



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・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、物理あるいは化学は全 4 題を解答し、生物は生物問題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。
4. 工学部を受験する者は、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。
5. 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、4 題を解答しなさい。ただし、化学は全 4 題を、生物は生物問題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。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。

物 理

物理問題 I (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、には適した式を、{ }には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に導出過程も示して答えよ。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1のように、水平な平面上に上面が水平な台車が置かれている。この台車の上面に、底面が $2b[\text{m}] \times 2b[\text{m}]$ 、高さが $2h[\text{m}]$ 、質量が $m[\text{kg}]$ の直方体の物体がのせられている。物体の重心は物体の中心にあり、台車と物体の間の静止摩擦係数は μ とする。

台車が止まっているとき、物体が台車の上面から受ける力は { ア } だけであり、その大きさは イ [N]である。よって、物体と台車の間の最大摩擦力の大きさは ウ [N]である。

台車を大きさ $a[\text{m/s}^2]$ の加速度で右向きに動かしたとき、物体は台車とともに動き、台車上をすべることも転倒することもなかった。このとき、台車上の物体には、台車の加速度とは反対の向きに力がはたらいているように見える。この力は { エ } と呼ばれ、その大きさは オ [N]である。よって、物体が台車上をすべらない条件は $a < \text{カ}$ [m/s²]である。

- 問1 台車の加速度の大きさを $a[\text{m/s}^2]$ から徐々に上げてそれが $a_1[\text{m/s}^2]$ に達したとき、物体は、図1のP点を通して紙面に垂直な軸を中心に回転しはじめ、台車上で転倒した。物体が転倒しはじめるとき、重力によるP点のまわりの力のモーメントと { エ } によるP点のまわりの力のモーメントの関係を示した上で、物体が転倒しはじめるときの加速度 $a_1[\text{m/s}^2]$ の大きさを求めよ。

(2) つぎに、図2のように上面が水平面から θ [rad]傾いた台車に取り替えた。台車と物体の間の静止摩擦係数は μ とする。

台車が止まっているとき、物体は斜面上をすべることも転倒することもなかった。このとき、物体が斜面上をすべらないための条件は、 θ 、 μ を用いると **キ** である。また、物体が転倒しないための条件は、 θ 、 b 、 h を用いると **ク** である。

台車を加速度 a [m/s²]で右向きに動かしたとき、物体は台車とともに動き、台車上をすべることも転倒することもなかった。このときの台車が物体から受ける { ア } の大きさは **ケ** [N]である。また、物体の { エ } の斜面方向の成分の大きさは **コ** [N]、重力の斜面方向の成分の大きさは **サ** [N]である。

問 2 物体が転倒しないと仮定したとき、物体が台車上をすべりはじめるときの加速度を求めよ。

問 3 物体が台車上をすべらないと仮定したとき、物体が転倒しはじめるときの加速度を求めよ。

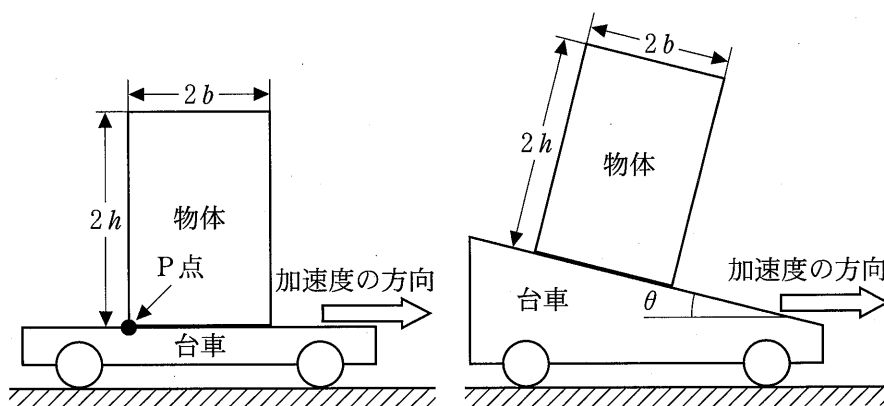


図 1

図 2

物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、
{ } に適したグラフを図2の①～⑥から選び、その番号を解答欄に記入せよ。
さらに、問に導出過程を示して答えよ。

図1のように、抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗、自己インダクタンス $L[H]$ のコイル、電気容量 $C[F]$ のコンデンサー1、電気容量 $2C[F]$ のコンデンサー2、起電力 $V[V]$ の電池、およびスイッチ1、2、3を導線で結んだ回路がある。スイッチ1、2、3は、はじめ開いており、また、コンデンサー1、2には電荷はたくわえられていない。なお、導線の抵抗、電池の内部抵抗およびコイル内の抵抗は無視できるものとする。電池の負極側を接地し、その電位を0とする。

(1) ある時刻にスイッチ1を閉じた。スイッチ1を閉じた直後、A点の電位は ア [V]、抵抗による電圧降下は イ [V] になる。このとき、抵抗を流れる電流 I_1 は ウ [A] である。その後、じゅうぶん時間がたつと、コンデンサー1にたくわえられた電気量は エ [C] になり、抵抗を流れる電流 I_1 は オ [A] になる。また、スイッチ1を閉じてからのA点の電位の時間変化は、{ カ } のようになる。

(2) スイッチ1を閉じてから、じゅうぶん時間が経過したのち、スイッチ1を開き、つづいてスイッチ2を閉じた。スイッチ2を閉じた直後、B点の電位は キ [V] になる。また、抵抗による電圧降下は ク [V] になり、抵抗を流れる電流 I_1 は ケ [A] になる。その後、じゅうぶん時間がたつと、A点の電位は コ [V] になり、コンデンサー2にたくわえられた電気量は サ [C] になる。

