

令和4年度入学試験問題（前期日程）

理 科

物 理	1 ページから	11 ページまで
化 学	12 ページから	20 ページまで
生 物	21 ページから	26 ページまで
地 学	27 ページから	33 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄（1 か所または2 か所）に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100 分である。

物 理

1 以下の文章中の ① ～ ⑳ に最も適切な数値、数式、文字、または選択肢の記号を記入せよ。(40 点)

問1 図1—I(a)のように、ばね定数 k の軽いばねの一端を壁に固定し、他端に質量 m の物体 P を取り付け、滑らかで水平な床に置く。はじめ、ばねの長さは自然長で物体 P は静止している。

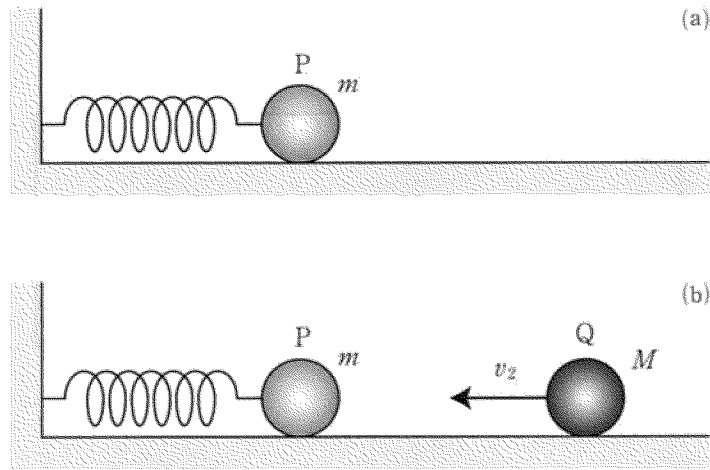


図1—I

(1) 静止している物体 P に左向きに速さ v_1 を与えたところ、物体 P は角振動数 ω の単振動をはじめた。 k を m と ω を使って表すと、① となる。

また、単振動の振幅は v_1 と ω を使って表すと、② (ア) $\frac{\omega}{v_1}$ (イ) $\sqrt{\frac{\omega}{v_1}}$ (ウ) $\sqrt{\frac{v_1}{\omega}}$ (エ) $\frac{v_1}{\omega}$ となる。

(2) はじめの状態に戻した物体 P に、図1—I(b)のように左向きに速さ v_2 で進んできた質量 M の物体 Q が衝突し、Q はその後 P と一体化して、単振動をはじめた。ただし、衝突はごく短時間に起こったとする。衝突直後の一体化した物体の

速さ V は、③ (ア) $\frac{M+m}{M} v_2$ (イ) $\frac{M+m}{m} v_2$ (ウ) $\frac{m}{M+m} v_2$ (エ) $\frac{M}{M+m} v_2$ となる。ばねの縮みの最大値は

k 、 M 、 m 、 V を使って表すと、④ (ア) $\sqrt{\frac{M+m}{k}} V$ (イ) $\frac{M+m}{k} V$ (ウ) $\sqrt{\frac{k}{M+m}} V$ (エ) $\frac{k}{M+m} V$ となる。

問2 図1―IIのように、惑星が太陽のまわりをだ円軌道を描いて公転運動をしている。太陽は静止しているとみなすことができ、惑星は太陽との間の万有引力のみを受けているとする。だ円軌道上の点AとBは、それぞれ、惑星が太陽に最も近づく点(近日点)と最も遠ざかる点(遠日点)である。点AとBにおける惑星の運動の速さ v_A 、 v_B および、太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間あたりに描く面積(面積速度)の大きさ S_A 、 S_B の関係として正しいのは、下記の選択肢(ア)～(カ)のうち、⑤である。

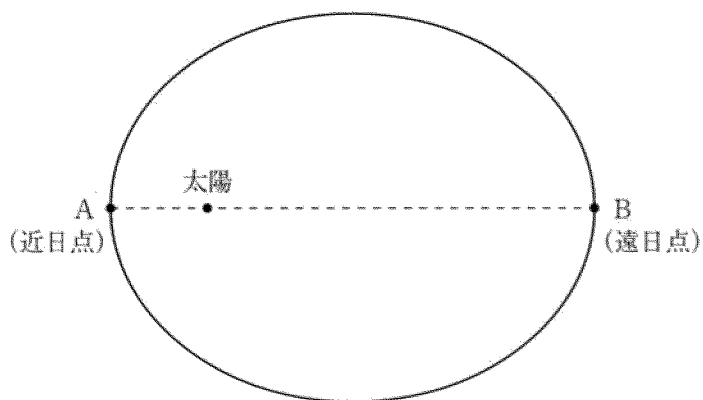


図1―II

- 選択肢 —
- (ア) $v_A = v_B$, $S_A = S_B$
 - (イ) $v_A = v_B$, $S_A > S_B$
 - (ウ) $v_A = v_B$, $S_A < S_B$
 - (エ) $v_A > v_B$, $S_A = S_B$
 - (オ) $v_A > v_B$, $S_A > S_B$
 - (カ) $v_A < v_B$, $S_A < S_B$

問3 距離 r だけ離れた質量 m_1 、 m_2 の2つの物体の間の万有引力の大きさ F は、万有引力定数を G として、

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

と表される。図1―IIIにおいて地球の半径を R 、質量を M とする。地表にある質量 m の質点は地球からの万有引力のみを受け、地球の全質量は中心Oに集中しているとする。自転の影響を考えないとすると、地表の重力が地球と質点の間の万有引力に等しいので、地表の重力加速度 g は G 、 M 、 R を用いて $g =$ ⑥となる。

この質点が速さ v で地表面上から打ち上げられた時の全力学エネルギー E は、

$$E = \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{M m}{R}$$

となる。地球の引力を振り切って無限遠に飛び去るのに必要な最小の打ち上げの速さ v_0 は G 、 M 、 R を用いて $v_0 =$ ⑦と表される。

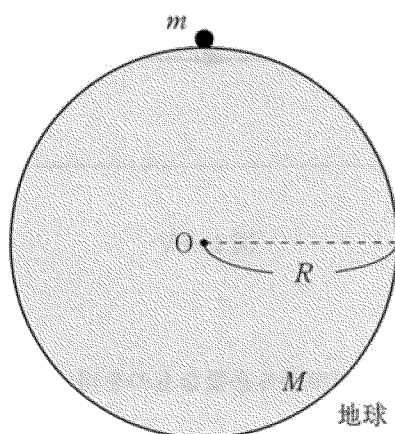


図1―III

問4 図1—Ⅳのように、電圧 E [V] の電源を抵抗値 R [Ω] の抵抗とポンプに接続する。このとき、電圧計の読みが V [V] であった。電圧計に流れる電流や電流計にかかる電圧は無視できるものとし、重力加速度を g [m/s^2] とする。

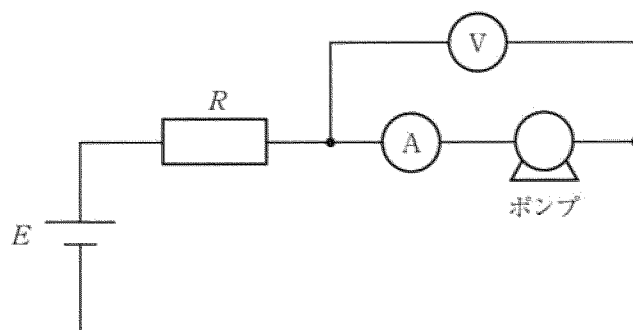


図1—Ⅳ

いま、電流計を流れる電流の測定値が I [A] で一定であるとする。

- (1) 抵抗 R で 1.0 分間に発生するジュール熱は、⑧ [J] となる。
- (2) ポンプで消費される電力は、 $P =$ ⑨ [W] と表せる。いま、その 70 % が水を高さ L [m] だけくみ上げる仕事に使われた。ポンプが 1.0 分間にくみ上げる水の質量は、 P を使って ⑩ [kg] と表される。

問5 容器の中に 1 mol の理想気体が入っている。図1—Ⅴにしたがって、気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ と変化させる。まず温度 T_A の状態 A から圧力と体積の比を一定に保って、温度 T_B の状態 B にした。次に、状態 B から温度 T_C の状態 C に断熱的にゆっくり膨張させた。最後に、圧力を一定のまま、元の状態 A に戻した。気体定数を R [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$]、定積モル比熱を C_V [$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$] とする。

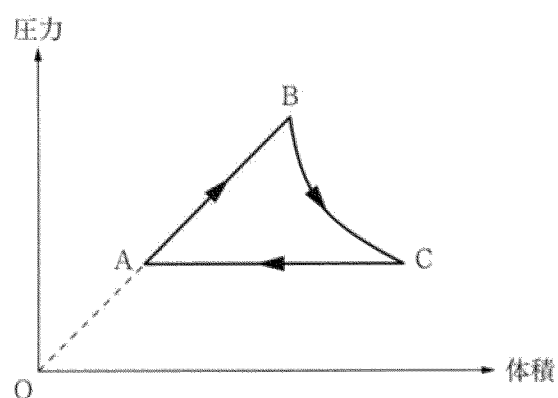


図1—Ⅴ

以下の仕事について、 T_A 、 T_B 、 T_C 、 R 、 C_V の中から必要なものを用いて表せ。

- (1) 状態 $B \rightarrow C$ において気体のした仕事を求めると、⑪ [J] となる。
- (2) 状態 $C \rightarrow A$ において気体になされた仕事を求めると、⑫ [J] となる。
- (3) 状態 $A \rightarrow B$ において気体のした仕事を求めると、⑬ [J] となる。

問6 図1—VI(a)の実線は、 x 軸の正方向に進む縦波の時刻 $t = 0$ sにおける x 軸上の各点の変位を y 軸にとって表したものである。また、実線の波が進行して、初めて点線の波になるのにかった時間は0.50sであった。ただし、 x 軸の正方向の変位を y 軸の正方向の変位に置き換えている。

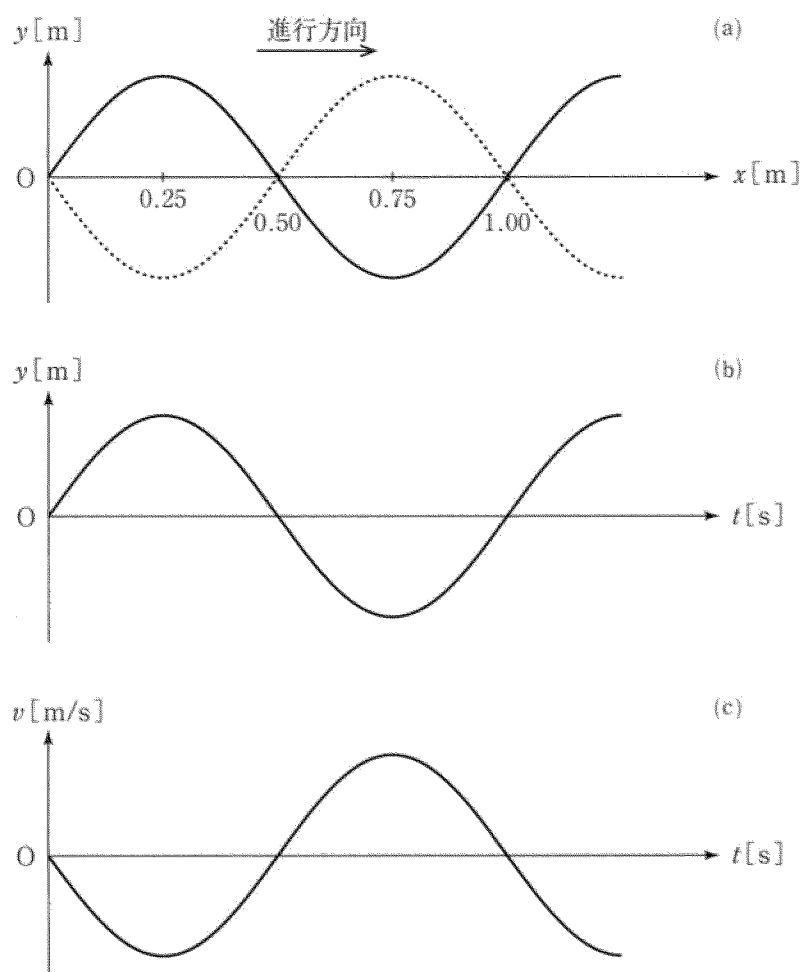


図1—VI

- (1) この波の周期は ⑭ sである。
- (2) 図1—VI(b)は、 x 軸上のある点の変位 y [m]を時間の関数として表したものである。このような変位をする x 軸上の点は、⑮ mのところである。ただし、0 m 以上 1.00 m 未満の範囲で選べ。
- (3) 図1—VI(c)は、 x 軸上のある点の媒質の振動の速度 v [m/s]を時間の関数として表したものである。このような変位をする x 軸上の点は、⑯ mのところである。ただし、0 m 以上 1.00 m 未満の範囲で選べ。

