

専 門 科 目

「機械工学」，「材料工学」 及び「情報・制御工学」

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は6ページで，解答用紙は6ページあります。試験開始の合図があったから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い，解答用紙の全てのページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 問題は問題1から問題6までの6問ありますが，この中の3問を選んで，該当する解答用紙に解答しなさい。
- 5 選択しなかった問題の解答用紙には，斜線を引いて提出しなさい。
- 6 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 7 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 8 問題用紙の余白は下書きとして利用してかまいません。
- 9 試験終了後，配付された問題用紙，下書用紙は持ち帰りなさい。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 1 下の問いに答えよ。答えの導出過程も解答用紙に記入せよ。

A 図 1-1 に示すように、水平な床の上に置かれた質量 m のブロックに、水平からの角度 θ の方向に力 F が作用している。ブロックと床の間の静止摩擦係数を μ_s 、重力の加速度を g として、ブロックを右側に動かすための F の条件を、不等号を用いて表せ。

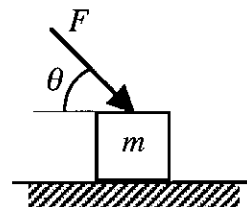


図 1-1

B 図 1-2 に示すように、傾斜角 θ のあらい斜面上に置かれた質量 m の物体に、斜面に沿って上向きに初速 v_0 の運動を与えたとき、物体は距離 s だけ移動して静止した。斜面と物体の間の動摩擦係数を μ_d 、重力の加速度を g として、下の問い (問 1~3) に答えよ。

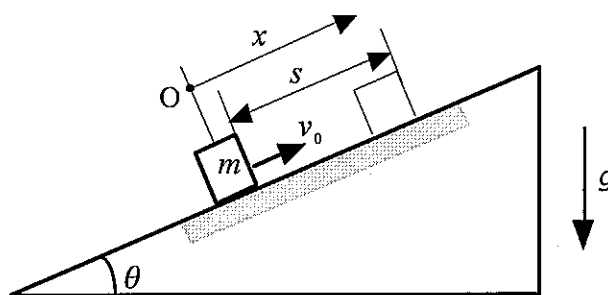


図 1-2

問1 斜面に沿って上向きに x 座標をとり、物体の運動方程式を立てよ。

問2 物体が距離 s だけ移動するのに要した時間 t_s を求めよ。

問3 動摩擦係数 μ_d を、 v_0 , θ , s , g を用いて表せ。

C 図 1-3 に示すように、質量 m の物体 A と質量 M の物体 B が、軽くて伸縮しないワイヤでつながっている。物体 A は傾斜角 θ の斜面上に置かれ、物体 B は滑車を介して鉛直下方につり下げられている。斜面と物体 A の間の摩擦はなく、滑車の回転軸周りの摩擦トルクも無視できるものとする。ワイヤに作用する張力を T 、重力の加速度を g として、下の問い (問 1~3) に答えよ。

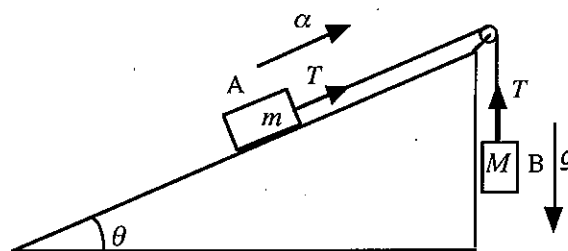


図 1-3

問1 物体 A を保持したあと、静かに手をはなす。このとき物体 B が落下する条件を、不等号を用いて表せ。

問2 問 1 の条件が満たされたとき、物体 A と物体 B は同じ加速度 a で運動した。このとき物体 A と物体 B についてそれぞれの運動方程式を求めよ。なお、運動の正の向きは、物体 A については斜面に沿って上向きに、また物体 B については鉛直下方にとる。

