

2023年度 情報理工学域特別編入学試験

数 学

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子の中を見てはいけません。
2. 試験中に問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 受験番号を、すべての解答用紙の受験番号欄に記入しなさい。
4. 試験時間は120分です。
5. 問題用紙は2枚、解答用紙は4枚です。
6. 問題は全部で5問あります。合計4問選択し、その4問を解答しなさい。
なお、5問全部について解答することはできません。
7. 解答用紙の左上の枠に、選択した問題の番号を正しく記入しなさい。
8. 1問につき1枚の解答用紙に書きなさい。
必要なら解答用紙の裏面を使用してもよいが、その時には表面に「裏面に続く」と記入しなさい。
9. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

問題は次のページからです。

このページは問題冊子の枚数に含みません。

数 学

1

行列 A と B を以下のように定める.

$$A = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

このとき, 以下の問いに答えよ. (配点 30)

- (1) $A + B$ の階数 $\text{rank}(A + B)$ を求めよ. さらに行列式 $\det(A + B)$ の値を求めよ.
- (2) 正の整数 n に対し, A^n と B^n を求めよ.
- (3) AB と BA を求めよ. さらに, 正の整数 n に対し, $(A + B)^n$ を求めよ.

2

\mathbb{R}^4 の部分空間 V と, \mathbb{R}^3 の 2 つのベクトル w_1, w_2 を

$$V = \left\{ \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^4 \mid \begin{array}{l} 2x + 3y - z + 5w = 0 \\ -3x + y - 4z + 9w = 0 \end{array} \right\}, \quad w_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix}, \quad w_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

と定め, $W = \{c_1 w_1 + c_2 w_2 \mid c_1, c_2 \in \mathbb{R}\}$ とするとき, 以下の問いに答えよ. (配点 30)

- (1) V の基底と次元を求めよ.
- (2) $\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \in W$ となるための p, q, r に関する条件を求めよ.
- (3) $A = \begin{bmatrix} 3 & -1 & \alpha & \beta \\ 4 & -1 & \beta & \alpha \\ 2 & 1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$ とし, 線形写像 $f: \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^3$ を $f(x) = Ax$ ($x \in \mathbb{R}^4$) と定める.
 $f(V) \subset W$ が成り立つとき, α, β の値を求めよ.

3

関数 $f(x, y) = \frac{\cos(2x + 4y)}{1 - 3x + 2y}$ について、以下の問いに答えよ。 (配点 30)

- (1) 曲面 $z = f(x, y)$ 上の点 $\left(\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, 1\right)$ における接平面の方程式を求めよ。
 (2) $f(x, y)$ のマクローリン展開

$$f(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + \dots$$

に現れる x の係数 a_{10} および y^2 の係数 a_{02} を求めよ。

4

以下の問いに答えよ。 (配点 30)

- (1) 次の積分の値を求めよ。

$$\iint_D \frac{1}{(y+3)^2} dx dy, \quad D: |2x - y| \leq 1, 0 \leq x \leq 7$$

- (2) 次の微分方程式を与えられた初期条件のもとで解け。

$$y'' - 5y' + 6y = 10 \sin x \quad \text{初期条件: } y(0) = 0, y'(0) = 0$$

5

複素関数 $f(z) = \frac{e^{-iz}}{(z^2 + 1)^2}$ について、以下の問いに答えよ。 (配点 30)

- (1) $f(z)$ のすべての極とそれぞれの極の位数を求めよ。

- (2) 定数 $R > 0$ が (1) で求めた極の絶対値と異なるとき、複素積分 $\int_{|z|=R} f(z) dz$ (積分路は正の向きに1周) を求めよ。

