

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名	機械科学専攻（一般選抜，外国人留学生特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ①材料力学-I	P. (1 / 8)

- ・①材料力学-Iを1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目名覧には 専門科目
① 材料力学-I と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せずに明記して下さい。

I

図1-1のような段付き丸棒 AB が両端を剛体壁に固定されている。境界面 C に軸荷重 P が作用する場合の面 C の移動量を以下の手順で求める。AC 間の断面積を $A_1 (=2A)$ で一定，長さを $L_1 (=2L)$ ，CB 間の断面積を $A_2 (=A)$ で一定，長さを $L_2 (=3L)$ ，棒のヤング率を E とする。

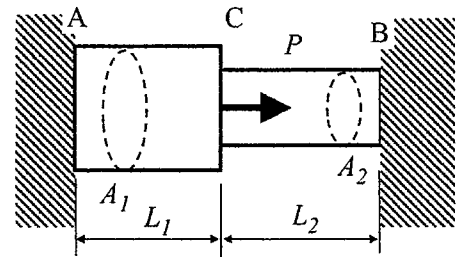


図1-1

棒の軸荷重は引張りを正 (+)，圧縮を負 (-) とし，伸び，縮みは伸びを正 (+)，縮みを負 (-) とする。

問1 図1-2に示すように，面 B は剛体壁に固定されておらず，面 C に軸荷重 P が作用する場合の面 A に生じる反力 R'_A ，AC 間の伸び（縮み） λ'_1 および CB 間の伸び（縮み） λ'_2 を P, A, L, E のうち，必要なものを用いて表しなさい。

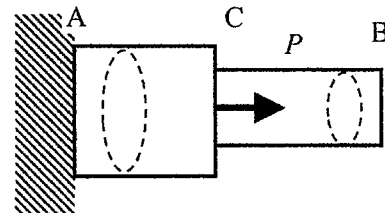


図1-2

問2 図1-3に示すように，面 B は剛体壁に固定されておらず，面 B に軸荷重 Q が作用する場合の面 A に生じる反力 R''_A ，AC 間の伸び（縮み） λ''_1 および CB 間の伸び（縮み） λ''_2 を Q, A, L, E のうち，必要なものを用いて表しなさい。

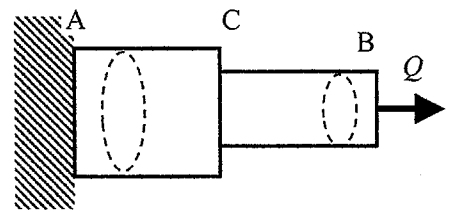


図1-3

問3 図1-1のように面 B も剛体壁に固定された場合には面 B には反力 R_B が生じる一方で，AB 間の伸び（縮み） λ にも制約条件が生ずる。この制約条件を $\lambda'_1, \lambda'_2, \lambda''_1$ および λ''_2 のうち，必要なものを用いて表しなさい。

問4 以上の結果を参考にして，図1-1の場合の面 A に生じる反力 R_A ，面 B に生じる反力 R_B および AC 間の伸び（縮み） λ_1 を P, A, L, E のうち，必要なものを用いて表しなさい。

令和3年度(10月期入学)及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ①材料力学-Ⅱ	P.(2/8)

- ・①材料力学-Ⅱを1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名覧には 専門科目
① 材料力学-Ⅱ と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せずに明記して下さい。

II

不静定はりの問題は重ね合わせ法によって解くことができる。図2-4, 図2-5のような不静定はりの問題を, 図2-1~図2-3のような静定の片持ちばりの重ね合わせによって解くこととする。図2-1と図2-2の, はり先端の点Aにおけるたわみ w_{A1}, w_{A2} とたわみ角 θ_{A1}, θ_{A2} を各図の上に示す。たわみは下向きを正(+), たわみ角は時計回りを正(+とする。 P, M_0, q はそれぞれ, はりに作用する集中荷重, 集中モーメント, 等分布荷重を示し, EI は, はりの曲げ剛性を示す。これらのはりについて, 以下の問に答えなさい。なお, 問1~問6については, はりの支持点もしくは固定点の図を解答用紙に描き, それぞれ支持反力と反モーメントが作用する方向がわかるように矢印で示しなさい。