問7 金属の表面に光(紫外線や可視光線)をあてると、その表面から電子が放出される現象を光電効果という。

- (1) この現象を起こすには、各金属に固有なある値より大きな ⑰ (ア) 振幅 (イ) 振動数 (ウ) 波長 (エ) 周期 の光をあてなければならない。その固有な値より小さな ⑰ の光をあてた場合は、いくら光が強くても電子は放出されない。
- (2) アインシュタインは光電効果を説明するために、波長が λ の光は、プランク定数を h 、光の速度を c とすると、エネルギー $E =$ ⑱ をもつ多数の粒子(この粒子を ⑲ という)からできていて、その中の1個の粒子が金属内の自由電子と衝突して、エネルギーのすべてを与えて消えてしまうと考えた。金属内の電子を金属の外に取り出すのに必要なエネルギーは、その金属の仕事関数 W と呼ばれ、放出される電子の質量 m 、最大速度 v 、エネルギー E を用いて表すと、 $W =$ ㉔ という関係式が成り立つ。

2 以下のA, Bの各問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気による抵抗は無視するものとする。(30点)

A 図2—Iのように、水平面上の点Qにおいて質量 M の物体を鉛直上方に初速度 V で投げ上げ、それと同時に点Qから距離 L だけ離れた点Pにおいて質量 m の小球を水平面から仰角 θ 、初速度 v_0 で投げ上げた。

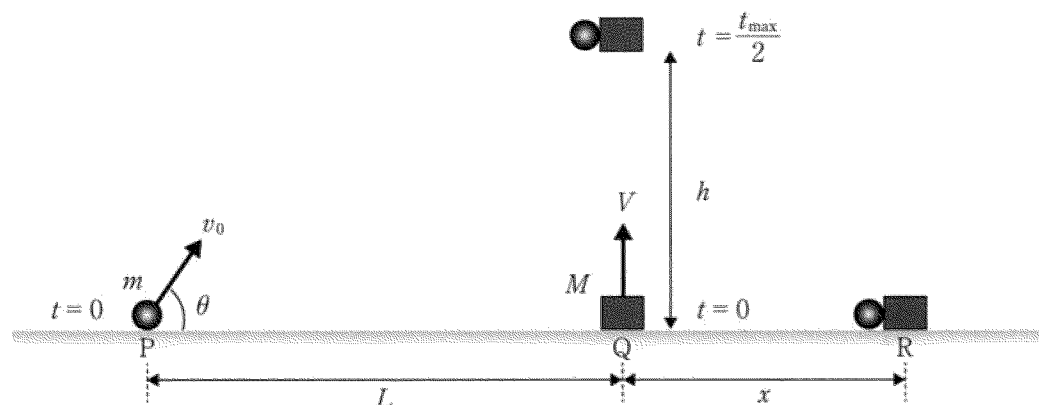


図2—I

問1 質量 M の物体が小球と衝突しないとき、その物体が最高点に達する時刻 $t_{\max}$ を求めよ。ただし、物体を投げ上げるときを時刻 $t=0$ とする。

次に、 L 、 v_0 、 θ の大きさを変えて、時刻 $t = \frac{t_{\max}}{2}$ のときに小球と物体が水平面からの高さ h で衝突するようにした。ただし、衝突は短い時間で起こるものとする。

問2 高さ h を g と V を用いて表せ。

問3 PQ間の距離 L を g 、 v_0 、 V 、 θ を用いて表せ。

問4 初速度 V を v_0 と θ を用いて表せ。

衝突後、小球と物体は一体となって進み、水平面上の点Rに落下した。

問5 小球と物体の衝突直後の速度について、水平成分と鉛直成分を求めよ。

問6 QR間の距離 x を g 、 m 、 M 、 v_0 、 V 、 θ を用いて表せ。

B 図2—IIのように、長さ R の軽い糸の一端に質量 m の小球をつけ、最高点 A において水平左向きの初速度 v_0 を与えた。その後、小球は鉛直面内で中心 O のまわりを円運動した。

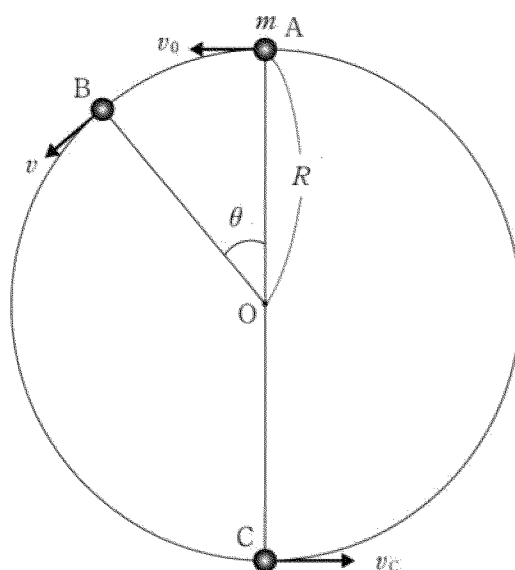


図2—II

- 問7 最高点 A での重力による小球の位置エネルギー U を求めよ。ただし、最下点 C を位置エネルギーの基準とする。
- 問8 糸が鉛直方向から θ だけ回転した位置を点 B とし、その点での小球の速さを v とする。小球が点 B を通る瞬間における糸の張力の大きさ S を g , m , R , v , θ を用いて表せ。
- 問9 小球が円運動をするための v_0 の最小値 $v_{\min}$ を求めよ。
- 問10 最下点 C での小球の速さ v_C を g , R , v_0 を用いて表せ。
- 問11 次に、最高点 A において、小球に与える v_0 を少しずつ大きくして円運動をさせた。 v_0 をある値にすると、小球が最下点 C に達した瞬間に糸が切れた。最高点 A において小球に与えた v_0 を求めよ。ただし、この糸は質量 $10m$ の物体を静かにつるすとちょうど切れるものとする。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(30点)

A 図3—Iのように、内部抵抗の無視できる起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、スイッチ S からの回路を水平面上に配置した。この回路の点 B と点 C に質量 m 、長さ l 、抵抗値 $2R$ の導体棒を軽い導線で水平につるした。はじめに、スイッチ S は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

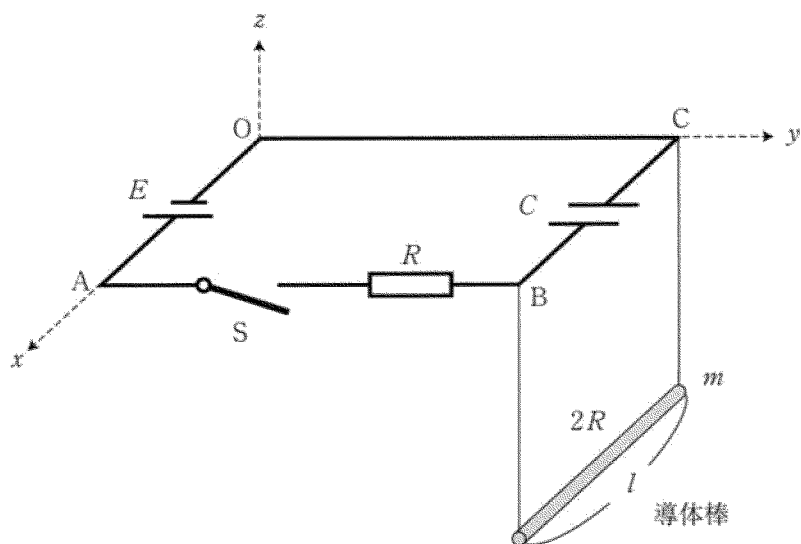


図3—I

問1 $t = 0$ でスイッチ S を閉じた。その直後にコンデンサーに流れこむ電流 I の大きさを求めよ。

問2 AB 間と BC 間の電圧の大きさの時間変化を最も正しく表すグラフを図3—IIの(ア)～(カ)の中からそれぞれ選び、その記号で答えよ。

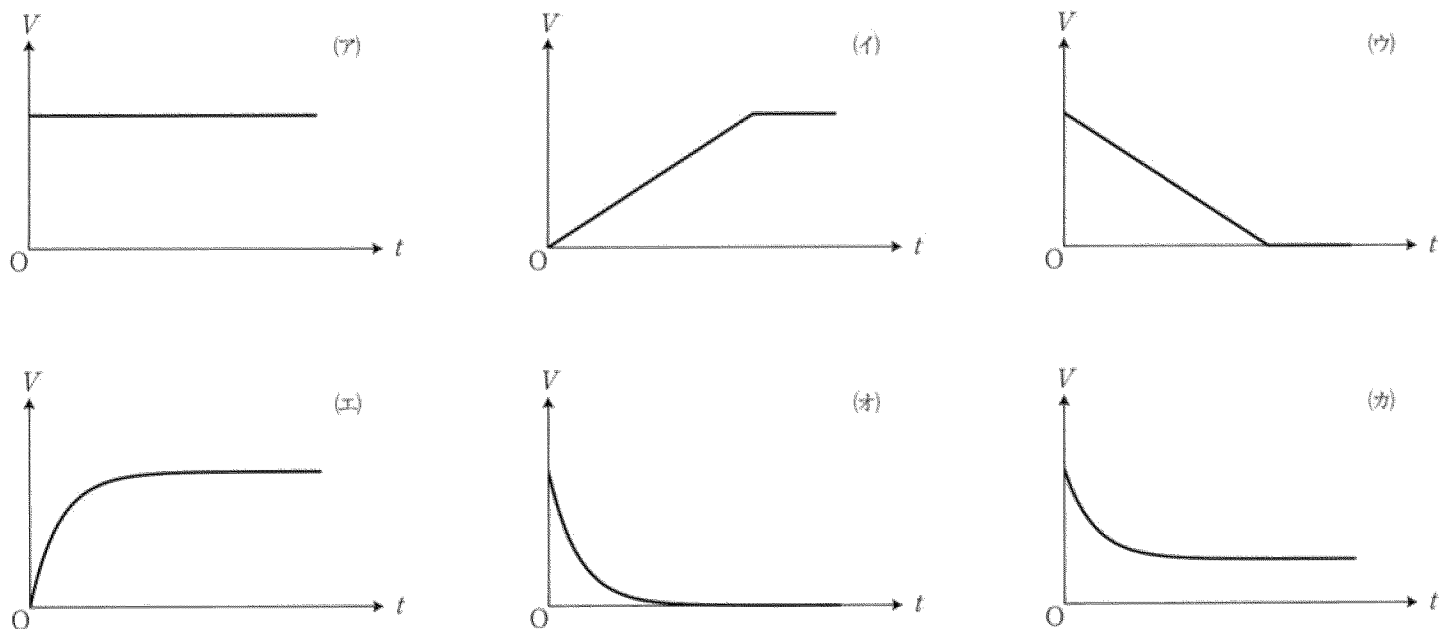


図3—II

問3 スイッチ S を閉じて十分に時間が経過した。コンデンサーに蓄えられた電荷 Q を求めよ。

次に、回路全体に磁束密度 B の一様な磁場(磁界)を加えたところ、図3—Ⅲのように、導線は鉛直方向から角度 θ だけ傾いて静止した。回路 ABCO は固定されており、動くことはないものとする。

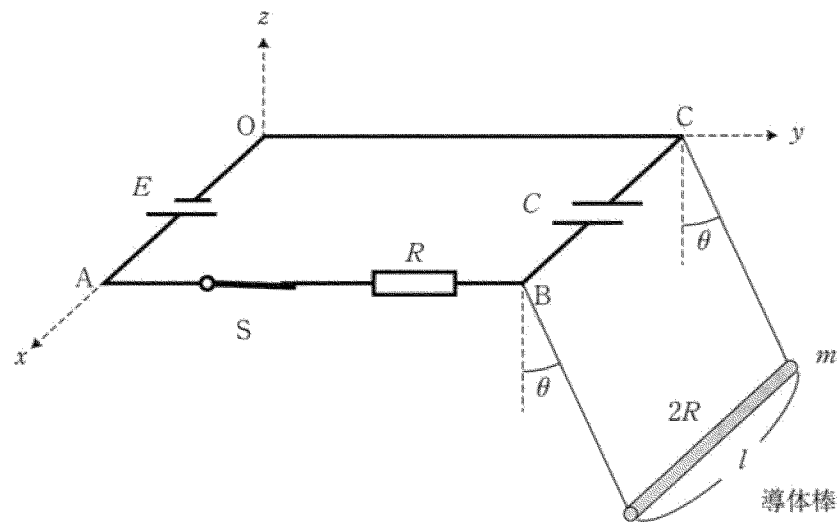


図3—Ⅲ

問4 加えた磁場(磁界)の向きを下記の選択肢(ア)～(カ)の中から1つ選び、その記号で答えよ。

- | | | |
|----------------|----------------|-----------------------|
| (ア) x 軸の正の向き | (イ) y 軸の正の向き | (ウ) z 軸の正の向き(鉛直上向き) |
| (エ) x 軸の負の向き | (オ) y 軸の負の向き | (カ) z 軸の負の向き(鉛直下向き) |

問5 磁束密度 B の大きさを求めよ。

B 花子さんは高校の授業でコンプトン効果という、電磁波である X 線が粒子性を示し電子を跳ね飛ばす現象を知り、「粒子性を考えない場合、電磁波は電荷にどんな力を与えるのだろうか?」という疑問を持った。

