

## 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  ~  に適切な式や値を入れよ。

回転する針金と穴のあいた質量  $m$  の小球がある。小球は針金に通されており、針金に沿って動くことができる。図のように針金とともに回転する鉛直面を  $xy$  平面とする。針金は

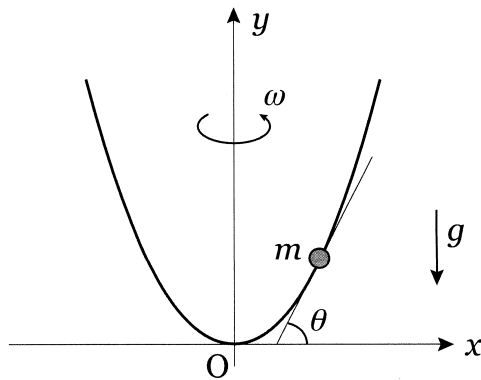
$$y = \frac{1}{2}bx^2 \quad (b > 0)$$

の放物線の形をしており、 $y$  軸を中心として角速度  $\omega$  で回転している。ただし、針金は変形しないものとする。また、重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視できるものとする。必要ならば

$$1 + \tan^2 \theta = \frac{1}{\cos^2 \theta}$$

を使ってもよい。

以下、小球に働く力のつり合いや小球の運動を、針金とともに回転する観測者として考える。



図

(1) 針金と小球の間に摩擦がない場合を考える。小球の位置での針金の接線と  $x$  軸のなす角度を  $\theta$  とし、小球に働く接線方向と垂直方向の力を考える。小球の接線方向の加速度(上向きを正とする)を  $a$ 、小球に働く垂直抗力の大きさを  $N$  とすると、小球に働く力の接線方向の関係から  $ma =$  , 垂直方向の関係から  $N =$   がそれぞれ得られる。

$\theta$  と  $x$  の関係は、 $\tan \theta =$  ,  $\sin \theta =$  ,  $\cos \theta =$   となる。小球が止まっているとき、角速度  $\omega$  は  である。また、このときの小球に働く垂直抗力  $N$  の大きさは  となる。

(2) 針金と小球の間に摩擦がなく、小球が原点  $O$  を中心とする振幅の小さな単振動をする場合を考える。小球に働く接線方向の関係式  $ma =$   と  $\tan \theta =$   を用いて、この単振動の周期は  と求められる。ただし、ここでは  $\sin \theta \cong \theta$ ,  $\cos \theta \cong 1$ ,  $\tan \theta \cong \theta$  が成り立つものとする。

(3) 針金と小球の間に摩擦がある場合を考える。静止摩擦係数を  $\mu$  ( $0 < \mu < 1$ ) とする。いま、 $\mu < \tan \theta < \frac{1}{\mu}$  となるような  $x$  の位置  $x_0$  に小球が止まっているとする。角速度  $\omega$  を徐々に変えた場合、小球が上向きに動き始めるときの角速度  $\omega$  は  で、下向きに動き始めるときの角速度  $\omega$  は  となる。ただし、 と  は  $x_0$  を用いて表せ。

## 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  ～  に適切な式や値、文章を入れよ。ただし、 は解答欄の図に記入せよ。

図1のように、 $y$  軸の正の方向に磁束密度の大きさ  $B$  [T] の一様な磁場があり、その中で回転する長方形のコイル ABCD について考えよう。AB と CD の長さは  $a$  [m]、BC と AD の長さは  $b$  [m]、コイルの抵抗は  $R$  [ $\Omega$ ] である。コイル ABCD は、AD の中点 M と BC の中点 N を通る  $z$  軸を回転軸として、一定の角速度  $\omega$  [rad/s] で回転している。図2は  $z$  軸の正の向きから負の向きを見た図である。時刻  $t$  [s] のとき、コイル ABCD と  $x$  軸のなす角が  $\omega t$  [rad] (図2) で記述されるとしよう。

(1) まず、コイルの自己インダクタンス  $L$  [H] は0と仮定して考える。時刻  $t$  [s] でコイル ABCD を貫く磁束は  [Wb] である。このとき電磁誘導の法則からコイルに起電力が生じ、ABCD の向きを正としたとき時刻  $t$  [s] に電流  [A] が流れる。よって、抵抗で消費される電力  $P_0$  [W] の時間平均  $\bar{P}_0$  [W] は  [W] である。

