ＡＩ・サイバーセキュリティ

自衛隊奨学生（研究職技官）
選考試験問題

専門（記述式）
（解答時間　１２０分）

注意事項

(1)　指示があるまで問題を開いてはいけません。
(2)　問題及び回答用紙に受験番号・氏名を記入してください。
(3)　問題の内容に関する質問には答えられません。
(4)　計算機等の使用は認められません。
(5)　<u>１０問のうち、情報理論、アルゴリズム、計算機アーキテクチャの中から少なくとも１問、合計２問を選択し解答してください。</u>
(6)　解答は解答用紙に鉛筆又はシャープペンシルで記入してください。

受　験　番　号	氏　　　　名

【第１問題】（情報理論）

〔1〕エントロピーなどに関する次の（１）～（４）の問いに答えなさい。なお，必要に応じて $\log_2 3=1.585$ を用いて計算し，答えは小数点以下３桁目を四捨五入しなさい。

（１）天気の事象系として晴，曇，雨，雪の４つを考える。ある日の天気の生起確率を以下の通りにした時のエントロピーを求めなさい。

晴：$\frac{1}{2}$　　曇：$\frac{1}{4}$　　雨：$\frac{3}{16}$　　雪：$\frac{1}{16}$

（２）(1)に示した４つの事象のエントロピーが最大になる時の各事象の生起確率と，最大エントロピーの値をそれぞれ求めなさい。

（３）天気の事象系を晴（a_1）と晴以外（a_2）の２つにまとめて，(1)で示した生起確率を用いて整理した。一方，天気予報の事象系を晴（b_1）と晴以外（b_2）として，天気予報の的中率を p とする。この時，天気予報を聞いた後の条件付きエントロピーを求めなさい。

（４）(3)の結果を踏まえて，横軸に的中率，縦軸に相互情報量をとったグラフを示しなさい。

〔2〕符号化に関する次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）ａ～ｄまでの４つの情報源記号に対する符号について，表１に示すようにＣ１～Ｃ４の４つの符号を検討した。これらの符号を「一意復号不可能な符号」か「一意復号可能な符号」に，また，「一意復号可能な符号」の場合は「瞬時符号」か「非瞬時符号」に分類しなさい。また，そうなる理由についてあわせて説明しなさい。

表１

情報源記号	Ｃ１	Ｃ２	Ｃ３	Ｃ４
a	00	0	0	0
b	01	10	01	01
c	10	110	10	011
d	11	111	11	111

（2）シャノン・ファノの符号化法について，符号化の具体的な手順を示しなさい。

〔3〕４個の情報ビット x_1～x_4 と３個の検査ビットを用いて７ビットの符号語 w_1～w_7 を構成する（7,4）ハミング符号について，次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）図１に示す（7,4）ハミング符号の符号化器を用いるの検査行列$\boldsymbol{H}$と生成行列$\boldsymbol{G}$をそれぞれ示しなさい。

（2）(1)に示した（7,4）ハミング符号を用いた結果，受信側で 1011011 を得たが，この受信語には１ビットの誤りが含まれている。この時，送信側での正しい符号語を答えなさい。

