



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)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Ⅲ・Ⅳ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(環境建築デザイン学科)を受験する者は、物理のみを、全 4 題とも解答しなさい。
5. 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、全 4 題を解答しなさい。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、物理、化学のうちから 1 科目を選択し、全 4 題を解答しなさい。
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、物理のみを、全 4 題とも解答しなさい。
8. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、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。
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。
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。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。
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

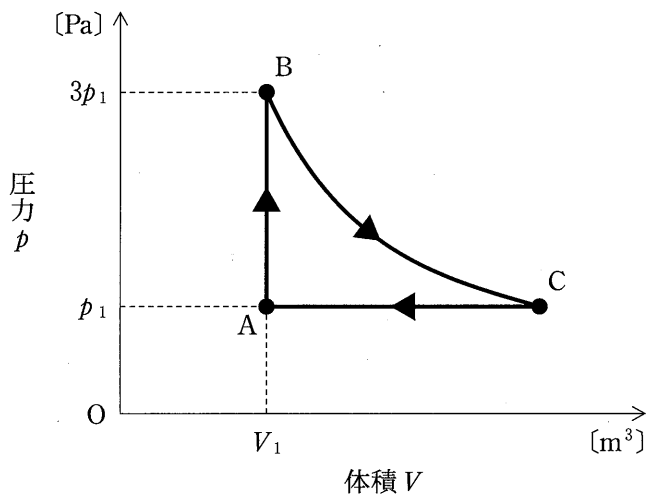
物理問題 I (環境科学部・工学部)

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、問1～問3に答えよ。気体定数は R [J/(mol·K)] とする。

単原子分子の理想気体 1 mol の圧力 p [Pa] と体積 V [m³] の関係を、図の $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のように変化させる熱機関を考える。ここで、過程 $B \rightarrow C$ は等温変化である。状態 A の圧力は p_1 [Pa]、体積は V_1 [m³] である。

- (1) まず、理想気体の各状態について考えよう。状態 A の温度は ア [K]、状態 B の温度は イ [K] であり、状態 C の体積は ウ [m³] である。

問 1 体積 V [m³] を縦軸、温度 T [K] を横軸とするグラフ上に、状態 A 、 B および C を●で示し、各状態間の変化を実線で示せ。また、縦軸と横軸には各状態での値を示せ。



(2) つぎに、この熱機関の熱効率について考えよう。過程 $A \rightarrow B$ において、内部エネルギーの変化は [J] で、理想気体が外部にした仕事は [J] である。したがって、過程 $A \rightarrow B$ において理想気体が得た熱量 Q_{AB} は [J] である。

つぎに、過程 $B \rightarrow C$ において、内部エネルギーの変化は [J] である。したがって、過程 $B \rightarrow C$ において、理想気体が外部にした仕事を W_{BC} [J] とすると、理想気体が得た熱量 Q_{BC} は [J] である。

さらに、過程 $C \rightarrow A$ において、内部エネルギーの変化は [J] であり、理想気体が外部からされた仕事は [J] である。したがって、過程 $C \rightarrow A$ において理想気体が失った熱量 Q_{CA} は [J] である。

問 2 過程 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の 1 サイクルにおいて、理想気体が外部にした仕事の総和を、 Q_{AB} 、 Q_{BC} および Q_{CA} を用いて表せ。

問 3 この熱機関の熱効率を Q_{AB} 、 Q_{BC} および Q_{CA} を用いて表せ。

物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 $\{ \quad \}$ に適した語句を、本問題末の語群から選んで、解答欄に記入せよ。また、 \square には適した式を解答欄に記入せよ。さらに、問1および問2に答えよ。ただし、問2は導出過程も示すこと。なお、音の伝わる速さ(音速)を V [m/s] とし、風の影響および地面での音の反射はないものとする。

- (1) まず、音源と観測者がともに静止している場合を考える。音源から出る音の波長を λ [m] とすると、観測者が聞く音の振動数は \square ア [Hz] である。
- (2) つぎに、図1のように、静止している音源 S に向かって観測者 O が一定の速さ v_0 [m/s] (ただし $v_0 < V$) でまっすぐに近づく場合を考える。このとき、観測者は1秒間に $v_0 \times 1$ [m] 進むから、音源から出る音の波長を λ [m] とすると、観測者が1秒間に聞く波の数は静止している場合と比べて \square イ だけ $\{ \quad \}$ ウ なる。したがって、観測者が聞く音の振動数は \square エ [Hz] となり、観測者も静止している場合と比べて音が $\{ \quad \}$ オ 聞こえる。
- (3) つぎに、図2のように、静止している観測者 O に向かって音源 S が一定の速さ v_s [m/s] (ただし $v_s < V$) でまっすぐに近づく場合を考える。

問1 音源が動く速さ v_s [m/s] が $\frac{V}{2}$ [m/s] の場合、現在よりも1, 2, 3秒前に音源から出た各音波の現在の波面および各時刻での音源の位置を、解答欄に図示せよ。

問1の図から、動く音源の前方では音源が静止している場合と比べて、波長が $\{ \quad \}$ カ なることがわかる。つぎに、図2において、音源が位置 A を通過するときに出た音が1秒後に位置 B で静止している観測者に達し、この間に音源は A' まで進んだとする。音源から出る音の振動数を f [Hz] とすると、音源は1秒間で \square キ 個の波を出すので、 $A'B$ の間には \square ク 個の波が含まれている。した

がって、音源の前方の波長は ケ [m]となり、観測者が聞く音の振動数は コ [Hz]となる。このように、音源や観測者が動くことで、音の振動数が変化して聞こえる現象を { サ } という。

問 2 図 3 のように、音源 S からの音がまっすぐはね返ってくるように音源の後方に反射板をおいた。音源から出る音の振動数 f が 400 Hz、音源が観測者 O に近づく速さ v_s が 1 m/s のとき、音速 V を 340 m/s とし、観測者が音源から直接聞く音(直接音)と反射板から聞こえる音(反射音)の振動数を求めよ。また、このとき観測者はうなりを聞いた。このうなりの振動数を求めよ。ただし、求める振動数はすべて小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。

