

平成28年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理	1～14
化 学	15～27
生 物	28～50
地 学	51～58

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 解答用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、小球とおもりの大きさおよびこれらにはたらく空気抵抗は無視できるものとする。

I 図 1 に示すように、表面がなめらかな平面と曲面があり、それぞれの面は段差なくつながっている。点 B と点 C を含む水平面を基準面とし、点 A、点 D、点 E は基準面から高さ h [m] の位置にある。

いま、点 A にある質量 $2m$ [kg] の小球 a と、点 D にある質量 m [kg] の小球 b を同時に静かにはなした。その後、小球 a と小球 b は斜面に沿って進み、基準面上で完全弾性衝突し、それぞれ反対向きに進んだ。さらに、小球 a は点 B を再度通過した。一方、小球 b は点 C を再度通過したあと、点 D から水平面との角度 θ [rad] $\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$ で空中に飛び出し、点 E に落下した。

- (1) 基準面上において、小球 a が小球 b と衝突する前の速さ v_a [m/s] を g , h を用いて表せ。
- (2) 基準面上において、小球 a と小球 b の衝突したあとの小球 a の速さ v_a' [m/s] および小球 b の速さ v_b' [m/s] を g , h を用いて表せ。
- (3) 小球 a が小球 b と衝突したあと、到達する最高点の基準面からの高さ h_a [m] を h を用いて表せ。
- (4) 小球 b が点 D から空中に飛び出すときの速さ v_b'' [m/s] を g , h を用いて表せ。

(5) 小球 b が描く軌跡上の最高点 P の基準面からの高さ h_p [m] を v_b , h , θ , g を用いて表せ。

(6) 小球 b が落下する床面の点 E の点 D からの距離 x [m] を v_b , θ , g を用いて表せ。

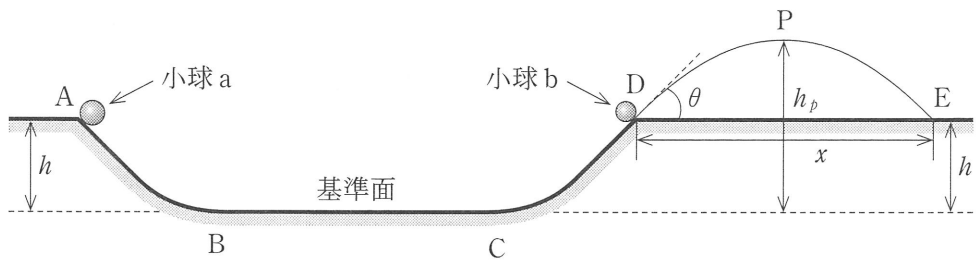


図 1

II 図2に示すように、なめらかな水平面 AB と点 O' を中心とする半径 r [m] の半円筒状のなめらかな壁面 BC が段差なくつながっている。水平面 AB 上の点 A に質量 m [kg] の小球がある。点 A の真上にある高さ $3r$ [m] の固定点 O に長さ $3r$ [m] の軽くて伸び縮みしない糸で質量 $2m$ [kg] のおもりがつるされている。糸がたるまないようにおもりを鉛直から角度 α ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ [rad]) の位置まで持ち上げ、静かにはなした。このおもりが点 A で小球と完全弾性衝突したあと、小球は水平面 AB と壁面 BC に沿って運動し、BC 上の点 P から壁面をはなれて落下した。O'P と水平面との角度は $\frac{\pi}{6}$ [rad] である。

(7) 点 A における衝突直前のおもりの速さ v_1 [m/s] および衝突直後の小球の速さ v_2 [m/s] を g , r , α を用いて表せ。

(8) 点 P における小球の速さ v_3 [m/s] を g , r を用いて表せ。

(9) $\cos \alpha$ の値を分数で求めよ。

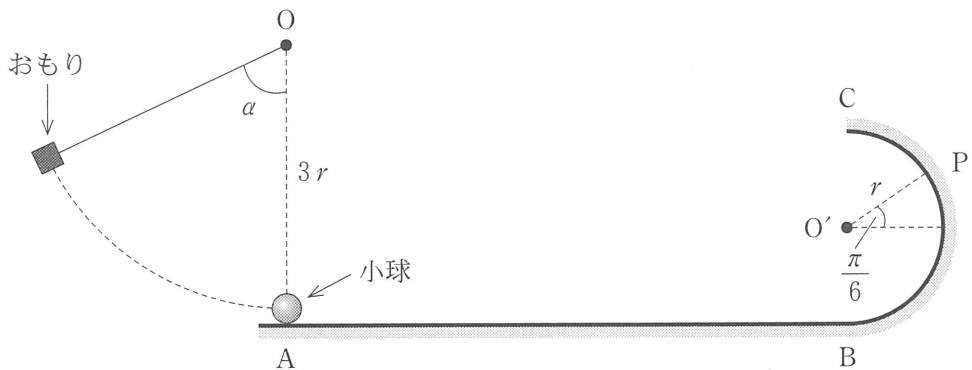


図2

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、起電力 12.0 V の電池 E 、抵抗値が $32.0\ \Omega$ の抵抗 R_1 、可変抵抗 R_2 、電球 Q_1 と Q_2 から成りたつ回路がある。導線の抵抗と電池の内部抵抗は無視できるものとし、抵抗 R_1 に流れる電流を $I_1[\text{A}]$ 、可変抵抗 R_2 に流れる電流を $I_2[\text{A}]$ とする。また、電球 Q_1 と Q_2 にかかる電圧をそれぞれ $V_1[\text{V}]$ 、 $V_2[\text{V}]$ とする。図2は電圧と電流の特性を表すグラフであり、曲線は表1に示す10点を通るものとする。

(ア) 電流 $I_1[\text{A}]$ と電圧 $V_1[\text{V}]$ の関係式を表すグラフを解答用紙に描け。

(イ) 電球 Q_2 は図2の特性を持つものとする。可変抵抗 R_2 を $0\ \Omega$ にしたとき、電流 I_2 は何 A か。

(ウ) 電球 Q_1 と Q_2 はどちらも図2の特性を持つものとする。可変抵抗 R_2 を $25.0\ \Omega$ にしたとき、図1の回路の AB 間の電圧は何 V か。

(エ) 電球 Q_1 と Q_2 はどちらも図2の特性を持つものとする。 AB 間に検流計を接続し、検流計に電流が流れないように可変抵抗 R_2 の抵抗値を調節した。このとき、可変抵抗 R_2 は何 Ω か。また、回路で消費される電力は何 W か。

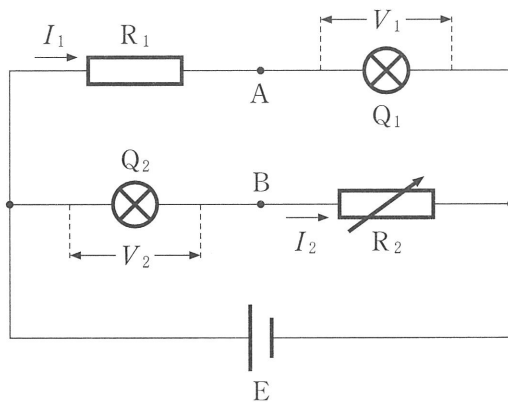


図1

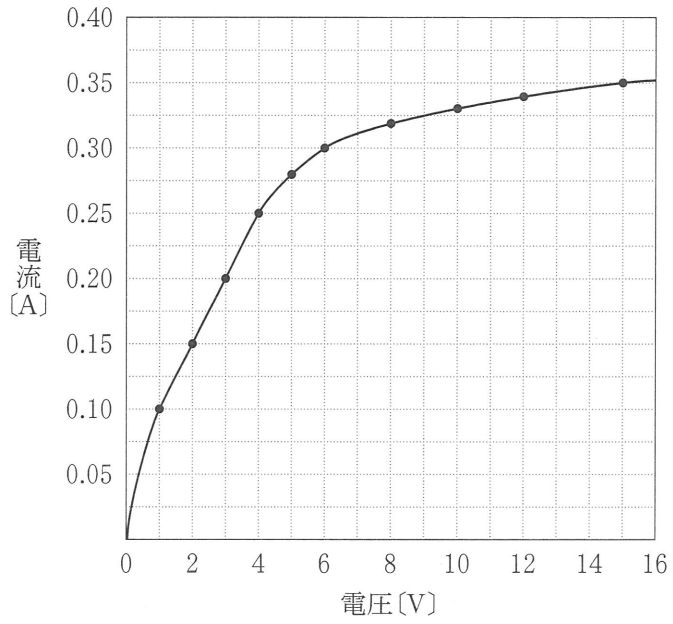


図 2

表 1

電圧 (V)	電流 (A)
1.00	0.100
2.00	0.150
3.00	0.200
4.00	0.250
5.00	0.280
6.00	0.300
8.00	0.320
10.0	0.330
12.0	0.340
15.0	0.350

II 充電された平行板コンデンサーの中に誘電体の一部を挿入すると、誘電体はコンデンサー内に吸い込まれる力を受ける。誘電体とコンデンサーの間には摩擦がないものとして、誘電体を受ける力について考える。文中の空欄に l , a , d , V_0 , ϵ , Δx のうち必要なものを用いた式を入れよ。

最初に、長さが l [m] で幅が a [m] の 2 枚の長方形金属板を空气中に l および a と比べて十分小さい距離 d [m] だけ離して向かい合わせた平行板コンデンサーを内部抵抗が無視できる起電力が V_0 [V] の電池に接続した。空気の誘電率を ϵ [F/m] とすると、十分に時間が経過した後のコンデンサーに蓄えられている電気量は $Q_0 = \boxed{\text{(オ)}} \text{ [C]}$ となる。

引き続き、図 3 のように、誘電率が 4ϵ [F/m], 長さが l [m], 幅が a [m], 厚さが d [m] の誘電体を手で保ちながら、長さ $\frac{l}{2}$ [m] だけコンデンサーの中に挿入し、引き込む力に逆らって大きさが F [N] の外力を誘電体に加え、その位置を保った。この状態におけるコンデンサーの電気容量は $C_1 = \boxed{\text{(カ)}} \text{ [F]}$ となる。その後、誘電体を挿入した向きと逆方向に微小距離 Δx [m] だけゆっくり引き出した。誘電体を引き出した後のコンデンサーの電気容量は $C_2 = \boxed{\text{(キ)}} \text{ [F]}$ となる。誘電体を引き出す前のコンデンサーに蓄えられていた電気量を Q_1 [C], 静電エネルギーを U_1 [J], 誘電体を Δx だけ引き出した後のコンデンサーに蓄えられる電気量を Q_2 [C], 静電エネルギーを U_2 [J] とすると、 $\Delta Q = Q_2 - Q_1 = \boxed{\text{(ク)}} \text{ [C]}$, $\Delta U = U_2 - U_1 = \boxed{\text{(ケ)}} \text{ [J]}$ となる。この間に電池がする仕事は $W = \boxed{\text{(コ)}} \text{ [J]}$ である。静電気力は保存力であり、誘電体をゆっくり引き出すときに回路に発生するジュール熱は無視できるものとする、コンデンサーの静電エネルギーの変化は、保存力以外がした仕事に一致するので、 $F = \boxed{\text{(サ)}} \text{ [N]}$ となる。

