

物 理 (問題用紙 1)

解答に必要な式や答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

I 以下の空欄 1 ~ 8 に適切な式や値を入れよ。

図1のように、側面に垂直に回転軸が取り付けられている質量 M の直方体の箱がある。箱の重心は回転軸上の点 P にあり、点 P には長さ L の軽い棒と質量 m ($m < M$) の小さいおもり A からなる振り子がついている。振り子は点 P を支点としてなめらかに回転でき、振り子の運動は回転軸に垂直な鉛直面内のみで行われる。ただし、回転軸と棒の質量、空気抵抗は無視できる。また、おもり A は箱と衝突せず、箱の底面が床から離れることはない。重力加速度の大きさは g とする。以下の問いに答えよ。

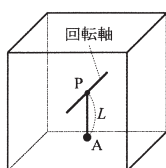


図1

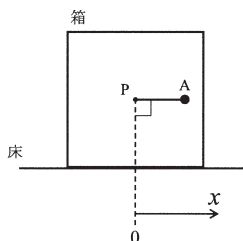


図2

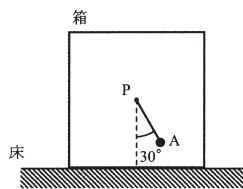


図3

(1) 最初に、箱が水平な床の上に固定されているときの振り子の運動を考えよう。図2のように、棒を水平に支えたのち、支えを静かに外した。棒と鉛直方向のなす角が 60° になったときのおもり A の速さは 1 である。また、このときに棒が回転軸に加える力の大きさは 2 である。

(2) 次に、箱が水平でなめらかな床の上にあり固定されていないときの運動を考えよう。図2のように水平方向に x 軸をとり、点 P の x 座標を $x = 0$ で静止させたまま、棒を水平に支えた。支えを静かに外したところ、おもり A と点 P はともに $x = s$ を中心とした x 軸方向の往復運動を開始した。このとき s は、 M , m , L を用いて 3 と表せる。また、おもり A がはじめて最下点に達したときのおもり A の速度の x 成分を V_A 、点 P の速度の x 成分を V_B とすると、それぞれ M , m , g , L を用いて、 $V_A =$ 4 , $V_B =$ 5 と表せる。

(3) 最後に、箱が水平で荒い床の上にあり固定されていないときの運動を考えよう。いま図3のように、棒と鉛直方向のなす角が 30° のまま箱が x 軸の正の向きに等加速度運動していた。このときの箱の水平方向の加速度の大きさを M , m , g , L のうち必要なものを用いて表すと 6 となる。また、床の動摩擦係数 μ は 7 である。時刻 $t = 0$ で箱の速さは V_0 であった。 $t = 0$ から箱が静止するまでに点 P が移動する距離は、 V_0 , M , m , g , L のうち必要なものを用いて表すと 8 である。

物 理 (問題用紙 2)

解答に必要な式や答えは解答用紙の指定されたところを書きなさい。

II 以下の空欄

1

 ~

9

 に適切な表式や値を入れよ。

(掲載しておりません)

物理 (問題用紙 3)

解答に必要な式や答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

III 以下の空欄 ～ に適切な表式、値、字句を記せ。また、 は解答欄の図に記入せよ。なお、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J・s, 電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, 光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s, 電子の質量 $m = 9.0 \times 10^{-31}$ kg として計算せよ。

(1) X線は、X線管のなかの陰極で発生した電子が高電圧で加速され、陽極の金属板に電子が衝突するときに発生する。ある加速電圧の下で発生したX線の波長と強度の関係(スペクトル)を調べたところ、図1のように曲線部分で示される連続X線Aと、鋭いピークで表される特性(固有)X線B、Cから構成されていた。

電極間の加速電圧が V [V] のとき発生するX線の最短波長 λ_0 [m] は、 h, e, c, m, V の中から必要なものを用いて $\lambda_0 =$ と表せる。例えば、電極間の加速電圧が

1.2×10^5 V のときX線の最短波長は [m] である。加速電圧を増したとき図1の全体のスペクトルがどのように変化するかを示すと の図の実線となる。ただし、解答用紙には図1の加速電圧のスペクトルを点線で示した。