問 スイッチ2を閉じてから抵抗で消費されるエネルギーはいくらになるか。

(3) つぎに、スイッチ2を開き、あらためてスイッチ1を閉じた。じゅうぶん時間が経過したのち、スイッチ1を開き、つづいてスイッチ3を閉じた。スイッチ3を閉じた直後にコイルを流れる電流 I_2 は **シ** [A]となり、単位時間あたりの電流の変化量は **ス** [A/s]となる。その後、コイルを流れる電流 I_2 は、時間とともに変化し、その最大値は **セ** [A]である。スイッチ3を閉じてからのA点の電位の時間変化は、{ **ソ** } のようになる。

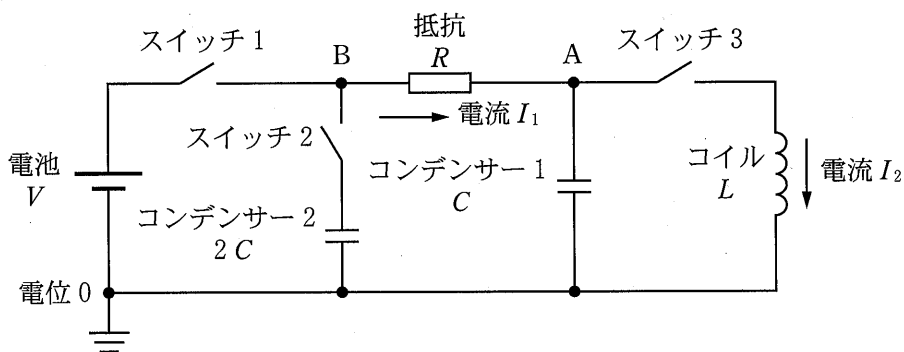


図1

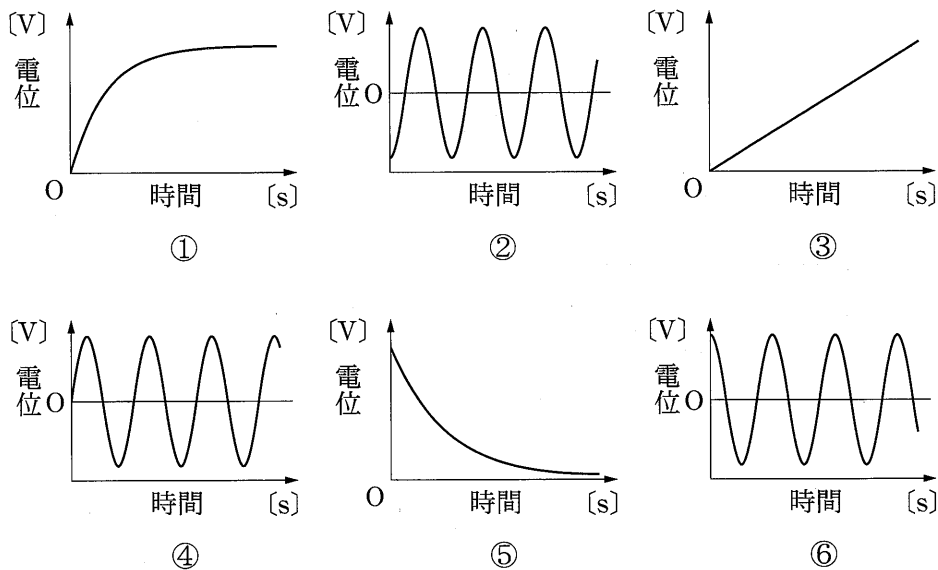


図2

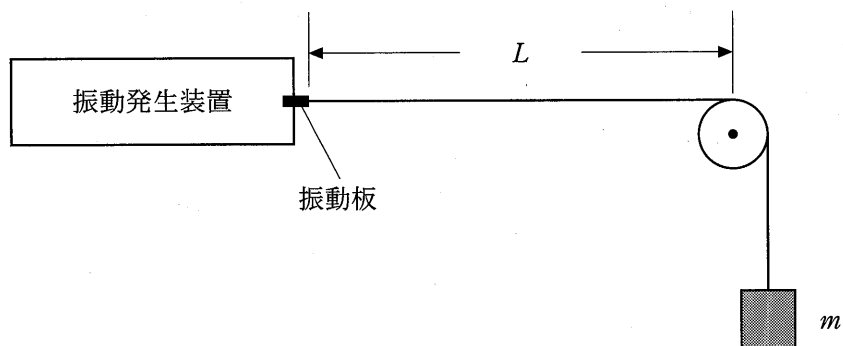
物理問題 III (環境科学部)

次の文を読んで、には適した式を、には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。ただし、問1は導出過程も示し、答えには単位を付けること。

ギターなどの弦が発する音は、弦を強く張るほど高くなる。この関係について調べるため、次のような実験を行った。図のように、振動数を変化させることのできる振動発生装置に長さ L [m] の弦を水平に取り付け、弦を振動させた。また、弦の反対側にはなめらかに動く滑車を介して質量 m [kg] のおもりを取り付け、このおもりにはたらく重力で弦に張力を与えた。

弦に定常波が発生したとき、この振動を { ア } といい、またこのときの振動数を { イ } という。この弦に腹の数が1個の { ア } が発生したとき、この波の波長 λ_1 [m] は ウ である。また腹の数が n 個のとき、波長 λ_n [m] は エ である。弦を伝わる波の速さを v [m/s] としたとき、腹の数が n 個のときの弦の振動数 f_n [Hz] を v と λ_n を用いて表すと オ である。

問1 $L = 0.9$ m の弦を振動数 100 Hz で振動させたとき、腹の数が3個の定常波が発生した。このとき、弦を伝わる波の速さを求めよ。



つぎに、おもりの質量 m を変えて、弦の張力を変化させた。そして、さまざまな質量 m に対して、弦に腹が1個の定常波を発生させ、そのときの振動数 f を記録した。この結果は表に示した通りである。おもりの質量 m が大きくなるにつれ、振動数 f も大きくなった。

