



理 科

(120 分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～10 ページ) 化学(11～22 ページ) 生物(23～37 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せよ。また、問1および問2に答えよ。ただし、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとする。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

- (1) 図1に示すように、水平な面上を等加速度直線運動する車内で、小球を天井から軽い糸でつるしたところ、小球は糸と鉛直方向とのなす角が θ [°] となる位置で、車に対して静止した。このとき、車の加速度の大きさを a [m/s²]、小球の質量を m [kg] とすると、小球にはたらく慣性力の大きさは ア [N] と表せる。また、糸にはたらく張力の大きさを S [N] とすると、小球にはたらく慣性力の大きさは S と θ をもちいて イ [N] と表せる。また、車の加速度の大きさ a は g と θ をもちいて ウ [m/s²] と表せる。

問1 この小球を車内で観測したところ、図2のような観測結果が得られた。このときの小球にはたらく重力 mg と張力 S について、それぞれの力の大きさと向きを矢印で示した。小球にはたらく慣性力を、その大きさと向きがわかるように、解答欄の方眼紙上に矢印で記入せよ。

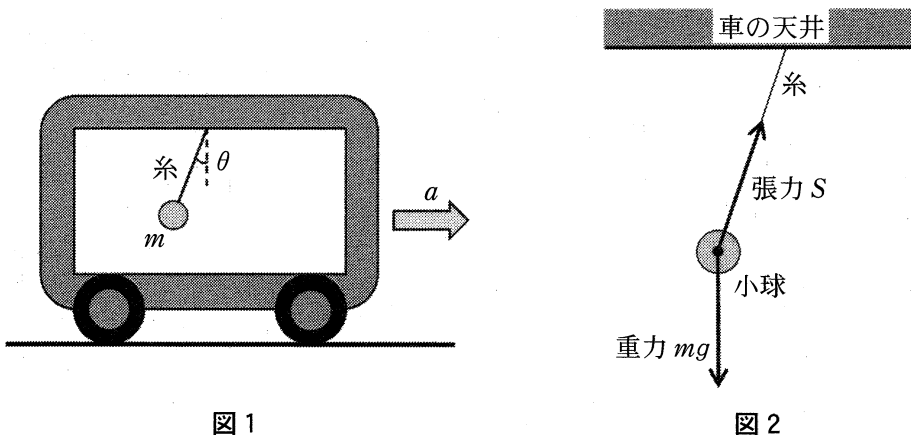


図1

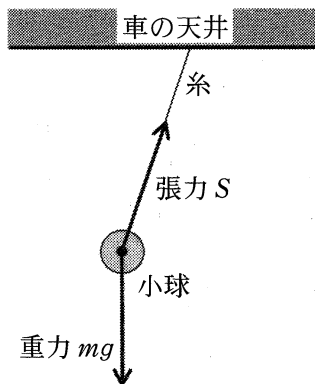


図2

(2) 図3に示すように、水平な面上を加速度 a で等加速度直線運動する車の水平な床に物体を静かに置き、この物体を車内で観測する。物体の質量を M [kg]、物体と床との間の静摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ とする。ただし、 $\mu_0 > \mu$ とする。物体にはたらく静摩擦力の最大値は エ [N] である。この静摩擦力の最大値が物体にはたらくときの車の加速度の大きさ a_1 [m/s^2] は オ [m/s^2] である。車の加速度の大きさが a_1 よりも大きくなると、物体は車内の床に対して動き始める。すなわち、車内で物体を観測した場合、物体が車の進行方向と逆の向きに車内の床上をすべっていくように見える。このときの車の加速度の大きさを a_2 [m/s^2] とすると、車内の床に対する物体の加速度の大きさは カ [m/s^2] となる。

(3) 角度 30° の斜面に車が停止している。斜面に平行な車内の床の上には、質量が 1.0 kg の物体が静止している。物体と床との間の静摩擦係数は 0.80 である。また、重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とする。このとき、物体にはたらく静摩擦力の最大値は キ N である。ここで、図4に示すように、車が斜面にそって上向きに加速する場合を考える。車の加速度 a の大きさがある値 a_0 よりも大きくなると、物体は車内の床に対して動き始める。

問 2 a_0 の値を求めよ。導出過程も示すこと。

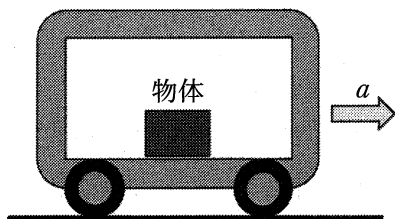


図 3

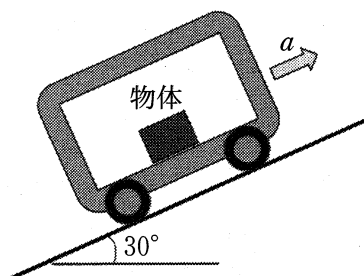


図 4

物理問題 II

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および問2に導出過程も示して答えよ。ただし、円周率は π とする。

図1に示すように、起電力が E [V]の電池，抵抗値が R_1 [Ω]および R_2 [Ω]の2つの抵抗，電気(静電)容量が C [F]のコンデンサー，自己インダクタンスが L [H]のコイル，および S_0 から S_3 の4つのスイッチから構成される電気回路がある。なお，導線やコイル，スイッチの電気抵抗，および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

最初，すべてのスイッチは開いており，またコンデンサーには電荷が蓄えられていない。この状態を初期状態とする。

- (1) 初期状態からスイッチ S_1 を閉じ，つづいて S_0 を閉じた。 S_0 を閉じた直後に，抵抗 R_1 を流れる電流の大きさはア [A]である。その後， R_1 を流れる電流の大きさとコンデンサーの極板間の電位差は時間とともに変化した。 R_1 を流れる電流の大きさが I_1 [A]のとき，コンデンサーの極板間の電位差はイ [V]である。じゅうぶんに時間が経過すると，コンデンサーの極板間の電位差は変化しなくなった。このとき，コンデンサーに蓄えられた電気量およびエネルギーはそれぞれウ [C]とエ [J]である。

その後，スイッチ S_0 を開き， S_1 は閉じた状態のまま S_2 を閉じた。抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは， S_2 を閉じた直後はオ [A]，じゅうぶんに時間が経過したときはカ [A]になる。

- (2) 初期状態からスイッチ S_1 と S_2 を閉じ，つづいて S_0 を閉じた。 S_0 を閉じた直後に，抵抗 R_1 を流れる電流の大きさはキ [A]，コンデンサーに流れ込む電流の大きさはク [A]である。その後，抵抗 R_2 を流れる電流およびコンデンサーの極板間の電位差は，時間とともに変化した。 R_2 を流れる電流が I_2 [A]のとき，コンデンサーの極板間の電位差はケ [V]，コンデンサーに流れ込む電流の大きさはコ [A]になる。

じゅうぶんに時間が経過し、抵抗を流れる電流の大きさが一定になった後、スイッチ S_0 を開いた。 S_0 を開いてから、じゅうぶんに時間が経過する間に、抵抗 R_2 で消費されるエネルギーは サ [J] である。

(3) 初期状態からスイッチ S_0 および S_1 を閉じた。じゅうぶんに時間が経過した後、 S_0 を開き、つづいて S_3 を閉じたところ、周期 シ [s] で向きが変わる電流(振動電流)が流れた。

問 1 コイルを流れる電流の最大値を求めよ。

(4) 初期状態からスイッチ S_0 および S_2 を閉じた。このとき、抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは ス [A] であり、 R_1 による電圧降下は セ [V] になる。

