

令和 7 年度前期日程入学試験学力検査問題

令和 7 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～17 ページ，化 学……18～35 ページ

生 物……36～53 ページ，地 学……54～62 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
経済学部(理系)	物理，化学，生物，地学のうちから2科目選択	13：30～16：00 (150分)
理 学 部		
農 学 部	物理，化学，生物のうちから2科目選択	
医 学 部		
歯 学 部	物理(指定)，化学(指定)	
薬 学 部		
工 学 部		

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子，解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は，62 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし，冊子の留め金を外したり，ページを切り離しては使用しないこと。なお，ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は，必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には，忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は，必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

物 理

1 図1のように、水平に対して傾き角 θ をもつ斜面 AC, EG と、点 O を中心とする半径 R 、中心角 2θ の円弧状の曲面 CE をなめらかにつないだ表面をもつ台がある。斜面 AC, EG 上で点 O と同じ高さにある点をそれぞれ B, F とする。点 C, E は同じ高さにあり、円弧 CE 上で最も高い位置にある点を D とする。この台の上での質量 m の小球と質量 M の小物体の運動を考える。ばね定数 k のばねの一端が点 A にある固定具で斜面に固定されており、もう一端には薄い支持板が取り付けられ、ばねが斜面に平行に伸び縮みできるようになっている。ばねが自然長のとき支持板は点 B の位置にある。重力加速度の大きさを g とする。小球および支持板と台の間の摩擦、小球と小物体の大きさ、ばねや支持板の質量は無視できるものとして、以下の問(1), (2)に答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

問(1) 小球の運動について考える。

- (a) 小球を支持板の上に乗せて、ばねを自然長から d だけ縮めたところで手をはなすと、小球は静止した。 d を、 k , m , g , θ を用いて表せ。
- (b) さらに支持板を押し下げ、ばねを自然長から $3d$ だけ縮めたところで手をはなすと、小球は点 B において速さ v_0 で支持板から離れた。 v_0 を、 k , m , d を用いて表せ。
- (c) 斜面 BC を上った小球は点 C を速さ v_1 で通過した。 v_1 を、 v_0 , g , R , θ を用いて表せ。
- (d) 小球が点 C で台から離れるためには、 v_1 はある値 v_c より大きくなければならない。 v_c を、 g , R , θ を用いて表せ。
- (e) 小球は点 C で台から離れ、点 E で再び台に接触した。このことから、問(1)(b)の v_0 を、 g , R , θ を用いて表せ。

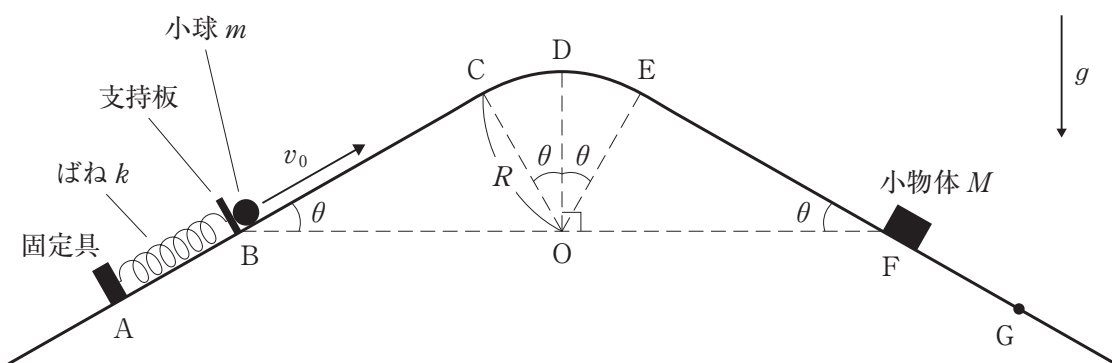


図 1

問(2) 小球は、問(1)(e)において点Eで台に接触した後、台から離れずに斜面EFを下り、点Fに静止していた質量 M ($M > m$) の小物体と衝突した。小球と小物体の衝突は弾性衝突である。図2のように、小球が小物体と衝突した直後の小球の速さを v_2 、小物体の速さを V_2 とする。また、小物体と斜面の点Fより下の部分の間には摩擦があり、その動摩擦係数を μ' とする。

- (a) v_2 および V_2 を、それぞれ m 、 M 、 v_0 を用いて表せ。
- (b) 衝突後、小物体は斜面を距離 L だけすべて点Gで静止した。 L を、 μ' 、 θ 、 g 、 V_2 を用いて表せ。

以下では、 $\theta = 45^\circ$ の場合を考える。

- (c) 衝突後の小球が台に接したまま運動して点Dを通過するためには、 v_2 はある範囲 $v_a < v_2 \leq v_b$ になくなくてはならない。 v_a および v_b を、それぞれ g 、 R を用いて表せ。
- (d) 衝突後の小球が台に接したまま到達する最も高い点の、点Fからの高さを h とする。小物体の質量 M を $M > m$ の範囲で変えて実験をくり返したとき、 h と M の関係を表すグラフとして最も適切なものを、図3の(あ)～(く)の中から1つ選び、記号で答えよ。また、その記号を選んだ理由を説明せよ。

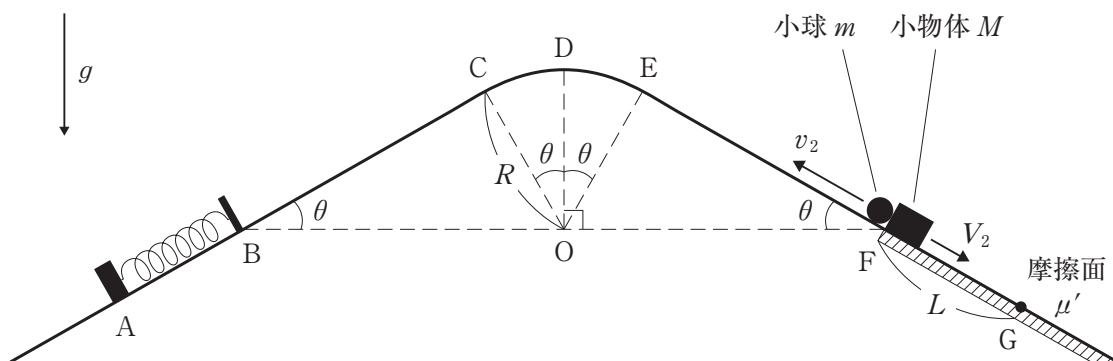
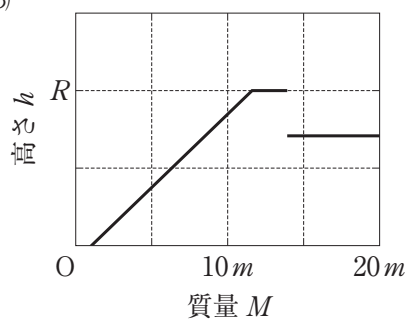
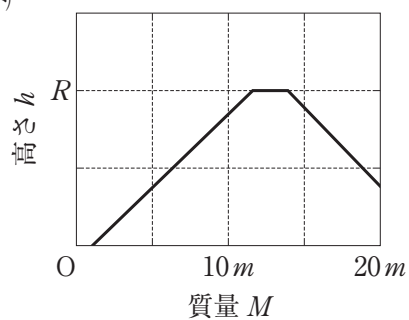


図2

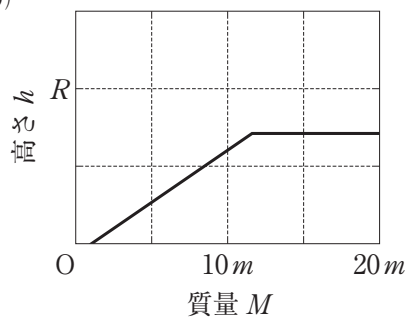
(あ)



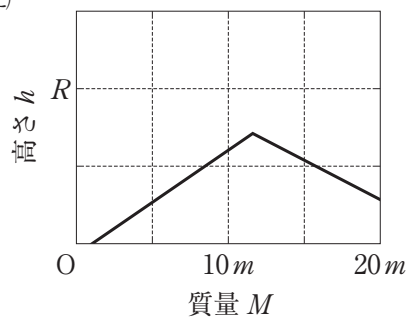
(い)



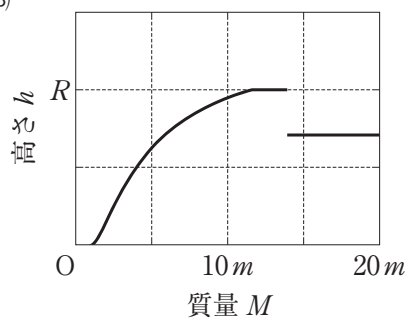
(う)



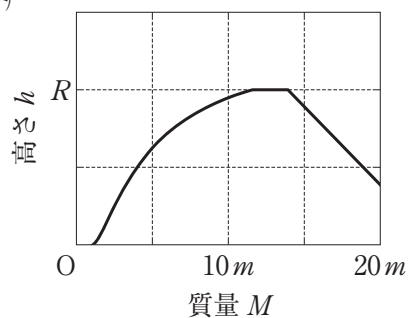
(え)



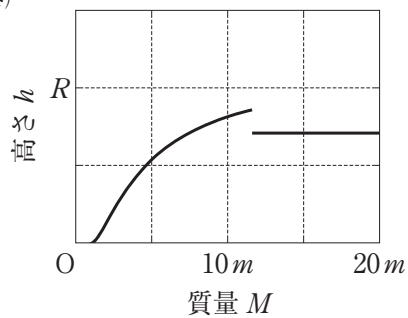
(お)



(か)



(き)



(く)

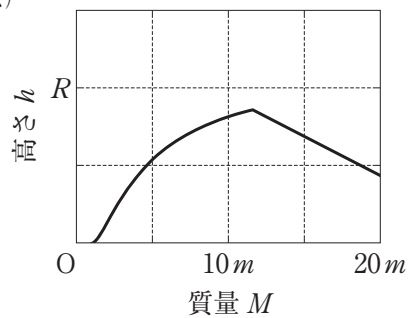


図 3

2

図1のように、鉛直下向きに y 軸をとる。 $y \geq h$ の領域には一様な磁束密度 B (紙面表から裏へ貫く向き)の磁場(磁界)が存在している。この空間で、回路を落下させた場合について考える。空気抵抗、回路に流れる電流がつくる磁場は無視でき、回路は落下中に回転しないとする。なお、重力加速度の大きさを g とする。以下の問(1), (2)に答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