問 2 おもりの質量 m と振動数 f の関係をより詳しく検討してみよう。表には、記録した f をもとに f^2 を計算した値も示してある。この表をもとにして、横軸を m 、縦軸を f とするグラフを解答用紙のグラフ 1 に、また横軸を m 、縦軸を f^2 とするグラフを解答用紙のグラフ 2 に描きなさい。なお、縦軸の目盛の数値はかならず記入しなさい。

問 3 問 2 で作成したグラフから、振動数 f とおもりの質量 m の間にはどのような関係があると推測できるか。推測した理由も含めて述べなさい。

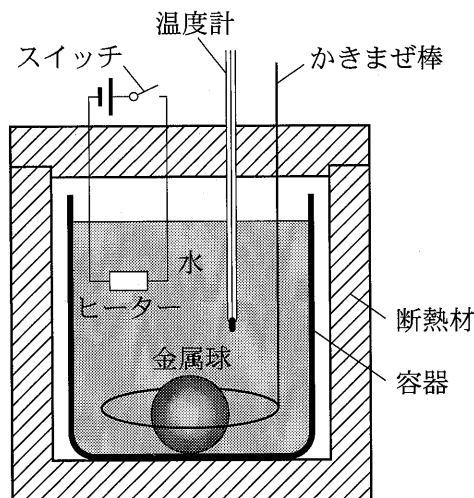
m [kg]	f [Hz]	f^2 [Hz ²]
0.002	22	484
0.005	38	1444
0.010	53	2809
0.020	77	5929
0.030	94	8836
0.040	104	10816
0.050	118	13924
0.060	130	16900
0.070	139	19321
0.080	148	21904

物理問題 IV (環境科学部)

次の文を読んで、には適した式を、{ }には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問に導出過程も示して答えよ。

図のような熱量計を用いて金属球の比熱を測定する実験を行う。実験では、まず熱量計の熱容量を測定したあと、金属球の比熱を測定する。熱量計は容器、かきまぜ棒、温度計および電熱線でできたヒーターを含む装置であり、ヒーターのスイッチを入れると $V[V]$ の電圧で $I[A]$ の電流が流れて容器内の水を加熱することができる。熱量計の外側は断熱材でおおわれており、熱の移動はすべて水、熱量計および金属球の間で起こるものとする。また、以下のすべての実験で比熱は一定とし、水は液体の状態を保つものとする。

- (1) 最初に、熱量計の熱容量を測定する。ヒーターのスイッチを切り、熱量計の中に水を入れてゆっくりかきまぜると、水と熱量計の温度は $T_1[^\circ\text{C}]$ で一定となった。この状態からヒーターのスイッチを入れて時間 $t[\text{s}]$ の間電流を流したあと、再びスイッチを切った。この間にヒーターは [J] の熱量を発生した。このよう



に、電熱線のような導体に電流が流れるときに発生する熱を { イ } と呼ぶ。再びスイッチを切ったあと、水をゆっくりかきまぜると、水と熱量計の温度は T_2 [°C] で一定となった。このとき、ヒーターが発生した熱量がすべて水と熱量計に与えられたとすると、水と熱量計の熱容量の合計は [J/K] となる。また、ヒーターが水に与えた熱量は、水の比熱を c_1 [J/(g·K)]、質量を m_1 [g] とすると [J] であるので、ヒーターが熱量計に与えた熱量は [J] となる。したがって、熱量計のみの熱容量は [J/K] と求められる。

(2) つぎに、金属球の比熱を測定する。(1)の実験で、水と熱量計の温度が T_2 [°C] で一定となったあと、水の中に温度 T_3 [°C] (ただし $T_3 > T_2$) に加熱した質量 m_2 [g] の金属球を沈めた。水をゆっくりかきまぜると、水と熱量計、および金属球の温度は T_4 [°C] で一定となった。このように、温度の異なる複数の物体を接触させたときに、やがて、それぞれの物体の温度が等しくなり、一定となる状態を { キ } と呼ぶ。このとき、水と熱量計が金属球から得た熱量の合計は [J] である。一方、金属球の比熱を c_2 [J/(g·K)] とおくと、金属球が水と熱量計に与えた熱量の合計は c_2, T_3, T_4, m_2 を用いて [J] である。 と が等しいことから、金属球の比熱 c_2 は [J/(g·K)] と求められる。

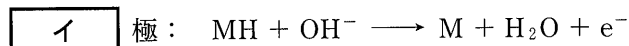
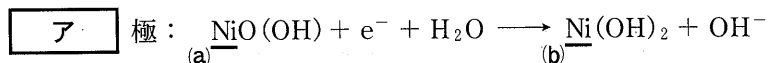
問 水と熱量計の温度が 20 °C で一定となったあとに、温度 100 °C、質量 140 g の金属球を入れ、水をゆっくりかきまぜたところ、水と熱量計、および金属球の温度は 30 °C で一定となった。この金属球の比熱を求めよ。ただし、熱量計の熱容量を 60 J/K、水の質量を 200 g、水の比熱を 4.2 J/(g·K) として有効数字 2 桁で答えよ。

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、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を、気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ を、ファラデー定数として $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。

近年のハイブリッドカーの普及を支えているのは、容量の大きい二次電池の開発であり、従来の鉛蓄電池に代わる大型のニッケル水素電池が搭載されている。ニッケル水素電池は、オキシ水酸化ニッケル $\text{NiO}(\text{OH})$ が **ア** 極、水素単体が **イ** 極となっており、電解質は濃水酸化カリウム水溶液 (6 mol/L 程度) である。水素単体はそのままでは気体であり、電池に封入することができないので、特殊な金属に吸収させてある。両極をつなぐと、



(M は水素単体を吸収する金属で、金属中の水素の酸化数は、 H_2 と同じ 0 である。)

