

**国際環境工学部**  
**環境生命工学科**  
**総合問題**

**【注 意】**

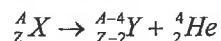
1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 試験時間は10時00分から12時00分までの120分、配点は60点です。  
(配点の内訳：第1問30点・第2問30点)
3. この問題冊子は、表紙以外に10ページあり、解答用紙は4枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 3ページから10ページまでの第2問は選択問題です。選択問題A、B、Cの中から1題を選択して解答してください。
6. 解答用紙には、解答箇所以外につきの記入欄があります。監督者の指示に従って、正しく記入してください。正しく記入されていない場合には、採点できないことがありますので、十分注意してください。
  - ① 受験番号欄（各解答用紙2箇所）
  - ② 氏名欄（各解答用紙1箇所）
  - ③ 選択問題識別欄（選択問題の各解答用紙1箇所）第2問の選択問題A、B、Cの解答用紙には、選択問題識別欄があります。選択した問題はこの欄に○を、選択していない問題はこの欄に×を記入してください。この記入がない場合や2題以上に○が記入されている場合には、採点において著しく不利になります。
7. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
8. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

## 第1問 (環境に関する科学)

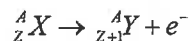
問1 文中の空欄にあてはまる適切な語句または数字を答えよ。

自然界には、 $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ のように、原子番号が同じで質量数が異なる原子が存在する。これらは、互いに  とよばれる。それぞれの中性子数は $^{35}\text{Cl}$ は ,  $^{37}\text{Cl}$ は  である。 の中には、(a) 原子核が不安定で、放射線を出して壊れていくものがある。このような  を  という。 が一定時間内に壊れる割合は一定であるため、これを利用すると遺物の年代を測定することができる。また、元素を原子番号の順に並べ、性質の似た元素が同じ縦の列に並ぶように配列した表を、元素の周期表という。周期表の第17族の元素は  とよばれ、1価の陰イオンになりやすく反応性が非常に高い。第18族の元素は  とよばれ、反応性が低く化合物を作りにくい。

問2 下線部 (a) について、ウランやラジウムのような原子核は不安定で自然に放射線を出してほかの原子核に変わる。放射線の一つである $\alpha$ 線を放出する現象を $\alpha$ 崩壊という。元素記号を $X$ 、質量数を $A$ 、原子番号を $Z$ とすると、 ${}^A_ZX$ の原子核が $\alpha$ 崩壊して $\alpha$ 粒子(ヘリウムの原子核： ${}^4_2\text{He}$ )が放出される現象は以下のように書ける。



また、同じく ${}^A_ZX$ の原子核が $\beta$ 線を放出する現象を $\beta$ 崩壊という。 $\beta$ 崩壊すると、中性子の数が過剰な原子核では、原子核中の中性子が陽子と電子 $e^-$ に変化し、この電子 $e^-$ が $\beta$ 線として放出される。そのため、 $\beta$ 崩壊は以下のように書ける。



${}^{238}_{92}\text{U}$ が何度かの $\alpha$ 崩壊もしくは $\beta$ 崩壊により、 ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ となって安定した場合、この間の $\alpha$ 崩壊の回数と $\beta$ 崩壊の回数をそれぞれ求めよ。なお、計算が必要な場合は、途中の計算過程も示すこと。

問3 下記の問いに答えよ。計算が必要な場合は、途中の計算過程も示すこと。

- (1) 遺跡から出土した木材中の  $^{12}\text{C}$  に対する  $^{14}\text{C}$  の割合から木材の年代を推定することができる。伐採された木材は大気から二酸化炭素を取り入れないため、木材中の  $^{14}\text{C}$  は放射線を出して一定の割合で減少し、5730年で半分になることがわかっている。出土した木材中の  $^{12}\text{C}$  に対する  $^{14}\text{C}$  の割合が自然界での  $^{14}\text{C}$  の割合の  $\frac{1}{8}$  であったとき、この木材は何年前に伐採されたものと推定できるか答えよ。
- (2) ある放射性元素は、崩壊して1年後に1%が他の元素に変わっていた。この元素の半減期を有効数字2桁で答えよ。なお、 $\log_{10} 99 = 1.9956$ 、 $\log_{10} 2 = 0.3010$  とする。

