

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 ヒトのゲノム中に含まれる遺伝子の数として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ア

- ① 約5000 ② 約2万 ③ 約10万 ④ 約20万 ⑤ 約100万

問 2 モータータンパク質として働くタンパク質を①～⑧から全て選べ。

イ

- ① アクチン ② インテグリン ③ キネシン ④ ケラチン
⑤ ダイニン ⑥ チュープリン ⑦ トロンピン ⑧ ミオシン

問 3 生物のからだにみられる物質に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ウ

- ① アミロースは単糖であり、生命活動のエネルギー源となる。
② リゾチームはステロイドであり、細菌の細胞壁を破壊する。
③ セルロースは多糖類であり、植物の細胞壁の主成分である。
④ 糖質コルチコイドはタンパク質であり、ホルモンとして働く。

問 4 硬骨魚における塩類濃度の調節に関する記述として適切なものを①～⑤から2つ選べ。

エ

- ① 淡水生の硬骨魚は水中の塩類をえらから吸収する。
② 海水生の硬骨魚は外液(海水)と体液の塩類濃度が等しい。
③ 淡水生の硬骨魚は外液(淡水)と体液の塩類濃度が等しい。
④ 淡水生の硬骨魚は、体液より塩類濃度の高い尿を排出する。
⑤ 海水生の硬骨魚は体内に入ってきた余分な塩類をえらから排出する。

問 5 ラクトースオペロンの発現調節に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

オ

- ① ラクトースの代謝産物と結合したリプレッサーはオペレーターと結合する。
② ラクトースが十分に存在している環境では、ラクトースオペロンの遺伝子の発現が抑制される。
③ リプレッサーがオペレーターと結合していると、ラクトースオペロンの遺伝子の発現が抑制される。
④ ラクトースオペロンの遺伝子が発現するためには、オペレーターにRNAが結合することが必要である。

問 6 DNA の複製に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

カ

- ① DNA ポリメラーゼは3'→5'の方向にヌクレオチド鎖を伸長させる。
- ② リーディング鎖は二重らせんが開かれていく方向に向かって連続的に合成される。
- ③ 岡崎フラグメントがDNAヘリカーゼによりつながれることでラギング鎖が合成される。
- ④ ラギング鎖の合成にはプライマーと呼ばれるRNAの短いヌクレオチド鎖を必要としない。

問 7 植物の発生と成長に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

キ

- ① 葉柄の基部の細胞がオーキシシンを受容すると、離層が形成される。離層では細胞壁を分解する酵素が合成され、これが落葉につながる。
- ② フィトクロムの赤色光吸収型が赤色光を吸収すると遠赤色光吸収型に変わる。光発芽種子の中で遠赤色光吸収型のフィトクロムが増えると、これにより発芽が促進される。
- ③ ダイコンの芽生えは正の光屈性を示す。フォトトロピンによる青色光の受容が引き金となり、光の当たった側にオーキシシンが移動することにより、このような屈曲が起こる。
- ④ オオムギの種子ではジベレリンが胚乳に作用し、アミラーゼの合成を誘導する。アミラーゼによって分解された胚乳のデンプンから糖が生じ、これが胚の成長に利用される。

問 8 日本の照葉樹林の形成における典型的な遷移に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ク

- ① 草原が形成されると、次に陰樹が侵入して低木林を形成する。
- ② 遷移の進行にともない高木層の林冠は陰樹によって構成されるようになる。
- ③ 極相林の林床では、光補償点の高い樹木の芽生えは光補償点の低い樹木の芽生えより育ちやすい。
- ④ 陽樹林が形成されると、陽樹の環境形成作用により陽樹の芽生えが陰樹の芽生えより育ちやすくなる。

問 9 進化に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ケ

- ① エディアカラ生物群は、最初の脊椎動物である無顎類を含んでいる。
- ② イクチオステガは最初に陸に上がった原始的な、は虫類であったと考えられている。
- ③ 最古の植物の化石として見つかったクックソニアはコケ植物同様に維管束を持たない。
- ④ 酸素を発生させる光合成を最初に行ったシアノバクテリアは細胞内に葉緑体を持っていたと考えられている。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 はミトコンドリアを模式的に表している。

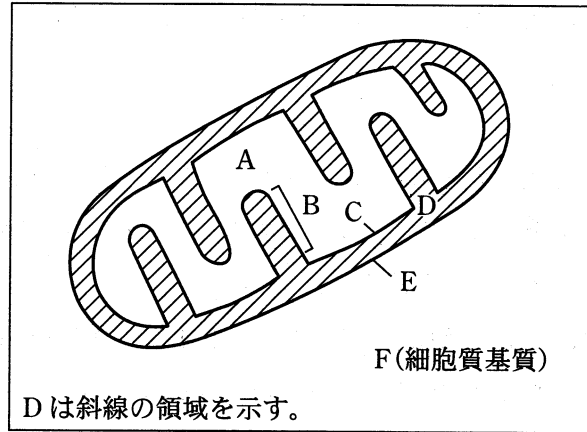


図 1

(1) 図の A, B, C, E に当てはまる語句として最も適切なものを①～⑨からそれぞれ 1 つずつ選べ。

A:

B:

C:

E:

① 外膜

② グラナ

③ クリステ

④ 細胞壁

⑤ 細胞膜

⑥ ストロマ

⑦ チラコイド

⑧ 内膜

⑨ マトリックス

(2) 細胞呼吸における解糖系とクエン酸回路の反応が行われる領域もしくは生体膜を答えよ。

それぞれに最も適切なものを①～⑤から 1 つずつ選べ。

解糖系:

クエン酸回路:

① 図中の A の領域

② 図中の C の生体膜

③ 図中の D の領域

④ 図中の E の生体膜

⑤ 図中の F の領域

- (3) 細胞呼吸における解糖系とクエン酸回路を表す反応式を答えよ。それぞれに最も適切なものを①～⑥から1つずつ選べ。ただし、反応式では得られるATPについての記載は省略されている。

解糖系：

クエン酸回路：

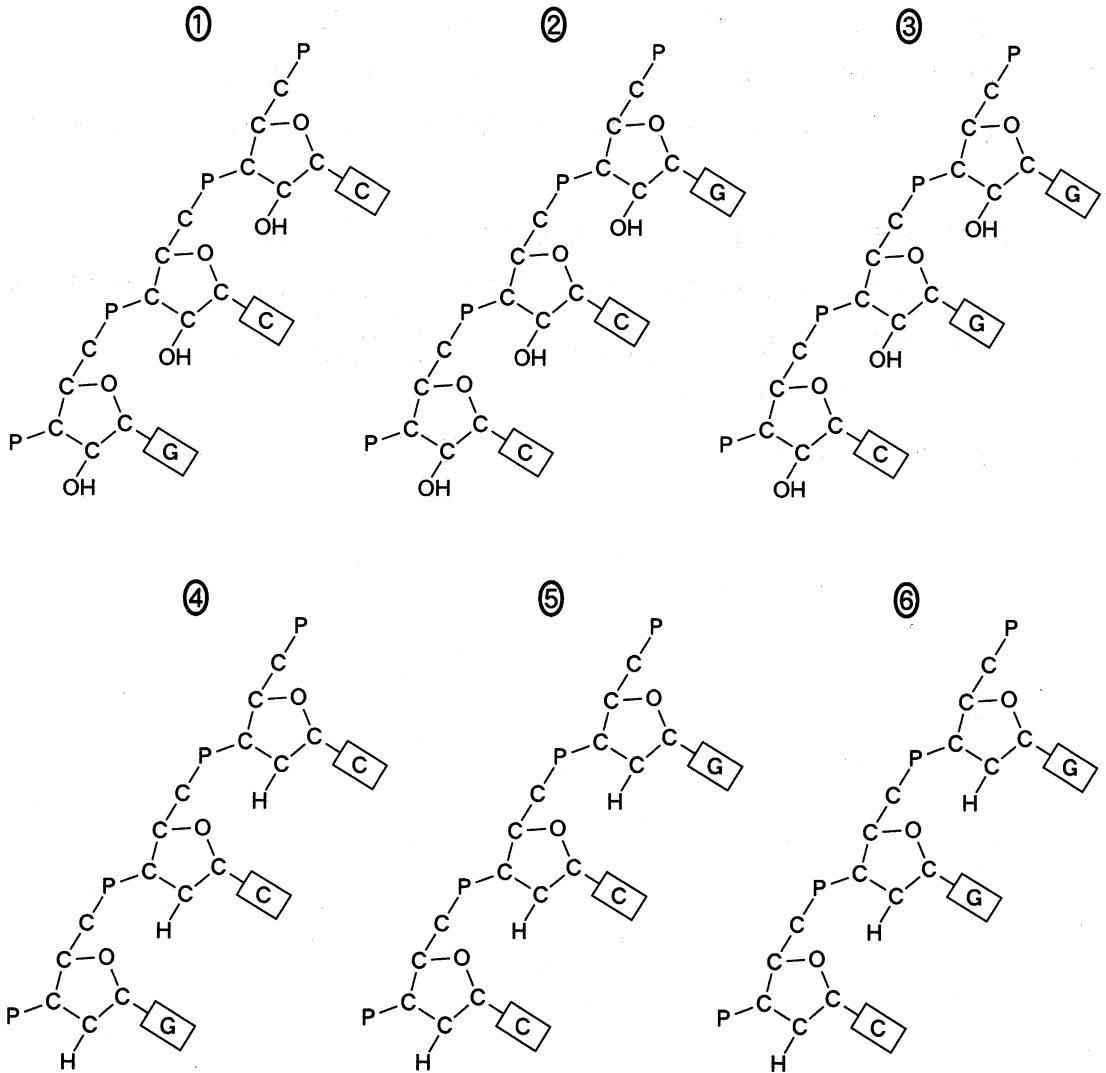
- ① $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_6O_3$
② $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_6O + 2 CO_2$
③ $C_6H_{12}O_6 + 6 H_2O + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 12 H_2O$
④ $C_6H_{12}O_6 + 2 NAD^+ \rightarrow 2 C_3H_4O_3 + 2 NADH + 2 H^+$
⑤ $10 NADH + 10 H^+ + 2 FADH_2 + 6 O_2 \rightarrow 10 NAD^+ + 2 FAD + 12 H_2O$
⑥ $2 C_3H_4O_3 + 6 H_2O + 8 NAD^+ + 2 FAD \rightarrow 6 CO_2 + 8 NADH + 8 H^+ + 2 FADH_2$