問 2 R_2 における消費電力 P [W] を求めよ。また、 E と R_1 を固定し R_2 を変化させた場合について、 P が最大となるときの R_2 を R_1 を用いて表し、さらに P の最大値 P_{\max} [W] を E と R_1 を用いて表せ。

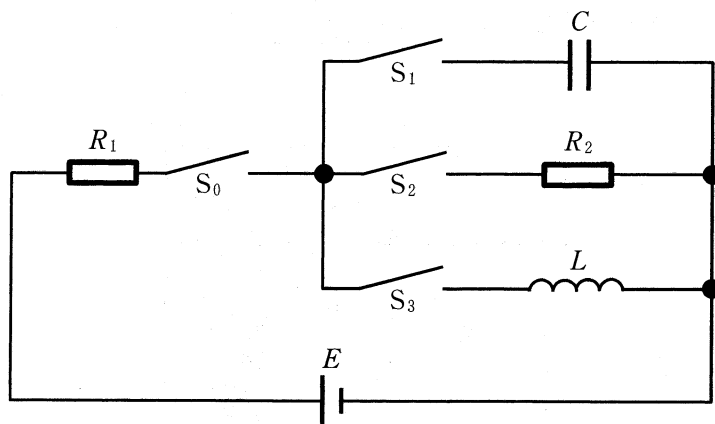


図 1

物理問題 III

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および問2に導出過程も示して答えよ。ただし、アボガドロ定数を N_A [mol⁻¹]、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

図1のように、1辺が L [m] の立方体の容器の中を、1個の質量が m [kg] の単原子分子理想気体の気体分子が N 個飛び回っている。図1のように x 、 y 、 z 軸をとり、容器内の壁面のうち、 x 軸に垂直な図中の壁 S が気体から受ける圧力を考える。なお、分子は他の分子と衝突せず、容器の壁面とだけ衝突するものとする。また、壁面はなめらかで、分子と壁との衝突は弾性衝突とし、衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらないとする。さらに、分子は衝突から次の衝突まで等速直線運動すると仮定する。

壁 S に衝突する前の分子の速度の x 成分を v_x [m/s] ($v_x > 0$) とすると、壁 S との衝突により、分子の速度の x 成分は ア [m/s] となる。このとき、速度の壁 S と平行な成分は変化しないので、壁 S との衝突による、分子の運動量の x 成分の変化は イ [kg·m/s] となる。この運動量の変化は分子が壁 S から受ける $\{ \quad \text{ウ} \}$ に等しいので、作用・反作用の法則から、この1回の衝突で分子が壁 S に与える $\{ \quad \text{エ} \}$ の x 成分の大きさは エ [N·s] となる。

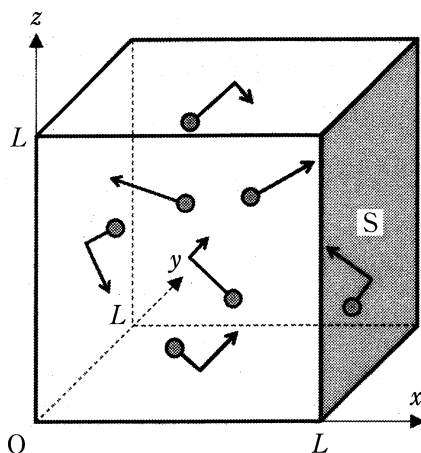


図1

つぎに、1個の分子の衝突によって壁Sが受ける平均の力について考える。分子が壁Sと衝突してから、再び同じ壁Sと衝突するまでに要する時間は [s] と表せるので、この分子が同じ壁Sと時間 t [s] の間に衝突する回数は である。したがって、1個の分子が時間 t の間に壁Sに与える { } の合計は [N・s] となり、この間に、1個の分子が壁Sに及ぼす力の大きさを時間的に平均した値は [N] となる。

気体分子全体の v_x^2 の平均を $\overline{v_x^2}$ とすると、壁Sが N 個の分子から受ける力の大きさは [N] となるので、気体の圧力 p [Pa] は [Pa] となる。分子は特定の方向にかたよることなく不規則に運動しているので、速度成分の2乗平均はどの成分についても等しい。したがって、 N 個の分子の速さの2乗平均 $\overline{v^2}$ [m²/s²] と $\overline{v_x^2}$ の間には $\overline{v^2} =$ [m²/s²] の関係が成り立つ。したがって、容器の体積を V [m³] とすると、 p は N , m , $\overline{v^2}$, V を用いて [Pa] と表せる。

問 1 と理想気体の状態方程式を用いて、気体分子の運動エネルギーの平均値 $\frac{1}{2} m \overline{v^2}$ を気体の温度 T [K], R および N_A を用いて表せ。

問 2 モル質量(1 mol 当たりの質量) M_A [kg/mol] の単原子分子理想気体(気体 A)の気体分子の2乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ が温度 T_A [K] において 1300 m/s であった。このとき、 $8M_A$ のモル質量をもつ別の単原子分子理想気体(気体 B)の気体分子の、温度 $2T_A$ [K] における2乗平均速度を求めよ。

物理問題 IV

次の文を読んで、に適した式または数値を、 $\{ \quad \}$ には適した語句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、円周率は π とする。

- (1) ある媒質中を連続した正弦波が x 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s]で減衰することなく進行している。図1は時刻 t [s]が0のときの位置 x [m]と媒質の変位 y [m]の関係を示している。図1より、この正弦波の振幅はア m、波長はイ mと読み取れるので、周期 T [s]は v を使ってウ [s]と表せる。この正弦波が $\frac{1}{2}$ 波長進むのに0.1 s要したとき、 T はエ sとなり、 v はオ m/sとなる。このとき、この正弦波の $x=0$ での t と y の関係は、 $y =$ カ と表せる。この正弦波について、 $T =$ キ sと $v =$ ク m/sを用いると、任意の位置 x での媒質の変位 y は $x=0$ に比べて時間コ [s]だけ遅れるので、 t と x を使って $y =$ ク と表せる。

問1 $x = 2$ mの位置における t と y の関係を解答欄のグラフに示せ。

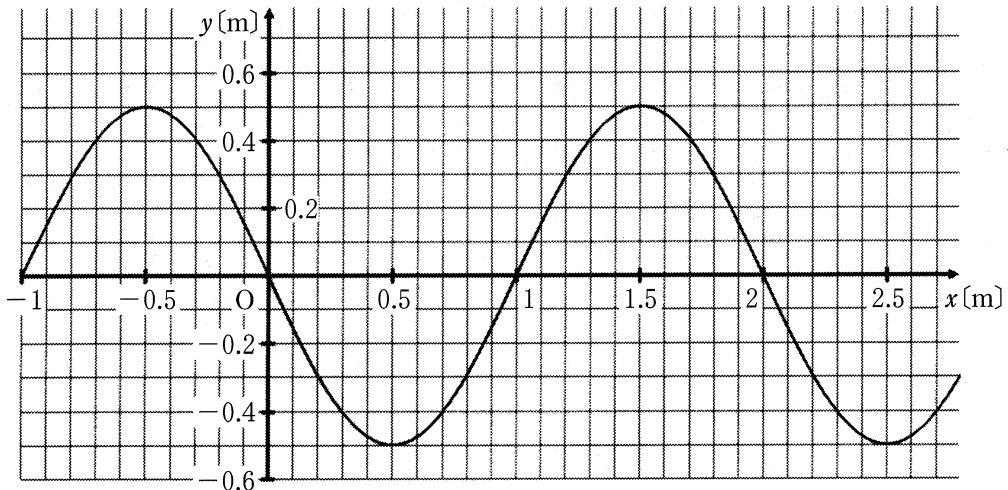


図1

(2) ある媒質中を連続した正弦波 1 が x 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s] で減衰することなく進行し、連続した正弦波 2 が x 軸の負の向きに一定の速さ v [m/s] で減衰することなく進行している。正弦波 1 と正弦波 2 の周期 T [s] と振幅 A [m] はそれぞれ等しい。図 2 は、時刻 $t = 0$ のときの正弦波 1 と正弦波 2 の位置 x [m] と媒質の変位 y [m] の関係を示している。また、図 3 は $t = t_1$ のときの正弦波 1 と正弦波 2 の x と y の関係を示している。さらに、 $t = t_2$ のとき、図 4 のように正弦波 1 と正弦波 2 の x と y の関係は一致した。正弦波 1 と正弦波 2 の合成波について考えよう。