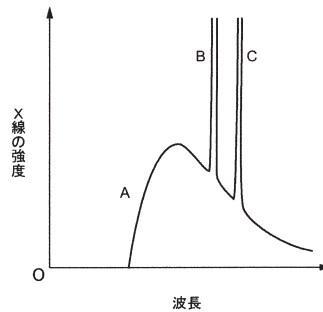


図1

(2) 次に、X線回折法について考える。図1の波長 λ [m] のX線Cのみを取り出し、図2のように結晶面の間隔が d [m] である結晶に対して入射させる。結晶面とX線のなす角度を θ として、 θ を変化させながら反射X線の強度 I を測定した。

ある θ で回折斑点が生じる場合、波長 λ , θ , d の関係は、自然数 $n = 1, 2, 3, \dots$ を用いると、 $= n\lambda$ である。いま、 $\lambda = 7.0 \times 10^{-11}$ m とし θ を 0° 近傍から増加したとき、 I が4回目に強い反射を示した角度は $\theta = 30^\circ$ であった。したがって、結晶面の間隔は $d =$ [m] と計算される。

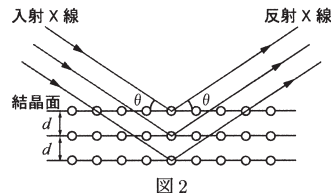


図2

(3) X線は波の性質をもつが、電子など粒子も波の性質をもつ。この波を という。そこで上と同じ結晶の同じ結晶面に対して、X線のかわりに、電圧 V [V] で加速された電子線を図3のように入射させて、 V [V] を変化させながら反射電子線の強度 I を測定した。ここでは電子線源と電子検出器のなす角度を α とする。

電子線の波長 λ_e [m] は、 h, e, c, m, V の中から必要なものを用いて $\lambda_e =$ と表せる。例えば、加速電圧が 5.0×10^4 V のとき、電子線の波長は [m] である。

いま、 α を 120° に固定したとき、自然数 $n = 1, 2, 3, \dots$ とし $n^2 = d^2/\lambda_e^2$ が成り立つことを解答欄 に示せ。この式を利用すると、加速電圧 V [V] が $1000 \leq V \leq 3000$ の範囲で、 I は 回強い反射を示すことがわかる。

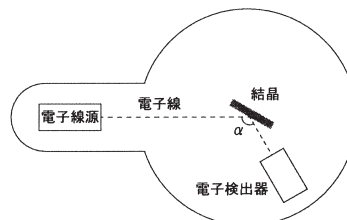


図3

化 学 (問題用紙 1)

問題用紙は 4 枚ある

必要があれば、次の値を使用せよ。気体定数 $R = 8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{mol})$, アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$, $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$, 1 気圧 $= 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 標準状態は (0°C , 1 気圧), 原子量 $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Na} = 23.0$, $\text{Cl} = 35.5$, $\text{Cr} = 52.0$, $\text{Ag} = 108$, $\sqrt{1.8} = 1.34$, $\sqrt{2} = 1.41$

I 次の問(1), 問(2)に答えよ。

問(1) モール法に関する次の文章を読み、以下の設問(a)~(e)に答えよ。有効数字は3桁とする。

水溶液中の塩化物イオン含有量を、硝酸銀水溶液を用いて沈殿滴定する際に、クロム酸カリウムを指示薬として用いる方法をモール法という。この際生じる塩化銀の溶解度は極めて小さく、塩化物イオンを定量できる。また滴定の終点を求めるために指示薬としてクロム酸カリウム水溶液を少量添加する。これは、当量点を過ぎて過剰の銀イオンと反応して生じるクロム酸銀の暗赤色沈殿の生成を終点とするためである。いま、塩化銀およびクロム酸銀の溶解度積 K_{sp} をそれぞれ、 $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ および $3.6 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$ とし、最初の塩化物イオン濃度を $[\text{Cl}^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ とする。滴定を開始するとまず塩化銀の白色沈殿が生じる。さらに滴定を続け、塩化銀の新たな沈殿が生じない当量点近傍での銀イオン濃度は、塩化物イオン濃度に等しく (ア) mol/L となり、この銀イオン濃度でクロム酸銀の暗赤色沈殿を生成するには、クロム酸イオンの濃度は (イ) mol/L となる。ただしこの濃度では、クロム酸カリウムの黄色が濃く、暗赤色の発色を認めるのが困難なため、通常それより薄い濃度の試薬を用いる。そこで、クロム酸イオンの濃度を $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ とした場合、暗赤色沈殿が生成する時の銀イオン濃度は (ウ) mol/L となり、当量点の値よりやや多くなる。この誤差のほか、着色を認めるまでの個人差をなくすために通常ブランク試験を行い、それを終点の値より差し引くことにより、正確な当量点の値を求めることができる。

