



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(9～20ページ) 生物(21～31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題ありますが、志望学部学科によって解答する科目・問題が異なるので注意ください。指定されていない科目・問題を解答しても採点しません。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学、生物のうちから2科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の2題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の2題を解答ください。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」、「生物問題Ⅱ」の2題を解答ください。
4. 環境科学部(環境建築デザイン学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理のみ解答ください。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答ください。
5. 環境科学部(生物資源管理学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学、生物のうちから1科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答ください。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」～「生物問題Ⅳ」の4題を解答ください。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学のうちから1科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答ください。

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みください。

7. 工学部(機械システム工学科・電子システム工学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理のみ解答しなさい。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
8. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・化学のみ解答しなさい。
 - ・「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
9. 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。
10. 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。
11. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。
12. 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

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入し、 $< \quad >$ には語群から適切な記述を選び、その番号を解答欄に記入せよ。同じ番号を何回使ってもよい。また、問1～問3には導出過程を示して答えよ。

(1) 図1に示すように、なめらかな水平面上で x 軸の正の向きに速さ v [m/s]で進む質量 m [kg]の小球Aが、質量 m [kg]の静止している小球Bに向かっている。このとき、2つの小球が次の3つの異なる条件で正面衝突したときの運動を考える。

(i) 衝突が弾性衝突であった場合、衝突直後には小球Aは速さが ア [m/s] となり $< \quad \text{イ} \quad >$ 。また、小球Bは速さ ウ [m/s] で $< \quad \text{エ} \quad >$ 。

(ii) 衝突が完全非弾性衝突であった場合、衝突直後には小球Aは速さが オ [m/s] となり $< \quad \text{カ} \quad >$ 。また、小球Bは速さ キ [m/s] で $< \quad \text{ク} \quad >$ 。

(iii) 衝突が反発係数0.5の非弾性衝突であった場合、衝突直後には小球Aは速さが ケ [m/s] となり $< \quad \text{コ} \quad >$ 。また、小球Bは速さ サ [m/s] で $< \quad \text{シ} \quad >$ 。

つぎに、図2に示すように、ばね定数 k [N/m]の軽いばねの一端を壁に固定し、他端に質量 m の小球Bをつけて、ばねが自然の長さとなるように、なめらかな水平面上に置く。小球Bは x 軸の方向にだけ運動できるものとする。このとき、 x 軸の正の向きに速さ v で進む質量 m の小球Aが小球Bに正面衝突する場合を考える。衝突が弾性衝突であった場合、衝突直後には小球Aは速さが ス [m/s] となり $< \quad \text{セ} \quad >$ 。また、小球Bは速さ ソ [m/s] で x 軸の正の向きに進む。その後、ばねが タ [m] だけ縮んだ状態で小球Bはいったん静止する。そして、小球Bは逆向きに動き始め、再び小球Aと弾性衝突する。その衝突直後には小球Bは速さが チ [m/s] となり $< \quad \text{ツ} \quad >$ 。また、小球Aは速さ テ [m/s] で $< \quad \text{ト} \quad >$ 。

語群

- ① x 軸の負の向きに進む ② 静止する ③ x 軸の正の向きに進む

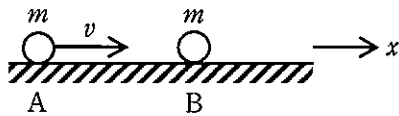


図 1

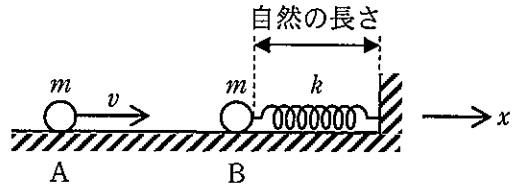


図 2

問 1 図 2 において、小球 A と小球 B とが衝突し、一体となって単振動を始めたとする。この単振動の振幅を求めよ。

(2) 図 3 に示すような、なめらかな水平面上での 2 つの小球の衝突を考える。質量 m [kg] の小球 A が速さ v [m/s] で一直線を進み、静止していた質量 m [kg] の小球 B に衝突したところ、小球 A は衝突前の進行方向から右へ 30° の向きに速さ v_A [m/s] で進み、小球 B は左へ 60° の向きに速さ v_B [m/s] で進んだ。

問 2 衝突直後の小球 A, B の速さ v_A , v_B を、それぞれ v を用いて表せ。

問 3 2 つの小球の衝突が弾性衝突であることを示せ。

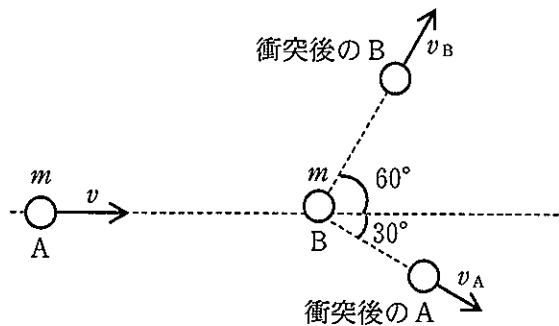


図 3

物理問題 II

次の文を読んで、 に適した式を記入せよ。また、問1および問2に答えよ。ただし、水の比熱は c [J/(g·K)]、この問題で用いる金属球の比熱はすべて c_s [J/(g·K)] とする。また、水と金属球の間でのみ熱の移動があるものとする。

質量 m_A [g]、温度 T_A [°C] の金属球 A、および容器に入った質量 m [g]、温度 T [°C] ($0^\circ\text{C} < T < T_A$) の水がある。この金属球 A および容器内の水の熱容量はそれぞれ、 ア (J/K)、 イ (J/K) である。図1のように、金属球 A を水中に沈め、じゅうぶん時間が経過すると、水と金属球 A は熱平衡に達した。このとき、水の沸騰や蒸発が生じることなく、水と金属球 A が T_1 [°C] で熱平衡に達したとすると、金属球 A を水に沈めてから熱平衡に達するまでに、水が得た熱量は c 、 m 、 T 、 T_1 を用いて ウ (J) と表され、金属球 A が失った熱量は、 c_s 、 m_A 、 T_A 、 T_1 を用いて エ (J) と表される。したがって、 T_1 は c 、 m 、 T 、 c_s 、 m_A 、 T_A を用いて オ [°C] と表される。

問1 質量 m 、温度 T ($T > 0^\circ\text{C}$) の水が入った2つの容器と、質量が異なる2つの金属球がある。2つの金属球で、金属球の質量 [g] と温度 [°C] の積 (質量×温度) が同じ値となるように金属球の温度を調節し、これらの金属球をそれぞれの容器に1個ずつ沈めて熱平衡に達したときの温度を比較した。このとき、熱平衡に達したときの温度が高くなるのは、質量が大きい金属球を沈めた場合か、それとも質量が小さい金属球を沈めた場合か、解答欄の選択肢の適切なものを丸で囲め。また、その理由を オ にもとづいて示せ。ただし、2つの金属球の温度は水よりも高く、水の沸騰や蒸発は生じなかったとする。

