令和７年度

機械設計技術者試験
３級　試験問題Ⅱ

第２時限　14：20～16：20（120分）

2.　材料力学

3.　機械力学

5.　熱工学

6.　制御工学

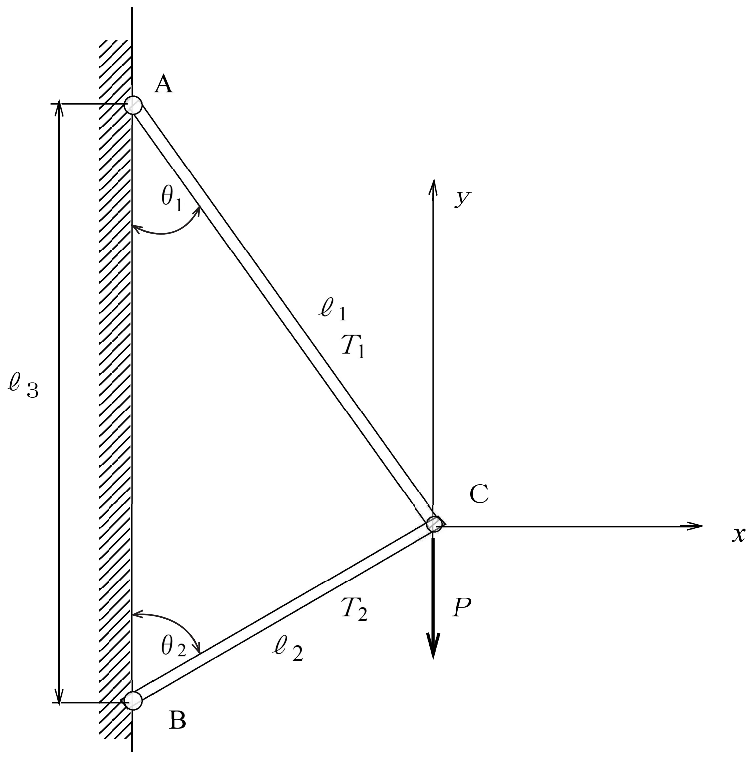
7.　工業材料

令和７年11月16日実施

主催：一般社団法人　日本機械設計工業会

〔2．材料力学〕

1 図のように長さℓ_1およびℓ_2の軟鋼製棒材の一端が剛体の側壁の点 A、B にピンで取り付けられている。両部材の他端は C でピン結合されている。y 軸方向に 荷重Pが作用するとき、以下の設問（1）～（7）に答えよ。



（1）棒材 AC に作用する軸力をT_1とし、棒材 BC に作用する軸力をT_2とする。T_1およびT_2のx軸方向の力のつりあい式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $T_1\cos\theta_1 + T_2\sin\theta_2 = 0$　② $T_1\cos\theta_1 + T_2\cos\theta_2 = 0$　③ $T_1\sin\theta_1 + T_2\sin\theta_2 = 0$
④ $T_1\sin\theta_1 + T_2\cos\theta_2 = 0$　⑤ $T_1\tan\theta_1 + T_2\tan\theta_2 = 0$

（2）棒材 AC および棒材 BC に作用する軸力T_1､T_2のy軸方向の力のつりあい式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $T_1\sin\theta_1 - T_2\cos\theta_2=P$　② $T_1\sin\theta_2 - T_2\sin\theta_1=P$　③ $T_1\sin\theta_1 - T_2\sin\theta_2=P$
④ $T_1\cos\theta_1 - T_2\cos\theta_2=P$　⑤ $T_1\tan\theta_1 - T_2\tan\theta_2=P$

（3）棒材 AC に作用する軸力 T_1 を荷重 P を用いて表す式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{P\cos\theta_1}{\sin\theta_2\cos\theta_1-\cos\theta_2\sin\theta_1}$　② $\dfrac{P\sin\theta_2}{\sin\theta_2\cos\theta_1+\cos\theta_2\sin\theta_1}$

③ $\dfrac{P\sin\theta_2}{\sin\theta_2\cos\theta_1-\cos\theta_2\sin\theta_1}$　④ $\dfrac{P\sin\theta_1}{\sin\theta_2\cos\theta_1-\cos\theta_1\sin\theta_2}$

⑤ $\dfrac{P\cos\theta_2}{\cos\theta_2\sin\theta_1+\sin\theta_2\cos\theta_1}$

（4）棒材 BC に作用する軸力 T_2 を荷重 P を用いて表す式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{-P\sin\theta_1}{\sin\theta_2\cos\theta_1+\cos\theta_2\sin\theta_1}$　② $\dfrac{-P\sin\theta_2}{\sin\theta_2\cos\theta_1-\cos\theta_2\sin\theta_1}$