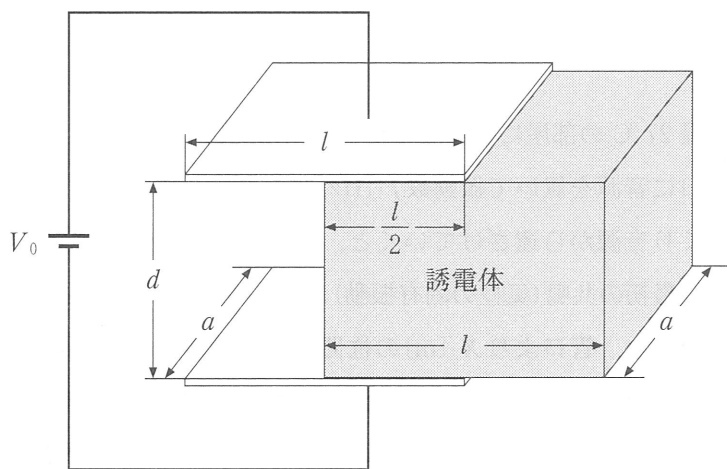


図 3

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 室温 27°C の部屋に置いたガラス管内にピストンを取り付けて閉管とし、この管口に音源を置いて振動数 f_1 [Hz] の音を出した。ガラス管内のピストンをゆっくり音源から遠ざけていくと、管口より X_1 [m] の位置まで移動させたところで最初の共鳴(気柱の固有振動)が起こった(図 1)。さらにピストンを遠ざけていくと、管口より X_2 [m] の位置まで移動させたところで 2 回目の共鳴が起こった(図 2)。また、開口端側の定常波(定在波)の腹の位置は管口より少し外側にある。管口から腹の位置までの長さを開口端補正 Δl [m] とよび、この値は常に一定とする。ただし、実験はすべて空気中で行い、室温 27°C における空気中の音速は V [m/s] とする。

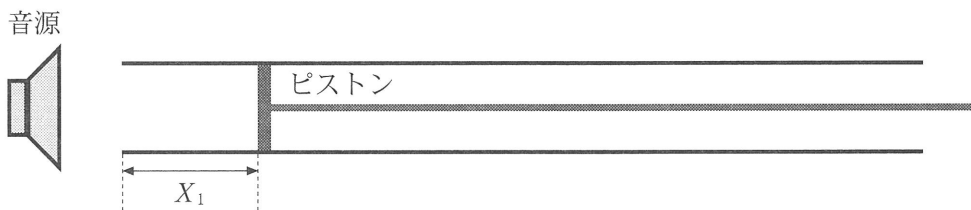


図 1

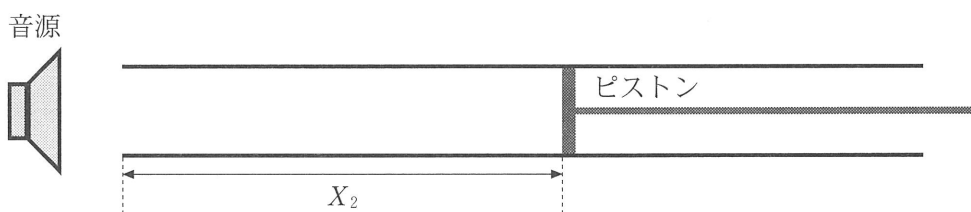


図 2

(a) 音源から出る音の波長 λ_1 [m] と振動数 f_1 [Hz] を、 V 、 X_1 および X_2 のうち必要なものを用いて表せ。

(b) 開口端補正 Δl [m] を、 V 、 X_1 および X_2 のうち必要なものを用いて表せ。

次に、同じ装置を用いて同様の実験を室温 4°C の部屋で行った。

- (c) このとき、最初の共鳴が起こってから 2 回目の共鳴が起こるまでにピストンが移動した距離 $X_2 - X_1$ [m] は、室温 27°C で実験を行ったときと比べてどうなるか。「長くなる」、「短くなる」、「変わらない」から 1 つ選び答えよ。また、その理由を説明せよ。

II 線密度(単位長さあたりの質量)が ρ [kg/m] である一様な弦の一端に、ある振動数のおんさを接続し、他端にはなめらかな滑車を通じて質量 M [kg] のおもりをとりつけた装置がある。このとき、弦がおんさと滑車に接している点は固定端とみなせるものとし、その間の距離は L [m] である。おんさを振動させると、図3のように弦に腹が8個ある定常波が生じ、この弦を伝わる波の速さは v [m/s] であった。ただし、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

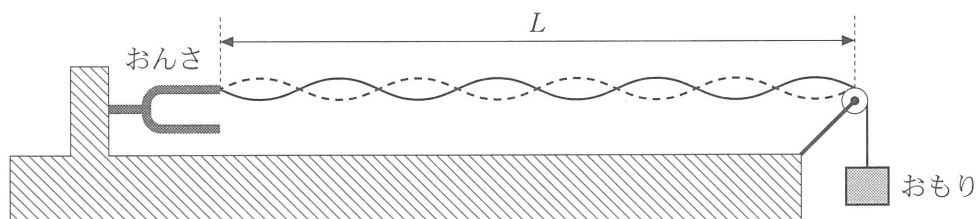


図3

(d) 図3において、弦を伝わる波の振動数 f_2 [Hz] と波長 λ_2 [m] を L , v のうち必要なものを用いて表せ。

(e) 図3の弦を伝わる波の速さ v [m/s] と振動数 f_2 [Hz] を、 M , g , ρ および L のうち必要なものを用いて表せ。ただし、張力 S [N] の力で張った線密度 ρ [kg/m] の弦を伝わる波の速さ v' [m/s] は次式のように表されるものとする。

$$v' = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

(f) ギターのような弦楽器は、弦の振動によって音を発する。弦が発する基本振動の音の高さと、弦の線密度、振動する長さおよび張力との関係を説明する以下の文章の空欄

~ には「高くなる」、「低くなる」、「変わらない」のいずれかの語句が入る。適切と思われる語句をそれぞれ選び、解答欄に記入せよ。

- ・振動する弦の長さと同張力が同じであれば、弦の線密度を大きくすると弦が発する音の高さは 。
- ・弦の線密度と同張力が同じであれば、振動する弦の長さを長くすると弦が発する音の高さは 。
- ・振動する弦の長さと同線密度が同じであれば、弦の張力を強くすると弦が発する音の高さは 。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 中心 O 、半径 r [m] の球形容器の中に単原子分子の理想気体が封入されている。図 1 は、点 A を通過した 1 個の気体分子が容器の壁面の点 P に衝突する様子を、3 点 O 、 A 、 P を含む断面で示したものである。気体分子は、すべて同じ質量 m [kg] をもち、同じ速さ v_0 [m/s] で直線運動し、容器の壁と弾性衝突を繰り返しているものとする。ただし、 OP と AP のなす角を θ 、容器内の気体分子の総数を N 個とし、分子どうしの衝突および重力の影響は無視できるものとする。

(あ) この気体分子 1 個が 1 回の衝突で壁に与える力積の大きさを m 、 v_0 、 θ を用いて表せ。

(い) この気体分子 1 個が壁に衝突してから次に衝突するまでに移動する距離と、単位時間あたり壁に衝突する回数を r 、 v_0 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

(う) 全ての気体分子が壁に与えている力の大きさを N 、 r 、 m 、 v_0 を用いて表せ。

(え) 容器内の気体の圧力を N 、 r 、 m 、 v_0 を用いて表せ。ただし、円周率には π を用いよ。

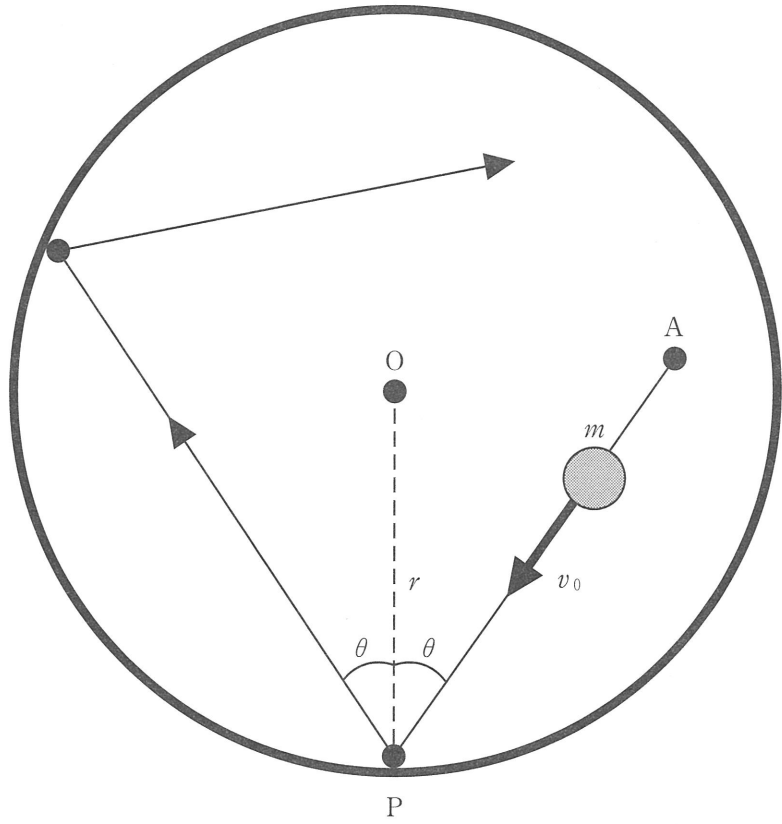


图 1

II 気体の天然ガスを液化したものを液化天然ガス(以下 LNG と表記する)とよぶ。LNG を加熱して圧力 p [Pa], 温度 T [K] の気体の天然ガスを得る 2 通りの過程を考える。

ただし, LNG の沸点 T_L [K] における単位質量あたりの蒸発熱を Δh [J/g], 気体定数を R [J/(mol·K)] とし, 気体の天然ガスは理想気体とみなす。

(お) m [g] の LNG を, 沸点 T_L [K] の状態で温度一定のまま, すべて蒸発させるのに必要な熱量 Q [J] を p , T , T_L , Δh , R および m のうち必要な記号を用いて表せ。

(か) n [mol] の LNG を体積の変化しない容器に注入した後, すべてが T [K] の気体になるまで加熱することにより p [Pa] に昇圧した。容器の体積 V [m³] を p , T , T_L , Δh , R および n のうち必要な記号を用いて表せ。

(き) n [mol] の LNG をピストンとシリンダからなる容器に封じ込め, p [Pa] よりも高い圧力の気体になるまで加熱した。さらに Q_p [J] の熱を加えて圧力が p [Pa] になるまで等温膨張させると, 天然ガスは等温膨張の過程で外部に仕事 W_p [J] をした。 W_p と Q_p の関係を式で表せ。

III 熱効率 32.0 % で, 1.00×10^9 W を発電する原子力発電所がある。

(く) この発電所の原子炉で核分裂により 1 秒間あたりに発生する熱量は何 J か。

(け) この発電所を同じ状態で 1 年間運転したとすれば, 核燃料の質量欠損は何 kg か。ただし, 真空中の光の速さは 3.00×10^8 m/s とし, うるう年, うるう秒は考えないものとする。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 図1は、原子のイオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)を原子番号順に示したものである。図1に関する問1～問4に答えよ。