問(1) 質量 m , 縦の長さ ℓ , 幅 w , 全抵抗が R の長方形の導線で作られた回路がある。回路は磁場に垂直な平面内にあり、はじめは、図1のように回路の下辺が $y = 0$ の位置にあった。時刻 $t = 0$ で静かに落下を開始させると、回路の下辺が磁場内に入った時刻 t_1 から落下速度が減少しはじめた。その後、時刻 t_2 で回路の上辺も磁場内に入った。時刻 t_1 から t_2 までの間に回路で発生したジュール熱は Q であった。

- (a) 時刻 t_1 で回路に誘導電流が流れはじめた。このときの回路の落下速度 v_1 および電流の大きさ I_1 を、それぞれ m, g, h, ℓ, w, B, R の中から必要なものを用いて表せ。また、流れる電流の向きを図1の (ア), (イ) の中から選び、記号で答えよ。
- (b) 時刻 t_1 から t_2 の間で落下速度が減少するためには、磁場が存在する領域までの距離 h はある値より大きい必要がある。 h の条件を、 m, g, w, B, R を用いて表せ。
- (c) 時刻 t_2 での回路の落下速度 v_2 を、 m, g, ℓ, h, Q を用いて表せ。
- (d) 時刻 t_2 から時間 Δt が経過したとき、再び時刻 t_1 のときと同じ落下速度に達した。経過時間 Δt を、 m, g, ℓ, h, v_2 の中から必要なものを用いて表せ。
- (e) 回路を流れる電流の大きさの時間変化を表したグラフとして最も適切なものを、図2の (あ)~(け) の中から1つ選び、記号で答えよ。また、その記号を選んだ理由を説明せよ。

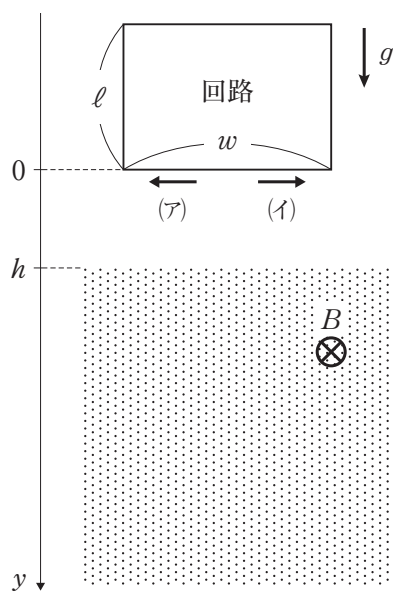


図 1

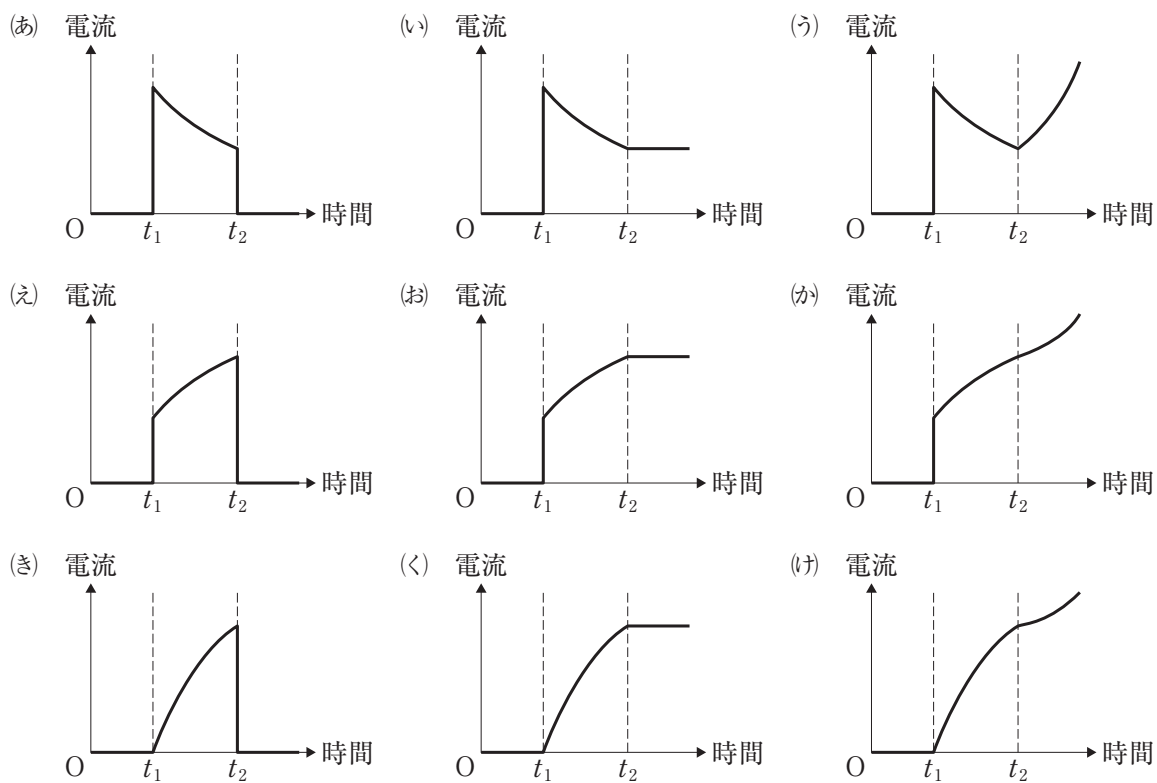


図 2

問(2) 次に、導線を抵抗が無視できるほど小さいものに代え、回路の上辺に大きさが無視できる小さな平行板コンデンサーを接続して回路をつくった。回路全体の質量は M 、コンデンサーの電気容量は C で、落下前にはコンデンサーには電荷は蓄えられていなかった。ただし、回路の縦の長さは ℓ 、幅は w のままである。回路は磁場に垂直な平面内にあり、図 3 のように、回路の下辺が $y = h$ の位置にある状態から、時刻 $t = 0$ で静かに落下を開始させた。時刻 $t = 0$ から、回路の上辺が磁場に入る前までの回路の運動とコンデンサーの状態を考える。

- (a) 時刻 t での回路の落下速度を v とする。このときコンデンサーに蓄えられている電気量 q を、 M, g, w, ℓ, v, C, B の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 回路は一定の加速度で落下した。加速度の大きさ a を、 M, g, w, C, B を用いて表せ。
- (c) 回路の下辺が $y = h + \frac{\ell}{2}$ の位置にあるとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー U を、 M, g, ℓ, w, C, B を用いて表せ。

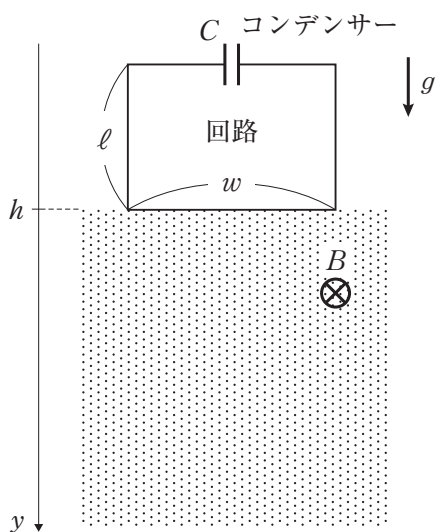


図 3

——このページは白紙——

3 図1のように、断熱材でできたなめらかに動く断面積 S のピストンが付いた長さ $2L$ のシリンダーが水平に固定されている。シリンダーは左側の側面を除き断熱材でできている。シリンダーの内部はピストンで空間 A と空間 B に区切られており、それぞれの空間には 1 mol の単原子分子の理想気体が閉じ込められている。ピストンの軸は外部に設置されたばね定数 k のばねにつながれており、ばねの左側は移動可能な支柱につながれている。図1のようにシリンダーの中心を原点として x 軸を設定する。支柱が $x = X_0$ の位置にあり、ばねが自然長のとき、ピストンは $x = 0$ の位置にある。空間 A の左側の側面は温度 T_A の熱源に接触しており、空間 B には加熱もしくは冷却が可能な温度調節器が設置されている。ピストンおよびその軸や温度調節器の体積は無視できるとする。ピストンの軸とシリンダーの左側の側面のすきまから気体はもれない。体積変化の過程において空間 A および空間 B の内部の気体の温度はそれぞれ常に均一であるとする。気体定数を R として、以下の問(1), (2)に答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

問(1) ばねの支柱を $x = X_0$ の位置に固定したまま、空間 B の気体をある温度にしたところ、図2に示すようにピストンが x の位置で静止した。

- (a) 空間 A の気体の圧力 p_A を、 L, S, R, T_A, k, x の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 空間 B の気体の圧力を p_B とする。ピストンにはたらく力のつりあいの式を、 p_A, p_B, k, S, x を用いて表せ。
- (c) $x = \frac{L}{2}$ のときの空間 B の気体の温度 T_{B1} を、 L, S, R, T_A, k の中から必要なものを用いて表せ。

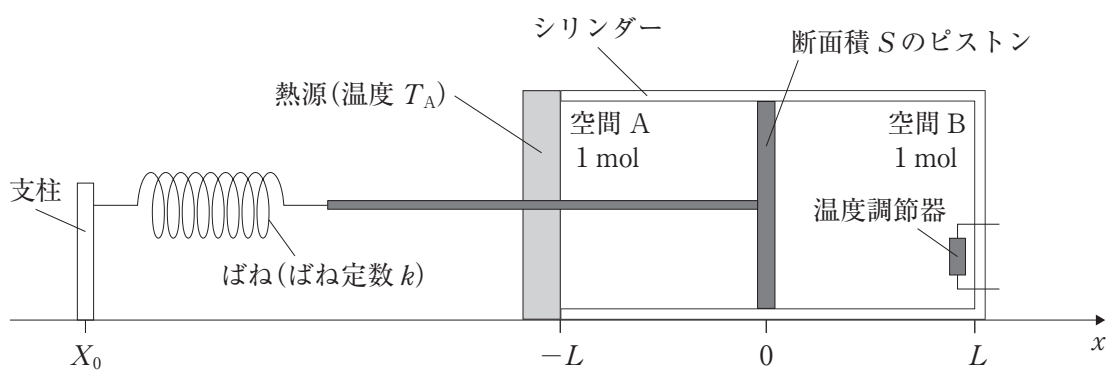


図 1

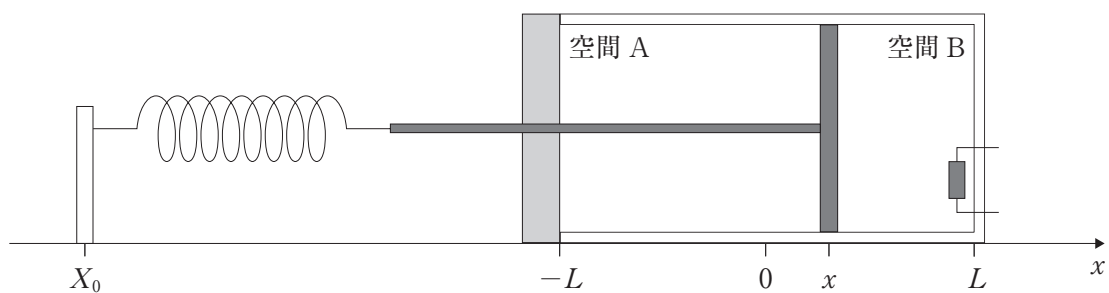


図 2

問(2) 問(1)(c)で示したピストンが $x = \frac{L}{2}$ の位置にある状態を状態 1 とする (図 3)。この状態から、ピストンを固定し、温度調節器にて空間 B の気体に熱量 Q を与えて加熱した。加熱により空間 B の気体の圧力が上昇した。そして、ピストンの固定を解除してもピストンが動かないように、ばねの支柱を図 4 のように D だけ移動させた。これを状態 2 とする。

