



理 科

(120 分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～8 ページ) 化学(9～18 ページ) 生物(19～28 ページ)

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。
2. 問題は物理 4 題、化学 4 題、生物 5 題です。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択しなさい。ただし、物理は物理問題Ⅰ・Ⅱ、化学は化学問題Ⅰ・Ⅱ、生物は生物問題Ⅰ、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 2 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
4. 環境科学部(生物資源管理学科)を受験する者は、物理、化学、生物のうちから 1 科目を選択しなさい。ただし、物理あるいは化学を選択した場合は全 4 題を解答しなさい。生物を選択した場合は、生物問題Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの 3 題、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 4 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
5. 工学部(材料科学科・機械システム工学科)を受験する者は、物理、化学の 2 科目を解答しなさい。ただし、物理は物理問題Ⅰ・Ⅱ、化学は化学問題Ⅰ・Ⅱのみを解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
6. 工学部(電子システム工学科)を受験する者は、物理のみ、全 4 題を解答しなさい。
7. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、化学、生物のうちから 1 科目を選択し、化学を選択した場合は、全 4 題を解答しなさい。生物を選択した場合は、生物問題Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの 3 題、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 4 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
8. 解答開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名および指定されたことをはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。選択しなかった科目の解答冊子は、試験終了 20 分前に回収します。
9. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入しなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
10. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。解答のための下書き・計算などには、解答冊子の下書き用ページを使いなさい。
11. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。選択した科目の解答冊子を持ち帰ってはいけません。

平成25年度 一般選抜試験（後期日程）
補足説明（理科）

問題冊子 表紙

注意事項 3.

物理2題、化学2題、生物2題の中から合計で2科目4題を解答しなさい。

問題訂正（理科）

物理問題Ⅳ（環境科学部生物資源管理学科・工学部電子システム工学科）
上から5行目

（誤）を追い越さない

↓

（正）に追いつかない

● 9 ページ

化学問題 I （環境科学部・工学部・人間文化学部）

上から4行目

（誤）したがうこと。

↓

（正）したがうこと。また、問4～問6には計算過程も記せ。

● 21 ページ

生物問題 II （環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部）

文章中の については、 を入れる。

（誤）問1 ～ に適当な語句あるいは数値を入れよ。

↓

（正）問1 ～ に適当な語句を入れよ。

下から3行目 問2設問中

（誤） が水素原子

↓

（正） が水素原子

物 理

物理問題 I (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、
< >については解答欄の最も適する語句に○をつけよ。なお、円周率を π とし、導線の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1に示すように、辺 $ab = cd = 4r$ [m]、辺 $bc = 2r$ [m] の長方形のコイルを N 極と S 極の磁石がはさむ構造の交流発電機がある。磁石間の磁場は一定であり、その磁束密度は B [T] である。時刻 $t = 0$ s のとき、コイル面 $abcd$ は磁束の向きに対して垂直であり、かつ ab が下側であった。 bc の中点を軸に一定の角速度 (角周波数) ω [rad/s] で図1に示す方向にコイルを回転させたとき、 ad 側から見た図を図2に示す。このコイルに発生する誘導起電力について考えてみよう。

図2における点 a の速さは ア [m/s] であるので、時刻 t [s] におけるコイルの回転角は イ [rad] であり、 ab が磁束を垂直に横切る速さ v は ウ [m/s] となる。コイルの a, b, c, d の順の向きを正とすれば、 ab に生じる誘導起電力 V_{ab} は エ [V] と表せる。このとき、 cd に生じる誘導起電力 V_{cd} も エ [V] と表せる。また、 bc と da は磁界を横切らずに回転するので、各々の辺に生じる誘導起電力 V_{bc} と V_{da} は オ [V] となる。したがって、誘導起電力 V_{ab}, V_{bc}, V_{cd} および V_{da} より、コイル全体に生じる誘導起電力 V_{abcd} は カ [V] となる。ここで、誘導起電力 V_{abcd} の実効値は キ [V]、位相は ク [rad] である。

- (2) 次に、図3に示すような抵抗値 R [Ω] の電気抵抗と電気容量が C [F] のコンデンサを交流電源に接続した回路を考える。交流電源の周波数が f [Hz] であるとき、この角周波数は ケ [rad/s] と表せる。つぎに、時刻 t [s] のときに電流の瞬時値 (瞬間値) I を計測したところ、 $I = I_0 \times \cos(\text{ ケ } \times t)$ [A] であった。したがって、抵抗の両端電圧の瞬時値は コ [V] と表せる。ここで、抵抗で消費

される電力の瞬時値は **サ** [W]と表せるので、抵抗で消費される電力の一周期における平均値は **シ** [W]となる。また、コンデンサのリアクタンスは **ス** [Ω]と表せ、コンデンサに加わる電圧の瞬時値は、抵抗の両端電圧よりも **セ** だけ位相が < ソ:進んで、遅れて > いるので **タ** [V]となる。したがって、電源がコンデンサに供給する電力の瞬時値は **チ** [W]と表せるので、電力の一周期における平均値は **ツ** [W]となる。