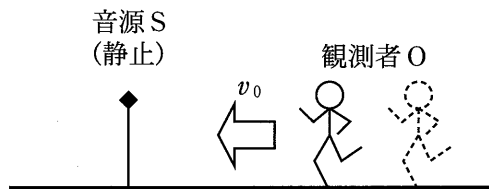


図 1

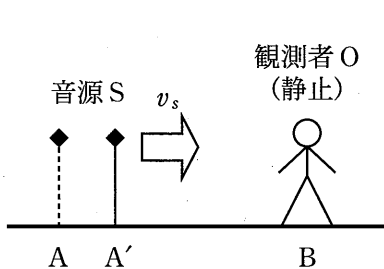


図 2

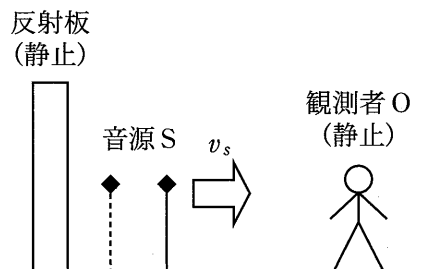


図 3

[語群]

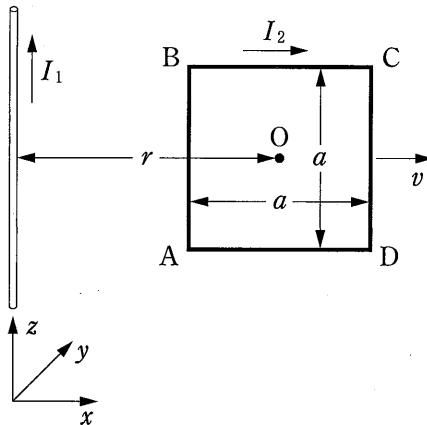
同じに	多く	少なく	高く	低く	長く	短く
速く	遅く	反射	屈折	回折	干渉	共振
ホイヘンスの原理	ドップラー効果		重ね合わせの原理			

物理問題 III (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 $\{ \quad \}$ に適した語句を、本問題末の語群から選んで、解答欄に記入せよ。また、 \square には適した式を解答欄に記入せよ。さらに、問1および問2に答えよ。なお、真空の透磁率を μ_0 [N/A²]、自由電子のもつ電荷を $-e$ [C] とする。

図に示すように、真空中にある直交座標軸の z 軸上に無限に長い直線導体があり、 z 軸の正の向きに大きさが I_1 [A] の電流が流れている。また、 zx 座標面上に1辺の長さが a [m] の正方形で形状が変化せず電気抵抗が無視できない導体コイル ABCD があり、その辺 AB と辺 CD は z 軸に平行に、辺 BC と辺 DA は x 軸に平行に保たれたまま、回転することなく、 zx 座標面上を x 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s] で動いている。いま、ある時刻において、コイルはその中心が z 軸から x 軸の正の向きに距離 r [m] ($r > \frac{a}{2}$) だけ離れた点 O にあり、コイルにはその運動により誘導起電力が発生し A → B → C → D → A の向きに大きさが I_2 [A] の電流が流れているものとする。

- (1) この時刻において、直線導体を流れる電流 I_1 [A] がコイルの辺 AB 上につくる磁界は $\{ \text{ア} \}$ の向きで強さが $\square \text{イ}$ [A/m] であるので、辺 AB がこの磁界から受ける力は $\{ \text{ウ} \}$ の向きで大きさが $\square \text{エ}$ [N] である。さらに、辺



CD も同様にこの磁界から力を受ける。一方、辺 BC と辺 DA が磁界から受ける力の和は 0 である。したがって、コイル全体が磁界から受ける力の向きは { オ } でその大きさ F [N] は [N] となる。

問 1 下線部が成り立つ理由を説明せよ。

(2) 次に、コイルに発生している誘導起電力とコイルの電気抵抗について考える。この時刻において、コイルは x 軸の正の向きに速さ v [m/s] で動いており、コイルの辺 AB 中の自由電子にはたらくローレンツ力は { キ } の向きで大きさが [N] である。したがって、辺 AB の両端に発生する誘導起電力は、電流を { ケ } の向きに流そうとし、その大きさは [V] である。さらに、辺 CD の両端にも同様に誘導起電力が発生する。一方、辺 BC と辺 DA には誘導起電力は発生しない。以上より、コイル全体に発生している $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の向きに電流を流そうとする誘導起電力 V [V] は [V] となる。また、コイルの自己インダクタンスが無視できるものとする、コイルに流れている電流の大きさは I_2 [A] であるので、コイル 1 周の電気抵抗は [Ω] である。

問 2 コイルの速さ v [m/s]、電流の大きさ I_2 [A]、磁界から受ける力の大きさ F [N] および誘導起電力 V [V] の間に成り立っている関係式を、上で求めた F [N] と V [V] の式を参考にして求めよ。さらに、エネルギー保存則を用いて、その関係式が成り立つ理由を説明せよ。

[語群]

x 軸の正	x 軸の負	y 軸の正	y 軸の負
z 軸の正	z 軸の負		

物理問題 IV (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 $\{ \quad \}$ には適した語句を、 \square には適した式を解答欄に記入せよ。また、問に導出過程も示して答えよ。重力加速度の大きさは $g(\text{m/s}^2)$ 、円周率は π とする。空気の抵抗は無視できるとする。