- (a) 状態 2 において、加熱後の空間 B の気体の温度 T_{B2} を、 L, S, R, T_A, k, Q の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 状態 2 において、加熱により生じた空間 B の気体の圧力の変化量 Δp を、 L, S, R, T_A, k, Q の中から必要なものを用いて表せ。

次に、図 5 のように、ピストンの固定を解除し、ばねの支柱をもとの位置 X_0 にゆっくり戻したところ、ピストンは $x = 0$ の位置で静止した。これを状態 3 とする。その後、温度調節器にて空間 B の気体を冷却したところ、状態 1 に戻った。なお、ゆっくりとした断熱変化では $pV^\gamma = \text{一定}$ が成り立つ。ここで、 p は圧力、 V は体積、 γ は比熱比である。

- (c) 状態 2 から状態 3 への過程における空間 A の気体の内部エネルギーの変化 ΔU_A を、 $L, S, R, T_A, k, \gamma, Q$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (d) 状態 3 での空間 B の気体の圧力 p_{B3} を、状態 2 での圧力 p_{B2} と比熱比 γ を用いて表せ。
- (e) 状態 3 においてピストンが $x = 0$ で静止したことから、空間 B の気体に加えた熱量 Q を、 L, S, R, T_A, k, γ の中から必要なものを用いて表せ。
- (f) 状態 2 から状態 3 への過程においてピストンが位置 x にあるときのばねの支柱の移動量 d ($0 \leq d \leq D$) を、 $L, S, R, T_A, k, \gamma, x$ の中から必要なものを用いて表せ。

状態 1

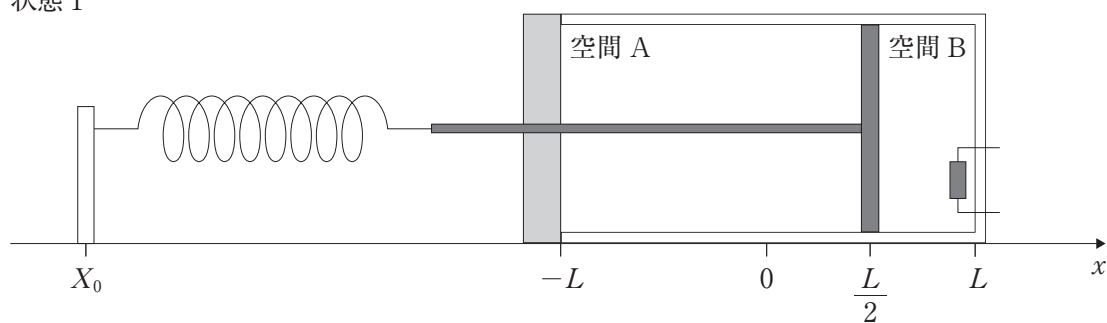


図 3

状態 2

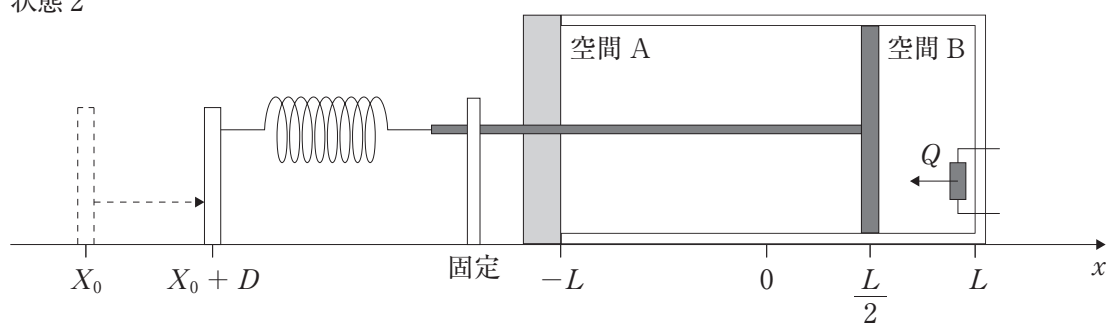


図 4

状態 3

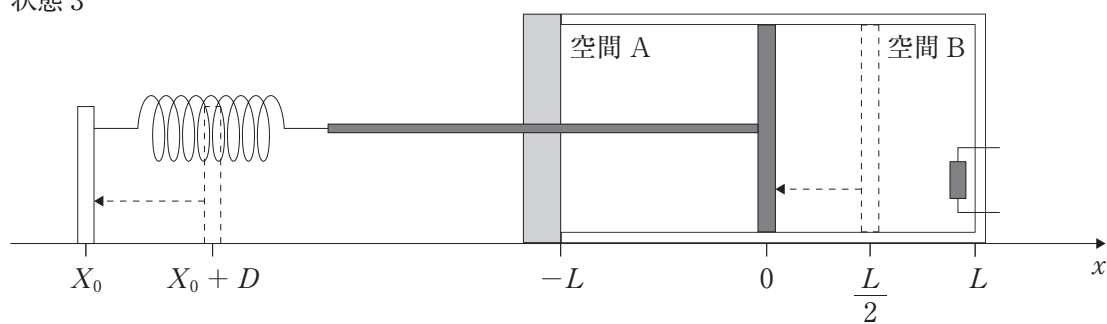


図 5

——このページは白紙——

——このページは白紙——

化 学

計算のために必要な場合は、以下の数値を使用せよ。

原子量 $\text{H} = 1.0$ $\text{C} = 12.0$ $\text{N} = 14.0$ $\text{O} = 16.0$ $\text{Si} = 28.1$

$\text{Br} = 79.9$

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の文章〔Ⅰ〕から〔Ⅲ〕を読み、問 1 から問 11 に答えよ。

〔Ⅰ〕 氷は、水分子 H_2O が結びついた分子結晶である。氷を構成する水分子の間にはファンデルワールス力や水素結合がはたらいている。氷を構成する水分子の酸素原子 O に着目すると、その酸素原子の周りには、最も近い等距離の位置に ア 個の酸素原子があり、 ア 個の酸素原子が イ の頂点に配置された構造をとっている。このような結晶構造をとる氷の密度は、液体状態にある水の密度より ウ 。そのため、氷は水に入れると エ 。

問 1 下線部 a) に関して，次の記述の中から正しいものをすべて選び，解答欄の記号を○で囲め。

- (a) ファンデルワールス力は，すべての分子間にはたらく。
- (b) 典型的な水素結合は，電気陰性度の大きな原子に共有結合した水素原子と，その水素原子に直接共有結合しない電気陰性度の小さな原子との間ではたらく力によって生じる。
- (c) 直鎖状オクタンの分子間にはたらくファンデルワールス力は，直鎖状ヘキサンの分子間にはたらくファンデルワールス力より弱いいため，直鎖状オクタンの沸点は直鎖状ヘキサンの沸点より高い。
- (d) 水素結合が分子間だけでなく，分子内にも作用する分子が存在する。

問 2 空欄

ア

 に入る適切な数字と，空欄

イ

 に入る適切な多面体の名称をそれぞれ書け。

問 3 空欄

ウ

 および

エ

 に入る語句のうち，最も適切な組み合わせを選び，解答欄の記号を○で囲め。

	ウ	エ
(a)	大きい	浮く
(b)	大きい	沈む
(c)	小さい	浮く
(d)	小さい	沈む

〔Ⅱ〕 次に、液体状態にある水の溶媒としての性質を考える。水のような極性分子からなる液体は、多くの極性分子やイオン結晶を溶かし、例えば、硫化水素 H_2S や硝酸カリウム KNO_3 を溶かす。^{b)}溶質の溶けやすさを表す指標として溶解度があり、ある温度において一定量の溶媒に溶ける溶質の最大量で定義される。^{c)}

問 4 下線部 b) に関して、硫化水素水溶液に関する以下の文章を読み、空欄 オ と カ を埋めて、式を完成させよ。また、以下の文章に記載されている情報のうち必要なものを用いて、空欄 キ に入る適切な正の整数を書け。なお、 $[\text{A}]$ は物質 **A** のモル濃度を表す。

25℃において、水 1.0 L に $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の硫化水素を溶かした水溶液を調製した。このとき、硫黄原子については、次の式が成り立つ。

$$[\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}] = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

また、この水溶液が電気的中性の条件をみたす場合、次の式が成立する。

$$[\text{H}^+] = \text{オ} + \text{カ} + [\text{OH}^-]$$

これらの式が成立する条件において、硫化水素に関する電離平衡と、それらの電離定数 K_1 、 K_2 および水のイオン積 K_w が次のように与えられている。

$$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^- \quad K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 9.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-} \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

このとき、硫化水素水溶液は キ と (キ + 1) の間の pH を示す。

問 5 下線部 c) に関して，温度などによる溶解度の違いを利用して，不純物を含む物質から高純度な物質を得ることがある。このように，固体物質の溶解度の違いを利用して物質を精製する操作の名称を書け。

問 6 下線部 c) に関して，水に対する硝酸カリウムの $20\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ における溶解度を表 1 に示す。いま $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ の硝酸カリウム飽和水溶液 100 g を， $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで冷却したところ $X[\text{g}]$ の固体結晶が析出した。この X の数値を有効数字 2 桁で書け。