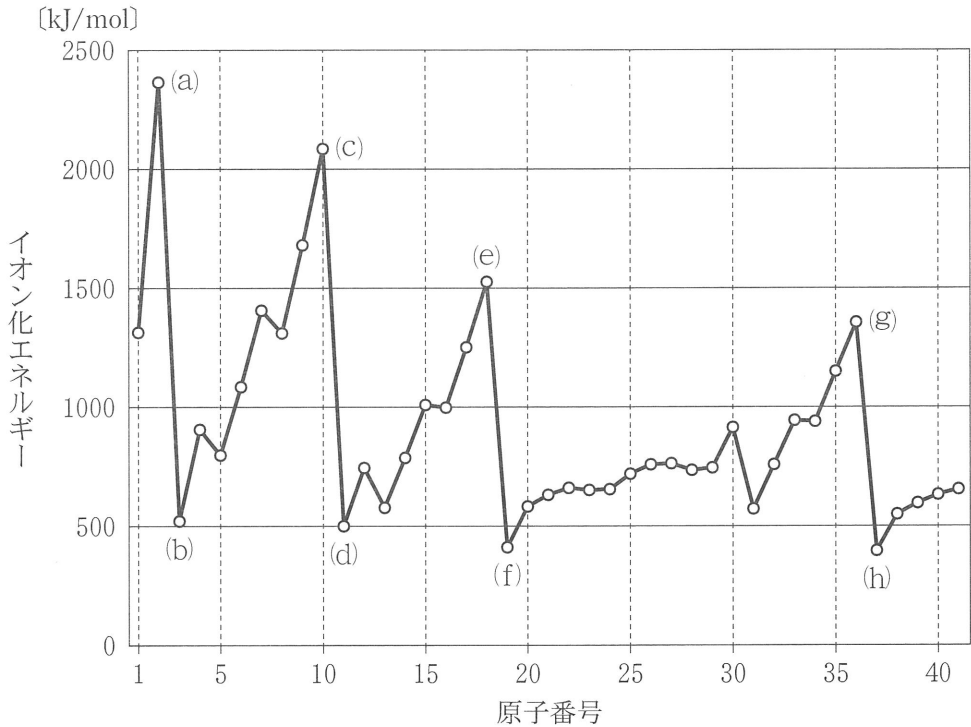


図1 イオン化エネルギーと原子番号の関係

問1 元素(a), (c), (e), (g)では、イオン化エネルギーが極大値を示している。

(1) 元素(a), (c), (e), (g)の元素記号を答えよ。

(2) これらの元素で、イオン化エネルギーが極大値を示す理由として正しいものを、次の記述(ア)~(オ)のうちから1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 価電子の数が2個であり、安定な電子配置を示すため。
- (イ) 価電子の数が2個であり、不安定な電子配置を示すため。
- (ウ) 価電子の数が1個であり、不安定な電子配置を示すため。
- (エ) 価電子の数が0個であり、安定な電子配置を示すため。
- (オ) 価電子の数が0個であり、不安定な電子配置を示すため。

問 2 元素(c)の原子と同じ電子配置を示す2価の陽イオンと1価の陰イオンのイオン式を答えよ。

問 3 元素(b), (d), (f), (h)では、イオン化エネルギーが極小値を示している。

(1) 元素(b), (d), (f), (h)は、水素Hと同族に属するが、これらのうち、水素H以外の元素は何と呼ばれるか、その名称を答えよ。

(2) 元素(b)と(h)の名称を答えよ。

(3) 元素(d)に関する次の記述(ア)~(オ)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 周期表の第2周期に属し、N殻に最外殻電子を1個もつ。
- (イ) 元素(d)の炎色反応は、赤紫色を示す。
- (ウ) 単体は、強い酸化力を示す。
- (エ) 単体は、そのイオンを含む水溶液を電気分解して得られる。
- (オ) 単体は、常温の水と激しく反応し、水素を発生する。

問 4 Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} のうち、周期表で元素(f)と同じ周期に属する元素の陽イオン4つを含む混合水溶液がある。これに希塩酸を加えたのち、硫化水素を十分に通じると ア の黒色沈殿が生じた。溶液をろ過して沈殿を分離したのち、ろ液を煮沸し硫化水素を追い出した。つづいて、希硝酸を加え熱したのち、塩化アンモニウムとアンモニア水を加え塩基性になると イ の赤褐色沈殿が生じた。溶液をろ過して沈殿を分離したのち、ろ液に硫化水素を通じると ウ の白色沈殿が生じた。

文章中の ア ~ ウ に入る適切な化学式を答えよ。

2 次のように酸化還元滴定の実験1と実験2を行った。酸化還元反応に関する問1～問7に答えよ。

(実験1) 0.080 mol/Lのヨウ素水溶液(ヨウ化カリウムを含む)100 mLに、ある一定量の二酸化硫黄をゆっくりと通し反応させた。^①この反応溶液中に残ったヨウ素を定量するため、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。25 mLを加えた時に溶液の色が変化した。^②

(実験2) 濃度不明の過酸化水素水 50 mLに、過剰量のヨウ化カリウムの硫酸酸性水溶液^③を加えたところ、ヨウ素が遊離した。この反応溶液中に、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、20 mLを加えた時に溶液の色が変化した。

ただし、実験1および実験2において、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムとは、式1のように反応する。



問1 次の化学式(a)～(c)について、()内の原子の酸化数を答えよ。

- (a) SO_2 (S)
- (b) SO_4^{2-} (S)
- (c) NH_3 (N)

問2 次の(a)～(c)の酸化還元反応を化学反応式で示せ。

- (a) 酸素と水素 (火花放電)
- (b) 希塩酸と鉄 Fe
- (c) 濃硝酸と銀 Ag

問 3 下線部①の二酸化硫黄の反応を，電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

問 4 下線部①で反応した二酸化硫黄の物質量 [mol] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 2 桁で示せ。

問 5 下線部②の溶液の色の変化を，次の(a)~(f)の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- (a) 橙赤色から無色 (b) 青紫色から無色 (c) 黄緑色から無色
(d) 無色から青紫色 (e) 無色から黄緑色 (f) 無色から橙赤色

問 6 ヨウ素により呈色しないものを，次の(a)~(e)の中からすべて選び，記号で答えよ。

- (a) アミロース (b) グリコーゲン (c) アミロペクチン
(d) セルロース (e) スクロース

問 7 実験 2 の下線部③の過酸化水素水の濃度 [mol/L] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 2 桁で示せ。

- 3 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み，問1～問8に答えよ。必要があれば，次の値を用いよ。25℃での水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ ， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{2.70} = 1.64$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ ， $\log_{10} 1.64 = 0.215$ ， $\log_{10} 2.70 = 0.431$ ， $\log_{10} 3.70 = 0.568$ 。

(文章Ⅰ)

気体Aと気体Bから気体Cを生じる反応は可逆反応であり，式1で示される。ここで， x ， y ， z は最小の整数比となる係数である。また，この反応の熱化学方程式は式2で表わされる。



気体Aと気体Bの初濃度を変えて，反応初期の気体Cの生成速度 v を求めたところ，表の結果が得られた。反応の始めの時点で，気体Cは存在していないものとする。

表 気体A，気体Bの初濃度と気体Cの生成速度 v

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1	2.00	4.00	3.20×10^{-2}
2	2.00	2.00	4.00×10^{-3}
3	4.00	2.00	8.00×10^{-3}

また，密閉容器に気体Aを9.0 mol，気体Bを9.0 mol入れ，一定温度に保つと，気体Bは3.0 molとなり，気体Cが4.0 mol生じ，平衡状態になった。

(文章Ⅱ)

塩酸などの強酸は、水溶液中でほぼ完全に電離しているが、弱酸である酢酸は水溶液中で式3に示す電離平衡の状態にあり、25℃での電離定数 K_a は 2.70×10^{-5} mol/Lである。また、酢酸ナトリウム CH_3COONa を水に溶かすと、式4で示すように酢酸イオン CH_3COO^- を生じ、すべて電離する。この酢酸イオンの一部は式5で示すように水と反応する。この加水分解反応の加水分解定数 K_h は、それぞれのモル濃度を用いて式6で表わされる。



$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad \text{式6}$$

問1 文章Ⅰの気体Cの生成速度 v は、反応速度定数を k として、 $v = k[\text{A}]^x[\text{B}]^y$ で表わすことができるものとする。反応速度定数 k および式1の係数 x 、 y 、 z を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、反応速度定数 k は有効数字2桁で、単位をつけて示せ。また、係数が1の場合は1と記せ。

問2 文章Ⅰの気体Cの生成速度 v は、次の(1)と(2)の条件下でどのように変化するか、最も適切な値を次の(a)~(h)から選び、それぞれ記号で答えよ。

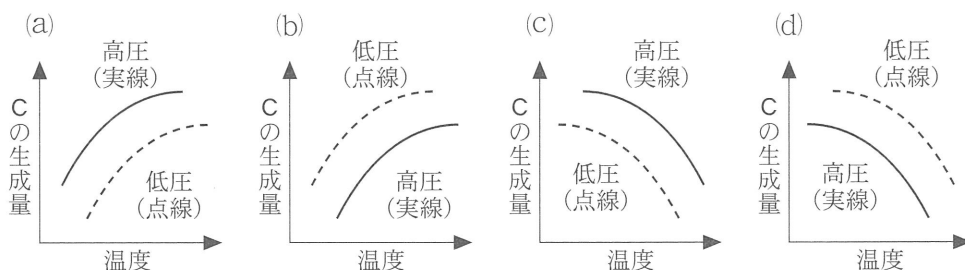
(1) この反応は温度が10 K上昇するごとに生成速度 v が4倍になる。温度が30 K上昇すると生成速度は何倍になるか。

(2) 反応容器を圧縮して、一定温度にて全圧を2倍にすると生成速度は何倍になるか。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (a) 2 | (b) 4 | (c) 8 | (d) 12 |
| (e) 16 | (f) 32 | (g) 48 | (h) 64 |

(問題は、次ページに続く。)

問 3 文章 I の反応で、高圧と低圧それぞれにおいて温度を変化させて平衡状態にした。そのときの気体 C の生成量を正しく表わしたグラフはどれか。次の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。



問 4 文章 II の記述を参考にして、酢酸水溶液の初濃度を c [mol/L]、電離度を α としたとき、電離平衡時のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$, $[\text{H}^+]$ を c と α を用いて表わせ。

問 5 電離定数 K_a を c と α で表わせ。

問 6 0.100 mol/L の酢酸水溶液の 25 °C での電離度 α を、酢酸の電離定数 K_a の値を用いて求めよ。ただし、電離度 α は 1 よりも十分に小さいものと近似して求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

問 7 酢酸ナトリウムの 25 °C での加水分解定数 K_h に関して、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 加水分解定数 K_h を、 K_a と K_w を用いた式で表わせ。

(2) (1)で答えた式を用いて加水分解定数 K_h の値を求めよ。有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。

問 8 0.100 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液の 25 °C での pH を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、pH は小数点以下第 1 位まで示せ。ただし、 $[\text{OH}^-]$ は $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ よりも十分に小さいものと近似して求めよ。