- (4) 細胞呼吸における電子伝達系の過程では、連続した酸化還元反応による e^- の移動にともなって H^+ がある領域から別の領域に輸送される。どの領域からどの領域に H^+ が輸送されるか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 図中のAからDの領域 ② 図中のDからAの領域
③ 図中のDからFの領域 ④ 図中のFからDの領域

問 2 核酸に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ある mRNA の塩基配列の一部は 5'-GGC-3' であった。この塩基配列の鋳型となった部分の DNA (鋳型鎖) を模式的に表したものとして最も適切なものを①~⑥から 1 つ選べ。図では P がリン, C が炭素, O が酸素, H が水素, 四角に囲まれた G, C が塩基を表している。ただし, H は特定の位置のみを表示しており, また P に結合している O は省略している。



- (2) ある二本鎖 DNA を構成する各塩基の割合を調べたところ, アデニンが全体の 18% を占めていた。この時, グアニンは何%か, 小数第 1 位を四捨五入した値で答えよ。例えば, 値が 1.2% の場合は, % とする。

%

問 3 図 2 は、ヒトの心臓の収縮と弛緩の 1 サイクルにおける左心室の容積と内圧が変化する様子を模式的に示しており、矢印は変化する順を示している。

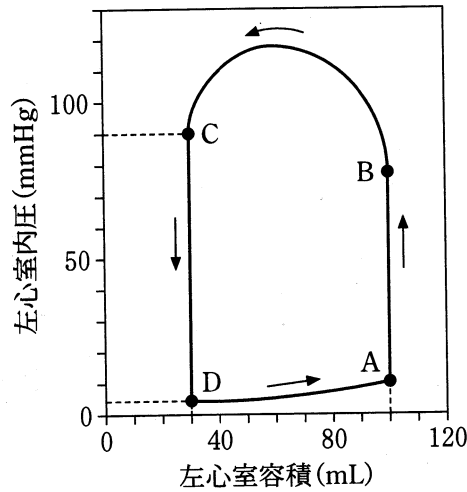


図 2

(1) 以下の(a), (b)の状態は、図の中のいずれの区間の変化に相当するか、最も適切なものをそれぞれ①～④から 1 つ選べ。

(a) 左心室の出口にある弁が開き、左心室内の血液が大動脈へ送り出される。

(b) 左心房内の血液が左心室内へ移動する。

- ① A→B ② B→C ③ C→D ④ D→A

(2) 大動脈内の血圧が最低となる時期として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

- ① A ② B ③ C ④ D

(3) 図 2 の心臓の 1 分間あたりの心拍数が 75 回の場合、(a) 左心室の容積と内圧の状態が A から B→C→D へと移動し、再び A に戻るまでの 1 サイクルの時間(秒)と、(b) 1 分間に左心室から送り出される血液量(mL)を答えよ。(a)については、小数第 2 位を四捨五入した値で答え、答えが 0.12 秒のときは . 秒とせよ。(b)については、小数第 1 位を四捨五入した値で答え、答えが 123.4 mL のときは、

mL とせよ。

(a) . 秒 (b) mL

Ⅲ アフリカツメガエルの発生について、以下の問いに答えよ。

A 図1は、アフリカツメガエルの胞胚および後期神経胚の断面の模式図である。

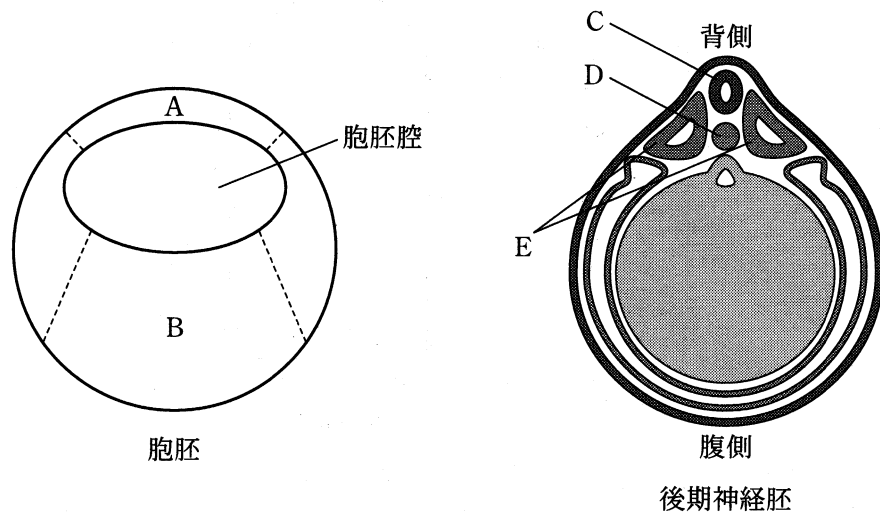


図1

問1 図1の後期神経胚におけるC, D, Eの組織の名称として最も適切なものを①～⑥からそれぞれ1つ選べ。

C: D: E:

- ① 神経管
- ② 腎節
- ③ 脊索
- ④ 側板
- ⑤ 体節
- ⑥ 腸管

問2 正常発生において、図1の後期神経胚のC, D, Eの組織のうち、図1の胞胚のAの領域から形成されたものはどれか。最も適切なものを①～⑦から1つ選べ。

- ① Cのみ
- ② Dのみ
- ③ Eのみ
- ④ CとD
- ⑤ CとE
- ⑥ DとE
- ⑦ C, D, Eのすべて

問 3 図 1 に示された領域 A と B を切除し、図 2 のように互いに接着させて培養したところ、
A の領域から新たな細胞の分化が観察された。分化が確認された細胞として適切なものを
①～⑥から全て選べ。 オ

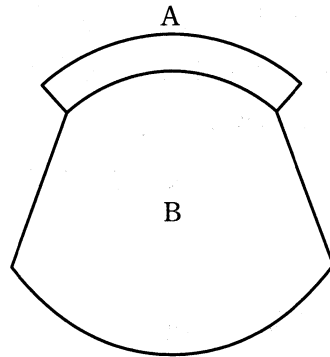


図 2

- ① 胃の上皮細胞
- ② 肝細胞
- ③ 筋細胞
- ④ 小腸の上皮細胞
- ⑤ すい臓の B 細胞
- ⑥ 脊索の細胞

B 図1のAの領域には、細胞外に分泌されて働くタンパク質Xが分布している。Aの領域の組織片を用いて、下記の実験1～3を行った(図3)。

(実験1) 図1のAにあたる領域を切除し、そのまま培養液中で培養すると表皮に分化した。

(実験2) 図1のAにあたる領域を切除し、細胞を一つ一つばらばらに解離して細胞を洗浄した。その後、培養液中で培養すると、神経に分化した。

(実験3) 図1のAにあたる領域を切除し、細胞を一つ一つばらばらに解離して細胞を洗浄した。その後、十分量のタンパク質Xを含む培養液中で培養すると、表皮に分化した。