このモール法を用いて、市販の減塩醤油中の塩分濃度を決定するために次の実験を行った。

(実験) 0.1 mol/L塩化ナトリウム標準溶液から20.0 mLをホールピペットを用いてビーカーに移し、0.1 mol/Lのクロム酸カリウム水溶液を1.0 mL加えた。この溶液を、約0.1 mol/Lの硝酸銀水溶液を用いて滴定したところ、暗赤色の着色を認めるまでに18.75 mLを要した。次に、減塩醤油を20.0倍に薄めた溶液から20.0 mLをビーカーに移し、この硝酸銀水溶液を用いて同様に滴定したところ、暗赤色の着色を認めるまでに13.25 mLを要した。なお減塩醤油の代わりに水を用いてブランク試験を行ったところ、同様の暗赤色の着色を認めるまでに0.05 mLを要した。

- (a) 塩化銀およびクロム酸銀の溶解度積 K_{sp} を表す式を書け。
- (b) 上記説明文中の空欄 (ア), (イ), (ウ) に適切な式および数値を入れよ。
- (c) この実験で用いた硝酸銀水溶液のモル濃度はいくらか。
- (d) 減塩醤油を 20.0 倍に薄めた溶液中の塩化物イオンのモル濃度はいくらか。
- (e) この減塩醤油の密度を 1.12 g/mL として、この減塩醤油中の塩化物イオンの含有量 (質量パーセント濃度) を求めよ。

問(2) 種々の酸化物に関する次の(a)~(e)の文章において、下線部A~Gの反応を化学反応式で表わせ。

- (a) A 二酸化ケイ素は塩酸や硫酸には溶けないが、Aフッ化水素酸には溶ける。
- (b) 二酸化硫黄は酸化剤としても還元剤としても作用し、B 前者の例は硫化水素との反応で見られ、C 後者の例は硫酸酸性下の過マンガン酸カリウム水溶液との反応で見られる。
- (c) 二酸化炭素を石灰水に通じると白く濁るが、D さらに通気を続けると透明な溶液になる。
- (d) E 酸化マンガン (IV) 存在下で塩素酸カリウムを加熱すると分解する。
- (e) F 二酸化窒素は銅と濃硝酸との反応で得られるが、銅と希硝酸との反応では一酸化窒素が得られる。これは、希硝酸との反応では反応速度が遅く、G生じた二酸化窒素が水と反応して一酸化窒素を生じるからである。

化 学 (問題用紙2)

II 次の問(1), 問(2)に答えよ。

問(1) 気体の性質に関する次の文章を読み, 以下の設問(a)～(d)に答えよ。

窒素分子はそれ自身に大きさがあり, 分子間に引力がはたらく。それらの効果により, 窒素は理想気体からずれた振る舞いを示す。窒素ガス1 molについて, 気体の圧力 P , 容器の体積 V , 絶対温度 T の関係は, 気体定数 R を用いて次の(1)式でよく表わされる。

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad \cdots (1)$$

ここで, a と b は定数であり, 理想気体では $a = 0, b = 0$ であるのに対し, 窒素では $a = 0.137 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6/\text{mol}^2$, $b = 3.86 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ である。(1)式では, 気体分子が自由に飛び回ることのできる空間の体積が容器の体積 V より b だけ小さい。このことから, 定数 b は (ア) を意味することがわかる。また, 気体の圧力 P は, 理想気体が示す圧力より a/V^2 だけ (イ)。これは分子同士が引き合って容器の壁に衝突する力を弱めているためである。

定数 b が体積 V より十分小さい場合, (1)式を変形して PV/RT について解くと次の近似式が得られる。

$$\frac{PV}{RT} = 1 + \left(b - \frac{a}{RT}\right) \frac{1}{V} \quad (b \ll V \text{ のとき}) \quad \cdots (2)$$