AB に流れる電流は磁場から力を受ける。時刻  $t$  [s] (図2の配置) に受ける力の向きを点 B を始点として解答欄  に矢印で記入せよ。また、その力の大きさは  [N] である。この力に逆らってコイル ABCD 全体を角速度  $\omega$  [rad/s] で一定に回転させるためには、力と反対方向に外力をかける必要がある。AB、CD の両方を考慮して外力全体による仕事率  $P_1$  [W] の時間平均  $\bar{P}_1$  [W] は  [W] と計算される。

(2) つぎに、コイル ABCD の自己インダクタンス  $L$  [H] ( $\neq 0$ ) を考慮して同じ問題を考える。そのときコイル ABCD は、図3のような起電力、抵抗  $R$  [ $\Omega$ ]、自己インダクタンス  $L$  [H] からなる回路と見なすことができる。時刻  $t$  [s] に  $i(t) = I \sin(\omega t - \phi)$  [A] がこの回路を流れると仮定すると、キルヒホッフの第2法則より方程式

を得る。これを解くと、 $I =$   [A]、 $\tan \phi =$   がわかる。これらを用いると、抵抗で消費される電力  $P_2$  [W] の時間平均  $\bar{P}_2$  [W] は  [W] と計算される。また、この回路における電流の実効値を  $I_e$  [A]、電圧の実効値を  $V_e$  [V] とすると、力率は

$$\text{力率} = \frac{\bar{P}_2}{I_e V_e}$$

と定義される。いま、力率が  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  の値をとるとき、 $\phi =$   [rad] となる。

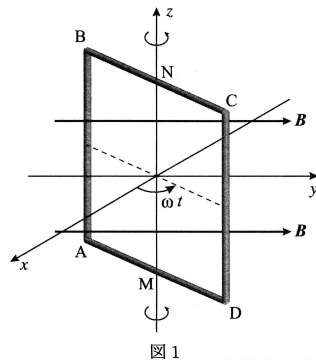


図1

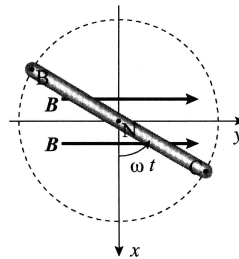


図2

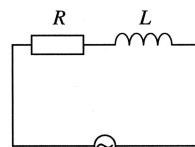


図3

# 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  ~  に適切な表式や値を入れよ。ただし, ,  は解答欄の図に記入せよ。

図1のようなシリンダー内に1 molの単原子分子の理想気体が入っている。シリンダーは断熱材でおおわれているが、底の部分だけは外部との熱のやりとりができる。この気体について等温膨張、断熱膨張、等温圧縮、断熱圧縮の4つの過程からなるサイクルを考えよう。等温過程ではシリンダーの底に温度  $T_H$  [K] の高温の熱源または温度  $T_L$  [K] の低温の熱源を接触させる。一方、断熱過程ではシリンダーの底に断熱材を接触させる。図2はこのサイクル ABCD 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<sup>3</sup>]、縦軸は圧力  $P$  [Pa] である。

一般に次のことが知られている。温度  $T$  [K] で1 molの理想気体が体積  $V_0$  [m<sup>3</sup>] から  $V_1$  [m<sup>3</sup>] まで等温膨張したとき、気体が外部にした仕事は  $RT \log \frac{V_1}{V_0}$  [J] になる。ただし、 $R$  [J/(mol·K)] は気体定数、 $\log$  は自然対数である。

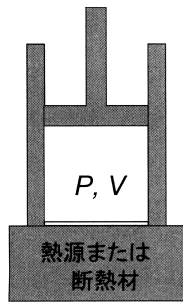


図1

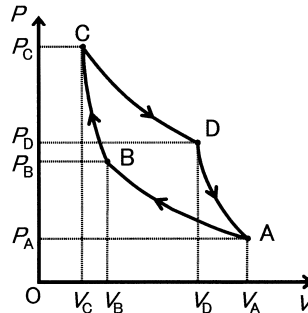


図2

(1) 図2のサイクル ABCD について、横軸に体積  $V$  [m<sup>3</sup>]、縦軸に温度  $T$  [K] で描き直すと  の図となる。

気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U > 0$  となる過程は、 (A→B, B→C, C→D, D→A から選べ) であり、 $\Delta U =$   [J] である。この過程では、熱源から吸収した熱量は  [J] であり、気体が外部にした仕事は  [J] である。