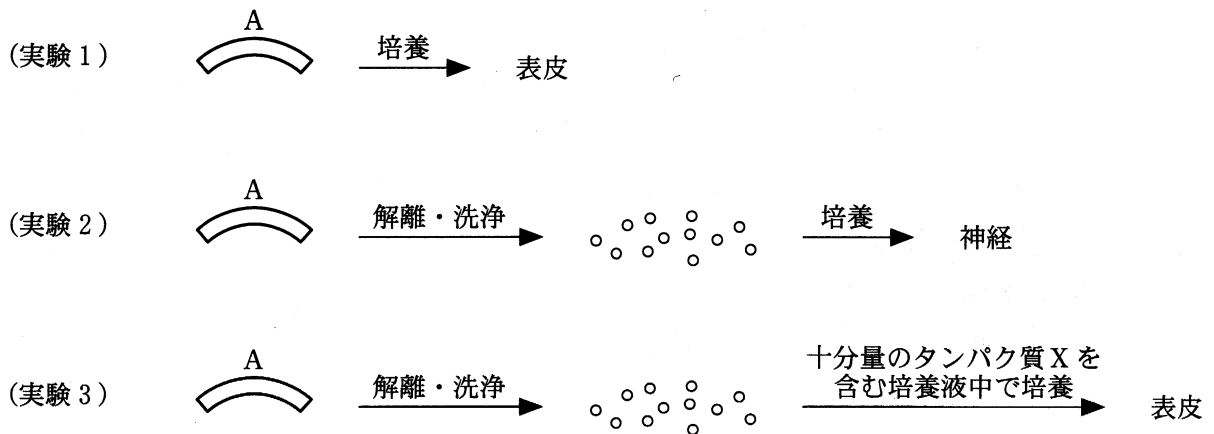


図3

問4 タンパク質Xの名称ならびに働きに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① タンパク質Xはノギンであり、Aの領域を構成する細胞の神経細胞への分化に必要な遺伝子の発現を抑制する。
- ② タンパク質Xはノギンであり、Aの領域を構成する細胞の表皮細胞への分化に必要な遺伝子の発現を抑制する。
- ③ タンパク質XはBMPであり、Aの領域を構成する細胞の神経細胞への分化に必要な遺伝子の発現を抑制する。
- ④ タンパク質XはBMPであり、Aの領域を構成する細胞の表皮細胞への分化に必要な遺伝子の発現を抑制する。

図1のAの領域には、タンパク質Xに加えて、その受容体(X受容体)も発現している。タンパク質XはX受容体に結合してこれを活性化する。さらにタンパク質Xは、細胞外に分泌されて働くタンパク質Yとも結合することが分かっている。

このタンパク質Yの働きを調べるために、下記の実験4を行った(図4)。

(実験4) タンパク質Yを指定する mRNA を受精卵に注入し、胞胚期まで発生させた。その後、図1のAにあたる領域をこの胞胚から切除し、そのまま培養液中で培養すると神経に分化した。

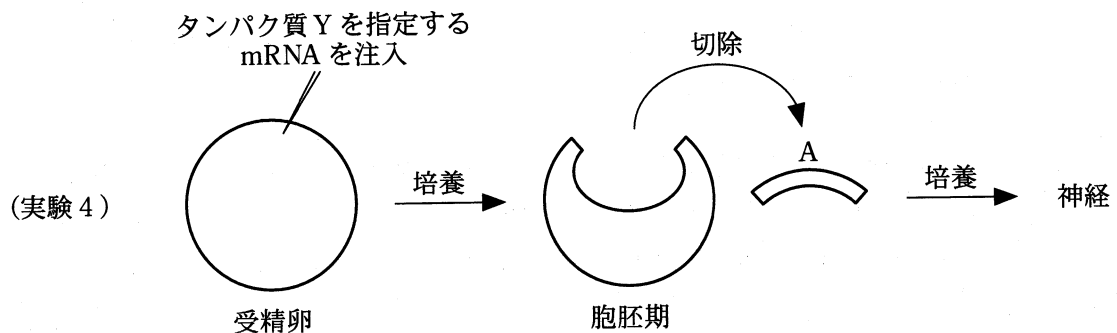


図4

問5 上記の説明と実験1～4の結果から考えられることとして、最も適切なものを①～④から1つ選べ。ただし、合成されたタンパク質YはAの領域に分布しているものとする。

キ

- ① XとYが結合すると、XがX受容体に結合できるようになり、X受容体が活性化される。その結果、Aの領域を構成する細胞は神経に分化する。
- ② XとYが結合すると、XがX受容体に結合できるようになり、X受容体が活性化される。その結果、Aの領域を構成する細胞は表皮に分化する。
- ③ XとYが結合すると、XがX受容体に結合できなくなり、X受容体が活性化されなくなる。その結果、Aの領域を構成する細胞は神経に分化する。
- ④ XとYが結合すると、XがX受容体に結合できなくなり、X受容体が活性化されなくなる。その結果、Aの領域を構成する細胞は表皮に分化する。

IV ミツバチの色覚と学習行動に関する文章を読み、以下の問いに答えよ。

A ミツバチの色覚に関する行動実験

(実験1) 実験室内の机の上に一枚の青い色紙を置き、周囲に白から黒までの様々な明るさ(明度)の灰色の紙を並べた(図1)。次に時計皿を各々の紙の上に置き、青い色紙の上の時計皿にのみ砂糖水を入れた。ここにミツバチを通わせ、砂糖水と青い色紙との関係を学習させた。

数時間後、すべての紙を新しいものと入れ替え、場所もランダムに入れ替えた。すべての紙の上に空の時計皿を置き、ミツバチがどの紙の上に降りるのかをテストした。その結果、ミツバチは青と灰色の色紙を区別して青の色紙の上のみ降りることが分かった。紙に匂いや汚れが付かないように透明のガラス板を紙の上ののせ、その上に時計皿をおいて学習させても結果に違いはなかった。

(実験2) 紫・緑・黄・赤の色紙の中から1色を選び、実験1と同様に砂糖水と選んだ色の関係を学習させた。その後、学習させた色紙1枚と様々な明るさの灰色の紙を並べ、どの色の紙の上に降りるのかをテストした。その結果、紫・緑・黄で学習させたミツバチは学習させた色の紙の上に降りたが、赤で学習させたミツバチは赤の他に濃い灰色の紙の上にも降りた。

(実験3) 紫・緑・黄・赤の色紙の中から1色を選び、実験1と同様に砂糖水と選んだ色の関係を学習させた。その後、青・紫・緑・黄・赤の色紙を並べ、どの色の紙の上に降りるのかをテストした。その結果、紫で学習させたミツバチは紫と青の色紙の上に降りた。また、黄色で学習させたミツバチは黄色と緑の色紙の上に降り、緑で学習させたミツバチは緑と黄色の色紙の上に降りた。赤で学習させたミツバチは赤の色紙の上のみに降りた。

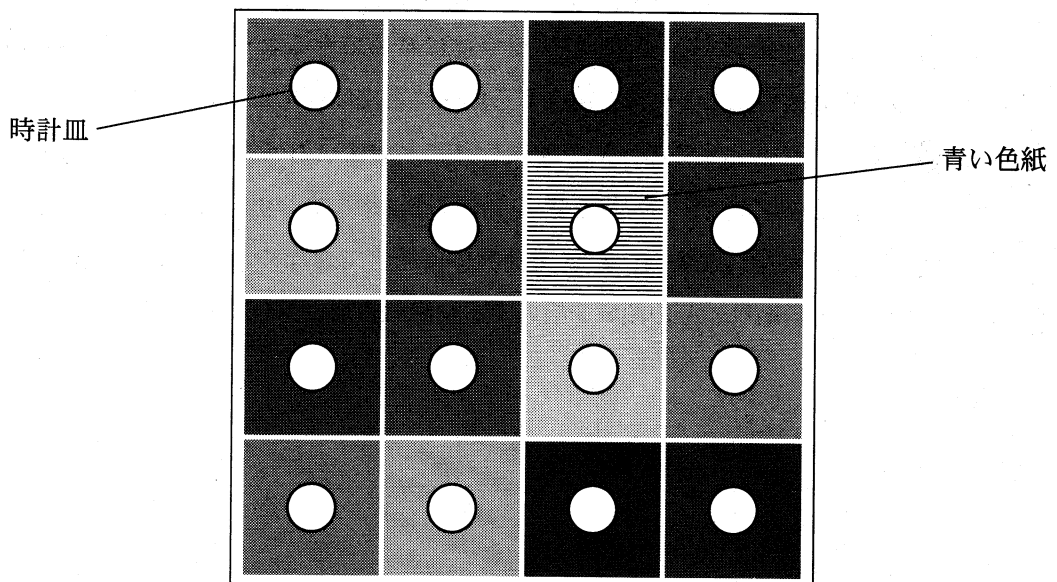


図1

問 1 実験 1 にみられるようなミツバチの学習は何というか、最も適切なものを①～⑤から 1 つ

選べ。

ア

- ① オペラント条件付け
- ② 固定的動作パターン
- ③ 古典的条件付け
- ④ 慣れ
- ⑤ 知能行動

問 2 実験 1～3 の結果から考えられることとして適切なものを①～⑤から全て選べ。

イ

- ① ミツバチは青と緑の色紙を区別できる。
- ② ミツバチは青と紫の色紙を区別できる。
- ③ ミツバチは灰色と紫の色紙を区別できる。
- ④ ミツバチは赤と濃い灰色の色紙を区別できる。
- ⑤ ミツバチは紙の色ではなく、すべて明るさ(明度)で区別している。