③ $\dfrac{P\sin\theta_1}{\sin\theta_2\cos\theta_1+\cos\theta_2\sin\theta_1}$　④ $\dfrac{P\sin\theta_2}{\sin\theta_2\cos\theta_1+\cos\theta_2\sin\theta_1}$

⑤ $\dfrac{P\cos\theta_2}{\cos\theta_1\sin\theta_2-\cos\theta_2\sin\theta_1}$

（5）棒材 AC の長さを ℓ_1、棒材 BC の長さを ℓ_2 とし、剛体壁への取り付け部 AB 間の長さを ℓ_3 とする。長さは ℓ_1= 400 cm、ℓ_2 = 300 cm、ℓ_3= 500 cm であり、さらに両部材の縦弾性係数は E= 206 GPa、横断面積は A = 123 mm^2 である。荷重 P = 10.5 kN の力が作用するとき棒材 AC の伸び λ_1 の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 E 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：mm
① 1.33　② 2.68　③ 3.80　④ 4.74　⑤ 5.45

（6）点 C の x 軸方向への移動量 δ_X の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 F 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：mm
① 0.20　② 1.16　③ 2.42　④ 3.52　⑤ 4.63

（7）点Cの y 軸方向への移動量 δ_y の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 G 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：mm

① 1.51　② 2.35　③ 3.54　④ 4.75　⑤ 5.39

2 真直はりの弾性範囲における曲げの問題では、普通たわみ v 及びたわみ角 i は微小であるから、たわみ曲線の微分方程式として次式が用いられる。

$$\frac{\mathrm{d}^2 v}{\mathrm{d}x^2} = -\frac{M}{EI}$$

この式を1回積分するとたわみ角 i が求められ、2回積分するとたわみ v が求められる。

すなわち、

$$i = \int \frac{\mathrm{d}^2 v}{\mathrm{d}x^2}\mathrm{d}x + C_1 = \int -\frac{M}{EI}\,\mathrm{d}x + C_1$$

$$v = \int\left(\int \frac{\mathrm{d}^2 v}{\mathrm{d}x^2}\mathrm{d}x + C_1\right)\mathrm{d}x + C_2 = \int\left(\int -\frac{M}{EI}\,\mathrm{d}x + C_1\right)\mathrm{d}x + C_2$$

ここで、C_1 と C_2 は、積分定数であり、M は任意の断面Xに作用する曲げモーメントであり、E は縦弾性係数、I は横断面の中立軸に関する断面二次モーメントである。EI ははりの曲げ剛性を表す。

図1に示すような長さ ℓ の真直はりが全長に等分布荷重 w を受けている。支点Aは不動の回転支点であり、支点Bは水平方向に移動可能な回転支点である。下記の設問（1）～（5）に答えよ。

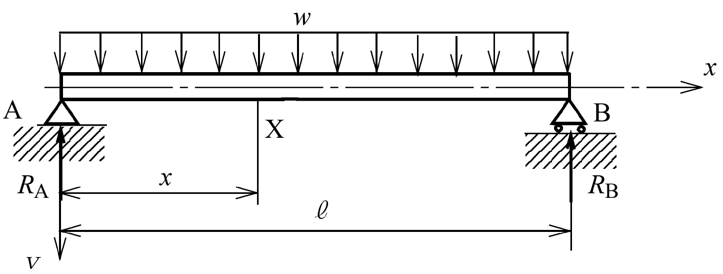


図1

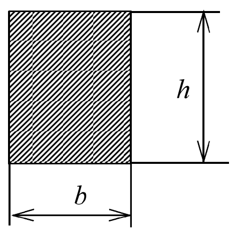


図2　はり AB の断面形状

（1）支点Aの垂直方向反力、R_A を表わすものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{w\ell}{2}$　② $\frac{w\ell}{3}$　③ $\frac{w\ell}{4}$　④ $\frac{w\ell}{5}$　⑤ $w\ell$

（2）支点Aから距離xの位置にある断面Xに生ずる曲げモーメントMを表す式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{w}{4}(\ell x - x^2)$　② $\dfrac{w}{3}(\ell x - x^2)$　③ $\dfrac{w}{2}(\ell x - x^2)$

④ $\dfrac{w}{3}(\ell^2 - x^2)$　⑤ $\dfrac{3w}{4}(\ell x - x^3)$

（3）支点Aから距離xの位置に生ずるたわみ角iを表す式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $-\dfrac{w}{4EI}(\dfrac{\ell x}{2}-\dfrac{x^2}{3}+C_1)$　② $\dfrac{w}{3EI}(\ell x - x^2 + C_1)$　③ $\dfrac{w}{2EI}(\ell x - x^2 + C_1)$