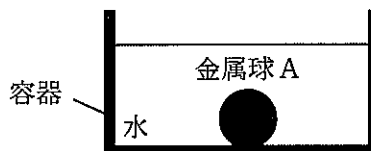


図1

つぎに、図2のように質量 m 、温度 T ($T > 0^\circ\text{C}$) の水に、質量 m_B [g]、温度 T_B [$^\circ\text{C}$] ($T_B > T$) の金属球 B と、質量 m_C [g]、温度 T_C [$^\circ\text{C}$] ($T_C > T_B$) の金属球 C を沈めた。その後、じゅうぶん時間が経過すると、水と金属球 B および金属球 C は T_2 [$^\circ\text{C}$] ($T_2 > T_B$) で熱平衡に達した。このとき、水の沸騰や蒸発が生じなかったとすると、 T_2 は c 、 m 、 T 、 c_s 、 m_B 、 T_B 、 m_C 、 T_C を用いて [$^\circ\text{C}$] と表される。金属球 B と金属球 C の代わりに、質量が $m_B + m_C$ [g] の金属球 D を 1 個だけ、質量 m 、温度 T の水に沈めて、熱平衡に達したときの温度を T_2 にしたい場合は、金属球 D の温度は、 と の結果を利用することにより、 m_B 、 T_B 、 m_C 、 T_C を用いて [$^\circ\text{C}$] とすればよいことがわかる。

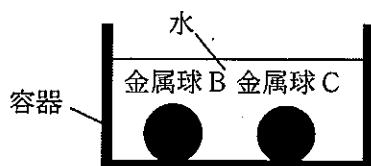


図 2

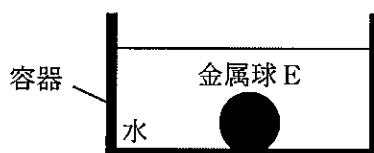


図 3

つぎに、図3のように、質量 m 、温度 T ($T > 0^\circ\text{C}$) の水に、質量 m_E [g]、温度 T_E [$^\circ\text{C}$] ($T_E > 100^\circ\text{C}$) の金属球 E を沈めた。その結果、水は蒸発することなく均一に温度上昇して 100°C で沸点に達し、その後、沸騰により一部の水が水蒸気となつてから、水と金属球が熱平衡に達した。なお、実際には金属球 E の近くの水が、遠くの水に比べて早く沸点に達するが、ここでは、金属球 E は水全体に均一に熱量を与えたと仮定する。金属球 E を沈めてから水が沸点に達するまでに、水が得た熱量は m 、 c 、 T を用いて [J] である。また、金属球 E を水に沈めてから熱平衡に達するまでに、金属球 E が失った熱量は m_E 、 c_s 、 T_E を用いて [J] となる。

問 2 金属球 E を水に沈めてから熱平衡に達するまでの間に水蒸気となつた水の質量 m_x [g] を有効数字 2 桁で求めよ。導出過程も示すこと。ただし、 $m = 5.00 \times 10^2$ g、 $c = 4.20$ J/(g \cdot K)、 $T = 10.0^\circ\text{C}$ 、 $m_E = 1.00 \times 10^3$ g、 $c_s = 4.30 \times 10^{-1}$ J/(g \cdot K)、 $T_E = 7.00 \times 10^2$ $^\circ\text{C}$ 、水の蒸発熱を 2.30×10^3 J/g とする。

物理問題 III

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3に解答せよ。ただし、問2、問3には導出過程も示して答えよ。なお、地磁気と重力の影響は無視できるものとし、円周率は π とする。

- (1) 真空中で、図1のように原点O、 x 軸、 y 軸をとる。 $x \geq 0$ の領域に紙面に垂直に表から裏へ向かう向きで磁束密度の大きさが B [T]の磁場(磁界)がある。この磁場中に、質量 m [kg]、電気量 q [C] ($q > 0$)の荷電粒子を、 x 軸の正の向きに速さ v_0 [m/s]で原点から入射させた。磁場中で荷電粒子は、 [N]の大きさのローレンツ力を受けて半径 r_0 [m]の円軌道を半周し、その後、 $y = 2r_0$ [m]の位置から磁場の外へ出る。荷電粒子が磁場中に入射されてから、磁場の外へ出るまでの間に、ローレンツ力が荷電粒子にする仕事は [J]であり、荷電粒子は磁場中で等速円運動をする。この円運動の向心加速度の大きさは r_0 、 v_0 を用いて [m/s²]と表される。この円運動ではローレンツ力が向心力なので、円運動の半径 r_0 は m 、 q 、 B 、 v_0 を用いて [m]と求められる。また、荷電粒子が磁場中に入射されてから、磁場の外へ出るまでの時間は m 、 q 、 B を用いて [s]と表される。

問1 同じ磁場中に、質量 $2m$ [kg]、電気量 $-2q$ [C] ($q > 0$)の荷電粒子を、 x 軸の正の向きに速さ $2v_0$ [m/s]で原点から入射させたときの、磁場中での荷電粒子の軌道を、解答欄に図示せよ。

- (2) 真空中で、図2のように原点O、 x 軸、 y 軸をとる。領域I ($x \leq L$)に x 軸の正の向きに一様で強さ E_1 [N/C]の電場(電界)があり、領域II ($L < x \leq 2L$)に y 軸の正の向きに一様で強さ E_2 [N/C]の電場がある。時刻 $t = 0$ に、原点に質量 m [kg]、電気量 q [C] ($q > 0$)の荷電粒子をしずかに置いた。電場により荷電粒子は [N]の大きさの静電気力を受けるため、 [m/s²]の加速度で x 軸の正の向きへ等加速度運動をはじめめる。その後、荷電粒子は [m/s]の速さで $x = L$ [m]を通過し、領域IIへ入る。

問 2 荷電粒子が $x = 2L$ を通過する時刻を求めよ。さらに、荷電粒子が $x = 2L$ を通過するときの荷電粒子の y 座標を求めよ。

問 3 図 2 の領域 II にのみ、ある一定の強さと向き of 磁場も加えた。その後、原点に質量 m [kg]、電気量 q [C] ($q > 0$) の荷電粒子をしばらく置いておいたところ、荷電粒子は領域 I と領域 II の両方で、 x 軸に沿って直進した。領域 II に加えた磁場の磁束密度の向きと大きさを答えよ。なお、向きに関しては適した語句を以下の語群から選んで、解答欄に記入せよ。