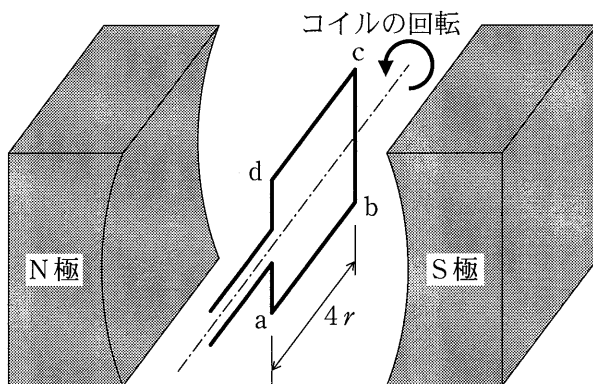


図 1

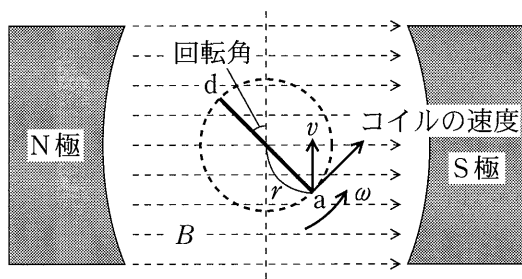


図 2

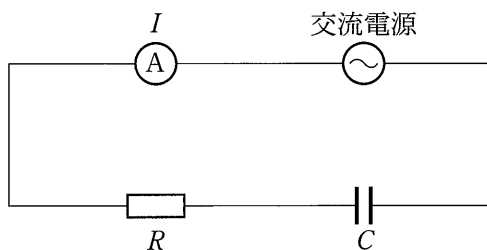


図 3

物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、に適した式を、 $\{ \quad \}$ には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問4には、導出過程も示して答えよ。ただし、重力加速度の大きさは $g[\text{m/s}^2]$ とし、水平方向右向きを正とする。さらに、空気による抵抗はなく、物体と床および斜面との間に摩擦はないものとする。

- (1) 図のように、水平な床の上に大きさが無視でき、質量がいずれも $m[\text{kg}]$ である物体A、BおよびCを左側から順番に配置した。また、質量の無視できるばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねの左端を壁に取り付け、右端に物体Aを取り付けた。

物体Aの右側にある物体Bの右側から左向きに手で押して、ばねの長さを自然の長さから $x[\text{m}]$ 縮めた。このとき、物体Aおよび物体Bを介してばねから手が受ける力の大きさは、 $\{ \text{ア} \}$ の法則よりイ[N]であり、ばねにたくわえられた弾性力による位置エネルギーはウ[J]である。

つぎに、押さえていた手を瞬間的に放すと、物体Aおよび物体Bは一体となって右向きに動き出した。ばねが自然の長さになったときの物体Aおよび物体Bの速さはともにエ[m/s]である。その後、物体Bは物体Aから離れて等速度で動いた。

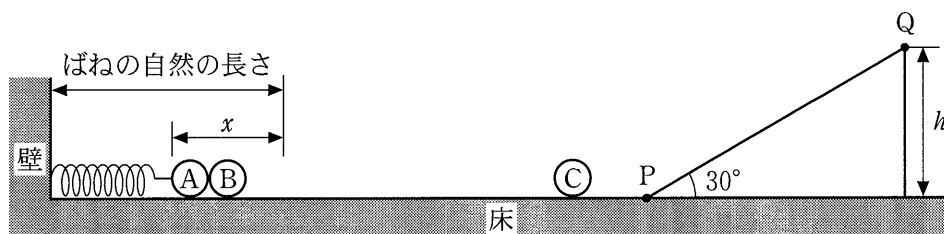
- 問1 物体Aは、物体Bと離れてからばねとともに単振動した。このときの物体Aの振幅を求めよ。

- (2) 物体Bは、物体Aから離れたあと等速度で動き、床の上で静止した物体Cと非弾性衝突した。このときのはねかえり係数を $e(e < 1)$ とし、衝突直後の物体Bの速度を $v_B[\text{m/s}]$ 、物体Cの速度を $v_C[\text{m/s}]$ とすると、はねかえり係数 $e = \text{オ}$ である。また、衝突前後で物体Bと物体Cの運動量の和は保存されるため、カが成り立つ。よって、衝突後の物体Bの速度 $v_B = \text{キ}$ [m/s]であり、物体Cの速度 $v_C = \text{ク}$ [m/s]である。

問 2 物体 B と衝突した物体 C は、点 P で床に滑らかにつながった角度 30° の斜面を上がって、高さ h [m] の点 Q から飛び出した。飛び出す直前の物体 C の速度の大きさ v'_c [m/s] を求めよ。ただし、答えには v_B および v_c を用いないこと。

問 3 点 Q から飛び出した物体 C は、放物運動して最高点に達したあと、落下した。その最高点の床からの高さ y [m] を求めよ。ただし、答えには v'_c を用いてもよい。

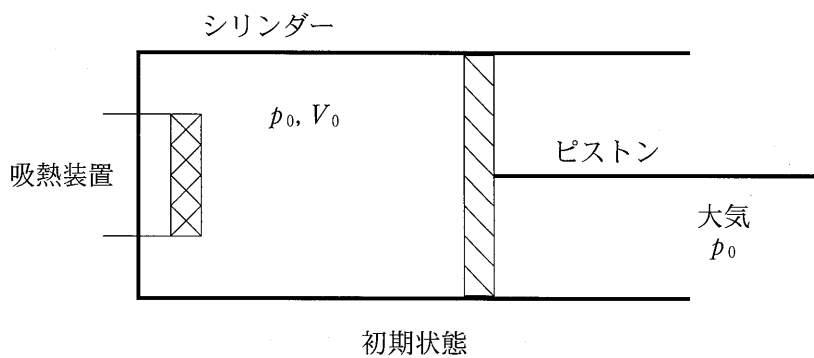
問 4 物体 C に引き続いて、物体 B も点 Q から飛び出すために必要なばね定数 k [N/m] の条件を求めよ。



物理問題 III (環境科学部生物資源管理学科・工学部電子システム工学科)

次の文を読んで、 には適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問1～問4に答えよ。ただし、問1、問2および問4は導出過程も示して答えよ。

図のように気圧 p_0 [Pa] の大気中に、水平に置かれたシリンダーとなめらかに動くピストンからなる断熱容器がある。ピストンは固定することもできる。さらに、シリンダーには大きさの無視できる吸熱装置が取り付けられており、シリンダー内の気体(以下、気体と呼ぶ)から外部に Q_0 [J] の熱量を取り出すことができる。最初(初期状態)、シリンダーの中には単原子分子の理想気体が入っており、圧力、体積はそれぞれ p_0 , V_0 [m³] であった。