問 2 $t = 0$ 、 $t = t_1$ および $t = t_2$ のときの正弦波 1 と正弦波 2 の合成波の概形を解答欄にそれぞれ記入せよ。

問 2 で作成したグラフを見ると、この合成波は、まったく振動しない場所(これを { ケ } という)と、大きく振動する場所(これを { コ } という)が交互に並び、波形が進行していない波となっていることがわかる。このような波を { サ } 波という。

つぎに、これらの正弦波の合成波の式について考えよう。時刻 t における正弦波 1 の変位 y_1 [m] は A 、 T 、 t 、 x 、 v を使って $y_1 =$ と表せる。また、正弦波 2 は正弦波 1 と逆向きに進むので、時刻 t における正弦波 2 の変位 y_2 [m] は A 、 T 、 t 、 x 、 v を使って $y_2 =$ と表せる。波の重ね合わせの原理から次の公式

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2}$$

を用いると、正弦波 1 と正弦波 2 の合成波の変位 y_3 [m] は

$$y_3 =$$
 \sin () $\cdot \cos$ ()

と表せる。

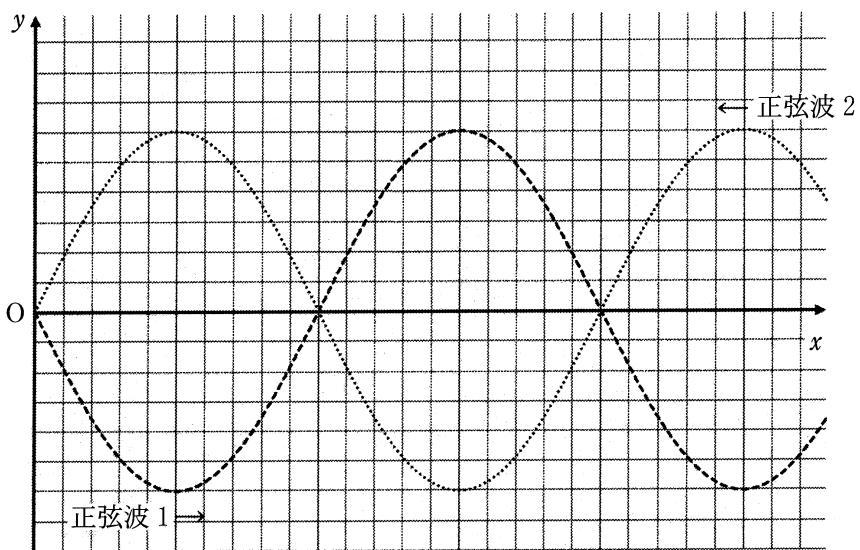


图 2

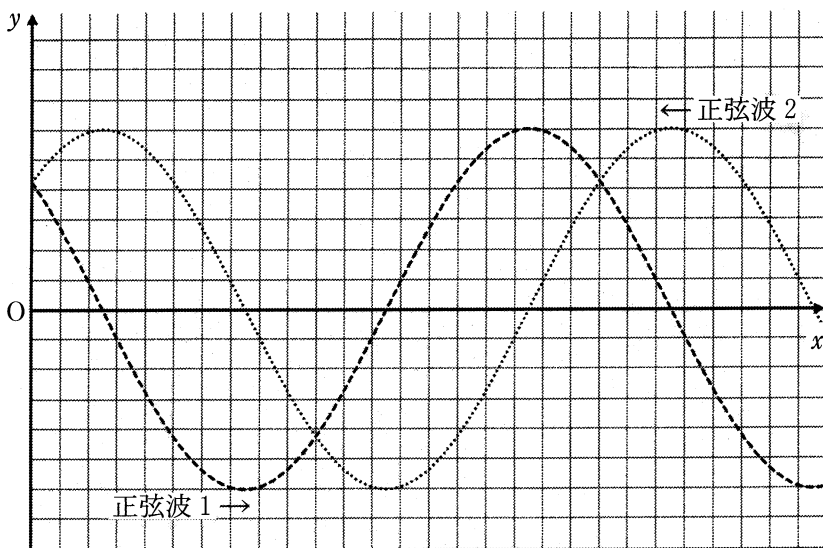


图 3

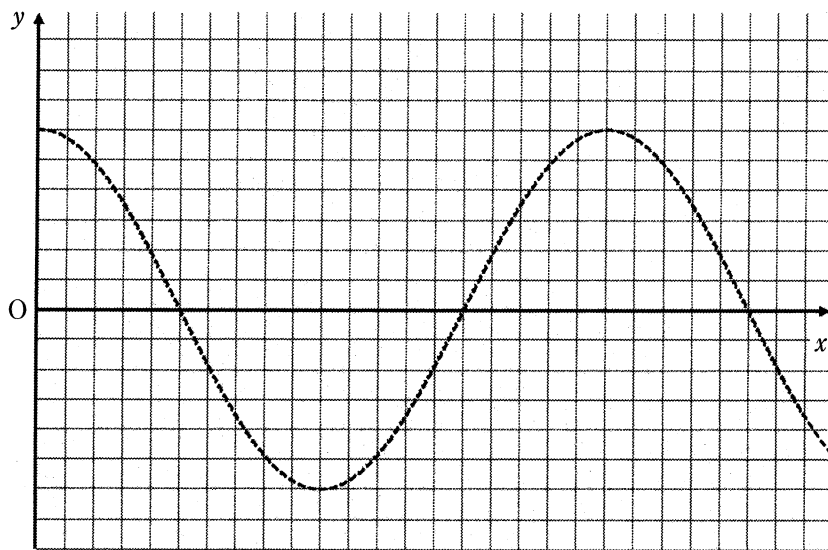


图 4

化 学

化学問題 I

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 $\text{Na} = 23.0$, $\text{Cl} = 35.5$ を用い、 $\sqrt{2} = 1.41$ とせよ。また、解答の数値は有効数字2桁で示せ。

琵琶湖の水に含まれる塩化物イオンの濃度は 10 mg/L 程度であり、100年前と比べると2倍以上に増加しているとの報告がある。これは、現代社会において、私たちがさまざまな用途で塩を用いるようになったことが原因の一つであると考えられている。^(a)したがって、琵琶湖の水質を監視するためにも、塩化物イオンの濃度を継続的に、かつ正確に測定することは重要である。

水中の塩化物イオン濃度の決定法の一つに、滴定を用いる方法がある。たとえば、塩化物イオンを含む試料水に硝酸銀の水溶液を滴下すると、塩化銀のコロイド粒子が生成する。このコロイド粒子が生成しなくなる点を滴定の終点として、^(b)塩化物イオンの濃度が決定できる。この滴定では、正の電荷を帯びたコロイド粒子に吸着して変色する指示薬を用いる。^(c)コロイド粒子が正の電荷を帯びるのは、終点をわずかに超えて過剰に存在する銀イオンがコロイド粒子に吸着するためである。