語群

x 軸の正の向き x 軸の負の向き y 軸の正の向き y 軸の負の向き
 紙面に垂直で表から裏へ向かう向き 紙面に垂直で裏から表へ向かう向き

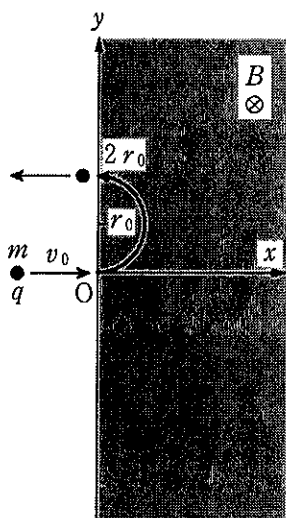


図 1

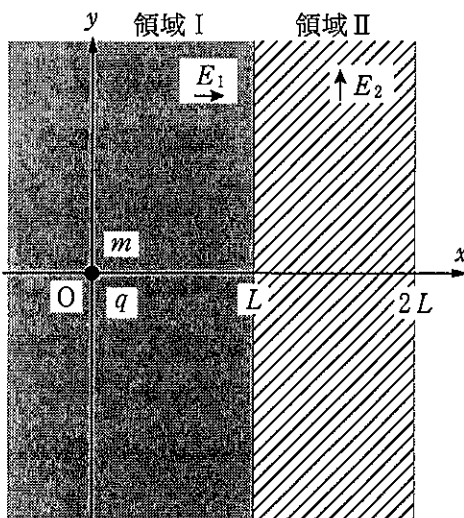


図 2

物理問題 IV

次の文を読んで、問1～問4に解答せよ。ただし、問2と問3には導出過程も示し、解答は有効数字2桁で答えよ。また、 に適した式を解答欄に記入せよ。音源の振動数は一定とする。

- (1) 図1のような装置をクインケ管という。音源から出た音は管口Aを通過して左右の管に分かれて進み、左側の曲がった管Cを通過した音と右側の曲がった管Dを通過した音が、再び出合って管口Bに達する。図1に示すように、管Cは図中の左向きに引き出ししたり右向きに押し込んだりすることができる。経路ACBと経路ADBが同じ長さになる位置を管Cの初期位置とする。初期位置から、管Cを引き出ししていくと、管口Bで聞こえる音はしだいに小さくなって、ある位置で最小となり、その位置からさらに引き出ししていくと、しだいに大きくなった。

問1 下線部は、経路ACBと経路ADBの経路差によって、音が強め合ったり、弱め合ったりすることにより生じる現象である。経路ACBの長さ L_c [m]、経路ADBの長さ L_d [m]、音源が発する音の波長 λ [m]、自然数 n を用いて、音が強め合う条件と、弱め合う条件を、それぞれ式で表せ。ただし、 $L_d \leq L_c$ とする。

問2 図1のように、管Cを初期位置から左向きに引き出していったところ、管口Bで聞こえる音が、管Cを引き出しはじめてから最初にもっとも大きく聞こえたのは、引き出し量が 3.40×10^{-2} mのときであった。音源が発する音の波長 λ [m]と振動数 f [Hz]を求めよ。音の速さは 3.40×10^2 m/sとする。

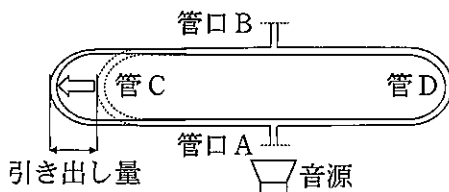


図1

問 3 つぎに、引き出し量は $3.40 \times 10^{-2} \text{ m}$ のままで、管内部の温度を 20.0°C だけ上げたところ音は小さくなった。管 C をこのときの位置から移動させて、ふたたび音がもっとも大きく聞こえるようにしたい。管 C の移動を最小とするためには、管 C をどちらの向きにどれだけ動かせばよいかを答えよ。ただし、音の速さは温度が 1°C 上がるごとに $6.00 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ だけ大きくなるものとし、温度上昇による管の変形はないものとする。

(2) ドップラー効果は音源や観測者が動くことで、音源の振動数と異なった振動数の音が観測される現象である。いま、図 2 のように、静止している 2 人の観測者 A と B に音源 S が近づく場合を考える。なお、音源および観測者の大きさは無視でき、風の影響はないものとする。S が A に向かって速度 v_s [m/s] で近づくとき、A が聞く音の振動数 f_A [Hz] は、 v_s [m/s]、音の速さ V [m/s]、S が発する音の振動数 f_s [Hz] を用いて、 で表される。ただし、 V は v_s よりじゅうぶん大きいとする。つぎに、B が聞く音について考える。図 2 のように、B と S を結ぶ線と、S が進む向きとのなす角を θ [rad] とする。S は、 v_s の S から B への方向の成分で B に向かって移動していると考えることができるので、このとき B が聞く音の振動数 f_B [Hz] は、 v_s 、 V 、 f_s 、 θ を用いて、 と表される。

問 4 音源 S が、観測者 A からじゅうぶん離れた位置 ($\theta = 0$) から A に向かって移動をはじめ、A のすぐそばを通過して、A からじゅうぶん離れた位置 ($\theta = \pi$) に到達した。この過程で A および B が聞く音の振動数 f_A 、 f_B の、 θ に対する変化を表すグラフの概形を示せ。グラフ中には、 θ が 0 、 $\frac{\pi}{3}$ 、 $\frac{\pi}{2}$ 、 $\frac{2\pi}{3}$ 、 π のときの f_A 、 f_B の値を黒丸 (●) で示すこと。ただし、 $f_s = 1.80 \times 10^2 \text{ Hz}$ 、 $v_s = 20.0 \text{ m/s}$ 、 $V = 3.40 \times 10^2 \text{ m/s}$ とする。また、S が観測者からじゅうぶん離れているときには、A と B の間の距離は無視できるほど小さいものとする。

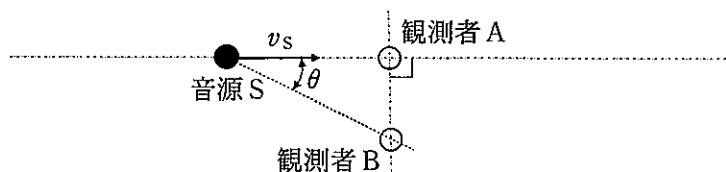


図 2

化 学

化学問題 I

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 $H = 1.0$ 、 $N = 14.0$ 、 $O = 16.0$ を、気体定数として $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。気体はすべて理想気体とする。

肉眼でとらえることが難しい気体は、固体や液体とは異なり、かつては神秘的なものとしてとらえられていた。最初に気体に着目した化学者は、燃えている木から得られる気体を形や秩序のない物質という意味で「カオス(ガスの語源)」と呼んだ。17世紀には、気体は固体や液体と同じように質量をもつ物質の形態の一つであることがわかった。また、固体や液体と比べて気体は密度が極めて小さいだけであることがわかった。