(2) 等温膨張過程で気体が外部にした仕事  $W$  [J] に等しい面積を図2の中に斜線で表すと  の図となる。この過程で気体が高温の熱源から吸収した熱量  $Q$  [J] を気体の体積を使って表すと  [J] となる。

(3) このサイクルで気体が外部にした正味の仕事を気体の体積を使って表すと  [J] となる。したがって、このサイクルの熱効率

$$e = \frac{\text{input type="text" value="8"}}{\text{input type="text" value="7}}$$

と表すことができる。

一般に断熱過程では  $TV^{\gamma-1}$  が一定になることが知られている。単原子分子理想気体の場合、 $\gamma = \frac{5}{3}$  である。この関係を用いると、熱効率は  $e =$   のように熱源の温度のみで書き表すことができる。

いま、100°C の高温の熱源と 20°C の低温の熱源を用いた上記のサイクルを考えると、熱効率  $e$  の値は  (有効数字2桁) と求められる。

# 化 学 (問題用紙 1) 問題用紙は 3 枚

必要があれば次の値を使用せよ。標準状態 (0°C, 1気圧) での気体 1 mol の体積 22.4 L, 原子量 H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0

I 次の問(1), 問(2)に答えよ。

問(1) 以下の(a)~(d)の気体の発生を伴う化学反応に関する記述において, 空欄 (ア) ~ (シ) に適切な語句や数値を入れるとともに, その化学反応式をかけ。ただし, (イ), (エ), (ク), (サ) には気体の名称を答えよ。

- (a) (ア) カリウムは無色の結晶で, 酸化マンガン (IV) を触媒として加えて 400°C ぐらいに加熱すると (イ) が発生する。このとき, 塩素原子の酸化数は +5 から (ウ) に変化する。
- (b) 硫酸酸性下のシュウ酸水溶液に二クロム酸カリウム水溶液を加えると (エ) が発生する。このとき, (オ) 原子の酸化数が (カ) から +4 に変化する。
- (c) (キ) ナトリウムの水溶液に塩酸を加えると (ク) が発生する。このとき, 塩素原子の酸化数は (ケ) から 0 に変化するものと, -1 から 0 に変化するものがある。
- (d) (コ) 硝酸と銅を反応させると無色の (サ) が発生する。このとき, 窒素原子の酸化数は +5 から (シ) に変化する。

問(2) 滴定に関する以下の設問(a)~(d)に答えよ。答えの有効数字は3桁とする。

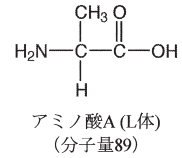
- (a) 0.100 mol/L 酢酸水溶液 100 mL に 0.050 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液を加え, 混合した。この溶液 15.0 mL をフェノールフタレインを指示薬として 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ 13.5 mL で終点となった。加えた酢酸ナトリウム水溶液は何 mL か。ただし, 混合溶液の体積は, もとの溶液の体積の和で表されるものとする。
- (b) ある量のアンモニアを 0.100 mol/L 塩酸水溶液 100 mL に完全に吸収させた後, この溶液 15.0 mL をメチルオレンジを指示薬として 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ, 10.2 mL で終点となった。吸収させたアンモニアの体積は標準状態で何 mL か。ただし, アンモニアの吸収に伴う溶液の体積変化は考慮しなくてよい。
- (c) 0.100 mol/L 塩酸水溶液 100 mL に無水酢酸(CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>Oを加えて溶解させた。この溶液 15.0 mL をフェノールフタレインを指示薬として 0.100 mol/L 水酸化カリウム水溶液で滴定したところ, 18.6 mL で終点となった。加えた無水酢酸の重さは何 g か。ただし, 無水酢酸の溶解に伴う溶液の体積変化は考慮しなくてよい。
- (d) 炭酸ナトリウムに炭酸水素ナトリウムを一定の割合で混合した。この混合物 0.250 g を水に溶かしフェノールフタレインを指示薬として 0.100 mol/L 塩酸で滴定したところ, 終点までに 21.5 mL を要した。次に, この混合物 0.200 g を水に溶かしメチルオレンジを指示薬として同様に滴定したところ, 終点までに 36.5 mL を要した。この混合物中の炭酸ナトリウムの質量パーセント濃度は何%か。