ある試料水中の塩化物イオン濃度を求めるために次の実験を行った。

実 験

未知濃度の塩化ナトリウム水溶液 10.0 mL をコニカルビーカーに入れ、適切な pH に調整したのち、指示薬と保護コロイドの水溶液を加え、全量を 30.0 mL とした。次に、ビュレットに 0.100 mol/L 硝酸銀水溶液を入れて滴定を行うと、硝酸銀水溶液を 2.80 mL 滴下したときに色が変わり終点に達した。なお、 25°C における塩化銀の溶解度積は $K_{\text{SP}} = 2.00 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ であり、滴定中の水溶液の温度は 25°C で一定であった。また、保護コロイドを加えた目的は、塩化銀のコロイド粒子が集合して沈殿することを防ぐことであり、^(d)保護コロイドは、滴定の終点の決定に影響を与えないものとする。

問 1 下線部(a)について、道路に散布される凍結防止剤も、その用途の一つである。

塩化ナトリウムや塩化カルシウムのような塩化物は、道路に散布すると路面の水に溶解して水の凝固点を下げるため、 0°C で凍結することを防止できる。塩化ナトリウム 0.585 g を水 100 g に溶かした水溶液の凝固点を求めよ。計算過程も記せ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.90\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とし、水溶液中で塩化ナトリウムは完全に電離しているものとせよ。

問 2 下線部(b)について、コロイド粒子の大きさとして最も適切な範囲を次のア～エから一つ選び、記号を記せ。

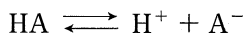
ア $10^{-13} \sim 10^{-11}\text{ m}$

イ $10^{-11} \sim 10^{-9}\text{ m}$

ウ $10^{-9} \sim 10^{-7}\text{ m}$

エ $10^{-7} \sim 10^{-5}\text{ m}$

問 3 下線部(c)について、1価の弱酸である HA を指示薬に用いる場合を考える。ここで、A は原子団を示す。指示薬 HA を水に溶かすと、式 1 のような電離平衡がなりたち、 25°C における電離定数は $K_a = 10^{-6}\text{ mol/L}$ である。この滴定では、負の電荷をもつ A^- イオンがコロイド粒子に吸着することを利用するため、指示薬 HA のほとんどが電離する pH で滴定を行うことが望ましい。 25°C で滴定を行うとき、試料水の pH として最も適切なものを次のア～ウから一つ選び、記号を記せ。また、その根拠を pH と電離定数の値に基づいて述べよ。



式 1

ア $\text{pH} = 1$

イ $\text{pH} = 5$

ウ $\text{pH} = 9$

問 4 下線部(d)について、コロイド粒子が反発力を失って沈殿する現象の名称を記せ。また、保護コロイドを加えると、なぜコロイド粒子が集合することを抑えられるのか、その理由を 40 字以内で述べよ。

問 5 実験終了後のコニカルビーカーを日光が当たるところで放置しておく、どのような化学変化が起こると考えられるか説明せよ。その変化の化学反応式も示せ。

問 6 実験の結果から、実験で用いた塩化ナトリウム水溶液中の塩化物イオンの質量パーセント濃度を求めよ。計算過程も記せ。なお、塩化ナトリウム水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とせよ。

問 7 この滴定では、終点において溶解している塩化物イオンの濃度がきわめて小さいことを仮定している。この実験の終点において、溶解している塩化物イオンの質量パーセント濃度を求めよ。計算過程も記せ。ただし、生成した塩化銀は全て沈殿として考えてよく、塩化物イオンの吸着などの影響は無視できるものとする。また、終点におけるコニカルビーカー内の水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とせよ。

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ を、気体定数として $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。気体はすべて理想気体とする。解答の構造式は図1の例にならって記せ。

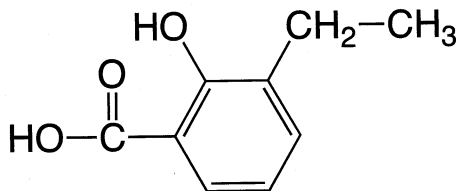


図1 構造式の例

人体に取り込まれてしまったトルエンは、体内で酸化され、ベンズアルデヒドを経て安息香酸になる。その後、安息香酸は、肝臓でアミド結合を一つ含む化合物Aに変化する。1 mol の化合物Aを完全に加水分解すると、1 mol の天然に存在する α -アミノ酸Bと1 mol の安息香酸だけが得られる。また、化合物Aを完全に燃焼させると水、二酸化炭素、そして窒素酸化物が生成する。^(a) 化合物Aはトルエンや安息香酸に比べて、水への溶解性が高く、人体から排出されやすい。^(b) 構造異性体をもつ芳香族化合物であるキシレンも、人体に取り込まれるとトルエンと同じように体内で酸化される。この酸化反応の生成物は、キシレンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化した場合とは異なり、キシレンの複数の置換基のうち一つしか酸化されていない構造をもつ。体内でキシレンが酸化されて生じた化合物は、アミノ酸Bと結合して、アミド結合を一つもつ構造の化合物Cに変化する。化合物Cも水への溶解性が高いことが知られている。

問1 下線部(a)について、化合物A 89.5 mg を完全に燃焼させて元素分析を行ったところ、水 40.5 mg、二酸化炭素 198.0 mg が生成した。この結果から化合物Aに含まれる炭素、水素の質量を求めよ。計算過程も記せ。

問 2 下線部(a)について、窒素原子を含む有機化合物を完全に燃焼させると、試料中の窒素原子は窒素を含む複数種の酸化物となる。この複数種の窒素酸化物を触媒を用いて N_2 とし、その体積から試料中の窒素を定量することができる。

この方法で、化合物 A 89.5 mg から N_2 の気体が発生し、 $27^\circ C$ 、 $1.0 \times 10^5 Pa$ で 6.20 mL を占めた。この試料に含まれる窒素原子の量を物質量および質量で示せ。計算過程も記せ。ただし、化合物 A に含まれる窒素原子は全て N_2 に変換されたものとする。

問 3 問 1 および問 2 の答えを用いて、化合物 A の組成式と分子式を求めよ。計算過程も記せ。

問 4 化合物 A およびアミノ酸 B の構造式を記せ。

問 5 下線部(b)について、化合物 A の水への溶解性は安息香酸に比べて高い。これは、アミド結合が親水性を示し、水溶液中でアミド結合の部位と水分子との間に水素結合が生じるためと考えられる。この水素結合の様子を図示せよ。なお、共有結合は実線で、水素結合は点線で記せ。

問 6 化合物 C として考えられるすべての構造式を記せ。異性体を区別して記せ。

化学問題 III

次の文を読んで、問1～問3に答えよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

土壌には様々な元素が存在している。このうち、植物が成長するために欠かせない元素は全部で16種類あり、これらを植物の必須元素と呼ぶ。このうち、窒素は植物が多量に必要とする元素の一つで、土壌では常に不足しがちである。そのため、土壌で穀物や野菜を安定的に育てるためには、窒素量の適切な管理が重要である。土壌に含まれる窒素の大部分は有機化合物として存在している。また、窒素を含むさまざまな無機化合物も存在しており、このうち植物が利用可能なものは主に NH_4^+ や NO_3^- である。特に NH_4^+ は有機化合物が分解されることで生成するため、この過程は植物にとって重要である。

問1 下線部(a)について、植物が多量に必要とする元素として窒素N以外にもリンPとカリウムKが知られており、これらを肥料の三要素と呼ぶ。これら三要素(N, P, K)の原子について、以下のi), ii)に答えよ。