の反応が起こり、電気が流れる。充電の際は逆反応が起きて、両極の状態は元に戻る。

もし充電が完了したあとさらに電流を流すと、電解質溶液中の 水酸化物イオンが酸化を受け、酸素ガスが発生し、そのままでは電池が破裂してしまう。 実用上は、この反応が起きる **ア** 極の方が早く飽和するようにしてある。これによって、生じた酸素ガスが **イ** 極に移動し、そこで金属中の水素と反応して水になり、圧力上昇を避けることができる。

問 1 ア , イ に入る適切な文字を記せ。また下線部(a)と(b)のニッケル原子の酸化数をローマ数字で記せ。酸化数には正負の符号も付けること。

問 2 下線部(c)と(d)の反応の反応式をそれぞれ記せ。電子は e^- で記せ。

問 3 あるニッケル水素電池の容量は、2500 mAh (2500 mA の電流を 1 時間流すことができる) と表示されていた。この電池 1 個から供給できる電気量を単位 C (クーロン) で求め、有効数字 3 桁で示せ。計算過程も記せ。

問 4 問 3 の電池について、使用前の電池に吸収されている水素をすべて水素単体の気体として回収した。回収した水素の標準状態における体積を求め、有効数字 3 桁で示せ。計算過程も記せ。なお、両極の容量は等しいものとする。

問 5 $\text{NiO}(\text{OH})$ や $\text{Ni}(\text{OH})_2$ は濃水酸化カリウム水溶液に溶解しないので、二次電池の電極として使用できる。では下記の水酸化物は濃水酸化カリウム水溶液に對しどう変化するだろうか。水酸化物イオンに対する反応式を記せ。また濃アンモニア水に対する反応について、同様に反応式を記せ。いずれについても、変化が起きない、または起こりにくい場合は「変化なし」と答えよ。

水酸化アルミニウム

水酸化鉄(Ⅲ)

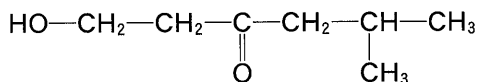
水酸化銅(Ⅱ)

水酸化亜鉛

問 6 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ は溶液の pH が小さくなると、 Ni^{2+} イオンとなって溶解する。溶解時には、他の金属塩と同じように溶解度積(K_{sp})に従って濃度が変化する。 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の溶解度積は、 $1.6 \times 10^{-16} (\text{mol/L})^3$ である。溶液の pH が 13.0 のときと 8.3 のとき、溶液中に溶解しうる Ni^{2+} イオンの濃度をそれぞれ求め、有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。なお、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の量は十分にあり、平衡に達するまで Ni^{2+} イオンが溶解できるものとする。

化学問題 II (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問9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, Na = 23.0を用いよ。また、解答の構造式は、光学異性体を区別せず、下の例にならって記せ。



構造式の例

組成式がC₂H₄OのエステルAがある。1 molのエステルAを加水分解すると、1分子に1個のカルボキシル基(カルボキシ基)をもつカルボン酸Bと、化合物Cとが、それぞれ1 mol得られた。カルボン酸Bと化合物Cは共に水によく溶けた。

1.20 gのカルボン酸Bを水に溶かして全量を100 mLとし、この水溶液10.0 mLをはかり取り0.200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、図1のよ
(a)
うな滴定曲線が得られた。

9.00 gの化合物Cを1.00 kgの水に溶かしたところ中性の溶液が得られ、その凝固点は18.00 gのグルコースを1.00 kgの水に溶かしたときと等しくなった。

問1 下線部(a)の滴定を開始する時点で、ビュレットの液面は図2のようになっていた。このときのビュレットの読みを記せ。

問2 下線部(a)の滴定を5回繰り返したところ、中和点における滴下量として次の表のような値が得られた。この実験結果から、中和に必要な滴下量としてどのような値を用いるのが適当と考えられるか。その値を、理由と共に記せ。

実験	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
滴下量(mL)	10.25	10.03	9.95	10.05	9.97

問 3 カルボン酸 B の分子量を求め、整数値で示せ。計算過程も記せ。

問 4 カルボン酸 B の構造式を記せ。

問 5 図 1 で水酸化ナトリウム水溶液の滴下量が 5 mL 付近では 1 mL 付近に比べて、滴下量の増加に対し pH の変化が小さい。その理由を説明せよ。

問 6 化合物 C の分子量を求め、整数値で示せ。計算過程も記せ。

問 7 化合物 C の分子式を記せ。

問 8 1 mol の化合物 C は単体のナトリウムと反応し、1 mol の水素分子を生じた。また化合物 C を希薄硫酸溶液中でニクロム酸カリウムにより酸化すると、アルデヒドを生じた。これらのことと化合物 C の分子式から、光学異性体を区別しなければ、化合物 C としては 5 種類の構造が考えられる。その構造式をすべて記せ。

問 9 エステル A は光学活性を示すことがわかった。これに対し、化合物 C は光学活性を示さないことがわかった。エステル A の構造式を記せ。

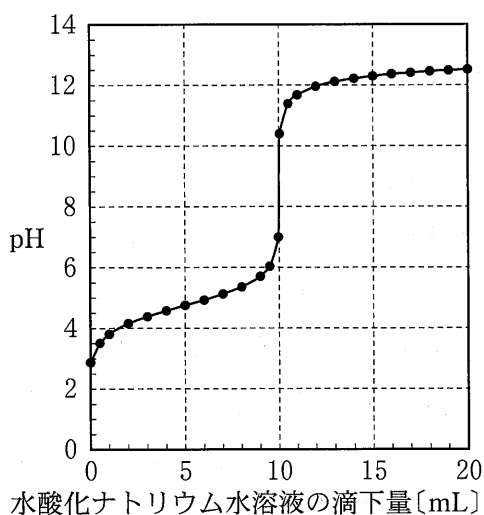


図 1

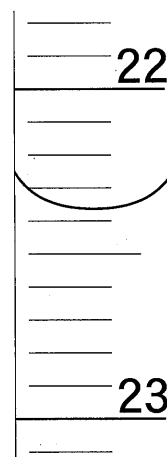


図 2

化学問題 III (環境科学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。

カルボキシル基(カルボキシ基)などの酸性の基を多く持っている合成樹脂に、 Na^+ のような陽イオンが含まれる水溶液を通すと、樹脂の $-\text{COOH}$ 基から H^+ がとれて水溶液中に入る。一方、陰イオンになった樹脂の中の $-\text{COO}^-$ には、水溶液中の Na^+ が結合する。このように陽イオンを別の陽イオンに交換する働きを持つ樹脂を、陽イオン交換樹脂という。この交換反応は、可逆反応である。

