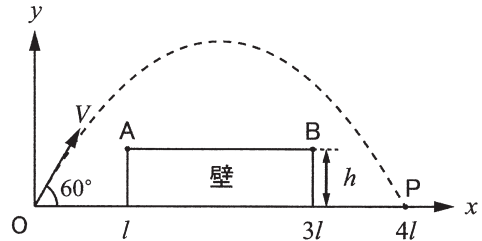


物 理 (問題用紙 1)

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 , に適切な表式, ~ に数値を入れよ。ただし, 根号は用いてよい。

図のように長方形の断面をもつ壁を隔て点Oと点Pがある。点Oから点Pまでの距離は $4l$, 点Oから壁までの距離は l , 壁の厚さは $2l$, 高さは h である。いま, 時刻 $t=0$ に点Oから鉛直面内で水平面と 60° の方向に速さ V で小球を打ち出した。この小球を打ち出した後の運動を考えよう。図のように点Oを座標の原点とし, 水平右方向に x 軸, 垂直上方向に y 軸をとる。壁の上面は滑らかで, 小球と壁の上面との間のはね返り係数(反発係数)は1, 重力加速度の大きさを g , 空気の抵抗は無視できるものとする。



(1) 小球が壁に衝突せずに, 最初に水平面に到達するまでの放物運動を考えよう。このとき, 時刻 t での小球の x 座標は

, y 座標は である。

(2) 速さ V_1 で放たれた小球が壁に1度も衝突せずにちょうど点Pに到達した場合, $V_1^2 = \text{} \times gl$ と表せる。この

とき, 小球は壁に衝突しないため, 壁の高さ h は $\times l$ より低い。

(3) 速さ V_2 で放たれた小球がちょうど放物線の頂点に達したとき, 壁の左上端の点Aに到達した。この後, 小球は壁の上面を水平に運動し, 右上端の点Bから放物運動し点Pに到達した。このとき, 壁の高さ h , 壁までの距離 l について $h = \text{} \times l$ が成り立ち, $V_2^2 = \text{} \times gl$ となる。

以下, 壁の高さは $h = \text{} \times l$ を用いて計算せよ。

(4) 小球を上で求めた V_1 と V_2 の間の速さで打ち出すことを考えよう。そのとき, 小球が壁の上面を1回はね返りちょうど点Pに到達する場合の速さを V_3 とすると, $V_3^2 = \text{} \times gl$ である。

(5) 次に壁の上面でののはね返りを利用して, 最初に水平面上に到達する点をもっとも速くにするを考えよう。もっとも速い点(x 座標 $\times l$)に到達するような小球の速さを V_4 とすると, $V_4^2 = \text{} \times gl$ である。その速さをわ

ずかに越すと, 最初に水平面上に到達する点をもっとも近い点(x 座標 $\times l$)になるので繊細なコントロールが必要である。ただし, 小球に大きさはないので, これらの座標に限りなく近い点に到達すると考える。また,

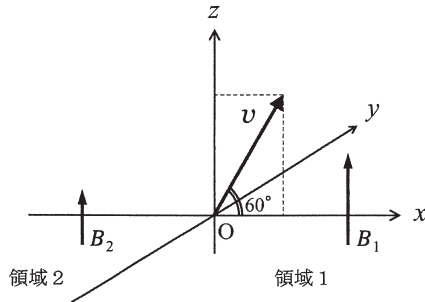
と において, 小球の放たれる速さは V_4 の値を用いて計算せよ。

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に書きなさい。

- II 以下の空欄 ～ に適切な表式や値を入れよ。ただし、 については解答欄中の適切な語句を選択し、 については解答欄の図に記入せよ。

図のように、領域1 ($x \geq 0$) には磁束密度 B_1 [T] の一様な磁場が、領域2 ($x < 0$) には磁束密度 B_2 [T] の一様な磁場が、 $0 < B_2 < B_1$ の条件で、いずれも z 軸の正の向きに加わっている。電気量 $-e$ [C] ($e > 0$)、質量 m [kg] の電子を原点 O から xz 平面内で x 軸の正の向きに対して 60° の角度に速さ v [m/s] で打ち出したあとの運動を考えよう。ただし、重力の影響は無視して良い。



- (1) 原点 O から打ち出されたあと、領域1において磁場から電子にはたらく力のうち、 xy 平面内方向（磁場に垂直な方向）の大きさは [N]、 z 軸方向（磁場に平行な方向）の大きさは [N] である。
- (2) y 軸方向に一様な電場 E [N/C] を加えた状態で電子を原点 O から打ち出したところ、電子は xz 平面内を運動しつづけた。このとき、電場の向きは y 軸の の向きであり、強さは [N/C] である。
- (3) 電場がない状態で、原点 O から打ち出されたあとの領域1における電子の運動を xy 平面に正射影すると、円運動の一部となる。この円運動の半径は [m] であり、その周期は [s] である。また、電子がはじめて領域2に入る点の座標は $(x, y, z) = (0, \text{,)$ となる。