問3 T を含まない形で加速度 a を求めよ。

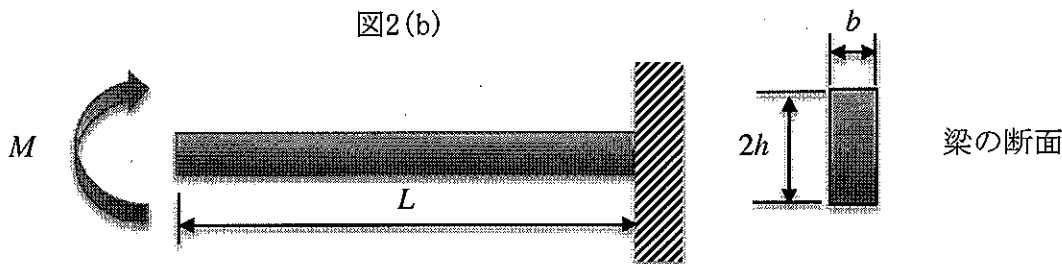
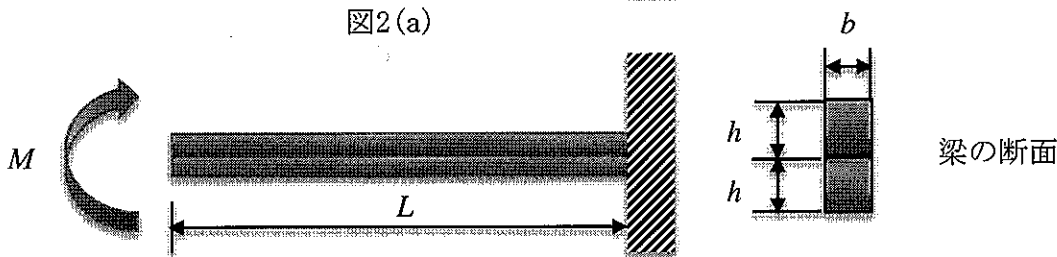
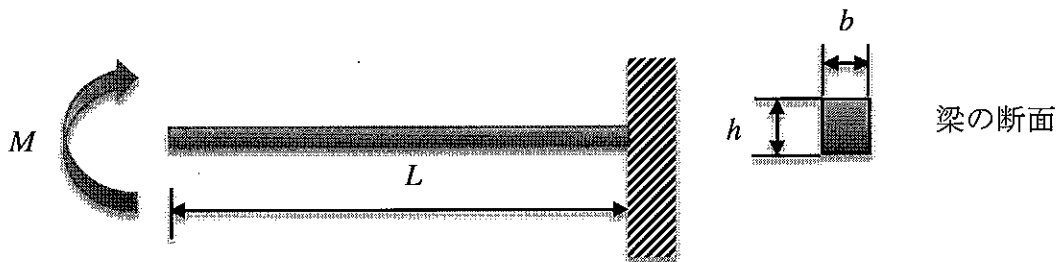
問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 2

図 2(a)に示すように、幅 b で高さ h の一様な断面を持つ片持ち梁 (はり) の自由端にモーメント M の偶力が加わって弾性変形している。梁の全長は L ($\gg b, h$) で、梁材料の縦弾性係数は E である。この梁に関連し、下の問い (問 1~5) に答えよ。

- 問 1 梁の断面二次モーメントを各記号 E, b, h の中から必要なものを用いて表せ。
- 問 2 片持ち梁先端における変位を M, E, b, h, L を用いて表せ。
- 問 3 片持ち梁全体に蓄えられる弾性ひずみエネルギーを M, E, b, h, L を用いて表せ。
- 問 4 問 2 で考えた梁先端における変位を小さくするため、図 2(b), 2(c)に示すような二種類の梁に変更した。図 2(b)では、図 2(a)の梁を単純に二本重ねて全体高さを $2h$ としている。ただし、重ね面は接合されておらず、変形の際の梁重ね面の摩擦は無視できる。一方、図 2(c)では、図 2(b)の梁の重ね面を完全接合して全体高さが $2h$ となるように一体化した梁としている。これら二種類の梁先端における変位をそれぞれ求めよ。
- 問 5 問 4 で考えた二種類の梁全体に蓄えられる弾性ひずみエネルギーの差を M, E, b, h, L を用いて表せ。



問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 3

A 図 3-1 のように, 一様な川の流れの中に L 字形の円管を入れ, 一方の口を流れの上流側に向け, 他方の口を水面より上に出したところ, 円管内の水面が川の水面より h [m] だけ高くなった。これについて下の問い (問 1 ~ 2) に答えよ。ただし, 大気圧は p_0 [Pa], 重力の加速度は g [m/s²] とし, 水の密度 ρ [kg/m³] は一定とする。

問1 流れに向けた円管の口の位置 (図の点 X) の水面からの深さを d [m] とすると, 点 X での絶対圧力 p_1 [Pa] はいくらか。ただし, 円管の内径は d に比べて十分に小さいものとする。