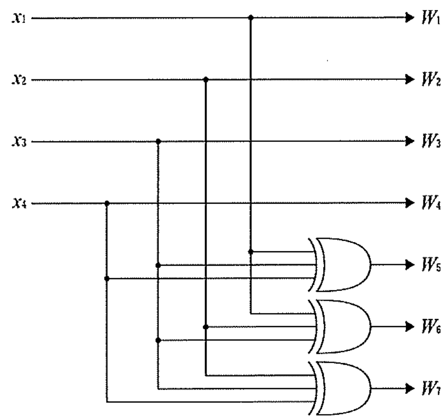


図１

【第２問題】（アルゴリズム）

〔１〕フローチャートに関する次の（１）～（３）の問いに答えなさい。

次の図１は，整数１からｎまでの総和を求めるフローチャートの一部である。ただし，変数はすべて整数型とし，ｎは２以上とする。

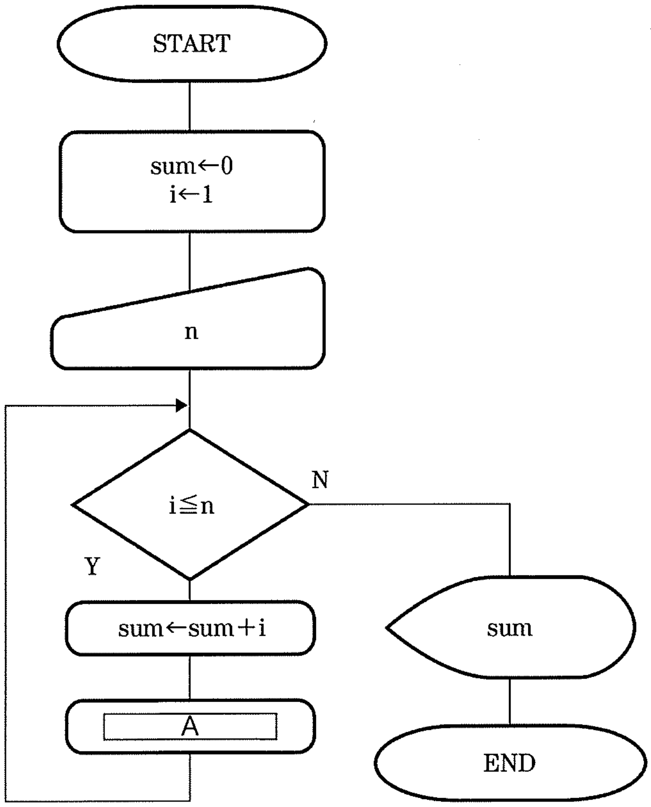


図１

（１）図１の$\boxed{\quad A \quad}$に入る適切な処理内容を答えなさい。

（２）ｎに３を入力した時，２回目のループで sum←sum＋i を処理した直後の sum の値を答えなさい。

（３）分岐処理の比較演算子に＜を用いる場合，分岐処理の適切な処理内容を答えなさい。

〔２〕キューに関する次の（１）～（３）の問いに答えなさい。

（１）キュー（Queue）の説明として，妥当なものは次のうちどれか。

Ａ．データをランダムに取り出す構造である

Ｂ．先に格納したデータから順に取り出す構造である

Ｃ．後に格納したデータから順に取り出す構造である

Ｄ．常に中央のデータを取り出す構造である

（2）キューの使用が適している場面として，妥当なものは次のうちどれか。

A．Web ブラウザの「戻る」機能

B．数式の逆ポーランド記法の評価

C．印刷ジョブの管理

D．再帰処理の呼び出し順管理

（3）キューに対して次の操作を左から順に行った。1回目と2回目の dequeue( )で取り出される値を答えなさい。

enqueue(1)，enqueue(2)，enqueue(3)，dequeue( )，dequeue( )，enqueue(4)，enqueue(5)

〔3〕バブルソートに関する次の（1）～（3）の問いに答えなさい。

（1）先頭から順に末尾まで，隣り合う要素を比較して必要に応じて入れ替える処理を一つのサイクルとする。このサイクルは配列全体に対して何回か繰り返す必要がある。その最大繰り返し回数として，妥当なものは次のうちどれか。ただし，要素数を n とする。

A．1回

B．n 回

C．n −1回

D．n^2回

（2）配列 [4，2，3，1] に対し，値の小さい順（昇順）でソートする場合，1回目のサイクルが終了した時の配列として，妥当なものは次のうちどれか。

A．[2，3，1，4]

B．[4，3，2，1]

C．[1，2，3，4]

D．[2，3，4，1]

（3）バブルソートで要素数5の配列をソートする場合，必要となる最大比較回数として，妥当なものは次のうちどれか。

A．5

B．10

C．15

D．25

【第３問題】（計算機アーキテクチャ）

〔１〕10 進数の－13.625 を IEEE754 単精度浮動小数点で表示することを考える。IEEE754 単精度浮動小数点表示方法に関する説明を参考に，次の（１）～（４）の問いに答えなさい。

※IEEE754 単精度浮動小数点表示方法に関する説明

> ◎　IEEE754 単精度浮動小数点では符号部 S が１ビット，指数部 E が８ビット，仮数部 R が 23 ビットの順に計 32 ビットで表される。
>
> ◎　符号部 S は元の数値がプラスの時は 0，マイナスの時は 1 をそれぞれ割り当てる。
>
> ◎　元の数値の絶対値を２進数に変換した後，その整数部が０以外の１桁になるように仮数部 R，指数部 E を調整する正規化を行う。
>
> ◎　指数部 E は 10 進数の 127 を足すげた履き表現（バイアス表現）を行った後，８ビットの２進数に変換する。
>
> ◎　仮数部 R は整数部の１を省略するけち表現を行った後，残りの２進数を格納する。