電子は領域2に入ったあとも同様の運動を行うが、領域1とは磁束密度が異なるため、 xy 平面に正射影したときの円運動の半径と中心も異なる。 xy 平面に正射影した円運動の中心は、電子が yz 平面を通過するたびに [m] だけ移動する。電子の運動を xy 平面に正射影した円運動において、電子が原点 O を出てから yz 平面を n 回通過して、次に yz 平面を通過するまでの中心座標を $(x, y) = (0, C_n)$ と表す。この中心座標がちょうど原点 O となる時、すなわち $C_n = 0$ となるときの B_1 と B_2 の関係は n を用いて表せて、 $B_2 = \text{} \times B_1$ となる。

$C_1 = 0$ と $C_2 = 0$ の条件では、電子は原点 O から打ち出されたのち再び z 軸上に到達する。原点 O を出発し、 z 軸上に到達するまでの電子の運動について、 xy 平面に正射影した軌道の概形はそれぞれ となる。

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 ~ に適切な式や値を入れよ。また、 は解答欄の図に記入せよ。

シリンダー内に 1 mol の単原子分子の理想気体が入っている。この気体について 2 つのサイクルを考えよう。図 1 と図 2 はそれぞれのサイクルにおけるシリンダー内の気体の状態変化を示し、横軸は体積 V [m^3]、縦軸は絶対温度 T [K] である。気体定数を R [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$] として以下の設問に答えよ。

(1) 図 1 のサイクル ABCD は状態 A (V_0, T_0) から定積変化 (A→B)、定圧変化 (B→C)、定積変化 (C→D)、定圧変化 (D→A) を経て状態 A に戻る。このとき、状態 B と状態 D の温度 T_1 [K] は $\times T_0$ [K] である。また、状態 C の温度 T_2 [K] は $\times T_0$ [K] である。状態 A, B の圧力 P_A [Pa] と P_B [Pa] は R, T_0, V_0 を用いて表すと、それぞれ $P_A =$ と $P_B =$ となる。このサイクルを横軸に体積 V [m^3]、縦軸に圧力 P [Pa] で描き直すと の図となる。1 サイクルの間に、気体に加えた熱量 Q_0 [J] ($Q_0 > 0$) は $\times RT_0$ [J] と表せ、このサイクルを熱機関とみなすと熱効率率は である。

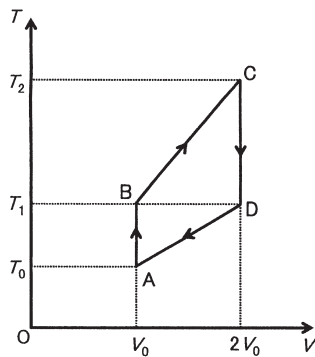


図 1

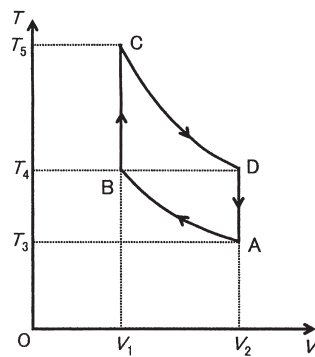


図 2

(2) 図 2 のサイクル ABCD は状態 A (V_2, T_3) から断熱変化 (A→B)、定積変化 (B→C)、断熱変化 (C→D)、定積変化 (D→A) を経て状態 A に戻る。定積変化 (B→C) の過程で加えた熱量 Q_1 [J] ($Q_1 > 0$) は R, T_4, T_5 を用いて表すと [J] である。同様に定積変化 (D→A) の過程で放出する熱量 Q_2 [J] ($Q_2 > 0$) は R, T_3, T_4 を用いて表すと [J] となる。また、1 サイクルの間に、気体が外部にする仕事 W [J] は Q_1 と Q_2 を用いて表すと

[J] である。このサイクルを熱機関とみなし、 $T_3 = 338 \text{ K}$, $T_4 = 520 \text{ K}$, $T_5 = 800 \text{ K}$ とすると熱効率率は

となる。

化学 (問題用紙1) 問題用紙は3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 = $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、標準状態は (0°C , 1気圧)、原子量 $\text{H} = 1.00$, $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Na} = 23.0$, $\text{Mg} = 24.3$, $\log 2 = 0.3$, $\log 3 = 0.5$, $\log 5 = 0.7$