4 次の文章Ⅰ～文章Ⅲを読み、問1～問7に答えよ。

(文章Ⅰ)

化学反応のスポーツ用品への応用について調べたA君は、硬式テニスボールの内圧を高めるのに、ボール内で気体を発生させる反応が用いられていることを知った。A君は、化学担当のB先生の指導のもとで、この反応で発生する気体を調べる実験を行った。試験管に、亜硝酸ナトリウムと塩化アンモニウムの混合水溶液を入れ、ガスバーナーで加熱した。この実験についてB先生は、「反応で水と気体Yが発生し、試験管中には正塩が1つ生じる。」と解説した。

A君は実験結果と考察を以下のように記述した。

◆実験結果

- (1) 気体Yを、水上置換で集気瓶に適切に捕集することができた。
- (2) 集気瓶中の気体Yは無色であった。
- (3) 気体Yを捕集した集気瓶に空気を吹き込んでも、赤褐色への変化はなかった。
- (4) 気体Yを捕集した集気瓶に、火のついた線香を入れたところ、火は消えた。

◆考察

まず、実験結果(4)より、水素と酸素を気体Yの候補から除外した。反応物の構成元素に基づき、可能性のある気体を表にまとめた。候補とした気体はアンモニア、一酸化窒素、二酸化窒素、窒素、塩化水素、塩素である。これら候補中に気体Yが含まれることの確認をB先生から得たうえで、実験結果(1)～(3)から否定できる気体に×印をつけた。表から、気体Yは×印がない

 であると結論できた。

表 気体Yの候補について、実験結果(1)～(3)に基づく検討

可能性を検討した気体	実験結果(1)	実験結果(2)	実験結果(3)

(文章Ⅱ)

分子量 118 の化合物 C はカルボン酸である。化合物 C は、炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなり、酸素はすべてカルボキシ基を構成している。化合物 C を正確に 2.00 g 量り取り、純水に溶解して、メスフラスコで 200 mL とし、化合物 C の水溶液とした。ビュレットには、滴定用の NaOH 水溶液を入れた。

【滴定操作 1】 コニカルビーカーに、 5.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸標準液を 10.0 mL 入れ、指示薬 D を加え、ビュレットを用いて NaOH 水溶液で 3 回滴定した。終点までの滴下量の平均値は 12.5 mL であった。

【滴定操作 2】 化合物 C の水溶液をメスフラスコから 10.0 mL 取ってコニカルビーカーに入れ、指示薬 E を加え、ビュレットを用いて NaOH 水溶液で 3 回滴定した。終点までの滴下量の平均値は 21.2 mL であった。

(文章Ⅲ)

鉄は、水分を含んだ空気中で酸化されやすい。鉄の腐食を抑えるため、表面を亜鉛でメッキしたものがトタンである。トタン表面が傷ついて内部の鉄が露出したとき、酸素を多く含んだ水が接しても、鉄の酸化は、亜鉛が残っている限りは起らない。部分的に亜鉛メッキされている鉄くぎ全体を、酸素を溶解した食塩水に浸したとき、亜鉛が残っている間は鉄さびが生じないのも同じ原理である。

問 1 解答用紙の表で、文章 I の実験結果(1)~(3)によって否定できる気体の欄に「×」を入れ、表を正しく完成させよ。

問 2 文章 I 中の空欄

ア

 に入る適切な気体名を答えよ。

問 3 文章 I の実験で発生した気体 Y 0.010 mol あたり、何 g の正塩が生じたか、有効数字 2 桁で答えよ。

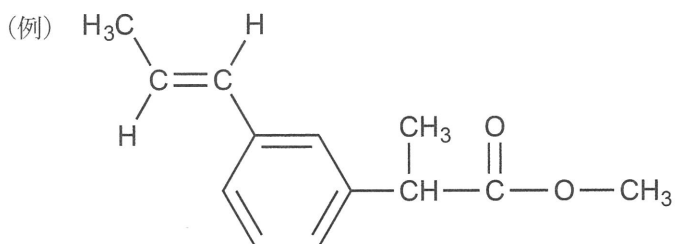
(問題は、次ページに続く。)

問 4 文章Ⅱで、【滴定操作 1】による NaOH 水溶液の濃度決定が必要だったのは、薬品瓶から固体の NaOH を取り出して重量を量り、純水で溶かす操作では、正確な濃度の NaOH 水溶液を準備できないからである。その理由 2 つを、NaOH の性質に基づき、45 字以内で説明せよ。

問 5 文章Ⅱ中の指示薬 D と E についての記述(a)~(e)のうち、正しいものを 1 つ選び、記号で答えよ。

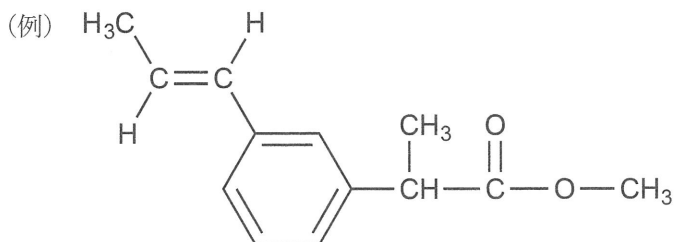
- (a) 指示薬 D と E に、メチルオレンジを用いるべきである。
- (b) 指示薬 D と E に、フェノールフタレインを用いるべきである。
- (c) 指示薬 D と E には、メチルオレンジとフェノールフタレインのどちらを用いても良い。
- (d) 指示薬 D にメチルオレンジ、指示薬 E にフェノールフタレインを用いるべきである。
- (e) 指示薬 D にフェノールフタレイン、指示薬 E にメチルオレンジを用いるべきである。

問 6 文章Ⅱの化合物 C として考えられる 2 つの構造式を、例にならって記せ。



問 7 文章Ⅲの下線部の鉄くぎで、亜鉛 Zn の表面および鉄 Fe の表面で起こる反応を、それぞれ電子 e⁻ を含むイオン反応式で記せ。

- 5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。



炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなる化合物 A～E は互いに構造異性体の関係にあり、分子量 74 の有機化合物である。化合物 A 37 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 88 mg と水 45 mg が生じる。化合物 A～E の中で、化合物 C、D、E は、炭素原子および酸素原子のつながり方が直鎖状の分子である。化合物 A、B、C は であり、ナトリウムと反応して水素を発生する。化合物 C を二クロム酸カリウムにより酸化すると、 が得られ、これをさらに酸化すると、分子量 88 の になる。化合物 A を二クロム酸カリウムにより酸化すると、分子量 72 の になり、この化合物は酸化されにくい。化合物 A、B、C の中で、沸点が最も高いものは化合物 C で、沸点が最も低いものは化合物 B であり、化合物 B は酸化されにくい。化合物 D および E は である。

の一種である化合物 F と濃硫酸の混合物を約 130℃ で加熱すると、化合物 E が生成する。また、化合物 F と濃硫酸の混合物を約 170℃ で加熱すると、分子内での脱水反応が起こり化合物 G が生じる。化合物 G はビニル基をもつ化合物であり、付加重合により鎖状構造をもつ熱可塑性樹脂 をつくる。

問 1 文章中の **ア** ~ **オ** にはそれぞれ異なる化合物の一般名が入る。適切なものを次の(a)~(l)から1つずつ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| (a) エステル | (b) 芳香族化合物 | (c) ケトン |
| (d) スルホン酸 | (e) アルコール | (f) カルボン酸 |
| (g) アルデヒド | (h) アルカン | (i) アルキン |
| (j) アミド | (k) エーテル | (l) アミン |

問 2 化合物 A~G の構造式を記せ。ただし、鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

問 3 化合物 A~E と同じ分子式をもつ構造異性体は、A~E も含めて全部でいくつ存在するか、数字で答えよ。

問 4 化合物 A~G の中で、不斉炭素原子をもつ化合物はいくつ存在するか、0~7 のいずれかの数字で答えよ。

問 5 文章中の **カ** に入る適切な樹脂名を次の(a)~(g)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|
| (a) ポリスチレン | (b) ポリ酢酸ビニル | (c) ナイロン 66 |
| (d) ポリ塩化ビニル | (e) ポリエチレン | (f) ポリプロピレン |
| (g) ポリエチレンテレフタレート (PET) | | |

問 6 問 5 の樹脂(a)~(g)の中で、炭素と水素のみからなる樹脂をすべて選び、記号で答えよ。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 合成高分子に関する記述として正しいものを次の(a)~(f)から 3 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 化合物 G を高圧 ($1 \sim 3 \times 10^8$ Pa), 200°C 前後で重合すると, 耐熱性に優れた熱硬化性樹脂が得られる。
- (b) 化合物 G を低圧 ($7 \sim 40 \times 10^5$ Pa), 60°C 前後で重合した場合, 高圧 ($1 \sim 3 \times 10^8$ Pa), 200°C 前後で重合した場合よりも低密度で柔らかい性質を示す樹脂が得られる。
- (c) 化合物 G の水素の 1 つをシアノ (CN) 基で置き換えた化合物を付加重合するとアクリル繊維が得られ, 衣料などに用いられる。
- (d) 化合物 G の水素の 1 つをシアノ (CN) 基で置き換えた化合物とブタジエンを共重合させると, 合成ゴムをつくることができる。
- (e) 化合物 G の水素の 1 つをフェニル基で置き換えた化合物とブタジエンを共重合させると, 合成ゴムをつくることができる。
- (f) 化合物 G の水素の 1 つをフェニル基で置き換えた化合物を付加重合して得られる樹脂はフェノール樹脂と呼ばれ, 耐熱性に優れている。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

イモリやカエルなどの両生類においては、発生の過程で、受精卵が2細胞期胚→4細胞期胚→8細胞期胚→16細胞期胚→桑実胚→胞胚→原腸胚→胚→胚→幼生→成体へと変化する。細胞や細胞の集団が特定の形や働きをもつように変化することをといい、これらの過程で様々な器官が形成される。各発生段階で割球または胚の一部の組織片を分離して培養した場合、それらには多様なが観察される。胚の各部位が正常発生によって、将来どのような組織や器官になるかを予定運命という。

一方、実験操作により、の過程で獲得した細胞の特徴が失われることがある。例えば成熟したイモリの眼から、水晶体を取り除くと、水晶体と接していた虹彩の細胞はその色素を失い、盛んに増殖する。この細胞塊に網膜がとして作用し、新たな水晶体を誘導する。

問1 文章中の～にあてはまる語句を記せ。

問2 文章中の下線部と同じような現象が起きる実験操作を、次の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) ヒトのiPS細胞を作製する。
- (イ) マウスのES細胞をマウスの胞胚腔に注入する。
- (ウ) ニワトリ胚の体節をウズラ胚の同じ部位で置き換える。
- (エ) ニンジンの根からカルスを作製する。
- (オ) 酸素の少ない条件で酵母菌を培養する。

問 3 イモリの 2 細胞期における予定運命について以下の実験を行った。

- (1) 図 1 のように、点線で示した卵剖面で 2 個の細胞(細胞 A と細胞 B とする)に分離して培養した。細胞 A と細胞 B はそれぞれどうなるか。次の(ア)~(エ)から 1 つずつ選び、記号で答えよ。
- (ア) 正常な構造をもつ胚になる。
 - (イ) 頭部と背側部を欠損する細胞の塊になる。
 - (ウ) 尾部と腹側部を欠損する胚になる。
 - (エ) 右側または左側の構造を欠損する胚になる。

