



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(19～30 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 4 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，全 4 題を解答しなさい。
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，全 4 題を解答しなさい。
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、 に適した数値または式を解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。ただし、問2には導出過程も示せ。なお、すべての運動は左右方向のみに生じるとし、右向きを正とする。また、床は水平であり、床と力学台車の間の摩擦は無視できる。さらに、ボールの速度はじゅうぶんに大きく、その落下運動は無視できるものとする。

図1のように、力学台車にボールの発射装置を取り付け、ここから右向きにボールを速度 v [m/s] で発射したところ、力学台車は静止状態から左向きに移動を開始した。この現象を力学的に考えてみよう。いま、発射したボールの質量は m [kg] であり、ボールの発射には微小時間 Δt [s] を要し、この間にボールに加えられた平均の力を \bar{F} [N] とする。発射前のボールの運動量は ア [kg·m/s]、発射後の運動量は イ [kg·m/s] であるから、ボールに加えられた力積 $\bar{F}\Delta t$ [N·s] を m と v を用いて表すと ウ [N·s] となる。これらより、ボールに加えられた力の反作用として力学台車に加えられた平均の力を m 、 v 、 Δt を用いて表すと エ [N] となり、力学台車が左向きに移動したことが説明できる。

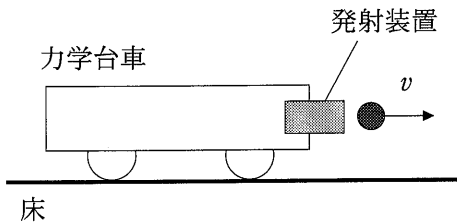


図1

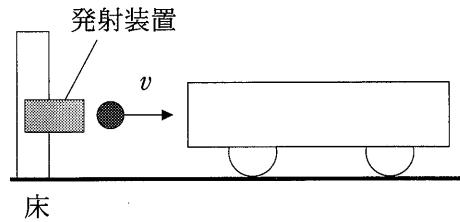


図2

つぎに、図2のように床に取り付けた発射装置からボールを右向きに速度 v [m/s] で発射し、発射装置の右側で静止している力学台車に衝突させた。ボールおよび力学台車の質量はそれぞれ m [kg] および M [kg] である。いま、反発係数 e が 1 より小さい衝突が生じ、衝突後のボールおよび力学台車の速度はそれぞれ v' [m/s] および V' [m/s] であった。反発係数 e を用いて v 、 v' および V' の関係を書くと **オ** となり、また運動量保存の法則より **カ** が成立する。これらの2式より、 $v' =$ **キ** および $V' =$ **ク** を得る。これらより、この衝突に微小時間 Δt [s] を要したとき、力学台車およびボールに加わった力積を m 、 M 、 v 、 e を用いて表すとそれぞれ **ケ** [N・s] および **コ** [N・s] である。

問 1 上述した衝突の前後で、ボールと力学台車の運動エネルギーの和は保存されるか否か。判断する理由も含めて 30 字以内で述べよ。

問 2 図3のように力学台車上に発射装置を取り付け、力学台車上右側に垂直に固定した反射板に向けてボールを発射したところ、反射板のところで反発係数 e が 1 より小さい衝突をした。床の上に静止している立場から見た発射直後のボールの速度を v [m/s]、ボールの質量を m [kg]、発射装置および反射板を含めた力学台車の質量をあらためて M [kg] とする。ボールの発射前には力学台車は静止していたものとして、ボールが反射板に衝突する直前の力学台車の速度 V_1 [m/s] およびボールが反射板に衝突した直後の力学台車の速度 V_2 [m/s] を求めよ。

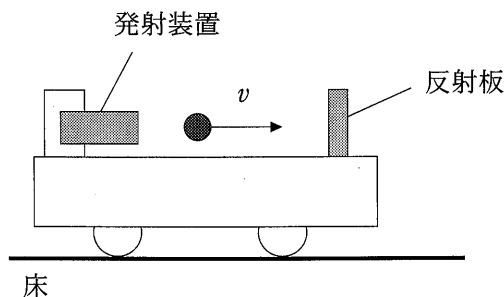


図 3

物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問 1 および問 2 に答えよ。なお、円周率を π とする。

- (1) 図 1 に示すように、直径 d [m]、長さ l [m] で、質量 m [kg]、電気抵抗 R [Ω] の均質な円柱導体 1 を、水平に保持された絶縁体から、軽くて電気抵抗の無視できる 2 本の平行な導線をつるしたブランコがある。円柱導体 1 はその直径 d [m] に比べて長さ l [m] がじゅうぶん長い。円柱導体 1 は水平に保持されており、導線とはその両端で接続されている。ブランコの上端は、起電力 E (V) で内部抵抗 r [Ω] の電池に電気抵抗の無視できる導線で接続されており、全体として円柱導体 1 が導線を介して電池に接続された回路となっている。ブランコは、その上端を支点として振れることができるが、それ以外の導線や導体は変形しないものとする。また、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。

このとき、円柱導体 1 に流れる電流は ア [A] である。また、円柱導体 1 の抵抗率は イ [$\Omega \cdot \text{m}$] である。

- 問 1 このブランコに対して、鉛直方向に一樣な磁界を加えたところ、ブランコは図 1 に示すように振れ、鉛直方向から 30° 傾いて静止した。このときに加えた磁界の向きは上向きか下向きかを、理由をつけて答えよ。さらに、その磁界の磁束密度 [T] を、 E 、 r 、 R 、 l 、 m 、 g を用いて表せ。ただし、解答欄には導出過程も記入せよ。