I 次の問(1), 問(2)に答えよ。いずれも、有効数字は2桁とする。

問(1) 下記の7種類の試薬をそれぞれ0.10 mol/Lの濃度で含む水溶液100 mLの入った試薬瓶を用意し、それらにAからGまで順不同でラベルをつけ、実験i)~iv)を行った。以下の設問(a)~(e)に答えよ。

(試薬) アンモニア 塩酸 過酸化水素 (硫酸酸性) シュウ酸
炭酸水素ナトリウム ヨウ化カリウム 硫酸銅 (II)

- (実験) i) A, Bの試薬瓶からそれぞれ10 mLずつピーカーにとり、混合したところ無臭の気体が発生した。
ii) C, Dの試薬瓶からそれぞれ10 mLずつピーカーにとり、混合したところ無臭の気体が発生した。
iii) D, Eの試薬瓶からそれぞれ10 mLずつピーカーにとり、混合したところ褐色の溶液となった。
iv) Fの試薬瓶から10 mL, Gの試薬瓶から100 mLをピーカーにとり、混合したところ深青色の溶液となった。

- (a) 0.10 mol/Lのアンモニア水溶液 100 mLを調製する際に、質量パーセント濃度 25%の市販のアンモニア水 (密度 0.91 g/mL) を何 mL 用いる必要があるか。
(b) i)の実験で発生した気体は何か。また、このときの反応を化学反応式で表わせ。
(c)

(掲載していません)

- (d) iii)の実験で起こる反応を化学反応式で表わせ。
(e) iv)の実験で深青色を呈する生成物のイオンの名称を答えよ。また、このときの反応を化学反応式で表わせ。

問(2) 次の文章を読み、空欄ア~オには適切な数値を、空欄Aには適切な式を、空欄Bには適切な語句を答えよ。

数値を求める際には根拠となる式も解答すること。ただし、弱酸HAの電離定数 K_a は右の式で与えられ、

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

その値は 25°C で $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

1.0 mol/Lの塩酸水溶液を希釈して作成したpH 4.7の水溶液 1 Lを水で2倍に希釈した場合、pHは (ア) となる。また、0.1 mol/Lの弱酸HAを希釈して、pH 4.7の水溶液 1 Lを調製し、これに1.0 mol/Lの塩酸1.0 mLを加えた場合、pHは (イ) となる。これに対して弱酸HAの塩を含む水溶液においては、pHは弱酸HAの $\text{p}K_a$ を用いて、 $\text{pH} = (\text{A})$ のように表される。これによれば、0.10 mol/LのHAの水溶液100 mLに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を (ウ) mL加えた溶液ではpHは4.7となるが、この溶液を水で2倍に希釈した場合、pHは (エ) となる。さらに、この希釈した溶液に1.0 mol/Lの塩酸1.0 mLを加えた場合、pHは (オ) となる。このように弱酸とその塩を含む水溶液には、少量の酸の添加や希釈に対してpH変化を小さく抑える働きがあり、この働きを (B) と呼ぶ。

II 次の問(1), 問(2)に答えよ。いずれも、有効数字は3桁とする。

問(1) 次の文章を読み、以下の設問(a)~(c)に答えよ。

注射器に水200 mLと二酸化炭素を入れ、漏れないようにした。よく振り混ぜた後、全体が 20.0°C になるまでしばらく静置して測定したところ、気体の体積は600 mLであった。液体と気体を均一に保ちながら冷却していったところ、マイナス0.143°Cで液体が凍り始めた。そのとき、気体の体積は389 mLであった。実験中、注射器の圧力は常に1気圧に保たれていた。ここで、水の凝固点は 0.000°C 、モル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ であり、液体の密度は実験全体を通じて 1.00 g/cm^3 であるとする。気体は理想気体として振る舞うものとし、この温度範囲では水の蒸気圧は小さく無視できる。また、水に溶解した二酸化炭素の電離は無視して考えよ。

- (a) 下線部の液体に溶けている二酸化炭素の質量はいくらか。
(b) 冷却過程で水に溶け込んだ二酸化炭素の体積はいくらか。標準状態での値で答えよ。
(c) 20.0°C における二酸化炭素の水への溶解度はいくらか。質量モル濃度で答えよ。

化 学 (問題用紙 2)

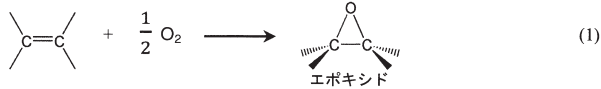
II (つづき)