多くの土壌は、陽イオン交換樹脂と同じように、土壌表面に結合する陽イオンを交換する能力がある。この能力(陽イオン交換能)は、土壌がもっている負電荷の物質質量、すなわち結合できる H^+ の物質質量であらわすことができる。

自然の雨水には大気中の二酸化炭素が溶けているので、pH 5.6程度の弱い酸性を示す。しかし、近年はさまざまな汚染源から排出される窒素酸化物などの影響で、より酸性が強い雨(酸性雨)が観測されている。酸性雨に含まれる H^+ は、土壌のもつ陽イオン交換能により、 Ca^{2+} など他の陽イオンと交換して土壌に結合する。そのため、土壌は酸性雨に対して緩衝作用を持つ。いま、ある地域に分布する土壌の陽イオン交換能を調べるために、以下の実験を行った。

実験 土壌 5.00 g に 1.00 mol/L 酢酸アンモニウム水溶液 10.0 mL を加えて十分振り混ぜたのち、ろ過して沈でんを分離した。この沈でんには、結合している陽イオンがすべて NH_4^+ に交換された土壌のみが含まれる。

次に、この沈でんに 1.00 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 加えて十分振り混ぜたのち、ろ過して上澄み液(溶液 A)を分離した。この操作で、土壌に結合していた NH_4^+ はすべて Na^+ と交換し、上澄み液(溶液 A)に移動した。

溶液 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えてただちに加熱すると、気体のアンモニアが発生した。そこで、三角フラスコに 0.100 mol/L 硫酸 5.00 mL を入れ、加熱で発生した気体のアンモニアをすべて吸収させた。その後、この溶液を 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、8.00 mL で中和点に達した。

- 問 1 下線部(a)として二酸化窒素，硝酸，一酸化窒素がある。この他にアンモニア，窒素分子が空气中に存在する。これら五つを，窒素原子の酸化数が大きい順に左から並べよ。
- 問 2 下線部(b)の反応の化学反応式を示せ。
- 問 3 下線部(c)の溶液を中和するために必要な 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の体積を，有効数字 3 桁で示せ。
- 問 4 下線部(d)の操作で中和された硫酸の物質量を有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。
- 問 5 実験に用いた土壤が分布している地域の 1.00 m^2 の地表面を考える。この地域の 1 年間の平均降水量は 1500 mm である。1 年間に降った雨水のすべてが pH 4.0 であった場合，雨水によって地表面に供給される 1 年間の H^+ の物質量を有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。なお降水量とは，降水がすべて地表にたまったと仮定したときの水深をあらわす。
- 問 6 問 5 の地域では，実験に用いた土壤が深さ 30 cm まで均一に分布している。また，土壤の密度は 1.10 g/cm^3 である。この地域に pH 4.0 の雨水が毎年 1500 mm 降るとき，土壤の表面に結合する陽イオンがすべて H^+ に置きかわるまでの年数を，有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。ただし，土壤に最初から結合している H^+ はなく，土壤の量は変動しないものとする。また，土壤は雨水中の H^+ とのみ陽イオンの交換反応を行い，雨水中の H^+ は飽和されるまですべて土壤に結合して離れないものとする。

化学問題 IV (環境科学部・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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $I = 127$ を用いよ。

ビタミンCは分子式 $C_6H_8O_6$ で表され、**図1**に示す構造をもつ。その化合物名をアスコルビン酸という。アスコルビン酸は、医薬品、食品添加剤、酸化防止剤として広く利用されている。グルコースを原料として、アスコルビン酸の工業的な生産が行われている。その工程には、化学合成反応と微生物を用いた反応が利用されている。まず、ニッケル Ni を触媒として鎖状(鎖式)構造のグルコースに水素 H_2 を付加し、^(a)ソルビトールという化合物を得る。微生物内の酵素を利用した酸化反応により、^(b)ソルビトールからソルボースという化合物を合成する。ソルボース以降の反応には化学合成を用いて、アスコルビン酸を合成する。

アスコルビン酸は強い還元作用を持つため、生体内で様々な酸化還元反応に関与する。アスコルビン酸は酸化されると、分子1個につき水素原子2個を失い、デヒドロアスコルビン酸になる。このアスコルビン酸の強い還元作用を利用して、食品中のアスコルビン酸量を決定することができる。その方法の一つでは、アスコルビン酸を含む試料溶液にデンプンを加えてから、ヨウ素 I_2 を含む水溶液で滴定し、^(c)ヨウ素デンプン反応でわずかに青い色がついたところを終点とする。

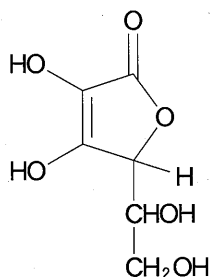
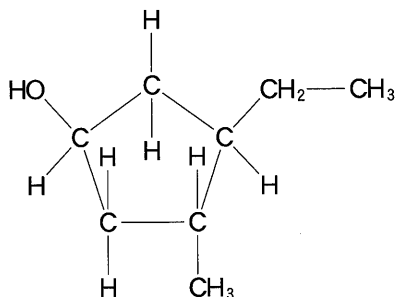
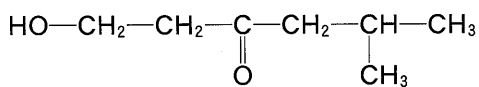