B ミツバチの匂い学習に関する行動実験

(実験4) ミツバチは触角で味覚刺激を受容することができる。ミツバチの触角に砂糖水を触れさせるとミツバチは口吻を伸展させる無条件反射をおこす。砂糖水による味覚刺激の直前に、触角に匂い刺激(条件刺激)としてペパーミントの匂いを与える訓練(条件付け)をすることにより、訓練前には匂い刺激だけを与えても口吻伸展を起こさなかったミツバチが、匂い刺激だけで口吻伸展を起こすようになる。この訓練を複数のミツバチに行い、テストとして匂い刺激のみを与えて口吻伸展をおこしたミツバチの割合から匂い学習の形成を判定した。

1回の訓練で誘導された記憶は数日かけて減衰する。このような記憶を短期記憶と呼ぶ。一方、訓練を2分間隔で3回行くと、長時間安定して維持される記憶が誘導され、これを長期記憶と呼ぶ。この条件付け記憶の形成には、匂い学習に関与する触角葉という脳領域の神経細胞群において、新たなタンパク質の合成が必要であることが知られている。これを確かめるために、図2の矢印で示したタイミングで触角葉にタンパク質合成阻害剤を投与し、1日ごと(24時間間隔)にテストを行って匂い学習への影響を調べた。訓練24時間後の投与は、1日後のテストの直後に行った。なお、タンパク質合成阻害剤は投与直後から作用するものとする。また対照実験では、タンパク質合成阻害剤を含まない生理的食塩水のみを、図2の矢印で示したいずれかのタイミングで1回投与したが、どのタイミングで投与しても結果は変わらなかった。

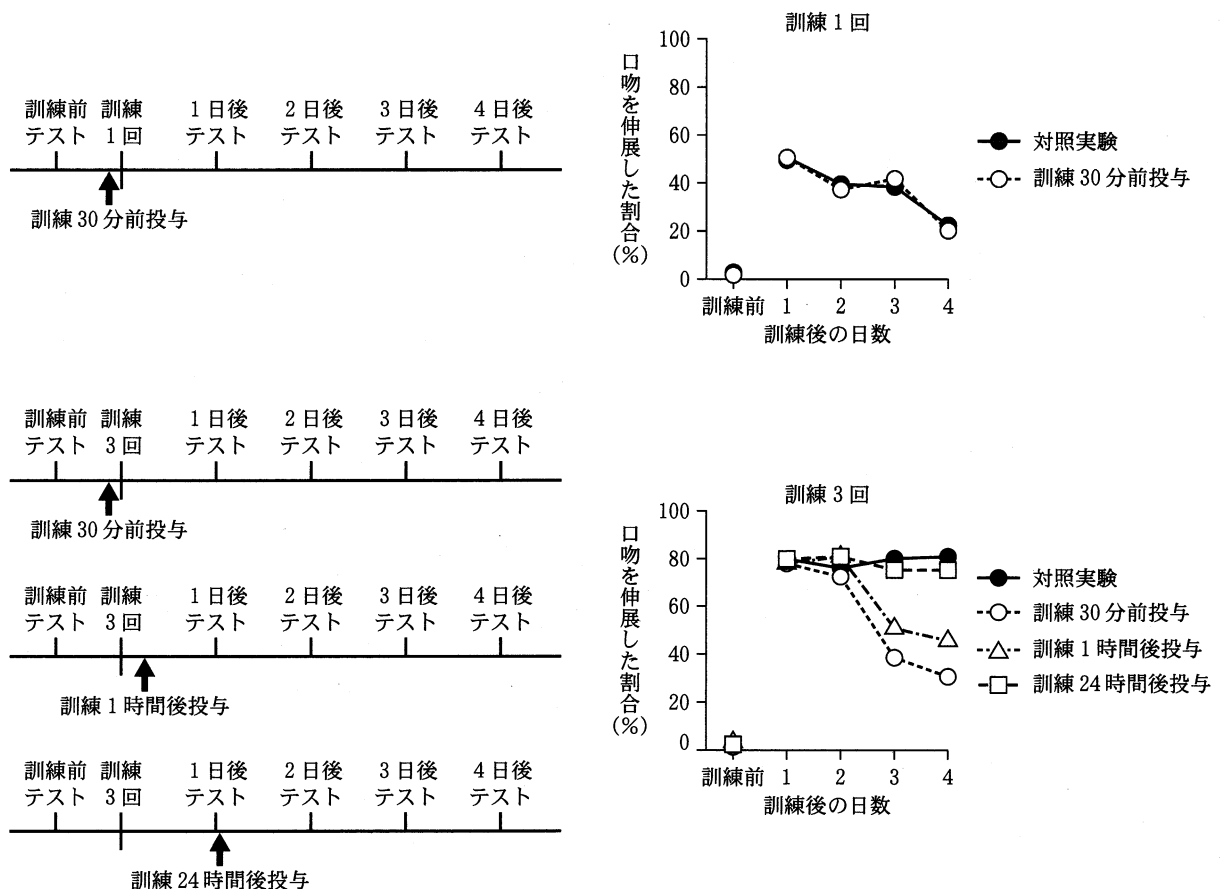


図 2

問 3 実験 4 にみられるようなミツバチの学習は何というか、最も適切なものを①～⑤から 1 つ
選べ。

- ① オペラント条件付け
- ② 固定的動作パターン
- ③ 古典的条件付け
- ④ 慣れ
- ⑤ 知能行動

問 4 実験 4 の結果の解釈として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。

- ① タンパク質合成阻害剤の効果は 1 時間以内に無くなる。
- ② 匂いの短期記憶の形成には、触角葉でのタンパク質合成が必要である。
- ③ 匂いの短期記憶の形成が阻害されると、長期記憶の形成も阻害される。
- ④ 匂いの記憶を維持するには、触角葉において数日間継続したタンパク質の合成が必要である。
- ⑤ 匂いの長期記憶の形成には、訓練の 1 時間後から 24 時間の間に触角葉で合成されるタンパク質が必要である。

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 の解答は該当する解答群から最も適当なものを一つ選べ。

(1) 水平でなめらかな床の上に質量 $3m$ の物体 A が静止している。床の上を速さ v_0 で運動してきた質量 m の物体 B が A に衝突した。A と B の間の反発係数を 0.76 として以下の間に答えよ。ただし、衝突は一直線上で起こるものとする。

(a) 衝突後の A の速さは . $\times 10^{-$ v_0 であり、B の速さは

. $\times 10^{-$ v_0 である。

(b) 衝突後の A, B の運動エネルギーの和は $\frac{1}{2}mv_0^2 \times$. $\times 10^{-$ と表される。

(2) 比熱 $0.90 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ のアルミニウムの粒が入った 2.0 kg の袋を地面からの高さが 19.6 m の位置から初速度 0 で落下させる。以下の間に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、袋の大きさや質量および空気抵抗は無視する。

(c) 袋が地面に落下するのに要する時間は . s である。

(d) アルミニウムの粒の持つ運動エネルギーが全てアルミニウムの粒に熱として吸収されるとすると、地面に衝突後アルミニウムの粒の温度は . $\times 10^{-$ $^{\circ}\text{C}$ 上昇する。

(3) 図のように、弦の左端を固定し、右端に滑車を通しておもりを付け、弦を振動させる。固定端 A と B の距離を 0.50 m として、以下の間に答えよ。

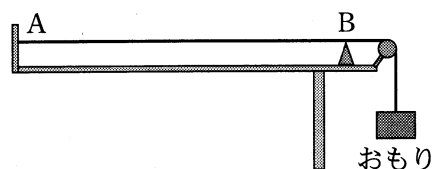
(e) 弦を振動数 40 Hz で振動させたところ、AB の間に腹が 1 個の定常波ができた。このとき、弦を伝わる波の波長は . m, 速さは m/s である。

(f) おもりを変えて問題(e)と同じ弦を振動数 60 Hz で振動させたところ、AB の間に腹が 3 個の定常波ができた。このとき、弦を伝わる波の波長は $0.$ m, 速さは m/s である。また、このおもりは問題(e)のおもりより 。

の解答群

① 軽い

② 重い



II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) ニクロムの抵抗率を $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ とすると、断面積 2.0 mm^2 、長さ 12 m のニクロム線の抵抗は ア イ Ω である。このニクロム線に 3.0 A の電流が流れるとき、ニクロム線に発生するジュール熱は毎秒 ウエ J である。

(2) 波長 $\lambda = 1.0 \times 10^{-11} \text{ m}$ の X 線を静止している電子に入射させたところ、散乱角 $\theta = 90^\circ$ の方向に波長 $\lambda' = 1.2 \times 10^{-11} \text{ m}$ の散乱 X 線が観測された。このとき、散乱された電子の運動エネルギーは オ カ $\times 10^{-$ キク J であり、X 線の入射方向に対する電子の運動方向を表す角度を ϕ とすると、 $\tan \phi = 0.$ ケコ となる。ただし、真空中の光速を $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ とする。

(3) 核反応 ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow \text{X} + {}^1_0\text{n}$ で得られる原子核 X の質量数と原子番号はそれぞれ サシ と スセ である。

III にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし ソ ~ ナ については、最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

地面からの高さが h である点 A から、質量 m の小球を速さ v_0 、水平面とのなす角 θ で斜め上方に投げたところ、小球は投射から T 秒後に点 B に着地した。点 A 直下の地面上の点 O を原点とし、原点 O から着地点 B に向かう水平方向を x 軸の正の方向、鉛直上向きを y 軸の正の方向にとった座標系を考える。小球を投げた時刻を $t = 0$ 、重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えよ。

(a) 投射後の時刻 t (ただし、 $0 \leq t < T$) における小球の速度は

$$\left(\text{ア}, \text{イ} + \text{ウ} \right)$$

である。着地直前の小球の速さ V は $V = \text{エ}$ であり、原点 O から着地点 B までの距離 L は $L = \text{オ}$ と表される。

時刻 t における小球の速度ベクトルの始点を定点 O' に固定し、横軸に速度の x 成分 v_x 、縦軸に速度の y 成分 v_y をとって、時刻 t の経過にともない小球の速度ベクトルが描く図形を考える。小球が投射されてから着地までの間に、速度ベクトルが通過する領域を表す図は カ であり、この領域の面積 S は $S = \text{キ}$ と書ける。

小球を斜め上に投げ上げる角度 θ を $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき、原点 O から着地点 B までの距離 L が最大となる角度を θ_M とする。距離 L を最大とするには、着地までに速度ベクトルが通過する領域の面積 S を最大とすればよく、着地直前の小球の速度と x 軸とのなす角の大きさが ク となることからわかる。したがって、 $\tan \theta_M = \text{ケ}$ が成り立ち、 $h > 0$ であれば コ を満たす。

ア ~ ウ の解答群

- ① v_0 ② $v_0 t$ ③ $v_0 \sin \theta$ ④ $v_0 \cos \theta$ ⑤ $v_0 \tan \theta$
 ⑥ g ⑦ $(-g)$ ⑧ gt ⑨ $(-gt)$ ⑩ $\frac{1}{2} gt^2$

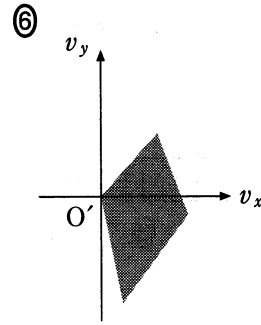
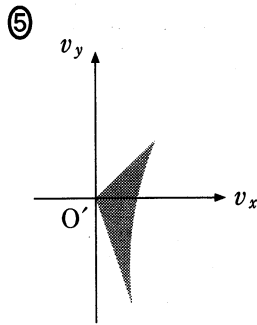
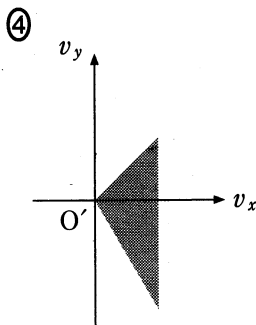
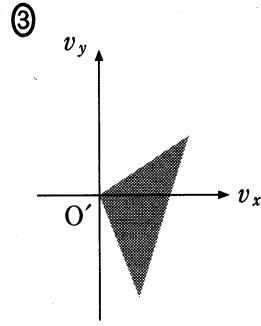
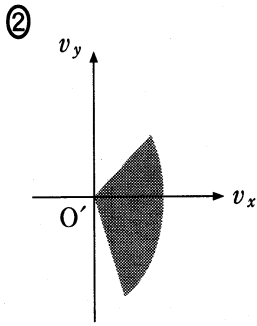
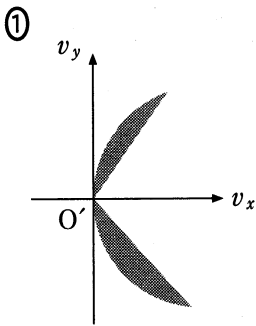
エ の解答群

- ① v_0 ② $v_0 + \sqrt{gh}$ ③ $v_0 \sin \theta + \sqrt{gh}$
 ④ $v_0 \cos \theta + \sqrt{gh}$ ⑤ $\sqrt{v_0^2 + gh}$ ⑥ $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$
 ⑦ $\sqrt{\frac{1}{2} v_0^2 + gh}$ ⑧ $v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \cos^2 \theta + gh}$ ⑨ $v_0 \cos \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + gh}$

オ の解答群

- ① $v_0 T$ ② $v_0 T \sin \theta$ ③ $v_0 T \cos \theta$ ④ gT
 ⑤ gT^2 ⑥ $\frac{1}{2} gT^2$ ⑦ $v_0 T + gT^2$ ⑧ $v_0 T + \frac{1}{2} gT^2$
 ⑨ $v_0 T \sin \theta + gT^2$ ⑩ $v_0 T \cos \theta + gT^2$

カ の解答群



キ の解答群

- ① $\frac{v_0}{T} L$ ② $\frac{v_0}{T} L \sin \theta$ ③ $\frac{v_0}{T} L \cos \theta$ ④ gL ⑤ $\frac{1}{2} gL$
 ⑥ $\frac{1}{2} gL^2$ ⑦ $\frac{L^2}{T^2}$ ⑧ $\frac{L^2}{2T^2}$ ⑨ $2 \frac{L^2}{T^2}$

ク の解答群

- ① $\frac{\pi}{4}$ ② $\frac{\pi}{3}$ ③ θ_M ④ $\frac{\pi}{4} + \theta_M$
 ⑤ $\frac{\pi}{4} - \theta_M$ ⑥ $\frac{\pi}{2} - \theta_M$ ⑦ $2\theta_M$ ⑧ $\frac{\theta_M}{2}$

ケ の解答群

- ① $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ④ $\frac{v_0}{V}$ ⑤ $\frac{2v_0}{V}$
 ⑥ $\frac{v_0}{2V}$ ⑦ $\frac{V}{v_0}$ ⑧ $\frac{2V}{v_0}$ ⑨ $\frac{V}{2v_0}$

コ の解答群

- ① $\theta_M < \frac{\pi}{4}$ ② $\theta_M = \frac{\pi}{4}$ ③ $\theta_M > \frac{\pi}{4}$

(b) 以下では点 A の高さを $h = 0$ とし、原点 O から小球を投げる状況を考える。投射後の時刻 t (ただし、 $0 \leq t < T$) における小球の位置は (, +) である。

小球を斜め上に投げ上げる角度 θ を $0 < \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき、原点 O から着地点 B までの距離 L の最大値 L_M は $L_M =$ である。また、角度 θ を同じ範囲で変化させ

たとき、小球の最高点の地面からの高さの最大値は $\frac{\text{ソ}}{\text{タ}} \times L_M$ である。

角度 θ を $0 < \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき、小球が通過しうる領域は

$$0 \leq x, \quad 0 \leq y \leq L_M \times \left\{ \frac{\text{チ}}{\text{ツ}} - \frac{\text{テ}}{\text{ト}} \left(\frac{x}{L_M} \right)^{\text{ナ}} \right\}$$

である。

~ の解答群

- ① $v_0 t$ ② $v_0 t \sin \theta$ ③ $v_0 t \cos \theta$ ④ gt ⑤ $(-gt)$
- ⑥ gt^2 ⑦ $(-gt^2)$ ⑧ $\frac{1}{2}gt^2$ ⑨ $(-\frac{1}{2}gt^2)$

の解答群

- ① $\frac{g}{2v_0}$ ② $\frac{g}{v_0}$ ③ $\frac{2g}{v_0}$ ④ $\frac{v_0}{2g}$ ⑤ $\frac{v_0}{g}$
- ⑥ $\frac{2v_0}{g}$ ⑦ $\frac{v_0^2}{2g}$ ⑧ $\frac{v_0^2}{g}$ ⑨ $\frac{2v_0^2}{g}$

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。ただし、 ケ , サ , ス については、最も適当な数字をマークすること。電気素量を e とする。

(1) 図1のように、磁束密度の大きさが B で向きが z 軸の正方向の様な磁場の中で、長さ L の導体 PQ を y 軸と平行に保って x 軸正の方向に一定の速さ v で移動させる。導体中の自由電子が磁場から受ける力の大きさは ア で向きは イ である。自由電子の移動によって向きが ウ の電場が導体中に生じる。これらの磁場による力と電場による力がつり合うとそれ以上自由電子は移動しなくなり、電場の大きさは一定になる。このとき P の電位は Q よりも エ だけ オ 。