問(2) フラーレン C_{60} に関する次の文章を読み、以下の設問(a)~(c)に答えよ。

C_{60} は炭素のみからなる球状分子である。図1に示すように、 C_{60} 分子を構成する60個のC原子は、5員環1つと6員環2つが接する頂点に位置し、いずれも3個のC原子と結合している。結合1本あたり2個のC原子が結合するため、 C_{60} 分子には全部で(ア)本の結合がある。 C_{60} 分子には5員環が12面あり、5員環の辺にあたる結合の数は(イ)本である。全部の結合の数からこれを引いた残りの(ウ)本は、6員環同士が接する部分の結合である。このように、 C_{60} 分子には2種類の結合が存在する。6員環同士が接する部分の結合はC=C二重結合の性質をもち、紫外線照射などによって酸素が付加してエポキシド型の酸化物 $C_{60}O$ となる。



図1. C_{60} 分子。

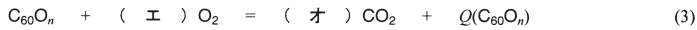


C_{60} 分子にはこのようなC=C二重結合が(ウ)本あり、順次エポキシドに変化して $C_{60}O_n$ のように酸化が進む。

C_{60} が完全燃焼するときの熱化学方程式は次の通りである。燃焼熱は $Q(C_{60}) = 2.67 \times 10^4$ kJ/mol である。



いま、途中まで酸化が進んだ試料の中から、 n 個のO原子が付加した酸化物 $C_{60}O_n$ だけを単離することに成功した。燃焼熱の測定結果は次の熱化学方程式にまとめられた。燃焼熱は $Q(C_{60}O_n) = 2.46 \times 10^4$ kJ/mol であった。



エポキシドはC-C結合1本とC-O結合2本で構成されるものとし、表1の平均結合エネルギーに加成性が成り立つものとして計算せよ。

- (a) (ア)~(ウ)に入る数値をそれぞれ答えよ。
 (b) (エ)と(オ)に入る数値または式をそれぞれ答えよ。
 (c) C_{60} 分子がC-C結合(イ)本とC=C結合(ウ)本からなるとすると、 C_{60} の解離エネルギーはいくらか。
 (d) C_{60} から $C_{60}O_2$ が生成する化学反応の反応熱はいくらか。
 (e) 下線部の酸化物のO原子の数 n はいくらか。また、その酸化物の分子量を計算せよ。

結合1本あたりの平均結合エネルギー (25°C)	kJ/mol
C=C	610
C-C	350
C=O (二酸化炭素)	800
C-O (エポキシド)	360
O=O	500

III 次の問(1), 問(2)に答えよ。

問(1) 糖類に関する次の設問(a)~(c)に答えよ。

- (a) 表2は、代表的な多糖類3種(A, B, C)についてその特徴をまとめたものである。空欄A~Iに適切な語句を入れよ。

表2. 代表的な多糖類の特徴。

多糖類の名称	(A)	(B)	(C)
所在	植物体内で光合成を経て作られる多糖類	動物が摂取した糖類が、肝臓内に蓄えられた多糖類	植物の細胞壁の主成分となっている多糖類
単糖の重合度	数百から数万個の(D)が縮合重合している	多数の(D)が結合しており、分子量は数百万にも達する	数千個以上の(E)が結合した構造をしている
構造的特徴	直鎖状の(F)と枝分かれ状の(G)の混合物	(G)よりも枝分かれの多い構造をもつ	隣り合った(E)の6員環部分が、結合方向に180°回転した形でエーテル結合し、直線状に伸びている
水に対する溶解度	冷水には溶けにくい、熱水には溶けてコロイド状になる	分子量により水に溶けたり、溶けなかったりする	水にはなじむが、熱水には溶けない
ヨウ素デンプン反応	(H)色となる	(I)色となる	示さない

化 学 (問題用紙 3)

III (つづき)

(b) 図2の構造をもつ多糖類Cに無水酢酸(CH₃CO)₂Oと少量の濃硫酸を作用させ、多糖類CのすべてのOH基をアセチル化するとトリアセチル誘導体を得られる。トリアセチル誘導体は有機溶媒に溶けにくい、一部のエステル結合が加水分解したジアセチル誘導体になるとアセトンに溶けるようになる。このアセトン溶液を細孔から暖かい空气中に押し出して乾燥させるとアセテート繊維が得られる。アセテート繊維 123 g を得るために必要な多糖類Cは理論上何 g か。有効数字2桁で答えよ。

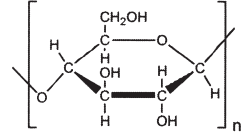


図2. 多糖類Cの構造.