- 問1 図2-1の片持ちばりの固定点Bにおける支持反力 R_{B1} と反モーメント M_{B1} を求めなさい(P, ℓ の式で示しなさい)。
- 問2 図2-2の片持ちばりの固定点Bにおける支持反力 R_{B2} と反モーメント M_{B2} を求めなさい(M_0, ℓ の式で示しなさい)。
- 問3 図2-3の片持ちばりの固定点Bにおける支持反力 R_{B3} と反モーメント M_{B3} を求めなさい(q, ℓ の式で示しなさい)。
- 問4 図2-3に示す等分布荷重 q を受ける片持ちばりの, 点Aにおけるたわみ w_{A3} とたわみ角 θ_{A3} を求めなさい(q, ℓ, EI の式で示しなさい)。
- 問5 等分布荷重 q を受ける片持ちばり先端の点Aを図2-4のように, たわみがゼロとなるように支持した。このとき, 支持点Aに生じる支持反力 R_{B4} を求めなさい(q, ℓ の式で示しなさい)。
- 問6 等分布荷重 q を受ける片持ちばり先端の点Aを図2-5のように, たわみもたわみ角もゼロとなるように固定した。このとき, 固定点Aに生じる反モーメント M_{A5} を求めなさい(q, ℓ の式で示しなさい)。

$$w_{A1} = \frac{P\ell^3}{3EI} \quad \theta_{A1} = -\frac{P\ell^2}{2EI}$$

$$w_{A2} = \frac{M_0\ell^2}{2EI} \quad \theta_{A2} = -\frac{M_0\ell}{EI}$$

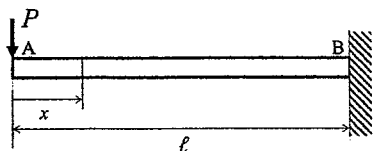


図2-1 先端に集中荷重

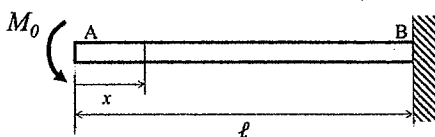


図2-2 先端に集中モーメント

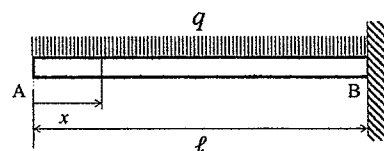


図2-3 等分布荷重

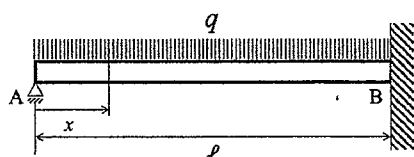


図2-4 等分布荷重で先端支持

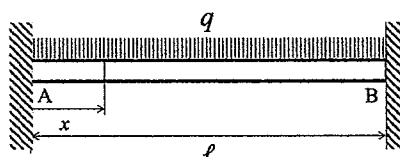


図2-5 等分布荷重で両端固定

問題用紙

専攻名 機械科学専攻(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)

試験科目名 専門科目
②振動工学-I

P. (3/8)

- ・②振動工学-Iを1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名覧には

専門科目 ② 振動工学-I

 と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せずに明記して下さい。

I
図1に示すように, 質量 M の剛体ブロックが4つのばねに取り付けられており, 剛体ブロックに働く重力がばねの力と釣り合って静止している。このときの剛体ブロックからの高さが l の位置から, 剛体ブロックの中心に向かって質量 m のおもりを静かに落下させた。おもりは跳ね返ることなく剛体ブロックと一体となり, 剛体ブロックは傾かずに上下振動を始めた。一体化した物体に働く重力とばねの力が釣り合う剛体ブロックの位置を原点として, そこから下向きの正の変位を x とする。各ばねのばね定数を k , 重力加速度を g , 衝突した瞬間の時刻を $t=0$ とする。以下の問に答えなさい。