④ $-\dfrac{w}{2EI}(\dfrac{\ell x^2}{2}-\dfrac{x^3}{3}+C_1)$　⑤ $\dfrac{3w}{4EI}(\ell x - \dfrac{x^3}{3}+C_1)$

（4）たわみ曲線の微分方程式を2回積分して、C_1とC_2を境界条件を用いて定めると、支点Aから距離xの位置に生ずるたわみvは、次式で表される。

$$v = \frac{w}{24EI}x\ (x^3 - 2\ell x^2 + \ell^3)$$

この式を用い、このはりの最大たわみを求めることができる。最大たわみv_{max}を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{w\ell^3}{364EI}$　② $\dfrac{5w\ell^4}{384EI}$　③ $\dfrac{3w\ell^4}{194EI}$　④ $\dfrac{3w\ell^4}{384EI}$　⑤ $\dfrac{w\ell^4}{384EI}$

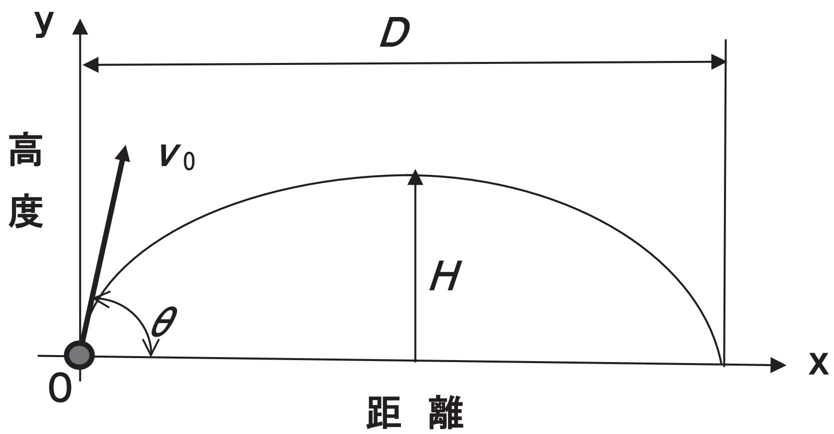
（5）前問（4）で求めた式を用い、最大たわみv_{max}を求めることができる。はりの材質は炭素鋼製で縦弾性係数はE= 206 GPaである。横断面形状は、図2に示すような長方形で幅b = 40.0 mm 高さh = 70.0 mmであり、長さℓ = 300 cmの真直はりが全長に等分布荷重w = 2.50 kN/mを受けている。このはりに発生する最大たわみv_{max}の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 E 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：mm

① 8.33　② 11.2　③ 13.4　④ 19.0　⑤ 25.5

〔3. 機械力学〕

1 下図に示すように物体が水平方向に対して角度θ、速度v_0で投げられたとすると、時間tにおける速度vのx方向成分は$v_0\cos\theta$、y方向成分は重力加速度gが作用するので($v_0\sin\theta-gt$)となる。ただし、gは重力加速度である。物体に作用する空気抵抗などは無視するとして以下の設問（1）～（4）に答えよ。



（1）時間tにおける物体のx方向の位置xを表わす式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $x=v_0t$　② $x=v_0t^2$　③ $x=v_0t\tan\theta$

④ $x=v_0t\sin\theta$　⑤ $x=v_0t\cos\theta$

（2）時間tにおける物体のy方向の位置yを表わす式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $y=v_0t\sin\theta-\frac{1}{2}gt^2$　② $y=v_0t\cos\theta-\frac{1}{2}gt^2$　③ $y=v_0t\sin\theta$

④ $y=v_0t\cos\theta$　⑤ $y=v_0t\sin\theta-gt^2$

（3）物体の飛距離Dを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。ただし、$2\sin\theta\cos\theta=\sin 2\theta$である。

〔数式群〕

① $\frac{v_0}{g}\sin 2\theta$　② $\frac{v_0^2}{g}\cos\theta$　③ $\frac{v_0^2}{g}\sin\theta$　④ $\frac{v_0^2}{g}\sin 2\theta$　⑤ $\frac{v_0^2}{g}\cos 2\theta$

（**4**）物体が最高点に達したときの高度 H を表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{V_0{}^2}{g}\cos^2 2\theta$　② $\dfrac{V_0{}^2}{g}\sin^2 2\theta$　③ $\dfrac{V_0{}^2}{2g}\sin^2\theta$　④ $\dfrac{V_0}{2g}\sin^2\theta$　⑤ $\dfrac{V_0}{2g}\cos^2\theta$