次に、以下に示した過程1と過程2の結果、気体から取り出された熱と気体が外部からされた仕事との関係を考えてみよう。

過程1：ピストンを固定し、吸熱装置を用いて Q_0 の熱量を気体から取り出した後、吸熱を停止した。この結果、気体の圧力は p_1 [Pa] となった。この過程における気体の内部エネルギーの変化量 ΔU [J] は、 Q_0 を用いると $\Delta U =$ ア と表される。

問 1 過程 1 において p_1 はいくらになるか、 p_0 、 V_0 および Q_0 を用いて示せ。

過程 2 : 過程 1 の後、ピストンが動けるようにすると、ピストンは図の左右いずれかに動き始めた。このとき、気体の圧力 p [Pa] と体積 V [m³] は次の関係を保ちながら変化した。

$$pV^{\frac{5}{3}} = k$$

ここに k は定数である。この過程では、 k は p_0 、 V_0 および Q_0 を用いて イ となる。ピストンはやがて停止し、そのときの気体の圧力、体積はそれぞれ p_2 [Pa]、 V_2 [m³] であった。この過程の変化の場合、気体が外部から得た熱量 Q [J] は $Q =$ ウ である。

問 2 過程 2 における V_2 はいくらか、 p_0 、 V_0 および Q_0 を用いて示せ。

問 3 過程 1 と過程 2 の状態変化を表す $p-V$ 図を解答用紙の図中に実線を用いて示せ。また、各状態変化の進む方向を矢印で示せ。さらに、各過程の最終の状態を ● を用いて示し、初期状態について示された (p_0, V_0) と同様に、各 ● の圧力と体積を p_1, p_2, V_0, V_2 のいずれかを用いて示せ。

初期状態における気体の内部エネルギーを U_0 [J]、過程 1 において気体から取り出した熱を Q_0 、過程 2 において気体が外部からされた仕事を W_2 [J]、過程 2 においてピストンが停止した後の気体の内部エネルギーを U_2 [J] とすると、これらの間には

エ の関係が成立する。

問 4 エ の結果を用いて、 Q_0 と W_2 の大小関係を説明せよ。

物理問題 IV (環境科学部生物資源管理学科・工学部電子システム工学科)

次の文を読んで、に適した式を、 $\{ \quad \}$ に適切な語句を解答欄に記入せよ。＜ ＞については解答欄の最も適する語句に○をつけよ。また、問には導出過程も示して答えよ。ただし、音の速さは音源および観測者の速さよりじゅうぶん大きいとし、観測中に音源は観測者を追い越さないものとする。音源の振動数を f_s [Hz] とし、音の速さを V [m/s] とする。さらに風の影響は無いものとする。

- (1) 救急車が目の前を通過するとき、近づいてくる間は、サイレンの音が ＜ ア：高く、低く ＞ 聞こえ、音波の振動数が ＜ イ：増える、減る ＞。遠ざかる間は、サイレンの音が ＜ ウ：高く、低く ＞ 聞こえ、音波の振動数が ＜ エ：増える、減る ＞。このように音源の運動によって、音波の振動数が変化して聞こえる現象を音の $\{ \quad \text{オ} \}$ 効果という。

- (2) 図1のように、音源と観測者が一直線上に配置されている。音源が右向きに速さ v_s [m/s] で、静止している観測者に近づく方向に移動している。このとき観測者に観測される音源から出た音波の波長は **カ** [m] となり、振動数は **キ** [Hz] となる。

つぎに、図2のように、音源が右向きに速さ v_s [m/s] で、静止している観測者から離れていく方向に移動している。このとき観測者に観測される音源から出た音波の波長は **ク** [m] となり、振動数は **ケ** [Hz] となる。

- (3) 図3のように、じゅうぶんに大きな反射板、音源および観測者が一直線上に配置されている。音源が右向きに速さ v_s [m/s] で移動している。反射板と観測者は静止している。音源から出た音波が直接観測者に達した場合に観測される音波の振動数は **コ** [Hz] となる。また、音源から出た音波が反射板で反射されて観測者に達した場合に観測される音波の振動数は **サ** [Hz] となる。

- (4) 図4のように、じゅうぶんに大きな反射板、音源および観測者が一直線上に配置されている。音源が右向きに速さ v_s [m/s] で、観測者が右向きに速さ v_o [m/s] で移動している。反射板は静止している。以下の問に答えよ。

問 観測者には音源から出た音波が反射板において反射してきた音波と、音源から出た音波が直接観測者に達した音波とが重なり合っとうなりが観測された。このうなりの振動数を求めよ。

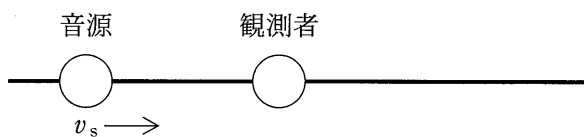


図 1

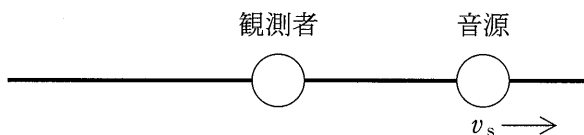


図 2

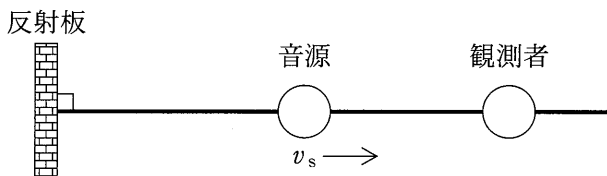


図 3

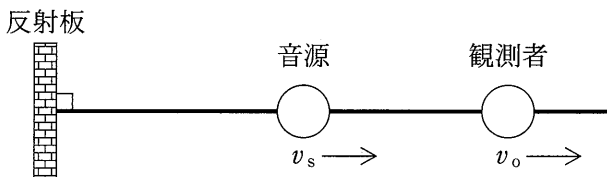


図 4

化 学

化学問題 I (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。ただし、問5では問題文の指示にしたがうこと。