- (3) 実軸上での積分 $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$ を求めよ。

2023年度 情報理工学域特別編入学試験

物 理 学 ・ 化 学

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子の中を見てはいけません。
2. 問題用紙は6枚で、問題は物理学3問、化学3問あります。
物理学又は化学のいずれかを選択し、選択した科目の全問に解答しなさい。
3. 解答用紙は物理学3枚（①~③）、化学3枚（①~③）あります。
4. 受験番号を、すべての解答用紙の受験番号欄に記入しなさい。
5. 解答用紙の「科目の選択」欄には、選択した科目の3枚すべてに○印を、
選択しない科目の3枚すべてに×印を付けなさい。
6. 解答は、選択した科目の解答用紙（○印を付けた解答用紙）に記入しなさい。
必要なら解答用紙の裏面を使用してもよいが、そのときには表面に「裏面に続く」と記入しなさい。
7. 試験中に問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に
気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
8. 試験時間は90分です。
9. 試験終了時に、監督者の指示に従って、すべての解答用紙を提出しなさい。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

問題は次のページからです。

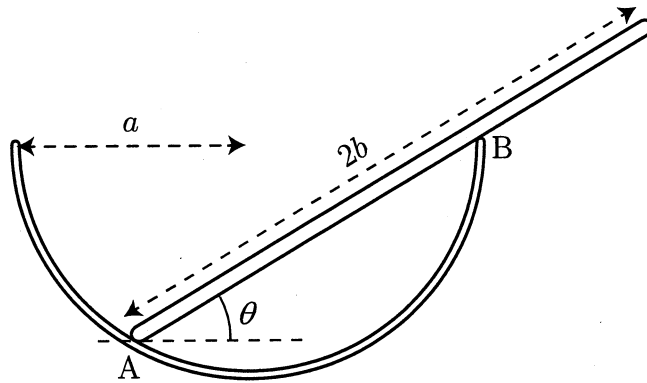
このページは問題冊子の枚数に含みません。

物理学

1

図のように、半径 a の半球状の硬い容器の内側に、長さ $2b$ 、質量 m の一様な硬くて細い棒がつり合いの位置で静止している。容器の厚みは薄く、その内側および縁は滑らかであり、縁が水平になるように固定されている。 $b > a$ とし、棒が水平となす角度を θ とする。棒が容器と接している位置を A、B とし、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。(配点 30)

- (1) A および B で、棒が容器から受ける抗力の大きさを N_A および N_B とし、それらの方向が分かるように解答用紙に図示せよ。
- (2) 棒にはたらく力のつり合いの式を、水平方向と鉛直方向の成分に分けて示せ。
- (3) B のまわりの力のモーメントのつり合いの式を示せ。
- (4) つり合いの位置の $\cos \theta$ を a と b で表せ。

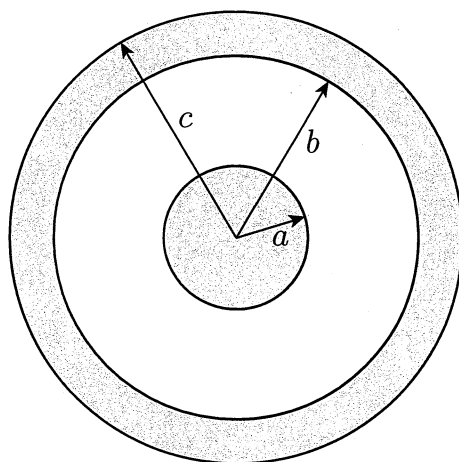


物理学

2

図のように、半径 a の無限に長い円柱導体と、内半径 b 、外半径 c の無限に長い中空の円筒導体からなる同軸ケーブルがある。内部の円柱導体には、紙面裏から表向きに一様に電流 I が流れている。外部の中空円筒導体には、同じ大きさの電流が一様に逆向きに流れている。全ての領域で透磁率は μ_0 とする。中心軸からの動径方向の距離を r とし、以下の問いに答えよ。(配点 30)

- (1) $0 < r < a$ の磁場 B の大きさを求めよ。
- (2) $a < r < b$ の磁場 B の大きさを求めよ。
- (3) $b < r < c$ の磁場 B の大きさを求めよ。
- (4) $r > c$ の磁場 B の大きさを求めよ。
- (5) $0 < r < c$ の領域において、磁場 B の大きさを r の関数として図示せよ。縦軸および横軸に適切な目盛りを付けること。