(c) 1分子から3~10個程度の単糖分子を生じる糖類をオリゴ糖と呼ぶ。ここで、オリゴ糖のすべてのOH基をOCH₃基に変化させた後に酸加水分解すると、生成物として部分的にOH基がOCH₃基になった単糖類が得られる。そして、得られた生成物の構造と物質質量から、もとのオリゴ糖を構成する単糖の結合様式を推定することができる。いま、分子量828のオリゴ糖1molのすべてのOH基をOCH₃基に変化させた後に酸加水分解したところ、図3に示す3種類の生成物(J, K, L)が、それぞれJ:2mol, K:1mol, L:2molの物質質量で得られた。この結果から、もとのオリゴ糖を構成する単糖の結合様式として可能性のあるものをすべて書け。なお、結合様式は、生成物J, K, LのOCH₃基がすべてOH基となった単糖類をそれぞれ□, □, □で表し、結合位置を数字で示し、グリコシド結合を—O—で書き、右の例にならって答えよ。

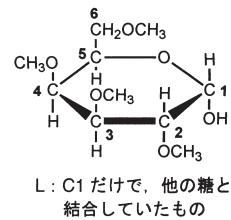
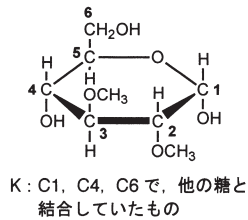
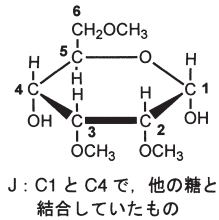
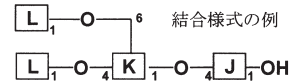
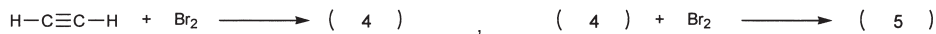
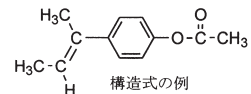


図3. 生成物J, K, Lの構造.

問(2) 塩素原子や臭素原子を含む化合物が生成する反応は、一般に(1)と総称される。その例を次に示した。以下の設問(a)~(d)に答えよ。構造式は右の例にならって示せ。



- (a) (1)にもっとも適切な語句を入れよ。
 (b) (2)~(7)に構造式を入れ、それぞれの化学反応式を完成させよ。なお、アルケンの幾何異性は考えなくともよい。
 (c) (3)を熱分解して得られる化合物の構造式と名称を書け。その化合物を付加重合すると、耐水性・耐薬品性にすぐれ、燃えにくい高分子となる。
 (d) (7)をさらに同様の条件(Cl₂, 鉄粉)で反応させると、防虫剤として用いられる化合物となる。その構造式と名称を書け。

生 物 (問題用紙 1)

＜ 問題用紙は 4 枚 ある ＞

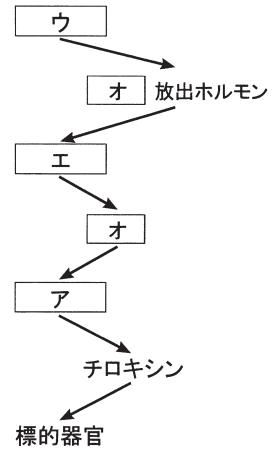
＜ 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。＞

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

生体の恒常性のためには、全身の適切な代謝状態の調節が必要である。[ア] は、気管の前に位置する、代謝状態を調節する上で最も重要な内分泌腺である。[ア] の背面には、① 血中カルシウムイオン濃度を調節するホルモンを分泌する [イ] が存在する。[ア] からのチロキシンの分泌は、右の図のように [ウ] と [エ] からの上位支配を受けており、[オ] 放出ホルモンは神経細胞から [カ] により血中に分泌される。[オ] 放出ホルモンにより、[エ] からの [オ] の分泌が刺激される。これにより放出された [オ] は、[ア] におけるチロキシンの合成・分泌過程を促進させる。② チロキシンの血中濃度が低下すると、チロキシンによる上位調節器官への [キ] のフィードバックが解除され、[オ] の産生・分泌が増加する。

チロキシンは、③ 脂溶性ホルモンで、標的細胞に作用する際に、[ク] に存在する受容体に結合し、④ 遺伝子発現量を変えることにより、細胞の活性や機能を調節する。チロキシンの心臓への作用は、⑤ 交感神経刺激に対する心臓の感受性を上げることにより、心収縮力や [ケ] を増加させることである。また、チロキシンは腸管からの [コ] の吸収を亢進させることにより、⑥ 血糖を増加させる。