# 化 学 (問題用紙 2)

II 次の文章を読み、以下の設問(a)~(j)に答えよ。

天然に存在するアミノ酸A(図1)は分子内に酸性を示すカルボキシ基と塩基性を示すアミノ基をあわせもち、以下の式(1)、(2)に示す2つの電離平衡によって水溶液中では陽イオンA<sup>+</sup>、分子内で電荷が分離した(ア)A<sup>±</sup>、または、陰イオンA<sup>-</sup>として存在する。平衡組成は水素イオン濃度[H<sup>+</sup>]によって変化し、(イ)陽イオンと陰イオンの濃度が等しくなる条件では大半がA<sup>±</sup>として存在する。このときの水素イオン指数pHをアミノ酸Aの(エ)という。アミノ酸Aの2つの電離定数K<sub>1</sub>とK<sub>2</sub>を表1に示す。



アミノ酸	A	B
K <sub>1</sub>	10 <sup>-2.3</sup>	10 <sup>-2.0</sup>
K <sub>2</sub>	10 <sup>-9.7</sup>	10 <sup>-10.6</sup>
K <sub>1</sub> ' (C末端)*	10 <sup>-3.4</sup>	10 <sup>-3.0</sup>
K <sub>2</sub> ' (N末端)*	10 <sup>-8.0</sup>	10 <sup>-9.4</sup>

\*アミノ酸A, Bが三量体の末端にあるとき

$$(1) \quad A^+ \rightleftharpoons A^\pm + H^+, \quad K_1 = \frac{[A^\pm][H^+]}{[A^+]}$$

$$(2) \quad A^\pm \rightleftharpoons A^- + H^+, \quad K_2 = \frac{[A^-][H^+]}{[A^\pm]}$$

寒天状のゲルに空間的なpH勾配を保つ処理を施し、これにアミノ酸Aの水溶液を含ませて両端に電圧をかけると、pHの低い場所のA<sup>+</sup>は陰極に、高い場所のA<sup>-</sup>は陽極に向かって移動を開始する。この現象を(ウ)という。これらはpHが(イ)と一致する位置に達したところで正味の電荷をもたないA<sup>±</sup>に変化して移動しなくなる

ため、最終的にアミノ酸Aはすべてその位置に集まる。別の天然のアミノ酸B(図1)も2つの電離平衡を示すが、表1の電離定数K<sub>1</sub>とK<sub>2</sub>の違いからわかるように、アミノ酸Aとは(エ)が異なるため、AとBの混合物を含むゲルの両端に電圧をかけると2種類のアミノ酸はそれぞれ異なる位置に集まる。それゆえ、移動に十分な時間が経過した後に染色によってゲル中のアミノ酸を検出すると、図2に示すようにAとBが着色した2本のバンドとして現れる。

次に、アミノ酸A, Bがもつ(ロ)カルボキシ基とアミノ基(アミノ酸BのNH基を含む)の脱水縮合によって生じる三量体を考える。いま、アミノ酸Aが2分子とアミノ酸Bが1分子からなる三量体の分子配列をN末端から順に記述すると、A-A-B、(エ)、(オ)の3種類が可能である。これらの混合物を含むゲルの両端に電圧をかけたところ、図3のように(イ)陽極に近い側からX, Y, Zの3本のバンドに分離した。一方、三量体を構成するAとBの比が決まっていなかった場合には、3分子ともAの場合や3分子ともBの場合まで含めると、可能な分子配列は(カ)種類ある。(4)アミノ酸AとBで構成される

可能な三量体をすべて含む混合物で実験をした場合、ゲルに現れるバンドの数は(キ)本になると予想される。ただし、三量体において分子間の結合に使われずに残っているカルボキシ基(C末端)とアミノ基(N末端)の電離定数K<sub>1</sub>', K<sub>2</sub>'は、表1に示すように、もとのアミノ酸AとBの電離定数K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>とは値が異なる。また、三量体の電離定数K<sub>1</sub>', K<sub>2</sub>'は分子配列によらず一定であると、三量体の(イ)は表1の電離定数K<sub>1</sub>', K<sub>2</sub>'の組み合わせのみで決まるものとして考えよ。