炭素原子は、恒星において三つのヘリウム原子核の核融合により生成され、宇宙全体に多数存在している。炭素は、全ての生命体の重要な構成元素であり、炭素原子はタンパク質、脂質、炭水化物に多数含まれる。また炭素を含む化合物は、光合成や呼吸や代謝などの生命活動において重要な役割を果たし、石油や天然ガスなどのようなエネルギー源としても幅広く使われている。

炭素は、黒鉛、ダイヤモンド、フラーレンなど様々な構造をもち、これらの単体を互いに ア と呼ぶ。黒鉛は網目状の平面構造をもち、身近なところでは鉛筆の芯や電極などに用いられている。ダイヤモンドは、単結合により炭素原子同士が結びつき、装飾品や高硬度の切削材として使われており、最近では耐環境性の電子材料としても研究されている。また、炭素原子 60 個が球状分子になったフラーレン C_{60} では、 C_{60} 分子自体が規則的に配列し、その単位格子は常温で面心立方格子である (図1)。フラーレンは電子を引き付ける力が強く、半導体としての応用も研究されている。

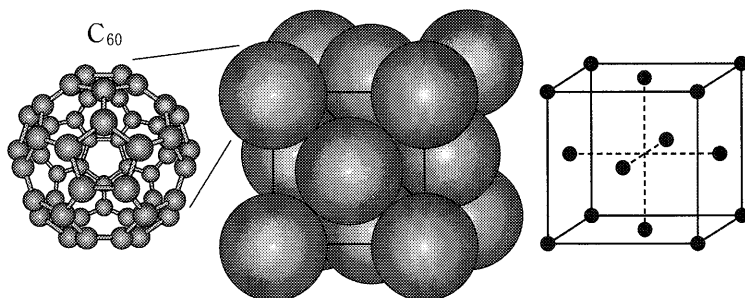


図1 C_{60} 分子(左)とその配列(中)、単位格子内の各 C_{60} 分子の中心位置(右)

炭素原子には通常の ^{12}C に加えて、質量数が 13 と 14 の ^{13}C と ^{14}C も存在し、これら^(c)を互いに イ と呼ぶ。特に ^{14}C は放射線を放出するため、年代測定などに用いられている。また黒鉛、ダイヤモンド、フラーレンはいずれも、高温で酸素と^(d)反応し、二酸化炭素となる。

問 1 ア , イ に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)において、生命体が食物として摂取した炭水化物のうち、 1.00 mol のスクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ が完全に酸化されると、 5645 kJ という大きなエネルギーが生じる。この熱化学方程式を記せ。

問 3 ダイヤモンドの電気的特徴を、黒鉛と比べて 10 字以内で記せ。

問 4 下線部(b)において、あるフラーレン分子の中心から、最も近い別のフラーレン分子の中心までの距離は、 $1.00 \times 10^{-9}\text{ m}$ である。アボガドロ定数として $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、 $\sqrt{2} = 1.4$ を用いて、以下の i), ii) に答えよ。解答の数値は有効数字 2 桁で記せ。

i) このフラーレン結晶の単位格子の一辺の長さを求めよ。

ii) フラーレン結晶の密度 (g/cm^3) を求めよ。

問 5 下線部(c)において、自然界の炭素の原子量が 12.01 であるとき、 ^{13}C の存在比 (%) を求めよ。ただし ^{12}C と ^{13}C のみ考慮し、 ^{14}C の存在は無視するものとする。また ^{12}C と ^{13}C の相対質量をそれぞれ、12.00, 13.00 とする。解答の数値は有効数字 1 桁で記せ。

問 6 下線部(d)において、ダイヤモンドは炭素原子 1.00 mol あたり 395 kJ の熱を発生し、二酸化炭素となる。二酸化炭素の $\text{C}=\text{O}$ 結合 1 つあたりの結合エネルギーが $799\text{ kJ}/\text{mol}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ 結合の結合エネルギーが $494\text{ kJ}/\text{mol}$ のとき、ダイヤモンドの昇華熱を有効数字 3 桁で求めよ。

化学問題 II (環境科学部・工学部・人間文化学部)

人の健康と生活環境を守るために水の浄化と下水処理は重要である。以下の問 1 ～ 問 3 に答えよ。

問 1 水中に有機化合物が多くなると、それを栄養とする微生物によって酸化、分解される際、水中の酸素が大量に消費されてしまう。そのため、微生物が消費する水中の酸素量を「生物化学的酸素要求量(BOD)」と呼び、水中の有機化合物による汚染の度合いを表す指標として用いるようになった。BOD の値は、下水の処理過程で水がきれいになると本来は低くなるが、有機化合物が分解されて生じた無機窒素化合物が酸化される際にも酸素は消費される。このため、処理後の有機化合物の濃度が下がっても BOD の値としては低くならない矛盾が生じる場合がある。そのため最近では水 1 L 中の有機化合物に含まれる炭素原子の質量を、水の汚染の度合いを表す新しい指標「全有機炭素量(TOC)」として用いるようになってきた。以下の i), ii) に答えよ。

- i) 下線部(a)においては、窒素の酸化数が -3 から $+5$ まで変化する。窒素の酸化数が -3 と $+5$ の無機窒素化合物の例をそれぞれ一つずつ分子式で記せ。
- ii) 下線部(b)について、有機化合物として酢酸 $C_2H_4O_2$ のみが 3.0 mg/L の濃度で含まれる水の TOC(mg/L) は理論上いくらになると考えられるか。有効数字 2 桁で答えよ。原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。