図 1 の回路で、円柱導体 1 を取り外し、そのかわりに、それと同じ材質でできた直径 $2d$ [m]、長さ l [m] の均質な円柱導体 2 を取り付けた。この円柱導体 2 の質量は ウ [kg] である。また、円柱導体 2 の電気抵抗は エ [Ω] であるので、それを流れる電流は オ [A] となる。

問 2 円柱導体 2 を取り付けけたブランコに対して、向きと磁束密度が問 1 と同じ磁界を加えたところ、ブランコは鉛直方向から角度 θ [°] だけ傾いて静止した。この角度 θ [°] の正接 ($\tan \theta$) の値を、 r および R を用いて表せ。ただし、解答欄には導出過程も記入せよ。

(2) 図 2 に示すような、断面積 S [m²]、長さ l' [m]、透磁率 μ [N/A²] のじゅうぶん長い鉄しん全体に、導線を 1 m あたりの巻き数 n [/m] で密に巻いたコイルがある。このコイルに電流 I [A] が流れている場合、コイル内部の磁界の強さは [A/m] であるので、コイルを貫く磁束は [Wb] である。いま、短い時間 Δt [s] の間に、このコイルに流れている電流が ΔI [A] だけ変化したとすると、 Δt 間のコイルを貫く磁束の変化量は [Wb] となる。したがって、コイルの巻き数が nl' であることを考慮すると、この Δt 間にコイルに発生する誘導起電力 V [V] は、ファラデーの電磁誘導の法則より、 [V] となる。一方、このコイルの自己インダクタンスを L [H] とすると、それと誘導起電力 V [V] との間には、

$$V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

の関係がある。以上より、このコイルの自己インダクタンスは、 S 、 l' 、 μ 、 n を用いて [H] と表される。

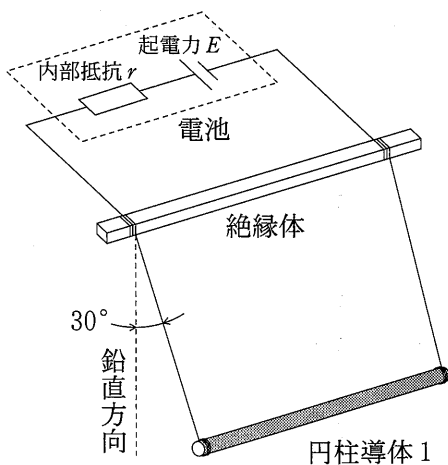


図 1

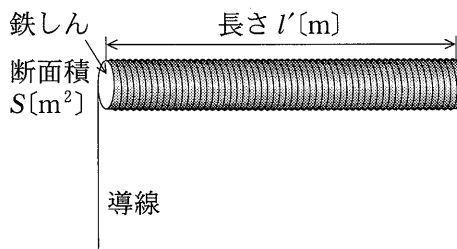


図 2

物理問題 III (環境科学部)

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、問 1～問 6 に答えよ。ただし、問 5 には導出過程も示せ。

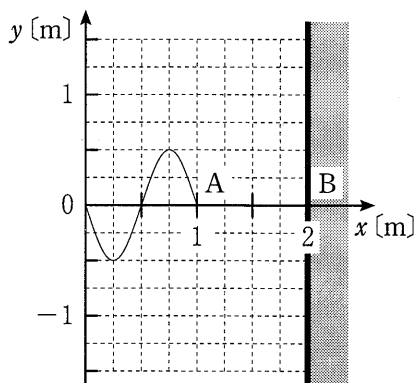
- (1) x 軸上の原点に波源があり、 x 軸の正の向きに進む振動数 1 Hz の正弦波を時刻 $t = 0$ から連続的に出している。ただし、波源は、 $t < 0$ では正弦波を出していなかった。図は、時刻 $t = 0$ に波源を出た正弦波の先端が、 $x = 1$ m の位置 A に達したときの波形であり、図中の y 軸は媒質の変位を表している。また、 $x = 2$ m の位置 B は固定端である。波源から出る波の振幅は ア m、波長は イ m、周期は ウ s、速さは エ m/s である。

問 1 時刻 $t = 1.5$ s に観測される波形を解答欄に描け。

問 2 位置 A における変位 y [m] と時刻 t [s] の関係を表すグラフを $0 \leq t \leq 3$ s の範囲で解答欄に描け。

問 3 時刻 $t = 4$ s に観測される波形を解答欄に描け。なお、作図に用いた線は残すこと。

問 4 $t > 0$ で、 $0 \leq x \leq 2$ m におけるすべての位置の変位 y が 0 となるはじめての時刻を求めよ。



(2) 水面上の2点P, Qに同じ振幅, 位相, 周期で規則正しく振動している波源を置くと, それぞれの波源から円形の水面波が広がり, 重なり合う。以下では, 水面波は横波とし, 減衰は無視できるものとする。2つの波源から出る波の波長を λ [m]とする。また, 水面上に点Rをとり, その点と波源P, Qとの距離を, それぞれ l_P [m], l_Q [m]とする。点Rで2つの波が強め合って大きく振動している場合, 両波源からの距離の差 $|l_P - l_Q|$ [m]は, ある0以上の整数 m と波長 λ を用いて [m]と表せる。一方, 点Rで2つの波が弱め合ってほとんど振動していない場合, 両波源からの距離の差 $|l_P - l_Q|$ [m]は, ある0以上の整数 m と波長 λ を用いて [m]と表せる。

問5 2つの波源PQ間の距離が42 mm, 波源から出る波の波長が14 mmのとき, 線分PQ上に, ほとんど振動しない点はいくつあるか。 $|l_P - l_Q|$ と m と λ の関係を用いて求めよ。