そのような中で18世紀には、^(a)目に見える形で気体を捕集する技術が考え出され、さらに、^(b)化学反応に関わるすべての物質の質量を測定する重要性が認識されるようになった。当時、木が燃えて灰に変わる現象と金属がさびる現象が、空気の成分が関わる点で共通していることは、前者では質量が減少し後者では質量が増すという違いのため、理解されるまでに時間がかかった。その後、空気は気体の混合物であり、酸素と窒素からなると考えられるようになった。^(c)鉄が空気中の酸素と結びついて生じる酸化物としてのさびは、鉄鉱石に含まれる鉄化合物の形態の一つでもあり、さびの生成の逆反応を起こさせるのが製鉄である。人は古くから鉄を、権威の象徴、戦いや農耕生活を支える道具として利用してきた。

問1 下線部(a)について、 27°C 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ における気体としての窒素の密度(g/cm^3)を求めよ。計算過程も示せ。解答の数値は、有効数字2桁で示せ。

問 2 下線部(b)について、以下の i)～iii)に答えよ。

- i) 気体を捕集するために水上置換を行っている装置の概略を図で示せ。なお解答の図は、図 1 の例にならって、気体を通過させる「管」、気体を捕集する容器としての「試験管」、水を入れた「水槽」、の 3 点を組み合わせて示せ。また、水と置き換わって「捕集された気体」の部分をも、矢印で示せ。

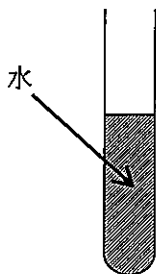


図 1 水を入れた試験管の図の例

- ii) いま、図 2 に示したように気体を、沸点の高い A 群と低い B 群の二つの物質群に分類した。分子量が同じくらいの分子については、B 群に属する分子の方が i) の水上置換に適している。その理由を、「極性」の語を用いて説明せよ。
- iii) 図 2 に示した A 群と B 群の間で、同じくらいの分子量をもつ分子の比較をしたとき沸点が異なる理由を、「分子間力」の語を用いて説明せよ。

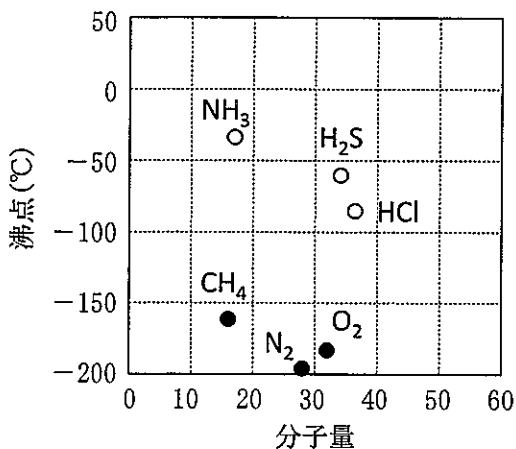


図 2 気体の沸点と分子量の関係 (A 群 : ○, B 群 : ●)

問 3 下線部(c)について、以下の i) ~ iii) に答えよ。

- i) 赤鉄鉱 (Fe_2O_3) と一酸化炭素から単体の鉄が生成する反応を化学反応式で記せ。また、反応の前後における鉄原子と炭素原子の酸化数を記せ。
- ii) i) の反応においては、赤鉄鉱を細かくすることで、反応速度を上げている。同じ形の粒子を仮定して固体の反応を一般的に考えたとき、大きい粒子よりも、多数の小さい粒子を集めて大きい粒子と同体積になるようにしたほうが反応速度が速い。その理由を説明せよ。
- iii) 鉄などの多くの金属は空気中にさらされると、さびを生じる。これに対して、亜鉛でうすくおおった鉄(トタン)では、亜鉛の表面に傷がついて鉄が露出した場合でも、鉄がさびにくい。この理由を説明せよ。

理科の試験問題は次に続く。

化学問題 II

次の文を読んで、問1～問7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を用いよ。解答の構造式は図1の例にならって記せ。

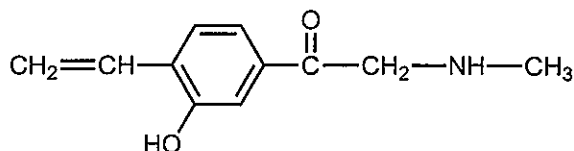


図1 構造式の例

ブドウやレモンの果実には特有の香りをもつ種々の有機化合物が含まれる。それらのうち、水中で弱い塩基性を示す芳香族化合物Aは鳥類忌避性(鳥がその臭いや味などを嫌って避ける性質)を示した。化合物Aを元素分析したところ、炭素、水素、酸素、および窒素のみからなり、成分元素の質量百分率は炭素63.6%、水素6.0%、窒素9.3%であった。また、化合物Aの分子量は151であった。1 molの化合物Aを完全に加水分解したところ、メタノールと芳香族化合物Bのみがそれぞれ1 mol得られた。化合物Bにさらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈した。この結果は、化合物Bが ア ^(a)のように、イ がベンゼン環の炭素原子に直接結合した構造を分子内にもつことを示している。なお ア は、スズと濃塩酸を用いてニトロベンゼンを還元し、得られた水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えることで生成する。

化合物Bの塩酸塩69.4 mgを50.0 mLの純水に完全に溶解させ、0.0500 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、二段階の中和反応が起こった。このとき、第一段階の反応の終点(第1中和点)はpH 3.5で、また第二段階の反応の終点 ^(b) (第2中和点)はpH 7.5であった。 また、室温で白色の固体である化合物B(塩酸塩でない)は、その分子間だけでなく、分子内でも水素結合を形成している ^(c) ことがわかった。 なお、化合物Bと同じ示性式で表される構造異性体のうち、分子内で水素結合を形成するのは、化合物Bだけであった。

一方、化合物Aに無水酢酸を作用させると、化合物Cと酢酸が生じた。化合物Cは果実のような芳香をもち、食品添加物としても認可されているものであった。

問 1 化合物 A および化合物 B の分子式を記せ。

問 2 下線部(a)について、さらし粉は塩素を水酸化カルシウムに吸収させることで得られる。この操作でさらし粉が生成するときの反応式を記せ。

問 3 文中の ア にあてはまる化合物名を、また イ にあてはまる官能基名をそれぞれ記せ。

問 4 下線部(b)について、次の i), ii) に答えよ。

i) 第 1 中和点および第 2 中和点を知るために用いる pH 指示薬として最も適切なものを次の①~④から一つずつ選び、それぞれ番号で示せ。

① メチルレッド

② メチルオレンジ

③ フェノールフタレイン

④ プロモチモールブルー

ii) 第 2 中和点に達するには 0.0500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が何 mL 必要かを、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問 5 下線部(c)について、一般に、分子間で水素結合を形成する化合物と、分子間で水素結合を形成しない構造異性体を比較すると、融点や沸点にどのような違いがあるか記せ。

問 6 化合物 B の構造式を記せ。

問 7 化合物 C の構造式を記せ。

化学問題 III

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。必要であれば、原子量として $\text{Ag} = 108$ を、ファラデー定数として $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。また、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、円周率 = 3.14 とし、解答の数値は有効数字2桁で示せ。