問 2 泥水中に分散した粘土の微粒子は同種の電荷を帯びており、互いに反発するため沈殿しにくい。このように、微粒子が沈殿せずに溶媒の中に混じっている溶液を ア 溶液と呼ぶ。電解質を少量加えることによってこの反発を失わせ、速やかに粒子を除去するために利用する現象は イ と呼ばれる。以下の i), ii) に答えよ。

- i) ア , イ に適切な語句を記せ。
- ii) 泥水中の粘土の粒子は一般に負に帯電している。イ による粘土の粒子の除去において、同じ物質を用いる場合、硫酸ナトリウムよりも硫酸アルミニウムの方が有効である理由を記せ。

問 3 19 世紀半ばのロンドンの水道水は、川の水をそのまま配るものであった。

英国の医師ジョン・スノウは、下水で汚染された水道水によってコレラという病気が広がることを証明した。この証明には各住宅の水道水の水源の判定が必要であった。そこでスノウは、下水で汚染された水源には海水が混じっており、下水で汚染されていない水源には海水が混じっていないことに着目して水源の判定を行った。これに関連する以下の i) ~ iv) に答えよ。

i) 海水が混じった水に硝酸銀水溶液を混合すると、化学反応によって見た目に顕著な変化が生じた。どのような見た目の変化かを記せ。この反応は海水を構成する主たる溶質の陰イオン A を検出するために用いられる。

ii) i) の化学反応をイオン反応式で記せ。

iii) いま、陰イオン A の濃度が 1.00×10^{-2} mol/L の水があるとする。硝酸銀は ii) の反応のみに関わるとして、この水 100 mL に 1.00 mol/L 硝酸銀水溶液 1.00 mL を加えたとき、i) の見た目の変化を引き起こすのに関わった陰イオン A の割合(%)を有効数字 3 桁で記せ。計算過程も記せ。ただし、硝酸銀水溶液を加えることによる体積変化は無視してよい。なお、ii) の反応生成物の飽和水溶液の濃度は 1.30×10^{-5} mol/L である。

iv) iii) においてさらに硝酸銀水溶液を加えると、i) の見た目の変化を引き起こすのに関わった陰イオン A の割合はどうか。次の(1)~(3)から最も適切な番号を選び、その番号を記せ。

- (1) 増える (2) 変わらない (3) 減る

化学問題 III (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問3に答えよ。必要であれば原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.5$, $Ag = 108$, $Pt = 195$ を用いよ。気体はすべて理想気体であると考え、標準状態での理想気体 1.00 mol の体積として 22.4 L を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

酸化還元反応に伴って放出されるエネルギーを電気エネルギーに変える装置を、ア という。逆に外部から電気エネルギーを与えることによって酸化還元反応を起こさせる操作を イ と呼んでいる。イ においては、電極で変化した物質の物質量と流れた電気量は ウ 関係にある。電子 1 mol がもつ電気量の絶対値を エ と呼び、その値は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ である。

イ の装置の例を図1に示す。図1の装置を用いて実験を行った。

実験

硝酸銀水溶液の入った容器Xと、塩化銅(II)水溶液の入った容器Yに白金電極を浸して図1のようにつなぎ、 0.30 A の電流を一定時間流した。その結果、容器Yの※印で示した電極からは気体が発生し、その体積は標準状態に換算すると 33.6 mL であった。

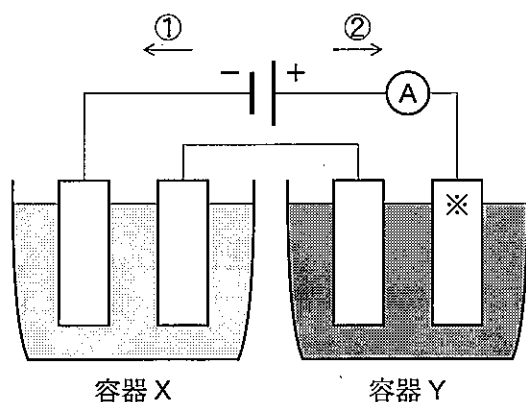


図1 イ の装置の例

問 1 空欄 ア ～ エ に当てはまる語句を記せ。

問 2 ア について、以下の i), ii) に答えよ。

i) 電極に鉄と銅の組み合わせを用いた場合、負極になるのはどちらの金属か答えよ。

ii) 電極の片方を鉄から亜鉛に変えた場合、起電力はどうなるか。(1)～(3)から適切な番号を選び、その番号を記せ。さらに、その理由を説明せよ。

(1) 大きくなる (2) 変わらない (3) 小さくなる

問 3 実験について、以下の i)～vi) に答えよ。

i) 電子の流れおよび電流の向きは、それぞれ①, ②のいずれか答えよ。

ii) 容器 X の陽極ではどのような電子の授受が起こっているか、電子を含むイオン反応式を書け。

iii) 容器 X の陽極付近の pH を測定した。実験を続けるにしたがって値はどのようなになったか。(1)～(3)から適切な番号を選び、その番号を記せ。

(1) 大きくなった (2) 変わらなかった (3) 小さくなった

iv) この実験で流れた電気量を求めよ。計算過程も示せ。

v) この実験で電流を流した時間を求めよ。

vi) 容器 X および Y で析出した金属の質量をそれぞれ求めよ。

化学問題 IV (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.1$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。解答の構造式は図1の例にならって答えよ。

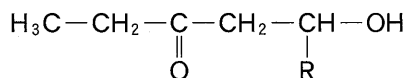


図1 構造式の例

適量の栄養素を摂取することは、健康を維持・増進するうえできわめて重要である。栄養素は食品から摂取されるため、食品中の栄養素量を知る必要がある。食品中のタンパク質量を測定するうえで、食品中の窒素量を求め、窒素量からタンパク質量を算出するという方法が用いられる。これは、食品中の窒素のほぼすべてが、タンパク質に含まれるためである。