電磁波とは、電場(電界)と磁場(磁界)が振動しながら広い空間内を伝わっていく現象である。図 3—IV のような電磁波が、正の荷電粒子(正電荷)におよぼす力を考える。

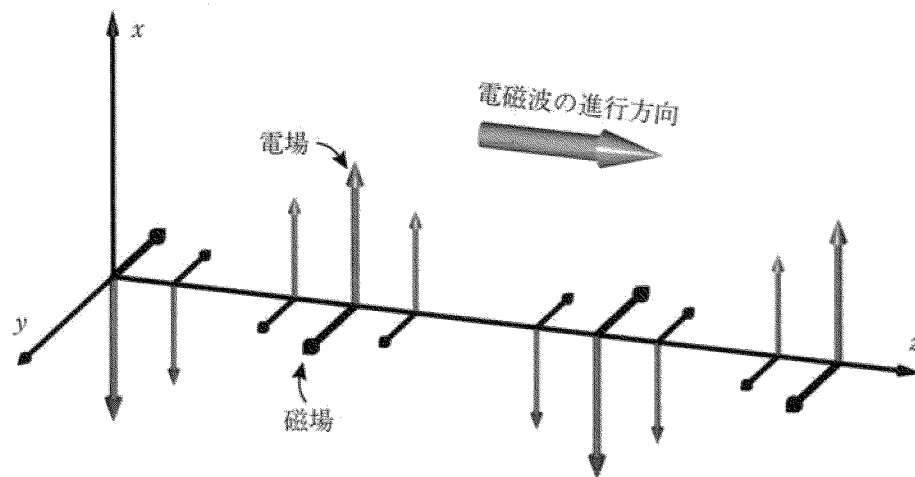


図 3—IV

花子さんは以下のような予想と仮説を立てた。

予想：電磁波は正電荷を跳ね飛ばす。

仮説 A：電磁波の電場が正電荷を加速する。

仮説 B：電磁波の磁場が正電荷を加速する。

問 6 花子さんの考察を記した以下の文章中の 内にあてはまる選択肢の記号を答えよ。「図の選択肢」と書いてある については、次ページの図 3—V の「図の選択肢」の記号(A)～(I)で答えよ。

仮説を検討するために、静止している正電荷が電磁場からどんな力を受けるかを考えてみることにする。図 3—IV に描かれた瞬間に z 軸上の各点に置かれた正電荷が電場から受ける力の向きを図で示せば ① 図の選択肢 だろう。一方、正電荷は静止しているのだから、このとき磁場から受ける力の向きを図で示せば ② 図の選択肢 だろう。どちらの場合も「予想」とは違う。

花子さんは「電場と磁場を別々に考えたのがいけないのだろうか?」と考えた。

静止していた正電荷がまず ③ (ア) 電場 (イ) 磁場 によってわずかに動かされた結果、運動する正電荷は

④ (ア) 電場 (イ) 磁場 からも ⑤ 図の選択肢 の向きに力を受け、この力が正電荷を跳ね飛ばす。

ただし、 ⑥ (ア) 電場 (イ) 磁場 (ウ) 電場と磁場の両方 による力は運動方向と垂直なので仕事をしない。

ここに存在するのが正電荷ではなく負電荷ならば、この負電荷は

(ア) 正電荷の場合と同じ向きに跳ね飛ばされる。

⑦ (イ) 正電荷の場合とは逆向きに跳ね飛ばされる。

(ウ) どの方向にも跳ね飛ばされない。

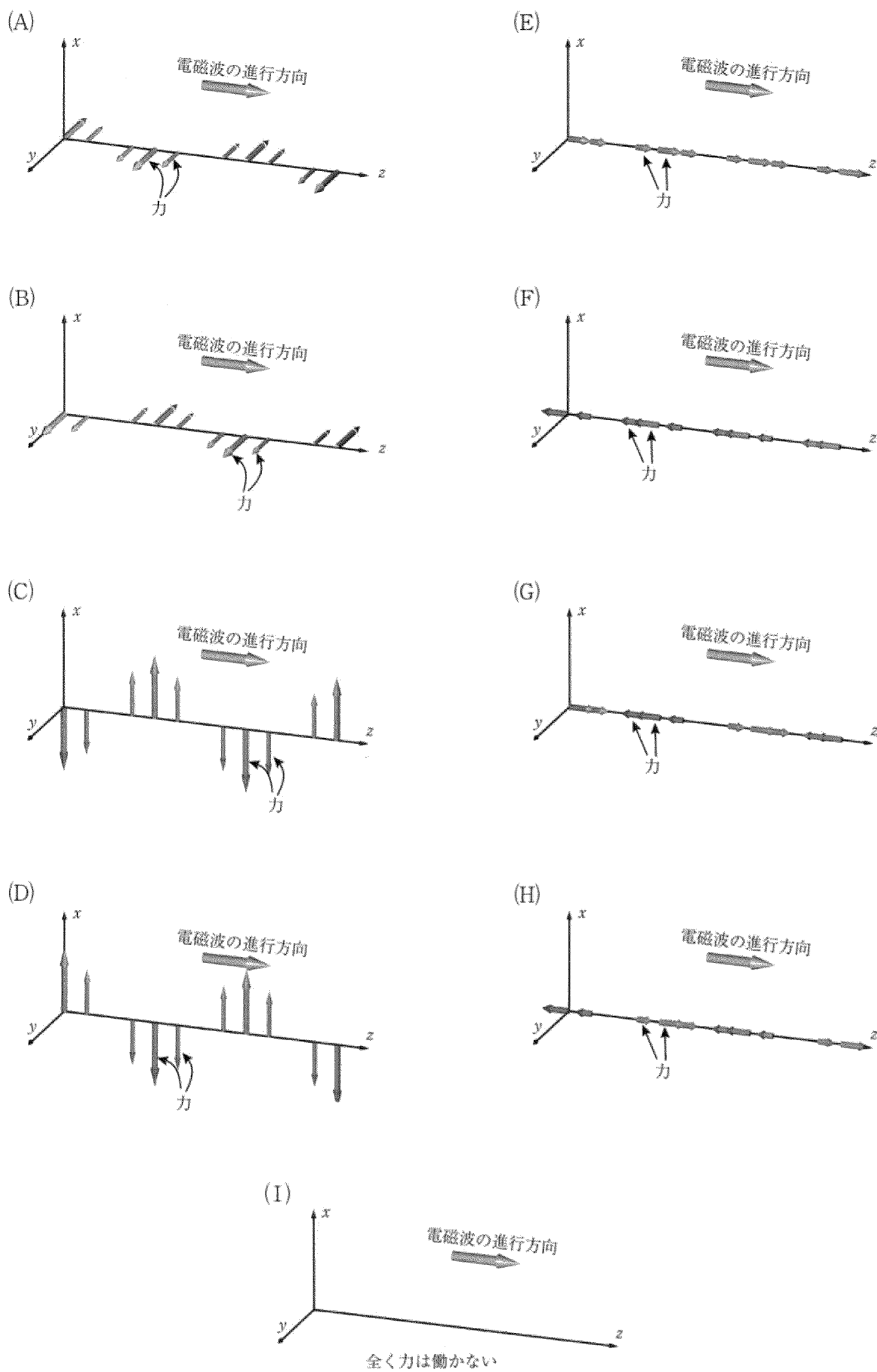


図3-V

問7 以下の文章のうち、ここまでの推論からわかる考察として正しいものには○を、正しくないものには×を回答欄に書け。

- (a) 電磁波が正電荷に力を与えるのは電磁波が粒子性を持つときだけである。
- (b) 電磁波が正電荷を跳ね飛ばそうとする力の強さは、電場の強さと磁場の強さの両方におおむね比例する。
- (c) 電磁波から正電荷には様々な力が働くが、時間的に平均すると0である。
- (d) 電磁波はその進行方向と同じ向きに荷電粒子を動かそうとする傾向を持つ。

花子さんはさらに勉強して、ボーアの量子条件というものを知った。

ボーアの量子条件

原子核のまわりを半径 r で速さ v の等速円運動をする質量 m の電子は、プランク定数を h として、

$$2\pi r m v = n h$$

を満たす軌道上を運動する。

この条件から、水素原子の電子のエネルギーが $E_n = -\frac{C}{n^2}$ (C は定数、 n は自然数) という式で表されることがわかる。

花子さんは「一様磁場中を磁場と垂直な面内で円運動する電子についてもこの条件が成り立つだろうか。成り立つとするとどうなるだろう?」と思った。

下の図3—Ⅵのように、磁束密度 B の一様な磁場中を、質量 m で電荷 $-e$ を持つ電子が半径 r で速さ v の等速円運動をしているとする。

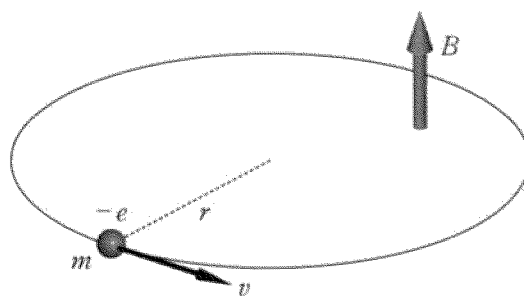


図3—Ⅵ

問8 電子の運動方程式を書け。

問9 実は磁場中の電子の場合はボーアの量子条件と少しだけ違う式が成り立つのだが、ここでは、 $2\pi r m v = n h$ が成り立つと仮定して計算し、運動エネルギーを求めよ。 v と r を使わずに解答すること。

化 学

必要があれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.00, N = 14.00, O = 16.00

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

濃度が未知の過酸化水素水(H_2O_2 水)について、酸化還元反応を利用して、濃度を求める実験を行った。 H_2O_2 水 10.0 mL を **1** で正確に量りとり、コニカルビーカーに入れ、さらに硫酸 2 mL を加えて酸性にした。その溶液に **2** を用いて、0.015 mol/L 過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液で滴定したところ、8.45 mL 加えたところで、溶液の色が薄い赤紫色となり消えなくなった。このとき、過酸化水素と過マンガン酸イオンは過不足なく反応した、とみなすことができる。この反応では、 Mn^{2+} が生じ、 O_2 が発生した。_(a)

問 1 **1** と **2** にあてはまる最も適切な器具名を答えなさい。

問 2 KMnO_4 中の Mn の酸化数、および H_2O_2 中の O の酸化数を、それぞれ答えなさい。

問 3 上記の滴定実験において、過酸化水素は酸化剤、あるいは還元剤のどちらとしてはたらいっているか、答えなさい。

問 4 下線部(a)の反応をイオン反応式で書きなさい。

問 5 滴定実験の結果から、 H_2O_2 水の濃度は何 mol/L か、求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(17点)

図 I のように、耐圧容器 A と B は、コックで連結されている。コックを閉じた状態で、耐圧容器 A (体積 1.0 L) には、体積比 1 : 2 のヘリウムとプロパンの混合気体を封入し、耐圧容器 B (体積 4.0 L) には、酸素を封入した。27℃における耐圧容器 A の圧力は、 $6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。次のような操作を行った。

操作 1 温度を 27℃に保ったまま、図 I 中のコックを開き、十分な時間を経過させ耐圧容器 A と B の気体を混合した。このときの両容器の圧力は、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

操作 2 図 I 中のコックを開いた状態で、耐圧容器 A と B 内で着火装置を使用し、耐圧容器内の プロパンを完全燃焼させたの^(a)ち、27℃にした。このとき発生する水は、全て水蒸気として存在しているものとする。また、熱による容器の体積変化は、無視できるものとする。

ただし、全ての気体は、理想気体とみなすことができるものとする。また、ヘリウムは他の気体と化学反応をしないものとする。なお、図 I の耐圧容器 A と B を結ぶ連結部、コックおよび着火装置の体積は、無視できるものとする。気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

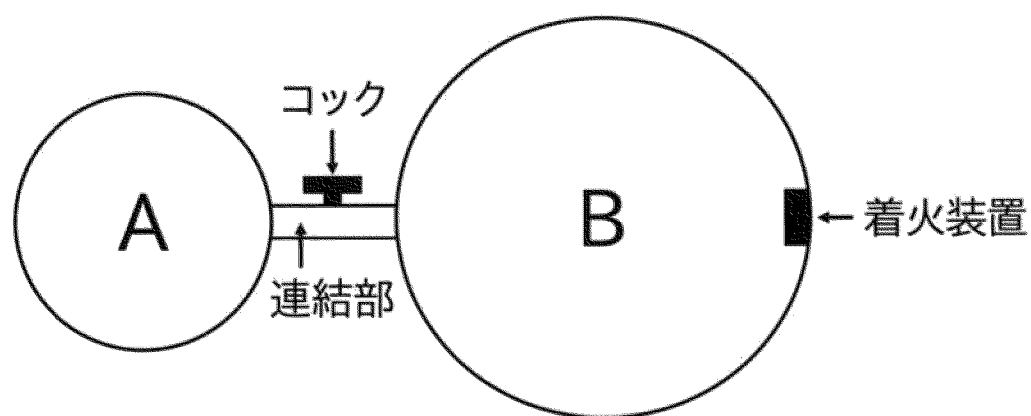


図 I 装置

問1 操作前の耐圧容器 A に含まれていたプロパンの分圧は、何 Pa か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