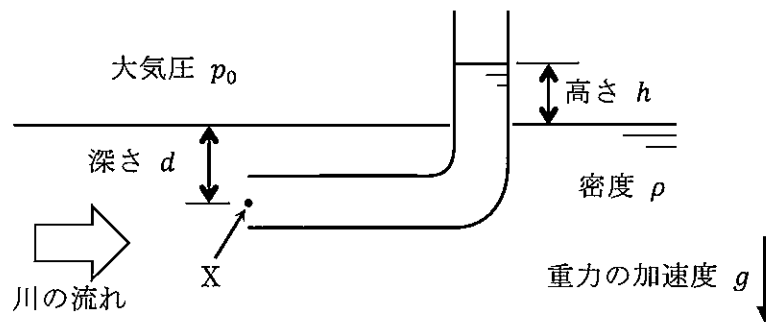


図 3-1

問2 川の流れの速度 v [m/s] はいくらか。

B 質量 m [kg] の理想気体を作動流体に用いたカルノーサイクルの熱機関が, 温度 T_H [K] の高温熱源から熱量 ΔQ_H [kJ] を取り込み, 温度 T_L [K] の低温熱源に熱を捨てて仕事を行った。これについて下の問い (問 1 ~ 3) に答えよ。ただし, 用いた気体の気体定数は R [kJ/(kg K)], 比熱比は κ [-] とする。

問1 熱効率 η_c [-] はいくらか。

問2 作動流体が低温熱源に捨てるエントロピー ΔS_L [kJ/K] はいくらか。

問3 熱量 ΔQ_H を取り込む際, 高温熱源と等しい温度で作動流体の体積を V_1 [m³] から V_2 [m³] まで変化させた。このとき ΔQ_H はいくらになるか。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題 4

A モジュール $m = 2$ の原動歯車から従動歯車へ, 回転数を $1/3$ に減速して動力を伝達する。中心距離 (軸間距離) を 160 mm としたとき, 原動歯車の歯数, ピッチ円直径および刃先円直径を答えよ。

B 切削加工に関して, 下の問い(問 1~3) に答えよ。

問 1 旋盤を用いた外丸削り加工 (図 4-1) とは, 工作物を主軸で回転させながら, バイト工具を主軸に沿って移動させることで工作物外周面を切削する加工方法である。バイト工具に作用する切削抵抗は, 主分力, 送り方向に沿う分力 (イ), および主分力と分力 (イ) に直交する分力 (ロ) の三分力として考えられる。(イ) および (ロ) の呼称を答えよ。

問 2 図 4-2 は, バイト工具の摩耗状態を示している。次の工具摩耗を説明する文章中において, a ~ c のカッコ内に当てはまる語句を答えよ。

切りくずがすくい面上を滑ることで, 切りくずの温度は切れ刃から少し離れた場所で最大となる。この場所に発生するくぼみ状の摩耗痕は (a) と呼ばれている。また, 逃げ面に生じる摩耗はフランク摩耗と呼ばれ, 特に工作物の外周に接する部分に生ずる溝状の摩耗痕は (b) と呼ばれる。フランク摩耗の幅は, (c) を定量的に評価するのに用いられる。

問 3 バイト工具の素材として用いられる高速度鋼と超硬合金について, 合金の成分や製造方法, 工具としての特徴について簡潔に述べよ。

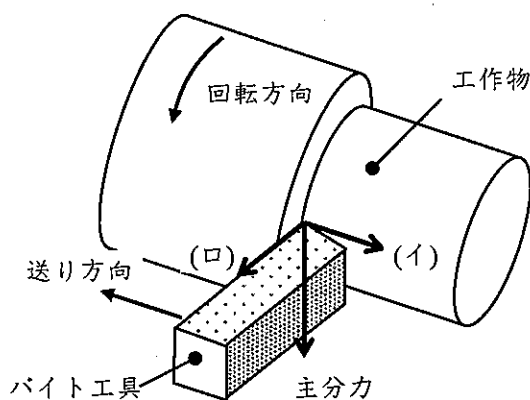


図 4-1

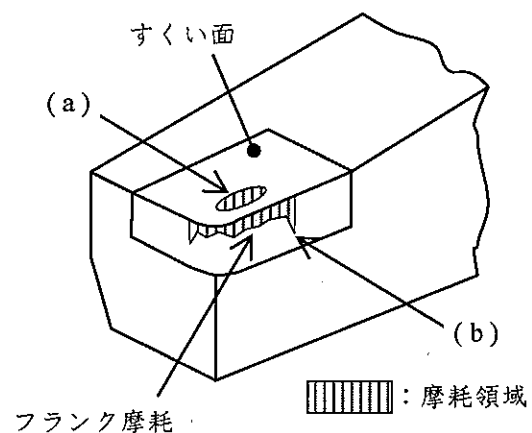


図 4-2

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 5

A 図 5-1 は A-B 二元系状態図の模式図である。ここで、斜体大文字の C に下付きの添字を付した記号 (例えば, C_a など) は B 元素の質量%, 斜体大文字の T に下付きの添字を付した記号 (例えば, T_p など) は温度を, ギリシャ文字 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$) および L は相記号を示している。下の問い (問 1~5) に答えよ。