- (1) 図1のように、質量が $m(\text{kg})$ の一様な細長い剛体棒が、支点 A, B で水平面と平行に支えられて静止している。ここで、水平面上に原点 O をとり、水平方向右向きを x 軸の正の向きとする。支点 A と B の x 座標は、それぞれ $-L(\text{m})$, $L(\text{m})$ である。支点 A, B から剛体棒が受ける鉛直方向上向きの力の大きさは、それぞれ $N_A(\text{N})$, $N_B(\text{N})$ である。剛体棒の重心 G の x 座標が $x(\text{m})$ ($-L < x < L$) のときについて考える。剛体棒には、その重心 G に鉛直方向下向きの力 \square [N] がはたかっているとみなすことができる。まず、剛体棒に関する鉛直方向の力のつりあいより、①式が成り立つ。また、支点 A のまわりの力のモーメントのつりあいより、②式が成り立つ。

$$\square \text{イ} = 0 \quad \dots\dots \text{①}$$

$$\square \text{ウ} = 0 \quad \dots\dots \text{②}$$

①, ②式より、 N_A は \square エ [N], N_B は \square オ [N] と求められる。

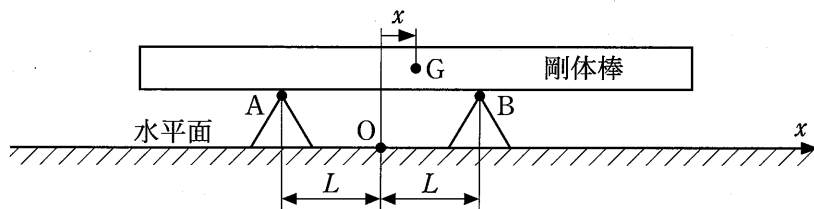


図1

- (2) 図2のように、水平面上で、同じ大きさの2個の剛体円板 C, D が同一の鉛直面内に置かれており、Cは時計回りに、Dは反時計回りに同じ大きさの角速度で回転している。剛体円板 C の中心と D の中心の x 座標は、それぞれ $-L(\text{m})$, $L(\text{m})$ で

ある。(1)の場合と同じ剛体棒を、その重心 G の x 座標が x_0 [m] ($0 < x_0 < L$) となるようにして手で持ちながら剛体円板 C 、 D 上に置き、その後、静かに手を放したところ、剛体棒は x 軸方向に振幅が x_0 [m] の単振動を行った。ここで、剛体棒は x 軸とつねに平行であり、 x 軸方向にのみ移動できるものとする。剛体円板 C 、 D の角速度は、剛体棒の位置によらず、つねに一定である。また、剛体円板 C 、 D の角速度の大きさは、じゅうぶん大きいため、 C 、 D の外周表面の速さは剛体棒の速さよりもつねに大きく、剛体棒と C 、 D は、つねにすべりながら接触している。剛体棒と剛体円板 C 、 D との間の動摩擦係数はどちらも μ' で一定である。

問 剛体棒の重心 G の x 座標が x [m] のとき、剛体棒が剛体円板 C から受ける動摩擦力 F_C [N]、剛体棒が剛体円板 D から受ける動摩擦力 F_D [N]、および剛体棒にはたらく x 軸方向の力の合力 $(F_C + F_D)$ [N] は、 x 軸の正の向きにそれぞれいくらか。 μ' 、 m 、 g 、 L 、 x を用いて答えよ。

問より、合力 $(F_C + F_D)$ はつねに x と正負が { カ } で、その大きさは x に { キ } している。したがって、この力が { ク } 力となって、剛体棒を単振動させたことがわかる。このときの剛体棒の加速度の大きさを a [m/s²] とすると、剛体棒の運動方程式は、 μ' 、 m 、 a 、 g 、 L 、 x を用いて、ケ と表されるので、 a は コ [m/s²] と求められる。また、単振動の周期は サ [s] である。重心 G の x 座標が 0 のときの剛体棒の速さは、振幅が x_0 [m] であるので、シ [m/s] と求められる。

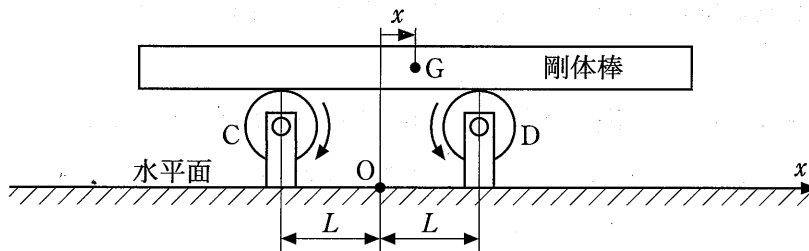


図 2

化 学

化学問題 I (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の実験1～3に関する、問1～問6に答えよ。必要であれば原子量として $H = 1.0$, $O = 16.0$, $Al = 27.0$, 気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ を, 27°C における水の飽和蒸気圧として $3.00 \times 10^3 \text{ Pa}$ を用いよ。気体はすべて理想気体とし, 水に溶解しないものとする。

実験1 試験管を用いて塩酸に 0.540 g のアルミニウム片を入れて観察したところ, 気体が発生した。このときアルミニウムはすべて反応した。

実験2 **実験1** の反応後の溶液を2本の試験管にとり, 水酸化ナトリウムの水溶液とアンモニア水をおのおのに少量加えたところ 2本の試験管内に同じ沈殿物^(a) の生成が観察された。その後, それぞれを加え続けたところ 一方については^(b) 状態の変化が観察されたが, 他方は変化しなかった。

実験3 **実験1** で発生した気体のすべてを, $2.80 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の酸素とともに, 27°C , $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で平衡を保つように体積が変化する容器に入れた。容器中の混合気体に点火して完全に反応させたのち, 平衡を保ったところ, 液体の水が生じた。

問1 **実験1** で生じた反応を化学反応式で記せ。また, この反応におけるアルミニウムの酸化数を, 反応前と反応後についてそれぞれ記せ。

問2 **実験1** において塩酸の代わりに濃硝酸を用いるとどのようなになるか。アルミニウム片の様子とそのようになる理由を簡単に記せ。

問 3 実験 2 に関して、次の i) と ii) に答えよ。

i) 下線部(a)の沈殿物の色、名称、化学式を記せ。

ii) 下線部(b)において変化が観察されたのは、水酸化ナトリウムの水溶液とアンモニア水のどちらであるか示せ。また、観察された変化の様子を簡単に記せ。

問 4 実験 3 における反応前の容器中の気体の体積を求めよ。解答の数値は有効数字 3 桁で示せ。計算過程も記せ。

問 5 実験 3 に関して、次の i) と ii) に答えよ。

i) 実験 3 で反応後に生じた液体の水の生成が 286 kJ/mol の発熱反応、水の蒸発が 44 kJ/mol の吸熱反応であるとき、気体の水の生成を熱化学方程式で記せ。

ii) H-H の結合エネルギーが 436 kJ/mol 、O=O の結合エネルギーが 498 kJ/mol の大きさであるとき、気体の水分子における O-H 結合の結合エネルギーを求めよ。解答の数値は小数点以下を四捨五入して整数で示せ。計算過程も記せ。