問2 操作前の耐圧容器 A に含まれていたプロパンの物質量は、何 mol か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

問3 操作1後の状態におけるヘリウムとプロパンの分圧は、それぞれ何 Pa か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

問4 操作1後の状態における酸素の分圧は、何 Pa か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

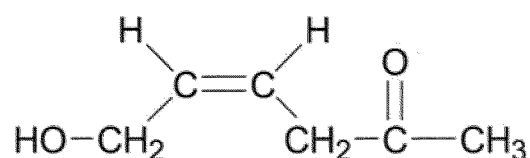
問5 操作前の耐圧容器 B に含まれていた酸素の圧力は、何 Pa か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

問6 下線部(a)の反応を化学反応式で書きなさい。

問7 操作2でプロパンを完全燃焼させた後に残った酸素の物質量は何 mol か、最も適当な数値を次の(ア)～(カ)の中から選び、記号で答えなさい。

(ア) 0.028 (イ) 0.043 (ウ) 0.097 (エ) 0.28 (オ) 0.43 (カ) 0.97

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造式は図Ⅱにならって書きなさい。(17点)



図Ⅱ 構造式の例

分子式 $C_{11}H_{18}O_4$ のエステル(化合物 A)を塩酸中で完全に加水分解して得た混合物を分離すると、3つの化合物 B, C, D が同じ物質で得られた。

化合物 B を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると泡が発生したが、化合物 C と D では発生しなかった。5.8 mg の化合物 B を完全燃焼させたところ、8.8 mg の二酸化炭素と 1.8 mg の水が得られた。化合物 B には、立体異性体 E が存在する。化合物 E を約 160℃ に加熱すると分子内で脱水反応が起こり、分子量 98.0 の酸無水物 F に変化した。

分子量 74.0 の化合物 C と分子量 60.0 の化合物 D は、いずれも二クロム酸カリウム水溶液を加えると橙色から緑色への変化がみられた。化合物 C と D にヨウ素溶液を加えて温めながら水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、化合物 C の溶液からは褐色が消えるとともに黄色沈殿が生成したが、化合物 D の溶液からは黄色沈殿が生成しなかった。

問1 酢酸エチル $CH_3-COO-C_2H_5$ は代表的なエステルである。酢酸エチルに塩酸を加えた場合の加水分解の化学反応式を書きなさい。

問2 化合物 B の組成式と分子式を書きなさい。

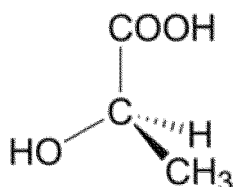
問3 化合物 B, E, F の構造式をそれぞれ書きなさい。

問4 化合物 B を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えた時の化学反応式を書きなさい。

問5 化合物 C から生成した黄色沈殿物の分子式を書きなさい。

問6 化合物 C と D の構造式と化合物名を書きなさい。

問7 化合物 C には鏡像異性体が存在する。下記の例にならってそれぞれの鏡像異性体を書きなさい。



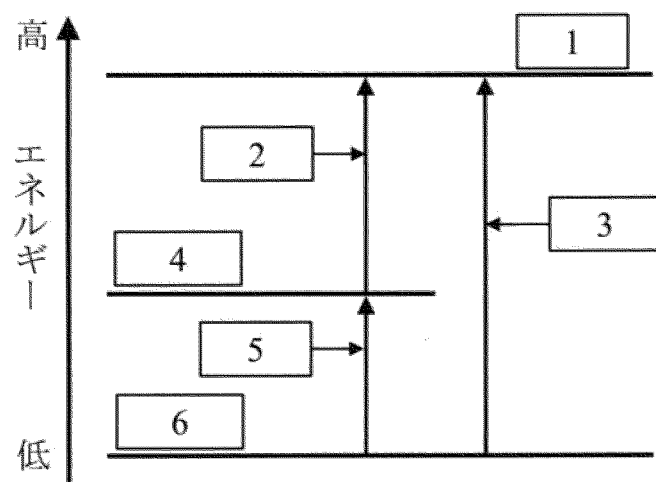
—— は紙面の手前側に出ている結合
..... は紙面の裏側へ出ている結合
—— は紙面と同じ平面にある結合

問8 化合物 A の構造式を書きなさい。

4 以下の各問に答えなさい。(17 点)

問 1 以下の図Ⅲのエネルギー図は、物質の三態の状態変化と熱の出入りを示す図である。

図中の 1 ～ 6 に入る最も適切な語句を次の(ア)～(サ)の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

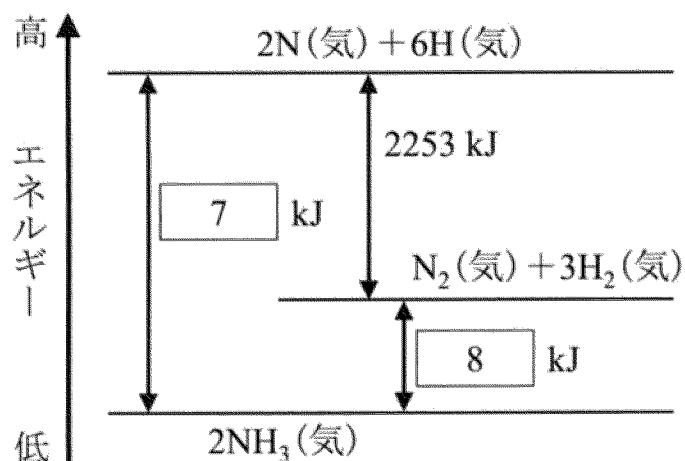


図Ⅲ エネルギー図

- (ア) 溶解熱 (イ) 蒸発熱 (ウ) 中和熱 (エ) 融解熱 (オ) 昇華熱
(カ) 液体 (キ) 液晶 (ク) 蒸気 (ケ) 固体 (コ) 気体 (サ) コロイド

問 2 以下の図Ⅳのエネルギー図を見て、以下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

ただし、 N_2 の $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギーは 945 kJ/mol とする。また、 NH_3 の $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーは 390 kJ/mol とする。
なお、 NH_3 のすべての $\text{N}-\text{H}$ 結合は等価とする。



図Ⅳ エネルギー図

- (1) エネルギー図中の 7 ～ 8 に入るエネルギーの値を絶対値で求めなさい。ただし、小数点以下は切り捨てて整数で答えなさい。
- (2) H_2 の $\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギーは何 kJ/mol になるか求めなさい。ただし、小数点以下は切り捨てて整数で答えなさい。
- (3) アンモニアの生成熱は何 kJ/mol になるか求めなさい。ただし、有効数字は 3 桁とし 4 桁目を四捨五入して答えなさい。

問3 次の文章を読み、 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

物質の状態が変化したり化学変化が起こったりする際には、エネルギーの放出や吸収が起こる。

化学反応の場合、 の結合エネルギーの総和から の結合エネルギーの総和を差し引いたエネルギーが、反応熱として放出または吸収される。物質は化学エネルギーとよばれる固有のエネルギーを持っており、これは主に原子などの構成粒子間の化学結合によって蓄えられたものである。化学反応では、物質の化学結合が組み変わるため、物質のもつエネルギーが変化する。

ところで、化学反応の際に光エネルギーが出入りする場合がある。光エネルギーを吸収することによって起こる化学変化を光化学反応という。化学反応に伴って物質が光を発する現象は といい、 と の化学エネルギーの差あるいはその差の一部が光エネルギーに変換されて光が放出される現象である。自然界には、 を利用している生物が存在する。ホタルは、その例である。

5 以下の各問に答えなさい。(16点)

問1 次の文章を読んで、以下の(1)と(2)の問いに答えなさい。

電解質である塩化ナトリウムを水に溶かすと、 Na^+ と Cl^- は、それぞれ静電的な引力によって、極性のある水分子に取り囲まれ安定化する。非電解質でも極性分子は水に溶けやすい。

エタノールが水によく溶けるのは、極性をもつ 基が水分子と 結合を形成するためである。一般に、極性分子は極性溶媒によく溶け、無極性分子は無極性溶媒によく溶ける。

(1) 下線部(a)の現象の名称を答えなさい。

(2) と にあてはまる最も適切な語句を、それぞれ答えなさい。

問2 硝酸カリウムの水 100 g に対する溶解度は 70℃で 137 g、25℃で 38 g である。以下の(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 70℃における硝酸カリウム飽和水溶液の質量パーセント濃度は何 % か求めなさい。ただし、有効数字は3桁とし4桁目を四捨五入して答えなさい。

(2) 70℃の硝酸カリウム飽和水溶液 200 g を 25℃に冷却したとき、析出する結晶の質量は何 g か求めなさい。ただし、有効数字は2桁とし3桁目を四捨五入して答えなさい。

問3 次の文章を読んで、以下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

以下の実験を行なった。

実験1 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を沸騰水に加えると、赤褐色の透明なコロイド溶液が得られた。

実験2 実験1で得られたコロイド溶液をセロハン膜に包んで蒸留水に浸し、透析を行なった。

実験3 透析後のセロハン膜の外側の溶液(以下、膜外液という)を少量取り出し、二つに分けた。取り出した膜外液の一方にプロモチモールブルー (BTB) 溶液を加えると黄色に着色し、もう一方の膜外液に硝酸銀水溶液を加えると白濁した。

(1) 実験1で、赤褐色の透明なコロイドが生じる反応を化学反応式で書きなさい。

(2) 実験2の透析により、コロイド溶液中に共存していたコロイド粒子とイオンを分離できる。この分離ができる理由を50字程度で答えなさい。

(3) 実験3の結果より、膜外液中に存在が確認できた陰イオンをすべて答えなさい。

6 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(17 点)

アニリン、ニトロベンゼン、サリチル酸、フェノールの4種類の芳香族化合物を含むジエチルエーテル溶液がある。この溶液について、図Vに示すような操作1～4を行った。

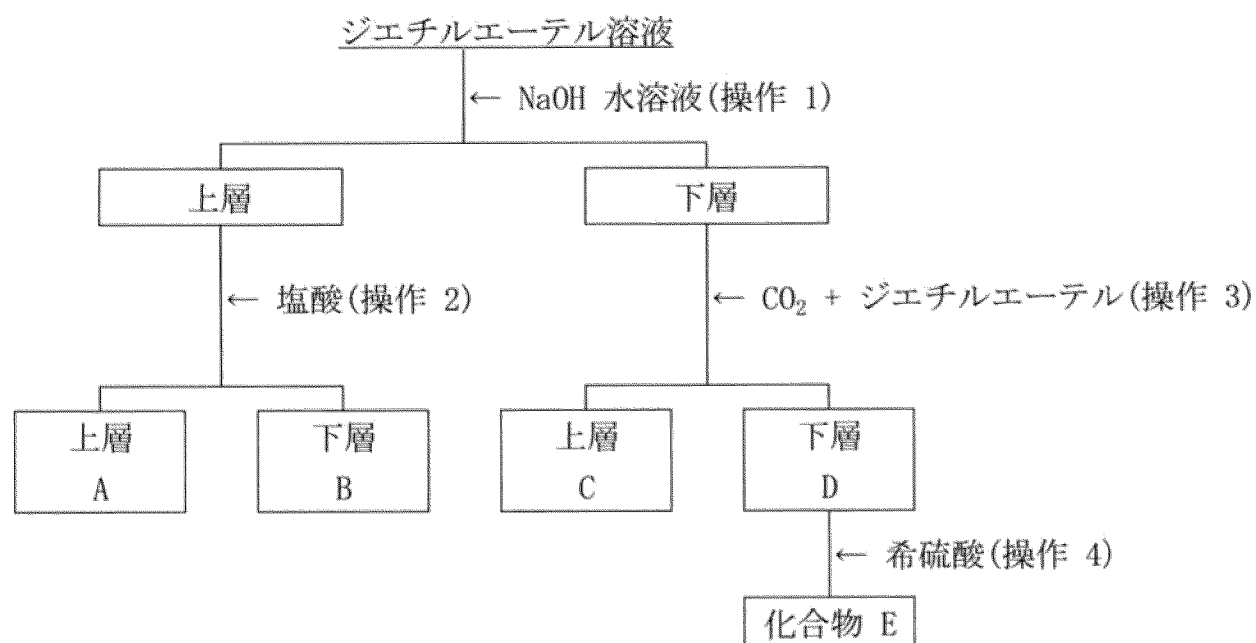
操作1 上記4種の化合物を含むジエチルエーテル溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜたのち、上層と下層を分離した。

操作2 操作1で得られた上層に塩酸を加えて酸性にし、よく振り混ぜたのち、上層Aと下層Bを分離した。

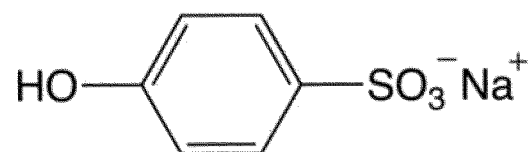
操作3 操作1で得られた下層に二酸化炭素の気体を十分に通じたのち、ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜ、上層Cと下層Dを分離した。