- 問1 おもりを落下させる前の剛体ブロックとばねからなる系の固有角振動数を求めなさい。
- 問2 おもりを落下させた後の一体化した物体とばねからなる系の運動方程式を求めなさい。
- 問3 問2の系の固有角振動数を求めなさい。
- 問4 剛体ブロックに衝突する直前のおもりの速さを求めなさい。
- 問5 おもりを落下させた後の一体化した物体とばねからなる系の運動を表す式を求めなさい。

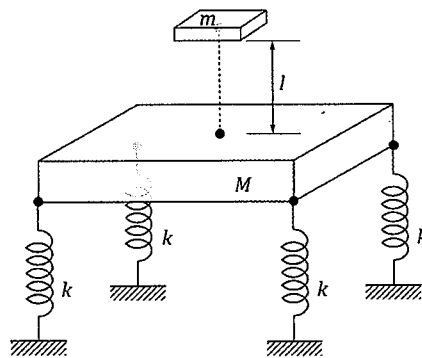


図1

問題用紙

専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ②振動工学-II	P. (4/8)

- ・②振動工学-IIを1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名覧には 専門科目
② 振動工学-II と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せずに明記して下さい。

II

図2のような振動系を考える。質量 m のおもりがばね定数 k のばねとひもで点 O から吊り下げられ振動している。点 O とばね, おもりは常に一直線上にあり, ひもはたるまないものとする。ばねが自然長の時の点 O とおもりの距離を l , 自然長からのばねの伸びを x , 鉛直下向きから反時計回りを正としたときのひもの回転角を θ とする。以下の問1~3に対して, m, l, x, θ および重力加速度 g を用いて答えなさい。

問1 この振動系全体の運動エネルギー T を求めなさい。

問2 この振動系全体のポテンシャルエネルギー U を求めなさい。ばねが自然長でおもりが点 O の真下にあるときのおもりの位置エネルギーを0とする。

問3 ラグランジュの方程式を利用して, x および θ についての運動方程式を求めなさい。

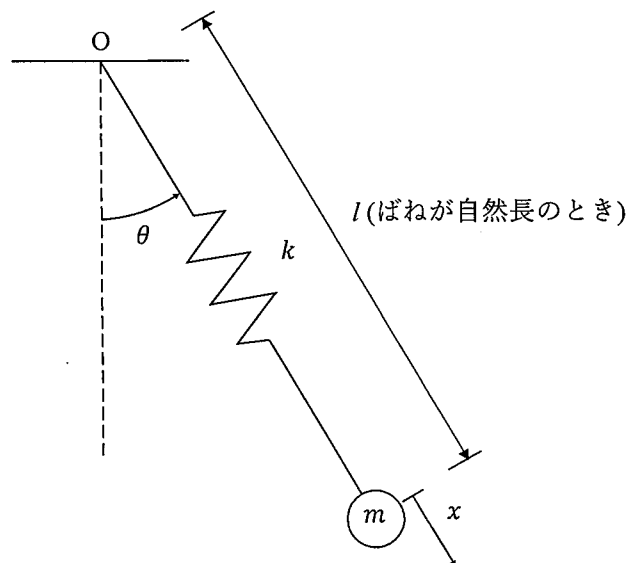


図2

令和3年度(10月期入学)及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名 機械科学専攻(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)

試験科目名 専門科目
③流れ学-I P.(5/8)

- ③流れ学-Iを単独で1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名欄には 専門科目
③流れ学-I と記入して下さい。
・解答の経緯を省略せず, 明記して下さい。

I

水平に置かれた半径 R の円管内における流体(密度 ρ , 粘度 μ) の定常状態における層流流れについて以下の設問に答えなさい。ただし, 図1に示すように流れの向き(左から右)を正として x 軸をとり, 流れは完全に発達しているものとする。