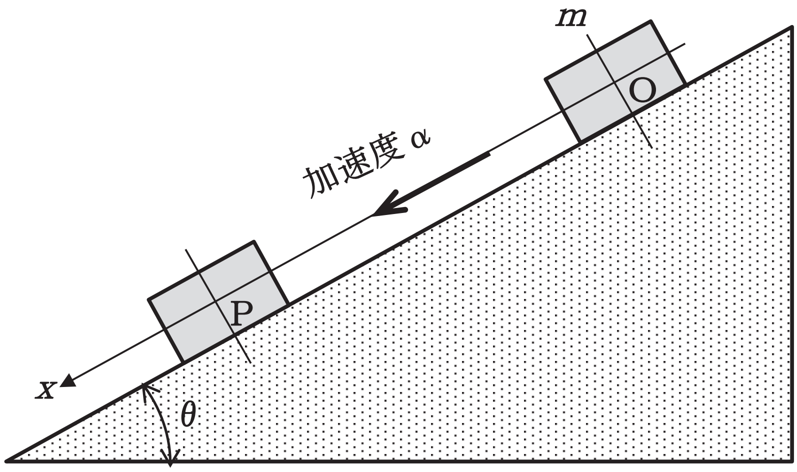
2　下図に示すように、傾斜角度 θ の斜面の点 O に質量 m の物体を静かに置き、手を放す。物体は斜面を滑り落ち点 P に達した後、さらに滑り落ちるとする。
ただし、以下の条件があるとする。

① 物体と斜面との間に作用する摩擦係数は μ とし、これによる摩擦力は滑り速度の影響を受けないとする。

② 図における点 O、点 P は物体の重心の位置を示す。OP 間の距離は L とする。

③ 点 O は静止位置であり、ここを原点として Ox 軸（斜面に平行）に沿う運動を行う。

以下の設問（**1**）～（**5**）に答えよ。g は重力加速度である。



（**1**）物体の Ox 方向の運動方程式を表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。ただし、物体の運動の加速度を α とする。

〔数式群〕

① $m\,\alpha = mg\sin\theta$　② $m\,\alpha = mg\cos\theta$　③ $m\,\alpha = \mu\, mg\cos\theta$

④ $m\,\alpha = mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)$　⑤ $m\,\alpha = mg(\cos\theta - \mu\sin\theta)$

（**2**）物体の点 P に対する点 O における位置エネルギ H を表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $mg\,L\mathrm{cosec}\,\theta$　② $mg\,L\cot\theta$　③ $mg\,L\tan\theta$　④ $mg\,L\cos\theta$　⑤ $mg\,L\sin\theta$

（3）物体が点Oから点Pに移動する間に消費する摩擦エネルギUを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\mu\ mg\,L\sin\theta$　② $\mu\ mg\,L\cos\theta$　③ $\mu\ mg\,L\tan\theta$　④ $mg\,L\sin\theta$
⑤ $mg\,L\sin\theta$

（4）物体の重心が点Pを通過するときの速度をvとすると、その時の物体の有する運動エネルギTを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数式群〕

① mv　② mv^2　③ $\frac{1}{2}mv$　④ $\frac{1}{2}mv^2$　⑤ $\frac{1}{4}mv^2$

（5）（2）～（4）の各エネルギに関して、エネルギ保存の法則を利用して点Pにおける速度vを求めることができる。vを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 E 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\sqrt{2g\,L(\sin\theta-\mu\cos\theta)}$　② $2g\,L(\sin\theta-\mu\cos\theta)$　③ $\sqrt{2g\,L(\cos\theta-\mu\sin\theta)}$
④ $2g\,L(\cos\theta-\mu\sin\theta)$　⑤ $\sqrt{2g\,L(\mathrm{cosec}\,\theta-\mu\tan\theta)}$

3 図1に示す単純支持はり（両端回転自由）がある。荷重Pが中央部に作用したとき、はりの中央部のたわみ量uは、下記の式で与えられている。ただし、はりの縦弾性係数をE、断面二次モーメントをIとする。図2は，同じはりに図に示すようにばね定数kのばねと質量mが加わる。重力加速度をgとする。以下の設問（1）～（3）に答えよ。