- 問 1 状態図中の a~i の各領域で平衡する二相の名前を, 相記号を用いてそれぞれ答えよ。
- 問 2 T_p, T_e, T_{es}, T_{ps} で生じる不変系反応の名称および温度低下に伴う反応式を答えよ。反応式は図中の相記号を用いて示せ (例えば $L \rightarrow \alpha + \beta$) 。
- 問 3 T_{ps} の温度で不変系反応が生じる直前および終了した直後において, X 合金中に存在する二相を $\alpha \sim \varepsilon$ の相記号を用いて答えよ。さらに, それらの質量比を図中の各相の組成を表す記号を用いて示せ (例えば, $\alpha : \beta = C_1 - C_2 : C_3 - C_4$) 。
- 問 4 T_p の温度で不変系反応が生じる直前および終了した直後において, Y 合金中に存在する二相を $\alpha \sim \varepsilon$ の相記号を用いて答えよ。さらに, それらの質量比を図中の各相の組成を表す記号を用いて示せ。
- 問 5 T_e および T_{es} の温度で不変系反応が生じる直前および終了した直後において, Z 合金中に存在する二相を $\alpha \sim \varepsilon$ の相記号を用いて答えよ。さらに, それらの質量比を図中の各相の組成を表す記号を用いて示せ。

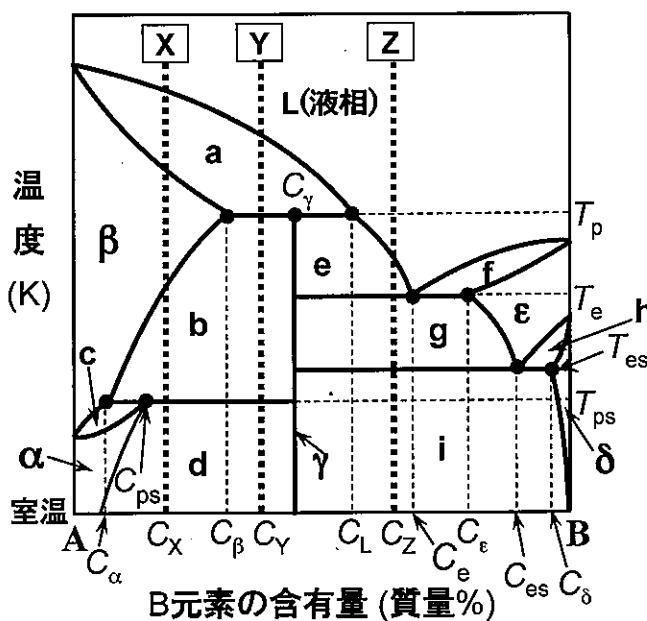


図 5-1

B 下の問い (問 1~2) に答えよ。

- 問 1 アルミニウム, 鉄およびマグネシウムの室温における結晶構造を図示し, その名称を答えよ。結晶構造中には原子位置も明記すること。
- 問 2 問 1 で答えた各結晶構造中に最密面を一つ図示し, その最密面上における最密方向の一つを矢印で示し, それぞれの最密面と最密方向のミラー指数を答えよ。

C 下文中の [] 内にふさわしい鋼材中の相名称を, □ 内の解答群から選べ。

0.4 質量%の炭素を含む鋼を 850℃の [①] 領域から電気炉中でゆっくり冷却し, A_3 変態線の温度に達すると [②] が析出し始め, A_1 変態温度まで冷却されると, 残った [①] から [②] と [③] が層状に析出する。その層状組織を [④] という。一方, 850℃から水冷 (焼入れ) すると, 鉄および炭素の拡散が抑制された無拡散変態が生じ, 硬くて脆い [⑤] 組織が形成される。その脆さを改善し, 靱性を高める熱処理方法として, 焼入れ後, 焼もどしする方法がある。焼もどしを 200~300℃で行うと [⑥] 組織が形成され, 500℃~600℃で行うと [⑦] 組織が形成される。