問6 問5と同様に, 2つの波源PQ間の距離が42 mm, 波源から出る波の波長が14 mmで, 振幅が0.4 mmのとき, 点Qを通る線分PQに垂直な線上で点Qから56 mm離れた水面上の点では2つの波は強め合っているか弱め合っているか。理由を説明して答えよ。さらに, その点における波の振幅を求めよ。

物理問題 IV (環境科学部)

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。ただし、問4～問6には導出過程も示せ。
 重力加速度の大きさは g [m/s²]、気体定数は R [J/(mol·K)] とする。空気は理想気体として扱えるものとする。また、水の蒸発は無視できるものとする。

図1に示すように、容器内部の断面積が S [m²] の円筒容器(以後、容器とよぶ)が、天井に鉛直下向きに固定されている。容器のくちの部分は水の中にある。容器には、体積の無視できるヒーターと、コックが取り付けられている。容器外の水面から容器閉端部までの高さは H [m] である。水の密度は ρ [kg/m³]、容器外の大気の圧力は p_1 [Pa]、温度は T_1 [K] でそれぞれ一定である。

ヒーターとコックを以下のように操作して、容器内の空気の状態を変化させた。ここで、水の量はじゅうぶんに多く、以下の操作において、容器外の水面の高さが変化することはないものとする。また、容器内の空気の温度はつねに一様であるものとする。

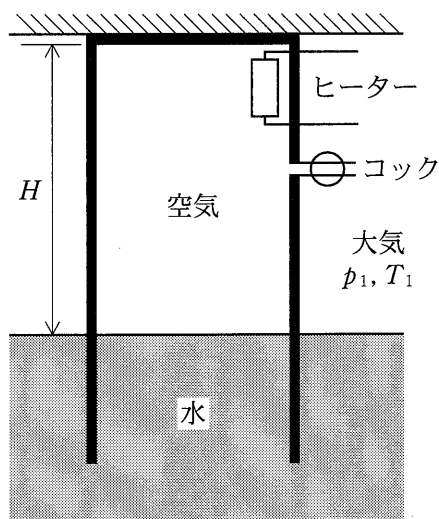


図1

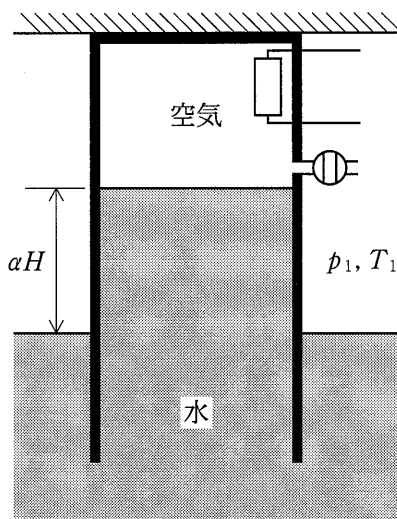


図2

(1) 最初, コックは開いており, 容器内の空気の温度は T_1 [K] であった。この状態を状態 1 とする。つぎに, コックを開けたまま, ヒーターのスイッチを入れて容器内の空気を加熱した。そして, 温度が T_2 [K] ($T_2 > T_1$) になったところで, ヒーターのスイッチを切り, コックを閉じた。コックを閉じた直後の状態を状態 2 とする。なお, 状態 1 から状態 2 まで変化する間, 容器内の水面の高さは一定であった。

問 1 状態 1 における容器内の空気の物質質量 [mol] はいくらか。

問 2 状態 2 における容器内の空気の圧力 p_2 [Pa] はいくらか。

問 3 状態 2 における容器内の空気の物質質量 [mol] はいくらか。

(2) 状態 2 となった直後から, 容器内の空気から外部に熱が徐々にもれ, 容器内の空気の温度は再び T_1 [K] となった。温度が低下する間, 容器内の水面はゆっくり上昇し, 温度が T_1 [K] となったときには, 図 2 に示すように, 容器内に H [m] の α 倍の高さをもつ水柱が生じた。ただし, $0 < \alpha < 1$ である。この状態を状態 3 とする。また, 状態 3 における容器内の空気の圧力を p_3 [Pa] とする。

問 4 ボイル・シャルルの法則を利用し, T_1 , T_2 , p_1 , α を用いて p_3 を表せ。

問 5 状態 3 において容器内に生じた, 高さ αH [m] の水柱にはたらく鉛直方向の力のつりあいの式を利用し, p_1 , ρ , g , H , α を用いて p_3 を表せ。

問 6 問 4 および問 5 の結果を利用し, p_1 , T_1 , ρ , g , H , α を用いて T_2 を表せ。

問 7 状態 2 と状態 3 における, 容器内の空気の圧力および体積の大小関係がわかるように, 解答欄の p - V 図に状態 3 を示す点を記入せよ。さらに, 状態 2 と状態 3 の点の間を, 状態変化のようすがわかるように線で結べ。ただし, 状態 2 を示す点はあらかじめ記入されている。

化 学

化学問題 I (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読み、問1～問8に答えよ。必要であればファラデー定数の値 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。また、電子は e^- で記し、解答の数値は有効数字2桁で記せ。

塩化ナトリウム水溶液などの電気分解によって得られる水溶液(電解水)は、次亜塩素酸ナトリウム水溶液や次亜塩素酸水溶液として、食品の殺菌や手指および内視鏡の洗浄消毒に用いられている。さらに、殺菌効果や消毒効果は pH に大きく依存するため、電解水の pH を低くすることが行われている。このことを理解するために、次の実験1と実験2の電気分解を行った。