- 問1 断面平均流速を U として体積流量 Q を求めなさい。
- 問2 図1に示すように円管と同心上に中心軸をもつ半径 r , 長さ dx の微小な円柱状の流体要素を考える。微小流体要素の左右断面にはたらく圧力を p , $p+(dp/dx)dx$, 円柱側面にはたらくせん断応力を τ (>0) として, 次の(1)~(3)に答えなさい。
- (1) 微小円柱状流体要素にはたらく圧力による力の大きさ F_p を求めなさい。
- (2) 微小円柱状流体要素にはたらくせん断応力による力の大きさ F_τ を求めなさい。
- (3) (1), (2)より, F_p と F_τ の力の方向を考慮して, せん断応力 τ を p , x , r で表しなさい。
- 問3 問2(3)より, 円管内の速度分布を $u(r)$ とした場合の速度勾配(du/dr)を求めなさい。
- 問4 円管内の速度分布 $u(r)$ を p , R , r , x , μ で表しなさい。
- 問5 長さ L の円管における圧力勾配が $\Delta p/L [=-dp/dx]$ であった。圧力差 Δp を μ , L , R , Q で表しなさい。
- 問6 最大流速が発生する位置を答えなさい。さらに, 最大流速 u_{\max} を U で表しなさい。

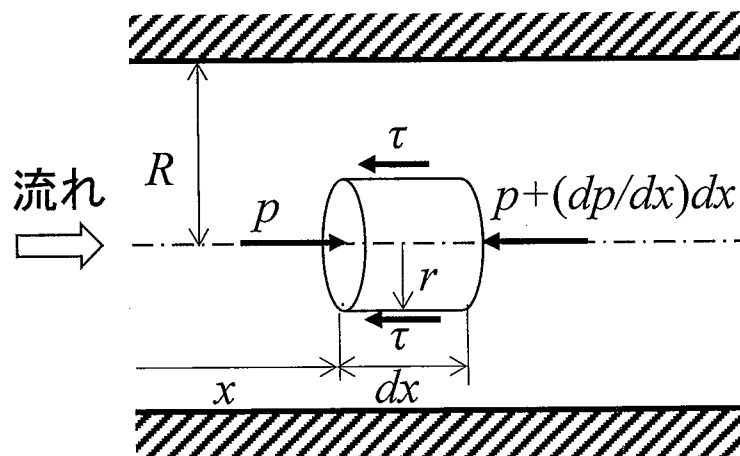


図1

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名 機械科学専攻（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
③流れ学-II P. (6 / 8)

- ・③流れ学-II を単独で1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目名欄には 専門科目
③流れ学-II と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せず，明記して下さい。

II 図2-1のような摩擦が生じない車輪が付いた大きなタンクに水(密度 ρ)が入っている。水面から深さ H のタンク右側壁に出口直径 d の滑らかなノズルが設置されており，水平方向に水が流出している。ただし，空気の密度は水の密度に比べて無視でき，水面の高さ H は変化しないものとする。なお，タンクは大気圧中(ゲージ圧力 $p_0=0$) にあり，重力加速度を g として，以下の設問に答えなさい。

- 問1 タンク水面から深さ H の静止した水中の点Aにおけるゲージ圧力 p_A を記号で表しなさい。
- 問2 タンクの水面(点①)とノズル出口(点②)の間での同一流線上でのベルヌーイの式を書きなさい。ただし，点①の高さ z_1 ，流速 u_1 ，圧力 p_1 であり，点②の高さ z_2 ，流速 u_2 ，圧力 p_2 とする。ただし，ノズルから水が噴出する際の損失はないものとする。
- 問3 ノズルから噴出する水の流速 u_2 を記号で表しなさい。
- 問4 ノズルから噴出する水によってタンクが受ける力 F を記号で表しなさい。また，タンクは左右のどちらの方向に移動するか答えなさい。
- 問5 図2-1のノズル出口直径を $d/2$ に小さくした場合，噴出する水によってタンクが受ける力は，問4の何倍になるか答えなさい。
- 問6 図2-2のようにタンク左側壁に出口直径 $3d/4$ のノズルを新たに設けた。タンクが移動しないためには，タンク左側壁のノズルを水面からどれだけの深さ h に設置しなければならないか答えなさい。なお，タンク右側壁のノズル高さを H とし，タンクは噴出する水による力で浮き上がらないものとする。