問 1. 文章中の [ア] ～ [コ] 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の血中カルシウムイオン濃度の調節について、体内でカルシウムを最も豊富に貯蔵し、[イ] から分泌されるホルモンの標的器官となるものは何か。

問 3. 下線部②とは逆に、チロキシンの血中濃度が増加すると、[オ] はどうなるか。

問 4. 下線部③に対して、水溶性ホルモンの受容体は、細胞のどの部位に存在するか。

問 5. 下線部④で、遺伝子発現量を変えるために、ホルモンと受容体の複合体が結合するDNAの部位は、一般に何と呼ばれるか。

問 6. 下線部⑤について、次の表の各列で、交感神経の作用として正しい方をそれぞれ選び、解答欄に記号で答えよ。

瞳孔	気管支	腸ぜん動	排尿
a. 拡大	a. 収縮	a. 促進	a. 促進
b. 縮小	b. 拡張	b. 抑制	b. 抑制

問 7. 下線部⑥について、血糖が増加した時に、すい臓から分泌されることにより血糖を低下させるホルモンは何か。

問 8. 問7の答えとなるホルモンが、肝臓での糖代謝に及ぼす作用を40字以内で答えよ。

問 9. 低血糖時に血糖を回復させるために分泌が促進されるホルモンを、糖質コルチコイド以外に二つ挙げよ。

問 10. チロキシンが増加した状態では、心拍出量 (一分間に心臓から送り出される血液の量) はどのようになるか。また、静脈から心臓に戻ってくる血液量はどのようになるか。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 2)

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの脳は左右の半球に分かれていて、二つの半球は [ア] でつながっている。大脳の外側の皮質は、ニューロンの [イ] が集まっていて、[ウ] とも呼ばれる。大脳皮質は、表面の大部分を占める [エ] 皮質と、内部にある古皮質や旧皮質を含む [オ] 皮質からなる。[エ] 皮質には、視覚や聴覚などの感覚中枢や随意運動の中枢、認知や判断などの高度な精神活動の中枢である [カ] などが存在する。[オ] 皮質には、欲求や [キ] に基づく行動の中枢や海馬が含まれる。

ネズミを用いて、次のような実験を行った。周囲に目印のある大型の円形容器に濁った水を満たして、水面からは見えないように、ネズミがやっと乗れる程度の小さな台を水中に一つ置いた。その容器内にネズミを放して泳がせ、水中の台にたどり着くように訓練した。① 最初は長い時間あちこち泳ぎ続けた後に、偶然に台へ到着したが、繰り返し泳がせていると、ネズミを容器内のどこに放しても、直線的に台に到着できるようになった。しかし、海馬を損傷したネズミでは、同じように繰り返し泳がせても、このような学習が成立しなかった。

さらに、ネズミの海馬に、シナプス接続している二つのニューロンを同定し、シナプス前ニューロンに電気刺激を与え、その刺激に対するシナプス後ニューロンの膜電位変化を測定する実験を行った。シナプス前ニューロンに単発の電気刺激を与えると、シナプス後ニューロンに脱分極が起こった。電気刺激により発生した [ク] が、シナプス前ニューロンの [ケ] に伝わって、[ケ] の [コ] から神経伝達物質が放出され、その神経伝達物質がシナプス後ニューロンの受容体に結合することで、膜電位が変化したと推察された。このシナプス前ニューロンに、高頻度の連続した電気刺激を短時間加えた。その後、シナプス前ニューロンに初めと同じ単発の電気刺激を与えたところ、② このシナプスでは伝達効率が增大していることが示された。この伝達効率の増大は、高頻度刺激以後、数時間以上持続した。

- 問 1. 文章中の [ア] ~ [コ] 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のような学習を一般に何と呼ぶか。
- 問 3. 長く続くシナプスの伝達効率の増大を、一般に何と呼ぶか。
- 問 4. 下線部②のシナプスの伝達効率の増大は、どのような実験結果によって示されたか。25字以内で述べよ。
- 問 5. 下線部②のシナプスの伝達効率の増大は、どのようなしくみで生じたか。50字以内で述べよ。
- 問 6. 上述したネズミの学習実験とニューロンの膜電位測定実験から、海馬のはたらきを推察し、50字以内で述べよ。

III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

獲得免疫反応を担うT細胞の表面には、[ア] と呼ばれる受容体膜タンパク質が存在する。[ア] には、[イ] が産生し、細胞から離れて血液や粘液中に存在する [ウ] 分子と同じように [エ] と [オ] があり、[オ] は細胞膜を貫いている。[ウ] の [エ] が直接異物と結合するのに対し、[ア] は自己細胞表面の [カ] と、これに結合したタンパク質の断片から成る複合体を認識する。