実験1

図1に示したようにビーカーに 1.00 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を 1.00 L 入れ、さらに陰極には白金電極、陽極には酸素がほとんど発生しない電極を配置した。次に電極から生成した気体を全て捕集するために、電極のすぐ上を覆うように試験管を逆向きに立てた。このとき試験管内を、水溶液で満たした。電極の間に陽イオン交換膜を入れた。この膜は陽イオン以外ほとんど何も通さない。陽極と陰極を電池につないで、 0.965 A の電流を 100 秒間流し、陽極と陰極の両方に発生した気体を試験管に捕集した。^(a)

電気分解を終了したとき、陽極近くの水溶液の pH は電気分解前の pH より低かった。^(b) また、陰極から発生した気体を捕集した試験管に、熱した酸化銅(II)を、^(c) 空気が混入しないように注意して入れた。

実験 2

実験 1 と同じ電極を使用し，図 2 に示したように硫酸ナトリウム 0.10 mol を加えた 0.0010 mol/L 塩酸 1.00 L をビーカーに入れた。ビーカーの中にテフロンで被覆された磁石(かくはん子)を入れ，マグネチックスターラーでかくはん子を回転させてこの水溶液をかき混ぜ続けた。陽極と陰極を電池につないで，0.965 A の電流を 100 秒間流した。電気分解中に 陽極から発生した気体を試験管に捕集した。^(d)

電気分解を終了したのち ビーカー内の水溶液の pH を測定した。また，陽極から発生した気体を捕集した試験管内の水溶液に，^(e) ヨウ化カリウムとデンプンを溶かした水溶液を数滴加えたところ，^(f) 溶液の色が紫色になった。

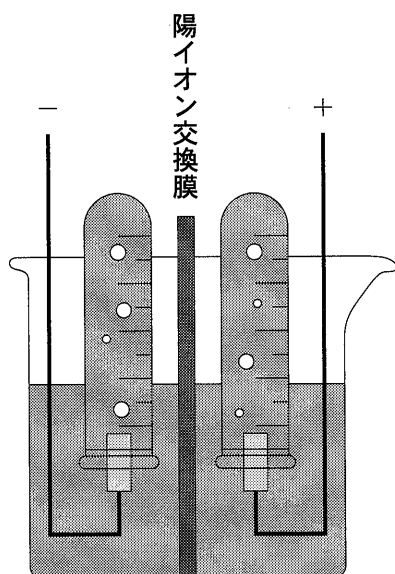


図 1 実験 1 の電気分解装置

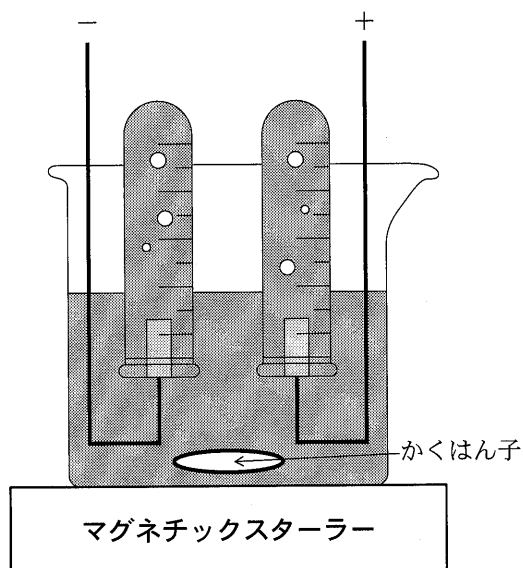


図 2 実験 2 の電気分解装置

問 1 下線部(a)において，陰極で生じた化学反応を化学反応式で記せ。

問 2 下線部(a)において，陰極で発生した気体の物質量を求めよ。計算過程も記せ。

問 3 下線部**(b)**で pH を測定したのち、陽イオン交換膜を取り除きビーカー内の溶液を充分にかき混ぜた。かき混ぜた溶液の pH は 7.0 と比較してどうであったか。次の **i)**～**iii)**のうち最も適切なものを番号で選べ。また、溶液の pH がそのようになった理由を化学反応式と文章で説明せよ。

i) 小さかった **ii)** ほとんど同じであった **iii)** 大きかった

問 4 下線部**(c)**において、熱した酸化銅(II)を試験管に入れたときの化学反応を化学反応式で示せ。また、酸化銅(II)の目で見える変化を 50 字以内で説明せよ。

問 5 下線部**(d)**で陽極から気体が発生する化学変化を、化学反応式で記せ。

問 6 問 5 で記した化学反応だけが進むと仮定して計算から求めた気体の体積より、下線部**(d)**において捕集された気体の体積は少なくなった。その理由を化学反応式と 100 字以内の文章で説明せよ。

問 7 下線部**(e)**において、溶液の pH は 7.0 と比較してどうであったか。次の **i)**～**iii)**のうち最も適切なものを番号で選べ。また、溶液の pH がそのようになった理由を化学反応式と文章で説明せよ。

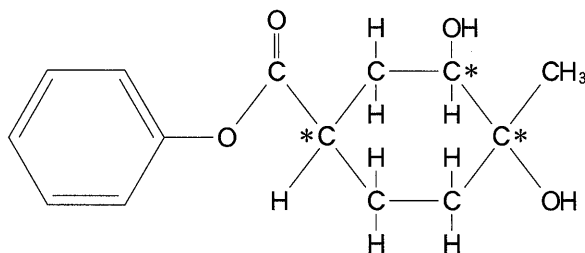
i) 小さかった **ii)** ほとんど同じであった **iii)** 大きかった