ア , エ の解答群

- ① vBL ② evB ③ eBL ④ evL ⑤ eB ⑥ vB ⑦ BL ⑧ ev

イ , ウ の解答群

- ① x 軸の正方向 ② x 軸の負方向 ③ y 軸の正方向 ④ y 軸の負方向
⑤ z 軸の正方向 ⑥ z 軸の負方向

オ の解答群

- ① 高い ② 低い

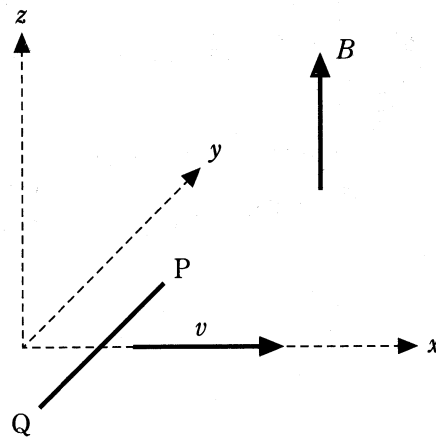


図1

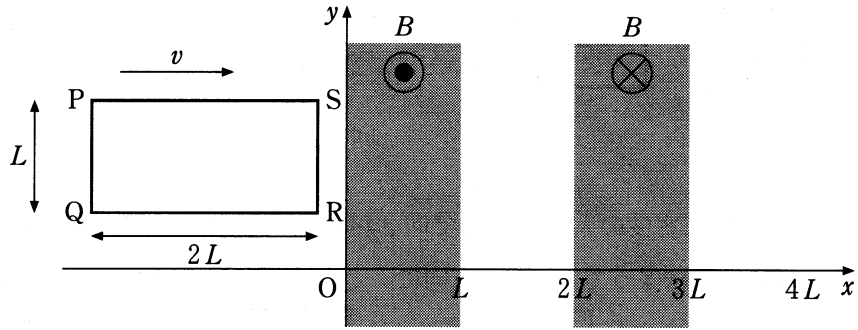


図 2

(2) 図 2 のように高さ L 、幅 $2L$ の長形状のコイル PQRS がある。辺 PQ を y 軸と平行に保って x 軸の正の向きにコイルを一定の速さ v で移動させる。コイルは 1 回巻きでコイル全体の電気抵抗を r とする。

$0 \leq x \leq L$ の空間では紙面に垂直に裏から表の向き (z 軸正方向) に、磁束密度の大きさが B の一様な磁場が存在する。また、 $2L \leq x \leq 3L$ の空間では紙面に垂直に表から裏の向きに、磁束密度の大きさが B の一様な磁場が存在し、それ以外の空間に磁場はないとする。コイルの自己誘導は無視する。

(a) 点 R の x 座標を横軸、コイルを貫く磁束を縦軸に取ったグラフの概形として最も適当なもののは である。ただし磁束の符号は、磁場がコイルを z 軸正方向に貫く場合を正、逆方向の場合を負とする。

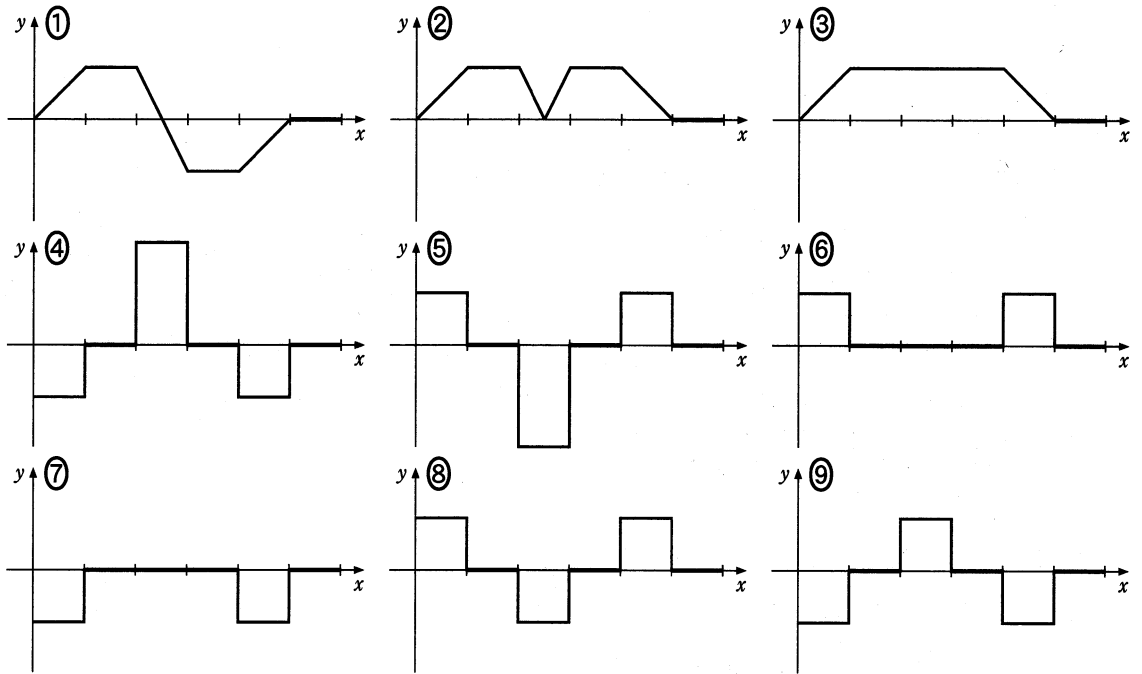
(b) 点 R の x 座標を横軸、コイルを流れる電流を縦軸とするグラフの概形として最も適当なもののは である。ただし電流の符号は $P \rightarrow S \rightarrow R \rightarrow Q$ の向きを正とする。

設問(c)と(d)において、 x は点 R の x 座標を表す。

(c) コイルを流れる電流の大きさが最大となるのは のときで、その値は \times である。

(d) $2L < x < 3L$ のとき、コイルの速さを一定に保つために外部から加える力の大きさは \times で、その仕事率は \times である。

カ , **キ** の解答群



ク の解答群

- ① $0 < x < L$ ② $L < x < 2L$ ③ $2L < x < 3L$ ④ $3L < x < 4L$
 ⑤ $4L < x < 5L$ ⑥ $5L < x < 6L$

コ , **シ** , **セ** の解答群

- ① $\frac{vBL}{r}$ ② $\frac{v^2BL}{r}$ ③ $\frac{vB^2L}{r}$ ④ $\frac{vBL^2}{r}$
 ⑤ $\frac{v^2B^2L}{r}$ ⑥ $\frac{v^2BL^2}{r}$ ⑦ $\frac{vB^2L^2}{r}$ ⑧ $\frac{v^2B^2L^2}{r}$

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例1：解答欄が指数表記の場合、340、34、3.4、0.034は、各々、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{1}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{2}\boxed{1}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{0}\boxed{2}\boxed{1}$ 、201は $\boxed{2}\boxed{0}\boxed{1}$ と解答する。

原子量および定数などは以下の値を使用すること。

原子量 H：1.00 C：12.0 N：14.0 O：16.0 Na：23.0 Cl：35.5

K：39.0 Mn：55.0 Cu：63.5

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)または、 8.31 Pa·m³/(K·mol)

標準状態 (1.01×10^5 Pa, 273 K)における1 molの気体の体積：22.4 L

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ソ}}$ 〕

問1 下の①~⑥のうち、中性子数が7の原子はどれか。あてはまるものをすべて選べ。

$\boxed{\text{ア}}$

- ① ¹²C ② ¹³C ③ ¹⁴C ④ ¹⁴N ⑤ ¹⁶O ⑥ ¹⁷O

問2 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱し、気体を発生させた。この気体に関する記述として正しいものを、下の①~⑥から3つ選べ。 $\boxed{\text{イ}}$

- ① 刺激臭を持つ。
② 上方置換で捕集する。
③ 常温常圧で黄色である。
④ この気体の水溶液は塩基性である。
⑤ アンモニアと反応させると白煙を生じる。
⑥ この気体の濃い濃度(約37%)の水溶液は、発煙する性質がある。

問 3 酢酸カルシウムの熱分解(乾留)によってある有機化合物を得た。この有機化合物に関する記述として正しいものを、下の①~⑥から2つ選べ。 ウ

- ① 酸化すると、2-プロパノールが得られる。
- ② クメン法により合成される。
- ③ 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- ④ 炭酸水素ナトリウムと反応して二酸化炭素を発生する。
- ⑤ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱すると、黄色沈殿を生じる。
- ⑥ エタノールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に加えて加熱すると、合成できる。

問 4 フェノールに関する記述として誤りを含むものを、下の①~⑥からすべて選べ。 エ

- ① 石炭の乾留により得られる。
- ② クメン法により合成される。
- ③ 炭酸に比べて弱い酸である。
- ④ 無色・無臭の固体で有毒である。
- ⑤ ベンゼンよりも置換反応を受けにくい。
- ⑥ アルカリ金属と反応して水素を発生する。

問 5 次に示した反応①~⑤のうち、反応によって硫黄原子の酸化数が変化するものをすべて選べ。 オ

- ① 亜鉛に希硫酸を加えて気体を発生させた。
- ② 銅に熱濃硫酸を加えて気体を発生させた。
- ③ 硫化鉄(II)に希塩酸を加えて気体を発生させた。
- ④ スクロースに濃硫酸を加えてスクロースを炭化させた。
- ⑤ 酢酸鉛(II)水溶液に硫化水素を通じて黒色沈殿を生成させた。