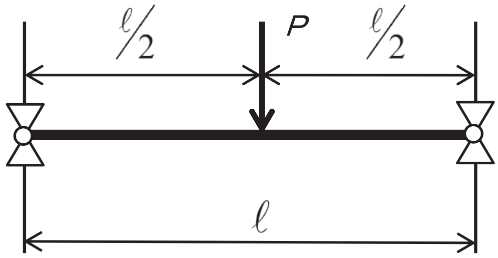


図１単純支持はり

はり中央部のたわみ（u）

$$u=\frac{P\ell^3}{48EI}$$

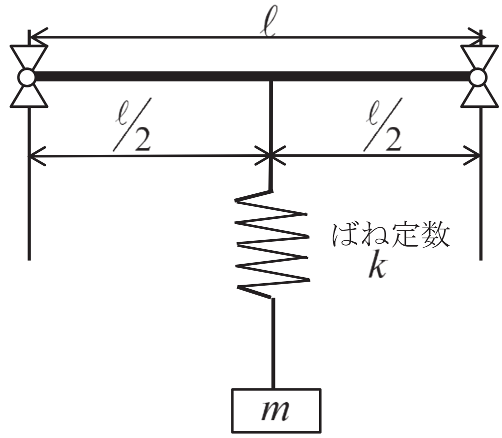


図２単純支持はり中央部の下側にばねを設置し、質量mをつるす

（**1**）図1に示す単純支持はりの等価ばね定数k_pを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $k_p=\frac{48}{EI\ell^3}$　② $k_p=\frac{\ell^3 EI}{48}$　③ $k_p=\frac{48\ell^3}{EI}$　④ $k_p=\frac{48EI}{\ell^3}$　⑤ $k_p=\frac{EI}{48\ell^3}$

（**2**）上記図1の単純支持はりを使い、図2に示す中央部下側にばね定数kのばねを連結した。このときのはりとばねの等価ばね定数k_eを表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $k_e=\frac{48kEI}{k\ell^3+48EI}$　② $k_e=\frac{kEI}{k\ell^3+48EI}$　③ $k_e=\frac{48EI}{\ell^3}+k$

④ $k_e=\frac{k\ell^3+48kEI}{48EI}$　⑤ $k_e=\frac{k\ell^3+48kEI}{kEI}$

（３）図２のようにコイルばねの先端部に、質量 m の物体をつり下げた。このときの質量 m の固有振動数 f を表す式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $f=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_e}}$　② $f=\dfrac{2}{\pi}\sqrt{\dfrac{k_e}{m}}$　③ $f=\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k_e}{m}}$　④ $f=\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k_e}}$　⑤ $f=\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k_e}}$

〔5. 熱工学〕

1 次の設問（1）～（4）は熱工学関連について記述したものである。各設問（1）～（4）に答えよ。

（1）大気圧が 100 kPa のとき、ボイラに取り付けてある圧力計（ゲージ圧）が 8 kgf/cm^2 を示していたとき、ボイラ内部の絶対圧として最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：kPa
① 804 ② 824 ③ 844 ④ 864 ⑤ 884

（2）消費電力 2kW の暖房機を 8 時間連続運転した。この間に消費したエネルギとして最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：MJ
① 0.576 ② 5.76 ③ 57.6 ④ 576 ⑤ 5760

（3）水 1 kg を 1000 W のヒータを用いて加熱し、水温を 20 ℃から 80 ℃に上昇させた。水の比熱を 4.19 kJ/(kg･K) としたとき、温度上昇に要した時間として最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：秒
① 251 ② 256 ③ 261 ④ 266 ⑤ 271

（4）焼入れするため、質量 5 kg、温度 800 ℃の鋼材を、質量 100 kg、温度 20 ℃の油槽に投入した。鋼材の平均比熱を 0.528 kJ/(kg･K)、油の平均比熱を 2.336 kJ/(kg･K) としたとき、油の温度は何℃になるか。油の温度として最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：℃
① 28.7 ② 33.7 ③ 38.7 ④ 43.7 ⑤ 48.7

2 以下の文章は仕事と熱がエネルギとして系にどのように作用しているかについて述べたものである。文章中の空欄【Ａ】～【Ｈ】に当てはまる数式を下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【Ａ】～【Ｈ】にマークせよ。

考えている系と外界との間で何らかの作用がはたらくとき、系と外界との間には仕事と熱のやり取りが行われ、その結果、系および外界の状態量が変化する。ここでは、微分演算子は状態量も非状態量もすべて d を用い、作動流体は理想気体とし、以下の関係式は全て 1kg 当たりとする。さらに、比内部エネルギ u〔J/kg〕、出入りする熱量 q〔J/kg〕および発生する絶対仕事 w_a〔J/kg〕とすると、外界から系に出入りする熱量 $\mathrm{d}q$ と系が外界にした仕事 $\mathrm{d}w_a$ の関係を表すと、