銀は古くから貴金属として、貨幣や装飾品などに用いられてきた。また銀は、光の^(a)反射率が高く、展性や延性を示し、電気および熱の伝導性が金属の中で最高である。近年、太陽電池の普及に伴い、その内部配線の材料としての銀の使用量が顕著に増加している。現在、産出される銀の大半は、銀鉱石ではなく、銅などの電解精錬^(b)の副産物として得られる。高純度の銀も電解精錬によって得られる。^(c)

- 問1 下線部(a)について、銀は鏡の材料として優れており、銀鏡反応は銀の鏡を作る方法として広く知られている。銀鏡反応は以下のような一連の反応で行われる。
- (ア) 硝酸銀水溶液にアンモニア水を加えると褐色の沈殿が生じる。
 - (イ) この褐色の沈殿を過剰のアンモニア水に溶解させると無色の溶液になる。
 - (ウ) この無色の溶液に適切な還元剤を加えて穏やかに加熱すると銀が析出する。

これらの反応に関して、i), ii)に答えよ。

- i) (ア), (イ)それぞれの反応のイオン反応式を記せ。
 - ii) (ウ)の反応では、銀の小さな結晶が多数生成し、これらが集まって銀の膜になるとされている。一辺 $3 \times 10^{-6} \text{ cm}$ の立方体の銀の結晶に含まれる銀原子の数として、最も近い値を(あ)～(え)の中から選び、記号で記せ。
- (あ) 10^0 個 (い) 10^6 個 (う) 10^{12} 個 (え) 10^{18} 個

- 問 2 下線部(b)について、銅の電解精錬では、粗銅板を陽極、純銅板を陰極として硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液に入れ、両電極間に約 0.3 V の電圧を加えて長時間電気分解して行う。その結果、陽極が溶解し、陰極に純銅が析出する。このとき、陽極に含まれる金や銀は、陽極の下に陽極泥としてたまる。なぜ金や銀は陽極泥になるのかを説明せよ。
- 問 3 下線部(b)について、問 2 の銅の電解精錬によって生じる陽極泥には鉛が含まれていることがあり、このとき鉛は、水に難溶性の白色の塩として存在する。この白色の塩はなぜ生成するのかを説明せよ。なお、説明には化学反応式を用いてもよい。
- 問 4 下線部(c)について、銅の電解精錬の陽極泥から得た純度の低い銀を陽極とし、陰極に純銀を用いて硝酸銀水溶液を電気分解すると、陰極に純銀が析出する。この電気分解を 0.500 A の電流で 1980 秒間行った。このとき、陰極に析出した純銀の質量を求めよ。計算過程も記せ。ただし、電気分解のとき、陰極では銀の析出のみが生じたとする。
- 問 5 銀の単体の結晶は面心立方格子である。この結晶の充填率が約 74 % になることを計算式と文章のみを用いて説明せよ。

化学問題 IV

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。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

天然有機化合物である糖類の中で、それ以上加水分解されない糖を単糖類(グルコース、フルクトース、ガラクトースなど)という。フルクトースは水溶液中では主に2種類の六員環構造、1種類の鎖状構造、2種類の五員環構造をとっており、これらの異性体が平衡状態で存在している。2分子の単糖類が縮合して形成されるものを二糖類という。2分子の α -グルコースの縮合により、マルトースおよび食品のほかに保湿剤として使われるトレハロースが生成される。両者は互いに構造が異なる。

単糖類が縮合重合した高分子を多糖類という。多糖類の一つであるセルロースは多数の β -グルコースが直鎖状に縮合重合した構造をとる。セルロースを消化酵素Xにより加水分解すると、二糖類Yのみが得られる。また、セルロースのもつヒドロキシ基の一部を無水酢酸でアセチル化し、加工した半合成繊維は、Zと呼ばれる。

問1 グルコース、フルクトース、ガラクトースの特徴について、(ア)～(エ)の中で正しいものをすべて選び、記号で記せ。

- (ア) 酵母によりアルコール発酵されるものがある。
- (イ) 三つは互いに異性体である。
- (ウ) いずれも不斉炭素原子をもたない。
- (エ) いずれも水に溶けにくい。

問 2 下線部(a)についてフルクトースの平衡は図1のようになる。①~④にあてはまる適切な構造式を下のβ-フルクトース(六員環)にならって完成させよ。

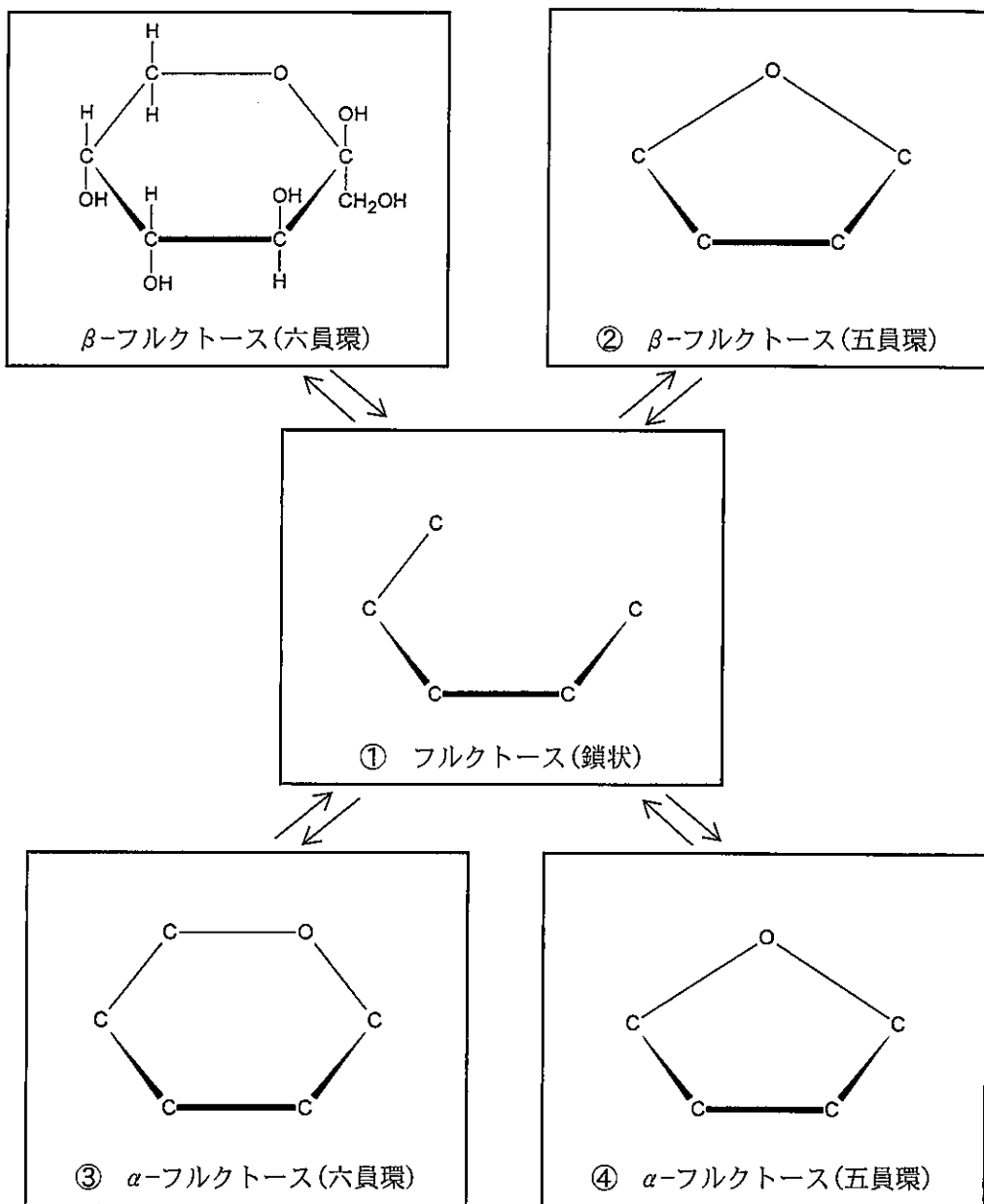
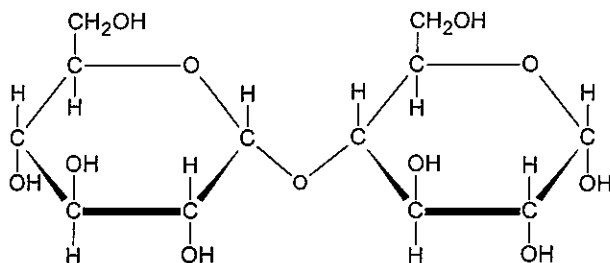
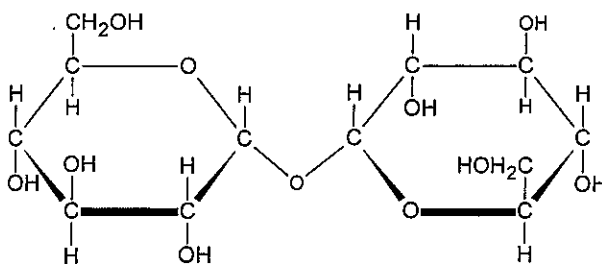