（１）10 進数の－13.625 を２進数に変換しなさい。

（２）正規化を行った後の仮数部を２進数で表しなさい。

（３）げた履き表現を行った後の指数部を 10 進数で表しなさい。

（４）10 進数の－13.625 を　IEEE754 による単精度浮動小数点表示した結果を８桁の 16 進数で表しなさい。

〔2〕　図１に示した記憶装置の階層に関する次の（1）～（3）の問いに答えなさい。

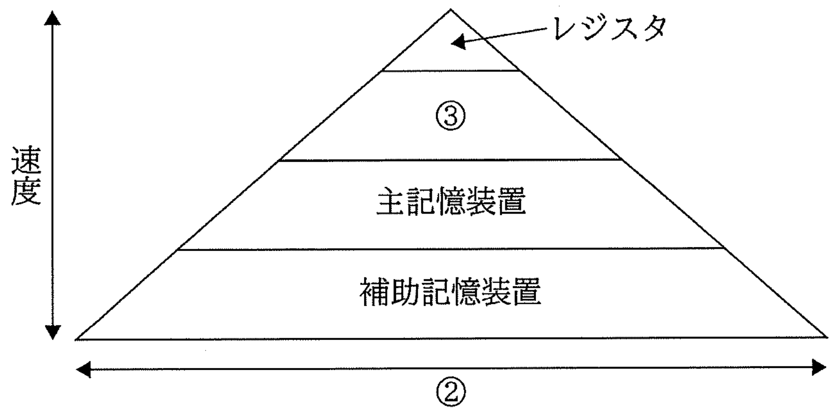


図１

（1）以下は記憶装置の階層および記憶デバイスに関する説明文である。空欄 ① ～ ⑧ に入る適切な用語を答えなさい。

計算機における記憶装置は一般的に右図に示した通り，階層構造になっている。ここで，図中の縦軸で表されるアクセス速度について，上に行けば行くほど速度は ① なる一方，横軸では ② が表されている。また，図中の ③ について，近年ではＣＰＵに近い方から ④ ， ⑤ といったように２つに分かれている場合もある。ここで，計算機で用いられる記憶デバイスとして，コンデンサの電荷の有無でデータを記憶する ⑥ と複数のトランジスタを用いたフリップフロップ回路によってデータを記憶する ⑦ がある。 ⑥ は安価で大容量を実現できる一方，コンデンサの充放電を利用しているため， ⑦ に比べて低速で，かつ， ⑧ をしなければならないという欠点もある。それに対して， ⑦ は高速であるものの高価である。

（2）仮想記憶について図１に示された用語を用いて説明しなさい。

（3）仮想記憶や図１中の③が成立する根拠となる「メモリの時間的参照局所性」と「メモリの空間的参照局所性」を説明しなさい。

〔3〕パイプライン処理に関する次の（1）～（3）の問いに答えなさい。

（1）命令が5つのステージを持ち各ステージがそれぞれ1クロックで処理される時，クロック周波数が 10MHz の CPU で 100 命令をパイプラインで処理する場合の処理時間，CPI（Cycles Per Instruction）をそれぞれ求めなさい。なお，パイプラインで処理する際にハザードは起きないものとする。

（2）構造ハザードが起こる理由とその解決手法を「単一メモリ方式」「ハーバードアーキテクチャ」の用語の説明も含めて答えなさい。

（3）制御ハザードの解決手法の一つである遅延分岐について説明しなさい。

【第４問題】（電気回路）

〔１〕図１に示す二端子対網回路において入力電圧 V_{in}，入力電流 I_{in}，出力電圧 V_{out}，出力電流 I_{out} の関係を下記のように表したときの係数行列 $(F)=\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$ を縦続行列（F 行列）と呼ぶ。

次の（１）～（４）の問いに答えなさい。

$$\begin{pmatrix} V_{in} \\ I_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{out} \\ I_{out} \end{pmatrix}$$

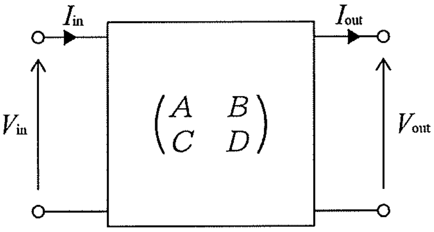


図１

（１）図１の回路について，出力側端子を短絡したときの入力インピーダンス $R_{\mathrm{in}} = V_{\mathrm{in}} / V_{\mathrm{out}}$ を求めなさい。

（２）図１の回路について，出力側端子に抵抗 R_{L} を接続したときの入力インピーダンスを求めなさい。

（３）図２の回路について縦続行列（F_1）をインピーダンス R_1，R_2，R_3 を用いて表しなさい。

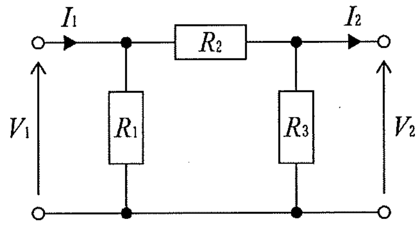


図２

（４）図３の回路と図２の回路が等価なとき，R_4，R_5，R_6 を R_1，R_2，R_3 を用いて表しなさい。ただし，$R_1 = 10\Omega$，$R_2 = R_3 = 5\Omega$ とする。

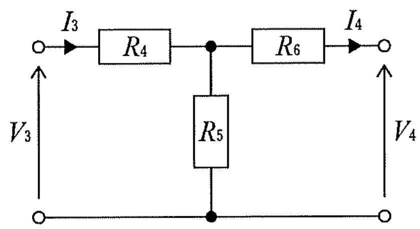


図３

〔2〕図4は直流電圧源 E，抵抗 R_1，R_2，コイル L，コンデンサ C，スイッチ S からなる回路である。E の電圧を 4V，R_1，R_2 の抵抗値を 1Ω，C のキャパシタンスを 1F，L のインダクタンスを 2H として，次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