問 6 実験 3 の反応後の平衡状態における気体の体積を求めよ。解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。

化学問題 II (環境科学部・工学部・人間文化学部)

硫黄に関する以下の文を読んで、問1～問7に答えよ。必要であれば原子量として $H = 1.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

硫黄は原子番号16の典型元素である。硫黄には、斜方硫黄やゴム状硫黄などの同素体があり、硫酸、医薬品や農薬、ゴムの製造などに広く利用されている。

また、硫黄は鉱石の成分元素として地下に多く埋蔵されており、この硫黄を含む鉱石を使用し、接触法を用いて工業的に硫酸が製造される。この過程は次の反応1～3から成り立っている。

反応1 鉱石中の硫黄を燃焼させる。

反応2 反応1で生じた気体と空気を、酸化バナジウム(V)を触媒として反応させる。

反応3 反応2で生じた気体を水と反応させる。

濃硫酸は不揮発性で粘性の大きい、重い無色の液体である。また、硫酸は濃度によって程度は異なるが、強酸性、酸化作用、脱水作用、吸湿性などを示す。

問1 硫黄以外に同素体を持つ元素名を二つ元素記号で書き、それぞれの同素体の物質名を二つずつあげよ。

解答例

S	斜方硫黄	ゴム状硫黄
---	------	-------

問2 接触法による硫酸の製造過程である反応1～3の反応をそれぞれ化学反応式で書け。

問3 硫黄から硫酸ができる反応1～3を一つの化学反応式にまとめよ。

問 4 硫黄を含む鉱石から硫黄を供給し、質量パーセント濃度で 98 % の硫酸を一日に 50,000 kg つくりうる接触式硫酸製造装置では、質量での硫黄含有率 32 % の硫黄を含む鉱石を一日に何 kg 消費するか。鉱石中の全ての硫黄が使用され、反応 1 ~ 3 の反応は 100 % 進行し、それ以外の反応は起こらないものとして考えよ。計算過程も記せ。

問 5 硫酸を用いて次の(ア)~(オ)の反応をすると気体が発生する。発生する気体の分子式をそれぞれ記せ。

(ア) エタノールに濃硫酸を加えて 170 °C で加熱する。

(イ) 食塩に濃硫酸を加えて加熱する。

(ウ) 鉄に希硫酸を加える。

(エ) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える。

(オ) 銀に濃硫酸を加えて加熱する。

問 6 0.200 mol/L の硫酸を 500 mL 作るには、市販の濃硫酸(質量パーセント：98 %，密度 1.84 g/cm³)が何 mL 必要か。計算過程も記せ。ただし、作製中の吸湿性は考慮しない。

問 7 濃硫酸から希硫酸を作製する。その場合、濃硫酸と水を混合するには、どちらの液体をどちらの液体に注ぐようにしたらよいか。また、そのようにしなければならない理由を簡単に説明せよ。

化学問題 III (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 $H = 1.0$ 、 $Si = 28.1$ 、 Pd (パラジウム) $= 106$ 、アボガドロ定数として $6.02 \times 10^{23}/mol$ 、ファラデー定数として $9.65 \times 10^4 C/mol$ 、標準状態での気体のモル体積として $22.4 L/mol$ 、 $5.43^3 = 160$ を用いよ。解答の数値は、特に指定がない限り有効数字3桁で記せ。

ケイ素は、全電子数が 個で、価電子数は 個である。ケイ素は、電気をよく通す導体とほとんど通さない絶縁体との中間的な性質をもつので、 と呼ばれている。ケイ素は、二酸化ケイ素と炭素を反応させることにより得られる。 ^(a)は、電子の流れ方をコントロールして、信号を増幅したりスイッチ作用を行なうことができ、コンピューターやトランジスタなどに用いられている。またケイ素は、太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換する太陽電池にも使われている。

太陽電池により得られた電気を使って、水を電気分解し水素と酸素を得ることができる。白金の電極を用いて水酸化ナトリウム水溶液の電気分解を行なったところ、二つの白金電極から水素と酸素が得られた。 ^(b)

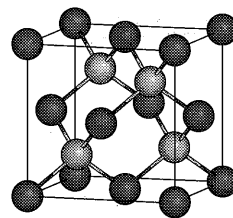
また電気分解の時に、パラジウム(Pd)電極を使用すると、パラジウムに水素が吸収されるという現象が見られた。 ^(c)水素は通常ガスボンベなどに貯蔵するが、このような金属を使用すれば、ボンベなしでも水素を貯蔵することができる。

このようにして得られた水素は従来の炭素化合物とは異なり、燃えても二酸化炭素を発生しない、クリーンなエネルギー源である。この水素と酸素を結合させ電力を直接取り出す原理を応用したものが であり、次世代の電源の一つとして期待されている。

問1 ～ に適当な語句や数値を記せ。

問2 下線部(a)において可燃性の有毒ガスが発生する。この反応の反応式を記せ。

- 問 3 ケイ素の結晶は、右図に示す立方体の単位格子からできている。濃い色で示されているケイ素原子は、単位格子の頂点と面の中心に位置し、面心立方格子の構造をもつ。さらに単位格子内には、薄い色で示されている4個の原子がある。この単位格子中に含まれるケイ素原子の個数を求めよ。計算過程も記せ。