[カ] には、細胞内に存在するタンパク質分子が分解されて生じた断片が結合している。自己細胞を構成するタンパク質が分解されてできた断片を結合した [カ] は、同じ体内のT細胞が持つ [ア] によって認識されることはない。一方、ウイルスに感染した細胞内では、ウイルスの遺伝子産物であるタンパク質が合成されており、その断片を結合した [カ] を認識する [ア] が存在するため、ウイルス感染細胞は活性化したT細胞によって破壊される。

[カ] は、赤血球を除く体内のほとんど全ての細胞の表面に結合して存在している。しかし、[カ] 自体もタンパク質であるから、細胞の内部で合成され、細胞の表面に運ばれなければならない。細胞の外へと分泌されるタンパク質や、細胞の表面に結合して存在するタンパク質は、[キ] 小胞体上の [ク] で合成され、小胞体の内側に取り込まれて小胞に包まれ、扁平な袋状構造が数層重なった [ケ] へと送られる。[ケ] を経たタンパク質は再び小胞に包まれて運ばれ、この小胞が細胞膜と融合することで、細胞表面に出たり、細胞外に分泌されたりする。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

(Ⅲの続き)

細胞の外に出るタンパク質を合成する [ク] は、最初から [キ] 小胞体に結合しているわけではない。細胞質内に遊離した [ク] で翻訳が始まった時、ポリペプチドの末端にある [コ] 配列がまず合成される。[コ] 配列にこれを認識した [コ] 認識粒子 (SRP) と呼ばれるタンパク質が結合すると、翻訳はいったん中断し、SRPが小胞体膜の受容体に結合することによって、タンパク質を合成し始めた [ク] が小胞体膜に移動する。[コ] 配列がSRPから離れて小胞体膜にある小孔を貫通し、小胞体内に移動するとともに翻訳が再開され、続いて合成されたポリペプチドは、順次小胞体内に押し込まれる。[カ] のようなタンパク質は、一本の糸状のポリペプチドのままで機能するわけではなく、部分的に ① らせん状の構造や、 ② びょうぶのように折れ曲がった板状の構造をとり、さらに ③ それらが折り重なって立体的な構造を形成する。 タンパク質が正しく立体構造を作ることが出来るよう、細胞内には ④ ポリペプチドの立体的な折りたたみを助けるタンパク質もある。

問 1. 文章中の [ア] ~ [コ] 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と②の構造は、それぞれ何と呼ばれるか。

問 3. 下線部③のように、下線部①や下線部②の構造が折り重なることで、一つのタンパク質分子が全体としてとる立体的な構造を、一般に何と呼ぶか。

問 4. 下線部④のような働きをするタンパク質を、一般に何と呼ぶか。

問 5. T細胞は、細胞内で合成されたタンパク質が分解されて生じた断片(短いペプチド)が、[カ] に結合したものを認識する。細胞質で機能するタンパク質や、ウイルス感染細胞で合成され、ウイルス粒子の内部を構成するタンパク質は、[コ] 配列を持たず、そのまま小胞体内部に送り込まれることはない。細胞質のタンパク質が分解されて生じた断片が [カ] に結合するためには、どのようなしくみが必要か。60字以内で答えよ。

問 6. 細胞表面に出ている [カ] には、必ず細胞内に存在するタンパク質の断片が結合しており、タンパク質断片が結合していない「裸の」[カ] が細胞表面に存在することはない。鼻や気管などの粘膜や皮膚の表面を覆う上皮細胞で、いろいろな細胞小器官に存在する [カ] を調べて見ると、[キ] 小胞体の内側に存在する翻訳が終わったばかりの [カ] にはタンパク質断片は結合しておらず、[ケ] へと送られる段階では既にタンパク質断片が結合していることがわかった。タンパク質断片が結合しないと [カ] が [ケ] に運ばれないのは、どのようなしくみによると考えられるか。75字以内で答えよ。

IV.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

奈良の東大寺大仏殿には、八本肢の変ったチョウの像がある。青銅で作られたこのチョウの像では、第一腹部体節が肢のある胸部体節に転換している。このような例は、ショウジョウバエでよく研究され、平均こん(退化した後翅)が翅に変化して4枚翅になる変異、あるいは頭部の触角が肢になる変異が知られている。このような変異の原因となる遺伝子を [ア] 遺伝子といい、その多くは [イ] の情報をコードする。[ア] 遺伝子は発生過程の特定の時期に、体軸に沿った特定の領域で発現し、それぞれの領域に特有の器官が形成される際に、中心的な役割を担っている。ショウジョウバエでは8個の遺伝子が、二つのブロック ([ウ] 複合体と [エ] 複合体) に分かれて1本の染色体(第3染色体)上にある。ショウジョウバエの [ア] 遺伝子と相同な遺伝子は、ほとんどすべての動物に見出されており、ショウジョウバエのものも含めて [オ] 群と総称されている。