問 7 飽和水溶液から固体結晶を析出させる方法の 1 つとして，溶媒である水を蒸発させる方法がある。 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ の硝酸カリウム飽和水溶液 100 g を，水溶液の温度を維持したまま水を蒸発させることによって，問 6 で得られた固体結晶の析出量 $X[\text{g}]$ と同じ量を析出させるのに必要な水の蒸発量 $Y[\text{g}]$ を求め，その数値を有効数字 2 桁で書け。

表 1

温度 $[\text{ }^{\circ}\text{C}]$	溶解度 $[\text{g}/\text{水 } 100\text{ g}]$
20	31.6
40	63.9
60	109
80	169

〔Ⅲ〕 溶質と溶媒の組み合わせによってはコロイドとよばれる状態が生じることがある。コロイド粒子の大きさ^{d)}は一般に、原子や分子の大きさより大きい。^{e)}いま、水を加熱し、沸騰した水に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えたところ、水酸化鉄(Ⅲ)を含むコロイド*が得られた。この水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子の溶液を電気泳動させたところ、コロイド粒子は陰極側へ移動した。この水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子の溶液^{f)}に電解質水溶液を加えて、凝析させた。

問 8 下線部 d) に関して、以下の説明文の空欄 と に入る適切な語句を、次の語群からそれぞれ 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

〔説明文〕

コロイド溶液のうち、液体の分散媒に不溶な が分散しているものは懸濁液とよばれ、液体の分散媒に不溶な が分散しているものは乳濁液とよばれる。

語群： (a) 固体 (b) 液体 (c) 気体

問 9 常温において懸濁液とみなせるものの例として、最も適切なものを次の語群から選び、解答欄の記号を○で囲め。

語群： (a) 牛乳 (b) 煙 (c) 墨汁 (d) 食塩水

*水酸化鉄(Ⅲ)は、条件によって組成は異なるが、水酸化酸化鉄(Ⅲ) $\text{FeO}(\text{OH})$ などの鉄の酸化物が含まれる混合物である。

問10 下線部 e) に関して，コロイド粒子の大きさは一般に 1 nm から 100 nm 程度とされている。いま，一辺の長さが 100 nm の立方体状のコロイド粒子を考える。このコロイド粒子は単一原子で構成される結晶であり，その結晶構造は面心立方格子とする。結晶を構成する原子の原子半径が 0.14 nm のとき，この立方体状コロイド粒子を構成する単位格子の総数 Z を求め，その数値を有効数字 2 桁で書け。解答用紙には計算過程も記し，必要であれば， $\sqrt{2} = 1.4$ ， $\sqrt{3} = 1.7$ として計算せよ。

問11 下線部 f) に関して，水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子を凝析させるとき，同じ物質で最も凝析を起こしやすいイオンとして適切なものを，(a) から (g) の中から 1 つ選び，解答欄の記号を○で囲め。

- (a) K^+ (b) Na^+ (c) Mg^{2+} (d) Al^{3+} (e) Cl^-
(f) NO_3^- (g) SO_4^{2-}

2 次の文章を読み、問1から問8に答えよ。

ケイ素、アルミニウム、鉄、クロム、マンガンなどは地殻中で主に酸化物等の
a) 化合物の形態で存在している。これらの化合物から金属を得ることを製錬と呼
び、製錬ではそれぞれの元素の特性に応じた還元方法を適切に選択することが不
可欠である。単体のケイ素は、二酸化ケイ素を高温で炭素により還元することで
b) 得られ、集積回路や太陽電池などに用いられている。単体のアルミニウムは、酸
化アルミニウムを溶融塩電解により還元することで製造され、鍋などの家庭用品
c) の材料やジュラルミンなどの合金の原料として多量に使用されている。鉄の原料
である鉄鉱石は、酸化鉄が主成分である。鉄鉱石から鉄を取り出す溶鉱炉の内部
では、コークスから生じた一酸化炭素ガスにより酸化鉄が還元されており、溶
鉱炉の下部から排出される鉄を ア という。 ア は炭素を4%(質量)
程度含むため、硬くてもろい。炭素濃度を2から0.02%(質量)に調整した鉄を
イ と呼び、建築材料や鉄道のレールに利用されている。また、鉄鉱石に
含まれる二酸化ケイ素は、鉄鉱石やコークスとともに溶鉱炉に投入される
ウ と反応してスラグと呼ばれる物質となり、スラグは ア との比
重の違いにより分離される。鉄の製造プロセスでは、二酸化炭素排出量の低減が
急務となっており、新しい還元方法が検討されている。クロムやマンガンも、自
d) 然界では主に酸化物の形態で存在している。これらの酸化物を高温で炭素により
還元することでクロムやマンガンの主成分とする金属が得られ、金属材料の添加
成分等に利用されている。

問1 下線部a)に記載の元素のうち典型元素を次の(a)から(e)の中からすべて
選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) ケイ素 (b) アルミニウム (c) 鉄 (d) クロム
(e) マンガン

問 2 下線部 b) に関して，高温で二酸化ケイ素 SiO_2 と炭素 C を反応させた場合，ケイ素 Si と一酸化炭素ガス CO が生成する。56.2 g の Si を得るために必要な C の質量[g]を求め，その数値を有効数字 2 桁で解答欄に書け。ただし，反応に使用する SiO_2 と C はすべて反応することとする。

問 3 ケイ素およびケイ素の化合物に関する記述として正しいものをすべて選び，解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 単体のケイ素(常温・常圧)の結晶中でケイ素原子の配位数は 6 である。
- (b) 単体のケイ素(常温・常圧)は，銅よりも電気伝導性が小さい。
- (c) 二酸化ケイ素(常温・常圧)の結晶中で酸素原子の配位数は 4 である。
- (d) 二酸化ケイ素は両性酸化物に分類される。
- (e) フッ化水素酸に二酸化ケイ素を加えるとヘキサフルオロケイ酸が生成する。
- (f) 二酸化ケイ素を主成分とするガラスに一定の融点はなく，加熱により変形する。

問 4 下線部 c) に関して，酸化アルミニウム等からアルミニウム単体を得るとき，水溶液の電解ではなく，熔融塩電解による還元が行われる。これはアルミニウムのイオン化傾向が

X

 よりも大きいためである。

- (1) 空欄

X

 に入る最も適切な物質名を解答欄に書け。
- (2) 熔融塩電解で工業的に製造される金属として適切なものを次の (a) から (e) の中からすべて選び，解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 金 (b) 水銀 (c) 銅 (d) ナトリウム
- (e) リチウム

問 5 文中の空欄 ア から ウ に入る最も適切な語句を書け。ただし、空欄 ウ には鉱石の名称が入る。

問 6 下線部 d) に関して、従来の溶鉱炉内では酸化鉄(Ⅱ) FeO が一酸化炭素 CO ガスにより還元され、鉄が生成する。最近では、溶鉱炉からの二酸化炭素排出量を低減させるため、 FeO を水素 H_2 ガスにより還元することが検討されている。工業的に鉄を製造する場合、鉄鉱石の還元反応を効率よく進めるため、溶鉱炉内の温度を高く保つ必要がある。そのため、酸化鉄の還元反応が発熱反応であるか、または吸熱反応であるかを理解することが不可欠である。

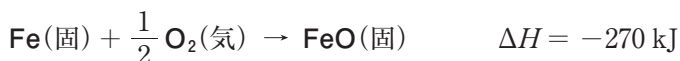
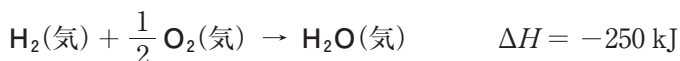
それぞれの物質は固有のエネルギーをもっており、化学反応により物質を構成する原子間の結合が変わると、それに伴ってもっているエネルギーの大きさが変化する。このとき反応物がもつエネルギーと生成物がもつエネルギーの差が主に熱の出入りとして現れる。ここでは、物質がもつエネルギーをエンタルピー H という量で表し、生成物がもつエンタルピーと反応物がもつエンタルピーの差をエンタルピー変化 ΔH ($= [\text{生成物がもつエンタルピー}] - [\text{反応物がもつエンタルピー}]$) と定義する。すなわち、生成物の方が反応物よりも小さいエンタルピーをもつ場合、 ΔH は負の値をとり、反応の進行により外界に熱を放出するため「発熱反応」となる。逆の場合、 ΔH は正であり、「吸熱反応」となる。

(1) 下の反応 (i) および (ii) の化学反応式を解答欄の (i) および (ii) に書け。ただし、物質の状態(固体、気体など)は書かないこと。

(i) FeO の CO による還元反応

(ii) FeO の H_2 による還元反応

- (2) 下記の反応のエンタルピー変化の値を用いて、(1)で解答した2つの反応(i)および(ii)のエンタルピー変化 $\Delta H_{(i)}$ および $\Delta H_{(ii)}$ の値を求め、その数値[kJ]を整数で解答欄(i)および(ii)に書け。



- (3) (2)で求めた $\Delta H_{(i)}$ および $\Delta H_{(ii)}$ の値にもとづいて下記の説明文の中で正しいものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) **FeO(固)**の還元剤が**CO(気)**、**H₂(気)**のいずれの場合も反応は発熱反応であり、溶鉱炉内部の温度を上昇させるようにはたらく。
- (b) **FeO(固)**の還元剤が**CO(気)**である場合の反応は吸熱反応であり、**H₂(気)**である場合の反応は発熱反応である。したがって、還元剤が**CO(気)**である場合は溶鉱炉内部の温度を維持するため、加熱する必要がある。
- (c) **FeO(固)**の還元剤が**CO(気)**である場合の反応は発熱反応であり、**H₂(気)**である場合の反応は吸熱反応である。したがって、還元剤が**H₂(気)**である場合は溶鉱炉内部の温度を維持するため、加熱する必要がある。

問 7 クロムおよびクロム化合物に関する記述として正しいものをすべて選び、
解答欄の記号を○で囲め。

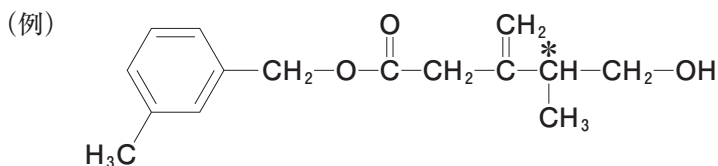
- (a) 酸化数 +6 のクロムを含む化合物には毒性の強いものが多い。
- (b) 空气中で保管した単体のクロムの表面には、緻密な酸化被膜が生成するため、耐食性に優れている。
- (c) クロム酸イオンを含む水溶液に酸を加えると二クロム酸イオンが生じるが、この反応は酸化還元反応である。
- (d) クロム酸カリウム K_2CrO_4 は水に不溶である。
- (e) ニッケルとクロムの合金には、適度に電気抵抗が大きく電熱線に使用されているものがある。

