

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | |
| Examinee's Number | | | | |
| M | | | | |

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination (January 2022)

問題用紙 専門科目 [一般選抜]

Question Sheet Specialized Subject General Selection

1. 領域 $D = \{x + y \leq 1, x \geq 0, y \geq 0\}$ 上の2重積分,

$$I = \iint_D \text{Arctan} \sqrt{\frac{y}{x}} dx dy$$

について, 以下の問いに答えよ。

- (1) 積分領域を x - y 平面図に示し, その領域にハッチングをつけ, かつ, x , y 軸上の数値を記入せよ。
- (2) $x = (r \cos \theta)^2$, $y = (r \sin \theta)^2$ の変数変換を行う際の, ヤコビアン行列式を求めよ。
 なお, $(x, y) \rightarrow (r, \theta)$ の変数変換におけるヤコビアン行列式 J は, 以下の通り与えられる。

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \theta} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \theta} \end{vmatrix}$$

(3) 2重積分 I を求めよ。

Answer the following questions about the double integral I on the region $D = \{x + y \leq 1, x \geq 0, y \geq 0\}$.

$$I = \iint_D \text{Arctan} \sqrt{\frac{y}{x}} dx dy$$

- (1) Show and hatch the domain of the integral on the x - y plane and express numerical values on the x and y axes.
- (2) Convert the variables with $x = (r \cos \theta)^2$, $y = (r \sin \theta)^2$, then calculate the Jacobian determinant, J .
 Note that the Jacobian determinant can be written by the following formula for the coordinate transformation, $(x, y) \rightarrow (r, \theta)$.

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \theta} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \theta} \end{vmatrix}$$

| | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
| Examinee's Number | | | | | |
| M | | | | | |

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination (January 2022)

問題用紙

専門科目

[一般選抜]

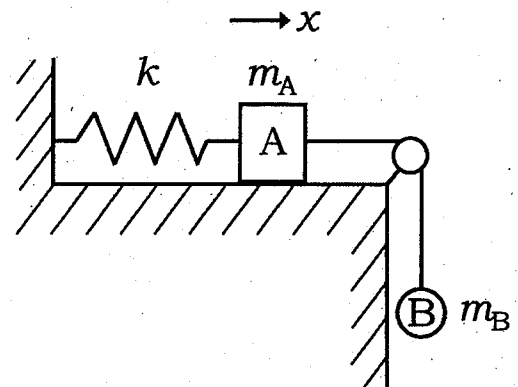
Question Sheet

Specialized Subject

General Selection

2. 図のように、物体 A (質量: m_A) がばね定数 k の軽いばね、及び伸縮しない軽い糸で滑車を通して物体 B (質量: m_B) に繋がれている。床や滑車には摩擦はなく、運動はばねの伸び方向に束縛されているとし、場合について以下の問いに答えて。尚、重力加速度の大きさは g 、糸の張力は T とする。

- (1) 物体 A と物体 B がつり合いの位置にあるときのばねの伸び x_0 を求めよ。
- (2) 物体 B をつり合いの位置から d だけ引いて放したとき、物体 A は単振動する。この際の物体 A の運動方程式及び一般解を求めよ。
- (3) 初期条件 $x(0)=d$, $x'(0)=0$ を満たす解を求めよ。
- (4) 物体 B をつり合いの位置から引く距離 d が大きくなり、張力が $T \geq 0$ を満たさなくなると、物体 A は単振動しなくなる。物体 A が単振動できる限界の距離 d を求めよ。



As shown in figure, an object A (mass: m_A) is connected to a massless spring with a spring constant

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
(環境自然科学分野) (博士課程前期) 入学試験 (令和4年1月実施)
Transdisciplinary Science and Engineering Program
(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (January 2022)

| | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
| Examinee's Number | | | | | |
| M | | | | | |

問題用紙

専門科目

[一般選抜]

Question Sheet

Specialized Subject

General Selection

3. 状態1 (0.1 MPa, 300 K) にある空気 1 kg を定圧で 600 K まで加熱して状態2 にし, さらに定温で 1 MPa まで圧縮して状態3 にした。この変化について以下の問い(1)~(4)に答えよ。ただし, 空気は理想気体とし, そのモル質量は 0.0288 kg/mol, 0.1 MPa における定圧比熱は 1 kJ/(kg K) とする。また, 一般気体定数を 8.31 J/(mol K) とする。必要なら表1 と次式を利用せよ。

$$\log_e x = 2.303 \log_{10} x$$

- (1) この空気の状態 1, 2, 3 における体積を求めよ。
- (2) 状態 1 から状態 2 に変化した時に空気が得る熱と仕事を求めよ。
- (3) 状態 2 から状態 3 に変化した時に空気が得る熱と仕事を求めよ。
- (4) 状態 1 から状態 3 への変化に伴う空気の内部エネルギーの変化量を求めよ。