物理学

3

自由に動くピストンがついた容器に n モルの単原子理想気体を閉じ込めて、以下のよう
に等温変化と断熱変化を組み合わせたサイクル ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$) を行う。

$A \rightarrow B$: 温度 T_0 , 体積 V_0 の状態 A から温度を一定に保ったまま気体を膨張させて、体積 $2V_0$
の状態 B に変化させる。

$B \rightarrow C$: 状態 B から断熱的に気体を膨張させて、温度 T_1 , 体積 V_C の状態 C に変化させる。

$C \rightarrow D$: 状態 C から温度を一定に保ったまま気体を圧縮して、体積 V_D の状態 D に変化させる。

$D \rightarrow A$: 状態 D から断熱的に気体を圧縮して、状態 A に変化させる。

気体定数を R として、以下の問いに答えよ。(配点 30)

- (1) このサイクルでの気体の温度と体積の変化を、縦軸に温度 T , 横軸に体積 V をとってグラフ
に表せ。各状態における温度と体積を明記すること。
- (2) $A \rightarrow B$ で気体が吸収した熱量とエントロピーの変化量をそれぞれ求めよ。
- (3) $B \rightarrow C$ で気体がした仕事を求めよ。
- (4) C と D の気体の体積比 V_C/V_D を求めよ。
- (5) A のエントロピーを S_0 とするとき、このサイクルでの気体の温度とエントロピーの変化をグ
ラフに表せ。縦軸に温度 T , 横軸にエントロピー S をとり、各状態における温度とエントロ
ピーを明記すること。

化学

1

原子の構造に関する以下の問に答えよ。数値計算および式の導出については、その過程を記すこと。プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js, 真空中の光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m s⁻¹ とする。(配点 30)

- (1) ボーアの水素原子モデルにおいて、等速円運動をしている電子の遠心力とクーロン引力が釣り合う関係を式(i)に、量子数 n を用いたボーアの量子条件を式(ii)に示す。 m_e は電子の静止質量、 v は電子の速度、 r は電子の軌道半径、 ϵ_0 は真空の誘電率である。次の問に答えよ。

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \quad \dots (i)$$

$$m_e v r = n \left(\frac{h}{2\pi} \right) \quad \dots (ii)$$

- (a) 式(i)と(ii)から、電子の最小軌道半径 (ボーア半径) a_0 を求める式を導け。
- (b) 水素原子の量子数 n におけるエネルギー準位 E_n は、定数 K を用いると式(iii)となる。定数 K を、リュードベリ定数 R_∞ および h , c を用いて記せ。

$$E_n = -\frac{K}{n^2} \quad \dots (iii)$$

- (2) 基底状態の水素原子の電離について次の問に答えよ。ただし、リュードベリ定数 $R_\infty = 1.1 \times 10^7$ m⁻¹ とする。

- (a) 光を照射して水素原子を電離する場合の最長の波長 λ を求めよ。
- (b) 水素原子の電離に最低必要なエネルギーを eV 単位で求めよ。ただし、 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J とする。

- (3) 次の基底状態の原子またはイオンの電子配置を例にならって記せ。

(例) ${}_3\text{Li}$: $1s^2 2s^1$

- (a) ${}_8\text{O}$ (中性原子) (b) ${}_{11}\text{Na}^+$ (1 価陽イオン)

- (4) 原子の第 1 イオン化エネルギー I_P は、周期表の同一周期内では原子番号が増えるとともに一般に大きくなる傾向にある。しかし、部分的に逆転する場合もあり、例えば、 ${}_{12}\text{Mg}$ の I_P は 7.6 eV, ${}_{13}\text{Al}$ の I_P は 6.0 eV である。この理由をそれぞれの電子配置をもとに説明せよ。

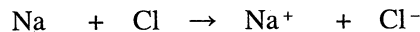
化学

2

化学結合に関する以下の間に答えよ。計算を要する間には計算式も記すこと。電気素量 $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。(配点 30)