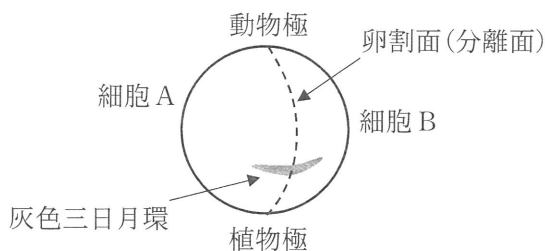


図 1

- (2) 図 2 のように、2 細胞期に入る直前の受精卵を強くしぼり、灰色三日月環が入る細胞 C と入らない細胞 D を作って、培養した。細胞 C と細胞 D はそれぞれどうなるか。次の(ア)~(エ)から 1 つずつ選び、記号で答えよ。
- (ア) 正常な構造をもつ胚になる。
 - (イ) 頭部と背側部を欠損する細胞の塊になる。
 - (ウ) 尾部と腹側部を欠損する胚になる。
 - (エ) 右側または左側の構造を欠損する胚になる。

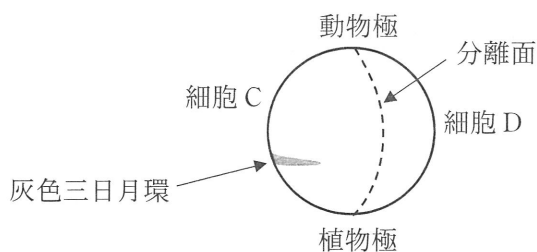


図 2

問 4 アフリカツメガエルの胞胚(図3)および初期原腸胚(図4)の動物極側の領域(A, E), 植物極側の領域(D), それらに挟まれた赤道付近の領域(B, C, F, G)をそれぞれ図中の点線に沿って切り出して培養し, どのような組織ができてくるかを観察した。ただし, それぞれ領域Cと領域Gの側で精子が進入したことがわかっている。

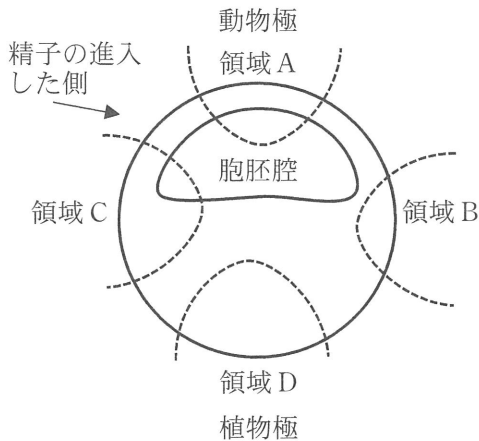


図3 胞胚

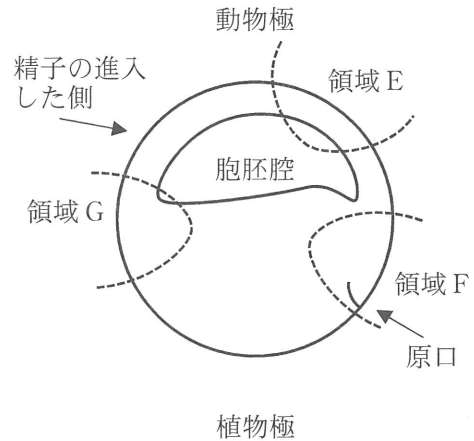


図4 初期原腸胚

- | | | | |
|------------------|--------|--------|----------------|
| (ア) 眼 | (イ) 神経 | (ウ) 表皮 | (エ) 脊索と筋肉(骨格筋) |
| (オ) 卵黄を含む大きな細胞の塊 | | | |

(1) 領域A, 領域B, 領域C, 領域Dそれぞれの組織片を単独で培養したところ, 互いに異なる組織が観察された。領域Cには血球が観察されたが, 領域A, 領域B, 領域Dにはそれぞれ上記の四角内の語群の(ア)~(オ)のいずれが含まれるようになるか。1つずつ選び, 記号で答えよ。

(2) 領域Aと領域Dを, 図5のように互いに接触するように組み合わせて培養した場合, 領域Aには, 領域Aの単独培養で観察されない新たな組織が認められる。その組織を上記の四角内の語群の(ア)~(オ)からすべて選び, 記号で答えよ。



図 5

- (3) 領域 E と領域 F を，図 6 のように互いに接触するように組み合わせて培養した場合，領域 E には，領域 E の単独培養で観察されない新たな組織が認められる。その組織を前ページの四角内の語群の(ア)～(オ)からすべて選び，記号で答えよ。

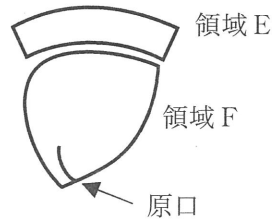


図 6

- (4) 領域 G 単独の培養では，血球が観察された。一方，領域 G と領域 F を図 7 のように組み合わせて培養した場合，領域 G から筋肉(骨格筋)が形成された。両方の間に小さな孔をもつフィルターを挟んで，互いの細胞が接触することのないようにして，領域 G と領域 F を組み合わせて培養しても，この結果は変わらなかった。これらからどのようなことが考察されるか。「領域 F」，「領域 G」，「予定運命」という 3 つの語句をすべて使って 30 字以内で述べよ。

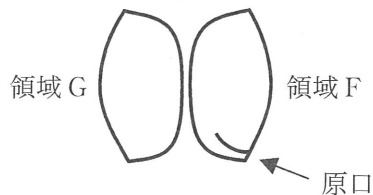


図 7

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

遺伝子の発現は、DNAの塩基配列がRNAポリメラーゼによってRNAへと写しとられること^①により始まる。RNAポリメラーゼはDNAの特定の領域に結合し、^②鋳型となるDNAの塩基配列に相補的な塩基配列をもつRNAの合成を開始する。真核生物では、DNAから写しとられるRNAは、タンパク質をコードする領域とコードしない領域を含んだ状態で合成される。その後、核内で^③スプライシングなどの修飾を受けて伝令RNA(mRNA)となり、核膜孔から出て細胞質基質へと移動する。細胞質基質にあるリボソームがmRNAのリボソーム結合領域に結合すると、リボソームはmRNA上を最初に出てくる開始コドンまで移動し、そこから^④mRNAの塩基配列に基づいたアミノ酸がつなぎあわされてタンパク質が合成される。タンパク質の合成途上にアミノ酸をコードしない終止コドンが現れるとタンパク質合成はそこで終結し、合成されたタンパク質がリボソームから遊離する。

問1 文章中の下線部①を何というか記せ。

問2 真核生物では基本転写因子とRNAポリメラーゼが複合体を作った状態で下線部②に結合し、RNAを5′から3′方向に合成する。

(1) RNA合成の際、RNAポリメラーゼはDNAの鋳型鎖(アンチセンス鎖)・非鋳型鎖(センス鎖)のどちらに結合していて、DNA上をどちらの方向に動いてRNAを合成していくのか、30字以内で述べよ。

(2) あるDNAの鋳型鎖の配列の一部が5′-TGATGCAG-3′であったとする。このDNAからRNAポリメラーゼによって写しとられるRNAの塩基配列を、5′末端から記せ。

問 3 文章中の下線部②の名称を記せ。

問 4 下線部③について、以下の問に答えよ。

(1) スプライシングにより取り除かれる部分を何というか。その名称を記せ。

(2) 同じ遺伝子から写しとられた RNA から異なる mRNA ができることがあるが、このようなスプライシングを特に何というか。その名称を記せ。

問 5 下線部④について、以下の問に答えよ。

(1) 下線部④の過程を何というか記せ。

(2) タンパク質におけるアミノ酸どうしの結合の名称を記せ。

問 6 タンパク質合成の過程で利用される RNA のうち、アミノ酸を運ぶ転移 RNA (tRNA) は、運搬するアミノ酸の種類に応じた特定の塩基 3 個の配列をもつ。この tRNA の特定の塩基 3 個の配列のことを何というか。その名称を記せ。

問 7 インスリンは、110 個のアミノ酸が連なる前駆体として合成される。下の図 1 はヒトインスリン前駆体の mRNA の塩基配列(469 塩基)である。この塩基配列とその下の遺伝暗号表をもとに、以下の問に答えよ。なお、図 1 の右端の数字は、行末の塩基番号である。

```

AGCCCUCCAGGACAGGCUGCAUCAGAAGAGGCCAUCAAGCAGAUACACUGU    50
CCUUCUGCCAUGGCCUGUGGAUGCGCCUCCUGCCCCUGCUGGCGCUGCU    100
GGCCUCUGGGGACCUGAGCCCAGCCGCAGCCUUUGUGAAACCAACACCUGU    150
GCGGCUCACACCUGGUGGAAGCUCUCUACCUAGUGUGCGGGGAACGAGGC    200
UUCUUCUACACACCCAAGACCCGCCGGGAGGCAGAGGACCUGCAGGUGGG    250
GCAGGUGGAGCUGGGCGGGGGCCUGGUGCAGGCAGCCUGCAGCCCUUGG    300
CCCUGGAGGGGUCCCUGCAGAAGCGUGGCAUUGUGGAACAAUGCUGUACC    350
AGCAUCUGCUCUCCUCUACCAGCUGGAGAACUACUGCAACUAGACGCAGCC    400
CGCAGGCAGCCCCACACCCGCCGCCUCCUGCACCGAGAGAGAUGGAAUAA    450
AGCCCUUGAACCAGCAAAA    469
  
```

図 1 ヒトインスリン前駆体遺伝子の mRNA 配列

遺伝暗号表

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	3 番目の塩基	U
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン		C
		ロイシン	セリン	(終止)	(終止)		A
		ロイシン	セリン	(終止)	トリプトファン		G
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U	
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G	
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U	
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C	
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A	
		メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン	G	
	G	バリン	アラニン	アスパラギン	グリシン	U	
		バリン	アラニン	アスパラギン	グリシン	C	
		バリン	アラニン	グルタミン	グリシン	A	
		バリン	アラニン	グルタミン	グリシン	G	

- (1) インスリン前駆体の開始コドンから数えて4番目のアミノ酸はトリプトファンである。では、2番目、5番目、および9番目となるアミノ酸はそれぞれ何か、記せ。
- (2) 図1の下線で示したUGA配列はインスリン前駆体遺伝子の終止コドンとして機能していない。ある変異により、このUGA配列が終止コドンとして機能し、インスリン前駆体が正しく合成されなくなったとする。その変異として適切なものを次の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。
- (ア) 8番目のアミノ酸のコドンCUGがCUAGとなった1塩基挿入変異
 - (イ) 11番目のアミノ酸のコドンCUGがCUとなった1塩基欠失変異
 - (ウ) 13番目のアミノ酸のコドンCUGがAUGとなった1塩基置換変異
 - (エ) 11番目のアミノ酸のコドンCUGがUUGとなった1塩基置換変異
- (3) インスリン前駆体は、細胞質基質で合成が始まった後、別の細胞小器官へ移動して合成をすすめ、合成後に修飾を受けてインスリンとなり細胞外へ分泌される。インスリン前駆体が合成され、インスリンとして細胞膜から分泌されるまでの経路として適切なものを次の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。
- (ア) 細胞質基質→粗面小胞体→ゴルジ体→分泌顆粒→細胞膜
 - (イ) 細胞質基質→滑面小胞体→粗面小胞体→ゴルジ体→細胞膜
 - (ウ) 細胞質基質→粗面小胞体→分泌顆粒→ゴルジ体→細胞膜
 - (エ) 細胞質基質→ゴルジ体→分泌顆粒→滑面小胞体→細胞膜
 - (オ) 細胞質基質→ゴルジ体→滑面小胞体→分泌顆粒→細胞膜

