

令和 4 年 度

工 学 部 工 学 科 生 命 工 学 コ ー ス

一 般 選 抜 (後 期 日 程)

## 総 合 問 題

## 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は全部で7ページ、解答用紙は2枚、下書き用紙は2枚である。  
試験開始の合図があつてから、それらを確認すること。
- 3 試験開始後に、解答用紙の指定欄に受験番号を算用数字で記入すること。
- 4 1, 2, 3, 4の4問のうち、2問を選択して解答すること。
- 5 解答用紙の問題番号欄に解答問題の番号を記入すること。
- 6 解答は、指定された解答用紙に記入すること。解答が1ページで書ききれない場合は、その裏面に解答を続けて良い。ただし裏面に解答する場合は、その旨を表面に明記すること。
- 7 指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価（採点）の対象としない。
- 8 配布された問題冊子および下書き用紙は、試験終了後、持ち帰ること。

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

$xy$  平面上に原点  $O$  を中心とする半径 1 の円がある。 $x$  軸の正の向きに対して角度  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) で原点  $O$  から引いた直線と円との交点を  $A$  とし、 $x$  軸と円との交点  $(1, 0)$  を  $B$  とする。また、点  $A$  における円の接線と  $x$  軸との交点を  $C$ 、 $y$  軸との交点を  $D$  とする。

(1) 線分  $AB$  の長さを求めよ。

(2) 線分  $CD$  の長さを求めよ。

(3) 三角形  $ABC$  の面積を  $S_A$ 、三角形  $DOC$  の面積を  $S_B$  とする。 $\frac{S_A}{S_B}$  を  $\theta$  の関数として、その極値を調べよ。

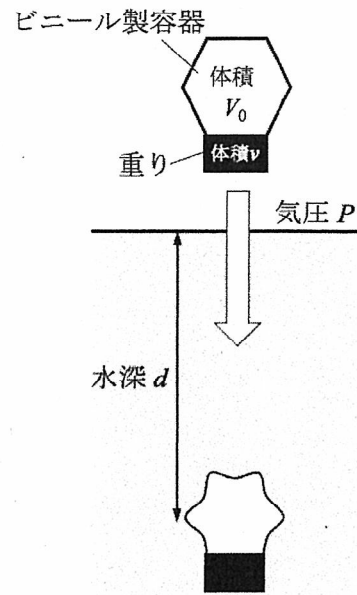
(4) 線分  $AB$  と弧  $AB$  で囲まれた領域の面積を  $S_C$  とする時、 $\lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{S_C}{\theta}$  を求めよ。

以下余白

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

重りをつけたビニール製容器がある。この容器のビニールは伸縮しないため、ビニール製容器は、一定の表面積を保ったまま、体積を自由に変化できる。また、ビニール自体の質量や体積は無視できる。

温度が一定で、気圧を変えることのできる環境のもと、ある気圧  $P$  で、ビニール製容器の内部に質量の無視できる理想気体を充填させ密閉し体積  $V_0$  とした。この重りつき容器全体を、図のように水中に完全に沈めた。ただし、重りつき容器の高さは水深に比べ十分小さく、水の密度  $\rho$  は一様であるとする。また、重力加速度の大きさは  $g$  とし、物体の受ける浮力の大きさは、排除した水の体積  $V$  を用いて  $\rho Vg$  と表される。



- (1) 水深  $d$  におけるビニール製容器内の気体の体積を求めよ。  $P, V_0, \rho, g, d$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 水深  $d$  でこの重りつき容器に働く浮力を求めよ。ただし重りの体積は  $v$  で一定であるとする。  $P, V_0, \rho, g, d, v$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) ある水深  $D$  において、この重りつき容器に働く合力が  $0$  となった。この重りつき容器の質量を求めよ。  $P, V_0, \rho, g, D, v$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) 問(3)の状況のもと、同じ水深  $D$  の位置に容器を固定したまま、気圧を上げ水面にかかる圧力を  $P'$  とした ( $P' > P$ )。鉛直下向きを正の向きとして、重りつき容器にかかる合力を求めよ。  $P, P', V_0, \rho, g, D, v$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 問(4)の加圧後、容器の固定を外した。この重りつき容器はこの後どのような挙動を示すか、根拠を示しながら説明せよ。
- (6) 問(3)の状況のもと、同じ水深  $D$  の位置に容器を固定したまま、水に塩を溶かし密度を上げた。容器の固定を外した後、この重りつき容器はどのような挙動を示すか、根拠を示しながら説明せよ。ただし塩を加えたときの、水(塩水)の体積の変化は無視できるものとする。