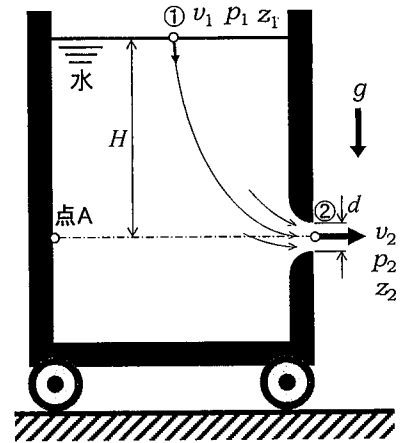


図2-1

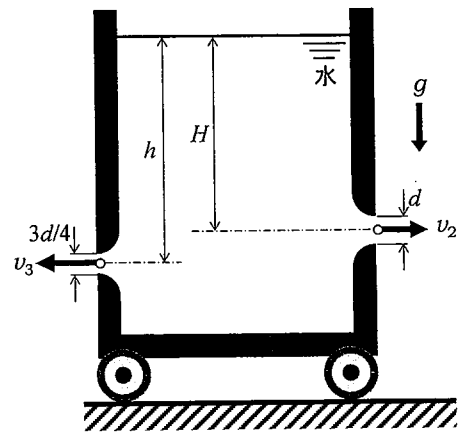


図2-2

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	機械科学専攻（一般選抜，外国人留学生特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ④熱力学－I	P.（7／8）

- ・④熱力学－Iを単独で1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目名欄には 専門科目
④熱力学－I と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せず，明記して下さい。

I

図1に示されるように，大気圧力（周囲圧力） p_0 [Pa]の雰囲気下において，なめらかに動く軽いピストンと体積を無視できる熱交換器をもつシリンダーに気体が封入されている。はじめ，ピストンは気体の体積が V_1 [m³]となる位置で静止していた。このとき，気体の温度は周囲温度と等しく T_0 [K]であった。熱交換器によって気体をゆっくり加熱すると，ピストンは動き，気体の体積が $2V_1$ [m³]となる位置でストッパーにより停止した。その後も，気体の圧力がはじめの圧力の3倍となるまで加熱を続けた。シリンダーやピストンからの熱の出入は無く，気体の状態は準静的に変化し，気体が気体定数 R [J/(kg·K)]，比熱比 κ (=定圧比熱と定積比熱の比)の理想気体である場合，以下の問いに答えなさい。