理想気体では温度や圧力によらず $PV/RT = 1$ であるが, 窒素などの実在気体では冷却や加圧によって PV/RT の値が1より小さくなり, 液化する条件に近づく。図1は種々の温度について, (2)式の値を横軸 $1/V$ に対してグラフ化したものである。このことから窒素では, 温度が (ウ) Kより低いときに PV/RT が1より小さい値となることがわかる。一方, 高温では PV/RT が1より大きい値となる。これは, 高温では分子の (エ) が激しくなって (オ) の効果が弱められ, (カ) の効果が優勢になるためである。

- (a) (ア) に入る定数 b の意味を簡潔に説明せよ。
 (b) (イ) に入る正しい語句は「高い」, 「低い」のどちらか。
 (c) (ウ) に入る温度を計算し, 有効数字3桁で答えよ。
 (d) (エ) ～ (カ) に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。

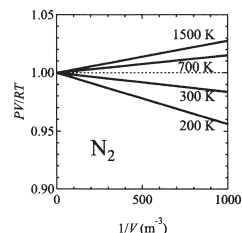


図1. PV/RT と $1/V$ の関係。

問(2) 以下の表1に示す7種類の組み合わせによる化学反応①～⑦は, いずれも次の熱化学方程式(3)で表わされる。



ここで, Q は反応物Aが1 mol反応した際に放出される熱量の25°C, 1気圧での値である。次の設問(a)～(c)に答えよ。

- (a) (キ) ～ (セ) に入る適切な係数 m, n を答えよ。
 (b) 次のi)～iv)に該当する反応を①～⑦からそれぞれ1つずつ選び, 記号で答えよ。
 i) 25°C, 1気圧において, 気体Cが100 L生成する反応で189 kJの熱を発生した。
 ii) 温度を下げた場合も, 圧力を下げた場合も, 平衡が(3)式の右辺の方向へ移動した。
 iii) 温度一定のまま, 気体の体積を半分にしても, 平衡は移動しなかった。
 iv) 温度と体積を変えずに, AとBの濃度がそれぞれ2倍になるようにAとBを加えたところ, Cの濃度は8倍になった。
 (c) 気体の体積を一定に保ちながらアルゴンを加えても平衡移動は起こらなかったが, 圧力を一定に保ちながらアルゴンを加えると平衡が(3)式の左辺の方向へ移動した。これに該当する反応を①～⑦からすべて選び, 記号で答えよ。

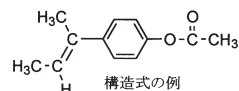
表1. (3)式で表される反応の反応物AとBおよび生成物Cと反応熱 Q (25°C, 1気圧)。

記号	A	m	B	n	C	Q (kJ/mol)
①	C (固)	1	CO ₂ (気)	(キ)	CO (気)	-173
②	C (固)	(ク)	O ₂ (気)	1	CO (気)	110
③	H ₂ (気)	1	I ₂ (気)	(ケ)	HI (気)	10
④	N ₂ (気)	(コ)	H ₂ (気)	(サ)	NH ₃ (気)	92
⑤	N ₂ (気)	(シ)	O ₂ (気)	(ス)	NO ₂ (気)	-68
⑥	NO (気)	1	NO ₂ (気)	1	N ₂ O ₃ (気)	41
⑦	CO (気)	(セ)	H ₂ (気)	1	CH ₃ OH (気)	91

化 学 (問題用紙 3)

Ⅲ 次の問(1)～問(3)に答えよ。有機化合物の構造式は、右の例にならって示せ。

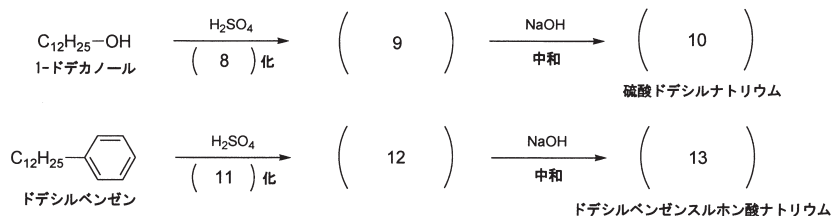
問(1) セッケンと合成洗剤に関する次の文章を読み、以下の設問(a), (b)に答えよ。