図2

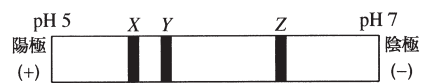


図3

- (ア)~(キ)にあてはまる適切な語句や記号または数値を答えよ。
- アミノ酸の検出に使われる呈色反応の名称を答えよ。
- アミノ酸Aについて、A<sup>+</sup>, A<sup>±</sup>, A<sup>-</sup>の構造式を示せ。
- 下線部(1)の条件での[H<sup>+</sup>]を、K<sub>1</sub>とK<sub>2</sub>を用いた式で表せ。
- 下線部(1)の条件でのpHを、pK<sub>1</sub>とpK<sub>2</sub>を用いた式で表せ。ただし、pK<sub>1</sub> = -log<sub>10</sub> K<sub>1</sub>, pK<sub>2</sub> = -log<sub>10</sub> K<sub>2</sub>とする。
- 下線部(1)の条件でのpHは、アミノ酸AとBについてそれぞれいくらか。小数点第1位まで求めよ。
- 下線部(2)に関連して、アミノ酸分子同士が脱水縮合して生じるアミド結合を何と呼ぶか。
- 下線部(3)の位置Zに集まる三量体の構造式を、分子内で電荷が分離した形式で示せ。
- 下線部(4)の実験で、陰極に最も近い位置に集まる三量体の分子量はいくらか。2種類以上の三量体が同じ位置に重なる場合は、それらの分子量をすべて挙げよ。
- 下線部(4)の実験で、分子量が最も大きい三量体が集まる位置のpHはいくらになると予想されるか。小数点第1位まで求めよ。

# 化 学 (問題用紙 3)

Ⅲ 次の問(1), 問(2)に答えよ。

問(1) 核酸に関する次の文章を読み, 以下の設問(a), (b)に答えよ。

核酸はすべての生物に存在し, 遺伝情報を次の世代に伝え, [ 1 ] の合成に関与する有機化合物である。核酸には [ 2 ] (DNA)と [ 3 ] (RNA)とがある。核酸は, 塩基が結合した糖とリン酸を含むヌクレオチドを構造単位としてこれが重合したものである。

二本の鎖状のDNAは, 一方の鎖中の塩基と他方の鎖中の塩基との間で水素結合を形成して, 網のように互いに巻きあわされた [ 4 ] 構造をとっている。このとき, 水素結合を形成する塩基の対は決まっている。すなわち, 図1に示すように, DNA分子の塩基にはアデニン (A), チミン (T), グアニン (G), シトシン (C) の4種類があるが, AとTおよびGとCが, それぞれ複数の水素結合により塩基対を構成する。なお, 図1の各塩基の  $\boxed{\text{N-H}}$  の部分は, この位置で糖の1位の-OH基と脱水縮合していることを表している。

(a) [ 1 ] ~ [ 4 ] にもっとも適切な語句を入れよ。

(b) AとTおよびGとCの塩基対を適切な配置で描き, 塩基間に形成される水素結合を…で表せ。その際, 塩基の構造に  $\boxed{\text{N-H}}$  の位置を図示せよ。

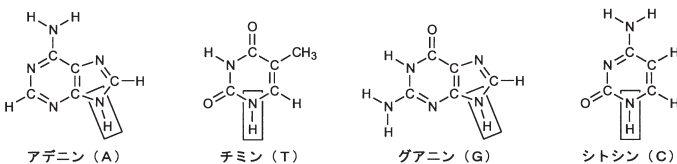
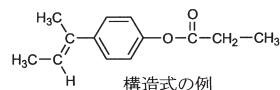


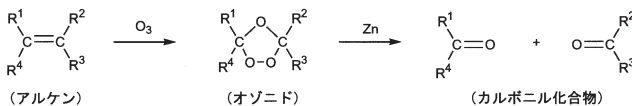
図1 塩基の構造

問(2) 次の設問(a)~(d)に答えよ。有機化合物の構造式は右の例にならって示せ。

(a) 炭素と水素からなる有機化合物A 4.20 mg を完全燃焼させたと, 二酸化炭素が13.17 mg, 水が5.46 mg得られた。また, この化合物Aの分子量は98であった。化合物Aの組成式および分子式を求めよ。



(b) 化合物Aの分子構造を調べるためにオゾン分解反応を行った。オゾン分解反応とは, 図2に示すように, アルケンに酸化剤のオゾン $\text{O}_3$ を作用させ, オゾニドとよばれる不安定な物質を生成し, これを亜鉛などの還元剤で処理して2種類のカルボニル化合物を得る反応である。その結果, 図3の反応経路に示す通り, 化合物Aから炭素数4個のケトンBと炭素数3個のアルデヒドCが生成した。化合物Aの可能な構造式をすべて示せ。また, ケトンBおよびアルデヒドCの構造式を示せ。



(c) ケトンBのヨードホルム反応を行ったところ, 化合物Dのナトリウム塩が得られた。一方, アルデヒドCの銀鏡反応を行ったところ, 化合物Dのアンモニウム塩が得られた。化合物Dの構造式を示せ。