操作4 操作3で得られた下層Dに希硫酸を加え、酸性にした。

化学反応式を書く場合は、反応式中の有機化合物は構造式を用いて書きなさい。構造式は図VIの構造式の例にならって書きなさい。



図V 分離操作



図VI 構造式の例

問1 A～Dの各層には、どの化合物がどのような形で含まれているか、構造式で答えなさい。また、下層Dに操作4を行ったときに遊離してくる化合物Eの構造式を書きなさい。

問2 下層Bに含まれる化合物について、操作2で起こった変化を化学反応式で書きなさい。

問3 上層Cに含まれる化合物について、操作3で起こった変化を化学反応式で書きなさい。

問4 次の(ア)～(オ)の化合物に、図Vと同様な操作を行うと、それぞれの化合物はA～Dのどの層に分離されるか、記号で答えなさい。

(ア) トルエン (イ) 安息香酸 (ウ) *o*-クレゾール (エ) エチルベンゼン (オ) ナフタレン

問5 上層Aに含まれる化合物に濃塩酸と適量のスズSnを作用させると、下層Bに含まれる化合物を生じる。その化学反応式を書きなさい。ただし、反応で生成するスズの塩は、4価の陽イオンの塩のみとする。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

生体膜は外界から細胞内部を隔離する役割を担う一方、細胞内部では細胞小器官として細胞質から隔てられた空間を形成する。生体膜によって構成される細胞小器官としては、核膜の外膜とつながる一重の袋状または管状の構造で、物質の合成と輸送に関わる 1，扁平な袋状構造が重なり合い、糖の付加などタンパク質の修飾や物質輸送を担う 2，さらに細胞内で生じた不要な物質などを分解する分解酵素を含んだ 3，不要物の分解に加え物質の貯蔵も行う液胞などがある。4 を主成分として構成される生体膜は、特定の物質のみを通過させる性質をもち、イオンや分子量の大きい物質の移動は、輸送タンパク質によって行われる。

物質輸送を担う細胞小器官に加え、膜によって隔てられた空間を利用して代謝を行う細胞小器官もある。例えば、ミトコンドリアにはマトリックスと膜間腔(内膜と外膜の間の領域)の二つの空間があり、これらを隔てる内膜に電子伝達系が存在する。そこでは、解糖系とクエン酸回路で生じた 5 と 6 から電子伝達系へ電子が受け渡され、その際に放出されるエネルギーを使って水素イオンがマトリックス側から膜間腔へ輸送される。その結果、膜間腔での水素イオン濃度は上昇し、濃度勾配に従って水素イオンが ATP 合成酵素を通過することで ATP が合成される。一方、葉緑体では光エネルギーを利用して水素イオンの濃度勾配が形成される。この濃度勾配に従って水素イオンが ATP 合成酵素を通過する事で ATP が合成される。

問 1 文章中の 1 ～ 6 に入る最も適切な語句を記入しなさい。ただし、5 と 6 は順不同とする。

問 2 下線部(a)の性質の名称を答えなさい。

問 3 下線部(b)についての正しい記述を全て選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) ナトリウムポンプは拡散によってナトリウムイオンを細胞外へ運び出す。
- (イ) 輸送体(担体)は運搬する物質と結合すると立体構造が変化して膜の反対側へ物質を輸送する。
- (ウ) アクアポリンとは水分子を通すポンプのことである。
- (エ) チャネルには電荷や特定の物質の存在によって孔が開閉するものがある。
- (オ) 極性のある物質をエネルギーを使って膜の反対側へ輸送するのが輸送体(担体)である。
- (カ) ナトリウム-カリウム ATP アーゼはポンプの一種である。
- (キ) チャネルは脂質二重層を貫通する孔で、エネルギー源として ATP を必要とする。
- (ク) ポンプとは特定の物質が結合することで立体構造を変化させるタンパク質である。
- (ケ) カルシウムチャネルが開くと濃度勾配に逆らってカルシウムイオンが移動する。

問 4 下線部(c), (d)にある水素イオンの移動を利用した ATP 合成反応の名称をそれぞれ答えなさい。

問5 下線部(d)にある水素イオンの濃度勾配の形成には、光化学系 II が利用されている。光化学系 II による水素イオンの濃度勾配の形成過程を 80 字以上 120 字以内で説明しなさい。また、この反応によって、葉緑体のどの部分で水素イオン濃度が高くなるか答えなさい。

問6 単離したチラコイド膜を使って図 I の実験を行った。図 I 中にあるステップ③で産生される物質とそれが検出される場所を答えなさい。さらにステップ③で物質が産生される過程を 80 字以上 120 字以内で説明しなさい。ただし、チラコイド膜に存在するタンパク質等は生体内と同一状態であるものとする。

※ 非公開

図 I チラコイド膜を利用した実験

(Berg ら(著)入村達郎ら(監訳)「ストライヤー生化学」第 6 版(東京化学同人) 539 ページをもとに作画)

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

沖縄島北部の山地は「やんばる(山原)」と呼ばれ、常緑広葉樹が優占する緑豊かな亜熱帯の森が広がっている。^(a)やんばるでは琉球王朝の時代から林業が行われており、伐採の後に再生した森が、景観の大部分を占めている。^(b)やんばるの森を歩くと、河川近くの谷、急な斜面、尾根など起伏があり、地形に応じて出現する植物の種が異なる。^(c)

夏になると、やんばるの森には台風が襲来する。台風は森林の上層の大きな樹木を倒し、森林を部分的に破壊する。そのような場所では、森の中に光が差し込み、弱光に耐性のある陰生の樹木種だけでなく、明るい場所を好む陽生の樹木種も生育できる。^(d)また、樹木の集まりからなる森林の地上部の現存量を調べると、1ヘクタール当たり約180トンになり、森林の純生産量は年間約18トンにおよぶことがわかった。^(e)このような森林の物質生産が、やんばるに生息する多様な動物の暮らしを支えている。^(f)

- 問1 下線部(a)に説明されている、琉球列島の常緑広葉樹について、優占種を1つ答えなさい。
- 問2 下線部(b)に説明されているような、伐採後に森林が再生して植物の種類が入れ替わっていく過程を、何というか答えなさい。
- 問3 下線部(c)に関係して、河川近くの谷、斜面、尾根それぞれで樹木の出現種と各種の個体数を調査したら、表Ⅰの結果が得られた。

表Ⅰ 各場所の樹木種の個体数			
樹木種	谷	斜面	尾根
A 種	10	40	10
B 種	5	30	30
C 種	10	30	50
D 種	5	0	10
E 種	70	0	0
合計個体数	100	100	100

場所ごとの生物多様性の豊かさは、出現した種数(n)や種ごとの個体数の頻度(p_i)で評価される。例えば、シンプソンの多様度指数(D)は、以下の式で表される。

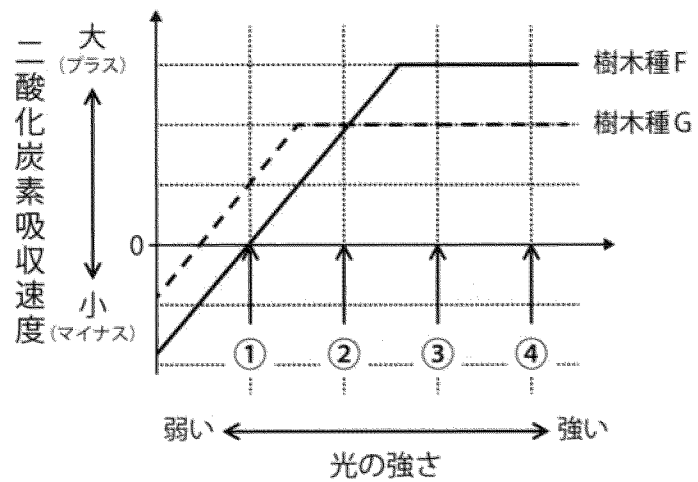
$$D = 1 - \sum_{i=1}^n (p_i)^2$$

この式では、1番目の種から n 番目の種まで出現種があった場合、任意に選んだ2個体が同じ種である確率(p_i)²を1から引くことで、任意に選んだ2個体が別の種である確率を計算している。つまり、シンプソンの多様度指数が大きいほど、めったに同じ種に出会わないという意味で、その場所は種多様性が高いとみなすことができる。

表Ⅰを見て、谷において任意に選んだ2個体が同じ種である確率、尾根において任意に選んだ2個体が異なる種である確率を、それぞれ計算し答えなさい。そして、谷、斜面、尾根についてシンプソンの多様度指数を計算し、種多様性が最も豊かな場所と、そのシンプソンの多様度指数を答えなさい。

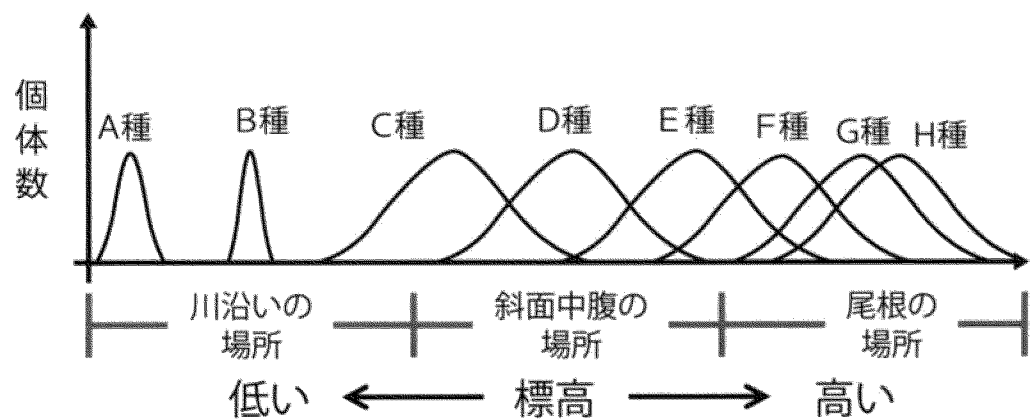
- 問4 下線部(d)の「そのような場所」は何と呼ばれるか、答えなさい。

問5 下線部(d)の説明に関係して、図Ⅱは陰生植物と陽生植物の、光の強さと単位時間の二酸化炭素の吸収量あるいは放出量との関係を表している。図Ⅱの樹木種Fと樹木種Gの線のどちらが陰生植物かを答えなさい。そして、これら2種がお互いに競争排除せず、最も安定的に共存できる光の強さは、図Ⅱの①、②、③、④のどれかを答えなさい。ただし、これら2種の樹木の二酸化炭素吸収速度は成長率と相関し、種間の成長率の違いに応じて、下線部(d)のような場所において、競争が生じると仮定する。



図Ⅱ 光の強さと単位時間の二酸化炭素の吸収量あるいは放出量の関係

問6 下線部(b), (c), (d)に関係して、河川沿いの谷から尾根にかけての森林において、在来の草本植物を対象に各種の個体数を調べると、図Ⅲで示した結果が得られた。やんばるの気候環境に適応した特性をもつ外来植物種の場合、どの場所が最も侵入しやすいか、図Ⅲを基にして100字以内で予想を述べなさい。



図Ⅲ 標高や地形に沿った草本植物の種ごとの個体数の分布

問7 森林の現存量の50%が炭素であること、日本人1人あたりの年間の二酸化炭素放出量は炭素換算で約9トンであることを、それぞれ仮定する。下線部(e)を参考にすると、やんばるの森林1ヘクタールが地上部に1年間に貯蔵する炭素は、日本人の年間二酸化炭素放出量の何人分に相当するか答えなさい。また、やんばるで山火事が発生して1ヘクタールの森林の地上部が消失し、樹木が貯蔵していた炭素が大気中に放出された場合、それは日本人の年間二酸化炭素放出量の何人分に相当するか答えなさい。

問8 下線部(f)に関係して、やんばるの森には沖縄在来の大型の肉食性哺乳類は分布していない。また、周囲を海で隔絶された島では、生態系食物連鎖の長さが、大陸に比べて短くなる傾向がある。この理由として、島には肉食性哺乳類が歴史的に侵入定着できなかったという要素もあるが、生態ピラミッドの成り立ちに関係した生態学的な要素もある。後者について、以下のキーワードを全て使って200字以内で説明しなさい。

キーワード：植物の一次生産量、大型肉食動物、栄養段階、餌資源、エネルギー効率

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

生物多様性は、遺伝的多様性、種多様性、1 多様性の3つに区分して捉えられることが多い。このうち種多様性についてみると、現在、地球全体で190万種ほどが知られ、実際にはその10倍を超える種が存在するという試算もある。このような膨大な数の種はもともと1つの起源に端を発し、その後、種分化を繰り返すことで多様化していった。しかし、地球上にみられる生物の種数は時間とともに一定の割合で増大してきたわけではなく、少なくとも5回ないし6回の2 が起きたと言われており、その度に地球上の種の数に極端に減少した。2 が起こると、それを生き延びた生物群の一部が、競争相手がいなくなった様々な環境にあわせて進化していくことで一気に多様化した。これを3 という。3 は種多様性の低い島に新たな生物群がたどり着くことでも起こる場合がある。