たまご豆腐に含まれるタンパク質量を調べるため、以下の操作1～4を行った。

操作1 たまご豆腐 1.20 g、濃硫酸 20.0 mL、触媒を反応容器に入れ、加熱した。

たまご豆腐は完全に溶け、たまご豆腐に含まれるすべての窒素がアンモニアとなり、そのすべてのアンモニアが濃硫酸と反応した。冷却後、反応溶液の全量^(a)をガラス器具にうつし、水を加えて 100 mL にし、均一な溶液 A を得た。

操作2 溶液 A からのはかり取った 10.0 mL を別の反応容器に入れた。^(b)このはかり^(c)とった溶液 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、アンモニアが発生した。加熱と水酸化ナトリウム水溶液の添加は、アンモニアが出なくなるまで行った。発生したアンモニアをすべて回収し、20.0 mL の 0.01 mol/L 硫酸とすべてのアンモニアを反応させ、溶液 B を得た。

^(d)**操作3** 0.0200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を用いて溶液 B を滴定したところ、中和点まで 14.85 mL を要した。

操作4 たまご豆腐を入れずに操作1から操作3を行ったところ、中和に要した 0.0200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の体積は 19.17 mL であった。

問 1 天然のタンパク質は約 20 種類の α -アミノ酸によって構成される。 α -アミノ酸について、以下の i), ii) に答えよ。

i) 天然のタンパク質を構成する α -アミノ酸の一般式を構造式で示せ。ただし、 α -アミノ酸の種類によって異なる置換基は R で示せ。また、光学異性体は考えなくてよい。

ii) α -アミノ酸であるリシンは、分子量が 146 であり、質量パーセントで炭素 49.2 %, 水素 9.6 %, 窒素 19.2 %, 酸素 22.0 % の組成をもつ。リシンの分子式を求めよ。計算過程も記せ。

問 2 あるガラス器具を用いることによって、下線部(a)および下線部(b)の作業をできるだけ正確に行いたい。それぞれについて、最も適切なガラス器具の名称を記せ。

問 3 下線部(c)および(d)で生じた反応の反応式をそれぞれ記せ。

問 4 中和滴定で中和反応を行う容器として用いるコニカルビーカーあるいは三角フラスコは、純水で洗浄してあれば、内部が純水でぬれた状態で使用してもかわわない。その理由を説明せよ。

問 5 ポリペプチド X とポリペプチド Y はいずれもリシンとアラニンのみで構成されており、アミノ酸の数が等しい。ポリペプチド X とポリペプチド Y を同じ物質量はかりとり、たまご豆腐の代わりに用いて、それぞれ操作 1 ~ 操作 3 を行った。操作 3 において、中和に要する水酸化ナトリウム水溶液の体積は、ポリペプチド X のほうがポリペプチド Y より多かった。これは、ポリペプチド X とポリペプチド Y の間にどのような違いがあることを示しているか、答えよ。なお、操作 1 において、ポリペプチド X およびポリペプチド Y に含まれるすべての窒素がアンモニアとなり、そのすべてのアンモニアが濃硫酸と反応した。

問 6 操作 3 および操作 4 の測定結果から、100 g のたまご豆腐に含まれるタンパク質の質量を求めよ。計算過程も記せ。ただし、たまご豆腐中の窒素はすべてタンパク質に含まれ、そのタンパク質の窒素含有率は質量比で 16.0 % であるとする。

(下 書 き 用 紙)

生 物

生物問題 I (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読んで問1～問5に答えよ。

プラスチックを分解する新種の微生物を発見したとする。この微生物はプラスチックの存在を感知して、プラスチックを分解する酵素 α を分泌する。酵素 α は分子量約100,000のタンパク質であり、プラスチックを分解する部分とプラスチックに強く吸着する部分からなる。プラスチックに吸着し続けることで、プラスチックから酵素がほとんど離れることなく効率的に分解反応を連続して行うことができる。

この微生物の培養液にプラスチックビーズを添加し、しばらく放置した場合と、添加せずに放置した場合の遺伝子発現を比較した。その結果、多くの遺伝子の発現量がプラスチックビーズの有無で異なっていたが、特に、遺伝子A、遺伝子B、遺伝子Cはプラスチックビーズを加えた場合に多く発現していた。遺伝子Aは分子量約90,000のタンパク質を、遺伝子Bは分子量約70,000のタンパク質を、遺伝子Cは分子量約30,000のタンパク質をそれぞれコードしていた。

次に、それぞれの遺伝子を欠失した微生物を作成したところ、遺伝子A、遺伝子Bのいずれか1つを欠失しただけで酵素 α と思われる分子量約100,000のタンパク質は確認できなくなり、プラスチック分解能力も失われることが判明した。遺伝子Cを欠失した場合、やはり酵素 α と思われる分子量約100,000のタンパク質は確認できなくなったが、もとの微生物(野生型)よりも微弱ながらプラスチック分解能を示した。

問1 遺伝子Aを欠失した場合、遺伝子Bと遺伝子Cは転写されなくなった。遺伝子Aはどのような働きをするタンパク質をコードしているのかを40字以内で答えよ。

問 2 遺伝子 B を構成する塩基配列のうち 1 つだけに変異を加える操作を行った。

同じ操作を繰り返し行い、遺伝子 B のいずれかの塩基 1 つだけが他の塩基に置換された変異体群を作成した。それぞれの変異体は以下に示す①～⑤のいずれかの性質に分類することができた。遺伝子 B はどのような機能を持つタンパク質をコードしているのかを 40 字以内で答えよ。

- ① 野生型と同じように酵素 α を生産し、野生型と同じようにプラスチックを分解した。
- ② 酵素 α と思われる分子量約 100,000 のタンパク質が確認できたが活性はなく、プラスチックを分解しなかった。
- ③ 酵素 α と思われる分子量約 100,000 のタンパク質が確認できたが、活性は微弱であり、プラスチック分解能が野生型より劣っていた。
- ④ 酵素 α と思われる分子量約 100,000 のタンパク質が確認されず、プラスチック分解能が野生型より劣っていた。
- ⑤ 酵素 α と思われる分子量約 100,000 のタンパク質が確認されず、プラスチックを分解しなかった。