- N, P, Kの電子配置と陽子の電荷の合計を図1にならって記せ。
- N, P, Kの価電子の数をそれぞれ答えよ。

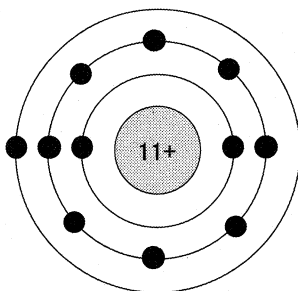


図1 ナトリウム原子の電子配置の模式図

●は原子核を表し、その中の数字は陽子の電荷の合計を表す。

●は電子を表す。

問 2 下線部(b)について、以下の i), ii) に答えよ。

i) 土壤に含まれる有機化合物の多くはセッケンのように疎水性部分と親水性部分をもちあわせている。このような物質(界面活性剤)は水溶液中で疎水性部分を中心にして多数集まり、球状などのコロイド粒子として存在する。このようなコロイド粒子をとくに何と呼ぶか答えよ。

ii) 一般的に界面活性剤は洗浄作用を示す。界面活性剤は繊維に付着した油汚れと引き合い、繊維の表面から油を引き離し水中に分散する。解答用紙の図(A)と(B)に界面活性剤を図2の模式図を用いて記入し、洗浄作用の様子を完成させよ。

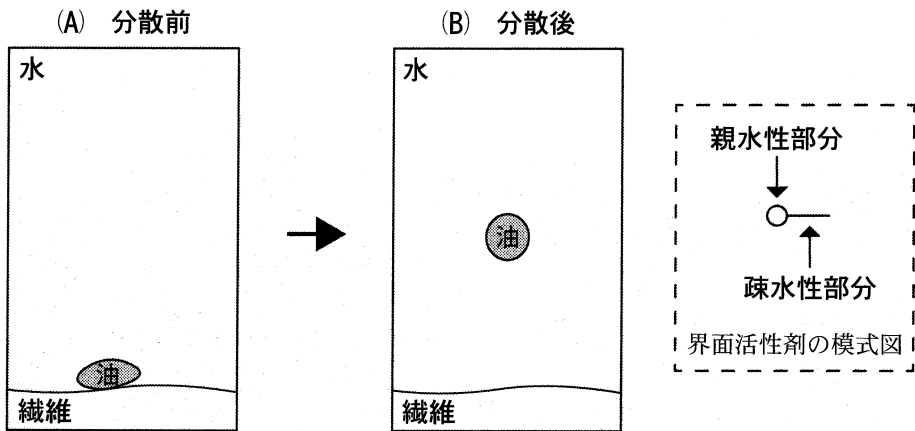


図2 界面活性剤の洗浄作用

問 3 下線部(c)について、ある土壤中の NH_4^+ 量を求めるため、以下の手順1～5に沿って実験を行った。i)～iv)に答えよ。

手順1 ある場所から土壌を 100 mL 採取する。

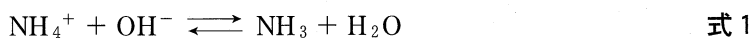
手順2 手順1で採取した土壌に含まれる NH_4^+ をすべて抽出する。

手順3 手順2の抽出液を強塩基性条件下(pHが12以上)で蒸留する。この過程で抽出液に含まれる NH_4^+ はすべて NH_3 となる。発生した NH_3 は0.0250 mol/Lの希硫酸20.0 mLに吸収させる。この NH_3 を吸収した希硫酸を試料液とする。

手順4 手順3で得られた試料液にメチルオレンジを数滴加え、0.0500 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定を行う。

手順5 手順3で用いた希硫酸は空気中の塩基性物質により、わずかに中和されている。試料液に含まれている NH_4^+ の正確な物質量を決定するために、0.0500 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で希硫酸のみの滴定を行う。

i) 手順3の蒸留過程で NH_4^+ から NH_3 が生成するイオン反応式は式1となる。この蒸留過程を強塩基性条件下で行うと NH_4^+ から NH_3 が効率よく生成する。その理由をルシャトリエの原理に基づいて「平衡」という語句を用いて説明せよ。



ii) 手順4について、水酸化ナトリウム水溶液で滴定した際、指示薬のメチルオレンジの色の変化について最も適切なものを下記の(1)~(5)から選び、番号で記せ。

- (1) 赤色→黄色 (2) 無色→赤色 (3) 黄色→無色
(4) 黄色→赤色 (5) 赤色→無色

iii) 手順4について、試料液の滴定に要した水酸化ナトリウム水溶液は18.0 mLであった。この滴定の結果から、試料液に含まれていると考えられる NH_4^+ の物質量を求めよ。計算過程も記せ。

iv) 手順 5 について，希硫酸 20.0 mL の滴定に要した水酸化ナトリウム水溶液は 19.8 mL であった。iii) の結果と合わせて，実際に試料液に含まれていた NH_4^+ の物質量を求めよ。計算過程も記せ。

化学問題 IV

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を、気体定数として $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。解答の数値は特に指定のない限り有効数字2桁で示せ。気体はすべて理想気体とする。

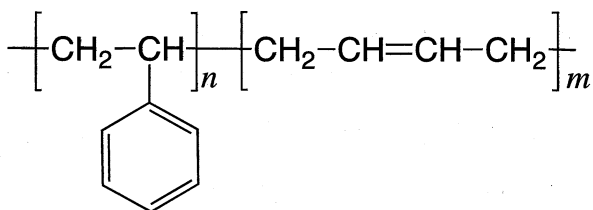
合成高分子化合物の原料としてスチレンは重要な単量体である。スチレンが重合すると高分子であるポリスチレンが得られる。この反応は 重合に分類される。これに対して、ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸からナイロン66(6,6-ナイロン)が得られる重合反応は 重合に分類される。二種類以上の単量体を用いる重合を共重合という。スチレンと1,3-ブタジエンを共重合させて得られる高分子は、代表的な合成ゴムの材料である。この共重合体を構成するスチレンとブタジエンの物質量の比は、元素分析や二重結合への付加反応などによって求めることができる。この物質量の比によって、得られる共重合体の特性が変化する。したがって、目的に応じた特性をもつ合成ゴムを得るためには適切な物質量の比で重合を行うことが重要である。

問1 , に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、分子量 2.6×10^5 のポリスチレンの重合度を求めよ。ポリスチレンの末端の構造は無視してよい。

問 3 下線部(b)について、スチレンと1,3-ブタジエンからなる共重合体の構造式を
図1に示す。図1の n 、 m はこの共重合体に含まれるそれぞれの構成要素の繰り
返し数を表す。以下の i)、ii) に答えよ。

- i) この共重合体に含まれる炭素原子と水素原子の数を、 n 、 m を用いて、
 $3n + 2m$ のように表せ。
- ii) $n : m = 1 : 1$ であるときの共重合体の炭素および水素の質量百分率を求め
よ。解答の質量百分率は小数第1位まで記せ。計算過程も記せ。共重合体の末
端の構造は無視してよい。



(実際には無秩序に並んでいる)

図1 スチレンと1,3-ブタジエンからなる共重合体の構造

問 4 下線部(c)について、スチレンと1,3-ブタジエンからなる共重合体の元素分析
を行ったところ、質量百分率は炭素 90.0 %、水素 10.0 %、酸素 0.0 % であっ
た。図1の $n : m$ を整数の比で答えよ。計算過程も記せ。共重合体の末端の構造
は無視してよい。