現在地球上の生物は、人為活動の影響などによって再び2 の危機に直面している。通常、生物群集は多様な生物種が相互に関わりあうことで安定した状態を保っている。そのため、ある種がいなくなると、生物群集全体のバランスが崩れ、多くの種が次々に消滅してしまうこともある。一方、1つの種に着目したとき、個体数がある程度まで減ってしまうと、個体数が少ないことにより、いくつかの要因が新たに生じ、個体群が消滅へと向かうことがある。琉球列島には多くの絶滅危惧種がおり、生物多様性保全を考えるうえで極めて重要な地域となっている。

問1 文章中の 1 ～ 3 に最も適した語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)は、同種の個体でも特徴や性質が様々に異なることの主たる要因になっており、特に有性生殖を行う種ではその効果は顕著である。種内の遺伝的多様性が十分に高く、任意の相同染色体2本の組成が必ず異なると仮定したとき、 $2n = 12$ の染色体を持つ種において、1個体のオスが作る配偶子に含まれる染色体には何通りの組み合わせがあるか答えなさい。また、1組のメスとオスから生まれる子の染色体には何通りの組み合わせがあるか答えなさい。

問3 問2と関連し、 $2n = 12$ の染色体を持つ種でも、実際には、1組のメスとオスから生まれる子供の遺伝的組成の多様性は問2で計算した数よりも大きくなる。染色体の組み合わせに加えて、遺伝的組成をさらに多様にする要素を2つ答えなさい。

問4 下線部(b)について、その膨大な数の種を体系的に整理するため、生物分類では8つの基本的な階級を設けている。それらは包括的な方から順に「ドメイン、界、(i)、(ii)、目、(iii)、属、種」である。これら(i)～(iii)に当てはまる階級を答えなさい。

問5 今からおよそ5億4000万年前頃に大形動物を含む多細胞生物が一気に多様化し、突如として現在見られる主要な動物群の祖先が出そろったとされている。このできごとを何というか答えなさい。

問6 下線部(c)のような現象を通じ、異なる地域の間で、系統的に起源の異なる種が類似した姿になることがある。これを何というか答えなさい。

問7 下線部(d)で触れている「新たな要因」を2つ考え、それぞれ100字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

試験管内で特定の DNA 領域を多量に複製する方法に PCR 法がある。その反応液には、鋳型 DNA、2 種類の 1、耐熱性の DNA 2、4 種類の 3 などが含まれている。

PCR 法で増幅した DNA から塩基対数が異なる DNA 断片を分離する方法として 4 がよく用いられる。この方法の場合では電圧をかけると DNA は、5 極の方向へ寒天ゲル中を移動する。このとき、塩基対数の小さな DNA 断片は塩基対数の大きな DNA 断片よりも寒天ゲル中を速く移動する。これらの方法を利用して、西表島に生息するイリオモテヤマネコの 糞 (a) から得た DNA を分析することによって、雌雄の判別を行った例がある。イリオモテヤマネコの雌雄の DNA を鋳型として、X 染色体と Y 染色体の相同な遺伝子領域 128 塩基対を PCR 法で増幅し、サンガー法で塩基配列を決定した。その結果、図 IV に示すように X 染色体の塩基配列の 76 番目がグアニン (G) であったのに対して、Y 染色体の塩基配列ではアデニン (A) に置き換わっていた。この 1 塩基の違いは、Y 染色体の塩基配列だけを切断することができる 5 塩基を認識する制限酵素を用いることで検出できる。実際には、切断されない約 128 塩基対と切断された約 76 塩基対とさらに小さい DNA 断片を寒天ゲルによる 4 によって分離することによって雌雄が判別できる。(c)

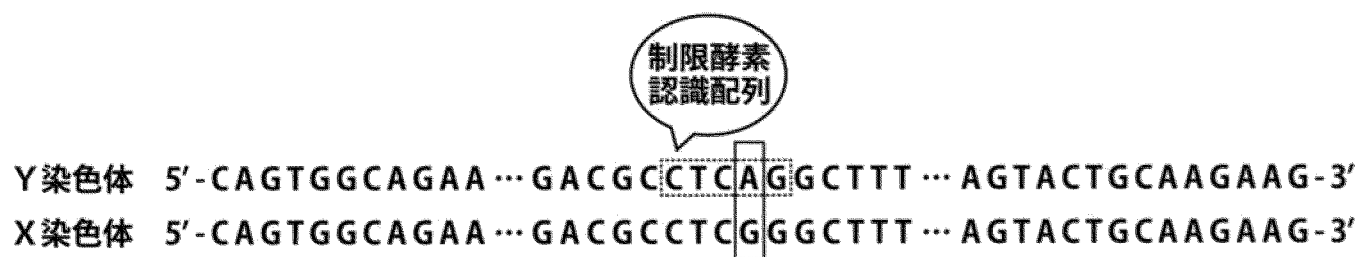


図 IV Y 染色体と X 染色体の相同な遺伝子領域の塩基配列

問 1 文章中の 1 ～ 5 に入る最も適切な語句や記号を記入しなさい。

問 2 DNA が含まれている細胞小器官の名称を 3 つ答えなさい。

問 3 一般的な PCR 法は、① 95℃ で加熱、② 55℃ で冷却、③ 72℃ で加熱の、① から③ を繰り返すことによって DNA 鎖を増幅させる。これら①、②、③それぞれでどのような反応が行われているか答えなさい。

問 4 イリオモテヤマネコのような希少動物の DNA を調べる際、下線部(a)の方法を用いる利点を 30 字以内で説明しなさい。

問 5 下線部(b)を表す最も適切な語句を答えなさい。また、この語句に関連する例として、かま状赤血球貧血症が知られている。この貧血症がマラリア流行地域において、淘汰されずに現在でも見られる理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 6 下線部(c)について、どのような仕組みで雌雄判別できるか。雌雄それぞれでみられる DNA 断片の塩基対数と「ホモ接合」と「ヘテロ接合」という語句を使って 100 字以内で説明しなさい。ただし、76 塩基対未満の DNA 断片は無視すること。

地 学

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

地球上に生物が出現してから生物は途絶えることなく、今日の我々まで続いている。生物は進化し続けており、時間とともに形態や構造が変わってきたものが多い。そのため、ある特徴的な形をもつ生物の化石が、ある特定の時代の地層に限って産出することがある。そのような時代を決めるのに役立つ化石を 1 という。また、1 の違いなどをもとに地層の新旧関係を推定し、表す年代区分を 2 という。具体的には先カンブリア時代、古生代、中生代、新生代などに区分され、それぞれの時代がさらに細かい時代に分けられている。この年代区分により、地球と生命の歴史が明らかにされてきた。

最初に現れた生物は 3 のない環境で生きる 4 だったと考えられている。27億年前の始生代末期の地層からは 5 がつくった縞状構造をもったストロマトライトが知られている。5 の活動に伴い、始生代最末期から原生代初期にかけて重要な金属資源である 6 が形成された。さらに原生代には 地球全体が氷河で覆われた 7 が複数回起こったことが知られている。このような状況下で生物が生活できる場はきわめて限定され、多くの種類の生物が絶滅したが、すべての生物が死に絶えることはなかった。やがて 7 が終わり、地表が一気に温暖化すると、全く新しいタイプの生物群が登場した。原生代末には、硬い組織を持たない大型の多細胞生物群が出現し、8 と呼ばれている。およそ5億4000万年前になると、9 動物の三葉虫をはじめ、二枚貝類、腕足類などの 殻や 10 を持つ さまざまな生物が一気に出現し、多様化した。なかでも中国南部の 11 やカナダ西部のバージェス動物群は有名であり、軟体部まで残された保存状態の良い豊富な化石群集が見つかった。

問1 文章中の 1 ～ 11 にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①はどのようにして、地球環境にどのような変化をもたらしたか、答えなさい。

問3 下線部②の形成は、原生代初期以降に終わった。その理由を答えなさい。

問4 地球が下線部③のような状態になったことは、どのような手がかりから知られるようになったか、答えなさい。

問5 下線部④はどのようなことに役立つか、答えなさい。

問6 下線部⑤の現象の名称を答えなさい。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

プレート境界の中で、 境界にあたる日本列島周辺では、海側のプレートと陸側のプレートの間で 巨大地震が頻繁に^①発生する。日本の場合、地震は海溝から斜めに沈み込むプレートに沿っても面状に発生する。この面を と呼ぶ。

地震が起こると、様々な波が地球を伝わる。地球内部を伝わる波には、P 波と S 波があり、それぞれ 異なる特徴を持つ。

遠方で発生した地震の場合、震央から観測点までの距離を角距離で表す。遠方で発生した地震の P 波の走時曲線^②を見ると、角距離が $103^{\circ} \sim 143^{\circ}$ のあたりに P 波が観測できない影の領域ができる。

^③地震波トモグラフィーという手法により、地球の内部構造を透視できる。地震波トモグラフィーから、南太平洋とアフリカの深部におけるマントルの地震波速度が周囲より ことが知られている。このことから、この領域のマントルが周囲よりも で、マントル物質が する運動をしていると考えられている。

地震波の速度分布と地球内部の化学組成から、地球内部の密度と 圧力^④の分布を求めることができる。

問 1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①について、この場所で発生する巨大地震の断層運動のタイプを答えなさい。

問 3 下線部②について、P 波と S 波の特徴の違いを 3 つ答えなさい。

問 4 下線部③について、以下の問に答えなさい。

(1) なぜこのようなことが起こるのか答えなさい。

(2) 北緯 30 度、西経 60 度、深さ 10 km で地震が発生したとする。この地震に対する、北緯 30 度、東経 120 度の地表面にある地点では P 波が観測されるか、理由を含めて答えなさい。

問5 下線部④について、圧力のグラフとして最も適切なものを図Iの4つのグラフの中から1つ選び、記号で答えなさい。また、それを選んだ理由を説明しなさい。

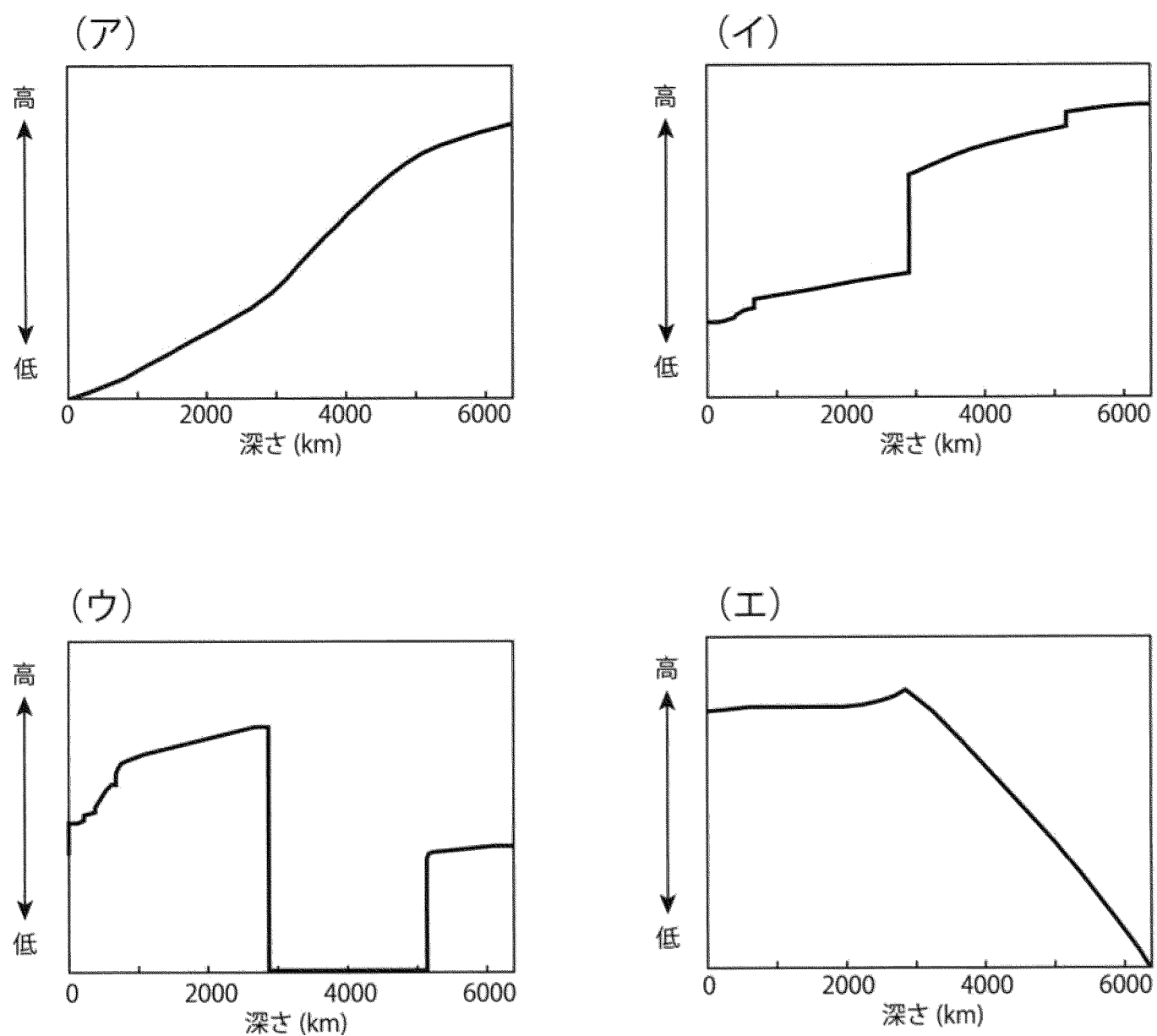


図 I

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

太平洋の赤道上では、通常は海面水温が西側で高く東側で低い。これは、 放射により暖められた表層の海水が貿易風によって吹き寄せられるからである。同時に、表層の海水は 輸送により、北半球側では風が吹いてゆく向きの 側に、南半球側では 側に運ばれるので、海水を補うために深層から冷水が湧き上がることも関係する。太平洋西部の暖水は大気を暖め、① 背の高い積乱雲を発達させ、② 低気圧を作ることで赤道上の貿易風を維持する。

