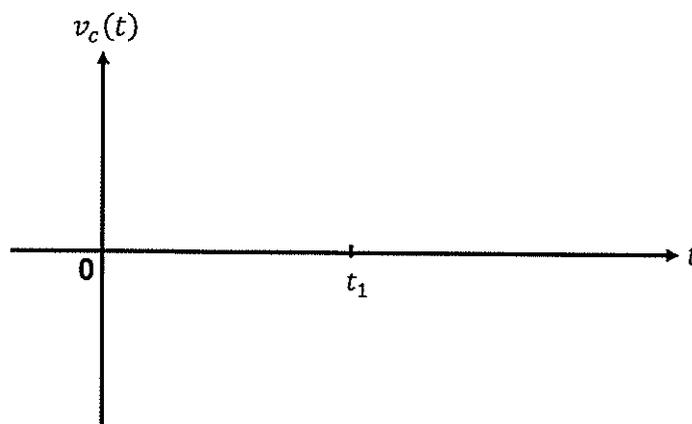


図 2

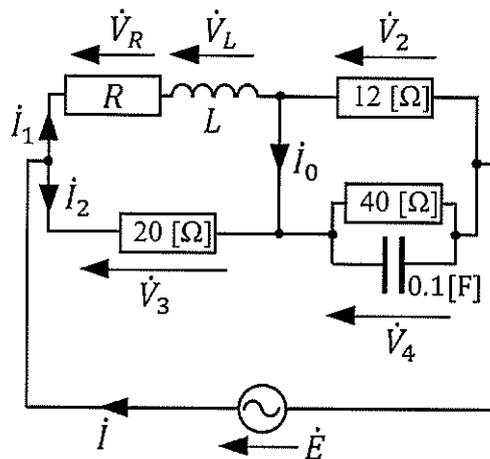
理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（電気・電子工学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

6

下図のように、正弦波交流電源に抵抗、コイル、コンデンサが接続されている。
 電源電圧はフェーザ表示で $\dot{E} = 100 \angle \theta$ [V]、ただし $\theta = \tan^{-1} \frac{4}{3}$ [rad] であり、角周波数は 1 [rad/s] である。また、枝電流 $i_0 = 0$ [A] である。
 ここで、図中の矢印は、電圧と電流の正の向きを表している。



- (1) R [Ω] および L [H] の値を求めよ。
- (2) 上記(1)で求めた枝路に流れる電流 i_1 の値を求めよ。
- (3) 上図に示される電源電圧 \dot{E} 、枝電流 i_1 、 i_2 、素子の電圧 \dot{V}_2 、 \dot{V}_3 、 \dot{V}_4 の合計 6 本のベクトルをベクトル図に描け。その際、電源電圧の初期位相 $\theta = 0$ とすること。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（化学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は6問（～）である。
選択問題はないので、全問に解答せよ。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された6枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
4. 配布された計算用紙は採点対象外である。解答、解答過程等は解答用紙に記入すること。
5. すべての問に対する正解をもって満点とする。
6. 記述した内容によって部分点を与えることがあるので、完全な解答に至らない場合でも、わかるところまで記せ。
7. 計算問題においては、関数電卓を使用してよい。解答は、ことわりのない問については有効数字3桁で求めよ。解答に至るまでの説明や計算過程をわかりやすく記すこと。
8. 必要ならば次の物理定数および単位換算を用いよ。

（物理定数）

$$\text{気体定数} : R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.206 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Avogadro 定数} : N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Planck 定数} : h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{真空中の光速} : c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{真空の誘電率} : \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1} (\text{J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1})$$

$$\text{電気素量} : e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{電子の質量} : m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

（単位換算式）

$$\text{圧力} : 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{温度} : 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（化学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

1

A. 次の問1～4に答えよ。ただし、 $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ とする。

ある冷蔵庫Aでは、モーターが系に仕事 W ($W > 0$) をすることで温度 T_L の庫内から熱エネルギー Q_L ($Q_L > 0$) が奪われて、温度 T_H ($T_H > T_L$) の庫外に熱エネルギー Q_H ($Q_H < 0$) が放出される。以下の問いに答えよ。ただし、温度を表す文字変数はすべて絶対温度とする。

問1 等温可逆膨張 (I), 断熱可逆膨張 (II), 等温可逆圧縮 (III), 断熱可逆圧縮 (IV) という過程を経由して、元の状態に戻る右図のようなサイクル (カルノーサイクル) を考える。各過程で系に流入する熱エネルギーを $Q_I \sim Q_{IV}$, 等温変化の過程 I と III の温度をそれぞれ T_1 と T_2 とすると、エントロピーが状態関数である (すなわちサイクルの初期状態と終状態のエントロピーが等しい) ことから、式(1)が成り立つことを示せ。

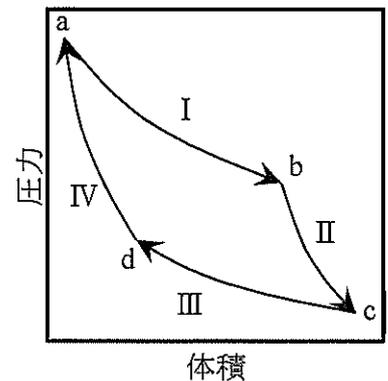


図 カルノーサイクル

$$Q_I / Q_{III} = -T_1 / T_2 \quad (1)$$

問2 冷蔵庫Aの冷却プロセスにカルノーサイクルが成り立つとすると、モーターがする仕事 W は式(2)で与えられることを示せ。

$$W = (T_H / T_L - 1) Q_L \quad (2)$$

問3 庫内の温度が 0°C の冷蔵庫に氷 10.0kg を入れ、冷蔵庫Aのモーターを止めた。庫外の温度を 25°C に保っていたところ、24時間後に氷がすべて溶けた。このとき、庫外から庫内に入る熱の流入速度は何 J s^{-1} か。ただし、氷の融解熱は 334J g^{-1} とし、流入した熱はすべて氷の溶解に使われたものとする。