## 第2問（選択問題A）（物理）

問1 図1に示すように、一端を点Oに固定した長さ  $R$  [m] の軽くて伸びない糸に大きさの無視できる質量  $m$  [kg] のおもりを取りつけ、振り子とする。糸がたるまないようにおもりを点Oと同じ高さの点Aまで持ち上げ、静かに手をはなす。おもりは最下点Bを通過した直後に釘Pを中心とする半径  $r$  [m] の円運動を始めた。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。以下の文章の空欄に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。ただし、解答に使用できる記号は、 $R$ ,  $m$ ,  $r$ ,  $g$  とする。また、解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。

- (1) 点Bでのおもりの速さは  [m/s] である。
- (2) 点Bを通過する直前の糸の張力の大きさは  [N] である。
- (3) 点Bを通過した直後の糸の張力の大きさは  [N] である。
- (4) 糸がたるむことなくおもりが最高点Cに達するために、半径  $r$  の満たす条件は  である。また、点Cでのおもりの速さは  [m/s] である。

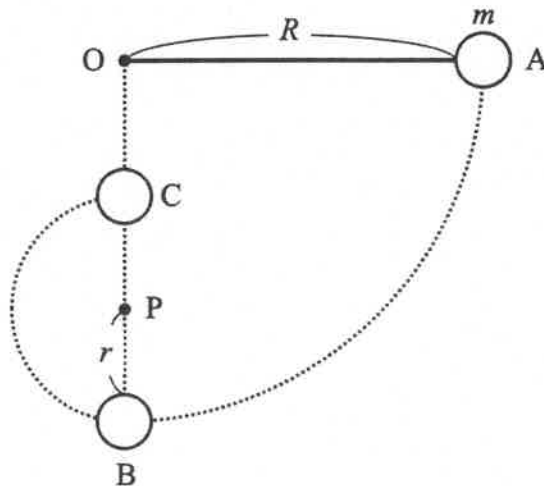


図1

問2 図2の装置は、クインケ管とよばれるものである。Aより振動数が $f$ [Hz]の音を入れ、Cで音を聞く。B側の管は左右へ動かすことができ、音が通過する経路の長さを変化させることができる。初め、管を完全に押し込んだ状態では、経路ABCの長さと経路ADCの長さは等しい。管を完全に押し込んだ状態から引き出す距離を $x$ [m]で表し、空気中の音速を $v$ [m/s]とする。以下の文章の空欄に入れるのに適する数式または記号を解答箇所に記入せよ。ただし、解答に使用できる記号は、 $f$ および $v$ とし、との解答では、選択肢①～③の中から適するものを選択し、その番号を記入せよ。また、解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。

- (1) この音の波長は  [m] である。
- (2) 管を完全に押し込んだ状態からゆっくりと引き出すと、音はしだいに小さくなった。 $x =$   [m] のとき、初めて音が最も小さくなる。
- (3) (2)よりさらに管を引き出すと音はしだいに大きくなり、管を完全に押し込んだ状態の音と同じ大きさになった。このとき、 $x =$   [m] である。
- (4) (2)の実験を、音の振動数はそのまま室温を上げて行った。このとき、音速は  ため、初めて音が最も小さくなるまでに管を引き出す距離 $x$ は、 と比べて 。

と  の選択肢：

① 大きくなる  
 ② 小さくなる  
 ③ 変わらない

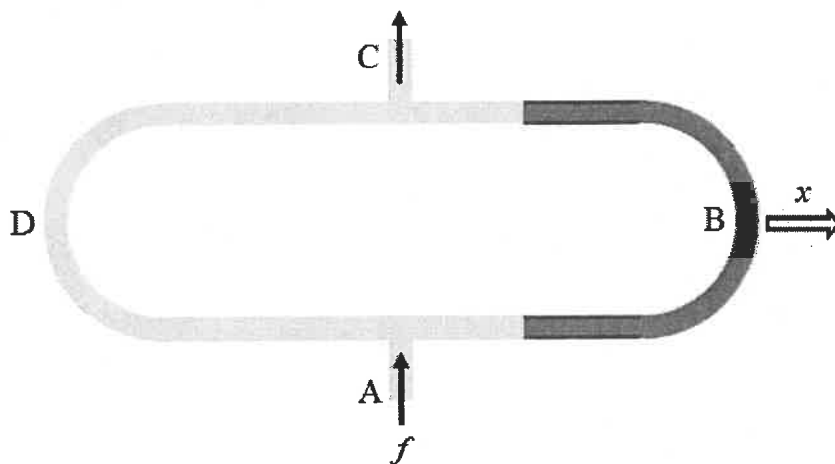


図2

問3 以下の文章の空欄に入れるのに適する数値または記号を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。