問 8 酸化マンガン(IV)に関して、下記の反応の化学反応式を解答欄(i)および(ii)にそれぞれ書け。ただし、触媒として作用する物質は、化学反応式に含めないこと。

- (i) 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱したときの反応
- (ii) 酸化マンガン(IV)に塩素酸カリウムを加えて加熱したときの反応

——このページは白紙——

- 3 次の文章〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕を読み、問 1 から問 12 に答えよ。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は、下記の例にならって書け。なお、立体異性体に関して、不斉炭素原子に由来する立体異性体は区別しない。



- 〔Ⅰ〕 化合物 A と B はどちらも、分子式 $C_{16}H_{18}O_6$ の化合物であり、エステル結合を 3 個もつ。化合物 A は不斉炭素原子をもっていないが、化合物 B は不斉炭素原子を 1 個もつ。化合物 A と B について実験 1 から実験 8 を行った。

実験 1 化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解した後に、酸性になるまで希塩酸を加えたところ、化合物 C, D, E と 2 価アルコールであるエチレングリコールが得られた。化合物 C は分子量 136.0 の芳香族化合物であり、化合物 E は 2 価カルボン酸であった。化合物 C, D, E は、不斉炭素原子をもっていなかった。

実験 2 化合物 C 68.0 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 176.0 mg と水 36.0 mg のみが生成した。

実験 3 化合物 C を過マンガン酸カリウムで酸化すると、化合物 C から分子量が 30.0 増加した芳香族化合物 F が得られた。化合物 F のベンゼン環に結合している水素原子のいずれか 1 個を臭素原子に置き換えた構造として可能なものは、全部で 1 種類であった。

実験 4 化合物 D は、酢酸カルシウムを乾留することで得られ、薬品の原料や除光液などに用いられる。

実験5 化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解した後に、酸性になるまで希塩酸を加えたところ、化合物 C、ヒドロキシ基をもつ化合物 G と 2 価アルコールであるエチレングリコールが得られた。化合物 C、G は、不斉炭素原子をもっていなかった。

実験6 化合物 G を二クロム酸カリウムで酸化すると、化合物 G から分子量が 14.0 増加した化合物 H が得られた。

実験7 化合物 G について、適切な反応条件を用いて脱水反応を行ったところ、炭素原子間に二重結合が形成された化合物 I が得られた。

実験8 化合物 I に臭素を反応させたところ、分子量が 159.8 増加した化合物 J が得られた。化合物 J は、不斉炭素原子をもっていなかった。

問 1 化合物 C の分子式を書け。

問 2 化合物 C と F の構造式をそれぞれの解答欄に書け。

問 3 化合物 D の名称を書け。

問 4 化合物 E の構造式を書け。

問 5 化合物 A の構造式を書け。

問 6 化合物 J の構造式を書け。

問 7 化合物 B の構造式を書け。不斉炭素原子には*印をつけよ。

〔Ⅱ〕 安息香酸は天然樹脂に含まれる芳香族カルボン酸であり，防腐剤，医薬品，染料，香料などの原料に用いられる。安息香酸に関して実験 9 から実験 11 を行った。

実験 9 安息香酸に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると気体が発生した。

実験10 適切な触媒を用いてアセチレンに安息香酸を付加させると，安息香酸から分子量が 26.0 増加した化合物 **K** が得られた。化合物 **K** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えても気体は発生しなかった。

実験11 化合物 **K** の付加重合によって，高分子 **L** が得られた。222.0 g の高分子 **L** のエステル結合を 0.60 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解し，高分子 **M** を合成した。

問 8 安息香酸について，次の (a) から (e) の記述の中で正しいものをすべて選び，解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 水溶液中でわずかに電離して，弱い塩基性を示す。
- (b) エーテル溶液中で単体のナトリウムと反応して，水素を遊離させる。
- (c) フェーリング液を還元する。
- (d) ベンゼン環の炭素原子に結合したカルボキシ基の *o*-位にヒドロキシ基をもつ化合物はサリチル酸と呼ばれ，医薬品の原料になる。
- (e) 現在，工業的にはクメン法と呼ばれる方法によって合成されている。

問 9 実験 9 の反応を化学反応式で示せ。ただし，安息香酸は構造式で書け。

問10 化合物 **K** の構造式を書け。

問11 実験 11 の下線部の反応で、理論上必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積 [L] を求め、その数値を有効数字 2 桁で書け。このとき、高分子 L は 100 % 加水分解したものとする。

問12 高分子 M 22 g を 15 % ホルムアルデヒド水溶液で処理したところ、高分子 M のヒドロキシ基の 32 % がアセタール化し、高分子 N が生成した。

(1) 高分子 N の名称を書け。

(2) 生成した高分子 N の質量 [g] を求め、その数値を有効数字 2 桁で書け。

——このページは白紙——

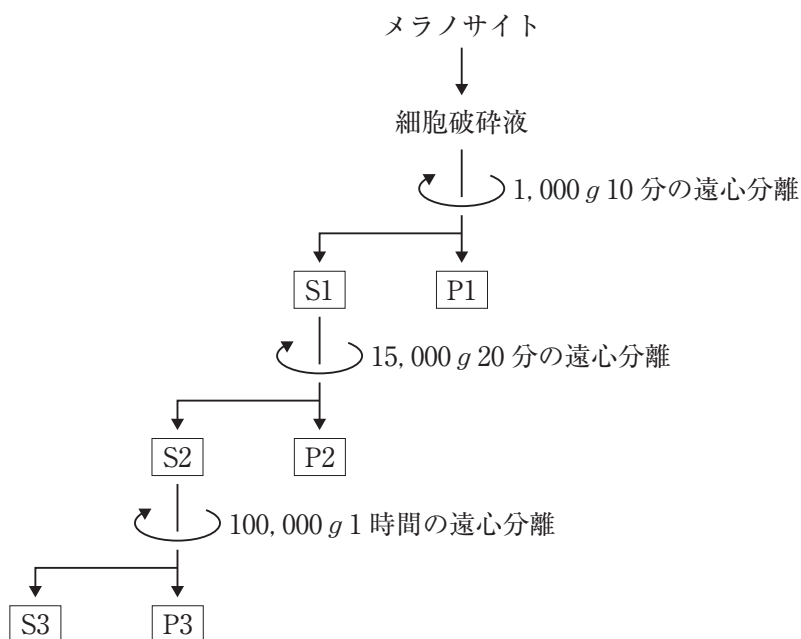
——このページは白紙——

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えよ。

生命の基本単位である細胞は、リン脂質が多数集まった膜によって外界から隔てられている。細胞は細胞膜を介して糖やアミノ酸などの栄養物質を取り込む必要があるが、これらの物質は細胞膜を直接通過することができない。そこで、外界からの物質を取り込むために、細胞は2つのしくみを備えた。1つは、細胞膜を貫通して存在する を介して行うもので、膜に選択的な通路を形成することによって、特定の物質を細胞内に取り込む。例えば、おもにイオンの輸送に働くチャネルや、アミノ酸や糖など極性のある物質を運搬する がその代表例である。もう1つは、細胞膜が内側に陥入し、外界の物質を含む小胞を形成するもので、この現象を という。 によって取り込まれた小胞の一部は と融合することにより、取り込んだ物質が分解される。

真核生物の細胞内には、原核生物とは異なり、膜で包まれたさまざまな細胞小器官や特有の構造体が存在し、独自の機能を発揮している。これらの細胞小器官はそれぞれ密度が異なるため、段階的に遠心分離することが可能で、分離後にその機能を調べることができる。一般的な動物細胞は無色透明なため、遠心分離によって得られた分画(上澄みあるいは沈殿)にどのような細胞小器官が含まれているか、見た目では判断できない。しかし、メラノサイト(色素細胞の一種)のように、黒色のメラニン(肌や毛髪に沈着する色素)を産生する特殊な細胞小器官(メラノソーム)を持つ場合には、回収された分画を肉眼で判別することができる。メラノソームはメラノサイトに特有の細胞小器官であるが、内部が酸性で一般的な細胞に見られる に由来するものと考えられている。図1にメラノサイトの細胞破碎液から段階的な遠心分離を行い、3種類の上澄み(S1～S3)と沈殿(P1～P3)を得た一例を示した。各分画の色を検討した結果、黒色のメラノソームはP2の分画に回収されていることが明らかになった。また、電子顕微鏡などを用いた観察から、P1とP3の分画にはそれぞれ と という細胞小器官がおもに含まれていることも明らかになった。



※ g は重力の単位で遠心力の強さを示し、数字が大きくなるほど遠心力が強くなる。

図 1

問(1) 文章内の ア ～ カ に適切な語句を記入せよ。

問(2) 下線部(a)について、原核生物と真核生物に共通して存在し、タンパク質を合成する構造体の名称を1つ記せ。

問(3) 下線部(b)について、この分離法の名称を記せ。

問(4) 下線部(c)について、P2の分画にはメラノソーム以外にも他の細胞小器官が含まれていた。この細胞小器官の膜を緑色蛍光タンパク質で標識し、生きた細胞内で観察したところ、分裂する現象が観察された。この細胞小器官が持つ構造的な特徴を3つ記せ。

問(5) 図1により得られたS2の分画を用いて、次の実験A～Dを行った。図2に示した実験結果をもとに、以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。

実験A S2の分画に、ある種の細胞外に分泌されるタンパク質XのmRNAを加えて反応させた後、新たに合成されたタンパク質Xを電気泳動(タンパク質を分子量で分離する手法)により分離し、可視化した。S2とmRNAの組み合わせではタンパク質Xのバンドが見られたが、S2のみやmRNAのみではバンドは見られなかった。

実験B S2の分画にタンパク質XのmRNAを加えて反応させた後、タンパク質分解酵素による処理を行ったが、^(d)合成されたタンパク質Xのバンドの位置や濃さに特に変化は見られなかった。一方、界面活性剤(膜を溶解する物質)で処理した後、タンパク質分解酵素を作用させるとタンパク質Xのバンドが消失した。