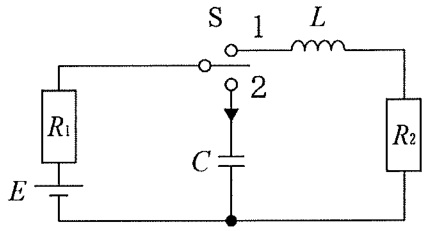


図4

（1）図4の回路の状態は S が端子 1，2 のどちらにも接続されていない状態である。この状態から S を 2 側に接続した時刻を $t=0$s とする。$t=0$s 以降の電流 $i(t)$ の時間応答を表す式を導出し，時間経過によって変化する電流の概形を横軸時間 t($0\text{s}\leqq t\leqq 10\text{s}$)，縦軸電流 i のグラフで示しなさい。ただし，S を切り替える直前まで C には 5C の電荷が蓄えられているとする。

（2）次に S を 1 側に切り替える。S を 1 側に切り替えた瞬間を $t=0s$ として i の時間応答を示す式を導出し，時間経過によって変化する電流の概形を横軸時間 t($0\text{s}\leqq t\leqq 10\text{s}$)，縦軸電流 i のグラフで示しなさい。

〔3〕図5に示す電圧源 V，電流源 I，抵抗 R_1，R_2，R_3 からなる回路について，次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

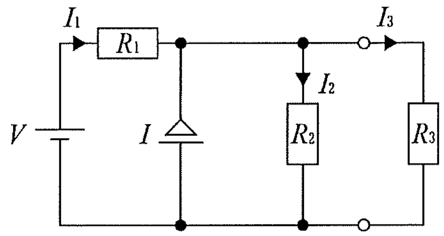


図5

（1）電流 I_1，I_2，I_3 を求めなさい。

（2）抵抗 R_3 が可変抵抗の場合，R_3 で消費される電力 P_3 が最大となるときの R_3 の値および，その時の P_3 を求めなさい。

【第５問題】（電磁気学）

〔１〕静電界に関する次の（１）～（２）の問いに答えなさい。ただし，真空の誘電率をε_0とする。

（１）図１のように距離 d ずつ離れて電気量が q_1～q_3 の点電荷が直線状に並んでいる。なお，図１の右向きを正とする。

①それぞれの電荷に働く静電気力 F_1～F_3 を求めなさい。

②これら３つの電荷に働く静電気力が釣り合う時，q_1～q_3 の比を求めなさい。ただし，どの電荷の電気量も０でないものとする。

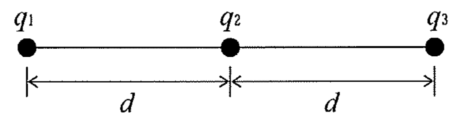


図１

（２）無限に長い２つの円柱導体が中心間の距離 d [m] で平行に置かれている（図２）。各円柱断面の半径を a [m] とする時，導体間の単位面積あたりの静電容量を求めなさい。

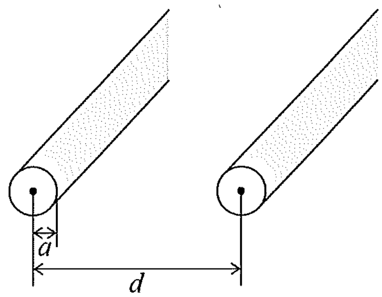
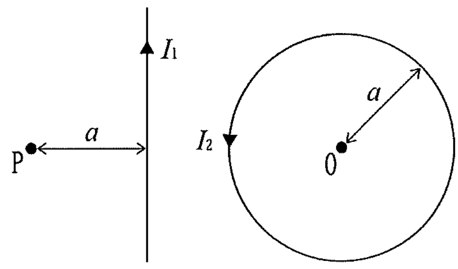


図２

〔2〕磁界に関する以下の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）図3(a)では無限長直線導体に電流 I_1 が流れており，図3(b)では一巻きの円形コイルに電流 I_2 が流れている。図3(a)の導体から離れた点 P での磁界と図3(b)でコイルの中心Oでの磁界が等しくなる時，I_1 と I_2 の関係を求めなさい。



(a)　　(b)

図3

（2）ホール素子の動作原理と用途について説明しなさい。なお，図4に示すように x 軸の正の方向に電流 I を流し，z 軸の正の方向に磁束密度 $\boldsymbol{B}$ を一様にかけた時，ホール素子内にある電気素量が e，速度 v の電子が受けるローレンツ力の大きさと向きを説明中に含むこと。