[ア] 遺伝子には、[カ] と呼ばれる [キ] 塩基対からなる相同性の高い塩基配列があり、タンパク質中の [ク] と呼ばれる60個の [ケ] からなる部分をコードする。

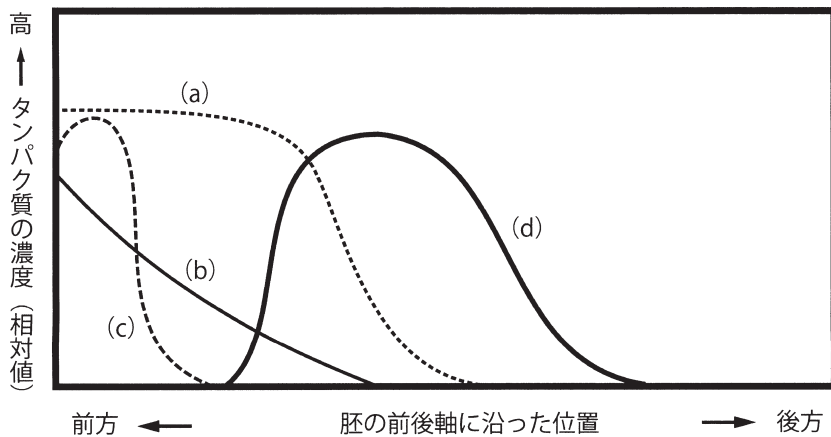
ショウジョウバエの卵は、受精後1日ほどで高度に組織化され分節化された、運動性のある幼虫になる。発生の進行とともに、胚の特定の領域で [ア] 遺伝子が発現するようになる。胚と幼虫に特有な前後軸に沿ったパターン形成には、数十の遺伝子とそれらの産物が関わっており、これらは胚のどの領域に影響を与えるかによって ① 五つのクラス([コ] ・ギャップ遺伝子群・ペアルール遺伝子群・セグメントポラリティー遺伝子群・ [ア] 遺伝子群) に分類される。これら五つのクラスの各遺伝子群は、胚が次第により細かく分節化されるそれぞれの過程に対応している。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 4)

(IVの続き)

胚の前後軸は卵形成の過程ですでに決定されており、^②受精前の卵の前部と後部には、それぞれ決まった種類の物質が局在している。胚の発生の進行とともにそれぞれが サ され、その産物が胚の中で濃度勾配を作って分布するようになる。
^③これらとは別に、もともと卵の中で均等に分布していた二つの物質が、上の サ によって生じた産物による濃度勾配に応じた調節を受け、胚の中で特定の濃度勾配を作って分布するようになる。さらに胚発生が進むと、いろいろなタンパク質による調節を受け、胚の決まった領域に特定の遺伝子、たとえば ^④イーブンスキップ遺伝子が、7本の縞状に発現するようになる。下の図は、7本の縞のうち、前端から第2番目の縞でイーブンスキップ遺伝子の発現調節に関わる4種類のタンパク質 (a～d) について、胚のある領域における濃度分布を描いたものである。



- 問 1. 文章中の ア ～ サ 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. 下線部②の、前部と後部にそれぞれ局在する物質の名称を答えよ。
- 問 3. 下線部③の二つの物質の名称を答えよ。
- 問 4. 下線部④のイーブンスキップ遺伝子は、下線部①の五つのクラスのうちどれに属する遺伝子か。名称を答えよ。
- 問 5. 図中のタンパク質 (a) と (b) の名称を答えよ。
- 問 6. 図中のタンパク質 (c) と (d) の遺伝子は、下線部①の五つのクラスのうちどれに属する遺伝子か。名称を答えよ。
- 問 7. 図中のタンパク質 (a) は、もともと卵の中で均等に分布していた物質の一つに由来する。このタンパク質 (a) の分布が、図に示されるように変化した理由を、70字以内で説明せよ。
- 問 8. 7本の縞のうち、前端から第2番目の縞のイーブンスキップ遺伝子の発現は、図中のタンパク質 (a) と (b) によって活性化され、タンパク質 (c) と (d) によって抑制される。解答欄の図に、イーブンスキップタンパク質の濃度分布を描け。

(以上)