$$\mathrm{d}u = \mathrm{d}q - 【\mathrm{A}】\cdot\cdot\cdot（1）$$

の関係が成り立つ。

また、絶対仕事 w_a と圧力 p および比容積 v の微分関係式を表すと、

$$\mathrm{d}w_a = 【\mathrm{B}】\cdot\cdot\cdot（2）$$

で与えられる。

式（２）は絶対仕事を求める場合の重要な微分関係式である。式（１）に式（２）を代入し、$\mathrm{d}q$ を求める式に書き換えると、

$$\mathrm{d}q = \mathrm{d}u + 【\mathrm{B}】\cdot\cdot\cdot（3）$$

となる。また比エンタルピを h〔J/kg〕とすると、

$$h = u + pv\cdot\cdot\cdot（4）$$

で定義されるので

式（４）を全微分で表し展開すると、

$$\mathrm{d}h = \mathrm{d}u + 【\mathrm{C}】\cdot\cdot\cdot（5）$$

となり、この式を式（３）に代入することにより、式（３）は比エンタルピを用いて表すことができ、

$$\mathrm{d}q = \mathrm{d}h - 【\mathrm{D}】\cdot\cdot\cdot（6）$$

で求められる。

この式（3）と式（6）は熱量の出入りを求める場合の重要な微分関係式である。
理想気体 1kg 当たりの状態式は気体定数 R［J/（kg･K)］を用いて、

$$pv = 【\mathrm{E}】\cdot\cdot\cdot（7）$$

で与えられる。

次に比内部エネルギ u［J/kg］と温度変化 T［K］との微分関係式は定積（定容）比熱 c_v［J/（kg･K)］を用いて、

$$\mathrm{d}u = c_v\mathrm{d}T\cdot\cdot\cdot（8）$$

で求められる。

さらに比エンタルピ h と T との微分関係式は定圧比熱 c_p［J/（kg･K)］、を用いて、

$$\mathrm{d}h = 【\mathrm{F}】\cdot\cdot\cdot（9）$$

で求められる。

次に、比熱比 κ を

$$\kappa = c_p / c_v\cdot\cdot\cdot（10）$$

で定義すると、c_p と c_v の関係は、

$$c_p - c_v = R$$

が成り立つので、κ を用いて c_p 、c_v を求めることができ、

$$\begin{cases} c_p = 【\mathrm{G}】R \\ c_v = 【\mathrm{H}】R \end{cases}\cdot\cdot\cdot（11）$$

が得られる。

式（11）から理想気体の定圧比熱と定積比熱が比熱比 κ と気体定数 R から得られることがわかる。

〔数式群〕

① $\mathrm{d}q$	② $\mathrm{d}w_a$	③ $\mathrm{d}v$	④ $\mathrm{d}p$	⑤ $\mathrm{d}T$	⑥ $p\mathrm{d}v$
⑦ $v\mathrm{d}p$	⑧ $p\mathrm{d}v + v\mathrm{d}p$	⑨ RT	⑩ $c_v\mathrm{d}T$	⑪ $c_p\mathrm{d}T$	⑫ $1 / (\kappa - 1)$
⑬ $\kappa / (\kappa - 1)$	⑭ $\kappa - 1$	⑮ $(\kappa - 1) / \kappa$			

〔6．制御工学〕

1 次の文章【 A 】～【 J 】は、制御で使用される用語について述べたものである。それぞれの文章に最も適切な語句を〔語句群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】～【 J 】にマークせよ。ただし、語句の重複使用は不可である。

【 A 】制御対象に外的要因が生じても、与えた操作量の結果を見てその影響が表れてからでないと修正ができず、後追いの欠点を持つ。その欠点を補うためには、事前に外的要因を検知する手段や外的要因の検知時に操作量を決定する制御方式との組み合わせが有効である。

【 B 】制御系の設計における応答の制御特性についての指標となるパラメータの１つであり、応答が定常値の 50％に達するまでと定義した制御特性である。

【 C 】いろいろな線形システムの動特性を表すために、時間領域の微分方程式で記述した入力信号と出力信号を、初期値「０」としてラプラス変換し、入力に対する出力の比で定義したものである。

【 D 】制御系の設計において、周波数特性の減衰性の指標を図るパラメータの１つであり、ゲイン線図の最大値のことである。１次遅れ要素の周波数特性では、振動的時間応答が生じないので、この特性指標は存在しない。

【 E 】制御システムの解析および設計のために、対象システムの特性を表現する手法のことである。その手法は、制御対象の構造が明らかで、運動方程式などの物理法則によって記述され、パラメータを実験や実データから決定する手法と、構造の一部またはすべてが未知であり、観測される入出力データから、制御にかかわるパラメータを統計的な手法より抽出するシステム同定の２種類に大別される。

【 F 】制御を用途によって分類したときに、圧力や温度などを制御量とし、一般に目標値が時間的変化をしない定値制御で行われるシステムであり、外乱に対する抑制効果を重視する特徴をもつ。

【 G 】３つの基本要素を組み合わせて制御系のパラメータをチューニングする制御手法のうち、原理的に生じるオフセットを打ち消す作用を特徴にもつ要素である。ただし、作用する時間が短いと効果が強くなるが、あまり短すぎると安定した制御結果が得られなくなる。

【 H 】制御系において、制御量が目標値の付近で周期的に変動してシステムが不安定な状態になることである。最も単純な制御方式である ON/OFF 制御では、なくすことが困難であるが、操作量が制御量の変化に比例する P 制御を行うことで発生を抑制する効果がある。