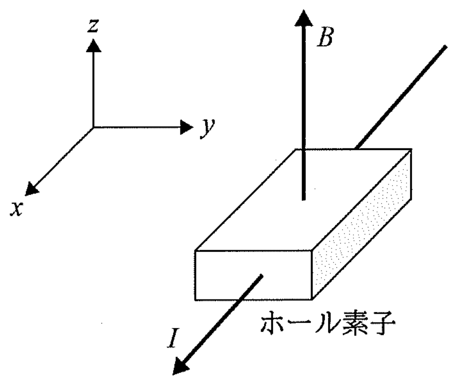


図4

〔3〕以下はマクスウェル方程式に関する説明文である。空欄 ① ～ ⑧ に入る適切な式または用語を答えなさい。

定常電流 $\boldsymbol{j}$ と磁場 $\boldsymbol{H}$ との関係を示す ① の法則は以下の式で表される。

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \boldsymbol{j}$$

となるが，この式の両辺の発散をとると，左辺は ② となる。一方，定常電流でない場合，電荷密度を ρ とおくと電荷保存の法則より

$$\boxed{\quad ③ \quad} + \nabla \cdot \boldsymbol{j} = 0$$

となり， ① の法則と矛盾してしまう。そこで，定常電流の時は 0 となり，発散をとった時に電荷保存の法則と矛盾しないように ④ の法則より，電束密度 $\boldsymbol{D}$ を用いて

$$\boxed{\quad ③ \quad} = \frac{\partial}{\partial t}(\nabla \cdot \boldsymbol{D}) = \nabla \cdot \left(\frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}\right)$$

となるので， ① の法則を

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \boldsymbol{j} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}$$

として，これがマクスウェル方程式の一つとなり，この式の右辺第２項のことを ⑤ と呼ぶ。

ここで，電気容量が C で極板間の電位差が V の平行平板コンデンサにおける ⑤ を考える。なお，コンデンサの極板が円で，極板間の電場は一様である。極板の面積 S とすると，電場 E は電荷 Q，真空の誘電率 ε_0 で表すと ⑥ となり， ⑤ の S での積分は C と V を用いて

$$\int_S \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \cdot d\boldsymbol{S} = \boxed{\quad ⑦ \quad}$$

となる。また，振動数 f を持つ交流電圧を $V = V_0 \cos(2\pi f t)$ とおくと， ⑤ の最大値は ⑧ となる。

【第６問題】（熱力学）

〔１〕定積モル比熱 C_V が温度に依存せず，ファンデルワールスの状態方程式

$$P = \frac{nRT}{V-nb} - a\frac{n^2}{V^2}$$

に従う n モルの気体がある。ここで，R は気体定数，a と b は正の定数である。以下の式を用いて，次の（１）～（４）の問いに答えなさい。

$$dU = nC_V dT + \left\{T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right\}dV$$

$$dS = \frac{nC_V}{T}dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV$$

（１）内部エネルギーの微小変化 dU とエントロピーの微小変化 dS の表式を求めなさい。

（２）内部エネルギーU とエントロピーS の表式を求めなさい。

（３）準静的断熱過程で$T(V-nb)^{\frac{R}{C_V}}$が変化しないことを示しなさい。

（４）真空中への断熱自由膨張により，体積が V_1 から V_2 まで変化した。この時の温度変化を求めなさい。

〔2〕気体液体転移の転移線は，クラペイロン－クラウジウスの式

$$\frac{dP}{dT}=\frac{L}{(V_g-V_l)T}$$

を満たす。ただし，L は1モルあたりの気化熱，V_g は1モルの気体の体積，V_l は1モルの液体の体積である。

（1）以下に示す3つの条件が成り立つものとする。

(i)　1モルあたりの液体の体積は気体の体積に比べて無視できる。

(ii)　気体は理想気体とみなせる。

(iii)　気化熱 L は定数とみなせる。

この時，飽和蒸気圧 P が以下のような形になることを示しなさい。

$$P\propto \exp\left(-\frac{L}{RT}\right)$$

（2）1気圧下での水の沸騰温度は373K であり，その際の気化熱は9700cal/mol と測定された。このことを用いて2気圧下での水の沸騰温度を計算しなさい。ただし，気体定数 R は 8.3J/mol·K，熱の仕事当量は 4.2J/cal である。また，ln 2＝0.693とし，解答は小数点第一位を四捨五入して整数で答えなさい。

〔3〕以下はエネルギー等分配の法則に関する説明文である。空欄 ① ～ ⑥ に入る適切な式または用語を答えなさい。

エネルギー等分配の法則とは，温度 T の熱平衡状態にある時，変数の２乗の形を持つエネルギーの平均値は，ボルツマン定数 k_{B} を用いると１粒子あたり ① に等しくなるというものである。この証明について，力学的な変数 x があり，ある定数 b とともに $\varepsilon = bx^2$ の形で表されるエネルギーが存在すると仮定する。温度 T の熱平衡状態にある時，この系がエネルギー ε を取る確率は $e^{-\beta\varepsilon}$ で表される ② に比例する。ただし，$\beta = \frac{1}{k_B T}$ である。ここで，$\varepsilon = bx^2$ を代入し，規格化因子も考えると，その確率は

$$P(x) = \frac{e^{-\beta b x^2}}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\beta b x^2}\, dx}$$

と表され，エネルギーの平均値は

$$\langle\varepsilon\rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon(x) P(x)\, dx = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} b x^2 e^{-\beta b x^2}\, dx}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\beta b x^2}\, dx}$$