問4 冷蔵庫Aの庫外の温度が 25°C であるとき、庫内には何も入れずに庫内温度を 0°C に保つには、冷蔵庫Aのモーターを何 W (ワット) で動かせばよいか。

B. 次の1)～5) から二つ選び、その語句もしくは事項を説明せよ。説明に式や図を用いてもよい。

- | | | |
|------------|----------------------|-----------|
| 1) 熱力学第1法則 | 2) ラウールの法則 | 3) ギブズの相律 |
| 4) 共沸混合物 | 5) 反応ギブズエネルギーと反応の自発性 | |

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（化学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

2

A. 次の問1～3に答えよ。

右図に示したような、 $x=0$ と $x=L$ にある二つの壁の間に閉じ込められた粒子の一次元の自由運動について考える。ポテンシャルエネルギー $U(x)$ の値は、 $x \leq 0$ と $L \leq x$ で ∞ 、 $0 < x < L$ で0である。この場合のシュレーディンガー方程式は式(1)のように表される。各記号は次の通りである。 m ：粒子の質量、 x ：位置、 h ：プランク定数、 $\hbar = h/2\pi$ 、 ψ ：波動関数、 E ：全エネルギー、 \hat{H} ：ハミルトニアン

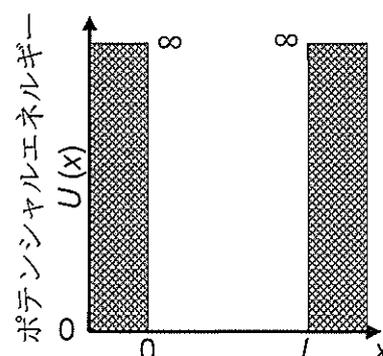


図 貫入不能な壁のある一次元領域にある粒子

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right\} \psi(x) = E\psi(x) \quad (1)$$

問1 式(1)のシュレーディンガー方程式の波動関数は、 $x \leq 0$ および $L \leq x$ で $\psi(x) = 0$ である。その理由を説明せよ。また、 $0 < x < L$ における $\psi(x)$ の一般解を、定数として A 、 B 、 k を（ただし、 k は問2の式(3)における k と同じとする）適切に用いて示せ。

問2 問1の $0 < x < L$ における一般解は、オイラーの公式（式(2)）

$$e^{\pm ix} = \cos(x) \pm i \sin(x) \quad (2)$$

を使うと（ただし i は虚数単位）、定数 C 、 D を用いて、

$$\psi(x) = C \sin(kx) + D \cos(kx) \quad (3)$$

式(3)のように表せることを示せ。

問3 $\psi(x) = \psi(L) = 0$ であることから、問2の定数 C 、 D 、 k はどのような値もしくは数式で表されるか、説明も含めて示せ。

B. 次の1)～3)のすべての語句を簡潔に説明せよ。説明に式や図を用いてもよい。

- 1) 光電効果における仕事関数
- 2) ボーアの振動数条件
- 3) パウリの排他原理

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（化学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

3

次の問1～問3に答えよ。ただし、ことわりの無い限り溶液温度は298 Kとする。

解答の計算および説明は、途中過程を省略せずに記述すること。

問1 0.0600 mol dm⁻³ 酢酸 CH₃COOH 水溶液 0.100 dm³ を 6.00 mol dm⁻³ 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で中和する反応<1>について、次の 1)～4)に答えよ。なお、酢酸の解離係数 K_a は $10^{-4.74}$ mol dm⁻³ とする。



- この中和反応の化学反応式<1>の左辺におけるそれぞれの化学種（化合物あるいはイオン）について、Brønsted-Lowry の定義に基づき“酸”および“塩基”として働く化学種を示せ。また、それらの化学種を酸あるいは塩基として定義した理由を説明せよ。
（該当する“酸”，“塩基”が存在しない場合には、「酸・塩基なし」と示し、その理由を説明せよ。）
- 水酸化ナトリウム溶液を加える前の溶液の pH を算出せよ。
- 水酸化ナトリウム水溶液を 0.5 cm³ 加えた溶液の pH を算出せよ。溶液全体の体積は 0.100 dm³ のままであるとし、必要に応じ近似を用いて良い。
- 水酸化ナトリウム水溶液を 1.0 cm³ 加えた溶液の pH を算出せよ。溶液全体の体積は 0.100 dm³ のままであるとし、必要に応じ近似を用いて良い。

問2 298 K における塩化銀 AgCl の溶解度積 $K_{sp,AgCl}$ は 1.78×10^{-10} mol²dm⁻⁶ である。純水中の AgCl の溶解度を g dm⁻³ 単位で算出せよ。ただし、AgCl 飽和水溶液の密度は 1.00 g cm⁻³、AgCl の分子量は 143.4 g mol⁻¹ とする。

問3 Ni (s) | NiSO₄ (aq) || AgNO₃ (aq) | Ag (s) について、次の 1)～2)に答えよ。

- 298 K の水溶液中における式<2>と<3>で示される反応の標準電極電位が、それぞれ 0.80 V と -0.26 V であるとき、この電池の起電力は何 V となるか。

$$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} \quad <2>$$

$$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni} \quad <3>$$
- 次の反応式<4>は自発的に進むかどうか、理由と共に解答せよ。

$$\text{Ni} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{Ag} \quad <4>$$

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（化学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