図1 アスコルビン酸の構造

問 1 α -グルコースの構造式を下の例にならって示せ。



問 2 ソルビトールは銀鏡反応を示さない。このことと下線部(a)をもとに、ソルビトールの構造式を下の例にならって示せ。ただし、光学異性体は考えなくてよい。



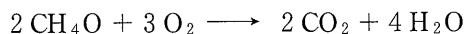
問 3 下線部(b)について以下の問に答えよ。

- i) 酵素を構成する主要な四つの元素の名称をすべて答えよ。
- ii) 酵素はどのようなはたらきをもつか、20字以内で説明せよ。
- iii) 酵素は変性により、その活性を失う。変性とはどのようなことか、水素結合と立体構造という語を用いて説明せよ。

問 4 アスコルビン酸とグルコースは水によく溶ける。下記の語をすべて用いて、その理由を説明せよ。

語： ヒドロキシ基 極性 水分子

問 5 下線部(c)で、ヨウ素 I_2 を含む水溶液を滴下したときに起こる酸化還元反応を、次の式1にならって記せ。



式 1

問 6 オレンジジュース中のアスコルビン酸量を求めるために、以下の操作を行った。まず、オレンジジュースをうすめて、正確に 10 倍の体積にした。その 10.0 mL を、 2.50×10^{-4} mol/L のヨウ素 I_2 を含む水溶液で滴定したところ、終点までに 8.40 mL を要した。

i) ホールピペットではかりとったオレンジジュース 10 mL をうすめて、できるだけ正確に 10 倍の体積にしたい。それに必要な実験器具として最も適切なものを下の(ア)~(オ)から一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 100 mL ビーカー
- (イ) 100 mL ホールピペット
- (ウ) 100 mL メスピペット
- (エ) 100 mL メスシリンダー
- (オ) 100 mL メスフラスコ

ii) このオレンジジュース 100 mL に含まれるアスコルビン酸の質量を求めよ。計算過程も記せ。解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。ただし、ヨウ素はアスコルビン酸のみと反応したものとする。

(下 書 用 紙)

生 物

生物問題 I (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物の細胞内部で、生体分子は拡散または によって移動している。しかし、これらの方法は長距離の輸送には適していないため、細胞の大きさには限界があり、真核生物では卵細胞や神経細胞などの例外をのぞき、通常 μm 程度の大きさである。多細胞生物、特に大型の種は、体の中を酸素、水、栄養素などがすみやかに移動できるような専用の経路を持つのが普通である。

動物の場合、その働きをになうのは心臓・血管などの である。ニワトリでは、ふ卵開始後21日でヒナが誕生するが、発生が始まってから2日後には早くも血管が形成され、心臓が拍動をはじめ。こうして、大きな卵黄から胚へ効率よく栄養を送るのである。キリンでは頭が心臓から2mも高い位置にあるため、その心臓は人間の心臓の約2倍(大気圧の約1/3)の圧力で血液を送り出している。

陸上植物では、 がその働きをになう。陸上植物の根は根毛の表面から水を吸収し、その水を次々に根の中心方向へ送り、最終的には に吸い込まれ、その中を通過して上方へと押し上げられる。吸収した水を押し上げる力を といい、最大で約0.2 MPa(大気圧の約2倍)にもなる。ヘチマ水やサトウカエデの樹液(メープルシロップ)の採取はこれを利用したものである。一方、植物の上部では葉などからの により水が失われるので、細胞内の が上昇し、 の中にある水を細胞へ取り込む。 の力と水自体の によって、植物は動物よりもずっと高い位置にまで水を輸送することが可能であり、世界一高い樹木は約100mにもなる。

問1 および ～ に適した語を入れよ。

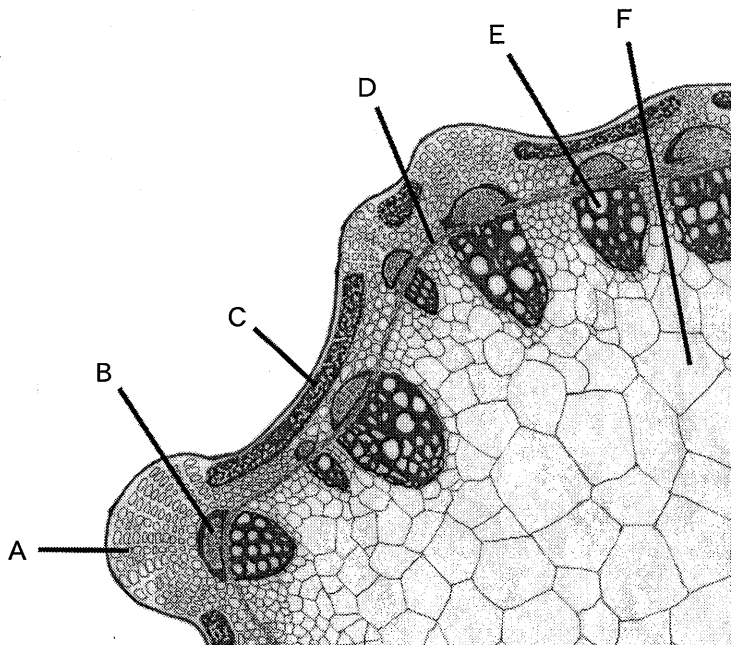
問 2 に入る数字を下から選べ。

0.01～1 1～100 100～500 500～1000

問 3 植物細胞はどのような状態の時に吸水力を生じるか，説明せよ(根に限らなくてよい)。図を描いてもよい。

問 4 根の表面から吸収された水が植物体内で に向かって移動するのは，
 中の液体に周辺細胞よりも高濃度の溶質が含まれているためである。このような濃度の違いはどうして生じると考えられるか。50字以内で説明せよ。