表1 常用対数表/
Table 1 Common
logarithm values

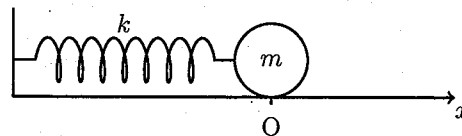
| x | $\log_{10} x$ |
|-----|---------------|
| 2 | 0.301 |
| 3 | 0.477 |
| 4 | 0.602 |
| 5 | 0.699 |
| 6 | 0.778 |
| 7 | 0.845 |

| | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
| Examinee's Number | | | | | |
| M | | | | | |

問題用紙 **専門科目** [**一般選抜**]

Question Sheet **Specialized Subject** **General Selection**

1. 質量 m のおもりが図のように床に水平に置かれ、バネ定数 k のバネによって壁に取り付けられている。おもりは質点とみなすことができるとする。バネが自然長であるときのおもりの位置を原点とし、バネの伸びる方向に x 軸をとる。



まず、おもりおよびバネに働く摩擦が無視できる場合を考える。

- (1) 時刻 t におけるおもりの位置を $x(t)$ とする。 $x(t)$ の微分方程式として運動方程式を書け。
- (2) 運動方程式の一般解を求めよ。ただし、固有角振動数 $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ を用いよ。

次に、おもりにその速度 v に比例する抵抗力 $-bv$ が働くとする。ただし b は正の定数で $b/m \ll \omega_0$ とする。

- (3) 運動方程式を書き、質点の位置 x の一般解を求めよ。
- (4) 初期条件 $x(0) = 0$ 、 $v(0) = v_0$ を与えた場合の $x(t)$ を求め、その概形をグラフにせよ。

さらに上記抵抗力に加えて、外力 $F(t) = F_0 \cos(\omega t)$ がおもりに働くとする。ただし F_0 、 ω は正の定数とする。

- (5) 運動方程式を書き、その特解を求めよ。長時間経過後にはこの特解が $x(t)$ の振る舞いを決定する理由を述べよ。
- (6) 特解の振幅を外力の角振動数 ω の関数としてグラフに表せ。また、そのグラフを用いて共鳴現象について説明せよ。

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
(環境自然科学分野) (博士課程前期) 入学試験 (令和4年1月実施)
Transdisciplinary Science and Engineering Program
(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima
University
Entrance Examination (January 2022)

| | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
| Examinee's Number | | | | | |
| M | | | | | |

問題用紙 **専門科目** [**一般選抜**]

Question Sheet **Specialized Subject** **General Selection**

伝えるものとする。また、箱の壁の一部を移動させて、箱の体積 V を変化させることができるとする。

- (1) 箱の体積を V から、圧力 P の変化を無視できるほど微小な量 dV だけ準静的等温過程で変化させたとき、気体がする仕事は PdV である。この過程で気体に流入する熱を Q とすると、定義よりエントロピー変化は $dS = Q/T$ である。また、理想気体の定義よりこの過程で内部エネルギーは変化しない。以上より、 dS を n 、気体定数 R 、 V を用いて書き表せ。
- (2) 気体の体積が V_a から V_b に変化するときのエントロピー変化を n 、 R 、 V_a 、 V_b を用いて書き表せ。

下図のような体積 V の2つの箱が組み合わせられ、温度 T の熱浴内に置かれているとする。箱の壁は熱を伝えるものとする。箱1の破線で示した壁は理想気体2のみを透過し、箱2の点線で示した壁は理想気体1のみを透過する。熱浴は温度 T である。箱1の体積は V_1 、箱2の体積は V_2 である。箱1と箱2の合計の体積は V である。

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
(環境自然科学分野) (博士課程前期) 入学試験 (令和4年1月実施)
Transdisciplinary Science and Engineering Program
(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima
University
Entrance Examination (January 2022)

| | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
| Examinee's Number | | | | | |
| M | | | | | |

問題用紙 専門科目 [一般選抜]

Question Sheet Specialized Subject General Selection

2. 以下の文章は「Tensile imbalances induced self-propulsion of liquid metal droplets」の要約論文(Communications, 2016, 7:12402)の要約である。

Components with self-propelling abilities are important building blocks of small autonomous systems and the characteristics of liquid metals are capable of fulfilling self-propulsion criteria. To date, there has been no explanation regarding the effect of electrical imbalances on the self-propulsion of liquid metal droplets.