高級脂肪酸のナトリウム塩 RCOONa やカリウム塩 RCOOK をセッケンという。セッケンは、その構造中に長い炭化水素基からなる (1) の部分と水溶液中で電荷を帯びて (2) を示す部分とがある。セッケンのように (1) と (2) の両方の部分をもつ物質を (3) という。

セッケンを一定濃度以上で水に溶かすと (1) の部分を内側に向け、(2) の部分を外側に向けてセッケン分子が集まり、コロイド粒子をつくる。これを (4) という。また、セッケン分子は水と油の界面に配列する性質があるため、水分子が界面に存在できず、水の (5) は著しく低下する。このため、セッケン水は繊維の内部まで容易に浸透できる。セッケン分子が繊維の油污れに触れると (1) の部分が油污れと引き合い、油污れは繊維の表面からはがされ、やがてセッケンの (4) の内部に取り込まれて微粒子となって水中に分散する。このような作用をセッケンの (6) 作用といい、得られる溶液を乳濁液という。セッケンの洗浄作用は、おもにこの (6) 作用による。

セッケンは、 Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む水(硬水)では難溶性の塩を生じ、その洗浄力が低下する。一方、以下に示す反応で合成される硫酸ドデシルナトリウムやドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムは、硬水中でも洗浄力を保つ (3) として用いられ、石油などから合成されることから合成洗剤といわれる。それらは構造から明かなように、強酸と強塩基からなる塩であり、その水溶液が (7) 性を示すことから (7) 性洗剤ともよばれる。



(a) (1) ～ (8) , (11) にもっとも適切な語句を入れよ。

(b) (9) と (10) , (12) と (13) に構造式を入れ、それぞれの化学反応式を完成させよ。

問(2) アルケンの酸化に関する次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

アルケンに酸化剤のオゾン O_3 を作用させると、オゾニドとよばれる不安定な物質が生成する。これを亜鉛などの還元剤で処理すると、カルボニル化合物になる(図2)。この反応をオゾン分解という。

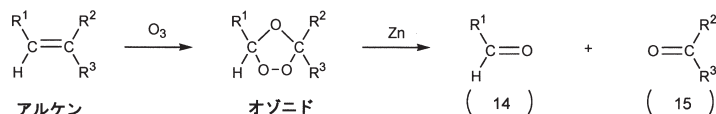


図2. オゾン分解. R^1 , R^2 , R^3 は、炭化水素基である。

(a) (14) と (15) にもっとも適切な名称を入れよ。

(b) 分子量 56 の 3 種類のアルケンをそれぞれ A : 168 g, B : 56 g, C : 112 g 混合し、得られた混合物をオゾン分解したところ、ホルムアルデヒド 5 mol, アセトアルデヒド 2 mol, プロピオンアルデヒド 3 mol, アセトン 2 mol が得られた。反応に用いた 3 種類のアルケン A, B, C の構造式と名称を書け。なお、この場合、オゾン分解反応は完全に進行するものとし、アルケンの幾何異性は考えなくともよい。

(c) 酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えると、アルケンの二重結合が開裂し、オゾン分解と同様に 2 種類のカルボニル化合物を生じる。この場合、生じた (14) は、さらに酸化されてカルボン酸になる。2, 4-ジメチル-2-ペンテンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液と反応させたときに生じる 2 種類の物質の構造式をそれぞれ示せ。

化 学（問題用紙4）

Ⅲ（つづき）

問(3) タンパク質の呈色反応を次の表2にまとめた。以下の設問(a)～(e)に答えよ。

表 2. タンパク質の呈色反応.

反応名	実験操作	呈色	検出される官能基・元素
(16)	(17) を加えて加熱する	(20)	ベンゼン環
	さらにアンモニア水を加えて塩基性にする	橙黄色	
ビウレット反応	水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、少量の (18) 水溶液を加える	赤紫色	(22)
酢酸鉛(Ⅱ)との反応	固体の (19) を加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える	(21)	(23)
ニンヒドリン反応	ニンヒドリン溶液を加えて加熱する	赤紫色	(24)

- (a) (16) に反応名を入れよ。
- (b) (17) ～ (19) に実験操作に用いる化合物名（試薬名）を入れよ。
- (c) (20) と (21) にもっとも適切な色を入れよ。
- (d) (22) ～ (24) に検出される官能基名あるいは元素名を入れよ。
- (e) (掲載していません)