しかし、貿易風が弱まり、中部から東部で海面水温が平年より 1～4℃も上昇した状態が半年以上続くことがある。暖水が東へ広がるにつれて東西の温度差が縮小し、積乱雲の発達する領域も東へ移動する。これを 現象という。これとは反対に、貿易風が平年より強まり、海面水温の東西差が平年以上に拡大する時期が現れることがある。これを 現象という。この 2つの現象は、おおよそ の周期で交互に現れる。これらの大気と海洋の現象をまとめて とよぶ。これらの現象の影響は、熱帯だけでなく、③ 中緯度の気象にも及ぶことが知られている。

問1 文章中の ～ に入る適切な語句を答えなさい。ただし、 はアルファベット 4 文字で答えなさい。

問2 文章中の に入る期間として最も適切なものを(ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 3～5 年 (イ) 8～12 年 (ウ) 14～18 年 (エ) 21～27 年

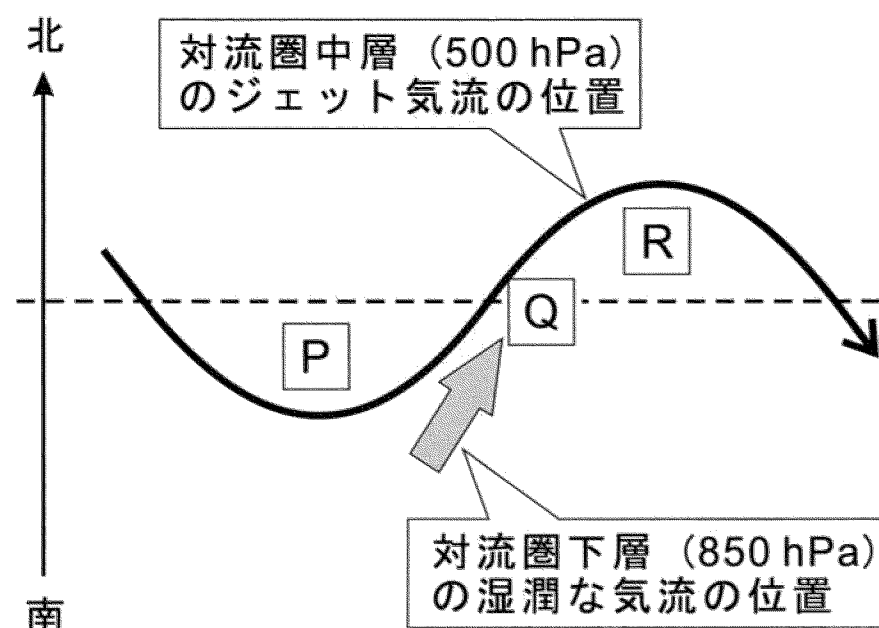
問3 下線部①と直接関係する、南北方向の大気の大規模な循環の名称を答えなさい。

問4 下線部①の雲の中で、雪の結晶が成長する高さの範囲として最も適切なものを(ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。ただし、対流圏の気温減率を 100 m あたり 0.65℃とする。

(ア) 2～3 km (イ) 3～5 km (ウ) 5～10 km (エ) 10～25 km

問5 下線部②について、赤道上の太平洋における風の向きと力の働く向きの関係は、中緯度における関係とは異なる。赤道上和南半球の中緯度の両方を対象として、風の向きと力の働く向きの関係を説明しなさい。ただし、ここでは高度 1 km の風を対象とし、摩擦の影響は考えなくてよい。

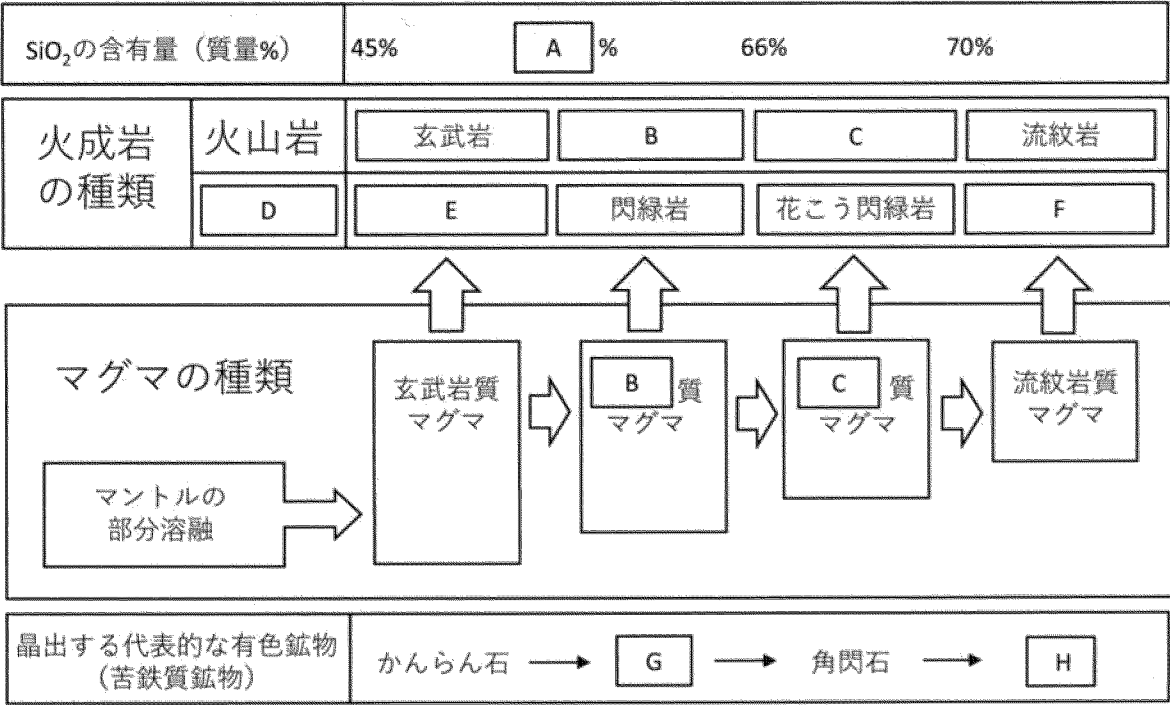
問6 下線部③に関連して、図Ⅱのように北半球において偏西風が**持続的に**大きく蛇行する場合がある。このとき、P～Rの3地点では、どのような異常気象が起こりうると考えられるか。その理由も含めて述べなさい。



図Ⅱ

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

約 46 億年前から約 43 億年前までの地球は、表層から深部まで マグマオーシャンであったと考えられている。この状態を経て、地球内部は ① 金属と岩石に分離し、岩石の部分はマントルになった。また、約 38 億年前までには表層に地殻ができ、さらに ② 地殻と最上部マントルで構成されるリソスフェアが形成された。こうして地球内部は冷却しつつあるが、きわめて高温の領域も ③ 存在している。地球内部の熱源の 1 つは、④ 地殻やマントルを構成する岩石に含まれる放射性同位体の放射性崩壊によって生成される熱エネルギーである。この熱源が要因の 1 つとなってマントルが部分溶融し、玄武岩質マグマが形成される。図Ⅲは、⑤ 玄武岩質マグマの結晶分化作用によって様々な火成岩が生成される過程の概略を示している。火成岩の大部分は ⑥ SiO_4 四面体の骨組みの間に埋めるように Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} などの金属イオンが配置された鉱物からなるが、例えば $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ と表記されるかんらん石は Mg と Fe を 0 ～ 100 % まで自由な割合で含んでいるように、⑦ 鉱物の結晶構造は同じでも金属イオンが含まれる割合は晶出したときの条件によって連続的に異なっている。



図Ⅲ

問1 下線部①について、その成因を答えなさい。

問2 下線部②について、Feの次に含有量が多いと考えられる金属の元素記号を答えなさい。

問3 下線部③より下のマントルに関する次の(ア)～(オ)の説明のうち、最も適切なものを1つ選び、その記号で答えなさい。

- (ア) 深さ約 660 km までの上部マントルはアセノスフェアともよばれており、リソスフェアよりも低温で硬いためほとんど動かない。
- (イ) 深さ約 100 ～ 300 km の部分はアセノスフェアとよばれており、リソスフェアよりも高温でやわらかく流動しやすい。
- (ウ) 深さ約 660 ～ 5100 km の部分は下部マントルとよばれており、リソスフェアよりも高温でやわらかく流動しやすい。
- (エ) 深さ約 660 ～ 2900 km の部分は下部マントルとよばれており、リソスフェアよりも低温で硬いためほとんど動かない。
- (オ) 深さ約 100 ～ 300 km の部分はアセノスフェアとよばれており、リソスフェアよりも低温で硬いためほとんど動かない。

問4 下線部④について、これに関与する最も適切な同位体の組み合わせを次の(ア)～(オ)から1つ選び、その記号で答えなさい。

- (ア) ^{235}U , ^{206}Pb , ^{40}Ca
- (イ) ^{238}U , ^{208}Pb , ^{40}K
- (ウ) ^{238}U , ^{87}Rb , ^{87}Sr
- (エ) ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}Ca
- (オ) ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K

問5 下線部⑤について、どのような作用か説明しなさい。

問6 下線部⑥のような鉱物の名称を答えなさい。

問7 下線部⑦のような状態あるいは物質の名称を答えなさい。

問8 図Ⅲの A ～ H にあてはまる適切な数値、岩石名あるいは鉱物名を答えなさい。

【 解 答 例 】

物 理 解 答 用 紙

受験番号

1

①

$$m\omega^2$$

②

(工)

③

(工)

④

(ア)

⑤

(工)

⑥

$$G\frac{M}{R^2}$$

⑦

$$\sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

⑧

$$60RI^2$$

⑨

$$IV$$

⑩

$$\frac{42P}{gL}$$

⑪

$$C_V(T_B - T_C)$$

⑫

$$R(T_C - T_A)$$

⑬

$$\frac{1}{2}R(T_B - T_A)$$

⑭

1.0

⑮

0.50

⑯

0.25

⑰

(イ)

⑱

$$\frac{hc}{\lambda}$$

⑲

光(量)子

⑳

$$E - \frac{1}{2}mv^2$$

2

A

問 1 $t_{\max} =$

$$\frac{V}{g}$$

問 2 $h =$

$$\frac{3V^2}{8g}$$

問 3 $L =$

$$\frac{V}{2g}v_0 \cos \theta$$

問 4 $V =$

$$v_0 \sin \theta$$

問 5 水平成分

$$\frac{mv_0 \cos \theta}{m + M}$$

鉛直成分

$$\frac{V}{2}$$

問 6 $x =$

$$\frac{mv_0 \cos \theta}{m + M} \left(\frac{3V}{2g} \right)$$

B

問 7 $U =$

$$2mgR$$

問 8 $S =$

$$\frac{mv^2}{R} - mg \cos \theta$$

問 9 $v_{\min} =$

$$\sqrt{gR}$$

問 10 $v_c =$

$$\sqrt{v_0^2 + 4gR}$$

問 11 $v_0 =$

$$\sqrt{5gR}$$

3

A

問 1 $I =$

$$\frac{E}{R}$$

問 2 AB間

(カ)

BC間

(工)

問 3 $Q =$

$$\frac{2}{3}CE$$

問 4

(ウ)

問 5 $B =$

$$\frac{3Rmg \tan \theta}{lE}$$

B

問 6 ①

(C)

②

(I)

③

(ア)

④

(イ)

⑤

(E)

⑥

(イ)

⑦

(ア)

問 7

(a) $\times$

(b) $\bigcirc$

(c) $\times$

(d) $\bigcirc$

問 8

$$\frac{mv^2}{r} = evB$$

問 9

$$\frac{nheB}{4\pi m}$$

受験番号

得点

物 理

(注 意 この解答用紙は表裏4ページになっている。)