図1 水溶液中のフルクトースの平衡

問 3 下線部(b)についてマルトース，トレハロースは，図2のような構造となる。
 フェーリング液を添加し，加熱しても赤色沈殿を生じないのはどちらか。理由とともに答えよ。



マルトース



トレハロース

図2 マルトース，トレハロースの構造式

問 4 二糖類であるスクロース，マルトース，ラクトース，トレハロースを含んだ混合水溶液がある。ただし，この水溶液中に含まれるラクトースとトレハロースの物質量は同じである。この水溶液中に含まれる二糖類をすべて単糖類に加水分解したところ，生じた単糖類の物質量は，グルコース：フルクトース：ガラクトース = 16 : 1 : 3 となった。この水溶液中の二糖類に占めるスクロースの物質量の割合(%)を求めよ。計算過程も記せ。ただし，スクロースはグルコースとフルクトースから，ラクトースはグルコースとガラクトースからなる。

問 5 文中の , , に適切な語句または物質名を記せ。

問 6 下線部(c)について, 20.0 g のセルロースを により完全に加水分解したときに得られる二糖類 の質量を求めよ。計算過程も記せ。なお, セルロースの末端の構造は無視せよ。

生 物

生物問題 I

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

被子植物の花には、おしべ(雄ずい)とめしべ(雌ずい)がある。おしべのやくの中では、つぼみのときに **ア** が減数分裂を経て **イ** となり、最終的に4個の花粉となる。一方、めしべの子房の中の胚珠では、胚のう母細胞が減数分裂して、1個の **ウ** と3個の小さな細胞になる。3個の小さな細胞は退化し、**ウ** は特殊な核分裂を3回行って胚のうになる。胚のうは8個の核を持ち、そのうちの1つが卵細胞の核になるが、2個は **エ** に、2個は助細胞の核に、3個は反足細胞の核になる。

昆虫や風などによって運ばれた花粉がめしべの柱頭につくと、花粉から花粉管が発芽して伸長する。花粉管が胚のうに達すると、花粉管内に2個ある精細胞のうち一方の核(精核)は卵核(卵細胞の核)と融合して受精卵の核になる。もう1個の精核は、2個の **エ** と融合して胚乳核となる。受精卵は胚に、胚乳核は胚乳になり、両者は種子を形成する。

問1 **ア** ～ **エ** に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)で減数分裂の前後をくらべると、分裂後の花粉1個に含まれる染色体の本数と核内のDNA量はそれぞれどのように変化するか。減数分裂前を **ア** のG1期としたときの値を、以下の(A)～(F)からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|----------|----------|
| (A) 10分の1 | (B) 2分の1 | (C) 4分の1 |
| (D) 2倍 | (E) 4倍 | (F) 10倍 |

問 3 花粉管が伸長し最終的に胚のうの中の卵細胞に到達するしくみについて、句読点も含め 25 字以内で説明せよ。

問 4 下線部**(b)**のような受精のしかたを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 5 胚乳の役割は何か、句読点も含めて 20 字以内で答えよ。

問 6 胚乳と種子に関する以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) 胚乳を持つ種子には、私たち人間も食物として利用しているものがある。そのように利用できるのはなぜか、句読点も含めて 20 字以内で答えよ。また胚乳をもつ種子をつける植物を、以下の(A)~(E)から一つ選び記号で答えよ。

- (A) ワラビ (B) ソラマメ (C) スギゴケ
(D) ヒカゲノカズラ (E) カ キ

(2) 種子が成熟した後は胚乳を持たず、無胚乳種子と呼ばれるが、人間の食物となっている種子がある。無胚乳種子が食物となるのはなぜか、句読点も含めて 25 字以内で答えよ。また、無胚乳種子をつける植物を、以下の(A)~(E)から一つ選び記号で答えよ。

- (A) ワラビ (B) ソラマメ (C) スギゴケ
(D) ヒカゲノカズラ (E) カ キ

生物問題 II

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。また、問5～問8については図2を参照して答えよ。

植物の集団(個体群, 群集)の物質生産に関する調査法の一つとして、一定区画内の植物を垂直方向に一定間隔で切り分け、それぞれの層に分布する **ア** と **イ** の質量を測定するという方法がある。この方法を層別刈取法といい、あらかじめ測定しておいた光の強さ(相対照度)とともに図示したものを **ウ** と呼ぶ。

図1は、10株/m²、および40株/m²の密度で栽培したイネの個体群について、穂が出てから10日目に1m×1m(1m²)の区画より採取した層(厚さ10cm)ごとの **ア** と **イ** の質量(乾燥重量)を調査した結果である。なお、生葉(生きている葉)と枯葉を **ア**、穂と茎を **イ** としている。