問 3 問 2 の④に分類された変異体を調べてみると、1 塩基置換が原因で遺伝子 B 由来のタンパク質を構成する特定のアミノ酸が別のアミノ酸に置き換わるような変異が起きていた。そのアミノ酸はシステインであった。複数種類の変異体について試験を繰り返したが、すべて同様の変異が生じていた。システインは S(硫黄)を含むアミノ酸である。このことから問 2 の④の性質が生じた原因を 160 字以内で説明せよ。

問 4 問 2 の⑤に分類された変異体のいくつかを選抜して遺伝子 B の産物である分子量約 70,000 のタンパク質を確認しようとしたが、確認できなかった。変異が加えられているとはいえ、遺伝子 B は確かにそれらの変異体に存在する。なぜこのようなことが起こったのか、理由を 120 字以内で説明せよ。

問 5 遺伝子 C について、問 2 と同様の実験を行った。遺伝子 B の場合とは異なり、変異体群は問 2 の①～⑤のうち 3 つの性質にしか当てはまらなかった。1 つは③の性質であったが、残り 2 つの性質を問 2 の①、②、④、⑤から選べ。

生物問題 II (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

タンパク質は、多数のアミノ酸が直鎖状に結合した分子である。個々のアミノ酸の性質は、その **ア** の構造によって異なり、異なる **ア** を持つ約20種類のアミノ酸がどのような配列で結合しているかによって、タンパク質の種類が決まる。アミノ酸配列は、タンパク質の基本的な構造であり、**イ** 構造と呼ばれる。アミノ酸どうしが結合するときは、あるアミノ酸の **ウ** と別のアミノ酸の **エ** とから1分子の水が取り除かれる。この結合をペプチド結合^(a)という。

多くのタンパク質は、熱を加えたり、pHを変えたりすることによって立体構造が変化し、その性質も変わる。これを変性という。一方、酵素などの機能を持ったタンパク質が、変性によってその機能を失うことを **オ** という。化学反応は一般に、温度が高いほど速く進む。しかし、酵素反応では、温度の上昇とともに反応速度は大きくなるが、さらに温度を上げていくと、反応速度は次第に小さくなり、やがて反応は進まなくなってしまう。このように、酵素反応速度が最大値を示す温度域を **カ** という。また、酵素が最も良く機能するpHの値を **キ** という。このようなpHは、酵素が実際にはたらく環境を反映しており、酵素の種類ごとに異なる。^(b) ヒトの体内の多くの酵素は、ほぼ中性で機能するが、酸性やアルカリ性で最もよく機能する酵素も存在する。

問1 **ア** ～ **キ** に適当な語句あるいは数値を入れよ。

問2 下線部(a)について、グリシンが2個結合した物質を構造式で示せ。グリシンは、**ア** が水素原子であるアミノ酸である。

問3 下線部(b)について、酸性、アルカリ性で最もよく機能する消化酵素を1つずつ答えよ。またそれぞれがはたらく臓器を答えよ。

問 4 カタラーゼという酵素のはたらきを調べるため、表に示すような実験 A, B, C, D, E を行った。(1)～(3)に答えよ。

	3 % 過酸化水素水	水	10 % 塩酸	10 % 水酸化ナトリウム水溶液	肝臓片
A	5 ml	1 ml	0 ml	0 ml	加えない
B	5 ml	1 ml	0 ml	0 ml	そのまま加える
C	5 ml	0 ml	1 ml	0 ml	そのまま加える
D	5 ml	0 ml	0 ml	1 ml	そのまま加える
E	5 ml	1 ml	0 ml	0 ml	煮沸して加える

※ 肝臓片は、乳鉢ですりつぶしたものを同重量用いた。

- (1) 気体が活発に発生した実験が 1 つある。A～E で答えよ。
- (2) 気体の発生した実験において、気体の発生が止まった時に過酸化水素水をさらに加えると、再び気体が発生した。この理由を 60 字以内で説明せよ。
- (3) 気体が全く、あるいはほとんど発生しなかった 4 つの実験について、実験の記号を答え、理由をそれぞれ 30 字以内で説明せよ。

生物問題 III (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ヒトの筋肉は **ア** と **イ** とに大別される。**ア** は内臓や血管を作る不随意筋である。一方、**イ** のうち骨格筋は随意筋であるが、心筋は **イ** でありながら不随意筋である。

骨格筋は筋繊維が束になっており、それぞれの筋繊維は細胞質中に、ミトコンドリアなどととも **ウ** が束として含まれ筋収縮を行っている。**ウ** を電子顕微鏡でみると、明帯と暗帯が交互に配列し、明帯の中央は **エ** で仕切られている。**エ** と **エ** の間は筋節(サルコメア)と呼ばれ、骨格筋が収縮する ^(a)とサルコメアの長さが短くなる。サルコメアの内部には、タンパク質でできた ^(b)太いフィラメントと ^(c)細いフィラメントが規則正しく並んでいる。

骨格筋の収縮は運動神経によって制御されていて、その神経の末端で筋繊維と **オ** を形成している。運動神経を伝わってきた活動電位は、神経繊維の末端から ^(d)神経伝達物質を分泌させる。筋繊維にはその神経伝達物質と結合する受容体があり、神経伝達物質が結合すると、活動電位が発生し、筋繊維全体へ興奮が伝わる。筋繊維に刺激が伝わると、**ウ** を取り囲む **カ** から **キ** が放出され、ある種の分解酵素を活性化し、この酵素の作用によってATPが分解され、そのエネルギーを用いて筋収縮が起こる。