問 8 下線部**(f)**において色の変化は、でんぷんとある物質が反応したためである。この試験管内で、ある物質の生成に関与した化学反応を化学反応式で記せ。

(下書用紙)

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6に答えよ。解答の構造式は例にならって記せ。



構造式の例

分子式 $C_5H_9O_2Cl$ で表される六員環の環状化合物 **A** を考える。**A** はある溶媒に溶かした場合、水溶液中のグルコースと同様に環状構造(化合物 **A**) から鎖状構造(化合物 **B**) に変わり、銀鏡反応 を示す。この化合物 **B** は酸化されることで、分子式 $C_5H_7O_4Cl$ で表される化合物 **C** となる。^(a) 化合物 **C** はメタノールと反応して、エステル **D** となる。また化合物 **C** に分子内で脱水反応をさせると、分子式 $C_5H_5O_3Cl$ で表される環状化合物 **E** が得られる。これらの化合物の不斉炭素原子の数は表1のようになる。

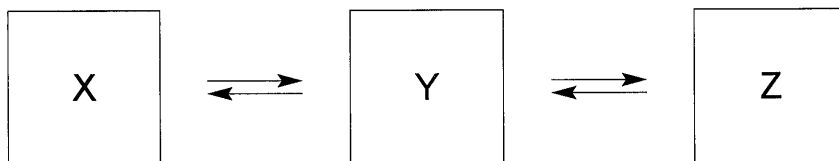
表1 不斉炭素原子の数

化合物	不斉炭素原子の数
A	2
B	1
C	0
D	0
E	0

問 1 下線部(a)で銀鏡反応を示す化合物はどのような官能基を持つと考えられるか、最も適した官能基名を答えよ。

問 2 水溶液中で平衡状態にあるグルコースの構造を次の式のように表した。

X ~ Z に適した構造式を記せ。XとZは立体異性体であるため、これらを記入する順序は問わない。また不斉炭素原子を示す必要はない。



問 3 化合物Aと化合物Bの構造式を例にならって記せ。解答では立体異性体は無視してよいが、不斉炭素原子は例にならって*印を付けて示せ。

問 4 化合物Cがメタノールと反応してエステルDになる反応を反応式で答えよ。ただし、触媒や反応条件に関する記述は不要である。

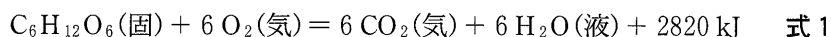
問 5 上の問4の反応は平衡反応であるため、実際の生成物は化合物CとエステルDの混合物である。この二つの化合物を分離するにはどのような方法が適しているか。「CとDの混合物を」で始まる文章で簡単に説明せよ。

問 6 1分子の化合物Eが1分子のフェノールと反応して得られる化合物Fの構造式を例にならって記せ。不斉炭素原子には*印をつけよ。

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7に答えよ。必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 4 = 0.60$, 気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, 原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。

我々ヒトは、呼吸で得た酸素を用いて糖質、脂質、タンパク質を酸化分解し、これらの反応によって発生したエネルギーを利用している。たとえば、グルコースが完全燃焼したときの熱化学方程式は式1で表される。



糖質、脂質、タンパク質の酸化分解反応によって発生した二酸化炭素は、血液によって肺に運ばれ、体外に排出される。通常、二酸化炭素が水と反応して炭酸を生成する反応は非常に遅い。しかし、血液中では、酵素反応によって二酸化炭素は水と反応し、速やかに炭酸に変換される。さらに、炭酸はただちに水素イオンと炭酸水素イオンに電離する。血液中では、二酸化炭素と炭酸水素塩による緩衝液が pH を一定に保つように働いている。その平衡状態は式2と式3で表される。



また、式2の平衡定数 K_1 、式3の平衡定数 K_2 は、それぞれ式4および式5で表される。

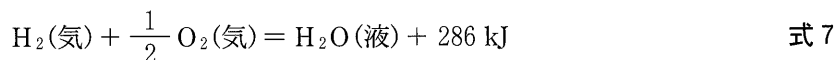
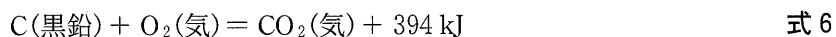
$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]} \quad \text{式 4}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \text{式 5}$$

問 1 二酸化炭素のように水と反応して水素イオンを水分子に与える酸化物を，酸性酸化物という。二酸化炭素以外の酸性酸化物を一つ化学式で記せ。

問 2 生体では，脂質である脂肪酸もグルコースと同様に，酸素を用いて完全に酸化分解される。脂肪酸の一つであるパルミチン酸 $C_{15}H_{31}COOH$ (固)の燃焼熱は 9983 kJ/mol である。固体のパルミチン酸が完全燃焼したときの熱化学方程式を記せ。

問 3 式 1 と以下の熱化学方程式を用いて，グルコースの生成熱を求めよ。計算過程も記せ。解答の数値は整数値で記せ。



問 4 ある人が 1 日に酸化分解したグルコースの量は 270 g ，1 日に消費した酸素量は気温 27°C ，大気圧 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 499 L であった。この人は 1 日の酸素消費量のうち，どれだけの酸素をグルコースの酸化分解に用いたか，百分率で答えよ。計算過程も記せ。解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。

問 5 式 2 と式 3 の平衡状態を示す緩衝液に塩酸を加えると，二酸化炭素濃度 $[CO_2]$ はどのように変化するか。理由とともに記せ。

問 6 式 4 および式 5 より， K_1 ， K_2 ， $[CO_2]$ ， $[HCO_3^-]$ だけを用いて，水素イオン濃度 $[H^+]$ を表す式を記せ。