4 次の問1～問4に答えよ。解答の計算および説明は、途中過程を省略せずに記述すること。

問1 次の1)～3)の用語について、図表を用いずにそれぞれ2行程度(50~100字程度)で説明せよ。

- 1) 全安定度定数
- 2) イオン化エネルギー
- 3) *f*ブロック元素

問2 炭素の同素体にはいくつかの種類がある。下に示したA)～C)の3つの同素体について、それぞれの構造および導電性の違いを説明せよ。図を用いても良い。

- A)ダイヤモンド
- B)グラフェン
- C)カーボンナノチューブ

問3 等核二原子からなるF₂分子の分子軌道(MO)エネルギー順位図は右の図1のとおりである。これを参考に、等核二原子からなるO₂分子およびO₂⁻イオンの分子軌道エネルギー順位図を作成し、その結合次数を求めよ。

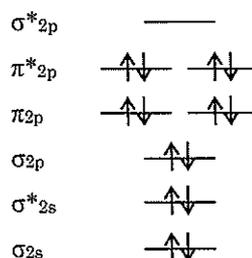


図1 F₂分子のMOエネルギー順位

問4 遷移金属錯体について、次の1)～2)に答えよ。

- 1) 六配位八面体型金属錯体 [CoCl₃(NH₃)₃] および [CoCl₂(NH₃)₄]⁺ について、それぞれの異性体の構造をすべて図示せよ。光学異性があればそれも示すこと。
- 2) Ni(II) 錯体の中には平面四角形構造をとるものがある。このとき、中心金属の電子配置はどのようなになっているか、結晶場理論を用いて説明せよ。なおNiの原子番号は28である。

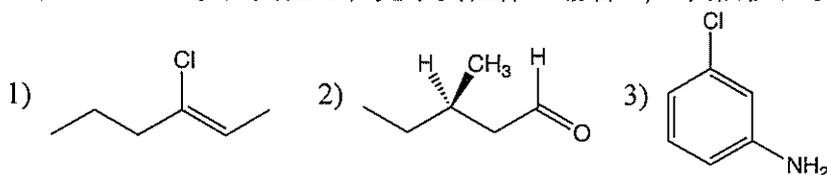
理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（化学基礎））

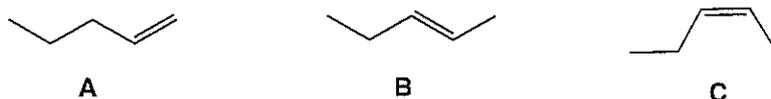
試験時間：（ 150 ）分

5 次の問1～問4に答えよ。

問1 次の1)～3)に示す化合物の名称を記せ。なお立体化学については、幾何異性体の場合 *E*, *Z* 表記法による幾何異性を、光学異性体の場合 *R*, *S* 表記法による絶対配置を含めること。



問2 一般にアルケンの熱力学的安定性は水素化反応における反応熱から考察できる。次の化合物 **A**, **B**, **C** が水素化されるといずれもペンタン C_5H_{12} を与えるが、その際の反応熱が大きい順に $A > B > C$ のように並べ、その順になる理由を簡潔に記せ。（100字以内）



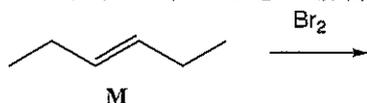
問3 1-ブロモブタンに対して以下の反応(a), (b)をおこなった。次の問い1), 2)に答えよ。

反応(a): *tert*-ブチルアルコール中でカリウム *tert*-ブトキシドと反応させた

反応(b): *N,N*-ジメチルホルムアミド中でヨウ化カリウムと反応させた

- 1) 反応(a), (b)における主生成物の構造をそれぞれ示し、それらが S_N1 , S_N2 , $E1$, $E2$ のうち、いずれの機構によって生成するかを選択して答えよ。
- 2) 反応(a)と反応(b)が異なる生成物を与えた理由を簡潔に説明せよ(100字以内)。

問4 下に示すアルケン **M** に対し、臭素 Br_2 が反応した。次の問い1), 2)に答えよ。ただし化合物がキラリティーをもつ場合、一方の光学異性体のみ示せばよい。



- 1) アルケン **M** と臭素の反応において、はじめに生じる $[C_6H_{12}Br^+]$ の組成をもつイオンの構造を示せ。必要に応じ立体化学が分かるように示すこと。
- 2) 上記1)のイオンを経て **M** と臭素 Br_2 との反応が完了したときに得られる生成物の構造を示せ。必要に応じ立体化学が分かるように示すこと。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

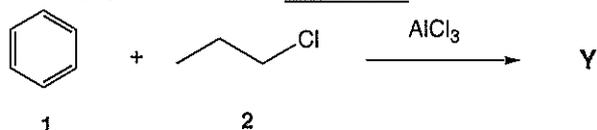
試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（ 理工基礎（化学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

6 次の問1～問4に答えよ。

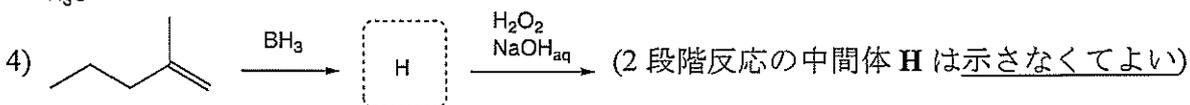
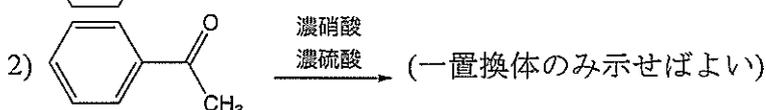
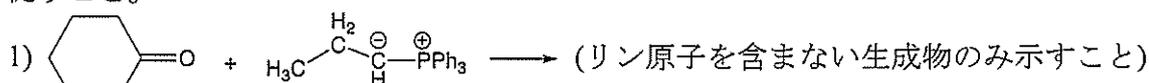
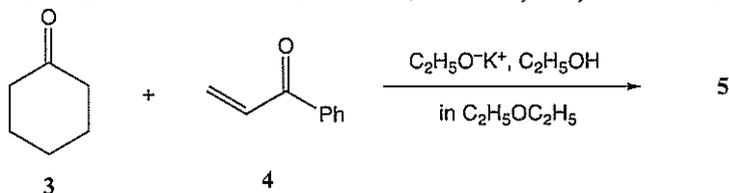
問1 次の化合物 1)～3)の構造式を示せ