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

心臓や血管などからなる循環系は、体液を全身にめぐらせることで安定した体内環境の維持に役立っている。節足動物などの循環系では動脈と静脈の間に は存在しておらず、その循環系は開放血管系と呼ばれる。一方、脊椎動物などの循環系では動脈と静脈の間を がつないでおり、その循環系は閉鎖血管系と呼ばれる。脊椎動物の中で、は虫類と両生類の心臓は2心房1心室であり、哺乳類と鳥類の心臓は2心房2心室である。^① 2心房2心室の心臓では右心室から出た血液は肺動脈を通過して肺に運ばれ、肺では二酸化炭素を放出するとともに、体外から取り入れられた酸素を受け取る。酸素を多く含んだ血液は肺静脈を通過して左心房に入る。これを 循環と呼ぶ。左心室から出た血液は大動脈を通過して全身の組織に運ばれ、各組織に酸素を供給するとともに組織で生じた二酸化炭素を受け取る。酸素が少なくなった血液は大静脈を通過して右心房に入る。これを 循環と呼ぶ。心臓の筋肉は、随意筋として働く骨格筋と同じ から構成されているが、右心房にある の働きによって通常、規則的なリズムで自動的(不随意)に拍動している。血液には酸素や二酸化炭素を運ぶ以外にも、小腸で吸収したグルコースなどの栄養分を肝臓や体の各組織に運んだり、各組織の細胞で作られた老廃物を肝臓や腎臓などに運んだりする働きがある。^② ヒトの胎児において二酸化炭素や老廃物などを多く含む血液は、腹部にある大動脈から動脈、そして、さい帯(へその緒)の中にある動脈を通過して、胎盤へと流れる。胎盤では二酸化炭素の放出と酸素の取り込み、および栄養分や老廃物などの物質交換が行われる。^③ 胎盤から胎児に戻る酸素や栄養分の豊富な血液は、さい帯中にある静脈、腹部にある大静脈を通過して右心房へと流れる。

問 1 文章中の 1 ~ 5 にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について、2心房2心室の心臓が2心房1心室の心臓と比較して効率的な点を、その理由を含め50字以内で述べよ。

問 3 下線部②について、小腸で吸収した栄養分を肝臓に運ぶための肝臓に直接つながる血管の名称を記せ。

問 4 下線部③に関連して、ヒトの胎児の心臓には右心房と左心房との間の壁である心房中隔に卵円孔と呼ばれる孔(穴)が存在し、血液が通過できる構造になっている。卵円孔は胎児の循環において有利に働いているが、出生後、呼吸の開始により、通常閉じてしまう。胎児の循環において卵円孔があることが有利な点を30字以内で述べよ。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物はさまざまな形で互いに関係し合って共存している。例えば、個体間には資源を巡る競争関係があり、それぞれの個体は自身の生存に必要な食物や生息場所、繁殖相手を得るために互いに競い合っている。また、異種の生物間には、競争関係のみならず、共生関係や捕食—被食関係がみられる。捕食—被食関係では、一見すると捕食者が被食者を食い尽くしてしまうように思えるが、自然界ではさまざまな要因によって共存が維持されている。

問1 表1は生物間(生物A—生物B)の関係についてまとめたものである。「相利共生」、「片利共生」、「寄生」、「競争」は表中の(a)~(f)のうちのどれに該当するか、それぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

表1

生物A 生物B	利益を得る	不利益を得る	どちらでもない
利益を得る	(a)		
不利益を得る	(b)	(d)	
どちらでもない	(c)	(e)	(f)

問 2 動物の中には、「多くの個体が集まって多少とも統一的な行動をとる集団」、すなわち(ア)を形成するものや、「1個体もしくは数個体が他の個体の侵入を阻んで占有する空間」、すなわち(イ)を形成するものがおり、こうした行動をとることで資源を確保したり、捕食者から逃れたりしている。一般に、(ア)の各個体の捕食者に対する警戒に費やす時間、(ア)内での個体間競争に費やす時間、採餌に費やす時間(警戒と個体間競争に費やす時間を除いた時間)は、(ア)の個体数によって図1のように変化する。また、(イ)を形成する個体の(イ)から得られる食物量、(イ)を守る労力量は、(イ)の広さによって図2のように変化する。図中の点線は、(ア)の各個体が採餌に費やす時間が最も長くなる(ア)の個体数(最適な個体数)、(イ)の個体の食物量と労力量の差が最も大きくなる(イ)の広さ(最適な広さ)を示している。

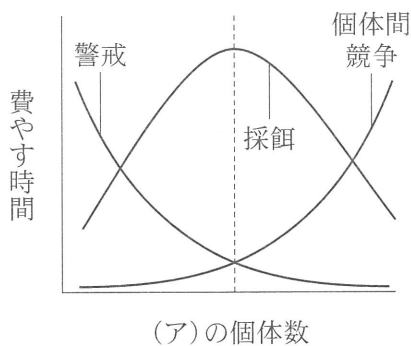


図 1

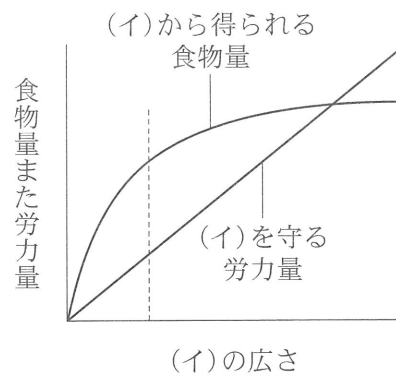


図 2

- (1) (ア)および(イ)はそれぞれ何と呼ばれるか、記せ。
- (2) 図1に関する次の(a)~(d)の記述のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。
- (a) (ア)に対する捕食者が減少したことによって各個体が警戒に費やす時間がより短くなった場合、(ア)の最適な個体数は減少する。
 - (b) (ア)に対する捕食者が減少したことによって各個体が警戒に費やす時間がより短くなった場合、(ア)の最適な個体数は増加する。
 - (c) (ア)の各個体の攻撃性が低下したことによって各個体が個体間競争に費やす時間がより短くなった場合、(ア)の最適な個体数は減少する。
 - (d) (ア)の各個体の攻撃性が低下したことによって各個体が個体間競争に費やす時間がより短くなった場合、(ア)の最適な個体数は増加する。
- (3) 図2に関する次の(a)~(d)の記述のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。
- (a) (イ)への侵入者が増加したことによって(イ)を守る労力量がより増えた場合、(イ)の最適な広さは小さくなる。
 - (b) (イ)への侵入者が増加したことによって(イ)を守る労力量がより増えた場合、(イ)の最適な広さは大きくなる。
 - (c) (イ)の食物の密度が低下したことによって(イ)から得られる食物量がより減った場合、(イ)の最適な広さは小さくなる。
 - (d) (イ)の食物の密度が低下したことによって(イ)から得られる食物量がより減った場合、(イ)の最適な広さは大きくなる。

問 3 捕食—被食関係にある生物 C(被食者)と生物 D(捕食者)の個体数が、時間とともにどのように変化するかについて調査を行った。調査開始時の時間を $T = 0$ として、経時的に ($T = 3, 5, 8, 10, 15, 18, 20, 23, 25, 30$) 生物 C と D それぞれの個体数を数え、図 3 のようなグラフを得た。生物 C と D の個体数は、 $T = 0, 15, 30$ でグラフ上の①の値になり、 $T = 3, 18, T = 5, 20, T = 8, 23, T = 10, 25$ でそれぞれグラフ上の②~⑤のいずれかの値になった。生物 C と D それぞれの個体数の変化について、横軸を時間 (T)、縦軸を個体数としたグラフで解答欄中に記せ。

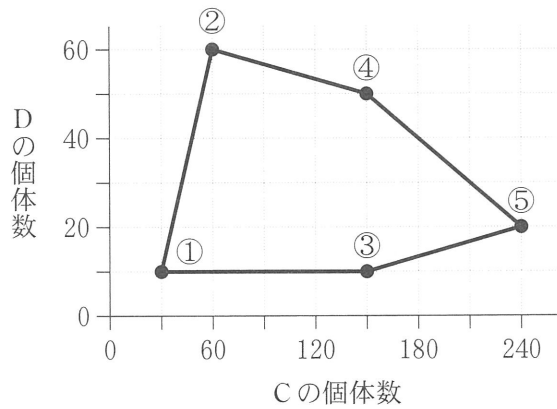


図 3

問 4 同じものを食物とする生物 E と F は、一緒に飼育すると、ある程度の時間経過後に資源を巡る競争によって必ずどちらかが死滅する(図 4)。しかし、生物 E と F に加え、両方を捕食する生物 G を一緒に飼育すると、これらの生物はより長い間共存することがわかった(図 5)。一方、生物 G の代わりに、同じく生物 E と F の両方を捕食する生物 H を入れた場合には、生物 G の時ほど共存は長く続かなかった。生物 G と H に関する次の(a)~(e)の記述のうち、適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

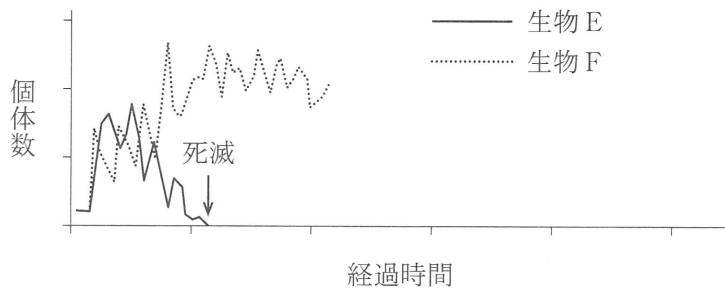


図 4 生物 E と F を一緒に飼育して生物 E が死滅した例

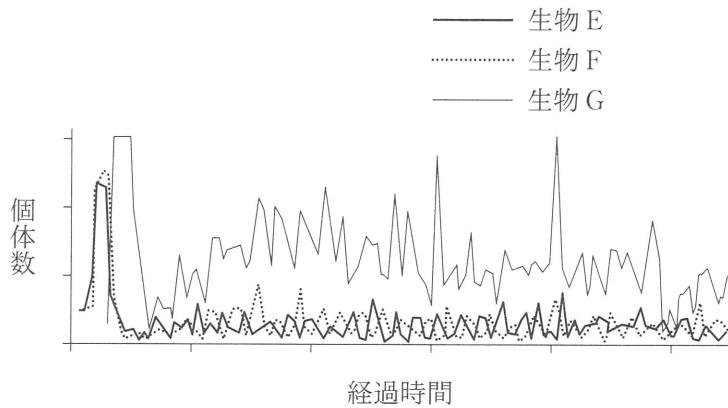


図 5 生物 E, F と G を一緒に飼育した例

- (a) 生物 G は生物 E と F を無作為に捕食するが、生物 H は生物 E と F のうち個体数の多い方を捕食する傾向にある。
- (b) 生物 G は生物 E と F のうち個体数の少ない方を捕食する傾向にあるが、生物 H は生物 E と F を無作為に捕食する。
- (c) 生物 G は生物 E と F のうち個体数の多い方を捕食する傾向にあるが、生物 H は生物 E と F を無作為に捕食する。
- (d) 生物 G は生物 E だけを捕食するが、生物 H は生物 F だけを捕食する。
- (e) 生物 G は生物 F だけを捕食するが、生物 H は生物 E だけを捕食する。