1

問1

1 ホールピペット

2 ビュレット

問2

Mn + 7

0 -1

問3

還元剤

問4

$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

問5

0.032 または 3.2×10^{-2} mol/L

小 計

2

問1

4.0×10^4 Pa

問2

1.6×10^{-2} mol

問3

ヘリウム 4.0×10^3 Pa

プロパン 8.0×10^3 Pa

問4

8.8×10^4 Pa

問5

1.1×10^5 Pa

問6

$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

問7

(ウ)

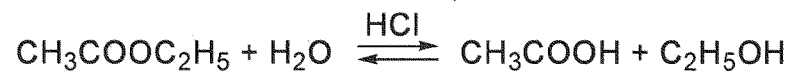
小 計

採点欄

1	2	3	4	5	6	合 計

3

問1

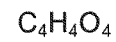


問2

組成式

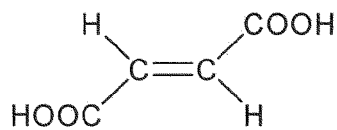


分子式

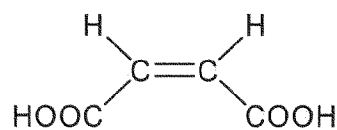


問3

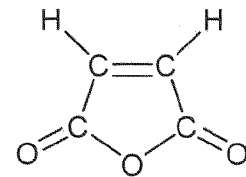
B



E



F



問4

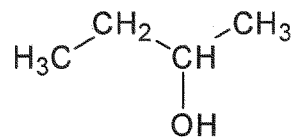


問5



問6

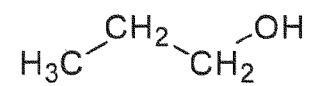
C 構造式



化合物名

2-ブタノール

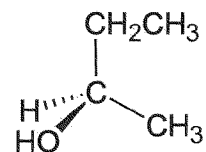
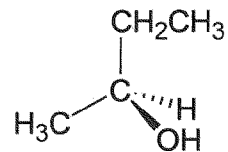
D 構造式



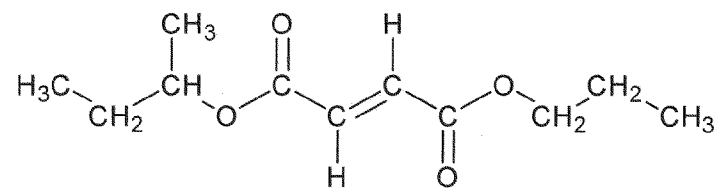
化合物名

1-プロパノール

問7



問8



小計

受験番号	
------	--

4

問1

1	コ	2	イ	3	オ	4	カ	5	エ	6	ケ
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

問2

(1)	7	2340	8	87	(2)	436	kJ/mol	(3)	43.5	kJ/mol
-----	---	------	---	----	-----	-----	--------	-----	------	--------

問3

9	生成物	10	反応物	11	化学発光
---	-----	----	-----	----	------

小 計	
-----	--

5

問1

(1)	水和			
(2)	1	ヒドロキシ	2	水素

問2

(1)	57.8	%
(2)	84	g

問3

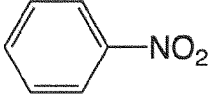
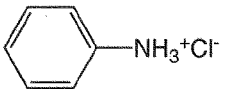
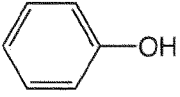
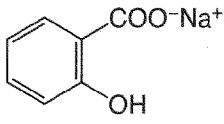
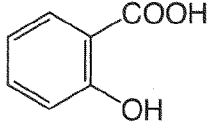
(1)	$\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$
(2)	セロハン膜の穴より小さなイオンはセロハン膜を透過し、 大きなコロイド粒子は透過できないから。
(3)	Cl^-

小 計	
-----	--

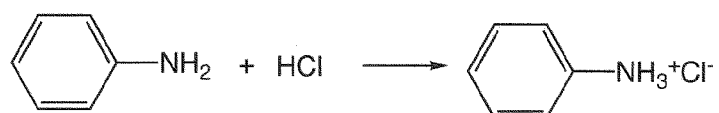
受験番号

6

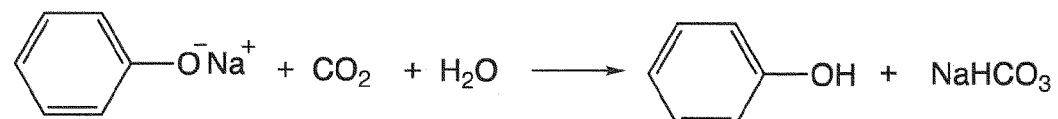
問1

A 層	B 層	C 層	D 層	化合物 E
				

問2



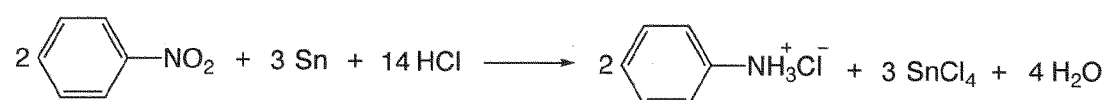
問3



問4

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
A	D	C	A	A

問5



小 計

【 解 答 例 】

生 物 解 答 用 紙

受験番号

注意 この解答用紙は表裏2ページになっている。

1	問1	1	小胞体	2	ゴルジ体	3	リソソーム
		4	リン脂質	5, 6 (順不同)	FADH ₂ , NADH		

問2	選択(的)透過性
----	----------

問3	イ, エ, カ, ク
----	------------

問4	c	酸化的リン酸化	d	光リン酸化
----	---	---------	---	-------

問5	光を吸収したクロロフィルがチラコイド膜内側で水を分解して電子を受容する際に水素イオンが発生する。更にこのクロロフィルから隣接する受容体へ電子が流れる際に発生するエネルギーで水素イオンがチラコイド膜内側へ運ばれ、水素イオンが蓄積される。(117字)	40 80 120
	チラコイド膜の内側(内腔／内部)	

問6	物質	ATP	場所	外液(中)
	ステップ③でチラコイド膜の内外で水素イオン濃度の勾配ができるため、濃度勾配に従って水素イオンがチラコイド膜のATP合成酵素を通過する。その際に外液に添加されたADPと無機リン酸を使って、ATPが外液側で合成される。(107字)			

	得 点
生 物	

2 問1 スダジイ、タブノキなど

問2 二次遷移

問3 谷において任意に選んだ2個体が同じ種である確率

0.515

尾根において任意に選んだ2個体が異なる種である確率

0.64

種多様性が最も豊かな場所

斜面

種多様性が最も豊かな場所の
シンプソンの多様度指数

0.66

問4 ギャップ

問5 陰生植物

樹木種 G

光の強さ

②

問6 河川沿いの場所は、斜面の中腹や尾根に比較して、在来の植物種群集の生態的地位（生態学的ニッチ）の空白域が多いため、在来種との競争が激しくなく、外来植物が侵入しやすい、と予想される。(89 字数)

100

問7 森林が貯蔵する二酸化炭素量(日本人何人分か)

日本人 1 人分

山火事で放出される二酸化炭素量(日本人何人分か)

日本人 10 人分

問8

島は面積が限定され、生態系の基盤を成す植物の一次生産量は大陸に比較して少ない。さらに、生物間での食う食われるの食物連鎖におけるエネルギー効率^①は 10% 程度なので、栄養段階の高い位置の生物ほど利用できる餌資源は少なくなる。よって、大型の肉食哺乳類は、限られた面積で餌資源が制限され、個体群を維持することが困難である。したがって、島の生態系では、大型肉食動物を欠いて、食物連鎖の長さが短くなる。(192 字数)

150

200

得 点	
生 物	

3	問1	1	生態系	2	大量絶滅	3	適応放散
---	----	---	-----	---	------	---	------

問2	オスが作る配偶子における組み合わせ	2^6	通り	子における組み合わせ	2^{12}	通り
----	-------------------	-------	----	------------	----------	----

問3	組換え	突然変異
----	-----	------

問4	(i)	門	(ii)	綱	(iii)	科
----	-----	---	------	---	-------	---

問5	カンブリア大爆発
----	----------

問6	収れん
----	-----

問7	個体数が減ると、遺伝的に近いもの同士が交配する機会が増える。その結果、ホモ接合になる遺伝子座の割合が増え、有害遺伝子が発現して生存力や繁殖力が劣る個体が生じやすくなる近交弱勢が起こる場合がある。(97字)	100
----	---	-----

群れることによる捕食回避など、生息密度が高いことで個体の生残や繁殖率が向上する場合があります、アリー効果と呼ばれる。個体数が減り、それが作用しないレベルまで生息密度が下がると個体数はさらに減少へと向かう。(100字)	100
---	-----

問1

1	プライマー	2	ポリメラーゼ	3	ヌクレオチド
4	電気泳動	5	+		

問2

核	葉緑体	ミトコンドリア
---	-----	---------

問3

①	DNAが一本鎖になる	②	プライマーの結合	③	二本鎖DNAが複製される
---	------------	---	----------	---	--------------

問4

[illegible]

問5

語句	塩基置換																								
か	ま	状	赤	血	球	貧	血	症	の	遺	伝	子	を	へ	テ	ロ	に	も	つ	人	は	,	マ	ラ	
リ	ア	流	行	地	で	は	生	存	に	不	利	で	な	い	た	め	。								

問 6

[illegible]

	得 点
生 物	

【 解 答 例 】

地 学 解 答 用 紙

受験番号

1

問 1

1	示準化石	2	相対年代	3	酸素
4	微生物（バクテリア）	5	シアノバクテリア	6	縞状鉄鉱層
7	全球凍結 （スノーボールアース）	8	エディアカラ生物群	9	節足
10	骨格	11	澄江（チェンジャン） 動物群		

各 1 点

問 2

酸素発生型光合成を行い、地球上の酸素を増加させた

4 点

問 3

海水中の鉄イオンがなくなった

2 点

問 4

世界各地の原生代の地層に氷河性堆積物が存在し、当時の赤道を挟む低緯度地域にも氷河が発達していたことが明らかとなった

4 点

問 5

体の支えや外敵から身を守る

2 点

問 6

カンブリア爆発

2 点

小計

問1	1 収束する (沈み込み)	2 深発地震面 (和達—ベニオフ帯)	3 遅い
	4 高温 (低密度)	5 上昇 (対流)	

問2

逆断層(型)

問3

P波は進行方向に平行に振動する。S波は進行方向に直交方向に振動する。

P波は固体・液体・気体中を伝わるのに対し、S波は固体のみしか伝わらない。

P波のほうがS波より伝わる速度が速い。

問4 (1)

マントルに対して外核でP波の速度が急激に遅くなり、そこでP波が下向きに曲げられるために地表にP波の届かない領域が生じる。

(2)

震央と地点の角距離は120度である。これはP波の影の領域に入っているのでP波は観測されない。

問5 記号

ア

理由

圧力は地表から地中のある深さまでの岩石の重さの総和に比例するので、深くなるにつれて緩やかに高くなるから。

小計

地学解答用紙

受験番号

3

問 1

1	太陽（短波）	2	エクマン	3	右
4	左	5	エルニーニョ	6	ラニーニャ
7	ENSO				

問 2

(ア)

問 3

ハドレー循環

問 4

(ウ)

問 5

赤道上

赤道上では転向力が 0 になるので、風と気圧傾度力はどちらも西を向く。

南半球の中緯度

転向力が風の向きに対し直角左側に働き、気圧傾度力は風の向きに対し直角右側に働く。

問 6

P	P 点では偏西風が持続的に南下することで、寒気が持続的に流入する。このため異常低温になりやすい。
Q	Q 点はジェット気流が北に向かうところに対応する。ここでは下層において暖湿な気流が流れ込むので、大雨となりやすく集中豪雨が起ることがある。
R	R 点では偏西風が持続的に北上することで、暖気が持続的に流入する。このため異常高温になりやすい。

小計

4

解答例

問 1

例 1：地球は微惑星の衝突と融合によって形成されたが、その際の衝突エネルギーが熱エネルギーとなり、また大気の温室効果によって温度が上昇し、地球を構成する物質が大規模に溶融してマグマの海になった。 例 2：地球は、太陽系形成時に太陽のまわりを周回する公転軌道上にあった微惑星が互いに衝突することで形成された。この衝突による熱エネルギーが蓄積され、原始地球が全面的に融解してマグマオーシャンが形成された。

問 2

Ni

問 3

(イ)

問 4

(オ)

問 5

例 1：かんらん石が晶出すると玄武岩質マグマからは Mg や Fe が多く取り除かれ、残りのマグマには相対的に SiO_2 が多いマグマになるように、1つのマグマからいろいろな化学成分のマグマができる作用。 例 2：玄武岩質マグマの冷却が進むとケイ酸成分 (SiO_2) に富むマグマ（ケイ長質マグマ）が生成されるように、マグマが冷却して鉱物結晶が晶出することで、マグマの残液部分の組成が変化していく作用。

問 6

ケイ酸塩鉱物

問 7

固溶体

問 8

A	5 2	B	安山岩	C	デイサイト	D	深成岩
E	斑れい岩	F	花こう岩	G	輝石	H	黒雲母