- 1) 3,4-dimethylcyclopent-1-ene 2) 2-ethylbenzenecarboxylic acid
3) 6-methylhept-1-en-3-ol

問2 ベンゼン **1** に対して、塩化アルミニウムを触媒として1-クロプロパン **2** を反応させたところ、ベンゼンの一置換体である **Y** が主生成物として得られた。次の問 1), 2) に答えよ。

- 1) **Y** の構造を示せ。
2) この反応でベンゼン **1** を攻撃した求電子剤の構造を示し、それが生成した機構を説明せよ。
(80字以内)

問3 次に示す反応 1)～4)で予想される主生成物の構造を示せ。解答にあたっては各問の指示に従うこと。

問4 次に示す化合物 **3** と **4** との反応では、Michael 付加として知られる共役ジエンへの 1,4-付加反応が起こり生成物 **5** を与える。問い 1)～3) に答えよ。

- 1) **3** から生成するエノラートイオンの構造のうち、より寄与の大きい共鳴構造を示せ。
2) 1)のエノラートが **4** を攻撃することにより新たなエノラート **E** が生成し、**E** がエタノールから H^+ を受けとり生成物 **5** を与える。**E** の構造を示せ。
3) 生成物 **5** の構造を示せ。

_____ 理工学 _____ 専攻 数学領域（ 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 ）

試験科目：第 外国語（ _____ ） / 専門科目（ 理工基礎 （数学基礎） ）

試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は5問（1 ～ 5）である。
この中から4問を選んで解答せよ。4問を超えて解答してはならない。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された4枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
4. 配布された計算用紙は採点対象外である。解答、解答過程等は解答用紙に記入すること。
計算用紙は回収しないので注意すること。

記号： \mathbb{C} 、 \mathbb{R} 、 \mathbb{Z} はそれぞれ複素数全体の集合、実数全体の集合、整数全体の集合を表す。

理工学 専攻 数学領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

1

- (1) 集合 A から B への写像 $f: A \rightarrow B$ について、次のことを論理記号 \forall, \exists を適切に用いて記述せよ。
- (i) f が単射であること
 - (ii) f が単射でないこと
 - (iii) f が全射であること
 - (iv) f が全射でないこと
- (2) 写像 $f: A \rightarrow B$ および $g: B \rightarrow C$ とその合成写像 $g \circ f$ について、次のことを証明せよ：
- (i) f, g がともに単射であるとき、 $g \circ f$ も単射であること
 - (ii) f, g がともに全射であるとき、 $g \circ f$ も全射であること
- (3) 実数全体の集合 \mathbb{R} 上で定義された実数値関数全体のなす集合を X とする。 $f, g \in X$ に対し、
- $$f \sim g \iff \forall \varepsilon > 0 : \exists M \in \mathbb{R} : \forall x \geq M : |f(x) - g(x)| < \varepsilon$$
- によって関係 \sim を定めると、 \sim は X 上の同値関係となることを証明せよ。

工学 専攻 数学領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

- 2 (1) 次の3次正方行列のすべての固有値と対応する固有ベクトルを求めよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 4 & 6 & 5 \\ -2 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

- (2) 次の行列の行列式を求めよ。ただし、答えが因数分解できる場合は因数分解した形で答えよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & b & b^2 \\ 1 & c & c^2 \end{pmatrix}$$

- (3) (i) 写像 $f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ が線形写像であることの定義を述べよ。

- (ii) \mathbb{R}^3 のベクトル v_1, v_2, v_3 が線形写像 $F: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ に対して

$$F(v_1) = av_1 \quad F(v_2) = bv_2 \quad F(v_3) = cv_3 \quad (a, b, c \in \mathbb{R})$$

を満たすとする。 a, b, c が全て異なるとき v_1, v_2, v_3 は線形独立であることを示せ。

- (4) V, W を \mathbb{R} -ベクトル空間とする。線形写像 $G: V \rightarrow W$ について、 G が単射であるための必要十分条件は核 $\text{Ker}(G) = \{0_V\}$ であることを示せ。なお、 0_V は V の零ベクトルである。

理工学 専攻 数学領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

3 $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}, \{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ は実数列とする。

(1) 数列 $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ が実数 α に収束することの定義を、論理記号 \forall, \exists を適切に用いて記述せよ。

(2) 無限級数 $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ が収束することの定義を述べよ。

(3) 無限級数 $\sum_{k=1}^{\infty} a_k, \sum_{k=1}^{\infty} b_k$ が全ての k に対して $0 \leq a_k \leq b_k$ を満たしているとする。このとき、 $\sum_{k=1}^{\infty} b_k$ が収束するなら、 $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ も収束することを証明せよ。

(4) 一般項をその絶対値に置き換えた無限級数 $\sum_{k=1}^{\infty} |a_k|$ が収束するなら、 $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ も収束することを証明せよ。

(5) 無限級数 $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{k}{2k^3 - 1}$ が収束するか発散するかを、理由を付けて答えよ。

理工学 専攻 数学領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

4

- (1) C_R を複素平面 \mathbb{C} の原点 0 を中心とする半径 $R > 0$ の円周を正の向き（反時計回り）に1周する閉曲線とする。 $R = 1$ および $R = 3$ のとき、複素線積分

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{C_R} \frac{z}{z^2 + 2z - 2} dz$$

の値を求めよ。

- (2) C_R を (1) と同じ閉曲線とし、 $\alpha, \beta \in \mathbb{C}$ を閉曲線 C_R の内部の相異なる2点とする。 $f(z)$ を \mathbb{C} 上で正則な関数とすると、以下の等式

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{C_R} \frac{f(z)}{(z-\alpha)(z-\beta)} dz = \frac{f(\alpha) - f(\beta)}{\alpha - \beta}$$