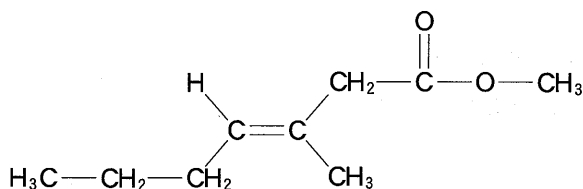


ケイ素の結晶格子

- 問 4 ケイ素の結晶の単位格子の一辺の長さは 5.43×10^{-8} cm である。ケイ素の結晶の密度を求め有効数字 2 桁で示せ。計算過程も記せ。
- 問 5 下線部**(b)**に示すように白金電極において酸素と水素の気体が得られた。陽極と陰極でそれぞれの気体が発生する反応の反応式を記せ。電子は e^- で表記せよ。
- 問 6 下線部**(b)**の水素が得られた反応において、太陽電池から 1.00 A の電流が 160 分 50 秒間流れた。このときの流れた電子の量を物質質量で求めよ。計算過程も記せ。
- 問 7 問 6 で得られた水素の標準状態における体積を求めよ。計算過程も記せ。
- 問 8 下線部**(c)**において、水素の吸収量を測定したところ、パラジウム原子 2 個に対して、1 個の水素原子が吸収されていることがわかった。この比率で、10.0 g の水素を吸収するために必要なパラジウムの質量を求めよ。計算過程も記せ。
- 問 9 パラジウム原子 10 個に対して、8 個まで水素原子を吸収することが可能である。パラジウムと液体水素では、単位体積あたりどちらが多くの水素を貯蔵できるか、その理由とともに述べよ。パラジウムの密度は 12 g/cm^3 、液体の水素の密度は 0.071 g/cm^3 とし、水素を吸収したときパラジウムの体積変化はないものとする。

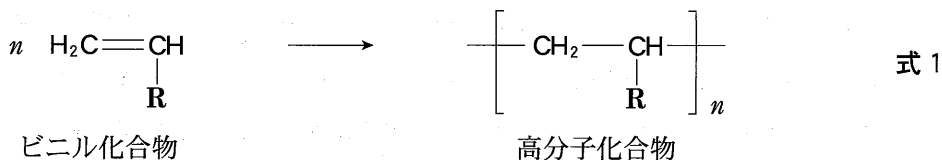
化学問題 IV (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。必要であれば原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。構造式は例にならって示せ。



構造式の例

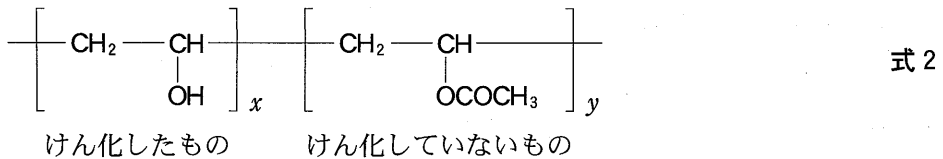
式1は、ビニル化合物から付加重合により高分子化合物が得られる反応を示している。この式1で、 R がヒドロキシ基の場合は、高分子化合物は温水に可溶性ポリビニルアルコールである。この場合、式1において対応するビニル化合物はAであるが、Aから付加重合によって直接ポリビニルアルコールを得ることはできない。これは、Aが不安定であり、化合物Bに変化するためである。



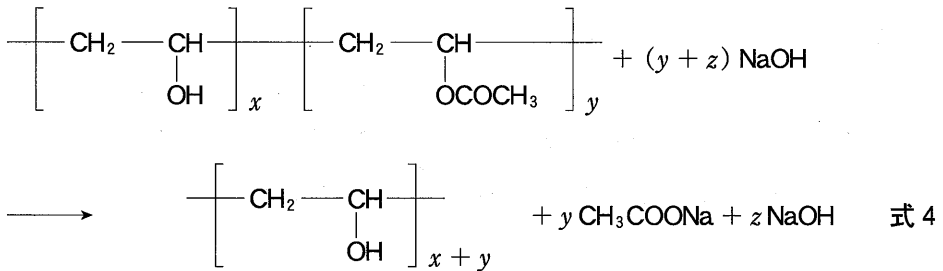
ポリビニルアルコールを得るには、まず、触媒の存在下、アセチレン(または、エチレン)と酢酸とを反応させて化合物Cを得る。このCを付加重合することにより、高分子化合物が得られる。次に、この高分子化合物の ア 結合を完全にけん化(アルカリでの加水分解)することにより、すべての R がヒドロキシ基であるポリビニルアルコールが得られる。

一方、けん化が不完全であると、得られる高分子化合物は式2に示すような不完全けん化ポリビニルアルコールとなる。式2において、 x はけん化したものの物質量であり、 y はけん化していないものの物質量である。不完全けん化ポリビニルアルコールのけん化度 a は、 x と y を用いて式3のように示される。

いま、不完全けん化ポリビニルアルコールを水酸化ナトリウム水溶液に加えて、温めながら長時間放置すると、式4に従ってけん化が完結し、完全けん化ポリビニルアルコールが得られる。このとき、未反応の水酸化ナトリウムが残っていた。けん化に用いられなかった水酸化ナトリウムの物質量 z を求めることにより、けん化度 a を知ることができる。



$$a(\%) = \frac{x}{x+y} \times 100 \quad \text{式 3}$$



実験1 純度のわからない固体の水酸化ナトリウム 2.10 g をはかり、蒸留水で溶解して 1.00 L とした。この溶液 10.0 mL にフェノールフタレイン溶液を加えると溶液が 色になった。この溶液を 0.100 mol/L の塩酸で滴定したところ、5.00 mL 加えたところで溶液が中和点に達し、溶液は 色になった。

実験2 実験1で調製した水酸化ナトリウム水溶液 300 mL に 1.31 g の不完全けん化ポリビニルアルコールを全量入れ、温めながら十分長い時間放置し、けん化を完結させた。その溶液にフェノールフタレイン溶液を加え、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、10.0 mL で中和点に達した。

問 1 ビニル化合物 A の構造式を示せ。

問 2 化合物 B および化合物 C の構造式を示せ。

問 3 ~ に入る適切な語句を記せ。

問 4 一般に固体の水酸化ナトリウムは、あることを防ぐ目的で、粉状ではなく粒状で製造されている。その目的を二つ記せ。

問 5 実験1に使用した固体の水酸化ナトリウムの純度を求め、質量パーセントで示せ。計算過程も記せ。ただし、不純物は酸や塩基ではない。

問 6 実験2の結果より、式4の反応で生成した酢酸ナトリウムの物質質量 y を求めよ。計算過程も記せ。

問 7 実験2に用いた不完全けん化ポリビニルアルコールのけん化度 a を求めよ。計算過程も記せ。ただし、計算には高分子化合物の両末端の構造は考慮に入れないものとする。