問 5 下線部(c)について、問4で求めた $n : m$ の比をもつスチレンと1,3-ブタジエ
ンの共重合体 1.28 g に、触媒の存在下で水素を完全に付加させた。付加した水
素分子の標準状態における体積を求めよ。計算過程も記せ。ただし、水素はスチ
レンに含まれる芳香族の部分とは反応しないものとする。共重合体の末端の構造
は無視してよい。

生 物

生物問題 I

次の文〔I〕と〔II〕を読んで、問1～問7に答えよ。

〔I〕

2種の昆虫種Xおよび種Yを、それぞれ雌雄1ペアずつ餌^{えさ}とともに別々の飼育容器に入れたときの個体数の増加について考える。種Xおよび種Yの雌はそれぞれ生涯に4個および6個の卵を産み、産まれた卵は死亡せずにすべて発育し、その半数が次世代の雌成虫になり、親世代と同様に産卵し、世代を継続すると仮定する。ただし、飼育容器は十分に広く、餌は充分にあるので餌不足は生じず、老廃物による生息場所の汚染も生じず、雌雄成虫は繁殖を終えると次世代までにすべて死亡するものとする。なお、最初に飼育容器に入れた雌雄1ペアを第1世代とする。

問1 種Xおよび種Yの個体数を第1世代から第5世代まで解答欄に記入せよ。

問2 種Xおよび種Yの第45世代の個体数はどのくらいになるかを推定し、答えを下記の①～⑤から選び番号で答えよ。ただし、個体間の攻撃行動も、餌不足も、老廃物による汚染も種内では生じないものと仮定する。

- ① 3^{45} ② 2^{45} ③ 3×2^{44} ④ 2×3^{44} ⑤ 3^{44}

問3 問2で推定した種Xおよび種Yの第45世代の個体数を 10^a の形式で解答欄に記入せよ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.3010$ 、 $\log_{10} 3 = 0.4771$ とする。aは小数点以下第3位を四捨五入して小数点第2位まで記せ。

問 4 種 X および種 Y はいずれも小麦の^{もみ}を餌として、それぞれ 1 個体が発育するのに 1 g および 0.001 g の小麦の^{もみ}を消費し、このまま第 45 世代まで個体群成長を続けると仮定する。第 45 世代の時点で種 X および種 Y が利用可能な小麦の^{もみ}量をそれぞれ 7.4 億トン(現時点での世界の小麦の^{もみ}生産量に相当する)とすると、第 45 世代の種 X および種 Y にとって餌は充分にあるか、あるいは不足するだろうか。種 X および種 Y それぞれについて、餌が充分にあるか、あるいは不足するかを答えよ。またその理由も述べよ。

問 5 種 X および種 Y の雌雄それぞれ 1 ペアを、餌を充分与えて同じ容器に入れて飼育する実験を 10 回繰り返した。その結果、いずれの場合にも第 5 世代までに種 Y が絶滅した。種 X および種 Y 間には餌をめぐる競争も、攻撃行動もみられなかった。種 X が生き残り、種 Y が絶滅した理由を一つ推定し、解答欄に記述せよ。

[II]

図 1 は、3 種の生物 A, B および C の野生状態での生存曲線を示す。ただし、初期産卵数(あるいは産子数)は 1000 に換算し、年齢は相対年齢で示している。

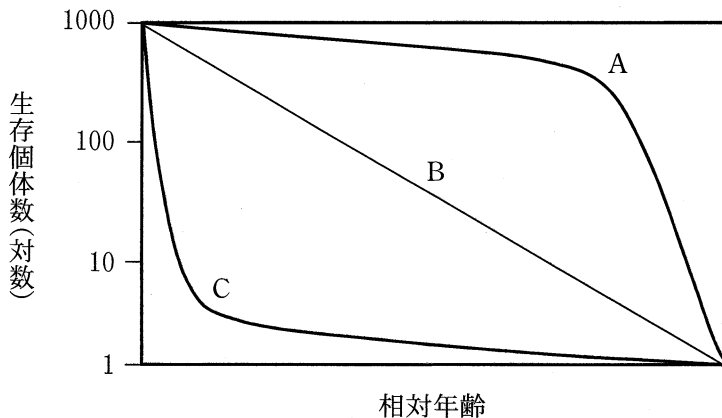


図 1 3 種の生物 A, B および C の生存曲線

問 6 生存曲線がそれぞれ A, B, C となる生物の特徴を, 「産卵数(産子数)」, 「親による保護」, 「初期死亡率」, 「後期死亡率」の語をいくつかまたはすべて用いて, それぞれ簡潔に述べよ。

問 7 アゲハチョウ, ニホンザル, ニホントカゲ, スケトウダラ(たらこはその卵), ヒト, ツバメの生存曲線は, A, B, C のうちどの生存曲線に近いと推定できるかを解答欄に記入せよ。

理科の試験問題は次に続く。

生物問題 II

次の文を読んで、問1～問3に答えよ。

ある真核生物の DNA 配列の一部を解読したところ、

5' … ATTGAGAGCTTAAACTAGCCTCACC … 3' ①

という配列①が判明した。実際の細胞の中では配列①に対して相補的な配列が逆向きに結合し、DNA は **ア** 重らせん構造をとっている。

配列①またはその相補鎖は mRNA に転写されることがわかっている。一般に mRNA は転写元の DNA 配列よりも短くなることが多い。この過程をスプライシングといい、DNA 配列中の **イ** は転写時に取り除かれる。一つの DNA 配列から2種類以上の mRNA が合成されることもあり、これを **ウ** スプライシングという。調査の結果、DNA 配列①には **イ** が含まれていないことがわかった。

多くの mRNA はリボソームでアミノ酸に翻訳される。どのようなアミノ酸に翻訳されるかは遺伝暗号表から予測できる。遺伝暗号表は **エ** と呼ばれる連続した3塩基と一つのアミノ酸との対応を示すものであり、3塩基の組み合わせ数は **オ** 通りになるため20種類のアミノ酸を指定するのに十分である。実際には複数の **エ** が同一のアミノ酸を指定する場合がある。

DNA 配列①から翻訳されるアミノ酸配列を推定してみよう。DNA 配列①とその相補鎖のどちらが転写されるか不明であるとする、合計 **カ** 通りの連続する **キ** の取り方(読み枠)が存在し、そのうちの一つが実際のアミノ酸への翻訳に使用される読み枠と考えられる。読み枠のアミノ酸への翻訳は一般に、メチオニン(開始 **キ**)から始まり、終止 **ク** で終わる。前述の **カ** 通りの読み枠の中には、長いアミノ酸配列への翻訳が推定される、終止 **ク** を含まない (a) **キ** 読み枠が含まれている。

合成されるタンパク質の中には、 タンパク質と呼ばれ、転写調節領域に結合したりはずれたりすることで他の遺伝子の発現を制御するものがある。ある タンパク質に翻訳される配列の一部、

5' … AUGGGGAGGAGAUUUGCG … 3' ②

について考える。この配列②のアラニンを指定する 内の一つの塩基が置換した突然変異体**(b)**がみつかった。この塩基置換は翻訳されたタンパク質のアミノ酸配列を変えないため同義置換と呼ばれ、 タンパク質の働きは変化しないと考えられる。

問 1 ~ に適切な語句または数字を入れよ。

問 2 下線部(a)の条件に合う読み枠はどれか、転写される RNA 配列で示せ。ただし RNA 配列は、下例のように 5' と 3' の向きで示し、 は | で区切ること。なお、UAA, UAG, UGA の 3 種が終止 となる。

例 5' … AU|UCC|GAU|CGA|C … 3'

問 3 下線部(b)の条件に合う置換した塩基の場所一つを、解答欄中の配列上に丸で囲んで示せ。なお GCU, GCC, GCA, GCG の 4 種の がアラニンに対応している。