問 6 0.60 mol/L の過酸化水素の水溶液 100 mL に酸化マンガン(IV)を加え、25 °C で酸素の発生量を測定した。この操作により 30 秒間で酸素が 3.0×10^{-3} mol 発生した。過酸化水素の 30 秒間の平均分解反応速度 [mol/(L·s)] を有効数字 2 桁で求めよ。反応により水溶液の体積変化はなかったものとする。

カ . キ $\times 10^{-$ ク mol/(L·s)

問 7 可逆反応 $A \rightleftharpoons B$ について、触媒を加えることにより変化するものを、下の①～⑥よりすべて選べ。ただし、すべて同一の初期状態から反応を開始するものとし、触媒の体積は無視できるものとする。また、A、Bはいずれも固体でないとする。 ケ

- ① 反応熱の大きさ
- ② A から B への反応速度
- ③ B から A への反応速度
- ④ 活性化エネルギーの大きさ
- ⑤ 平衡に達した時の生成物 B の物質量
- ⑥ 平衡に達した時の A と B のモル濃度の比

問 8 図 1 は、硝酸カリウムと塩化カリウムの水 100 g に対する溶解度と温度の関係を示したものである。以下の方法で、硝酸カリウムと塩化カリウムからなる塩の混合物を溶かした水溶液（以下、水溶液 A と呼ぶ）を作った。これに関する記述として誤りを含むものを、下の①～⑥から 2 つ選べ。ただし、それぞれの塩の溶解度は、ほかの塩の共存によって影響を受けないものとする。 コ

[方法]

温度 60 °C で、硝酸カリウム 65 g と塩化カリウム 54 g からなる塩の混合物を、水 100 g^a に加え、溶解平衡に達するまでよくかきまぜた。その後、温度を 60 °C に保ったまま、水に溶けずに残った塩をろ過して取り除き水溶液 A を作った。

- ① 下線部 a の水の量を 125 g にすると、塩の混合物はすべて溶解する。
- ② 下線部 a の水の量を 200 g にして作った水溶液は、冷却していくと硝酸カリウムのみを析出させることができる。
- ③ 水溶液 A の沸点は、下線部 a の水の量を 50 g にして作った水溶液の沸点より低い。
- ④ 水溶液 A をおよそ 40 °C まで冷却すると、硝酸カリウムが析出し始める。
- ⑤ 水溶液 A を 38 °C まで冷却したとき、析出する塩の質量は硝酸カリウムの方が塩化カリウムより多い。
- ⑥ 水溶液 A を 20 °C まで冷却したとき、この溶液に含まれる溶質の質量パーセント濃度は、硝酸カリウムの方が塩化カリウムより高い。

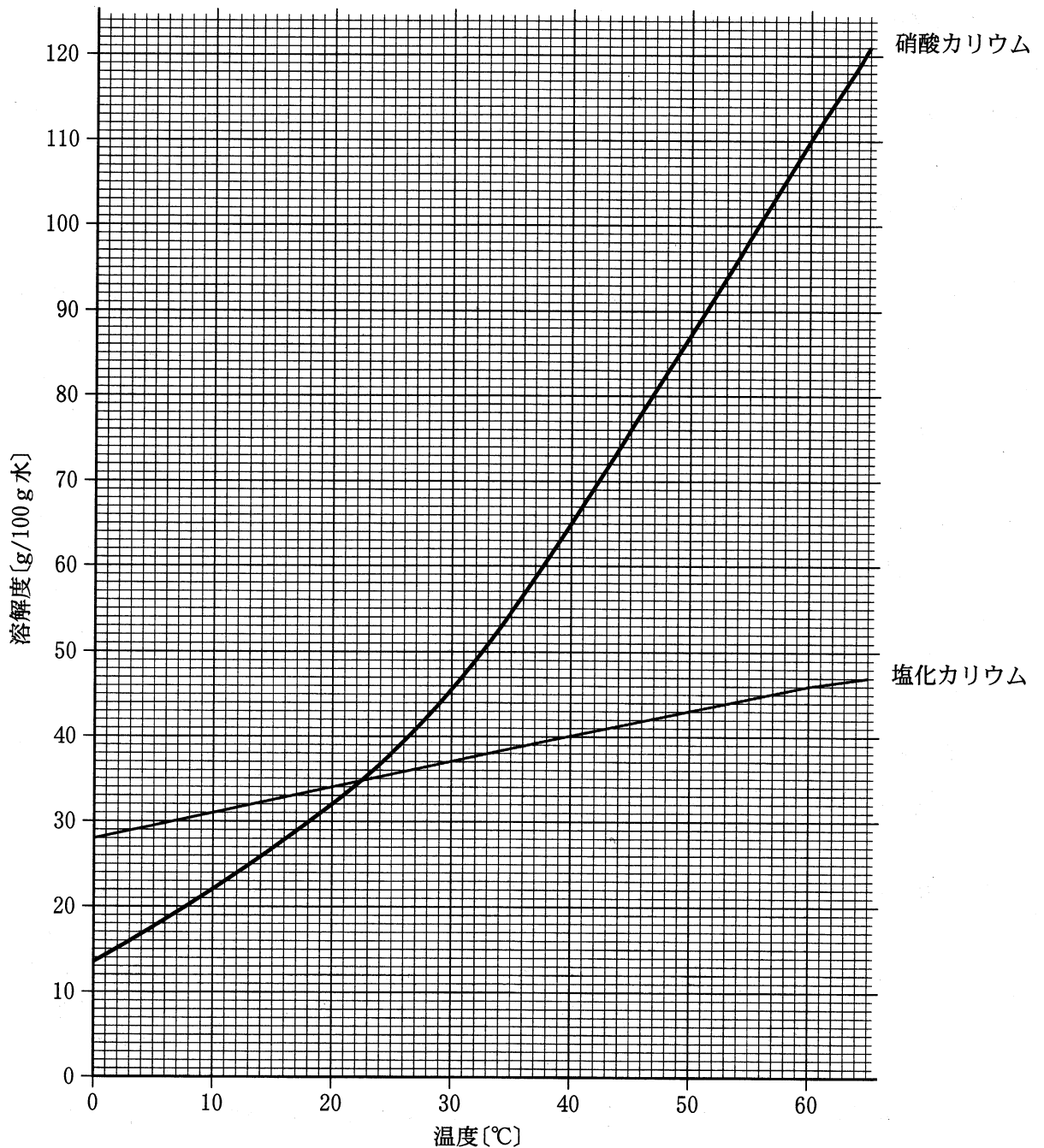


図 1

問 9 蒸留水 40.0 mL に 3.00 mol/L の硫酸水溶液 10.0 mL と 2.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸標準溶液 50.0 mL を加えた。この水溶液を 60 °C に温め、濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、15.0 mL 加えた時に過マンガン酸イオンの赤紫色が残って消えなくなった。滴定に用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、 は符号とし、符号が + の場合は①を、- の場合は②をマークせよ。また、ゼロ乗の時は 10 の指標を +0 とせよ。

. $\times 10^{\text{セ} \text{ソ}}$ mol/L

II 以下の間に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 陰イオンの組成がそれぞれ異なる、5種類の水溶液 A~E がある。これらの水溶液は、陰イオンとして Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 CrO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 S^{2-} のいずれか 1 つを含む。また陽イオンは、 Na^+ を共通に含んでいる。以下の間に答えよ。

(1) 水溶液 A に、 Ag^+ 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} の陽イオンのいずれを加えても沈殿を生じなかった。水溶液 A に含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(2) 水溶液 B は、弱塩基性で黄色であったが、酸性にすると橙赤色に変化した。水溶液 B に含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(3) 水溶液 C に Ba^{2+} を加えたところ、白色沈殿が生じた。この沈殿は塩酸を加えると溶解した。水溶液 C に含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(4) 水溶液 D に下の①~⑥の金属イオンをそれぞれ加えたところ、白色または黒色の沈殿を生じた。この反応において、白色沈殿となるものを①~⑥からすべて選べ。

- ① Ag^+ ② Al^{3+} ③ Cu^{2+} ④ Fe^{2+} ⑤ Pb^{2+} ⑥ Zn^{2+}

(5) 水溶液 E に Ag^+ を加えたところ、白色沈殿を生じた。ろ過して採取した白色沈殿を溶かすことができる溶液を①~⑥から 2 つ選べ。

- ① アンモニア水 ② 硝酸水溶液
③ 水酸化ナトリウム水溶液 ④ 炭酸ナトリウム水溶液
⑤ チオ硫酸ナトリウム水溶液 ⑥ 硫酸水溶液

問 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

デンプンは、単糖である **カ** が脱水縮合して多数がつながった高分子化合物であり、**カ** が直鎖状につながった **キ** と、**キ** にさらに枝分かれ構造を持つ **ク** で構成される。デンプン分子は水溶液中で **ケ** 構造をとり、その水溶液は **コ** によって青(濃青)~赤紫色に呈色する。**カ** の分子式は $C_{\text{サ}}H_{\text{シ}}O_{\text{セ}}$ であり、その水溶液は還元性を示す。そのため、**カ** 水溶液に **ソ** を加えて加熱すると酸化銅(I)の赤色沈殿を生じる。