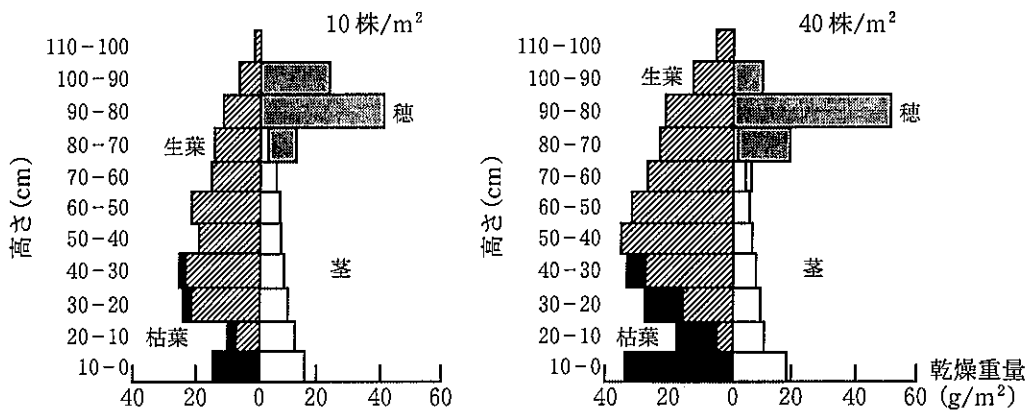


図1 イネ個体群における各器官の垂直分布(左が10株/m²、右が40株/m²)

問1 **ア** ~ **ウ** に適切な語句を入れよ。

問 2 10 株/m²、および 40 株/m² のイネ個体群について予想される垂直方向の光の強さ(相対照度)の分布曲線を解答用紙の図の左側に重ねて記入せよ。ただし、光の強さは個体群の最上部を 100 %、最下部を 0 % として、二つの黒丸(●)を線で結ぶこと。また、10 株/m² より 40 株/m² の方が枯葉の量が多い理由を句読点も含め 40 字以内で述べよ。

問 3 イネの がイネ科型(イネ科草本型)と呼ばれるのに対し、 が比較的上層に偏って分布するものを何と呼ぶか答えよ。また、それに該当する植物を以下の(A)~(E)より二つ選び、記号で答えよ。

- (A) チカラシバ (B) アカザ (C) ダイズ
(D) トウモロコシ (E) サトウキビ

問 4 今から 50 年ほど前、ある研究者が個体群を構成するイネの葉 1 枚 1 枚の先端に小さなおもりを貼り付けて湾曲させ、水平方向に葉が広がるような個体群を人為的に作った。その結果、 や個体群内の光の透過はどのように変化したかを句読点も含め 80 字以内で述べよ。なお、区画の外へはみ出す葉が増える代わりに外から入ってくる葉も増えるため、面積当たりの総重量(乾燥重量)は変わらないものとする。

問 5 図 2 は十分に発達したダイズの単一個体群について、個体群密度と乾燥重量（バイオマス）との関係を示したものである。個体群密度が 60 株/m^2 のとき、ダイズ個体の平均重量（平均個体重）は何 g になるかを答えよ。

問 6 実験的に個体群密度が 100 株/m^2 となるように種子をまいたところ、途中で 4 分の 1 程度の個体が枯れ、最終的な個体群密度は約 75 株/m^2 になった。これは光、水、養分などの資源に限りがあるため、維持できる個体数に上限があるからである。この上限のことを何と呼ぶか答えよ。

問 7 個体群密度 25 株/m^2 で栽培したところ、ダイズ個体群の乾燥重量は最終的に 495 g/m^2 にしかなかった。その理由は、栽培密度が低すぎたためダイズの葉で地表が覆われる前に雑草が繁茂してしまったからと思われた。そこで草取りをしてみたところ、68 本の雑草が生えていたことがわかった。「土地に降り注ぐ太陽エネルギーによって植物の成長量は規定されるため、面積当たりの作物と雑草の重量の総和は一定になる（雑草が繁茂した分だけ作物の重量が減少する）」という考え方がある。これが成り立っているとして、ダイズの平均個体重は雑草が生えなかった場合と比べて何パーセント減少したか、および雑草の平均個体重は何 g だったと予想されるかを、それぞれ計算式とともに答えよ。

問 8 問 7 で述べた「面積当たりの作物と雑草の重量の総和は一定になる」ということが成り立つのは、ある条件が満たされた場合に限られる。その条件を「種内競争」と「種間競争」という言葉を用いて簡潔に答えよ。

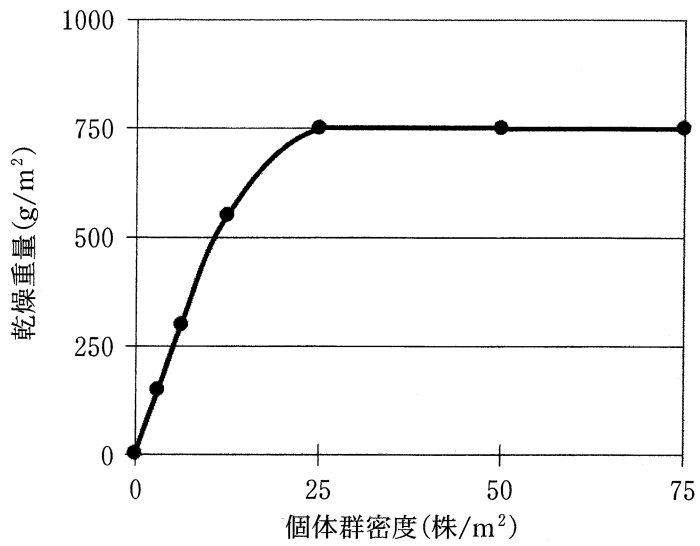


図2 ダイズの個体群密度と面積当たり乾燥重量(バイオマス)との関係

生物問題 III

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

多細胞生物のからだをつくる細胞の多くは、細胞どうしが直接結合したり、細胞と細胞外物質とが結合したりしている。このような結合は ^(a) **ア** と呼ばれる。

細胞の外側にある構造を細胞外基質(細胞外マトリックス)といい、動物の組織では ^(b) **イ** というタンパク質が細胞外基質のおもな構成要素となっている。上皮細胞の底部には **ウ** という薄膜状の細胞外基質がある。

上皮組織にみられる **ア** は、その機能や関係する膜タンパク質の種類などから、**エ** 結合、**オ** 結合、**カ** 結合の三つに大別される。

エ 結合は、上皮組織で隣り合う細胞の膜タンパク質どうしが結合し、細胞を隙間なく結合させる。このような構造によって、細胞間から物質が漏れ出るのを防いでいる。

オ 結合は、コネクソンと呼ばれる管状の膜タンパク質が互いに連結した構造をとる。この結合によって、隣接する細胞間でイオンなど小さな分子を交換している。

カ 結合は、細胞骨格の **キ** フィラメントや **ク** フィラメントにつながる結合で、機械的強度が高く、筋肉や上皮細胞に多くみられる。**カ** 結合で重要な働きをする接着タンパク質に、**ケ** とインテグリンがある。