【Ｉ】制御システムの周波数特性を評価するツールとして「ボード線図」を用いた場合、位相特性が $-180°$ となる角周波数におけるゲイン特性の値と０［dB］との差を読み取ることによって、制御系の安定性を判断するための指標として使用される。

【Ｊ】ある制御系に入力を与えたとき、制御系の特性や外乱の影響により、十分時間が経過した後に制御量と目標値との間で生じる差のことであり、安定な制御系で定義される。

〔語句群〕

① 位相余裕	② 遅れ時間	③ ゲイン余裕	④ 時定数	⑤ 積分動作
⑥ 立上り時間	⑦ 定常偏差	⑧ 伝達関数	⑨ ハンティング	
⑩ ピークゲイン	⑪ 比例動作	⑫ フィードバック制御		
⑬ プロセス制御	⑭ モデリング			

2　以下に示した図１の「バネ・ダンパ系」と図２の「バネ・マス・ダンパ系」のそれぞれの系について、次の設問（**1**）〜（**4**）に答えよ。

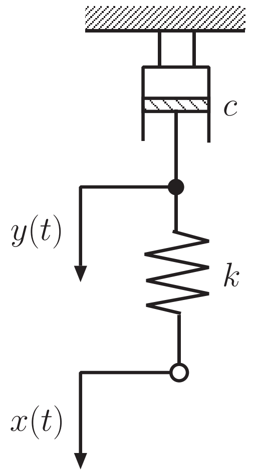


図１

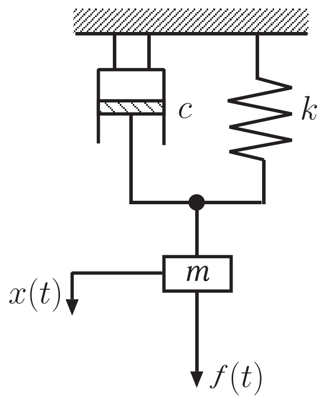


図２

（**1**）図１のばね定数 k = 5 N/m、ダンパの減衰係数 c = 8 N･s/m とする。変位 $x(t)$ を入力、変位 $y(t)$ を出力とするこの系の伝達関数 $G(s)$ を計算し、適切な数式を〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\dfrac{5}{5s+8}$　② $\dfrac{5}{8s+5}$　③ $\dfrac{8}{5s+8}$　④ $\dfrac{5}{5s^2+8s}$　⑤ $\dfrac{8}{8s^2+5s}$

（**2**）図１について、定常値の 63.2 % に達するまでの時間 T〔s〕を計算し、最も近い値を〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 B 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：s
① 0.7　② 0.9　③ 1.2　④ 1.6　⑤ 2.4

（**3**）図２について、質量 m、外力 $f(t)$ を入力、変位 $x(t)$ を出力とするこの系の伝達関数 $G(s) = \dfrac{5}{s^2+64s+16}$ のとき、ばね定数 k〔N/m〕を計算し、最も近い値を〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 C 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：N/m
① 1.2　② 1.8　③ 2.4　④ 3.2　⑤ 4.8

（**4**）図２について、ダンパの減衰係数 c〔N･s/m〕を計算し、最も近い値を〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 D 】にマークせよ。

〔数値群〕単位：N･s/m
① 3.2　② 5.4　③ 7.2　④ 9.6　⑤ 12.8

〔7. 工業材料〕

1 次の文章（**1**）～（**8**）は、工業材料における加工と評価に関する説明である。文章中の空欄【 A 】～【 H 】に当てはまる最適な語句を各〔語句群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】～【 H 】にマークせよ。

（**1**）工業材料のうち、【 A 】は、それを構成する原子配列と電子構造の作用により、表面では光を効率よく反射し、内部では熱や電気をよく伝導する性質をもつ。また、外力を加えても折れにくく、変形した形状を安定して維持できるため、プレス加工などの成形が容易である。

〔語句群〕
① プラスチック　② 金属　③ セラミックス　④ ガラス　⑤ ゴム

（**2**）製品を構成する部品や部材は様々な素形材加工によって製造される。その中で、原材料を融点以上に加熱して溶解させる【 B 】では、溶融金属を砂型や金型に注ぎ、冷却・凝固させることで複雑な形状が得られるが、この方法では内部欠陥が発生しやすいという課題がある。

〔語句群〕
① 鋳造　② 粉末冶金　③ 溶接・接合　④ 鍛造　⑤ 熱処理

（**3**）金属材料は、成分と温度によって固相と液相の境界や固相内の構成が変化し、それが機械的性質などに影響を与えるため、成分と温度で相変化を示した【 C 】が欠かせない。さらに、熱処理を駆使して【 C 】にはない相を出現させることもあるので、ミクロ組織の観察が重要である。