(d) ケトンBの還元反応を行ったところ, 化合物Eが得られた。次に, その化合物Eの分子間脱水反応を行ったところ, 化合物Fが得られた。さらに, 化合物Eの分子内脱水反応を行ったところ, 化合物Gが得られた。化合物Eおよび化合物Fの構造式を示せ。また, 化合物Gの可能な構造式をすべて示せ。

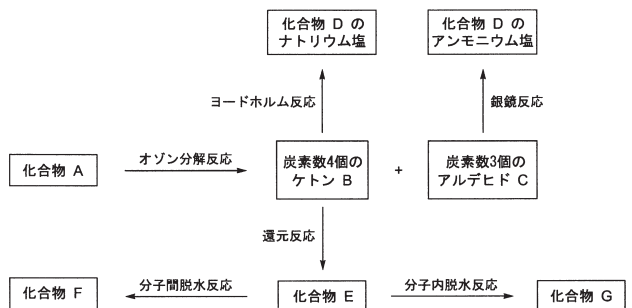


図3 化合物Aの反応経路

# 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。

Rudolf Virchowが著作の中で述べた「動物は動物から、植物は植物からしか生じないように、細胞は必ず細胞から生じる」という言葉は、生命の連続性と普遍性を端的に言い表している。

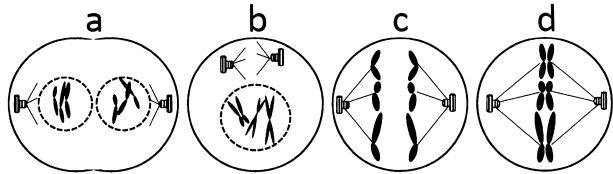
一つの真核細胞が増殖する際には、決まった順序で起こる一連の過程により自身を倍加し、二つの細胞に分裂する。この繰り返しを「ア」と呼び、細胞はこの間に遺伝情報を複製し、娘細胞に伝える。「ア」の中でDNAの複製が起こる時期をS期、染色体が現れて「イ」分裂が起こる時期をM期、M期とS期の間をG1期、S期とM期の間をG2期と呼び、M期以外の時期をまとめて「ウ」期と呼ぶ。

全てのDNAと細胞小器官が複製され、分裂が正しい順序で行われるために、細胞はそれらを調節する仕組みを備えている。例えば、① DNAに損傷があればチェックポイント機構が働き、「ア」をG1期で一旦停止させ、DNAを修復した後にS期に入る。② DNAの複製は、「エ」と呼ばれる染色体上の特別な場所から始まる。

動物細胞では、染色体の移動に必要な微小管は「オ」の周辺から伸び出し、これがそれぞれの染色体上の「カ」に結合することで、「キ」が形成される。染色体の移動は、微小管が両端で「ク」されて短くなり、「カ」が極方向へ引かれることにより引き起こされる。また、極近くの細胞膜に結合した「ケ」が「オ」を細胞膜に引きつけるように働く。細胞質分裂では「コ」フィラメントと「サ」から成る収縮環が形成され、この働きにより細胞質が分離する。

問 1. 文章中の「ア」～「サ」に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. M期は、核または染色体の状態により、4つの時期に分けることができる。右の図はM期の各期の様子を模式的に示している。4つの時期の名称をその進行順に解答欄の左から右に記入し、それぞれの時期に対応する図を右の a～d より選び、記号で答えよ。



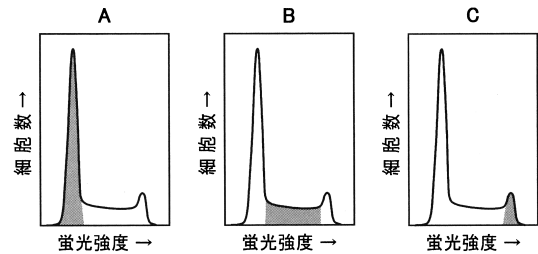
問 3. 下線部①で述べたチェックポイント機構が働かず、DNAの損傷が修復される前

にS期に入った場合、細胞死が起こる以外にどのような不都合が起こると考えられるか。次の5つの語句を全て用いて、50字以内で答えよ。なお、それぞれの語句は複数回使用して構わない。