(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。

体液の恒常性の維持は、からだ全体の恒常性の維持に重要であり、外部環境の変化に応じた調節のしくみが、それぞれの動物で発達している。

細胞は、まわりの溶液との間で浸透圧を生ずる。たとえば、淡水中で生活する動物の場合は、体内に対して体外が **ア** 張なため、体内に **イ** が浸透してくる。これに対処するため、淡水中の単細胞生物のゾウリムシでは **ウ** を用いて、余分な **イ** を排出している。

多くの多細胞生物では、からだの表面の細胞は直接外界と接しているが、体内の細胞は体液に取り巻かれている。細胞が安定して活動するためには、外界の浸透圧が変化しても、体液の組成や浸透圧を一定に保つことが必要である。

表1は、淡水、海水およびいろいろな動物の体液の浸透圧を調べ、その結果を食塩濃度相当% (小数点以下を四捨五入したもの) で示したものである。

ほ乳類では、主に腎臓が体液の浸透圧調節を行っている。腎臓の機能上の単位は **エ** と呼ばれ、腎小体(マルピーギ小体)、腎細管(細尿管)、毛細血管からなる。腎臓に入った血液は毛細血管からなる **オ** を通る間にろ過され、**カ** としてボウマンのうへ出ていく。**カ** は腎細管へ送られて必要な成分が再吸収され、残りが尿として体外へ出ていく。腎臓の機能は、ホルモンによって調節されている。例えば、**キ** から分泌される^(a) 鉱質コルチコイドは腎臓に^(b) 作用し、ナトリウムイオンの再吸収を促進する。

表1

	淡 水	海 水	イセエビ	フ ナ	タ イ	ネズミ
浸透圧	0	3	3	ク	1	ケ

問 1 ～ に適当な語句を入れよ。

問 2 表1の と にあてはまる適切な数字(小数点以下は四捨五入)を答えよ。

問 3 タイなどの海生硬骨魚は、どのようなしくみで体液の浸透圧を調節しているか、100字以内で説明せよ。

問 4 下線部(a)について、腎臓機能の調節に関わるホルモンを調べるため、ネズミの脳下垂体を除去した。腎臓機能にどのような変化が起こると予想されるか、その理由とともに40字以内で説明せよ。

問 5 下線部(b)のように、特定の器官は特定のホルモンの作用を受ける。そのしくみを40字以内で説明せよ。

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6に答えよ。

生物の体には、体外からの異物に対するさまざまな防御反応が発達している。これを生体防御と呼び、その代表は異物の侵入を防ぐしくみと、体内に侵入した異物を排除するしくみである。

ヒトの血液には、有形成分としては赤血球、白血球および **ア** の3種類がある。赤血球は、酸素を呼吸器官から組織に運び、白血球は、侵入した異物や細菌からからだを守り、 **ア** は止血に役立っている。外傷によってからだから出血しても、傷が小さければ、次のような過程で止血する。血管が破れて血液が空気に触れると、そこに **ア** が集まってかたまりをつくる。次に、 **ア** や血しょう中に含まれる凝固因子によって、 **イ** と呼ばれる繊維状のタンパク質が形成される。この **イ** と血球が絡みあって血べいができ、この固まりが傷口をふさいで (a) 止血するとともに異物の侵入を阻止する。

体内に侵入した異物を排除するしくみを免疫と呼び、細菌やウイルスなどの病原体から体を守る上で重要な役割をになっている。図1は、ヒトの体内に異物が侵入してから、免疫のしくみが働いて異物が排除されるまでの過程を示したものである。ときには、免疫が過剰に応答することによって生体に不都合な反応が生じることもあり、(b) アレルギーと呼ばれる。

問1 **ア** と **イ** に適当な語句を入れよ。

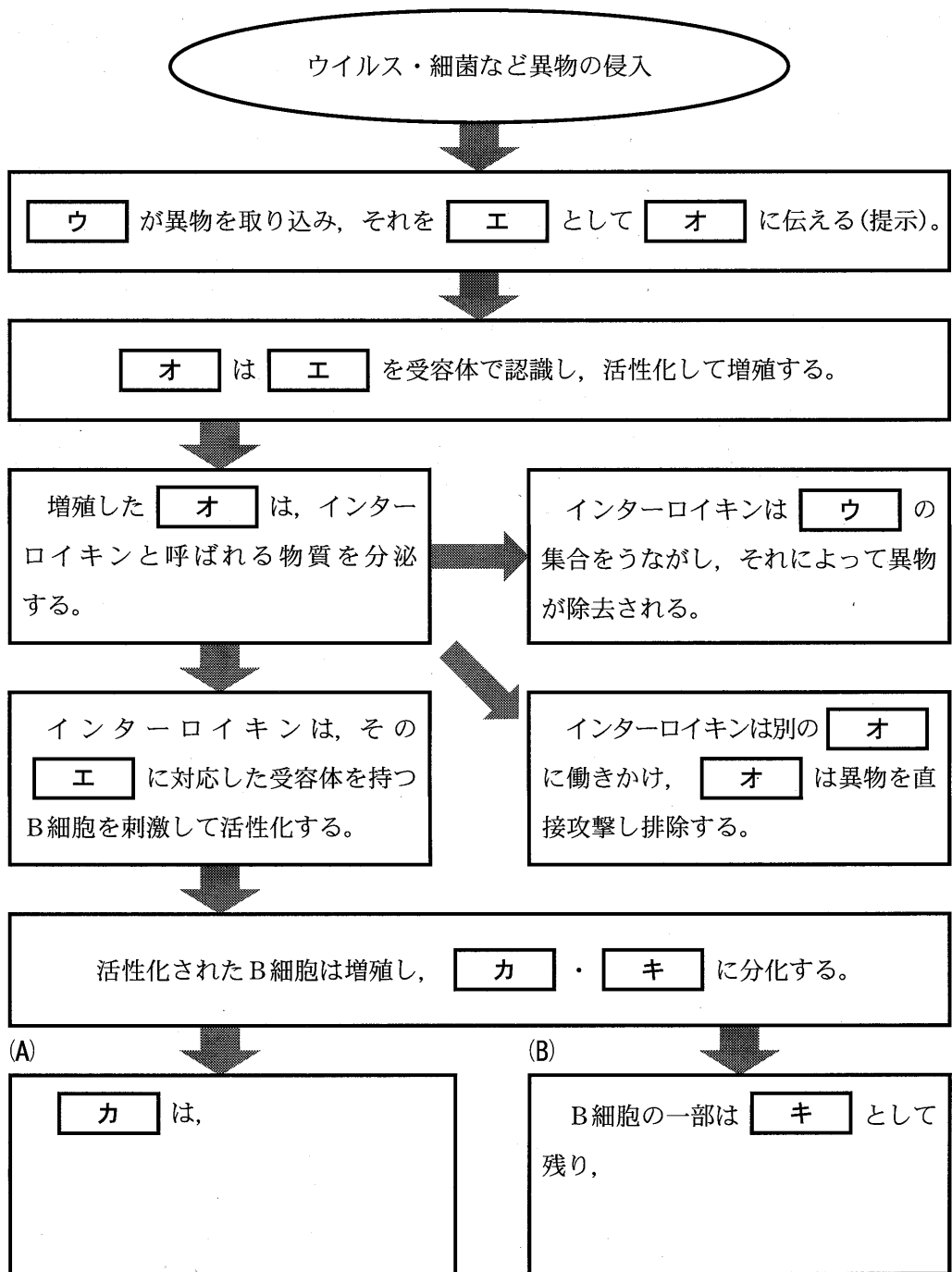
問2 下線部(a)について、 **イ** の物質を作用させるためには、血しょう中にトロンピンを生成しなければならない。このとき関与している電解質は何か、答えよ。