となる。ここで，以下に示す２つの式

ガウスの積分：$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-ax^2}\, dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$

ガウス積分の漸化式：$J_{n+2}(a) = -\frac{\partial}{\partial a} J_n(a)$　ただし，$J_n(a) = \int_{-\infty}^{\infty} x^n e^{-ax^2}\, dx$

を用いることによって，エネルギーの平均値の式の分子，分母の積分はそれぞれ ③ ④ となることから，最終的な結果は ① と一致する。

ここで，３次元中を並進運動するある質量をもった自由粒子からなる気体が温度 T で熱平衡状態であることを考える。この時，「ある運動を記述するために必要となる独立変数の数」のことを指す ⑤ は３であるため，温度 T で熱平衡状態である時の１粒子あたりのエネルギー平均値は ⑥ となる。

【第７問題】（機械力学）

〔1〕次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）図１のように，点Oに２つの力 F_1，F_2 がはたらいている。この２力の合力の大きさ [N] を答えなさい。

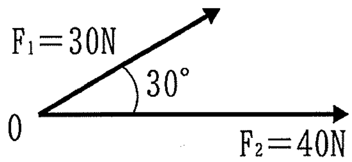


図1

（2）地上 60m の位置から物体を 2.0m/s の速さで下向きに投げ下ろした。3.0 秒後の物体の速さ [m/s] と地上からの高さ [m] を答えなさい。

〔2〕次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）頭部の質量 m＝500g のハンマーを使って，v＝1m/s で釘を打ったところ，h=5mm 打ち込めた。衝撃力 [N] と衝撃時間 [s] を答えなさい。

（2）人が乗った合計質量 M=130kg の二輪車が，v＝30km/h からブレーキをかけて停止した。運動エネルギーの 70%がブレーキ部品の温度上昇に変化したと考え，ブレーキ部品の質量 m＝2kg，比熱 c＝0.4kJ/(kgK)として，ブレーキ部品の上昇温度Δt [k] を答えなさい。

〔3〕長さ 2.0m，質量 3.0kg の太さが無視できる棒について，次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）棒の中心を通り，棒に垂直な軸に対する慣性モーメント [kg・m^2] を答えなさい。

（2）中心から 20cm ずれた位置を通り，棒に垂直な軸に対する慣性モーメント [kg・m^2] を答えなさい。

【第８問題】（制御工学）

〔１〕図１に示すフィードバックシステムについて，次の（１）～（５）問いに答えなさい。
$X(s)$，$Y(s)$は時間関数$x(t)$，$y(t)$のラプラス変換を表し，A，Tは定数である。

（１）閉ループ伝達関数 $G(s)=Y(s)/X(s)$
を求めなさい。

（２）図１のシステムの応答は２次遅れ系の伝達関数$\dfrac{\omega_n^{\,2}}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^{\,2}}$の形式で表現される。$\zeta$と$\omega_n$の名称とその物理的意味を説明しなさい。

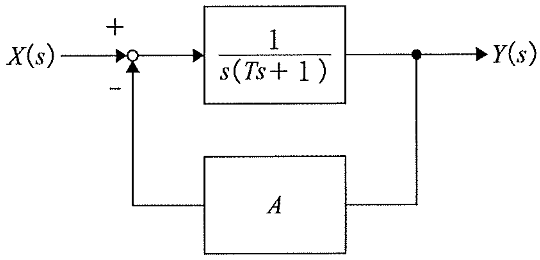
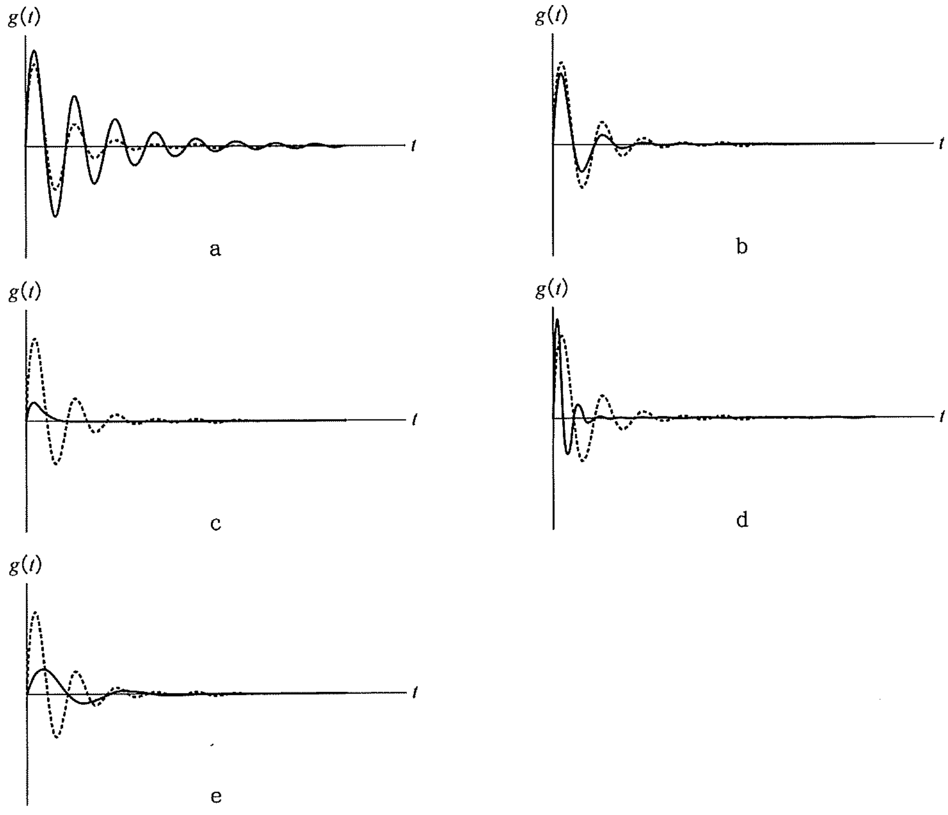