問 7 ある人の血液では， $[CO_2] = 1.20 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ， $[HCO_3^-] = 2.40 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ であった。この血液の水素イオン濃度 $[H^+]$ と pH 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， K_1 と K_2 の積は $8.00 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ とする。また，水素イオン濃度は式 2 と式 3 による緩衝作用のみで決まるものとする。

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4に答えよ。必要であれば原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $I = 127$ を用いよ。

油脂を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると加水分解され、3価のアルコールである **ア** と高級脂肪酸のナトリウム塩とが生成する。この反応を **イ** という。生成した高級脂肪酸のナトリウム塩のことを一般にセッケンといい、一つの分子中に **ウ** 性の炭化水素基の部分と電荷を帯びた **エ** 性の部分を持つ。セッケン水は衣服に付いた油汚れを落とす洗浄作用がある。この作用は、**ウ** 性部分を内側にして油を包み込み、**エ** 性部分を外側にして、水に溶けない油を細かい粒子として水中に分散させることによる。このような粒子を **オ** という。

セッケンと同様に洗浄作用をもつ合成洗剤には、高級アルコール系のアルキル硫酸ナトリウムやベンゼンからつくられるアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムなどがある。前者は台所用洗剤として、後者は洗濯用洗剤として広く使用されている。セッケンは高級脂肪酸(弱酸)のナトリウム塩であるから、その水溶液は **カ** 性を示すが、合成洗剤は強酸と強塩基の塩であるため水溶液は **キ** 性を示す。また、セッケンの洗浄力は Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む硬水では低下するが、合成洗剤の洗
(a)浄力は硬水中でも低下しない。

問1 **ア** ～ **キ** に適当な語句を記せ。ただしそれぞれ別の語句を入れよ。

問2 下線部(a)の理由を説明せよ。

問3 脂肪酸の一般式を $R-COOH$ として、油脂の構造式を記せ。

問 4 単一の脂肪酸からなる分子量 944 の油脂がある。この油脂 100 g に付加するヨウ素は 404 g であった。次の i)～iv) に答えよ。それぞれ計算過程も記せ。

- i) この油脂 1.00 g を完全に加水分解し、中和するために必要な水酸化ナトリウムの質量を mg の単位で求めよ。有効数字は 3 桁で答えよ。
- ii) この油脂 1 分子中に炭素原子間の二重結合が何個あるか整数で答えよ。
- iii) この油脂を構成している脂肪酸の分子量を整数で答えよ。
- iv) この油脂を構成している脂肪酸の分子式を C_nH_m-COOH の形で表せ。ただし、 n と m は整数とせよ。

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。

生物体を構成する物質の大部分は、代謝によって絶えず合成されたり分解されたりしている。簡単な構造の物質からより複雑な物質を合成する代謝を同化という。

無機化合物からの同化には二酸化炭素から有機化合物を合成する **ア** と、無機窒素化合物から有機窒素化合物を合成する **イ** がある。 **ア** は反応に用いるエネルギーの違いによって、緑色植物などが行う光合成と、一部の細菌が行う **ウ** に分けられる。細菌のなかでも紅色硫黄細菌などは光合成を行うため、 **エ** とよばれる。 **エ** は、 **オ** という光合成色素をもち、二酸化炭素の還元には、水ではなく、 **カ** や水素からの水素原子を用いる。よって、緑色植物の光合成で発生がみられる **キ** が、ここでは発生しない。

空気中には約78%の窒素が存在する。ほとんどの生物はそれを窒素源として利用することができないが、一部の細菌やラン藻は窒素源として利用することが可能で、窒素からアンモニアを合成している。

(a)

問1 **ア** ～ **キ** に適当な語句を入れよ。

問2 **ウ** を行う細菌にはどんなものがあるか、2つあげ、それぞれが利用する物質名を答えよ。

問3 下線部(a)の働きを何というか、答えよ。

問4 下線部(a)の働きをもつ細菌(バクテリア)とラン藻(シアノバクテリア)をそれぞれ1つずつ答えよ。

問 5 ダイズやレンゲソウなどのマメ科植物が無機窒素化合物の乏しい土壌でも生育できるのはなぜか，答えよ。

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7に答えよ。

動物細胞は、細胞膜、細胞質、核および核膜からなり、細胞膜には、①細胞内外の物質の移動、② **ア** の発生、③ホルモンによる情報の **イ** , ④イオンに対する選択的な **ウ** の4つの役割がある。細胞膜は半透膜で、その構造は **エ** やタンパク質が組み合わさった **オ** である。溶液中の小さい分子は、細胞膜を自由に通り抜けて濃度の高いほうから低いほうへと **カ** する。また、細胞膜にはチャンネルと呼ばれる膜タンパク質があり、**図1**に示すようないくつかのタンパク質が集まった管のような構造をしており、必要に応じて管の通路を開くことで物質を通過させている。たとえば、ナトリウムイオン(Na^+)は細胞外にあり、細胞内よりも濃度が高い場合は、**図1**の(A)のように通常細胞膜にあるチャンネルは閉じられているが、細胞内でナトリウムイオン(Na^+)が必要となった場合には、ナトリウムチャンネルが開き、濃度差によってナトリウムイオン(Na^+)が細胞内に流入する。これとは逆に、細胞膜は濃度の低いほうから高いほうへエネルギーを使って特定の物質を **積極的に移動させる**ことも行っている。その仕組みは、**図1**の(C)に示すようなタンパク質でできた「ポンプ」によって行われる。このポンプの細胞質基質側には **アデノシン三リン酸(ATP)**を分解する働きがあり、分解する際に得られるエネルギーを利用して、ナトリウムイオン(Na^+)を細胞内から細胞外に排出している。逆に、細胞外からカリウムイオン(K^+)を取りこみ、細胞内の環境を維持している。そのほか、細胞膜には **カルシウムチャンネル、カリウムチャンネルなどそれぞれの物質ごとに特別な通路がある**。