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は3枚ある。 >
< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

真核細胞では細胞膜に加え、膜構造を有する細胞小器官が発達している。細胞膜は主に [ア] とタンパク質から構成されている。[ア] は [イ] 性の頭部と [ウ] 性の尾部からなる。[ア] が分子として示すこのような性質は [エ] と呼ばれ、脂質二重層の形成を可能にしている。① 細胞膜の脂質二重層内には膜タンパク質が分布しており、物質の出入りの制御や細胞外からの情報伝達を行う。

細胞膜は、② 特定の物質だけを透過させる特性を有している。細胞膜の脂質二重層を通過し易いのは、二酸化炭素やベンゼンのように分子内に電荷の偏りのない小さな物質である。水、ヌクレオチド、アミノ酸のように [オ] のある物質や、イオンのように [カ] した物質は、脂質二重層を通過することが困難である。拡散による脂質二重層通過が困難な物質は、③ 膜を貫通して存在する輸送タンパク質により、細胞膜を通過する。

膜輸送は ④ 濃度勾配に従った [キ] 輸送と ⑤ 濃度勾配によらないで、エネルギーを必要とする [ク] 輸送とに大別される。輸送タンパク質を通過できない大きさの物質は、⑥ 細胞膜自体がそれらを包み込んだ小胞を形成し、細胞内に取り込んだり、細胞外に放出したりする。

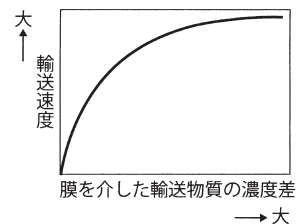
問 1. 文章中の [ア] ～ [ク] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①の膜タンパク質は、膜内を比較的自由に動けると考えられている。このような細胞膜の構造モデルは、何と呼ばれるか。

問 3. 下線部②のような膜の特性を、何と呼ぶか。

問 4. 下線部③に関して、膜タンパク質の脂質二重層を貫通する部分は、一般的にどのような特徴を持つアミノ酸に富んでいるか。20字以内で述べよ。

問 5. 下線部④の濃度勾配に従った輸送のうち、輸送担体を介したエネルギーを必要としない輸送を促進拡散(促通拡散)と呼ぶ。促進拡散の「輸送速度」と「膜を介した輸送物質の濃度差」の関係を右のグラフに示す。細胞内外の輸送物質の濃度差が大きくなるにつれ、輸送速度は増して行くが、あるところで限界に達する。この理由を25字以内で説明せよ。



問 6. 下線部⑤のような輸送の一つの例について、輸送タンパク質名とその輸送タンパク質が用いるエネルギー源を答えよ。

問 7. 下線部⑥について、小胞を介して細胞内に取り込む現象と、細胞外に放出する現象は、それぞれ何と呼ばれるか。

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

バッタは、前後2対の翅を持ち、それぞれの打ち上げ筋と打ち下げ筋を交互に収縮させ、翅を羽ばたかせて飛翔する。

① バッタの肢を地面から離して頭部に風を与えると、正常の飛翔と同様に、前翅と後翅で羽ばたきが起る。このとき、前翅の打ち上げ筋と後翅の打ち上げ筋の興奮のタイミング、前翅の打ち下げ筋と後翅の打ち下げ筋の興奮のタイミング、そして前翅と後翅の羽ばたきのタイミングは、わずかにずれている。バッタでは、このような ② リズミカルで定型的な飛翔パターンを生じさせる神経回路が胸部神経節に存在する。この神経回路では、入力信号と運動ニューロンをつなぐ、多くの [ア] ニューロンが組み合わせられていて、興奮性のシナプス接続に加えて、[イ] 性のシナプス接続も重要な働きをしている。さらに、翅の基部には ③ 翅の動きをモニターする感覚受容器があり、そこからの感覚情報が羽ばたきのタイミングや大きさを調節している。

バッタの打ち上げ筋と打ち下げ筋は、ヒトの骨格筋と同じくみで収縮する。胸部神経節の運動ニューロンからそれぞれの筋の筋繊維に興奮が伝達されると、興奮は筋繊維全体に急速に伝播していく。興奮が [ウ] に伝わると、[ウ] から [エ] イオンが細胞質基質に放出される。この [エ] イオンが [オ] というタンパク質と結合することがきっかけとなり、[カ] フィラメント表面の結合部位が露出して、[カ] フィラメントと [キ] フィラメントが相互作用できるようになり、筋が収縮する。