二糖類であるスクロース(ショ糖)は、**カ** と **タ** が結合したものであり、**タ** は **カ** と同じ分子式を持つ構造異性体である。

(1) 文中 **カ** , **タ** に適切なものを、下の①~⑧からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① ガラクトース ② グルコース ③ セロビオース ④ トレハロース
⑤ フルクトース ⑥ マルトース ⑦ マンノース ⑧ ラクトース

(2) 文中 **キ** , **ク** に適切なものを、下の①~⑤からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① アミロース ② アミロペクチン ③ グリコーゲン
④ セルロース ⑤ デキストリン

(3) 文中 **コ** , **ソ** に適切なものを、下の①~⑦からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① アンモニア性硝酸銀水溶液 ② 塩化鉄(III)水溶液 ③ シュワイツァー試薬
④ ニンヒドリン溶液 ⑤ フェーリング液 ⑥ ミヨウバン水溶液
⑦ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液

(4) 文中 **ケ** に適切なものを、下の①~⑦から1つ選べ。

- ① 架橋 ② 球状 ③ シート ④ 直鎖
⑤ プリーツ ⑥ ミセル ⑦ らせん

(5) 文中 **サ** ~ **セ** に適切な数字をマークせよ。

(6) デンプンの水溶液に を加えて青紫色に呈色した溶液がある。これを試験管に入れ、沸騰した水浴に浸して加熱すると溶液は何色になるか。下の①～⑦から1つ選べ。

① 赤色

② 黄色

③ 黒色

④ 茶色

⑤ 緑色

⑥ 無色

⑦ 変化しない

III 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 下記の反応式で表される、理想気体 X, Y, Z に関する反応がある。この反応が、密閉容器中、全圧 P_1, P_2, P_3 ($P_1 < P_2 < P_3$) の下でそれぞれ平衡状態にある。



この時の、反応温度と混合気体中の気体 Z の割合 (Z の体積百分率) の関係をグラフに示した (図 2)。以下の問に答えよ。

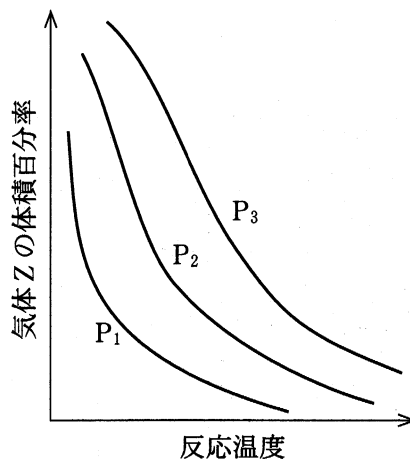
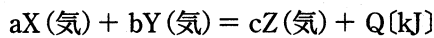


図 2

(1) この反応が平衡に達したのち、全圧を一定に保ちながら温度を上げると、平衡は反応式のどちらに移動するか。下の①~③より選べ。

- ① 右に移動 ② 左に移動 ③ 移動しない

(2) この反応の熱化学方程式は下記のように表される。



この反応の反応熱 $Q[\text{kJ}]$ について正しいものを、下の①~③より選べ。

- ① $Q > 0$ ② $Q = 0$ ③ $Q < 0$

3) a, b, c の間の関係を正しく示した式を、下の①~③より選べ。

- ① $a + b > c$ ② $a + b < c$ ③ $a + b = c$

問 2 次の文章を読んで以下の問に答えよ。

理想気体は、一定体積のもとで冷却していくと、その圧力は絶対温度に比例して小さくなる。例えば、理想気体 1.0×10^{-2} mol が、容積を 1.0 L に固定した密閉容器に入っている場合、容器内の圧力は温度の低下に伴って図 3 の直線 **エ** のように変化する。

しかし、実在気体は、一定体積のもとで冷却していくと、その圧力がやがて飽和蒸気圧に達し、気液平衡の状態となる。図 3 の曲線は、化合物 A の蒸気圧曲線を示している。

容積を 1.0 L に固定した密閉容器に、 1.0×10^{-2} mol の化合物 A を気体の状態で入れた。この場合、化合物 A は、容器内の温度が **オ** **カ** °C まで低下すると凝縮し始め、気液平衡の状態となる。

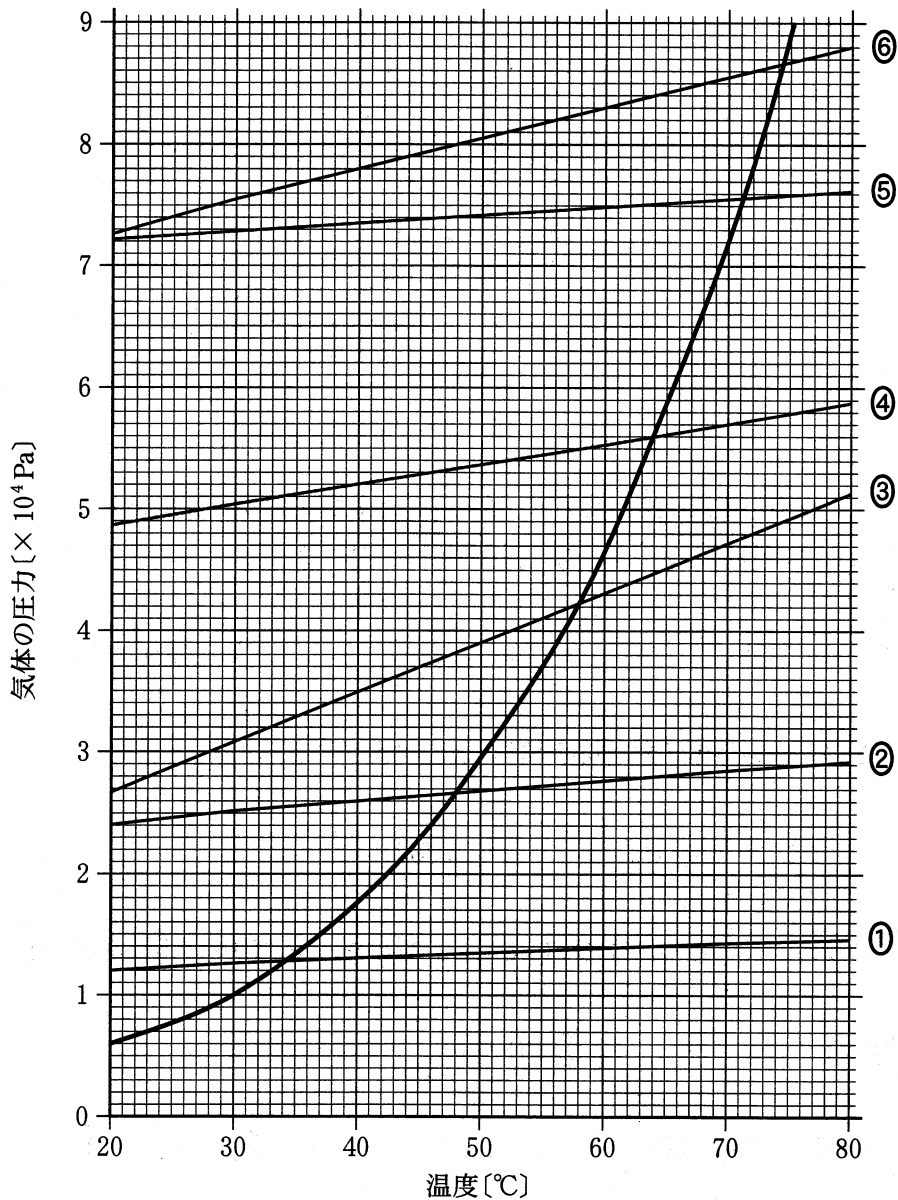


図 3

(1) 文中 にあてはまるものを、図 3 の直線①～⑥より選べ。

(2) 文中 にあてはまる数字をマークせよ。

以下の問(3), (4)では、容器内での液体の体積は無視でき、窒素と化合物 A は反応せず、窒素は化合物 A に溶けないものとして考えよ。

(3) 1.0×10^{-2} mol の化合物 A が入った容積 1.0 L の密閉容器に、容積を保ったまま窒素を追加した。この追加によって、30 °C における容器内の圧力が 4.5×10^4 Pa となった時、容器内の窒素の分圧はいくらであるか。有効数字 2 桁で答えよ。

. $\times 10^{\text{ケ}}$ Pa

(4) 化合物 A と窒素が混在する(3)の密閉容器の容積を 0.50 L に圧縮し、その容積を保ったまま 60 °C で十分な時間静置した。この時、容器内の化合物 A はどのような状態となるか。下の①～⑩より、化合物 A の状態を表す記述として最も近いものを 1 つ選べ。

- ① 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 1
- ② 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 2 : 1
- ③ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 2
- ④ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 3 : 1
- ⑤ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 3
- ⑥ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 5 : 1
- ⑦ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 5
- ⑧ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 10 : 1
- ⑨ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 10
- ⑩ 気体だけの状態