DNA 損傷 細胞分裂 変異 複製

問 4. 下線部②に関して、DNAの複製は染色体上の「エ」から始まり、両方向にほぼ同じ速度で進行する。ある細胞が全長のDNAを15時間で複製するためには、1細胞当たり最低いくつの「エ」が必要か。ただし、DNAの複製速度は毎秒100ヌクレオチドであり、細胞には母親由来と父親由来それぞれ  $3 \times 10^9$  bp (塩基対) のゲノムDNAが、1対含まれるものとする。

問 5. 増殖中の細胞集団から細胞を採取し、DNAと結合すると蛍光を発する色素で染色すると、個々の細胞の蛍光強度は細胞内のDNA量を直接反映する。フローサイトメーターを用いて多数の細胞の蛍光強度を測定したところ、特定の蛍光強度を示す細胞の数は右図のようになった。S期、M期、G1期、G2期の細胞はそれぞれ、図A～Cに灰色で示されたどの細胞集団に含まれるか。解答欄に図の記号で答えよ。



培養中の細胞集団から1000個の細胞を取り出すと、

50個はM期の細胞であった。また、図A、B、Cの灰色で示された部分の面積比を測定するとA : B : C = 5 : 3 : 1であった。S期、M期、G1期、G2期の各期に要する時間を求め、解答欄の表に記入せよ。ただし、「ア」は18時間とする。

(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。

内分泌系は、生体内のホメオスタシスに関わる機構として重要である。標的細胞におけるホルモンの作用機構は、2種類に分類できる。

一つ目は、 に存在する受容体に結合することにより作用を発揮する、ペプチドホルモンなど水溶性ホルモンの作用機構である。ペプチドホルモンには、脳下垂体前葉から分泌され、<sup>①</sup> 身長を伸ばす作用を示す 、チロキシンの分泌を刺激する 、<sup>②</sup> ストレスに対して血圧や糖代謝を維持する  の分泌を刺激する副腎皮質刺激ホルモンなどが含まれる。一方、脳下垂体後葉から分泌されるペプチドホルモンの <sup>③</sup>  は、体液塩類濃度の調節に重要な役割を果たす。脳下垂体以外の内分泌腺から分泌されるパロルモン、インスリン、グルカゴン、セクレチンもペプチドホルモンである。

二つ目は、細胞質あるいは核内に受容体が存在するステロイドホルモンなどの  溶性ホルモンの作用機構である。、鉱質コルチコイドなどが含まれ、細胞に作用を発揮するためには、ペプチドホルモンよりも時間がかかる。

問 1. 文章中の  ~  に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2.  が、下線部①の作用を発揮する際の主な標的器官は何か。

問 3. チロキシンの分泌が低下した状態では、 の分泌はどうなるか。

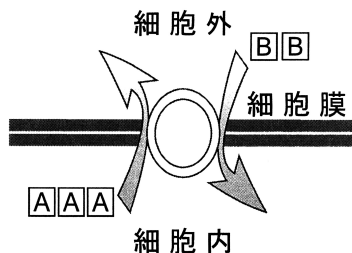
問 4. 下線部②について、 の働きにより血糖が増加する際に、膵臓のインスリン分泌はどうなるか。

問 5. 下線部③について、 が体液塩類濃度を調節する仕組みを40字以内で述べよ。

問 6. グルカゴンが血糖を調節する作用を示す際、主な標的器官は何か。

問 7. セクレチンの生体内における主な働きを答えよ。

問 8. 鉱質コルチコイドの生理作用が生じるためには、ポンプによる細胞内外のイオンの出入りが重要である。右の図は、ナトリウムイオンとカリウムイオンの両方が関わるポンプについて、細尿管細胞内外でのイオンの出入りを模式的に示したものである。図の A、B に該当するイオンを、解答欄に記入せよ。



### III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

多くの小型のコウモリは、夜間に飛び回り、飛翔する昆虫を捕食して生活している。コウモリは、ヒトの耳には聞こえない超音波の鳴き声を発して、標的からはね返ってくる反響音を、大きく発達した耳で聴取する。そして、自分の鳴き声と反響音とを比べることで、標的に対する様々な情報を得ている。また、飛行中のコウモリは、状況に応じて、鳴き声の高さ(周波数)や長さ、強さ、頻度などを柔軟に変化させている。

コウモリの耳でも、ヒトの耳と同じく、外耳から入ってきた空気の振動はまず  を振動させる。 の振動は中耳の  によって、リンパ液で満たされている内耳の  に伝えられる。 内のリンパ液が振動すると、 が振動し、 の上に並ぶ聴細胞の  が動かされることで、聴細胞は刺激を感知する。