以下余白

3

図1の元素分析装置を用いて、炭素、水素、酸素からなる分子量が74の化合物X 111 mgを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 264 mg および水 135 mg を得た。以下の問いに答えよ。ただし、原子量はC=12, H=1, O=16とする。

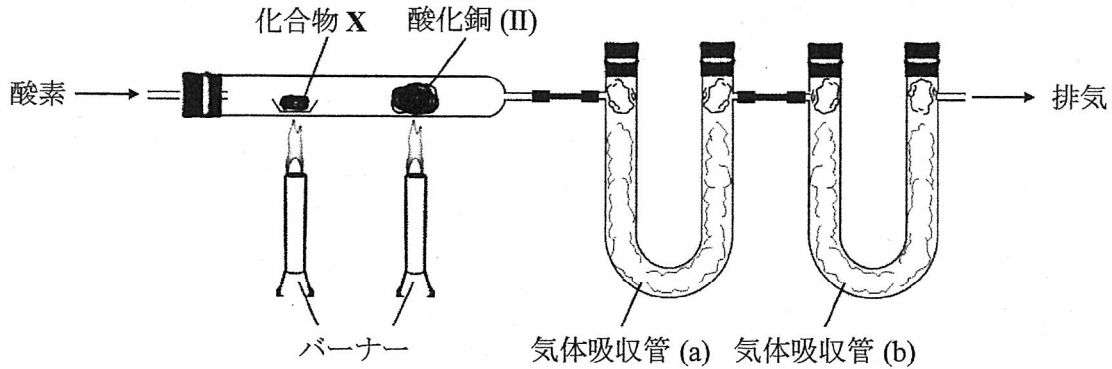


図1

- (1) 図1の気体吸収管 (a) および (b) に用いる物質の名称と吸収される物質の化学式をそれぞれ答えよ。
- (2) 図1の装置において、バーナーで酸化銅(II)を加熱している理由を答えよ。
- (3) 化合物Xの分子式を答えよ。

化合物Xには複数の構造異性体が考えられる。その中のある構造異性体A~Dに対して、以下の実験1~4を行った。以下の問いに答えよ。ただし、構造式は図2にならって示し、不斉炭素原子が存在する場合には炭素原子右上に「\*」を示せ。

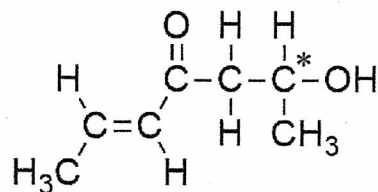


図2

- 実験1** A~Cは金属ナトリウムと反応して気体を発生したが、Dからは発生しなかった。
- 実験2** A~Dに硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えると、AからはE, BからはFを生じたが、CとDは全く反応しなかった。またEに再度、硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えると、Gを生じた。
- 実験3** EとFにそれぞれフェーリング液を加えて加熱すると、Eだけが赤色沈殿を生じた。
- 実験4** Aに濃硫酸を加えて加熱すると、Hを生じた。Hを詳しく分析した結果、構成する全ての炭素原子は常に同一平面上に存在していた。

- (4) 化合物 **A**~**H** として考えられるすべての構造式を示せ。
- (5) **B** に濃硫酸を加えて加熱すると、**I** を生じた。化合物 **I** として考えられるすべての構造式を示せ。

以 下 余 白

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ヒトの赤血球は①血液の主要な構成成分で、酸素を イ から全身の細胞に送り届けるとともに、不要になった ロ を イ に届ける働きをしている。ヒト赤血球は、他の細胞で見られる ハ がないこと、鉄を含む色素成分と 4 本のポリペプチド鎖 (2 本の $\alpha$ 鎖と 2 本の $\beta$ 鎖) からなる ニ と呼ばれるタンパク質を多く含むことが、その大きな特徴である。