内部抵抗を無視できる電池 E，抵抗値がそれぞれ  $12\ \Omega$ ， $20\ \Omega$ ， $30\ \Omega$ ， $24\ \Omega$  の抵抗  $R_1$ ， $R_2$ ， $R_3$ ， $R_4$  を図3のように接続した。

- (1) 抵抗  $R_2$  と抵抗  $R_3$  を並列接続したものに抵抗  $R_1$  を直列接続するとき，その合成抵抗は   $\Omega$  である。
- (2) 電池 E の起電力が  $4\text{ V}$  のとき，抵抗  $R_1$  には  A の電流が流れ，bc の両端には  V の電圧がかかる。
- (3) 電池 E の起電力を徐々に大きくしていったとき，4つの抵抗の中で消費電力が最後に  $1\text{ W}$  に到達するのは抵抗  で，そのときの電池 E の起電力は  V である。

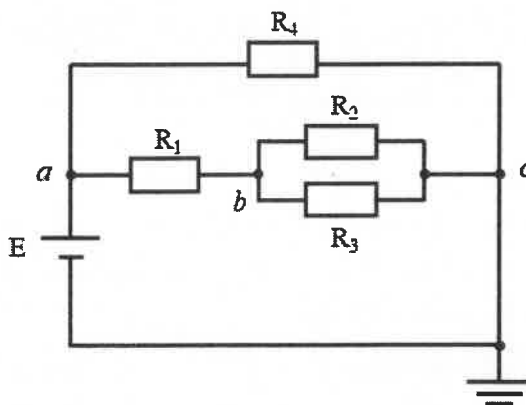


図3

( 計 算 用 余 白 )

## 第2問（選択問題B）（生物）

問1 生物の変遷と細胞に関する以下の文章を読んで、問いに答えよ。

地球上で最初に出現した生物は、(a) 原核生物である。これまでに知られている最も古い生物化石は、約35億年前にできたと推定される岩石から発見されている。この生物化石は原核生物と考えられている。真核生物は原核生物よりかなり遅れて、約21億年前になって初めて出現している。真核生物は、細胞内に核、ミトコンドリア、葉緑体といった (b) 細胞小器官をもつ。複雑な細胞小器官を持つ真核細胞は、かつては原核細胞が細胞内の構造を発達させて進化してきたと考えられていたが、(c) 現在では細胞内共生説が有力である。

(1) 下線部 (a) について、原核生物と分類されるものを、下の①～④から1つ選べ。

- ① オオカナダモ
- ② 酵母菌
- ③ 大腸菌
- ④ ゾウリムシ

(2) 細胞を構成する物質、構造とはたらきに関する説明として正しいものを、下の①～⑤からすべて選べ。

- ① 植物細胞の構成成分としてもっとも多いのは、脂質である。
- ② 原核細胞は真核細胞に比べて、DNA、RNAの占める割合が大きい。
- ③ 細胞質基質は全て水でできている。
- ④ 脂質は水に溶けにくい物質である。
- ⑤ 植物細胞には見られるが、動物細胞には見られない構造の一つとして、葉緑体がある。

(3) 下線部 (b) について、細胞小器官の説明として誤っているものを、下の①～⑥から2つ選べ。

- ① ゴルジ体は物質の濃縮や分泌に関わる。
- ② 滑面小胞体は表面に多数のリボソームが付着している。
- ③ リソソームは細胞内での物質の分解に関わる。
- ④ ミトコンドリアは有機物を分解してATPを合成する。
- ⑤ 細胞壁はタンパク質を主成分とした植物体を支える構造体である。
- ⑥ 葉緑体は光エネルギーを用いて有機物を合成する。

(4) 下線部 (c) の細胞内共生説について、細胞小器官を一つ例に挙げて、30字以内で説明せよ。



問2 遺伝情報の発現に関する以下の文章を読んで、問いに答えよ。

DNA から全く同じ DNA がつくられる過程を (a)DNA の複製という。一方、DNA の遺伝情報からタンパク質が合成されることを遺伝子の発現という。真核生物では、まず DNA の遺伝情報が (b)RNA の塩基配列に写し取られ (転写)、スプライシングの過程を経て mRNA ができる。さらにその情報をもとにタンパク質がつくられる (翻訳)。クリックは、遺伝情報は DNA → RNA → タンパク質のように一方向に流れるというセントラルドグマを提唱した。