生物問題 III

光学顕微鏡とマイクロメーターの使用法に関する以下の問1～問6に答えよ。

問1 図1のア～オの名称を次の①～⑩から選び、番号で答えよ。

- | | |
|---------|---------|
| ① 接眼レンズ | ② アーム |
| ③ 反射鏡 | ④ 鏡筒 |
| ⑤ クリップ | ⑥ 調節ねじ |
| ⑦ ステージ | ⑧ レボルバー |
| ⑨ しぼり | ⑩ 対物レンズ |

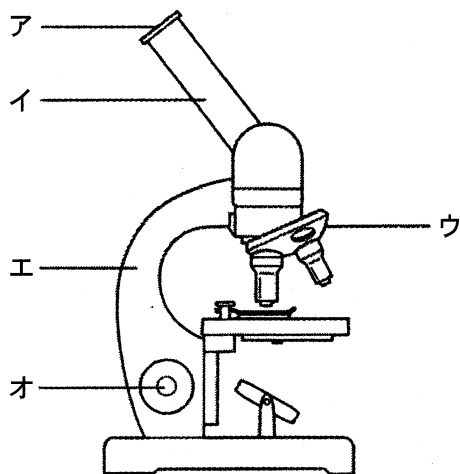
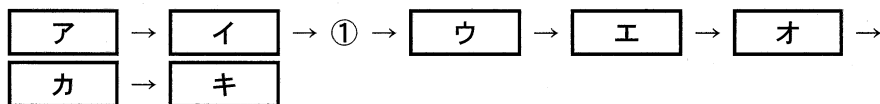


図1 光学顕微鏡

問 2 次の①～⑧は光学顕微鏡の通常の操作法を順不同で示している。これを適切な操作順に並べ替えるため、下記の **ア** ～ **キ** に相当する操作を一つずつ選び、番号で答えよ。

- ① 接眼レンズをのぞきながら反射鏡やしぼりを調節し、視野全体が最も明るくなるようにする。
- ② 対物レンズを取り付ける。
- ③ ピントを合わせる。
- ④ 観察試料がステージの中央に来るようにプレパラートをステージの上に置き、両端をクリップでとめる。
- ⑤ 対物レンズの先端を横から見ながら調節ねじをまわし、対物レンズをプレパラートにできるだけ近づける。
- ⑥ 視野の中央に目的の部分を移動させる。
- ⑦ 接眼レンズを取り付ける。
- ⑧ しぼりを絞って、コントラストをつける。

[適切な操作順]



問 3 顕微鏡の倍率を変えると、視野の明るさはどのように変化するか。次から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 低倍率のほうが視野が明るい。
- ② 低倍率のほうが視野が暗い。
- ③ ある倍率で最も暗くなり、それより低倍率や高倍率にすると視野は明るくなる。
- ④ ある倍率で最も明るくなり、それより低倍率や高倍率にすると視野は暗くなる。
- ⑤ 倍率を変えても視野の明るさは変わらない。

問 4 低倍率(15倍)と高倍率(40倍)の対物レンズの一般的な相違点について、次のうち最も適切な記述を一つ選び、番号で答えよ。

- ① 低倍率のほうが対物レンズの長さは長い。
- ② 低倍率のほうが対物レンズの長さは短い。
- ③ 低倍率でも高倍率でも、対物レンズの長さはほとんど変わらない。
- ④ 高倍率のほうが焦点が合ったときの対物レンズの先端から試料までの距離が長い。

問 5 次の文中の と に入る適切な整数を答えよ。また、 ~ には下記①~⑨から適切な数値を選び番号で答えよ。ただし、数値は小数点第二位を四捨五入してある。

顕微鏡を用いて微生物の大きさを測定するときは、スライドガラスの形をした対物マイクロメーターと、接眼レンズ内に入れて用いる接眼マイクロメーターを組み合わせ使用。対物マイクロメーターの目盛りは1mmを100等分してあるので1目盛りが10 μ mであり、また、接眼マイクロメーターの目盛りは10mmを100等分してある。

総合倍率600倍の顕微鏡に接眼マイクロメーターを入れて、対物マイクロメーターを検鏡したところ、図2のようであった。

図2のように対物マイクロメーターの 目盛りと接眼マイクロメーターの 目盛りが一致しているので、このときの接眼マイクロメーターの1目盛りは μ mに相当する。

次に、対物マイクロメーターのかわりに、微生物のプレパラートを置いて、微生物の長さと幅を測定したところ、図3のようであった。したがってこの微生物の長さは μm 、幅は μm である。

- ① 0.5 ② 2.3 ③ 1.5 ④ 0.1 ⑤ 4.0
 ⑥ 6.0 ⑦ 8.2 ⑧ 10.0 ⑨ 28.1

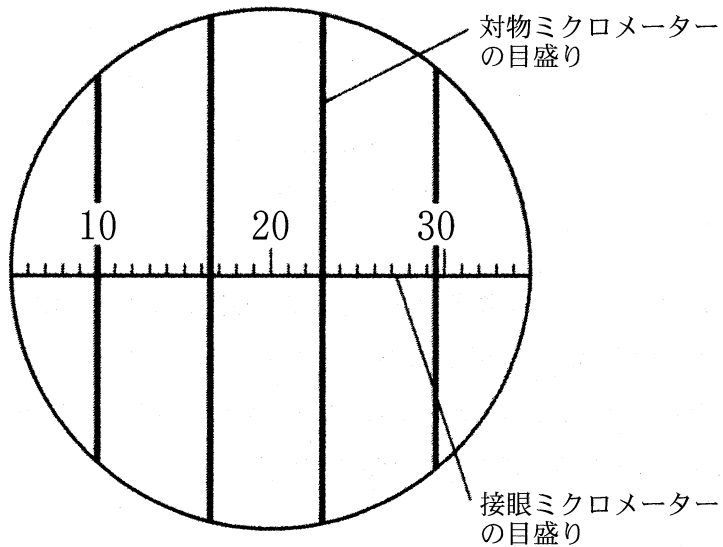


図2 ミクロメーター

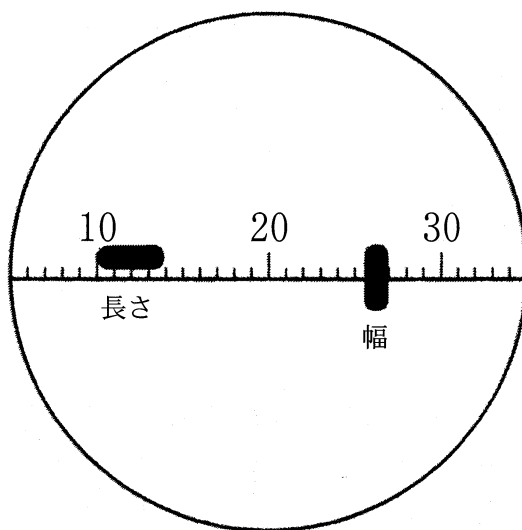


図3 微生物の測定

問6 図4はセンチュウを顕微鏡で見たものである。この全長を推定するには、どのようにすればよいか。手順を具体的に述べよ。なお、全長とはセンチュウを直線状に伸ばした時の端から端までの長さであるが、センチュウは小さすぎるので、顕微鏡下では直線状に伸ばせないものとする。