ケ は、京都大学の竹市雅俊らによって発見され、その機能発現には、**コ** の存在が不可欠であることから、その名がつけられた。

問1 **ア** ～ **コ** に適切な語句を入れよ。

問2 **キ** フィラメント、**ク** フィラメント以外の細胞骨格を一つ挙げよ。また、その細胞骨格を構成するタンパク質の名称を答えよ。

問 3 **カ** 結合は，さらに三つの代表的な結合様式に分けることができる。そのうち二つを挙げ，それらの相違点分かるように，各々の特徴を説明せよ。

問 4 下線部(a)について，例外となる細胞を三つ挙げよ。

問 5 下線部(b)について，「組織」の定義を「器官」との違いが分かるように述べよ。

生物問題 IV

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

細胞内では、複数の化学反応が続いて起こることで、最終生成物がつくられることが多い。図1に示すように、物質Aに酵素aが働いて物質B、物質Bに酵素bが働いて物質C、物質Cに酵素cが働いて物質Dが生産されるものとする。(なお、1分子の物質Aから1分子の物質B、1分子の物質Bから1分子の物質C、1分子の物質Cから1分子の物質Dが生産されるものとする。)これらを用いて実験Iを行った。

(実験I) 1.0×10^4 分子の酵素a、 2.5×10^3 分子の酵素b、および酵素aに対して過剰量の物質Aを含む溶液を調製した。(過剰量とは、阻害剤の影響を受けていない状態の酵素aが全反応時間をとおして最大反応速度を発揮し続けることができる物質A量のことを指す。)溶液中の物質B量の時間的な変化を図2に示す。

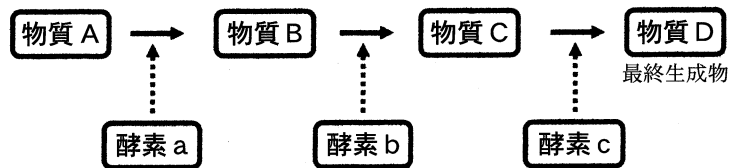


図1 酵素群が触媒として働く連続した化学反応

問1 図2のグラフを参考にして、1分子の酵素aが触媒として働く化学反応における物質Bの最大生産速度として最も適切な値を以下のア～ケから選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|----------------|---------------------|
| (ア) 5 分子/秒 | (イ) 500 分子/秒 | (ウ) 5,000,000 分子/秒 |
| (エ) 6.7 分子/秒 | (オ) 670 分子/秒 | (カ) 6,700,000 分子/秒 |
| (キ) 10 分子/秒 | (ク) 1,000 分子/秒 | (ケ) 10,000,000 分子/秒 |

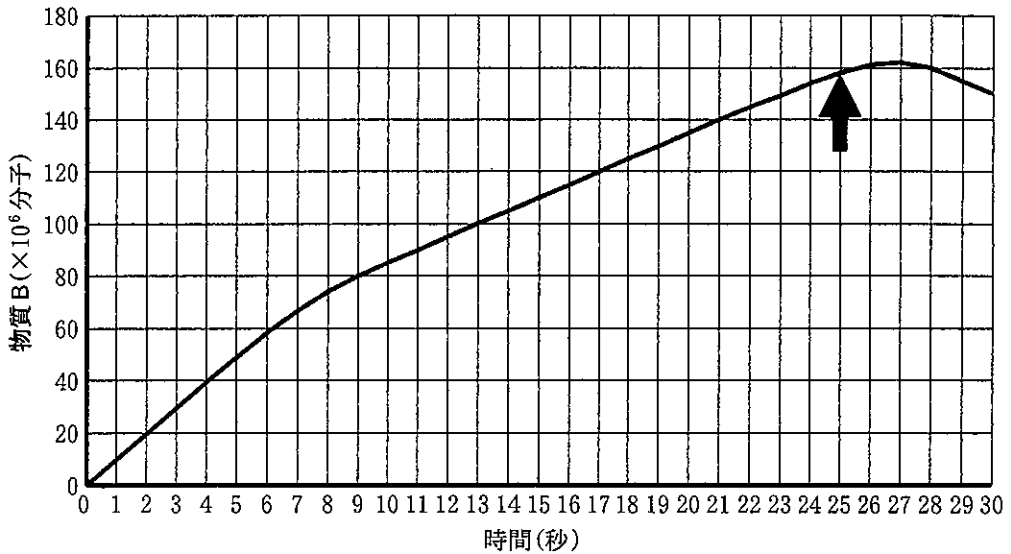


図2 実験Iの結果(矢印の時点で酵素cを添加)

問2 図2のグラフと問1の答えを用いて、1分子の酵素bが触媒として働く化学反応における物質Cの最大生産速度を計算し、小数第一位を四捨五入して答えよ。計算過程も示せ。

問3 図2の矢印の時点で酵素cを添加した。しばらくすると、物質B量は減少に転じた。その理由を、句読点も含めて160字以内で答えよ。

問4 酵素aに対して競争的阻害剤として働く物質Eを実験Iの系に加えて、最初から測定をやり直したところ、図2のグラフと同様の結果となった。このとき、それぞれの酵素は変性しておらず、それぞれの物質にも異常はなかった。この結果を説明する最も適切な理由を、句読点も含めて50字以内で答えよ。

問 5 酵素 b に対してのみ阻害剤として働く物質 F を実験 I の系に加えて、最初から測定をやり直したところ、図 2 に示した物質 B 量変化の一部に違いが現れた。物質 F が競争的阻害剤だった場合、物質 F を添加した状態の説明として成り立つ文章を①～⑥から二つ選び、番号で答えよ。

- ① 反応時間 4 秒における物質 B 量は約 3.0×10^7 分子となった。
- ② 反応時間 4 秒における物質 B 量は約 4.0×10^7 分子となった。
- ③ 反応時間 4 秒における物質 B 量は約 5.0×10^7 分子となった。
- ④ 反応時間 15 秒から 25 秒におけるグラフの傾きが小さくなったが、物質 B 量は増加した。
- ⑤ 反応時間 15 秒から 25 秒におけるグラフの傾きは同じだったが、物質 B 量は増加した。
- ⑥ 反応時間 15 秒から 25 秒におけるグラフの傾きは大きくなったが、物質 B 量は減少した。

3 ページ 物理問題Ⅱ 問1 下から1～2行目

(誤) ただし，2つの金属球の温度は水よりも高く，水の沸騰や蒸発は生じなかったとする。



(正) ただし，水に沈める前の2つの金属球の温度は水の温度よりも高く，水の沸騰や蒸発は生じないとする。