さらに、動物は体内に情報を **イ** するしくみを備えており、外界からのさまざまな刺激に反応し、体内の恒常性を維持している。情報の **イ** に関係しているタンパク質は比較的 low molecular weight で、**キ** やグルカゴンなどのホルモンのほか、**ク** が分泌するインターロイキンなどがある。これらの物質は体液によって **ケ** にまで運ばれ、その役割を果たしている。細胞内に入るホルモンの多くは、**コ** にとけやすく容易に細胞膜を通過できるが、細胞膜に受容されるホル

モンは、水にとけやすく細胞膜を通過できないため、細胞膜の外側にある受容体に働いて、その情報を細胞内に伝える。いずれも特定の伝達物質とのみ結合する特異的な部位をもち、これに伝達物質が結合すると、特定の化学反応がおこる。

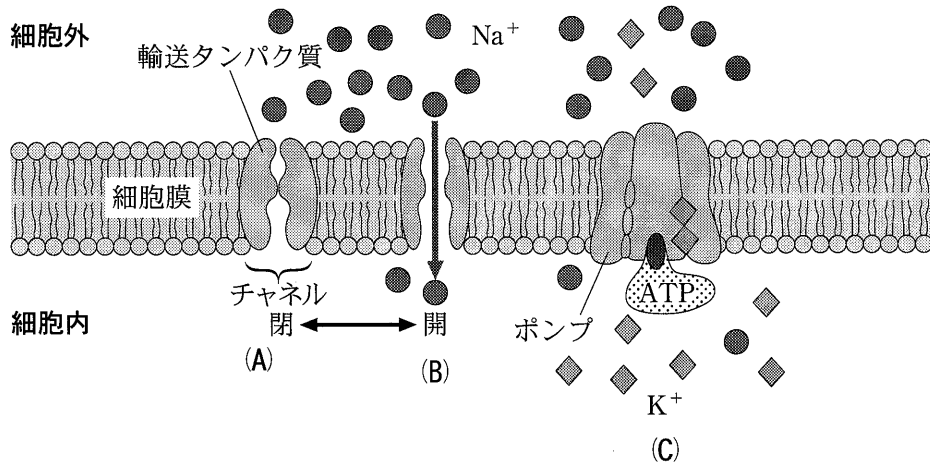


図1 細胞膜の構造

問1 ~ に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、次の実験を行った。

U字管の中央をセロハン膜で仕切り、一方には水を、他方にはスクロース溶液を同量入れたところ、しばらくしてスクロース溶液の液面が高くなった。

どのような現象によってスクロース溶液の液面が高くなったのか、40字以内で答えよ。

問3 下線部(b)について、このような細胞膜の構造を何と呼ぶか、答えよ。

問4 下線部(c)について、エネルギーを使って特定の物質を移動させることを何というか、答えよ。

問5 下線部(d)について、アデノシン三リン酸(ATP)は分解されると、どのような物質に変化するか、答えよ。

問 6 下線部(e)について、これらを総称して何というか、答えよ。

問 7 下線部(f)について、次の文章の ～ に適当な語句を入れよ。

副腎髄質ホルモンであるアドレナリンは、細胞膜の外側に受容体がある。アドレナリンは、その のひとつである や筋肉の細胞の細胞膜にある受容体と結合すると受容体タンパク質の が変化して、細胞膜にある酵素Ⅰを させる。その後、この酵素は別の物質をつくり、グリコーゲンを に分解する酵素Ⅱを し、その結果つくられた が細胞外に運ばれることにより、 が上昇する。

(下 書 用 紙)

生物問題 III (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

あるカビの一種 A は、孢子(生殖細胞の一種)が単独に発芽することによっても個体ができる。この単独発芽個体は対立遺伝子をもたないため、遺伝子に生じた変化(突然変異という)は表現型に直接あらわれる。A は通常、糖や無機塩類など最少の養分を含む最少培地で生育できるが、ある種の遺伝子の変異し機能を失うことによつて、アミノ酸を追加したアミノ酸添加培地でなければ生育できなくなるものがみられる。

A の孢子を集めた培養液に紫外線を照射して遺伝子の突然変異を誘発した。処理後の孢子のけん濁液を、アミノ酸添加培地に広げて発芽させ培養したところ、発芽した孢子は培地上で増殖しそれぞれコロニーを形成した。それら複数のコロニーの中に、最少培地では生育しない三種類の変異コロニーがみつかった。その三種類の変異コロニー(ア)、(イ)、(ウ)は、アミノ酸(Ⅰ)を加えると(ア)と(ウ)が生育可能になり、アミノ酸(Ⅱ)を加えると(ア)、(イ)、(ウ)全てが生育可能になり、アミノ酸(Ⅲ)を加えると(ア)のみが生育可能になった。