を証明せよ。

- (3) (2) の等式を用いて、リューヴィルの定理

『 \mathbb{C} 上の正則関数 $f(z)$ が \mathbb{C} 上有界ならば、 f は定数関数である。』
を証明せよ。

- (4) \mathbb{C} 上の正則関数 $f(z)$ が定数関数でなければ、 $\overline{f(\mathbb{C})} = \mathbb{C}$ であることを証明せよ。

ここで、 $\overline{f(\mathbb{C})}$ は f の値域 $f(\mathbb{C})$ の \mathbb{C} における閉包を表す。

理工学 専攻 数学領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

5

- (1) R を単位元を持つ可換環、 I を R のイデアルとする。 R の素イデアル P で $I \subset P$ となるもの全体の集合と、剰余環 R/I の素イデアル全体の集合は 1 対 1 に対応することを示せ。
- (2) 整数係数多項式環 $\mathbb{Z}[X]$ の極大イデアル M で $30 \in M$, $X^2 + 1 \in M$ となるものをすべて求めよ。
- (3) M を (2) で求めた極大イデアルとするとき剰余環 $\mathbb{Z}[X]/M$ を具体的に求めよ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は6問（**1**～**6**）である。
この中から5問を選んで解答せよ。5問を超えて解答してはならない。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された5枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
4. 配布された計算用紙は採点対象外である。解答、解答過程等は解答用紙に記入すること。
計算用紙は回収しないので注意すること。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

1

1. 実対称行列 $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ について以下の問いに答えよ。

- (1) A の全ての固有値および規格化された固有ベクトルを求めよ。
- (2) $U^{-1}AU$ が対角行列になるような実ユニタリ行列（正規直交行列） U と、その対角行列 $U^{-1}AU$ の形を求めよ。ただし、 U^{-1} は U の逆行列である。
- (3) A の逆行列 A^{-1} を求めよ。

2. 次の行列 B の行列式の表式を求めよ。

$$B = \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ b & a & d & c \\ c & d & a & b \\ d & c & b & a \end{pmatrix}$$

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

2 次の各問に答えなさい。

1. $\mathbf{r} = (x, y, z)$, $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$, ϵ_{ijk} はレビ-チビタの完全反対称テンソルとし, “ \cdot ” は内積(スカラー積), “ \times ” は外積(ベクトル積)を表す。

- (1) 3次元空間において定義されたベクトル関数 $\mathbf{v}(\mathbf{r})$ と $\mathbf{w}(\mathbf{r})$ に対して次式を示せ。

$$\nabla \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{w}) = \mathbf{w} \cdot (\nabla \times \mathbf{v}) - \mathbf{v} \cdot (\nabla \times \mathbf{w})$$

- (2) 微分演算子ベクトル $L = -i\mathbf{r} \times \nabla$ を定義する。ここで i は虚数単位を表す。このとき, スカラー関数 $f(\mathbf{r})$ に対して次式を示せ。

$$(L_i L_j - L_j L_i) f(\mathbf{r}) = i \sum_{k=1}^3 \epsilon_{ijk} L_k f(\mathbf{r})$$

ただし, 添え字の i, j は 1, 2, 3 のいずれかとする。添え字の i と虚数単位の i は異なることに注意せよ。

2. 複素解析における留数定理を利用することで次の定積分を求めよ。

(1) $\int_0^{\infty} \frac{x \sin mx}{x^2 + a^2} dx \quad (a, m > 0)$

(2) $\int_0^{\pi} \frac{1}{a + b \cos \theta} d\theta \quad (a > b > 0, \text{ ヒント: } z = e^{i\theta} \text{ と変数変換})$

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（150）分

3 x 軸上を運動する質量 m の物体が変位 x に比例する復元力 $-kx$ を受けて運動している。

1. 物体の運動方程式を $\omega_0 (= \sqrt{k/m})$ を用いて書き表せ。
2. 解を $x = e^{\lambda t}$ と仮定し、 λ を決めることによってこの運動方程式の一般解を求めよ。

次に、物体に復元力 $-kx$ と抵抗力 $-2m\gamma \frac{dx}{dt}$ がともに働く場合を考える。

3. この場合の物体の運動方程式を ω_0 を用いて書き表し、解を $x = e^{\lambda t}$ と仮定することで $\lambda, \gamma, \omega_0$ の間の関係を求めよ。
4. $\omega_0 > \gamma$ の場合の一般解を求めよ。また、変位 x の時間変化の概形を図に示せ。
5. $\omega_0 = \gamma$ の場合の一般解を求めよ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目： 専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

4 次の各問に答えよ。ただし、 $\mathbf{r} = (x, y, z)$, $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$ とする。

1. 次のベクトル関数 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ を考える。

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = (2yz - 12xy^2z^2, 2xz - 12x^2yz^2, 2xy - 12x^2y^2z)$$

- (1) ベクトル関数 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ が静電場であるための条件 $\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}) = 0$ を具体的に計算することで確かめよ。
- (2) この静電場 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ に対応する静電ポテンシャル $\phi(\mathbf{r})$ を求めよ。

2. 次のマクスウェル方程式を考える。

$$\nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r}, t) = \rho(\mathbf{r}, t) \tag{a}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = 0 \tag{b}$$

$$\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) - \frac{\partial \mathbf{D}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = \mathbf{i}(\mathbf{r}, t) \tag{c}$$

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) + \frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = 0 \tag{d}$$

ここで $\mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{H}(\mathbf{r}, t)$ は、それぞれ位置 \mathbf{r} , 時刻 t における電束密度, 磁束密度, 電場, 磁場を表し, $\rho(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{i}(\mathbf{r}, t)$ は、それぞれ電荷密度, 電流密度を表す。マクスウェル方程式に基づいて、以下の(1)~(5)についてそれぞれ説明せよ。必要に応じて数式を用いて説明してもよい。