問 1. 文章中の [ア] ～ [キ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部②のようなリズミカルで定型的な行動パターンを生じさせる神経回路を、一般に何と呼ぶか。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 2)

(Ⅱの続き)

問 3. 問2で答えた神経回路は、ヒトではどのような行動に関わっているか。例を一つ挙げよ。

問 4. 下線部③のような、自個体の動きをモニターする感覚受容器を、一般に何と呼ぶか。またヒトに存在するこの種の受容器の例を一つ挙げよ。

問 5. 下線部③の感覚受容器からの情報を遮断して、バツタに下線部①と同じように刺激を与えるとどうなるか。25字以内で説明せよ。

問 6. 下線部②のような神経回路が胸部神経節のような下位中枢に存在することは、上位中枢の脳がはたらく上でどのような利点があるか。75字以内で説明せよ。

Ⅲ.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

皮膚や粘膜における物理的・化学的な防御バリアを病原体などの異物が通過すると、血液中の ア や イ などの白血球が、侵入した異物を ウ によって細胞内に取り込み、消化・分解する機能を発揮する。異物侵入の局所に最初に集まる白血球で、血液中の白血球の中で通常最も数が多いのは ア である。 ア はウイルスや細菌に対する ウ を行うが、寿命は短く、取り込んだ異物と共に数日以内に死滅する。一方、血液中の イ は、血管を出ると細胞膜に多数の突起を持ち、アメーバー状に運動する エ に分化し、 ア よりも大型の異物を ウ によって活発に取り込む。 エ はまた、取り込んだ異物の情報を オ に提示し、獲得免疫反応の引き金を引く。

ア や エ が侵入した細菌を ウ によって取り込んだ時、細菌を取り込んだ小胞の膜には、NADPHによって運ばれた電子を膜を横切って小胞の内腔に送り込む特殊なタンパク質複合体が形成される。これは、ミトコンドリアの カ 系を構成するタンパク質複合体の一部と似た機能を示し、食細胞NADPH酸化酵素と呼ばれる。食細胞NADPH酸化酵素によって異物を取り込んだ小胞の内部に運ばれた電子は、小胞内の酸素分子と結合し、これに別に存在するイオンチャネルによって運ばれた キ が結合することで、小胞内に過酸化水素 (H_2O_2) が形成され、細菌は殺菌される。

食細胞NADPH酸化酵素を構成するタンパク質の遺伝子に異常があると、 ア や エ は細菌を ウ によって取り込んでも、これを殺菌することができない。取り込まれた細菌は細胞の内部で増殖を続け、細胞が死滅すると周囲にばらまかれて、感染が持続する。このため、細菌感染が治癒することなく慢性化し、感染局所に多数の エ が集まって、肉芽腫と呼ばれる塊が形成される(慢性肉芽腫症)。

ある種の慢性肉芽腫症は、① ほぼ男児にのみ発生し、女性が冒されることは稀である。多くの例では、母親は無症状であるが、その母親から生まれた男児が、平均して1/2の確率で発症する。

発症した男児の血液から ア を集め、食細胞NADPH酸化酵素の働きで色を発する色素と反応させると、全く発色が見られなかった。一方、同じ母親から生まれた健常な男児の血液から ア を集めて同じ色素と反応させると、全ての ア が発色を示した。ところが、② これら男児の母親の血液から ア を集めて同じ色素と反応させたところ、全体の半数の ア は発色を示したが、残りの半数は発色しなかった。

問 1. 文章中の ア ～ キ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. ア や イ 、 エ は、体内に初めて侵入した細菌やウイルスに対しても直ちに防御反応を起こせるよう、病原体特有の構造パターンを認識する受容体を持っている。その受容体は何と呼ばれるか。

問 3. ミトコンドリアの カ 系を構成するタンパク質複合体は、ミトコンドリアのどこに局在するか。「局在」の欄に答えよ。また、 カ 系を通して電子が受け渡される際に、ATPの合成に必要な何の濃度勾配が、ミトコンドリアのどこどこに形成されるか。「濃度勾配」の欄の文を完成させよ。