実験C タンパク質Xの2番目のアミノ酸から21番目のアミノ酸を削除した欠損型タンパク質XのmRNAを人為的に作製した。このmRNAをS2と反応させた後、実験Bと同様にタンパク質分解酵素による処理を行った。その結果、界面活性剤の添加の有無とは関係なく、タンパク質分解酵素により欠損型タンパク質Xのバンドが消失した。

実験D 培養したメラノサイトにタンパク質Xを発現させたところ、培養液中(細胞外)にタンパク質Xが分泌された。この細胞外のタンパク質Xを回収し、実験Aのように試験管内で合成したタンパク質Xと比較したところ、分子量が明らかに大きかった。^(e)

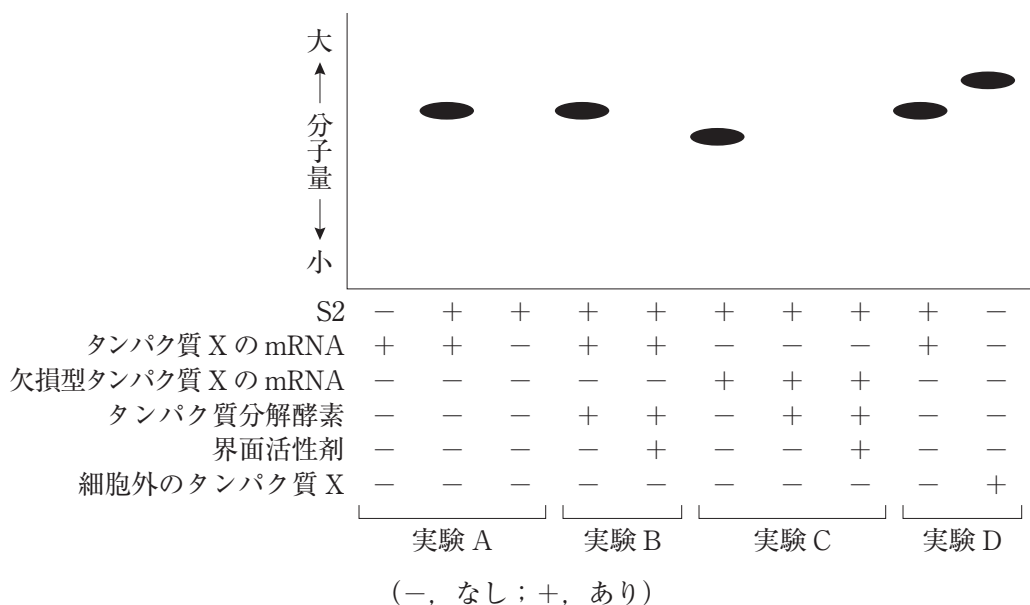


図 2

- (i) 下線部 (d) について，合成されたタンパク質 X がタンパク質分解酵素で分解されなかった理由を，界面活性剤ありの結果と比較しながら 5 行以内で記せ。
- (ii) 実験 B と実験 C の結果の比較により，このタンパク質 X において欠損させた 20 個のアミノ酸 (2 番目から 21 番目) にはどのような機能があると想定されるか，5 行以内で記せ。
- (iii) 下線部 (e) について，細胞外に分泌されたタンパク質 X の分子量が大きくなった理由を，糖，ゴルジ体，輸送という 3 つのキーワードを用いて 6 行以内で記せ。

2

次の〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕の文章を読み, 以下の問(1)~(9)に答えよ。

〔Ⅰ〕 図1のように, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} を含む培養液の中に神経細胞を1つ入れた。その後, 神経細胞に微小な記録電極を挿入して, 膜電位を測定した。この神経細胞に電気刺激を与えると, 活動電位が発生し, 図2のような一連の電位変化が記録された。

このような活動電位の発生には, 細胞膜に存在するチャネルが重要である。
(a)

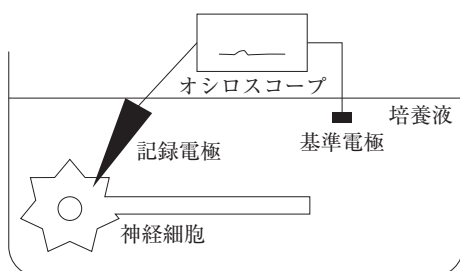


図1

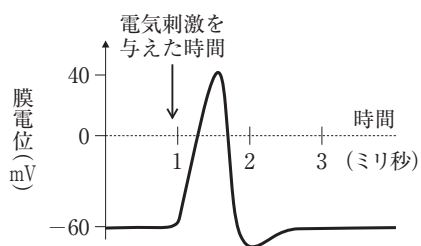


図2

問(1) 下線部(a)について, 活動電位の発生は, K^+ と Na^+ のどのような細胞内外の移動によって説明されるか, それぞれのイオンについて細胞内外の流れの順番と, そのような流れによって起こる膜電位の変化を含めて, 4行以内で記せ。

問(2) 神経細胞が正常な活動電位を繰り返し発生させるためには, ATP が必要である。どのようなしくみに ATP が必要か, 3行以内で記せ。

問(3) 図1において培養液中の K^+ 濃度を2倍に上昇させた。その後, 数分間この神経細胞に電気刺激を与えて活動電位を発生させると, 神経細胞の静止電位は -40 mV に上昇した。この理由を, K^+ 濃度と濃度勾配という2つのキーワードを用いて5行以内で記せ。

問(4) シナプスにおける伝達と神経伝達物質について、以下の①～⑤の中から適切な記述を2つ選び、その番号を記せ。

- ① 神経伝達物質の放出は、活動電位の発生とは無関係に起こる。
- ② 神経伝達物質の放出は、シナプス前細胞から起こり、これらの物質は拡散して、他の細胞に回収されるか、酵素によって速やかに分解される。
- ③ 伝達においては、シナプス後細胞の細胞内外ではイオンの流入や流出は起こらないが、神経伝達物質の取り込みが行われる。
- ④ 1つのシナプスにおいて、神経伝達物質を含むシナプス小胞の数は1つである。
- ⑤ 一部のアミノ酸は、神経伝達物質として用いられる。

〔Ⅱ〕 図3のように、図1とは異なる神経細胞を K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} を含む培養液の中に入れた。この神経細胞には、遺伝子を導入する技術を用いて、光を受容する性質のあるタンパク質Aを発現させた。このタンパク質Aはチャネルであり、青色の光を照射するとチャネルが開いて、陽イオンが細胞内に流入する。この神経細胞に青色の光を1ミリ秒間、1回照射すると、図2のような活動電位の発生が確認された。この実験で用いる青色の光は、1つの神経細胞のみに照射範囲を限定するような光であるとする。

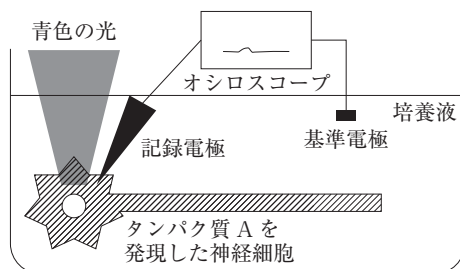


図 3

さらに，図4のように，もう1つの神経細胞を培養液に入れると，図3の神経細胞をシナプス前細胞として，シナプスが形成された。次に，シナプス後細胞に記録電極を挿入して膜電位を測定した。シナプス前細胞に青色の光を照射すると，シナプス伝達が起こり，図5のように膜電位が上昇する興奮性シナプス後電位が記録された。

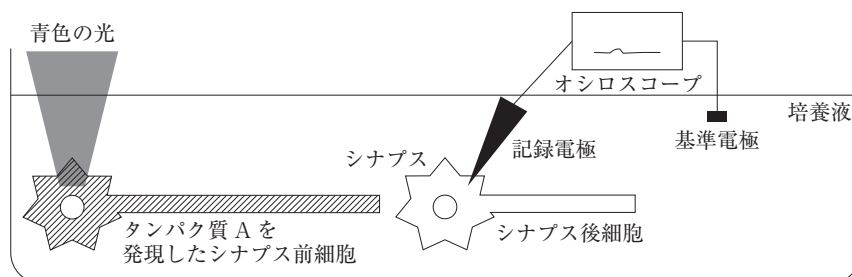


図4

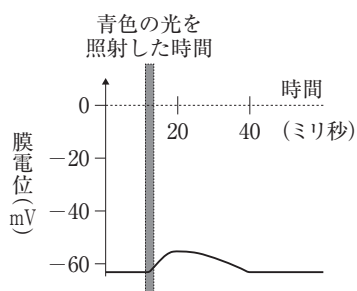


図5

問(5) 図5の条件において，培養液を Ca^{2+} を含まない培養液に置換した場合，この培養液中でシナプス前細胞に青色の光を1回照射すると，シナプス後細胞にはどのような膜電位が記録されるか，図5にならって図示せよ。

問(6) 次に、 Ca^{2+} を含む培養液に戻し、さらにタンパク質 A を発現させた神経細胞を 4 つ加えると、図 6 のように、これらの神経細胞はシナプス前細胞として興奮性シナプスを形成した。そこで、シナプス前細胞に #1 から #5 まで番号を付けた。このような条件において、さまざまな数のシナプス前細胞の組み合わせを選び、青色の光を同時に照射して、興奮性シナプス後電位を計測するような実験を計画した。全部で何通りの組み合わせが必要となるか記せ。ただし、この実験では、最低 1 つ以上のシナプス前細胞に青色の光を照射するものとする。

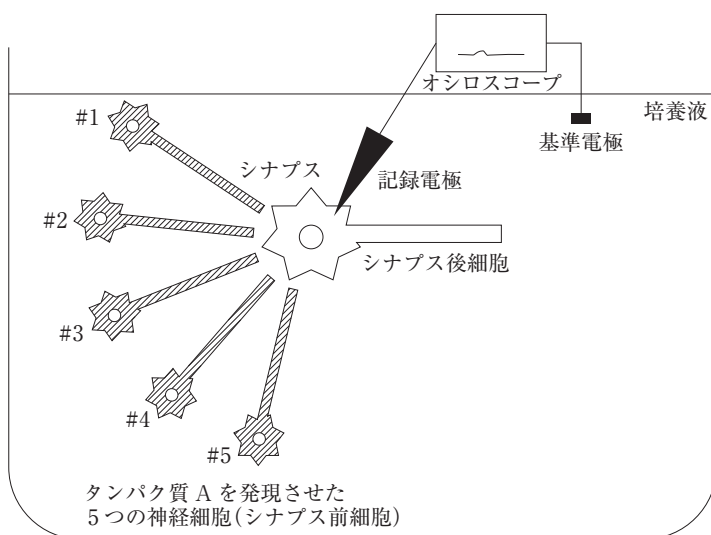


図 6

問(7) 問(6)の実験における5つのすべてのシナプスでは、興奮性シナプス後電位は等しいとする。この条件において、同時に青色の光を照射するシナプス前細胞の数を1つから5つまで徐々に増やしていくと、4つのシナプス前細胞へ同時に青色の光を照射したときに、シナプス後細胞において興奮性シナプス後電位に加えて、活動電位の発生が初めて確認された。同じ実験を数分おきに10回繰り返したところ、すべて同じ結果が観察された。この実験結果を踏まえて、横軸に青色の光を照射したシナプス前細胞の数、縦軸にシナプス後細胞の活動電位の発生確率を図示せよ。解答は図7を参考にし、点を直線で結んで表せ。