- (1) ある閉曲面 S の内部の体積 V に含まれる全電荷がその閉曲面を貫く電束に等しいことについて。
- (2) 静電場中において閉曲線 C に沿って電荷を1周させたときの仕事の総和が0となることについて。
- (3) ある閉曲面 S を貫く磁束は常に0であることについて。
- (4) 閉回路 C を貫く磁束の時間変化が、閉回路に誘導起電力を発生させることについて。
- (5) 真空中において磁場が存在しないとき、時間的に変動する電場が存在するかどうかについて。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

5

1. 1次元における質量 m の粒子に対する波動関数 $\psi(x)$ の確率流を表すために、フラックスを以下のように定義する。ただし、 i は虚数単位、 α, β は正の定数、 ψ^* は ψ の複素共役である。

$$J = \frac{\hbar}{2mi} \left(\psi^* \frac{d\psi}{dx} - \frac{d\psi^*}{dx} \psi \right)$$

- (1) $\psi(x) = Ae^{i\alpha x}$ のとき、フラックスを計算せよ。ただし、 A は複素数の定数であるとする。
 - (2) $\psi(x) = Ae^{i\alpha x} + Be^{-i\alpha x}$ のとき、フラックスを計算せよ。ただし、 A, B は複素数の定数であるとする。
 - (3) $\psi(x) = Ce^{-\beta x}$ のとき、フラックスを計算せよ。ただし、 C は実数の定数であるとする。
2. 以下の1次元の階段型ポテンシャル $V(x)$ に、質量 m の粒子が $x < 0$ の領域から x 軸正の方向に近づく場合を考える。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \cdots \text{領域1} \\ V_0 & (0 \leq x) \cdots \text{領域2} \end{cases}$$

- (4) 粒子の波動関数を $\psi(x)$ 、エネルギーを $E (0 < E < V_0)$ として、領域1と領域2に対するそれぞれの時間に依存しないシュレーディンガー方程式を書け。
- (5) 領域1と領域2における波動関数の一般解をそれぞれ $\psi_1(x) = A_1 e^{i\alpha x} + B_1 e^{-i\alpha x}$ 、 $\psi_2(x) = B_2 e^{-\beta x}$ として、 α と β （ともに正）を求めよ。
- (6) 波動関数 $\psi_1(x)$ と $\psi_2(x)$ が、領域間の境界 $x = 0$ で滑らかに接続するための条件を示し、係数 B_1, B_2 を A_1, α, β を使って表せ。
- (7) 領域1における波動関数 $\psi_1(x)$ の第1項は $+x$ 方向に進む入射波、第2項は $-x$ 方向に進む反射波と見なすことができる。入射波と反射波のフラックスをそれぞれ J_i と J_r 、および領域2における $\psi_2(x)$ のフラックスを J_t とすると、境界における粒子の反射率 R と透過率 T は以下で与えられる。

$$R = \left| \frac{J_r}{J_i} \right|, \quad T = \left| \frac{J_t}{J_i} \right|$$

R と T をそれぞれ求めよ。

- (8) 古典力学における高さが V_0 のポテンシャル障壁と粒子との衝突と小問(7)の結果との相違点について論ぜよ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

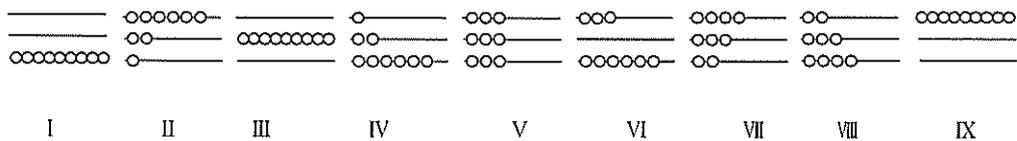
試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（150）分

6

1. 図のように9個の粒子が縮退していない三つのエネルギー準位を占有しているとする。古典統計力学の考え方に従い、I~IXまでの状態の中で温度が定義できないものを列挙せよ。

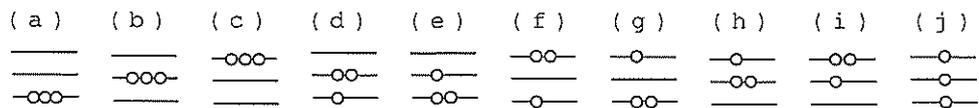
次に、残った状態について、温度の高い順に並べよ。但し、どれか一つの状態だけは2回使うこと。



2. 以下の三つの系について、古典統計、ボース統計、フェルミ統計のいずれを適用して説明されるべきか、その理由、及び、各系で見られる顕著な現象を記せ。

- (1) 金属中の自由電子
- (2) 液体ヘリウム4 (^4He)
- (3) 孤立局在スピン（内殻の対電子）

3. 図のように3個の粒子が縮退していない3つのエネルギー準位を占有しているとする。下記の問い(1)~(3)に答えよ。粒子のスピンは考えなくてよい。



- (1) 粒子がフェルミ統計に従う場合、(a)~(j)のうち、その占有の仕方が許されないものを列挙せよ。次に、許される占有の仕方について、三つの粒子の入れ替えに対し、何通りの場合の数が生じるかを記せ。
- (2) 粒子がボース統計に従う場合、上と同じ問いに答えよ。
- (3) 粒子が古典統計に従う場合、上と同じ問いに答えよ。また、ボース統計と古典統計での場合の数の違いについて説明せよ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

注意事項

1. 試験問題は7問（**1**～**7**）である。
この中から5問を選んで解答せよ。5問を超えて解答してはならない。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された5枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
4. 1枚の解答用紙に2問以上解答した場合にはその解答は無効となる場合がある。