問 4. 下線部①のような遺伝形式は、何と呼ばれるか。

問 5. 下線部②のように、母親の ア が半数は正常の食細胞NADPH酸化酵素の活性を示し、残りの半数がこの機能を示さない理由はなぜか。150字以内で説明せよ。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

IV.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヌマムラサキツユクサのつぼみの葯(やく)の中には、たくさん花粉母細胞があり、これらの細胞の減数分裂により **ア** ができる。**ア** のそれぞれの細胞は、不均等な細胞分裂を1回行い、細胞質の少ない **イ** 細胞が、大形の **ウ** 細胞の中に取り込まれた、入れ子状の構造体になる。**イ** 細胞は、受精までの間に細胞分裂を1回行い、2個の **エ** 細胞になる。

受粉した花粉から、雌しべの **オ** に向かって **ウ** 細胞の一部が管状に伸び、その管の中を2個の **エ** 細胞が運ばれていく。このとき、**オ** 内にあって **カ** 個の細胞からなる **キ** をめがけて、どのような仕組みで **ウ** が伸びていくのであろうか。その仕組みが、熱帯原産のトレニアという植物を研究材料として解明された。この研究では、植物体から切り出して培養した **オ** と、雌しべの柱頭から花柱(雌しべの長く伸びた部分)へと **ウ** を長く伸ばした花粉の両者を近づけて置くと、**ウ** の先端が **オ** をめがけて伸びていく様子が観察された。また、**キ** 内の細胞をレーザー光線によって選択的に破壊する実験により、卵細胞の隣にある2個の **ク** 細胞を破壊したときにのみ、**ウ** の誘引が起これないという結果が得られた。これらのことから、**ク** 細胞が何らかの誘引物質を出し、**ウ** を誘導していることが確認されるようになった。その後、誘引物質の正体が低分子のタンパク質であることが判明し、LUREと名付けられた。

問 1. 文章中の **ア** ～ **ク** に入る最も適切な語句または数字を、解答欄に記入せよ。

問 2. 次の A ～ F は、光学顕微鏡観察による減数分裂のある時期、あるいは間期の細胞の特徴を表している。それぞれどの時期の特徴か。選択肢 a ～ i から選び、解答欄に記号で答えよ。

- A. 相同染色体どうしが接着した状態で、赤道面に並ぶ。
- B. 染色体が縦裂面で分かれて、それぞれ両極へ移動する。
- C. 各相同染色体のどちらか一方を含む細胞が2個できる。
- D. 核内に分散していた染色体が凝縮して太く短い棒状になり、相同染色体どうしが接着する。
- E. 核内には核小体が見え、核小体を除く核の全体が、小さな粒の集まりのように見える。
- F. 相同染色体が接着した面で分かれて、それぞれ両極へ移動する。

《選択肢》

- a. 第一分裂前期 b. 第一分裂中期 c. 第一分裂後期 d. 第一分裂終期 e. 第二分裂前期
- f. 第二分裂中期 g. 第二分裂後期 h. 第二分裂終期 i. 間期

問 3. 減数分裂において、乗換えが起こるのはどの時期か。問2の選択肢から一つ選び、記号で答えよ。

問 4. 次の A ～ F は、それぞれ体細胞分裂、減数分裂のどちらで見られる事柄か。選択肢 a ～ d から選び、記号で答えよ。

- A. 紡錘体が形成される。
- B. 二価染色体が形成される。
- C. 染色体が平行に並んで、合計4本のまとまりになる。
- D. 細胞分裂の途中で、1回だけ染色体の複製が行われる。
- E. 染色体数が2nの母細胞からnの娘細胞ができる。
- F. 核膜が消失する。

《選択肢》

- a. 体細胞分裂だけで見られる。 b. 減数分裂だけで見られる。
- c. 体細胞分裂、減数分裂の両者に共通して見られる。 d. 体細胞分裂、減数分裂のいずれでも見られない。

問5. 下線部と同様な実験で、培地上で培養し **ウ** が伸びた花粉を **オ** の近くに置いた場合には、**ウ** はランダムな方向に伸びるだけであった。下線部およびこの実験結果から、雌しべの役割として、どのようなことが考えられるか。40字以内で説明せよ。

(以上)