問 1 以下の文章中の [1] ～ [4] に適当な語句を入れよ。

本文の下線(a)は A の単独発芽個体の核相が [1] 相であるために成り立つ。一方、ヒトの体細胞の核相は [2] 相であり、減数分裂時にのみ [1] 相になる。また本文の下線(c)で、コロニーはそれぞれ単一の孢子から形成されるため、同一コロニー内の個体はすべて遺伝的に同一な [3] といえる。 [3] は [4] 性を持つ細胞を利用すると比較的簡単に作ることができる。 [4] 性を利用した動物で最初の [3] はアフリカツメガエルの核移植実験によって得られた。

問 2 以下の文章中の 5 ～ 8 に適当な語句を入れよ。

本文の下線**(b)**の現象は、ビードルとテイタムがアカパンカビで行った 5 要求株の実験を可能にした重要な性質である。彼らはこのような実験から、1つの遺伝子の異常が1つの酵素の欠損に対応するという 6 説を導きだした。同じ頃、遺伝子の本体はDNAであることがあきらかになった。二本鎖の塩基配列からなるDNAの遺伝情報はRNAに 7 され、そのうちのmRNAの塩基配列はタンパク質のアミノ酸配列に 8 される、この情報伝達の流れはセントラルドグマと呼ばれる。

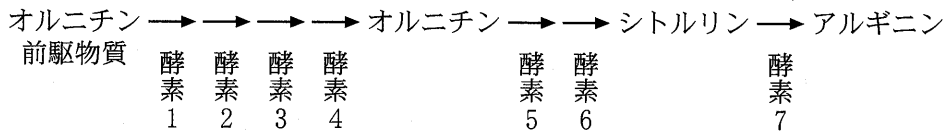
問 3 変異コロニー(ア), (イ), (ウ)と最少培地に加えるアミノ酸の種類(Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ)は、多数の変異コロニーを用い、色々なアミノ酸添加を加える実験を行った結果から選抜したものである。下の表1は最少培地に加えた(a)～(h)の8種類のアミノ酸に対する(あ)～(く)の8種類の変異コロニーの生育について調べた実験結果で、生育可能の場合を○で、生育不可能の場合を×で記してある。

表 1

変異 コロニー	アミノ酸							
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
(あ)	○	×	×	×	○	×	×	○
(い)	×	○	×	○	×	×	×	○
(う)	×	×	×	×	×	×	○	○
(え)	×	×	○	○	×	○	×	×
(お)	×	×	×	×	×	○	×	×
(か)	○	×	×	○	×	×	×	×
(き)	×	×	×	×	×	×	×	×
(く)	×	×	○	×	×	○	×	×

アミノ酸(Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ)のそれぞれは(a)～(h)のどれか1つと同じであるとき、本文中の変異コロニー(ア), (イ), (ウ)のそれぞれと矛盾しない変異コロニーは表中の(あ)～(く)のどれにあたるか答えよ。

問 4 カビの一種 A には、下図のようなアミノ酸合成経路が存在し、酵素 1～7 が働くことにより生育に必須なアルギニンが合成されることが分かった。アミノ酸 (I)～(III) は図中のオルニチン、シトルリン、アルギニンのいずれかであり、変異コロニー (ア), (イ), (ウ) は酵素 1～7 のどれかが変異し機能を失ったものである。(I)～(III) に対応するアミノ酸を推定しつつ (ア), (イ), (ウ) が機能を失った酵素はどれに当てはまると考えられるかを理由とともに答えよ。ただし、変異した酵素は 1 つに特定できるとは限らない。



(下 書 用 紙)

生物問題 IV (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。

肉食のほ乳動物であるトラは、獲物をしとめるための犬歯が発達している。一方、草食のほ乳動物であるウシやウマは、草をすりつぶすための **ア** が発達している。ヒトやブタなどの雑食動物は、主に炭水化物の **イ** をエネルギー源として利用しているが、草食動物は植物細胞壁を構成する成分も利用できる。しかしながら、草食動物も他のほ乳動物と同様に、それらを消化する酵素を持っていない。それにもかかわらず、彼らが消化できるのは、彼らの消化管内にそれらを消化する微生物が生息しているからである。例えば、ウシの胃は4つに分かれていて、1番目と2番目の胃に微生物が生息しており、それが細胞壁の成分を分解し、酢酸、プロピオン酸、酪酸などを生成する。そして、それらは胃壁より吸収され、ウシのエネルギー源として利用される。

ヒトは消化管内で様々な酵素を分泌して、タンパク質、脂肪、炭水化物を消化する。**イ** はだ液に含まれているアミラーゼによって、一部デキストリンと麦芽糖に分解され、さらに小腸でブドウ糖(グルコース)にまで分解される。そのうち、小腸の壁にある **ウ** で吸収されて **エ** に入り、肝臓やいろいろな組織に送られる。一方、脂肪はすい臓から分泌されるリパーゼによって分解され、これらが **ウ** の表面から吸収されて再び脂肪となって、**オ** に入り、やがて **カ** 静脈から血中に入る。

問1 **ア** ～ **カ** に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(a)の植物細胞壁を構成する成分の物質名をひとつ答えよ。

問3 下線部(b)の、微生物が酸素をつかわずに細胞壁の成分の一部を分解し、エネルギーを得るしくみを何と呼ぶか、漢字4文字で答えよ。

問 4 下線部(c)について、ブドウ糖を肝臓に蓄えることを促進するホルモン名、およびそのホルモンを分泌するすい臓の細胞名を答えよ。

問 5 下線部(d)について、肝臓で生成され、リパーゼの作用を助ける分泌液の名称を漢字 2 文字で答えよ。

問 6 それぞれの消化酵素は決まった物質としか反応しない。この性質を基質特異性という。

この基質特異性のしくみを、2つの用語(活性部位、酵素—基質複合体)を用いて 80 文字以内で説明せよ。