図１

（３）図１において$G(s)$を２次遅れ系の伝達関数で表現した場合，ζとω_nを求めなさい。

（４）このシステムの時間応答$g(t)$が図２（a）～（e）の破線であったとする。ここからω_nを変えずにζを小さくしたときの応答を黒い線とした場合に，最も適切なものを一つ選びなさい。



（５）位相余裕が 60°となるときの条件を求めなさい。

〔2〕次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

（1）伝達関数 $G(s)$ の系に単位ステップ信号を入力した結果，出力に以下の時間応答 $f(t)$ が得られた。伝達関数 $G(s)$ 求めなさい。

$$f(t) = 10\left(1 - e^{-2t}\right)$$

（2）システムの伝達関数が上記(1)で得られた $G(s)$ で表されるとき，このシステムに単位インパルス信号を入力した場合の出力の時間応答（$0\mathrm{s} \leqq t \leqq 3\mathrm{s}$）を求め図示しなさい。

〔3〕図2の系について，次の（1）～（4）の問いに答えなさい。ただし $R(s)$，$C(s)$ は時間関数 $r(t)$，$c(t)$ のラプラス変換，$E(s)$ は $e(t) = r(t) - c(t)$ のラプラス変換，A は定数である。$R(s)$ から $E(s)$ までの伝達関数が安定となるための K に関する必要十分条件を以下の手順に従って求めなさい。

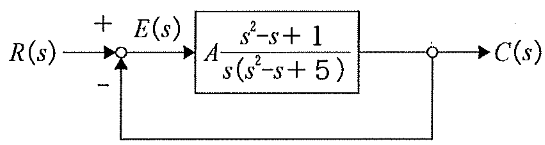


図2

（1）システム全体の伝達関数 $G(s)$ を求めなさい。

（2）閉ループ系の特性方程式を求めなさい。

（3）安定判別のためのラウス表を作成しなさい。

（4）ラウス表の第1列の全ての要素が正となることが安定となる必要十分条件である。このための A を求めなさい。

【第９問題】（材料力学）

〔１〕図１の応力－ひずみ曲線の模式図について，次の（１）～（６）の問いに答えなさい。

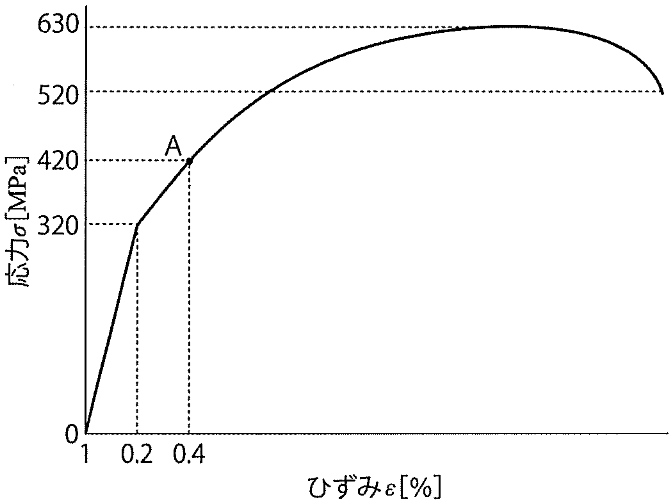


図１

（１）この材料のヤング率 E を求めなさい。

（２）引張り強さを求めなさい。

（３）降伏応力を求めなさい。

（４）Ａ点まで負荷した後に完全に除荷した場合，材料に残るひずみを求めなさい。

（５）安全率を５とした場合の許容応力を求めなさい。

（６）上記(５)の条件のもと，この材料で作成した丸棒に引張加重を 30N 加える場合に必要となる断面積を求めなさい。

〔2〕図2に示す両端を剛体壁に固定された長さ l，左端の直径 D_1，右端の直径 D_2 の円錐棒について，次の（1）～（6）の問いに答えなさい。なお，円錐棒のヤング率は E，熱膨張係数は α とし，自重の影響は無視でき座屈しないものとする。