問1 **ア** ～ **キ** に適切な語を入れよ。

問 2 文中の **ア** よりなる筋肉，骨格筋，および心筋について，それぞれの細胞に存在する核の数の正しい組み合わせを，下記の表から選び記号で答えよ。

	ア の筋肉	骨格筋	心 筋
①	1	1	1
②	多 数	1	1
③	1	多 数	1
④	1	1	多 数
⑤	2	1	1

問 3 文中の下線部(a)の状態の場合，太いフィラメントと細いフィラメントはどのような配置になっているか 40 字以内で述べよ。

問 4 文中の下線部(b)と(c)を構成する主要なタンパク質名を答えよ。

問 5 文中の下線部(d)は，副交感神経の末端から主に分泌される物質と同じである。この物質名を答えよ。

問 6 短時間に筋収縮をくりかえすと，筋中の ATP が欠乏する。その場合，不足する ATP はどのようにしてすばやく供給されているかを 80 字以内で述べよ。

生物問題 IV 選択問題(環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問 1 ～ 問 6 に答えよ。

陸上生態系の中で最大の生産者である森林は光合成によって有機物を生産する。(a)有機物は森林の一部となるとともに、エネルギー源として利用される。森林の一部となったもののうち、動物などに利用されたものと、枯れ落ちて地表に供給されたもの(b)を除いた残りが、森林自体の増分(成長量)となる。

陸上植物の乾燥重量の半分近く(約 45 %)が炭素からなっており、植物はそのほとんどを **ア** から得ている。特に森林は地球上の陸地面積の約 1 / 3 を占めており、その半分近くが熱帯林であるとされている。ある試算では、陸上植物の生物量中には、 **ア** 中の二酸化炭素として存在する炭素量の 3 / 4、およそ 550 ギガ(10⁹)トンの炭素が貯えられているとされる。いま、陸上植物の生物量中の全炭素量の 8 割が森林の持ち分であり、全森林の 1 % が人為的に焼き払われ、その生物量の 3 / 4 を占める地上部が完全に燃えつきたと仮定する。このとき **イ** ギガトンの炭素が二酸化炭素となって放出されることになる。この量は化石燃料の燃焼等による放出量の半分近くに相当することになる。

森林の物質生産は大気の二酸化炭素濃度にも大きな影響を与える。図 1 は、北半球の北緯 30 度から 60 度の地域における二酸化炭素濃度の平均的な季節変化を示している。北半球の温帯では、二酸化炭素の濃度はこのような季節変化を示すことが知られている。

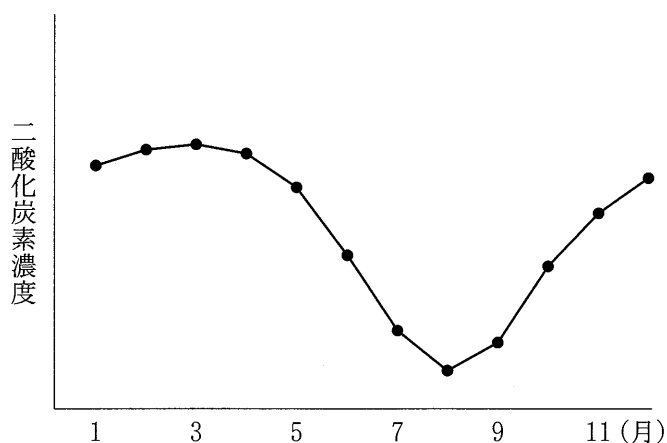


図 1 北半球の北緯 30～60 度の範囲における大気の二酸化炭素濃度の季節変化

出典 気象庁のホームページより一部を改変

問 1 下線部(a), (b)を何と呼ぶかを答えよ。

問 2 ア に入る用語を答えよ。また イ の値を求め、計算式も示せ。

問 3 森林の炭素蓄積量が多い理由を 40 字以内で説明せよ。

問 4 図 1 から読み取れる季節変化を 50 字以内で記述せよ。

問 5 図 1 に示された季節変化がなぜ起きるかを、本文を参考に 100 字以内で説明せよ。

問 6 森林を中心とした物質循環において、植物による炭素と窒素の吸収で大きく異なる点を 200 字以内で示せ。

生物問題 V 選択問題(環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

中生代の地球では、それまで栄えていたシダ植物にかわりイチョウやソテツなどの裸子植物が繁栄した。脊椎動物では、は虫類が地球のあらゆる環境に進出し多様に進化した。その中で、陸上において繁栄した恐竜から鳥類が生まれた。6,500 万年前の白亜紀末には、恐竜などの大型のは虫類がほとんど絶滅する大量絶滅が起こった。

新生代になると、裸子植物にかわって被子植物が多様化をとげた。また鳥類とほ乳類、節足動物の昆虫類も多様化した。被子植物が多様に進化した理由の一つとして、花における送受粉や果実の中にある種子の散布が、これらの動物と密接な関係をもったことが考えられている。

問 1 下線部(a)のように、さまざまな環境に対し多様に種分化が起こる現象を何と呼ぶか答えよ。

問 2 下線部(b)のように、鳥類が恐竜から進化したと考えられるのはなぜか。形態的な特徴を 2 つあげて説明せよ。

問 3 下線部(c)のとき、海中でも、中生代の示準化石となっている無脊椎動物が絶滅した。その動物名を答えよ。

問 4 下線部(c)の原因として考えられている、地球に起こった現象とそれに続く変化について 80 字以内で説明せよ。

問 5 ほ乳類だけがもつ特徴は以下のうちのどれか。正しいものを全て選び、その記号を答えよ。

- ア 卵ではなく子を出産する
- イ 肺で呼吸する
- ウ 心臓が2心房2心室である
- エ 体毛を持つ
- オ 恒温動物である
- カ 乳腺をもち、子に乳を与えて育てる

問 6 下線部(d)のように、複数種の生物が互いに影響しあいながら進化する現象を何と呼ぶか答えよ。

問 7 脊椎動物の中で、は虫類・鳥類・ほ乳類を、魚類・両生類から区別して何と総称するか答えよ。