問 5 捕食—被食関係にある生物では、ある形質の比率が時間にもなって変化することで共存が維持されているものもある。一般に魚類には左右性があり、口を開いた時に下顎が左に曲がっている「左利き」と、右に曲がっている「右利き」が見られる。捕食—被食関係においては、左利きの捕食者は右利きの被食者を効率的に捕食し、右利きの捕食者は左利きの被食者を効率的に捕食すると考えられている。さらに、こうした左右性は遺伝的に決定されると言われており、実際、集団内の左利きと右利きの比率は時間にもなって変化することが知られている。これは、左右性に関する遺伝子についてハーディ・ワインベルグの法則が成り立たないことを示している。

ここで、左右性がある生物 J を考える。生物 J では遺伝子座 A によって左右性が決まり、遺伝子型 AA および Aa で左利き、遺伝子型 aa で右利きになる。また、生物 J は十分に多くの個体を含む単一世代の集団を作り、現在の集団全体の遺伝子型頻度は $AA : Aa : aa = 1 : 8 : 6$ であるとする。

- (1) 現在の集団では、左利きの個体のうちの 40 %、右利きの個体のうちの 60 % が次世代を残せたとする。このとき、次世代を残せた個体全体の遺伝子型頻度はどのようになるか、AA を 1 とした整数の比で求めよ。ただし、遺伝子型 AA と Aa には遺伝子型以外の違いはないものとする。
- (2) (1) のとき、次世代の集団全体の遺伝子型頻度を整数の比で求めよ。ただし、交配は左右性や遺伝子型とは関係なく、完全に無作為に起こったとする。

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

動物は外部環境に適応し、内部(体内)環境を維持するのに諸臓器・器官の連携が必要不可欠である。これを可能にするものが神経系と内分泌系である。ヒトを含む脊椎動物の神経系は、脳と脊髄からなる中枢神経系と、中枢と各器官との情報を連絡する末梢神経系よりなる。末梢神経系は、さらに体性神経系と自律神経系からなる。自律神経系は④と⑤よりなり、多くの場合、④と⑤は1つの器官に双方が分布して互いに拮抗して働き、その時々に応じた器官の状態を調節している。この④または⑤による内部環境の調節は、次のような状況においても働いている。

[状況]

秋晴れのもと、今日は体育祭です。午前中Nさんは、いくつかの競技に参加して大活躍です。そして、お昼になりました。Nさんは、おいしい卵焼きと大好きな塩おにぎりをほおばりました。^①Nさんのお腹は満ち足りています。流れている音楽は、ゆったりとしたテンポで、心が落ち着くのが感じられました。

楽しく過ごした昼休みも終わり、午後の競技も順調に進行して行きました。そしていよいよ最終競技のクラス対抗リレーです。今Nさんは、そのリレー種目^②のスタートラインに立っていて、心臓が大きく鼓動しているのを感じています。

問1 下線部①では、自律神経系の④が優位にはたらいっている。④の名称を答えよ。また、各器官と接続している④の末端(神経終末部)から、主として放出される神経伝達物質の名称を答えよ。ただし、例外的なものがある場合は、それを除くものとする。

問 2 下線部①の状況下で、食べた卵焼きや塩おにぎりが消化され、吸収される一連の過程について述べた以下の文章中の [1] ~ [6] に、あてはまる語句を記せ。

通常、健康なヒトの空腹時血糖値はほぼ一定になるように調節されている。これには自律神経系による調節以外に、内分泌系を用いた調節も行われている。食べた塩おにぎりに含まれるデンプンは、だ液やすい液に含まれる酵素である [1] により二糖類に分解され、さらに単糖に分解する酵素である [2] によってグルコースになる。しかし、食べた卵焼きに含まれるタンパク質は [1] や [2] では分解されず、別の酵素であるペプシンや [3] により分解を受ける。逆に、 [3] はデンプンを分解できない。このように特定の物質だけに作用する酵素の性質を [4] という。塩おにぎりのデンプンは一連の酵素によりグルコースにまで分解されると、小腸より吸収され血中に入る。グルコースの血中濃度が定値を大きく超えてくると、すい臓のランゲルハンス島の [5] 細胞から血液中に [6] が分泌される。 [6] を受け取る受容体を持つ細胞は、グルコースを細胞内に取り込みその消費を促進する。また肝臓等で貯蔵型のグリコーゲンに変換させる。これらにより、血糖値は一定に保たれる。

問 3 下線部②では、自律神経系の③が優位にはたらいっている。③の名称を答えよ。また、各器官と接続している③の末端(神経終末部)から、主として放出される神経伝達物質の名称を答えよ。ただし例外的なものがある場合は、それを除くものとする。

問 4 下線部②の状況下では，下記の器官等のはたらきはどうか，適切なものをそれぞれ[]内の語群より選び，記せ。

- (1) 瞳孔(ひとみ) [拡大 ・ 縮小]
- (2) 気管支 [拡張 ・ 収縮]
- (3) 胃腸のぜん動 [促進 ・ 抑制]
- (4) 消化液(だ液を除く)の分泌 [促進 ・ 抑制]

問 5 脊椎動物において，神経系も内分泌系も，ともに個体内の離れた部位に情報を伝えるはたらきを担っている。しかし，その伝達速度は神経系の方が大きい。そこには，神経細胞の軸索における興奮の伝導の仕組みが大きく関与している。興奮の伝導について述べた以下の文章中の [1] ~ [4] にあてはまる語句を記せ。また，下線部の理由を 40 字以内で述べよ。

神経細胞では細胞内に [1] イオンが流入することで [2] が生じる。その結果，隣接部位との電位差により電流が流れ，興奮が伝導される。末梢神経の軸索のほとんどは， [3] 細胞でできた神経鞘で包まれている。神経繊維には有髄神経繊維と無髄神経繊維があり，一般に有髄神経繊維の方が無髄神経繊維より伝導速度が大きい。無髄神経繊維でも伝導速度は軸索の直径により異なり，直径が [4] ほど伝導速度は大きい。

6 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

ヒトを含む現在の地球上に生息するすべての生物は、共通の祖先から進化して生じたと考えられている。ダーウィンは、ガラパゴス諸島に生息するゾウガメを^①観察し、島ごとに甲羅の模様や形に違いがあることを発見した。この発見から、生存や生殖に有利な形質が世代を超えて残る進化のメカニズムとして1859年に¹説を提唱した。一方、木村資生は¹説に対して有利でも不利でもない突然変異によって、一定の頻度でDNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列が変化し、突然変異が生じた遺伝子が遺伝的浮動によって集団全体に広がるという²説を提唱した。DNAには一定の頻度で突然変異が起こっており、これが遺伝的変異を生み出す要因である。また同じタンパク質であれば、どの生物でもおおむね一定の頻度でアミノ酸の置換が起こっていることが知られており、このようなDNAの塩基配列やアミノ酸配列の変化等、分子に見られる変化を分子進化とよび、分子進化の速度を³とよぶ。近年では、遺伝子解析技術が飛躍的に進歩し、³を利用することで、^②種が分かれた時期や種間の類縁関係などを推定することができるようになった。このような分析から、^③現生のヒトはおよそ20万年前に誕生したと推定されている。

問1 本文中の¹～³にあてはまる語句を記せ。

問2 文章中の下線部^①は、もともとは形態に差がなかったゾウガメがたまたま住みついた島に隔離されて、それぞれの島で食物となる植物に適応した結果とする説が有力視されている。現在は甲羅の形状が異なる個体どうしても人為的に同じ場所に移すと交配し、子孫を残せる状態であるが、島ごとの隔離が維持されれば、いずれ複数の種に分化すると考えられている。このガラパゴス諸島に生息するゾウガメの例のように、1種の生物が複数の種に分化するまでの過程を以下の四角内の語群から3つ選び、適切な順番に並べよ。

遺伝的変化	共進化	競争	生殖的隔離
地理的隔離	化学進化	ニッチ	

問 3 文章中の下線部②のように生物種間のアミノ酸配列の違いを調べると、2つの種の間で異なっているアミノ酸の数は、それらの生物が共通祖先から分岐してからの年代におよそ比例していることが分かっている。脊椎動物の生物種間で、あるタンパク質のアミノ酸配列を比較したところ、表1の結果が得られたとする。「共通の祖先から分岐した生物群では同じタンパク質の進化速度は等しい」という仮定のもとに、異なっているアミノ酸の数の小さなものから順次結びつけて描いた系統樹を図1に示す。表1および図1の(ア)~(エ)の数値を計算し、答えよ。また、(A)~(E)にあてはまる生物種の名称を記せ。なお、図1の図中の数値は異なっているアミノ酸の数を示す。

表1 あるタンパク質の生物種間で異なるアミノ酸の数

生物種	サメ	イヌ	ニワトリ	イモリ	ウシ
ヒト	78	24	41	64	(ア)
サメ		79	83	84	76
イヌ			43	65	28
ニワトリ				70	42
イモリ					65

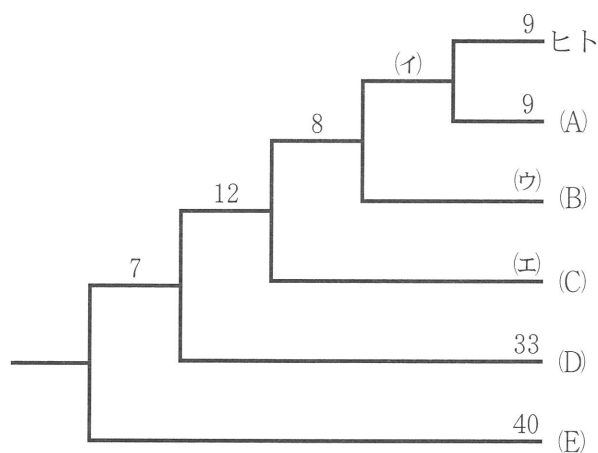


図1 あるタンパク質のアミノ酸配列をもとに作成した系統樹

問 4 下線部③の学名(二名法)をカタカナで記せ。また、霊長類のゴリラと下線部③を比較したとき、下線部③のみに見られる特徴として適当なものを、次の(ア)~(カ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 直立二足歩行を行う。
- (イ) 両目を用いた立体視ができる。
- (ウ) 指の爪が扁平な平爪である。
- (エ) 親指が他の指と向き合う。
- (オ) 土踏まずがある。
- (カ) 眼窩上隆起が退化している。

地 学

1 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

太陽が最も強く放射している電磁波は(① a. 紫外線 b. 可視光線 c. 赤外線 d. エックス線)であり、地球の大気圏に入ってきた太陽放射は、全て地表に吸収されるのではなく、約(② a. 0.3 b. 0.5 c. 3 d. 5 e. 30 f. 50)%は宇宙空間にもどされる。