コウモリを天敵とする昆虫の中には、コウモリの発する超音波の鳴き声を感知できるものがある。ガの一種のヤガは、胸部に存在する感覚器官に、超音波に反応する聴細胞を有している。聴細胞がコウモリの鳴き声を感知すると、コウモリとの距離や接近方向などを検知して、直ちに状況に応じた適切な捕食回避行動をとる。また、ヤガは、発声器官を有し、超音波を発することができる。

(次頁に続く)

## 生 物 (問題用紙 3)

(Ⅲの続き)

- 問 1. 文章中の [ア] ~ [オ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. コウモリのように、反響音を分析して標的に対する情報を得るしくみを何と呼ぶか。
- 問 3. コウモリの脳内の神経回路では、鳴き声と反響音との時間差、鳴き声と反響音との周波数の差、反響音の強さなどが検出される。これら時間差、周波数差、強さは、それぞれ標的のどのような情報を表しているか。
- 問 4. コウモリは標的となる獲物を検出すると、獲物の情報をより正確に得られるように、鳴き方を変化させながら獲物に近づいていく。コウモリが獲物に近づいた時、鳴き方をどう変化させるか。20字以内で答えよ。
- 問 5. コウモリが近くにいると検知したとき、ヤガはどのような捕食回避行動をとるか。20字以内で答えよ。
- 問 6. ヤガの発する超音波は、コウモリの捕食を回避する上で、どのように役立つか。20字以内で答えよ。

## IV.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの身体は、異物の侵入から内部環境を守るため、外界との境界部が連続した [ア] 組織で被われている。体表を被う [イ] の表層では、[ア] 細胞が隙間なく積み重なり、表面に向かうほど扁平となって、最後は核を失った細胞が層を形成している。一方、消化管や気管の [ウ] の内面では、一層の円筒状の [ア] 細胞が直接外界と接しているが、細胞は [エ] を分泌して異物が直接付着することを防いでいる。また、気管では [ア] 細胞の膜にある [オ] の働きによって、異物を [エ] と共に体外に送り出している。

[ア] 組織に破綻が生じ異物が内部環境に侵入すると、血液中の好中球や [カ] が血管壁の [キ] 細胞に接着し、隣接する [キ] 細胞の間をすり抜けて血管の外に出て来る。異物が侵入した現場の近くで血管壁をすり抜けた [カ] は、その場に侵入した異物を取り込む。異物を取り込んだ [カ] は、血管に戻ることはできないので、組織の毛細血管網の隙間にある毛細 [ク] に流れ込む。[ク] には [ケ] があり、内部の液は一方方向にしか流れない。[ク] は合流を繰り返し、最終的に [コ] から血管系に合流する。複数の [ク] の合流点には、球状に膨らんだ [サ] があり、記憶を伴う免疫反応に関わる [シ] が集まっている。

[ア] が破綻した組織で異物を取り込んだ [カ] は、取り込んだ異物を分解し、移動先の [サ] でその抗原情報を [シ] に提示する。[カ] の提示している抗原情報を認識した [シ] は、[カ] と接触しつつ分裂増殖し、活性化細胞となる。活性化した [シ] のうち、ウイルスに感染した細胞を直接攻撃するのは [ス] 細胞である。

- 問 1. 文章中の [ア] ~ [ス] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. ウイルスは生きた細胞の中で増える病原体であり、体外から侵入するとまず [ア] 細胞に感染する。しかし、感染したウイルスを取り込んだ [カ] は [サ] で抗原情報を提示するから、[ス] 細胞は [サ] の中に生じる。[サ] で生じた [ス] 細胞は、どのようにして感染した [ア] 細胞のある組織までたどり着くのか。その経路を100字以内で答えよ。
- 問 3. 下線部について、普段は血管から外に出ることのない好中球や [カ] が、組織の破綻が生じたときだけ [キ] 細胞に接着する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。
- 問 4. 病原体は、身体を被う [ア] 組織の1ヶ所からのみ侵入するとは限らない。消化管の [ア] 細胞にウイルスの感染が起こっているとき、同時に [イ] にも傷が生じ、異物の侵入が起こっていることがあり得る。このような場合、消化管から侵入したウイルスを攻撃する [ス] 細胞は、[イ] に集まることはなく、消化管に集まることがわかっている。同じように組織の破綻が生じていても、消化管に感染したウイルスを攻撃する [ス] 細胞はなぜ [イ] に行かず消化管に集まるのか。考えられるしくみを85字以内で答えよ。

(以上)