(1) 下線部 (a) について、DNA の複製方式は半保存的複製である。半保存的複製となる理由について、70 字以内で説明せよ。

(2) 下線部 (b) について、5' - ATTCGAGA - 3' の DNA 鎖が鋳型となったとき合成される RNA の塩基配列を左側が 5' として答えよ。

(3) 転写と翻訳の過程の間にスプライシングが起こることが知られている。この説明として適するものを、下の ① ~ ④ からすべて選べ。

- ① mRNA 前駆体にイントロンを挿入する。
- ② 一部のエクソンも選択的に除かれる場合がある。
- ③ 全ての生物で共通して起こる。
- ④ 核内で進行する。

(4) 翻訳の過程に関与する物質を、下の ① ~ ⑥ からすべて選べ。

- ① アミノ酸      ② DNA ポリメラーゼ      ③ RNA ポリメラーゼ
- ④ rRNA          ⑤ mRNA                      ⑥ tRNA

(5) あるタンパク質を指定する mRNA の翻訳開始付近の配列 X と、一部のコドンが指定するアミノ酸を表 2.1 に示した。翻訳の過程が開始して 2 番目に付加されるアミノ酸を答えよ。

配列 X    5' - ACCGAUGUUUAAA - 3'

表 2.1

コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸
AAA	リシン	UUU	フェニルアラニン	UUA	ロイシン
UUG	ロイシン	UGU	システイン	GAU	アスパラギン酸
GUU	バリン	AUG	メチオニン		

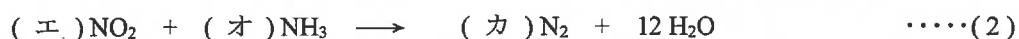
## 第2問（選択問題C）（化学）

[注意] 必要であれば、次の原子量を用いよ。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。計算が必要な場合は、途中の計算過程を示し、有効数字3桁で答えよ。

窒素酸化物のうち、大気汚染の原因となる一酸化窒素 (NO) や二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) などを総称して NO<sub>x</sub> という。NO<sub>x</sub> は自動車のエンジンなど高温・高圧となる機関で、① 窒素 (N<sub>2</sub>) と酸素 (O<sub>2</sub>) が反応して生成され、排出される。NO<sub>x</sub> は総量が規制されており、特に都市部では、ディーゼルエンジンを利用する大型トラックやバスの排出ガスが厳しく規制されている。そのため大型トラックやバスには、排出ガス中の NO<sub>x</sub> を除去する装置 (尿素 SCR システム\*) が搭載されている。尿素 SCR システムでは、排出ガスに尿素水溶液が噴射される。尿素水溶液中の ② 尿素 (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) が、高温下で加水分解されてアンモニア (NH<sub>3</sub>) を生じ、この NH<sub>3</sub> によって NO や NO<sub>2</sub> が N<sub>2</sub> に還元され、除去される (式 (1) および式 (2))。



ただし、③ NO と NO<sub>2</sub> の物質量の比が 1 : 1 のとき、式 (3) に示す還元反応が最も効率よく進行する。

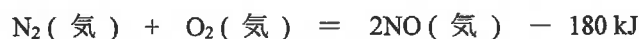


\*尿素SCRシステム：尿素選択触媒還元 (Selective Catalytic Reduction) システム

問1 NO, NO<sub>2</sub> および NH<sub>3</sub> の窒素原子の酸化数をそれぞれ答えよ。

問2 (ア) ~ (カ) に適する数値を答えよ。

問3 下線部①の反応で NO が生成する熱化学方程式は、下式のように表される。NO の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。ただし、N<sub>2</sub> および O<sub>2</sub> の結合エネルギーは、それぞれ 945 kJ/mol および 498 kJ/mol とする。



問4 下線部②の反応は下式で表される。



質量パーセント濃度が 30.0% の尿素水溶液 500 mL の場合に発生するアンモニアの物質質量 (mol) を求めよ。ただし、30.0% の尿素水溶液の密度を 1.10 g/mL とし、反応は完全に進行するものとする。

問5 下線部③において、NO 330 mg と NO<sub>2</sub> 506 mg の混合物があるとき、この混合物が最も効率よく浄化されるときに消費される NH<sub>3</sub> の質量 (mg) を求めよ。ただし、反応はすべて完全に進行し、NH<sub>3</sub>、NO および NO<sub>2</sub> のみが尿素 SCR システムの反応に関与するものとする。