問3 下線部(b)について、アレルギーを起こさせる抗体タンパク質の名称を答えよ。

問 4 次ページの図1は、ヒトのからだにウイルス・細菌などが感染してから、免疫のはたらきによってそれらが排除されるまでの過程を示している。図の ～ に適当な語句を入れよ。

問 5 図1の四角(A)には、 のはたらきによって異物が除去される過程を説明する文が入る。その文を「 は、」という文頭に続けて、合計80字以内で記せ。なお、文中に に該当する語句を使用すること。

問 6 図1の四角(B)には、 によって引き起こされる生体反応を説明する文が入る。その文を「B細胞の一部は として残り、」という文頭に続けて、合計60字以内で記せ。なお、文中に「2回目」という語を使用すること。また、このような生体反応の名称を答えよ。



(注) インターロイキンは、サイトカインと呼ばれる物質群の一部で、**オ** などから分泌される生理活性物質である。

図1 免疫による異物除去のしくみ

(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5に答えよ。

タマネギの球の部分はりん茎と呼ばれ、貯蔵器官としての機能を発達させた葉が集まって球状となったものである。一般にタマネギの秋まき栽培では、9月に種子をまき、翌年の5、6月に肥大した球を収穫する。しかし収穫時にタマネギの球から花のついた茎(花茎)が伸長していることがあり、その場合タマネギの球は小さくなり、収穫後の貯蔵性も悪くなる。

種まきの時期、気温、日長と球形形成および花茎の伸長との関係を知るために以下の図1のような実験を行った。種まきを9月から10月にかけて10日ずつずらして行い、11月20日から翌年の3月20日まで低温処理(8℃で栽培)を行った。低温処理後、さらに長日条件(16時間明期/8時間暗期)または短日条件(11時間明期/13時間暗期)で栽培する日長処理を行った。収穫時の調査結果を表1に示した。

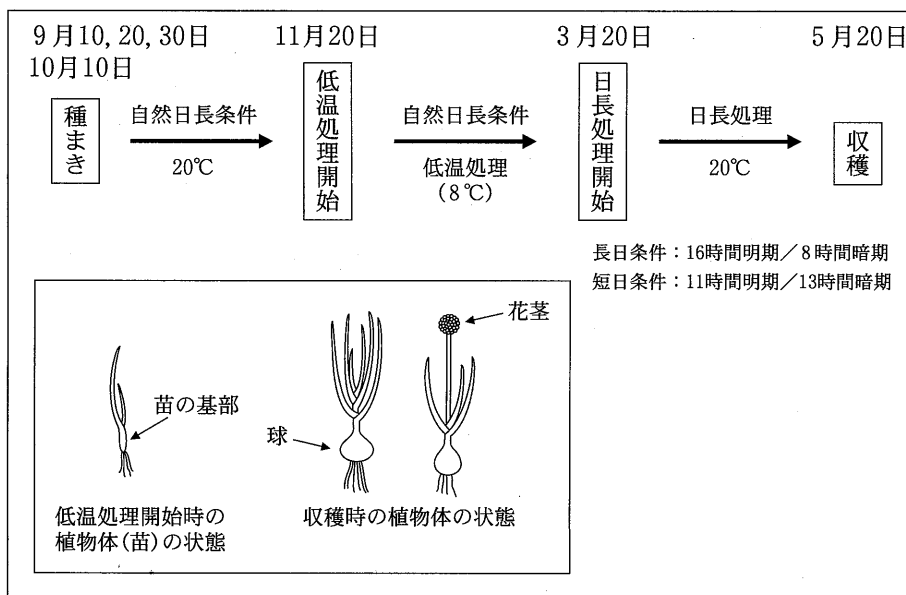


図1 実験の概要

表1 種まきの時期と日長がタマネギの球の肥大と花茎の伸長に及ぼす影響

種まきの日	低温処理開始時の苗の基部の横幅(cm)	日長処理	収穫時の球の横幅(cm)	収穫時の花茎の有無
9月10日	1.0	長日	9.0	有り
9月10日	1.0	短日	1.6	有り
9月20日	0.8	長日	11.0	無し
9月20日	0.8	短日	1.8	無し
9月30日	0.6	長日	10.0	無し
9月30日	0.6	短日	1.7	無し
10月10日	0.4	長日	9.0	無し
10月10日	0.4	短日	1.6	無し