問 5 あゆみさんは，水が植物のどの組織を通して吸い上げられるのか確かめるため，赤インクで着色した水を吸わせたヨモギの茎の切片を作成し，顕微鏡で観察した。下の図の中で，赤く染まった組織はどこか。記号で答えよ。なお，ヨモギの茎には細かい毛があるが，図では省略している。



生物問題 II (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。

遺伝子の本体であるDNAは、その遺伝情報にもとづいてタンパク質合成を支配し、それぞれの生物に特有な形質を発現する。ユスリカやショウジョウバエなどの幼虫の液腺細胞には、ふつうの体細胞には見られない巨大な染色体が存在する。この染色体には多数の横じまが観察され、その数や位置などは染色体ごとに決まっている。このような横じまは **ア** がある位置に対応していると考えられている。この染色体にはところどころに **イ** とよばれる膨らんだ部分が見られるが、これはDNAから **ウ** への **エ** が盛んに行われていることを示している。

イ が生じる位置は、脱皮の前後や、幼虫期と蛹化の時期など、幼虫の発生段階に応じて変化する。また、幼虫の脱皮や蛹化を促進するホルモンである **オ** をユスリカの幼虫に注射すると、蛹化の時期に見られるものと同じ **イ** が観察される。このホルモンは、次のようなしくみで作用を現していると考えられている。まず、前胸腺から分泌された **オ** は標的細胞の中に入り、**カ** と結合する。ホルモンと **カ** の複合体は、**キ** に移動し、染色体上の標的 **ア** の **ク** に結合する。その結果、脱皮や蛹化に関係する **ア** の **エ** が活性化する。このようなホルモンによる遺伝子発現の調節機構は、脊椎動物でも同じように働いていると考えられている。

問1 **ア** ～ **ク** に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、この染色体を何と呼んでいるか答えよ。また、この染色体が普通の染色体よりも大きい理由を下記から選び、記号で答えよ。

- a 染色体に多量のタンパク質が結合しているため。
- b 染色体でタンパク質合成が起こっているため。
- c 繰り返して複製された染色体が分離しなかったため。
- d 染色体に多量の脂肪が結合しているため。

問 3 下線部(a)について、この染色体の観察方法を簡潔に説明せよ。

問 4 下線部(b)について説明した次の文中の ～ に適当な語句を入れよ。

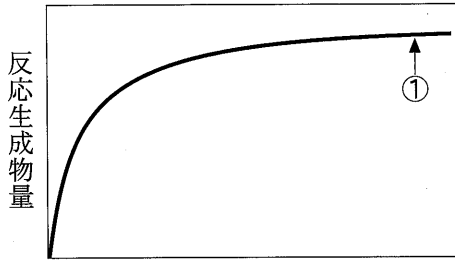
キイロショウジョウバエで、この染色体の横じまを利用してつくられた染色体地図と、組換え価をもとにつくられた染色体地図を比較した場合、 の は両者でよく一致するが、 は必ずしも一致していない。これは、染色体の場所によって の起こりやすさが違うからだと考えられている。

問 5 下線部(c)について、どのような実験を行ったら証明できるか簡潔に答えよ。

問 6 下線部(d)について、発生と遺伝子の関係にどのようなことがいえるか答えよ。

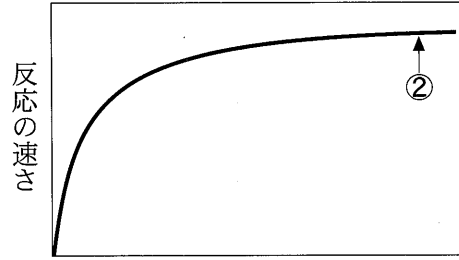
生物問題 III (環境科学部・人間文化学部)

酵素反応に関する以下の図について、問1～問8に答えよ。



反応時間

図1



基質濃度

図2

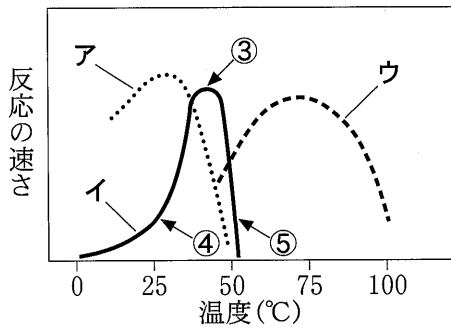


図3

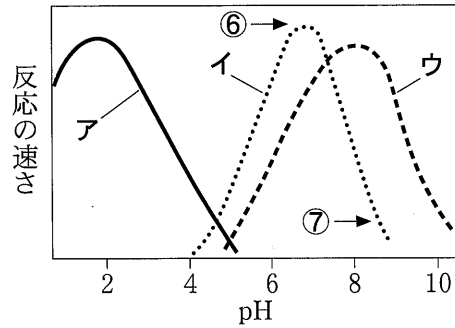


図4

問1 ある酵素反応での反応の時間経過は図1のようになった。①はどのような状態か、20字以内で説明せよ。

問2 図2の②では、酵素はどのような状態となっているか。20字以内で説明せよ。

問3 図3のア～ウのグラフは、ヒト、温帯の昆虫、好熱細菌(温泉など高温下に生息する細菌)に由来する酵素の温度に対する依存性を示している。これらの生物に当てはまるグラフをそれぞれ選び、記号で答えよ。またその理由を述べよ。