鎌状赤血球症は、ニ の $\beta$ 鎖の 6 番目のグルタミン酸がバリンに変異することによって引き起こされる。正常な $\beta$ 鎖遺伝子を  $A$ 、変異した $\beta$ 鎖遺伝子を  $S$  とすると、遺伝子型  $SS$  の人の赤血球は鎌状に変形する。この鎌状赤血球は壊れやすく血管に詰まりやすいため、多くの人が貧血によって成人前に死亡する。一方、②遺伝子型  $AS$  の人は、ほぼ正常な生活を営める。日本ではこの変異遺伝子の保有者がほとんど見られないのに対し、アフリカの一部地域では 20% を超える人がこの変異遺伝子を有している。

マラリアは、現在でも死に至る可能性が高い感染症である。その原因となるマラリア原虫は、赤血球を破壊しながら増殖を繰り返すため、重症化した場合には感染者は死に至る。しかし、遺伝子型  $AS$  の人の赤血球内ではマラリア原虫が増殖しにくいいため、マラリアに対して抵抗性を持つ。そのため、マラリアが流行するアフリカ地域において、この変異遺伝子は高頻度に維持されていると考えられる。

(1) イ~ニ に当てはまる用語をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部①の血液の主な構成成分には、赤血球以外に白血球と血小板という 2 種類の有形成分も含まれる。それぞれの主な機能を答えよ。

(3) 下線部②について以下の問いに答えよ。

(a) 遺伝子型  $AS$  の人の赤血球の中には、どのような構成からなる ニ が含まれるか？

$\alpha$ 鎖を  $\alpha$ 、正常 $\beta$ 鎖を  $\beta_A$ 、変異 $\beta$ 鎖を  $\beta_S$  とし、全ての組み合わせを示せ。また、遺伝子型  $AS$  の人におけるそれらの理論上の存在比を答えよ。

(b) 遺伝子型  $AS$  の人は、遺伝子型  $SS$  の人に比べて赤血球が鎌状になりにくいいため、ほぼ正常な生活を営めるが、その理由を (a) で得られた ニ の $\alpha$ 鎖と $\beta$ 鎖の構成を考慮して答えよ。

(4) アフリカのある地域では、生まれた直後の遺伝子型  $SS$  を持つ子供の割合は 9% である。この地域では成人になるまでに、遺伝子型  $SS$  の子供が全て死亡し、遺伝子型  $AA$  の人の 10% がマラリア感染で死亡するが、遺伝子型  $AS$  の人は死亡しないものとして、以下の問い (a) (b) (c) について答えよ。ただし、この集団ではハーディー・ワインベルグの法則が成立し、マラリア原虫感染以外の自然選択圧は無視でき、他の突然変異は起こらず、遺伝子流動もないものとする。

(a) この地域で生まれた子供における、遺伝子  $A$  の遺伝子頻度  $p$  と、遺伝子  $S$  の遺伝子頻度  $q$  をそれぞれ求めよ。

- (b) この地域で生まれた子供たちが成人に達した時の遺伝子  $S$  の遺伝子頻度  $q'$  を求めよ。ただし、数値は小数点第3位を四捨五入して表せ。
- (c) マラリア特効薬の開発によって、ある時点から生まれた子供たちがマラリアで死亡しなくなった場合、その時点で生まれた子供たちの成人時の遺伝子  $S$  の遺伝子頻度  $q''$  を求めよ。ただし、数値は小数点第3位を四捨五入して表せ。

以 下 余 白

令和4年度 工学部 工学科 生命工学コース 一般選抜（後期日程）

解 答 用 紙

問題番号	
------	--

受験番号
-----
-----
-----
-----
-----
-----

総 点

採 点



令和4年度 工学部 工学科 生命工学コース 一般選抜（後期日程）

解 答 用 紙

問題番号	
------	--

受験番号					

---

採点

下書き用紙



下書き用紙

見本