- (1) ナトリウム Na 原子の第 1 イオン化エネルギーは 490 kJ mol^{-1} 、塩素 Cl 原子の電子親和力は 350 kJ mol^{-1} である。NaCl 分子の原子核間距離は $2.4 \times 10^{-10} \text{ m}$ である。原子、分子、イオンはすべて気相状態である。以下の間に答えよ。

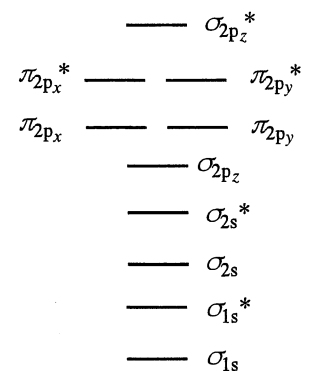
- (a) 次の反応の反応熱 [kJ mol^{-1}] を求めよ。さらに発熱反応あるいは吸熱反応のどちらかも記せ。



- (b) Na^+ イオンと Cl^- イオンが無限に離れた位置から NaCl 分子の原子核間距離まで近づいたときのクーロンポテンシャルエネルギー [kJ mol^{-1}] を求めよ。同様の例で LiCl 分子の原子核間距離は $2.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ で、その距離での Li^+ イオンと Cl^- イオン間のクーロンポテンシャルエネルギーは -700 kJ mol^{-1} であることを用いよ。 Na^+ , Li^+ は電荷 $+e$, Cl^- は電荷 $-e$ の点電荷と考えること。

- (c) NaCl 分子の永久双極子モーメントの実測値は $3.0 \times 10^{-29} \text{ C m}$ である。NaCl 分子が 100% イオン結合としたときの永久双極子モーメントの値との比較により、NaCl 分子の Na-Cl 結合のイオン結合性の割合 [%] を求めよ。

- (2) 酸素分子 O_2 の分子軌道のエネルギー準位の概略は右図のように表される。2 個の π_{2p} 軌道, 2 個の π_{2p}^* 軌道はそれぞれ互いにエネルギーが等しい。これに関して以下の間に答えよ。



- (a) この図を答案用紙に書いて O_2 の基底状態の電子配置を記せ。電子のスピンを矢印 (\uparrow や \downarrow) で記すこと。また不対電子の数を答えよ。

- (b) O_2 とそのイオン O_2^- , O_2^+ それぞれの結合次数を求めよ。 O_2^- , O_2^+ の分子軌道のエネルギー準位は O_2 のものと同じであるとする。

- (c) O_2 , O_2^- , O_2^+ のうち最も結合が強いものはどれか。また、最も結合が弱いものはどれか。結合次数をもとに理由も述べよ。

- (3) 次の化合物のうち炭素原子が sp^2 混成をとるもの、 sp 混成をとるものをそれぞれすべて選び、化合物名で答えよ。

シクロヘキサン

ベンゼン

アセチレン

四塩化炭素

ホルムアルデヒド

二酸化炭素

メタノール

エチレン

化学

3

化学熱力学に関する以下の問に答えよ。計算を要する問では導出過程も記すこと。気体定数を $R = 8.3 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ とする。(配点 30)

(1) エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ が酸素 O_2 で酢酸 CH_3COOH に酸化される反応について、以下の問に答えよ。

(a) この化学反応式を書け。

(b) 標準状態 (25°C , 10^5 Pa) で、 1.0 mol のエタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (l) が酢酸 CH_3COOH (l) に酸化されるときに発生する熱量を、右表の標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ を用いて計算せよ。生成する水は液体とする。

物質	$\Delta_f H^\circ / \text{kJmol}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(l)$	-290
$\text{CO}_2(g)$	-390
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$	-280
$\text{CH}_3\text{COOH}(l)$	-490