問 4 図 3 のイのグラフにおける, ③の状態の温度を何と呼ぶか, 答えよ。

問 5 図 3 のイのグラフにおいて, ④, ⑤の状態は③の状態より活性は低くなっているが, その理由は異なっている。どのように異なるのか説明せよ。

問 6 図 4 のア～ウはヒトに由来する 3 種の消化酵素のグラフである。それぞれ考えられる酵素名を挙げよ。

問 7 図 4 のイのグラフにおける, ⑥の状態の pH を何と呼ぶか。

問 8 図 4 のイの酵素を一度⑦の pH に調整した後, すぐに⑥の pH で反応を行うと, 反応の速さはどうなると考えられるか。次の文章に続けて, 文章を加えることで説明せよ。

調整した pH が酵素の変性(失活)を伴う場合と伴わない場合の二通りが考えられる。

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5に答えよ。

ある山で、学生的美緒さんと康介君は植物と昆虫の調査を行なった。近接する2ヶ所の調査地AとBはともに30年前に同じ密度で植えられたスギの植林であるが、その後の間伐(間引き)によって今ではその状態に違いがあり、調査結果は以下のようであった。

- ① Aには20m四方の調査区の中にスギの木が68本あり、その幹の直径の平均は23cmであった。Bには同じ形の調査区の中にスギの木が20本あり、その幹の直径の平均は31cmであった。
- ② スギ以外に生えている草と低木の量を調べたところ、Aにはシロダモ、ヒサカキなどの常緑樹(照葉樹)のみが少数みられ、出現種数は4種、4種の被度の合計は1%であった。Bには多数の常緑樹と落葉樹、および草がみられ、出現種数は53種、53種の被度の合計は90%であった。
- ③ ピットフォールトラップ(プラスチック製のコップを地面に埋め、地表を歩く昆虫が落ちるようにしたワナ)を用いて地表を歩く昆虫の調査をおこなったところ、Aでは出現種数は2種、個体数は6個体で、Bでは8種、39個体であった。

問1 結果①のようにAとBで直径に違いが出ているのはなぜか、説明せよ。

問2 結果②で種数・被度の合計に違いが生じたのは、林内のどのような環境の違いによっているのか、考えられることを書け。

問3 結果②で、常緑樹はA、Bの両方に見られたが、落葉樹と草はBにしか見られなかった。それはどのような理由によるか。光合成の特性の違いを示すグラフを描き、そのグラフに基づいて説明せよ。

問 4 調査地が属している森林群系は何か，出現種をもとに答えよ。

問 5 結果③で昆虫の種数に違いが生じた理由として考えられることを，相互作用という語を用いて説明せよ。

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6に答えよ。解答の数値は四捨五入して小数第2位まで求めよ。

有性生殖をする2倍体の生物の集団が対立遺伝子Aとaを含み、Aとaの遺伝子頻度がそれぞれpとqのとき($p + q = 1$)、下にあげる5つの条件がすべて満たされるなら、次世代の遺伝子型頻度は：

$$AA : Aa : aa = \boxed{\text{ア}} : \boxed{\text{イ}} : \boxed{\text{ウ}}$$

となる。これをハーディ・ワインベルグの法則という。

ハーディ・ワインベルグの法則の成り立つ条件

- (1) 交配は任意に(無作為に)行われる。
- (2) 集団の個体数が非常に多い。
- (3) 突然変異が起こらない。
- (4) 移出入などによる遺伝子の流入・流出はない。
- (5) 自然選択がはたらいていない。

上記の条件が成立していなければ、対立遺伝子頻度は変化し、進化が起こることになる。

なお、下の問で想定する集団は有性生殖をする2倍体の個体からなり、遺伝子型によらず雌雄の比は1：1であり、特にことわらない限り、上記の(1)～(5)の条件が成り立っているものとする。また、世代の重なりはなく、交配は同じ世代の個体同士の間で行われるものとする。

問1 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる遺伝子型頻度をpとqを使って答えよ。

問2 自然選択による進化のしくみを「表現型」、「繁殖力や生存力」、「対立遺伝子」という語句をすべて使って説明せよ。

問 3 ある集団において、対立遺伝子 A と対立遺伝子 a によって決まる表現型 [A] と [a] の比率が

$$[A] : [a] = 9 : 16$$

だった。ハーディ・ワインベルグの法則が成立しているとする、この集団における対立遺伝子 A の頻度はいくらか答えよ。なお、対立遺伝子 A は対立遺伝子 a に対して完全に優性であるとする。

問 4 問 3 の集団のある世代の個体が成長して繁殖できるようになる前に、遺伝子型 aa の個体に特異的に感染・発症する病原体が急激に広がり、遺伝子型 aa の個体は繁殖に参加することなくすべて死亡したとする。この病原体の感染の起こった世代のつくる配偶子における対立遺伝子 A の頻度はいくらになるか答えよ。なお、遺伝子型 AA と遺伝子型 Aa の死亡率は変わらないものとする。

問 5 隣り合った 2 つの島があり、片方には遺伝子型 BB の個体のみ、もう一方には、遺伝子型 bb の個体のみが生息していたとする (B と b は対立遺伝子である)。あるとき、海水面が低下し 2 つの島は陸続きになり、2 つの島の集団は完全に混ざりあった。この集団の融合が起こった時点での、対立遺伝子 B と対立遺伝子 b の比率は、 $B : b = 2 : 3$ だった。集団の融合後、交配は遺伝子型にかかわらず任意に (無作為に) 行われた。ところが、次世代の遺伝子型 Bb の個体は不妊となり、配偶子を形成することができなかった。融合が起こった世代の次の世代のつくる配偶子における対立遺伝子 b の頻度はいくらか答えよ。なお、遺伝子型 BB と遺伝子型 bb の死亡率および配偶子生産能力は変わらないものとする。また、遺伝子型 BB と遺伝子型 bb の個体同士を別種とみなすかどうかは、ここでは問題にしないものとする。

問 6 問 5 と同じ条件で、2 つの集団が融合してから十分長い時間がたち、多数の世代を経た後では、対立遺伝子 B の頻度はいくらになっているか答えよ。