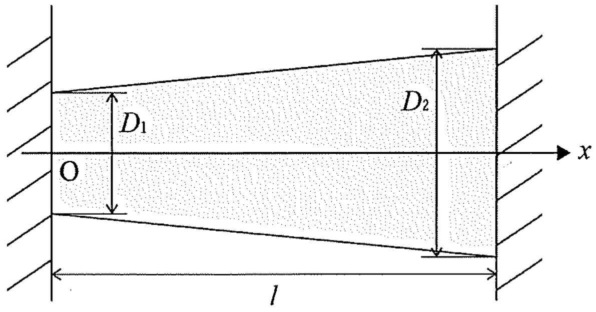


図2

（1）位置 x における円錐棒の直径 $D(x)$ を求めなさい。

（2）位置 x における円錐棒の断面積 $S(x)$ を求めなさい。

（3）円錐棒に生じる弾性ひずみ $\hat{\varepsilon}(x)$ について，軸力を P として求めなさい。

（4）円錐棒の温度を T_0 から T_1 に上昇させたときに生じる熱ひずみ $\bar{\varepsilon}(x)$ を求めなさい。ただし，T_0 において円錐棒に熱応力は生じていないものとする。

（5）円錐棒に作用する軸力 P を求めなさい。

（6）円錐棒に生じる熱応力を $\sigma(x)$ を求めなさい。

〔3〕図3のように梁 OA が点 O で剛体壁に固定されており，点 A に集中加重 P が作用している。次の（1）～（3）の問いに答えなさい。

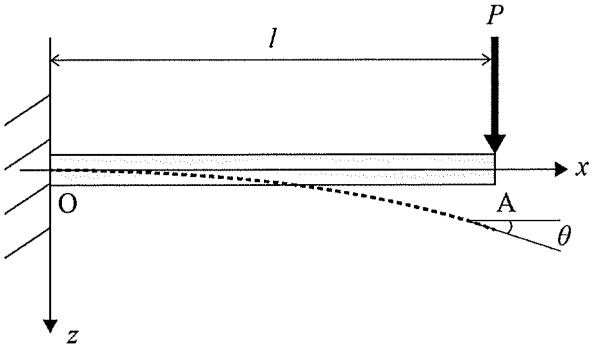


図3

（1）梁に生じる曲げモーメント $M(x)$を求めなさい。

（2）梁のたわみ w と曲げモーメント $M(x)$の関係はヤング率を E，を断面二次モーメントを I とすれば $EI\dfrac{d^2w}{dx^2}=-M(x)$ で与えられる。梁の先端におけるたわみ角 θ を求めなさい。

（3）境界条件について説明を述べたうえで，梁の先端におけるたわみ w_A を求めなさい。

【第 10 問題】（量子力学）

〔1〕図１に示す階段型ポテンシャルのもとで物体の運動を考える。次式で示されるポテンシャルエネルギーに対してエネルギーE，質量 m の粒子が負方向から入射する。波動関数を $\psi(x)$ として，次の（1）～（2）の問いに答えなさい。

$$V(x)=\begin{cases}0 & (x<0)\\ V_0 & (x>0)\end{cases}$$

$E>V_0$ の場合について波動の反射率 R と透過率 T を求めなさい。

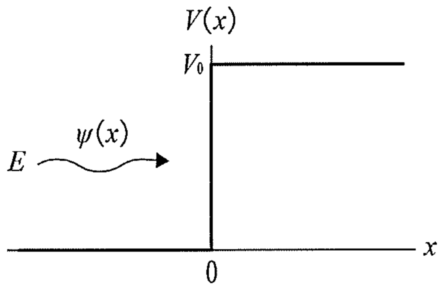


図1

（1）$R=\left(\dfrac{k-\gamma}{k+\gamma}\right)^2$

（2）$T=\dfrac{4k\gamma}{(k+\gamma)^2}$

〔2〕１次元における運動量演算子 $\hat{p}=-i\hbar\dfrac{d}{dx}$ がエルミート演算子であることを示しなさい。

〔3〕図２に示す無限大のエネルギーをもつ井戸型ポテンシャルに拘束された質量mの粒子について，波動関数を$\psi(x)$として，次の（1）～（3）の問いに答えなさい。

$$V(x)=\begin{cases}0 & (0\leq x\leq a)\\ +\infty & (x<0, x>a)\end{cases}$$

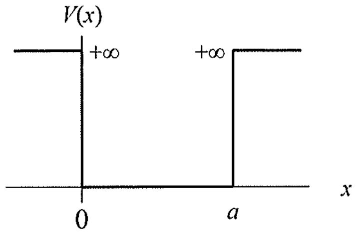


図２

（1）定常状態のシュレディンガー方程式を解きなさい。

（2）規格化条件$\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty}|\psi(x)|^2\,dx=1$を用いて$\psi(x)$を規格化しなさい。

（3）エネルギー準位E_nを求目なさい。