OK

1枚の解答用紙に1問を解答

科目：情報学基礎

1

受験番号 #### 氏名 XXXX

科目：情報学基礎

2

受験番号 #### 氏名 XXXX

NG

科目：情報学基礎

1

2

受験番号 #### 氏名 XXXX

1枚の解答用紙に2問以上を解答してはいけない

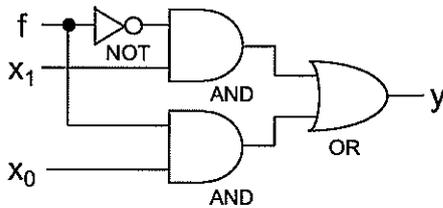
理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

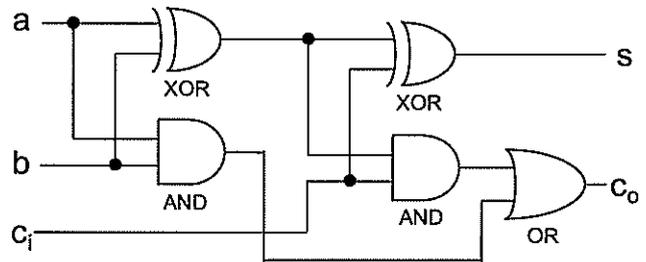
試験時間：（ 150 ）分

1

- (1) コンピュータにおけるオペレーティングシステム (OS) とアプリケーションプログラムとの違いを説明せよ。また、それぞれの例を一つずつ挙げよ。
- (2) コンピュータにおいて演算処理を行う CPU (Central Processing Unit) と GPU (Graphics Processing Unit) の違いについて説明せよ。
- (3) コンピュータにおける CPU の性能指標として用いられる MIPS (ミップス) という単位とはなにか説明せよ。
- (4) 以下の二つの組み合わせ回路のそれぞれの動作を説明せよ。さらに、それぞれの回路は一般にどのような用途で使われるかを記せ。なお、組み合わせ回路 1 は三つの入力 x_0, x_1, f と一つの出力 y を持つ。また、組み合わせ回路 2 は三つの入力 a, b, c_i と二つの出力 s と c_o を持つ。



組み合わせ回路 1

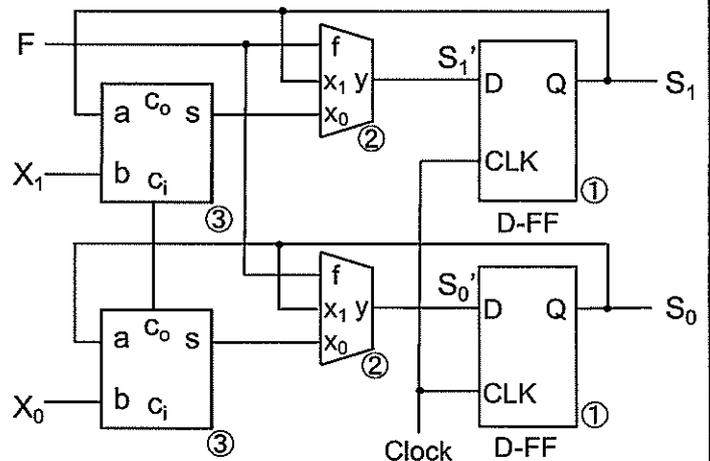


組み合わせ回路 2

- (5) 右の順序回路の動作を説明せよ。さらに、 X_1X_0 および S_1S_0 をそれぞれ 2 ビットの符号なし 2 進数とした時に、この順序回路がどのような機能を実現するか記せ。ただし、この順序回路は以下から構成される。

- ① D 型フリップフロップ (D-FF) が 2 個
- ② 問題(4)の組み合わせ回路 1 が 2 個
- ③ 問題(4)の組み合わせ回路 2 が 2 個

なお、この順序回路はクロック入力 (Clock) に加えて、三つの入力 X_1, X_0, F および二つの出力 S_1, S_0 を持つ。D-FF はクロック信号の立ち上がりエッジの時刻にある D 入力の論理 (前状態) をセット (保持) し、Q 出力にその論理 (次状態) を出力する。



順序回路

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

2

(1) 次の説明文の空欄(a)～(h)に当てはまる最も適切な言葉を選択肢1～17から選び、その番号を解答せよ。

説明文

(a)は、コンパイラやインタプリタにおける最初の工程で、プログラムの(b)を一文字ずつ読み取って識別可能な最小単位である(c)に分解します。この過程で(d)や識別子、演算子、(e)などに分類します。(a)によって生成された(c)は次の(f)解析に渡されます。(f)解析は(a)で得られた(c)を基に文法規則に従ってプログラム全体の構造を解析します。この過程で、言語の文法に従った(g)を構築し、プログラムが正しい構文を持つかを調べます。(f)解析が成功すると、(g)はその後の(h)生成や最適化に利用されます。

選択肢

1 関数, 2 キーワード(予約語), 3 構造解析, 4 構造体, 5 構文,
6 静的解析, 7 構文木, 8 コード, 9 字句解析, 10 ソースコード,
11 動的解析, 12 トークン, 13 パーサ, 14 配列, 15 変数名,
16 メソッド, 17 リテラル

(2) 静的変数と自動変数について違いを説明せよ。

(3) 静的型付き言語について特徴を説明せよ。

(4) インタプリタ方式における中間言語について特徴を説明せよ。

理工学 専攻（ 博士前期/修士・博士後期・前後期共通 ）

試験科目： 専門科目 （ 理工基礎 （情報学基礎） ）

試験時間： （ 150 ） 分

3

無限回数微分可能な関数 $f(x)$ について、 $f^{(k)}$ は f の k 階微分としたとき、 $f(x)$ のマクローリン展開式は、以下の式で表すことができる。

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} f^{(k)}(0) \frac{x^k}{k!}$$