長日条件：16時間明期/8時間暗期

短日条件：11時間明期/13時間暗期

問1 下線部(a)の種子の発芽に関する文章を以下に示した。文中の空欄 ～ に適当な語句を入れよ。

種子の発芽には , , の3つの環境要因が適切な条件にあることが必要である。また植物種によっては光条件が整わないと発芽しないものもある。形成された直後の種子は、適切な環境条件下におかれても発芽せず、休眠していることが多い。休眠中の種子では、植物ホルモンである が発芽を抑制している場合が多い。オオムギやイネなどの発芽では、胚で合成された が、胚乳の外側にある糊粉層こぶんに働きかけて が合成される。 によって胚乳にある が に分解され胚に送られる。

問2 タマネギの球の肥大を促す最も大きな要因は何か、答えよ。

問3 花茎が伸長しなかった実験条件どうしで比較した場合、種まきの日と収穫時の球の大きさとの関係を簡潔に記せ。

問 4 種まきから収穫まで 20℃ で栽培し続けると、日長や種まきの時期に関係なく花茎の伸長は認められなかった。このことと今回の実験結果からタマネギにおける花茎の発達の条件はどのようなものであると考えられるか、40 字以内で答えよ。

問 5 貯蔵性の高い大きなタマネギの球を春に収穫するためには、秋の種まきの適期は限定される。その理由を 100 字以内で記せ。

(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4に答えよ。

減数分裂は第一分裂と第二分裂の連続する細胞分裂からなる。第一分裂前期には相同染色体同士は対合して **ア** 染色体になる。図1は $2n = 4$ の場合の減数分裂における染色体の分配様式を図示したもので、4本の染色体を A, a, B, b と区別し、A と a および B と b がそれぞれ対応する相同染色体を示している。第一分裂後期に **ア** 染色体は **イ** で離れ両極に2分される。その際の染色体の分配は、図1のように AABB と aabb の組合せに分かれる場合と、AAbb と aaBB の組合せに分かれる場合との2通りが考えられる。第二分裂後期では染色体は2つに分かれ、生じる娘細胞は第一分裂時の分配に応じて AB と ab が2つずつの場合と、Ab と aB が2つずつの場合の

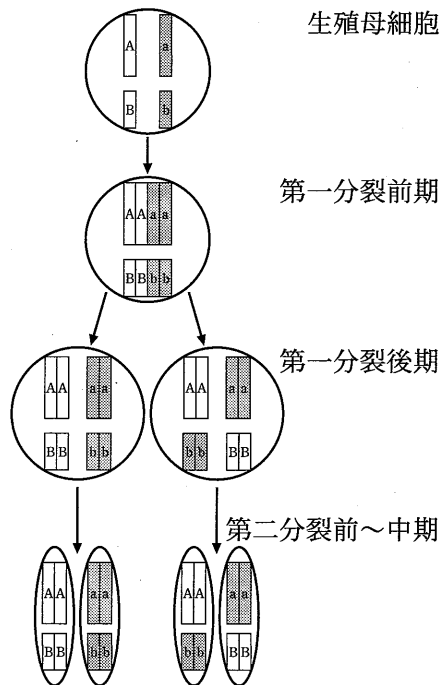


図1

合計4通りの染色体の組合せが考えられることになる。 $2n = 6$ の場合の染色体を (a) A, a, B, b, C, c の6種類とした場合、減数分裂後に娘細胞に生じる染色体の組合せは、**ウ** 通りとなる。

エ 性生殖を行う生物は染色体の半分を父方から、残りの半分を母方から受け継ぐ。図1の A と B は父方から、a と b は母方から受け継いだと考えることができ、減数分裂時の染色体の分配によって父方や母方以外の新しい組合せ (Ab や aB) が生じることがわかる。図1には示していないが第一分裂時には染色体の **オ** が起こり、対合した相同染色体でその一部が交換される。**オ** が起こらなければ、同一染色体中の遺伝子は常に一緒に分配される。同一染色体にない遺伝子はメンデルの **カ** の法則に従って遺伝する。

染色体の **オ** の割合は遺伝子の **キ** 価として求めることができる。
 図2のような2種類の相同染色体上にある2種類の遺伝子の配偶子への分配について考える。MとmおよびNとnは互いに対立遺伝子である。配偶子へ分配される遺伝子の組合せはM-N, m-n, M-n, m-Nの4通りで、それぞれの配偶子の数が76, 64, 34, 26になったとする。この時の **キ** 価(%)は **ク** %と計算できる。

MまたはmとNまたはnとの染色体上の位置が離れるほど **キ** 価(%)は大きくなる。この性質を利用して遺伝子の染色体上の位置を示す **ケ** 地図をつくることができる。特に3種の遺伝子間の染色体上の相対的な位置を求める方法を **コ** という。図2の染色体上のどこかにある遺伝子Lまたはlの、MまたはmとNまたはnに対する相対的な位置を決めるために配偶子に分配された遺伝子の組合せを調べ

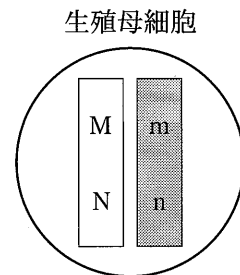


図2

たところ、(M, N, L)が1, (M, N, l)が75, (M, n, L)が20, (M, n, l)が14, (m, N, L)が14, (m, N, l)が12, (m, n, L)が64, (m, n, l)が0であった。

問1 **ア** ~ **コ** に適当な数字または語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、 $2n = X$ の場合の染色体の組合せをXの関数で答えよ。

問3 下線部(b)について、実際には配偶子の遺伝子の組合せを直接観察することは難しく、検定交雑で間接的に調べる。Mはmに対して優性、Nはnに対して優性であるとき、下線部(b)を得るために必要な検定交雑の遺伝子型の組み合わせを答えよ。

問4 下線部(c)について、遺伝子の相対的な位置関係はどのようになるか、その根拠になる計算結果とともに述べよ。また、結果から類推される減数分裂前の生殖母細胞の染色体の様子を本文中の図2を参考に図示せよ。