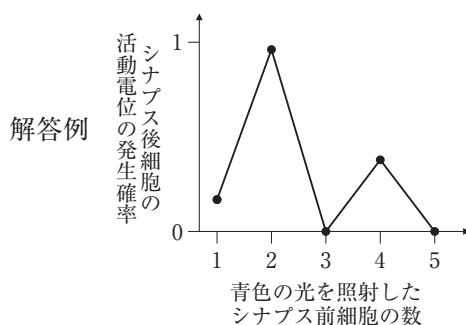


図7

問(8) ヒトの脳は、数百億個の神経細胞から構成され、これらがシナプスを形成することで複雑なネットワークを形成している。このようなネットワークの中で、それぞれの神経細胞がランダムなパターンで他の神経細胞とシナプスを形成し、それらがランダムな大きさの興奮性シナプス後電位を発生させて、シナプス伝達を行うと考えられる。こうした条件において、さまざまな数のシナプス前細胞に活動電位を生じさせて、20 ミリ秒以内に活動電位を生じたシナプス後細胞の数を計測する実験を行った。その結果を図示したグラフとして、最も適切なものを図8の①～④の中から選び、その番号を記せ。このグラフにおける細胞数は十分に大きいものとする。

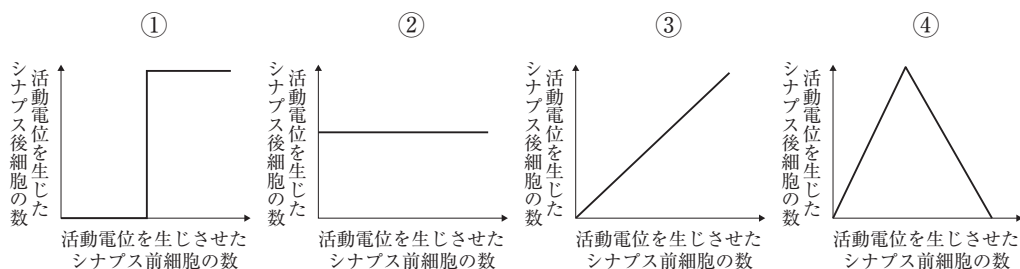


図 8

問(9) 脳の構造と機能を説明した以下の文章内の ア ～ エ に適切な語句を記入せよ。

ア は運動を調節し、体の平衡を保つために重要である。イ は呼吸や心拍動など生命維持にかかわる機能を調節する。ウ は視床や視床下部からなり、視床下部は体温を調節する。大脳は運動や感覚などの情報処理を担い、その外層において、神経細胞の細胞体が集まっている構造を エ という。

3

次の文章を読み、以下の問(1)～(6)に答えよ。

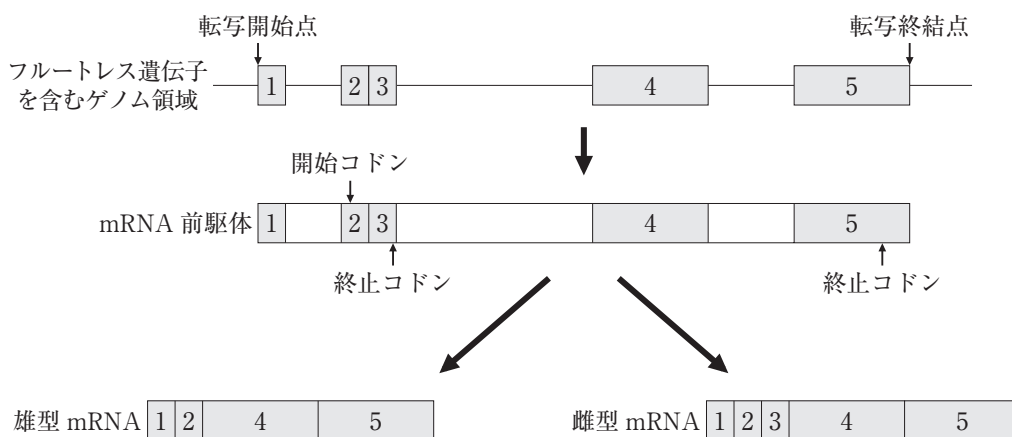
ショウジョウバエにおいて成体の雄は雌に対して求愛行動を示す。雄は雌を見つ^(a)けると、近づいて体の向きを合わせたあとに、雌の腹部に触れる。その後、雄は羽音を出して求愛する。雄の求愛を雌が拒絶をしなければ雄は交尾に成功する。この求愛行動にフルートレス遺伝子が関わるかを調べるために、フルートレス遺伝子が突然変異した変異体^(b)を用いて求愛行動を観察する実験を行った。その^(c)結果、雄の変異体は雌に求愛しないことがわかった。一方で、雌の変異体はフルートレス遺伝子が突然変異していない野生型と同様の行動を示した。

問(1) 下線部(a)で示す動物の求愛行動についての以下の説明文を読み、文章内の ～ に適切な語句を記入せよ。

動物の行動には遺伝的にプログラムされた 行動と、生まれてからの経験によって変化する による行動がある。動物において遺伝的にプログラムされた特定の行動を引き起こす刺激を 刺激という。ショウジョウバエやイトヨの求愛行動では1つの行動が相手の次の行動の 刺激となり、一連の複雑な行動を示す。これを行動の と呼ぶ。

問(2) 下線部(b)で示すフルートレス遺伝子の転写についての以下の説明文を読み、文章内の オ ～ キ に適切な語句を記入せよ。

ショウジョウバエの脳では単一のフルートレス遺伝子から雄と雌で異なる mRNA が転写される。図 1 ではフルートレス遺伝子から mRNA が作られる過程を模式的に示しており、矢印で転写開始点、転写終結点、開始コドン、終止コドンの位置を示している。真核生物では 1 つの遺伝子には オ と カ という 2 種類の領域が存在し、転写開始点から転写終結点までの全ての オ と カ が RNA に転写される。ここで転写された RNA は mRNA 前駆体という。mRNA 前駆体から特定の組み合わせの オ が選択され、選択された オ の端がつながって、mRNA が完成する。フルートレス遺伝子の場合、図 1 のように雌では 1 番目から 5 番目までの オ が選択されるが、雄では 3 番目の オ が選択されない。このように単一の遺伝子から複数の異なる mRNA を転写するしくみを キ という。雄型 mRNA からは転写を調節するタンパク質(調節タンパク質)が翻訳され、第 4 の オ に調節タンパク質としての機能に必要なアミノ酸配列がコードされている。雄型 mRNA から翻訳された調節タンパク質はさなぎから成体になる過程で神経発生に働くことがわかっている。



フルートレス遺伝子の構造は簡略化して示している。

図 1

問(3) フルートレス遺伝子の翻訳について、以下の(i), (ii)の問いに答えよ。

(i) タンパク質合成に働く翻訳の機構について、以下の①～⑥の中から正しい記述を2つ選び、その番号を記せ。

- ① 開始コドン(AUG)に対応するアンチコドン(UAC)を持つ tRNA が直接結合することで、翻訳が開始する。
- ② RNA はデオキシリボースといわれる糖、塩基からなるヌクレオチドが鎖状に結合した物質である。
- ③ 真核生物では核内で mRNA の情報を元にタンパク質が翻訳される。その後、合成されたタンパク質は核内から細胞質に移動する。
- ④ すべてのウイルスの遺伝物質は RNA であり、RNA から DNA を合成する酵素をもつ。
- ⑤ 原核生物では真核生物と同様に mRNA の転写が終了してから、翻訳が開始する。
- ⑥ tRNA は一部の塩基が水素結合をかいして対をつくっている。

(ii) フルートレス遺伝子の雌型 mRNA からは調節タンパク質としての機能をもったタンパク質が翻訳されない。その原因を2行以内で記せ。

問(4) 下線部(c)で示すように、フルートレス遺伝子の変異体で雌の行動に変化がなかった理由を2行以内で記せ。

問(5) 下線部(d)の神経発生とは、受精卵から機能を持った神経系が形成されるまでの一連の過程を指す。ショウジョウバエではさなぎから成虫になる時期に脳で神経回路の大きな再編が生じて、成体の行動に必要な神経回路が形成される。このことについて、以下の(i), (ii)の問いに答えよ。

(i) 神経発生について、以下の①～⑦の中から正しい記述を3つ選び、その番号を記せ。

- ① BMPが調節タンパク質として働くことで、外胚葉の細胞は表皮に分化する。
- ② ノギンやコーディンというタンパク質がBMPの働きを阻害することで、外胚葉の細胞を神経に分化する。
- ③ イモリでは後期原腸胚において形成体(オーガナイザー)が未分化な領域に働きかけて、神経に分化させる。
- ④ 形成体は β カテニンを細胞外に分泌することで、周辺の未分化な領域に働きかけることができる。
- ⑤ イモリの神経胚で予定神経域を予定表皮域に移植した場合、その移植片は神経になる。
- ⑥ 適切な標的細胞とシナプスを形成できなかった神経細胞はエネルギーを保持するために細胞分裂を停止する。
- ⑦ 頻繁に活動するシナプスはエネルギーを消費するため消滅する。

(ii) フルートレス遺伝子の雄型 mRNA から翻訳される調節タンパク質の機能について、以下の①～⑤の中から正しい記述を2つ選び、その番号を記せ。

- ① フルートレス遺伝子から発現する調節タンパク質はニューロンの軸索から細胞外に分泌されることで、他のニューロンとのシナプス形成を促進する働きがある。
- ② フルートレス遺伝子から発現する調節タンパク質は神経形成に関わる遺伝子の転写を制御することで、雄の求愛に関わる神経回路の形成に働くと考えられる。
- ③ フルートレス遺伝子の雄型 mRNA から翻訳される調節タンパク質は特定の RNA 配列に結合する働きがある。
- ④ フルートレス遺伝子の変異体では調節タンパク質の機能が欠損しており、雌の脳において求愛行動に必要な神経回路がなくなっている。
- ⑤ フルートレス遺伝子の雄型 mRNA から翻訳される調節タンパク質はホメオティック遺伝子がコードするタンパク質と同様に遺伝子発現を制御する働きがある。