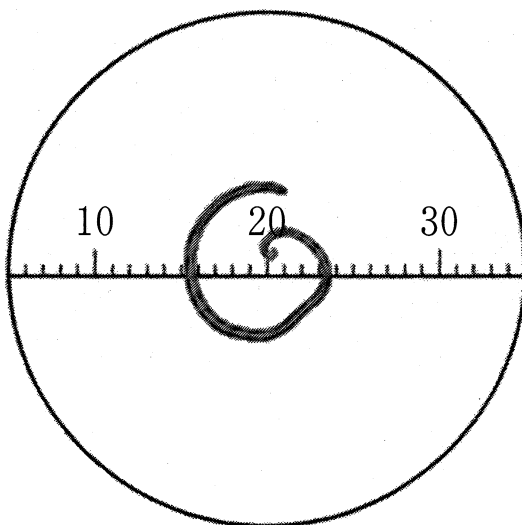


図4 センチュウの検鏡像

理科の試験問題は次に続く。

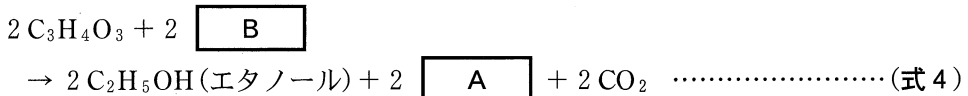
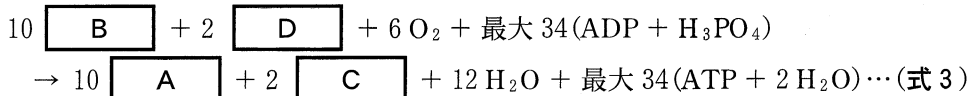
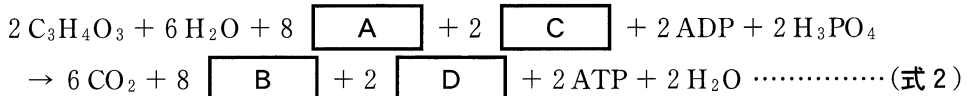
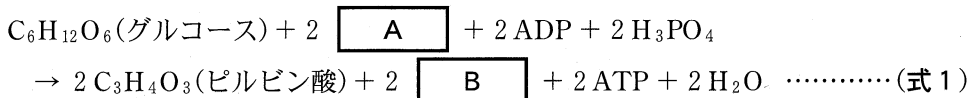
生物問題 IV

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。ただし、分子量としてATP = 507.0、原子量としてH = 1.0、C = 12.0、O = 16.0を用いよ。

細胞内では様々な代謝が行われている。代謝は大きく二つに分けることができる。単純な物質から複雑な物質がつくられていく過程である **ア** と、複雑な物質が単純な物質に分解されていく過程である **イ** である。光合成などは前者に含まれ、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵などは後者に含まれる。

呼吸の過程は、解糖系(式1)、クエン酸回路(式2)、電子伝達系(式3)の三つの反応経路に分けることができる。解糖系は細胞の **ウ** で行われ、ピルビン酸、**B**、ATPを生じる。解糖系で生産されたピルビン酸は **エ** に変化し、さらにそれが **オ** と結合することでクエン酸になる。クエン酸は何段階もの反応を経て **オ** に戻るが、その過程でCO₂、**B**、**D**、ATPを生じる。**B**、**D**からの電子が電子伝達系に渡される。これに伴い発生する水素イオンの濃度勾配によりATP合成酵素が働き、ADPからATPが産生される。このような電子伝達系のATP産生反応を **カ** という。

一方、アルコール発酵は(式1)と(式4)の反応式で示される。



問 1 ア ~ カ に最も適切な語句を以下の語群①~⑬から選択して番号で記入せよ。

(語群)

- | | | |
|--------------|-----------|----------|
| ① アセチル CoA | ② 異化 | ③ オキサロ酢酸 |
| ④ 基質レベルのリン酸化 | | ⑤ コハク酸 |
| ⑥ 細胞質基質 | ⑦ 酸化的リン酸化 | ⑧ 同化 |
| ⑨ フマル酸 | ⑩ 光リン酸化 | ⑪ 葉緑体 |
| ⑫ ミトコンドリア | ⑬ リンゴ酸 | |

問 2 A ~ D に最も適切な語句または式を以下の語群①~⑥から選択して番号で記入せよ。

(語群)

- | | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| ① NADPH | ② NADP ⁺ | ③ NAD ⁺ |
| ④ (NADH + H ⁺) | ⑤ FADH ₂ | ⑥ FAD |

問 3 3.6 g のグルコースが前述の反応式に示した呼吸により完全に消費された場合、最大で何 g の ATP が産生されるか。(式 1) から (式 3) を参考にし、小数点第一位を四捨五入して答えよ。計算の過程も示せ。

問 4 次の文を読み、(1)、(2)に答えよ。

10% グルコース溶液 50 mL に酵母(菌) 10 g を加えてよく混合した。その混合物を容器に入れて密封状態で 40℃ の恒温槽に置いた。1分ごとに発生した気体の量を測定すると、図 1 の実線のようになった。

- (1) 発生した主な気体の名称を答えよ。
- (2) 密封状態ではなく通気した状態で実験を行った場合、気体発生量の変化は図 1 に示した A または B のいずれの曲線に近くなるか答えよ。また 60 字以内で理由も述べよ。

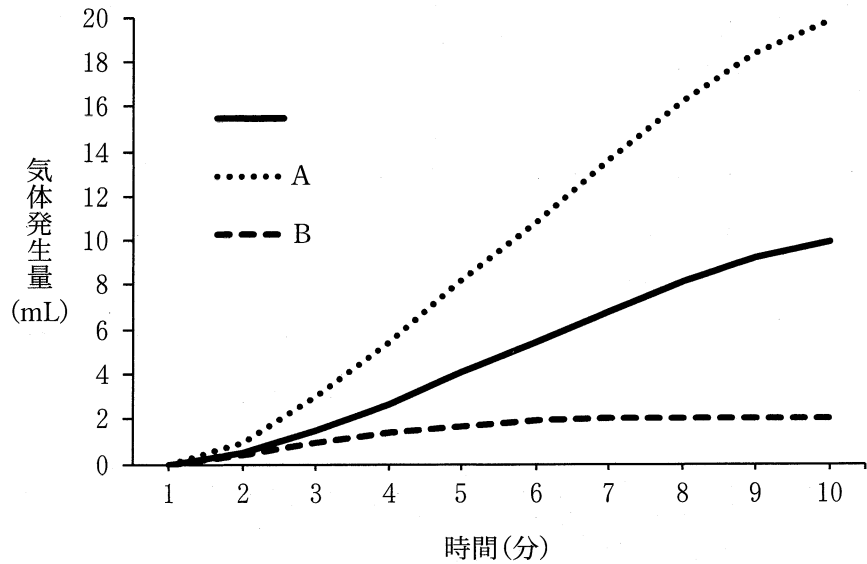


図1 混合液からの気体発生

問5 汚水をペットボトルに詰め、蓋^{ふた}をして暗所にしばらく放置したところ、人体に有毒な硫化水素(H_2S)の発生が認められた。汚水には様々な微生物が含まれているが、この硫化水素の発生は硫酸塩還元細菌によるものと思われる。このペットボトルを日向^{ひなた}に移動して放置したところ、ある微生物の働きで硫化水素濃度が減少した。硫化水素濃度の減少を引き起こした主な微生物を以下の語群から一つ選択し、硫化水素が減少した主な理由を30字以内で説明せよ。

(語群)

硝化細菌

紅色硫黄細菌

シアノバクテリア

大腸菌

メタン生成菌

令和2年度 一般入試（前期日程）

問題訂正（理科）

2 ページ 物理問題 I （3） 上から 3～4 行目

(誤) このとき、物体にはたらく静止摩擦力の最大値は



(正) このとき、物体にはたらいている静止摩擦力は