これを用いて $f(x) = \log_e(1+x)$ とし、 $\log_e 1.1$ の3次の項までのマクローリン展開式に基づく近似値を出力する以下のC言語によるプログラムを作成した。ただし、余剰項は無視することとする。

```
#include <stdio.h>
int main(void){
    int i;
    float ruijou= -1, goukei= 0;
    for(i=1; i<=3; i++){
        ruijou=ruijou*(-0.1);
        goukei=goukei+ruijou/i;
    }
    printf( "%f ",goukei);
}
```

このプログラムを基に、 $\log_e 0.9$ の3次の項までのマクローリン展開式に基づく近似値を出力するプログラムへと書き換える。以下の問に答えよ。

- (1) $\log_e 0.9$ の3次の項までのマクローリン展開式を書き、近似値を小数第5位まで示せ。
- (2) 上記のプログラムを、 $\log_e 0.9$ の3次の項までのマクローリン展開式に基づく近似値を求めるためのプログラムへと書き換える。どの部分をどのように書き直せばよいか答えよ。

工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

4

インパルス応答 $h(n)$ が、下図に示すパルス列で与えられるシステムを考える。すなわち

$$h(n) = u(n) - u(n - N)$$

が成り立っているものとする。ただし、 N は正の整数、 $u(n)$ は単位ステップ関数を表すものとする。

- (1) $h(n)$ の z 変換を求めよ。
- (2) このシステムの周波数特性を求めよ。
- (3) N を定めたときのシステムの振幅特性を $A_N(\omega)$ とする。 $\lim_{\omega \rightarrow 0} A_N(\omega)$ を N の式で表せ。

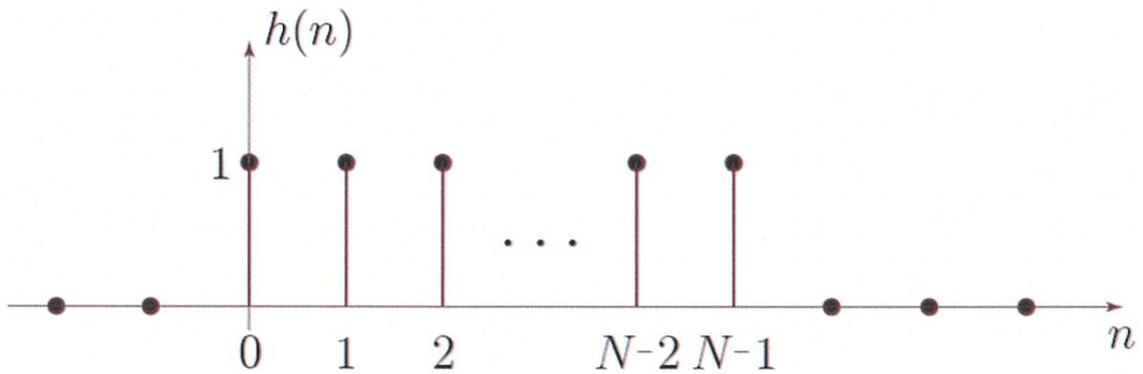


図 システムのインパルス応答

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

5

- (1) $f(n)$ と $g(n)$ を正の整数から非負実数への関数とする。 $n > n_0 \implies f(n) < c \cdot g(n)$ となる正の実数 n_0, c が存在するとき $f(n) = O(g(n))$ であるという。正の整数から非負実数への関数を以下に 7 つ記す。

$$n(\log n)^3, \quad \log n, \quad 2^n, \quad 2^{\sqrt{\log n}}, \quad 100^n, \quad n + 10, \quad 2^{(2^n)}$$

$f_1(n) = O(f_2(n)), f_2(n) = O(f_3(n)), \dots, f_6(n) = O(f_7(n))$ となるように上記の関数を $f_1(n), \dots, f_7(n)$ として並べ替えよ。

- (2) 単始点最短経路問題に対する有名な解法としてダイクストラ法 (Dijkstra's algorithm) がある。単始点最短経路問題の入力は、有向グラフ G , 辺費用 $c: E(G) \rightarrow \mathbb{R}$ (実数), 始点 $s \in G(V)$ である。
- (a) ダイクストラ法を記述し、その時間複雑度を示せ。時間複雑度を示す際には、入力グラフ G の頂点数を n とせよ。時間複雑度の根拠も簡潔に記せ。
- (b) 入力の辺費用 c に負の値がある場合には、ダイクストラ法は正しい解を出力しないことがある。ダイクストラ法が正しい解を出力しないような入力を具体的に提示し、正しい解が出力されない理由を簡潔に説明せよ。
- (3) アルファベット $\Sigma = \{a, b\}$ 上の言語のうち、「すべての奇数番目が b である文字列」すべてからなる言語を L とする。例えば L には、 ba や $bbbab$ などが含まれ、 abb や空文字列は含まれない。この言語 L を認識する決定性有限オートマトンの状態遷移図を描け。また、その決定性有限オートマトンを状態集合 Q , アルファベット Σ , 状態遷移関数 $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$, 開始状態 q_0 , 受理状態 F の 5 つ組 $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ で表すとき、 Q, δ, q_0, F それぞれの値を具体的に記せ。また、言語 L の正規表現を記せ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

6

- (1) データベースにおけるトランザクションについて以下の設問に答えよ。
 - (a) トランザクションとは何か説明せよ。
 - (b) トランザクション処理の流れについて、以下の単語を用いて説明せよ。
コミット、ロールバック
- (2) データベースにおける正規化について以下の問いに答えよ。
 - (a) 正規化とは何か説明せよ。
 - (b) 正規化を行う目的は何か説明せよ。
- (3) NoSQL で主に使われるデータ割り当て手法である「シャーディング」「コンシステント・ハッシング」について説明せよ。

理工学 専攻（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（理工基礎（情報学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

7

次の微分方程式を解け。ただし、 x を独立変数として、 y を従属変数とする。

(1) $xy(1+x^2)y' = 1 - y^2$

(2) $yy' = x \exp(x^2 + y^2)$

(3) $x^3y' + y^2 = 0$

(4) $(y - x)^2y' = 1$