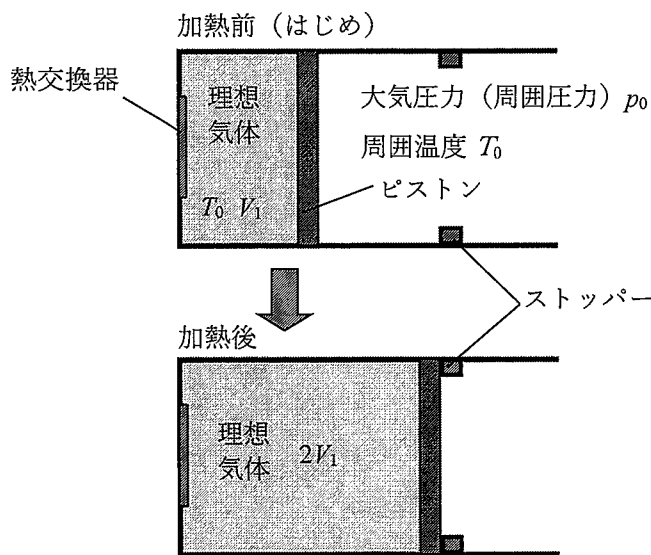


図1 ピストン/シリンダー装置に封入された理想気体の状態変化

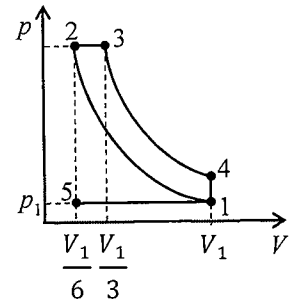
- 問1 理想気体の定圧比熱 c_p [J/(kg·K)]を， R [J/(kg·K)]と κ を用いて示しなさい。
- 問2 加熱開始から終了までに気体が外部へした仕事 L [J]を， p_0 [Pa]と V_1 [m³]を用いて示しなさい。
- 問3 加熱開始から終了までに気体に加えられた熱量 Q [J]を， p_0 [Pa]， V_1 [m³]ならびに κ を用いて示しなさい。
- 問4 加熱開始から終了までの気体のエントロピーの変化量 ΔS [J/K]を， p_0 [Pa]， T_0 [K]， V_1 [m³]ならびに κ を用いて示しなさい。
- 問5 加熱終了時の気体のエクセルギー E [J]を， p_0 [Pa]， V_1 [m³]ならびに κ を用いて示しなさい。

令和3年度(10月期入学)及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ④熱力学-II	P.(8/8)

- ・④熱力学-IIを単独で1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名欄には 専門科目
④熱力学-II と記入して下さい。
- ・解答の経緯を省略せず, 明記して下さい。

II

吸気・排気行程を含めたディーゼルサイクルの p - V (圧力-体積)線図を図2に示す。作動流体は, 気体定数 R [J/(kg·K)], 比熱比 $\kappa=1.5$ の理想気体とする。状態1の温度, 体積, 圧力はそれぞれ T_1 [K], V_1 [m³], p_1 [Pa]とし, その他の状態の体積と V_1 の関係は図2に示す通りである。



問1 下に示したディーゼルエンジンの現象・操作について, 例を参考に対応する図2の過程を状態1~5の番号で示しなさい。

図2 p - V 線図

(例) 断熱膨張: 6→7 (a) 燃焼: _____ (b) 断熱圧縮: _____ (c) 吸気: _____

問2 この理想気体の状態2の温度 T_2 [K]を, T_1 [K]を用いて示しなさい。

問3 この理想気体の状態3の温度 T_3 [K]を, T_1 [K]を用いて示しなさい。

問4 1サイクルあたりに作動流体に加えられる熱量 Q_H [J/cycle]を, p_1 [Pa]ならびに V_1 [m³]を用いて示しなさい。

問5 この熱機関の熱効率 η を各状態の温度を用いて表す場合, 以下の式の空欄に入る状態番号を答えなさい。

$$\eta = 1 - \frac{T_{[a]} - T_{[b]}}{1.5(T_{[c]} - T_{[d]})}$$

問6 このサイクルの T - S (温度-エントロピー)線図を図3に示す。図2の状態1~4について, 例を参考に対応する図3のa~dの状態を示しなさい。

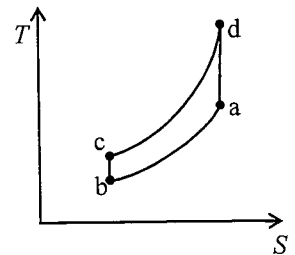


図3 T - S 線図

(例) 1: a 2: b 3: c 4: d

令和3年度（10月期）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程
（一般選抜・特別選抜）

問題訂正について

専門科目 ①材料力学Ⅱ

P. (2/8) II 問5 上から2行目

誤 支持反力 $\underline{R_{B4}}$

正 支持反力 $\underline{R_{A4}}$