問(6) 遺伝子導入技術を用いて、ショウジョウバエの雌において、特定の脳領域に雄型のフルートレス mRNA を転写させる実験を実施した。表 1 では各系統で雄型 mRNA を転写させた脳領域を示しており、各系統においてその脳領域は異なっている。例えば系統 1 では、A, D, E, F という 4 つの脳領域で雄型 mRNA が転写されている。系統 1 ～ 9 まで使用して雌の集団を観察したところ、系統 1, 4, 6 において、雌が他の雌に対して、下線部 (a) で示す雄のような求愛行動をする様子が観察された。一方で、他の系統では、雌の求愛行動は観察されなかった。系統 1, 4, 6 において雄型 mRNA から翻訳された調節タンパク質が「いつ」「どの脳領域で」「どのように」働くことによって、雌が雄と同じような求愛行動をするようになったのか、2 行以内で記せ。

表 1

脳の領域名	A	B	C	D	E	F	G	H
系統 1	+	—	—	+	+	+	—	—
系統 2	—	+	+	+	—	—	—	—
系統 3	+	—	—	+	—	—	+	+
系統 4	—	+	+	—	+	+	—	—
系統 5	+	—	—	+	—	+	+	+
系統 6	+	+	+	—	+	—	—	—
系統 7	+	+	—	—	—	+	—	—
系統 8	—	—	+	+	—	—	—	—
系統 9	—	+	—	—	—	+	+	+

遺伝子導入技術で作製した 9 つのショウジョウバエ系統において雄型 mRNA を転写させた脳領域を +, 転写させなかった脳領域を — で示す。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

地 学

1 次の文章を読み、以下の問 1～5 に答えよ。

宇宙の構造や天体の性質を調べる上で、天体までの距離を知ることは重要である。距離測定にはさまざまな方法が考案されており、それぞれの手法を適用できる距離範囲は異なる。近くから遠くまで、有用な距離指標を順につないでいくことによって、太陽近傍から宇宙の最遠方までの天体の距離を知ることができるようになっている。これを宇宙の「距離はしご」とよんでいる。

太陽近傍のおよそ 1 千パーセク以内では、主に年周視差^(a)による方法が適用される。銀河系内の数千パーセク以内では、恒星の分光視差^(b)を測定することができる。銀河系外に出ると、1 億光年以内の近傍銀河までの距離は、最も明るい恒星や球状星団、脈動変光星を使う方法^(c)などがある。さらに遠くの銀河になると、渦巻銀河の回転速度を使う方法や、Ia 型超新星を使う方法^(d)が適用され、最も遠いところでは、ハッブル・ルメートルの法則^(e)が使われる。

問 1 下線部 (a) に関して、1 パーセクは何キロメートルか、パーセクの定義にしたがって計算し、有効数字 1 桁で示せ。計算の過程も示せ。なお、円周率 (π) は 3.1 とする。

問 2 下線部 (b) に関して、主系列星に適用した場合、どのような原理で星までの距離を求められるか、3 行以内で説明せよ。

問 3 下線部 (c) に関して、ケフェウス座 δ 型変光星について、二つの物理量の間にどのような関係があるために距離指標として使えるのか、その関係性を 1 行で説明せよ。

問 4 下線部(d)に関して, Ia 型超新星にどのような性質があるために距離指標として使えるのか, その性質を 1 行で説明せよ。

問 5 下線部(e)に関して, 次の問(1), (2)に答えよ。

(1) ハッブル・ルメートルの法則を 2 行以内で説明せよ。

(2) ハッブル・ルメートルの法則を使って, どのように遠方銀河までの距離を測定できるか, その原理と観測手法について 5 行以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、以下の問1～4に答えよ。

地球の表面は十数枚のプレートに分かれて運動している。これらプレートどうしの衝突や沈み込みに伴って、山脈や海溝などの地形が形成され、地震などの現象が生じる。

海嶺軸で形成された海のプレート(リソスフェア)は、水平方向に移動したのち、海溝やトラフから沈み込む。太平洋の海洋底の年代は、最も古い場所でも約2億年前であり、これは地質年代では^(a) ア 紀にあたる。海のプレートの動きは、ホットスポットの火山活動の痕跡から知ることができる。

^(b)海嶺や海溝のようなプレート境界で発生する地震は、プレートの動きに応じた型の断層運動で発生する。プレートが収束する境界では イ 型の断層運動による地震が、拡大する境界では ウ 型の地震が多い。東北地方では、日本海溝から沈み込む太平洋プレートに沿って活発な地震活動がみられる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震も、そのようなプレートの沈み込みに関係した地震であり、それに伴う津波は東日本のみならず震源から遠く離れた場所にも到達した。^(c)

問1 ア ～ ウ に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、海洋底の年代はどのようにして調べることができるか、2行以内で説明せよ。

問3 下線部(b)に関して、ホットスポットの火山活動の痕跡からどのようにしてプレートの移動方向と速さを知ることができるか、4行以内で説明せよ。

問4 下線部(c)に関して、太平洋を伝播^{でんぱ}する津波の速さを考える。太平洋の平均的な水深を4.0 kmとして、波長が水深に対して十分に長い津波が進む速さ[km/時]を、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、重力加速度は10 m/s²を使用せよ。

——このページは白紙——

3

次の問 1 ～ 4 に答えよ。

問 1 地下深部では、マントルを構成するかんらん岩が融けて玄武岩質マグマが発生することがある。そのマグマが地表へ上昇し噴出している場所が、海嶺や沈み込み帯などである。海嶺の地下と沈み込み帯でかんらん岩が融ける理由を、それぞれ 3 行以内で説明せよ。

問 2 地下深部でかんらん岩が融けてマグマが発生するとき、初めに発生するマグマ(初生マグマ)とかんらん岩の化学組成は異なる。初生マグマとかんらん岩の化学組成に違いが生じる理由を 2 行以内で説明せよ。

問 3 マントルで発生したマグマが上昇する理由を 2 行以内で説明せよ。

問 4 大規模な爆発的火山噴火では、火山灰や火山ガスを含む噴煙が成層圏まで達することがある。火山灰や火山ガスが成層圏に到達してとどまると、数年間にわたり地表の気温が低下することがある。成層圏へ噴煙が到達するような爆発的な噴火が地表の気温を低下させる仕組みについて、次の語句をすべて用いて 2 行以内で説明せよ。

{ エーロゾル, 太陽放射 }

——このページは白紙——

4 次の文章を読み、以下の問1～3に答えよ。

地球は水の惑星である。恒星周辺において、惑星表面で液体の水が存在できる温度が保たれている領域を といい、地球はこの領域内に位置している。地球の水の起源は、原始地球に衝突した に含まれる水が蒸発して、原始大気の成分となった水蒸気であると考えられている。金星や火星の大気にも、初期には地球と同じように水蒸気が存在したと考えられている。現在の火星では、固体の水はあるが、液体の水は存在しない。^(a)

原始海洋は、原始地球の地表が冷え、大気中の水蒸気が雨となって地表に降ることによって形成された。その後、地球上の水は、太陽エネルギーを原動力として、海水・陸水と状態を変えながら自然界を循環している。

問1 , に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、なぜ現在の火星では液体の水は存在しないのか、その理由を、次の語句をすべて用いて4行以内で説明せよ。

{ 質量, 表面温度, 温室効果 }

問3 図1は、地球を陸および海と、それぞれの上の大気の4つのブロックに分け、地球上の水循環を簡略化したものである。ブロック中の数字は各ブロックに存在する水の量 $[10^3 \text{ km}^3]$ を表し、矢印に添えた数字および(A)はブロック間の水の交換量 $[10^3 \text{ km}^3/\text{年}]$ を表している。なお、海上の大気と陸上の大気の間矢印に添えた数字は、両者間の水蒸気の輸送 $[10^3 \text{ km}^3/\text{年}]$ を差し引きした値を表している。また、陸と海の間矢印に添えた数字は、両者間の水の交換量 $[10^3 \text{ km}^3/\text{年}]$ を差し引きした値を表している。この図1について、次の問(1)～(3)に答えよ。

(1) 図1中(A)の交換量 $[10^3 \text{ km}^3/\text{年}]$ を求めよ。計算の過程も示せ。

- (2) 大気における水の滞留時間は何日か，小数点以下を四捨五入して答えよ。計算の過程も示せ。
- (3) 陸上では，蒸発量よりも降水量が上回る。その理由を，図1の海陸間の水輸送に基づいて2行以内で説明せよ。

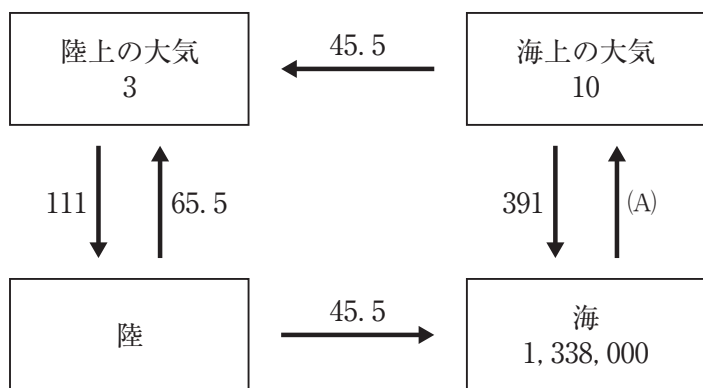


図1

5

次の問 1 ～ 4 に答えよ。

問 1 マグマの結晶分化作用について、次の語句をすべて用いて 7 行以内で説明せよ。

{ Mg^{2+} , 有色鉱物, SiO_2 , Fe^{2+} }

問 2 石質隕石であるコンドライトにはコンドリュールが含まれている。コンドリュールの形成過程について、2 行以内で説明せよ。

問 3 木星の衛星であるイオには活発な火山活動が見られる。イオの内部が高温になっている理由について、2 行以内で説明せよ。

問 4 星間雲から太陽が主系列星になるまでの過程について、次の語句をすべて用いて 6 行以内で説明せよ。

{ 核融合, 原始星 }