〔語句群〕
① 特性要因図　② 平衡状態図　③ エリンガム図　④ 変形機構図
⑤ シェフラーの組織図

（**4**）鉄は、非鉄合金と同様に、主要な添加元素によってその機械的性質、耐摩耗性、耐食性などを向上させている。鉄における最も重要な添加元素は【 D 】であり、0.3 % 以上の含有により相変化が顕著に現れる。特に、適切な焼入れ処理を施した鉄鋼材料では、最高焼入れ硬さと【 D 】の含有量との関係は、鋼種に関わらず一つの曲線で表すことができる。

〔語句群〕
① 水素　② ホウ素　③ 炭素　④ 窒素　⑤ 酸素

（5）溶接・接合のうち、液相を利用する溶融接合では、材料が溶融した後に、短時間で冷却・凝固するため、母材は急熱急冷の熱処理を受けることになる。この急冷により、炭素含有量の高い鉄鋼材料では、溶接ビードの周囲に【 E 】と呼ばれる硬い組織が形成され、割れが生じやすくなる。そのため、溶接構造用圧延鋼材の炭素含有量は、一般に 0.2 % 以下に抑えられている。

〔語句群〕
① 熱影響部　② 応力集中部　③ リューダース帯　④ 無析出帯　⑤ 浸炭層

（6）金属材料の表面処理には、純金属、酸化物、金属化合物などの皮膜を形成する方法と、金属の表層を改質する方法があり、得られる機能は皮膜の構成元素に大きく依存する。その中でも【 F 】の皮膜は透明性をもつため、光の干渉や吸収によって様々な色を発色させることが可能であり、アルミニウム、チタン、ステンレス鋼などの外観の色彩を豊かにできる。

〔語句群〕
① ガス浸炭　② CVD　③ 陽極酸化　④ PVD　⑤ 溶射

（7）硬さ試験は、熱処理の判定にも使用され、その硬さからおよその引張強さや疲労限度などを把握できる。この試験法のうち、ピラミッド形状を逆さにしたようなダイヤモンド圧子を用いる【 G 】は、低荷重モードでは金属の相や表層の局所断面の硬さを知ることができる。その場合、試験片を樹脂に埋め込んで固定し、その断面を十分に研磨する必要がある。

〔語句群〕
① ビッカース硬さ試験　② マイヤー硬さ試験　③ ロックウェル硬さ試験
④ ショア硬さ試験　⑤ ブリネル硬さ試験

（8）表面や内部の目に見えないきずや欠陥を、材料を壊さずに検出する非破壊試験法の一つに、弾性波を材料に入射し、欠陥からの反射波を受信して評価する【 H 】がある。この方法は、主に鋳造材や溶接部の内部欠陥の検出に用いられる。

〔語句群〕
① 浸透探傷法　② 超音波探傷法　③ 磁粉探傷法　④ 放射線透過法
⑤ アコースティックエミッション法

2 以下の表は、鉄系材料の種類と用途をまとめたものである。表中の材料記号に応じた材料名称【 A 】～【 E 】に該当するものを〔名称群〕から、主な用途【 F 】～【 J 】に該当するものを〔用途群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】～【 J 】にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

材料記号	材料名称	主な用途
SPCC	【 A 】	【 F 】
SUS	【 B 】	【 G 】
SKH	【 C 】	【 H 】
SKD	【 D 】	【 I 】
FCD	【 E 】	【 J 】

〔名称群〕

① 冷間圧延鋼板及び鋼帯　② 球状黒鉛鋳鉄　③ 高速度工具鋼
④ ステンレス鋼　⑤ 合金工具鋼

〔用途群〕

① 塗装やめっきを施し、加工性が良好であるが、強度は比較的に低いため、パネルやフレームなどの外装または内装品に用いられる。

② 硬質な炭化物によって 500 ～ 600 ℃の高温でも硬さを保持でき、耐摩耗性・じん性に優れるため、バイト、ドリル、エンドミルなどの切削工具や、ガイドピン、彫刻刀などの耐摩耗部品に用いられる。

③ じん性・耐衝撃性に優れるため、マンホールの蓋、ポンプケース、クランクシャフト、サスペンションアーム、ブレーキディスク・ドラムなどに用いられる。

④ 耐摩耗性・高温強度・じん性に優れるため、熱間・冷間金型、ダイカスト金型、プラスチック金型、打ち抜きパンチ、切断刃などに用いられる。

⑤ 主にフェライト系、オーステナイト系、マルテンサイト系に分類され、耐食性・強度・耐熱性・美観に優れるため、流し台、スプーン、排気用マフラー、医療用メスなどに用いられる。