以下では年平均の地球の熱収支を考えよう。地表が受け取る太陽放射量は緯度によって異なっており、(③ a. 太陽までの距離 b. 地球の半径 c. 入射する角度)との関係から、一般に高緯度の方が太陽放射量は(④ a. 大きい b. 小さい)。地表が受け取る太陽放射量と、射出する地球放射量の緯度分布を見てみると、(⑤ a. 低緯度では太陽放射量の方が多く、高緯度では地球放射量の方が多い b. 高緯度では太陽放射量の方が多く、低緯度では地球放射量の方が多い)。これらの値が等しくなる緯度は約(⑥ a. 10 b. 25 c. 40 d. 55 e. 70)度である。

この不均衡をより緩和するように熱が移動しており、(⑦ a. 低緯度から高緯度⁽¹⁾ b. 高緯度から低緯度)に向かっている。大気と海洋の寄与を比較してみると、中高緯度では(⑧ a. 大気 b. 海洋)の寄与の方が大きいことが知られている。

問 1 本文中の語群①～⑧の中から最も当てはまる語句をそれぞれの語群から1つ選び、記号で答えよ。

問 2 下線部(1)の熱の移動に関して、大気中のある気体が大きな役割を果たしている。その気体の名称を答えよ。

2 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

1973年、小松左京のSF小説『日本沈没』が刊行され、これを原作とするテレビドラマや映画などが当時相次いで製作された。2006年にはリメイクされた同題の映画が上映されている。N先生がこの小説に出会ったのは高校生ときだったが、読後の興奮は今も冷めていない。地学クラブの生徒Aさんに、今日もN先生が熱く語りかける。

N先生 「地球物理学者の田所博士という人物が深海探査艇に乗り込んで、小笠原諸島東方沖の海溝の底に潜るんだ。そして、潜水艇の窓から見える光景に驚いて、博士はこう叫ぶ。『乱泥流だッ!』と。あの場面にもものすごく感動して、僕は大学で地球科学を専攻することに決めたのだよ。」

Aさん 「へえ、そうだったんですか。ところで、乱泥流って何ですか。」

N先生 「最近では混濁流ともいうね。海底を流れ下る土砂と水の混合流体の流れのことだよ。1929年にアメリカ東海岸で起こったグランドバンク地震*の際、大西洋を横断する海底ケーブルが切断されたのだが、これはそこを通過した混濁流の仕業だったと考えられている。2011年の東北地方太平洋沖地震の際には、津波によって浅海域に巻き上げられた堆積物から混濁流が発生し、これによって水深1000mの海底に設置されていた海底圧力計が突如1kmも移動したんだよ。」

Aさん 「深海底で、しかも大きな地震のときに起こる稀な流れとなると、混濁流がどのような地層を形成するのか、調べるのも難しいのではないですか。」

N先生 「いや、実はそうでもないんだよ。混濁流の堆積物は、日本列島においても多くの場所で、しかもいろんな時代の地層から観察することができるからね。しかも特徴的な堆積構造を持つから、他の地層との区別はかなり容易なんだよ。」

Aさん 「ということは、日本列島に固有の地質と関係があるのでしょうか。」

N先生 「鋭いね、Aさん。君は未来の田所博士だ。」

*グランドバンク地震ともいう。

- 問 1 下線部①の説明として適切なものを次から 1 つ選び記号で答えよ。
- a 地質学上は地溝帯とみなせる。
 - b 第三紀までは存在しておらず、第四紀に入ってから誕生した。
 - c インド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界部に位置する。
 - d フィリピン海プレートの沈み込み境界に位置する。
 - e 北方へたどっていくと、アリューシャン海溝まで続いていることに気づく。
- 問 2 下線部②の説明として適切でないものを、次から 2 つ選び記号で答えよ。
- a 流れを生じる原動力は周囲の海水との密度差、すなわち重力である。
 - b 流れを生じる原動力は周囲の海水との温度差、すなわち熱対流である。
 - c 流れが通過するとき、海底面が侵食されることがある。
 - d 流れの中に貝殻が取り込まれることもある。
 - e 海洋の深層循環の経路に沿って流れることが多い。
- 問 3 下線部③の説明として適切なものを、次から 2 つ選び記号で答えよ。
- a 平均水深は 5000 m 程度で、太平洋と比べると少し深い。
 - b 古生代の終わり頃に誕生して、現代に至るまで拡大し続けている。
 - c 中央海嶺の一部はグリーンランドで陸上に現れ、しばしば噴火活動を起こしている。
 - d 全般に乾燥が著しい海域であり、平均塩分濃度は太平洋の約 2 倍である。
 - e 大西洋を挟む南米大陸とアフリカ大陸とで、古生代などの地層から、非常によく似た動植物化石が見つかっている。その中には、淡水に生息する爬虫類の化石も含まれる。

問 4 下線部④の説明として、適切なものを次から2つ選び記号で答えよ。

- a 伝播速度は水深に比例する。
- b 津波が通過するとき、陸から遠く離れた深い海域であっても、水面から海底までのすべての海水が動く。
- c 津波が沿岸に近づくと、波高はほぼ一定に保たれる。
- d チリ沖で生じた津波は1日程度で日本列島に到達する。
- e 高潮による海面の高まりは津波と同じ原理である。

問 5 下線部⑤について、混濁流堆積物の堆積年代の判断として最も適切なものを次から1つ選び記号で答えよ。

- a アンモナイトの化石が含まれていれば、中生代に限定される。
- b アンモナイトの化石が含まれていても、その保存状態や産状によっては、中生代以降に堆積した可能性を否定すべきではない。
- c アンモナイトの化石が含まれていても、古生代以前に堆積した可能性もある。
- d アンモナイトは示準化石ではないので、混濁流堆積物の年代推定には使えない。

問 6 下線部⑥について、混濁流起源の砂岩泥岩互層を特徴づける堆積構造を漢字4字で答えよ。

問 7 下線部⑦について、もともと深海底に堆積した混濁流堆積物が陸上に露出していることと関連付けて、日本列島の成り立ちの特徴を200字以内で述べよ。

3 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

太陽を含む恒星の大集団を銀河系という。銀河系内の大部分の恒星は中央部に膨らみをもつ円盤状の部分に集まっている。^①円盤部の直径は約10万光年で、太陽は円盤内にある。その一方、アは、銀河系全域に存在し、全体をとりまく直径約15万光年の球形の範囲内に分布している。^②

20世紀の初めまでは、太陽は銀河系の中心付近に位置していると考えられていた。^③しかし、1910年代にシャプレー(1885-1972)は銀河系の構造を調べるため、銀河系全域に広く分布するアに着目し、その中に含まれる脈動変光星を観測することで、多くのア^④までの距離を測定した。

アの空間的な分布の中心が銀河系の中心にほぼ一致していると考えれば、アの分布を用いて銀河系の中心までの距離を推定することができる。その結果、太陽は銀河系の中心から離れた場所に位置していることが発見された。現在では、太陽から銀河系中心までの距離は約2万8000光年と推定されている。

銀河系と同じように、恒星が数百億から1兆個くらい集まった天体を銀河とよぶ。かつて、銀河は銀河系内のガス星雲か、比較的小さな星団であると考えられたことがあった。しかし、1920年代に入り、ハッブル(1889-1953)はアンドロメダ銀河の中に脈動変光星をみつけ出し、その距離を測定した。^⑤その結果、アンドロメダ銀河は銀河系の外にある天体で、銀河系と同じような恒星の大集団であることが発見された。これ以降、宇宙には恒星の集団としての銀河が数多く存在し、銀河系もその中の一つであるという宇宙観が確立していった。

問1 下線部①に関して、円盤中央部の膨らみの名称を記せ。

問2 下線部②の名称を記せ。

問 3 ア に当てはまる天体名を記せ。

問 4 下線部③に関して、かつてハーシェル(1738-1822)は円盤部の恒星の観測から銀河系の構造を調べ、太陽が円盤状をした恒星集団の中心付近に位置しているという結果を得た。そのような結果が得られた原因として最も適切なものを、次の a ~ d より 1 つ選び記号で答えよ。

- a 恒星が放つ光を星間物質が吸収しているため。
- b ダークマターが銀河系全域に存在しているため。
- c 明るい恒星の多くは渦状腕に沿って分布しているため。
- d 太陽が銀河系の中心に対して公転運動をしているため。

問 5 下線部④に関して、ある種の脈動変光星の場合にその距離が測定できるのは、脈動変光星が持つどのような性質のためか。簡潔に説明せよ。

問 6 下線部⑤に関して、以下の問に答えよ。なお、有効数字は 2 桁とする。

(1) アンドロメダ銀河の中に見つかった脈動変光星の絶対等級が -5.9 等級であると推定できた。また、その脈動変光星の見かけの等級は 18.5 等級であった。このとき、アンドロメダ銀河までの距離を光年単位で推定せよ。なお 1 pc (パーセク) = 3.26 光年とし、 $10^{0.88} = 7.59$ とする。計算の過程も示せ。

(2) アンドロメダ銀河の視直径(天体の見かけの大きさを天球上の角度で表した値)の最大値を約 3° とした時、アンドロメダ銀河の実際の大きさは、銀河系円盤部の直径の何倍となるかを求めよ。計算の過程も示せ。

4 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

地震とは、長い時間をかけて地下に蓄積された **ア** のエネルギーを短時間で解放する現象である。世界で地震が活発に起こっている地域は線をつなぐことができ、この線はプレートの境界とほぼ一致する。

日本の周辺には **A** ① つのプレートが存在し、地球上で地震活動が最も活発な地域の一つになっている。2011年に起こった東北地方太平洋沖地震(M 9.0)は、海側のプレートが陸側のプレートの下に沈みこんでいる境界で起こった巨大② 地震である。この地震では海底の地殻変動にともない津波が発生し、東北地方の太平洋沿岸に壊滅的な被害をもたらした。

またこの地震により、東京湾沿岸の埋め立て地域などでは、**イ** 現象による被害が発生した。同様の現象による被害は、1995年の **ウ** 地震(M 7.3)の際に、神戸市の人工島でも発生している。

地震対策にはさまざまなものがあるが、このうちP波を検知し、あとからやってくるS波の揺れを警報する **エ** ③ 速報は有効な地震対処法である。

問 1 文中の **ア** ~ **エ** に適切な語句を入れよ。

問 2 文中の **A** に適切な数字を入れよ。

問 3 下線部①に関連して、プレート境界には3つの種類がある。このうち、プレートどうしがすれ違う境界に形成される断層をなんと呼ぶか。

問 4 下線部②に関連して、次の各問に答えよ。

- (1) この海側のプレートの名前を答えよ。
- (2) このようなプレートの境界で巨大地震や大地震が発生するしくみを100字以内で説明せよ。

問 5 下線部③に関連して、震源距離が 100 km の観測点では、P 波を検知したあと S 波がやってくるまでの時間は何秒程度になるだろうか。下の a ~ d の中から最も適切と思われるものを 1 つ選び記号で答えよ。なお、地震波の速度は日本付近で平均的なものとする。

- a 2 ~ 6 秒 b 12 ~ 16 秒 c 22 ~ 26 秒 d 32 ~ 36 秒