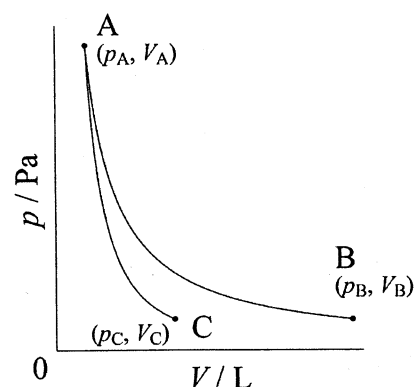
(c) エンタルピーの定義式を書け。また、熱力学第 1 法則と系がされた仕事の関係式 $\delta W = -pdV$ を用いて、定圧過程では、吸熱量 δQ がエンタルピー変化 dH に等しくなることを導出せよ。

(d) (b) の条件で反応が可逆的に起こるときの系のエントロピー変化 $\Delta_r S^\circ$ を計算せよ。

(2) 右図は、単原子気体が理想気体としてふるまうときの等温変化と断熱変化を示したものである。

(a) 状態 A : $(p_A, V_A) = (1.0 \text{ MPa}, 1.0 \text{ L})$ のとき、温度は $T_A = 300 \text{ K}$ である。この気体の物質質量 n を求めよ。

(b) 状態 A から状態 B : $(p_B, V_B) = (0.10 \text{ MPa}, 10 \text{ L})$ まで、 $T_A = 300 \text{ K}$ のまま可逆的に変化したとき、系が外界にする仕事 $\int_A^B pdV$ を求めよ。 $\ln 10 = 2.3$ とせよ。



(c) この気体がエネルギー等分配法則に従うとき、定容モル熱容量 $C_{V,m}$ を気体定数 R で表せ。

(d) 状態 A から状態 C まで、断熱かつ可逆的に $p_C = 0.10 \text{ MPa}$ まで膨張させたところ体積は V_C となった。この断熱過程で成り立つ関係 $p_A/p_C = (V_C/V_A)^\gamma$ を用いて V_C を求めよ。ここで、 $\gamma = 5/3$ であり、 $10^{3/5} = 4.0$ とせよ。

2023 年度 情報理工学域特別編入学試験

英 語

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子の中を見てはいけません。
2. 試験中に問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 受験番号を、すべての解答用紙の受験番号欄に記入しなさい。
4. 試験時間は 90 分です。
5. 問題用紙は 6 枚、解答用紙は 2 枚です。解答用紙の該当欄に解答しなさい。
6. 問題は 2 問あります。両方とも解答しなさい。
7. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

問題は次のページからです。

このページは問題冊子の枚数に含みません。

英 語

- I 以下の英文を読み、その内容に合うように日本語の要約中の空欄を埋めなさい。空欄に入れるべき文字数とマスのは特に連動していないので、20 字以内で必要な長さを書きなさい。英数字は1 マスに 2 文字を記入すること。(配点 45)

例：UEC → 123 →

著作権上の都合により、掲載いたしません。

著作権上の都合により、掲載いたしません。

【要約】

蝶や蜂などの昆虫は触角を使って匂いを感じる。新しい研究では、昆虫が匂いによって花を訪れる能力が、(①)によって妨げられることが示された。英国の研究者は、汚染ガスを噴き出して、(②)を数えた。すると、ディーゼルガスとオゾンガスを混ぜたガスによって、(③)花を見つける能力が90%低下した。このガスの濃度が(④)であったことが、研究者を驚かせた。(⑤)は、人間の食料の減少を引き起こす可能性がある。さらに、大気汚染によって(⑥)が脅かされている。

II 次の二つの質問から一つだけ選んで、少なくとも二つの理由を挙げて英語で具体的に答えなさい。選んだ質問の番号を解答用紙の [] の中に書きなさい。下書き用紙が次のページにあります。(配点 45)

1. Which of the following values do you think is the most important, being honest, being helpful, or being patient?

OR

2. The Japanese government should increase environmental regulations (環境規制) on companies. Do you agree or disagree with this statement?

下書き用紙が次のページについています。

Ⅱ 下書き用紙

注意：答えは必ず解答用紙に書きなさい。