トラスタイト フェライト マルテンサイト パーライト ソルバイト
セメンタイト オーステナイト

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 6

A 図 6-1 の制御系を考える。ブロック P , K の伝達関数をそれぞれ $P(s) = 1/(s+1)$, $K(s) = K_p$ (定数) とする。下の問い (問 1~5) に答えよ。ただし, 単位ステップ関数を $U(t)$ と表す。

問1 r を入力, y を出力とするシステムの伝達関数 $T_{yr}(s)$ を求めよ。

問2 $r(t) = U(t)$, $d(t) = 0$, $K_p = 1$ のとき, $y(t)$ を求めよ。ただし, $t < 0$ のとき $y(t) = 0$ が成り立つとする。また, $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ を求めよ。極限值が存在しない場合は「存在しない」と答えよ。

問3 $r(t) = U(t)$, $d(t) = 0$, $K_p = 1$ のとき, $y(t)$ として適切なものを図 6-2 の(a)~(d)の中から選べ。

問4 $r(t) = 0$, $d(t) = U(t)$, $K_p = 1$ のとき, $y(t)$ として適切なものを図 6-2 の(a)~(d)の中から選べ。

問5 $r(t) = U(t)$, $d(t) = 0$, $K_p \neq -1$ のとき, $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ が存在するために K_p が満たすべき条件を示せ。

B 図 6-3 は, 四つの伝達関数 $T_1(s) = 1/(s+0.5)$, $T_2(s) = 1/(s-0.5)$, $T_3(s) = 1/(s+2)$, $T_4(s) = 1/(s-2)$ のベクトル軌跡を示している。 $T_1(s)$, $T_2(s)$, $T_3(s)$, $T_4(s)$ が図中の (a)~(d) のどれに対応するか答えよ。

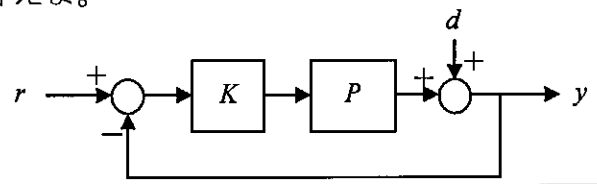


図 6-1

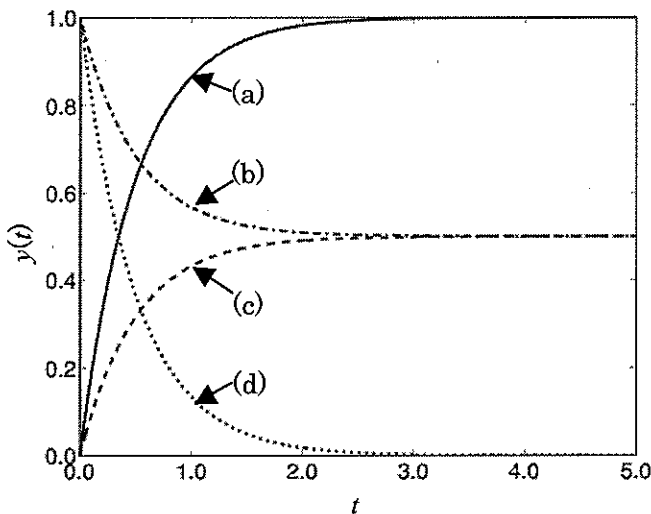


図 6-2

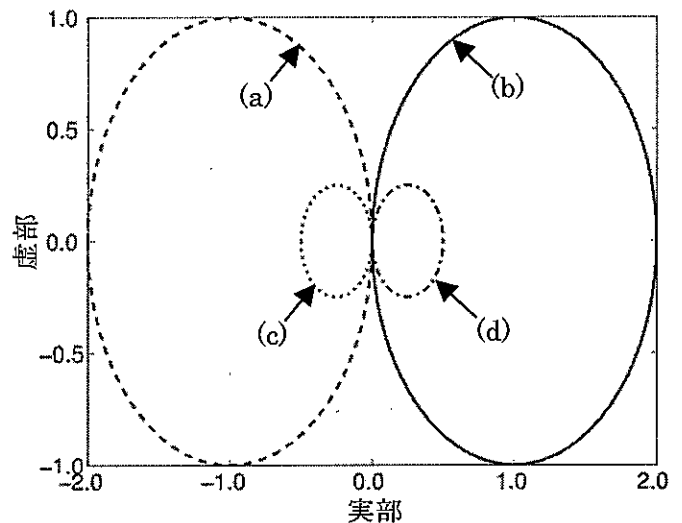


図 6-3