

(令 4 前)

# 理 科

	ページ
物 理	1～ 5
化 学	6～14
生 物	15～24
地 学	25～30

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

**注意** 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

# 物 理

I 図1のように、なめらかな水平面上で質量  $m_A$  の小球 A と質量  $m_B$  の小球 B が同じ速さ  $v_0$  で  $x$  軸からの角度  $45^\circ$  で進み、座標の原点で衝突した。衝突後、小球 A は角度  $\theta_A$  の向きに速さ  $v_A$  で進み、小球 B は角度  $\theta_B$  の向きに速さ  $v_B$  で進んだ。ただし、 $\theta_A$  は  $x$  軸から反時計回りを正とし、 $\theta_B$  は  $x$  軸から時計回りを正とする。また、小球 A と小球 B が衝突するとき互いに受ける力は  $y$  軸方向であった。以下の問 1 ~ 4 に答えなさい。なお、問 3 と問 4 は、解答の導出過程も示しなさい。問題の解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号は全て各自が定義して解答欄に明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 衝突前の二つの小球の運動量の和の  $x$  成分と  $y$  成分を  $v_0$  を含む式で答えなさい。また、衝突後の二つの小球の運動量の和の  $x$  成分と  $y$  成分を角度  $\theta_A$ 、 $\theta_B$  を含む式で答えなさい。

問 2 衝突後の二つの小球の運動量の和の  $x$  成分と  $y$  成分を  $v_0$  を用いて答えなさい。

問 3 この衝突が完全弾性衝突である場合に、 $\tan \theta_A$  を  $m_A$ 、 $m_B$  のみを含む式で表しなさい。

問 4 次に、小球 A と小球 B が完全非弾性衝突により一体となった場合を考える。この場合、小球 A と小球 B の運動エネルギーの和が、衝突の前後でどれだけ変化するか、 $m_A$ 、 $m_B$ 、 $v_0$  のみを含む式で表しなさい。

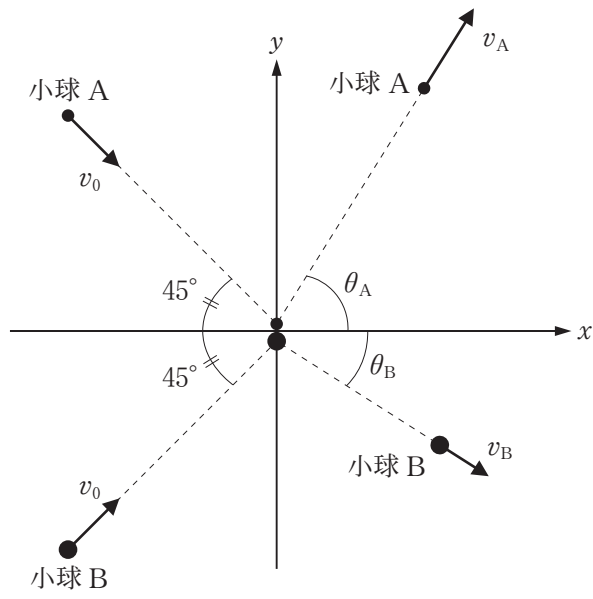


图 1

II 点電荷が作る電場と電位について、以下の問1～5に答えなさい。なお、問3～5は、解答の導出過程も示しなさい。問題の解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号は全て各自が定義して解答欄に明示しなさい。ただし、電位の基準を無限遠とし、真空中のクーロンの法則の比例定数を  $k$  とする。(配点 25 点)

真空中の点  $O$  に大きさ  $q (q > 0)$  の点電荷が置かれている。

問 1 点  $O$  から距離  $r$  だけ離れた点  $P$  に点電荷が作る電場の大きさを答えなさい。  
また、点  $P$  の電位を答えなさい。

問 2 問 1 において、点  $P$  の電位を  $V$  とする。解答欄に示した、点  $O$  と点  $P$  を含む図中に電位が  $V$ ,  $2V$ ,  $3V$  の等電位線をそれぞれ描きなさい。また、図中に電場の向きがわかるように電気力線を描きなさい。

問 3 問 1 において、大きさ  $Q (Q > 0)$  の電荷をもつ質量  $m$  の小球を無限遠からゆっくり点  $P$  まで動かした。小球に外力がする仕事を求めなさい。次に、小球を点  $P$  で静かに放したら動き始めた。小球が無限遠に達したときの速さを求めなさい。ただし、小球を放したのちクーロン力以外の力は、はたらかないものとする。

次に、図 1 のように大きさ  $q (q > 0)$  と大きさ  $q' (q' > 0)$  の点電荷がそれぞれ原点から  $a$  だけ離れた  $x$  軸上の点  $A$  と  $B$  に固定されている場合を考える。原点から  $a$  だけ離れた  $y$  軸上の点  $C$  での電場の向きは、 $y$  軸から  $15^\circ$  傾いていた。

問 4  $q$  と  $q'$  の比を求めなさい。

問 5 大きさ  $Q (Q > 0)$  の電荷をもつ質量  $m$  の小球を点  $C$  に置き、静かに放した。このとき小球の加速度を求めなさい。小球が無限遠に達したときの速さを求めなさい。

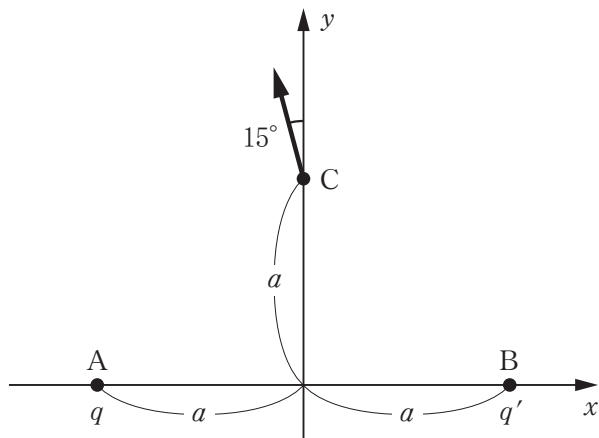


图 1

Ⅲ 一辺の長さが  $L$  である立方体の容器に、 $n$  モルの単原子分子からなる絶対温度  $T$  の理想気体が閉じ込められている。気体分子の質量を  $m$ 、気体分子の速さを 2 乗したものの平均値を  $\overline{v^2}$ 、気体定数を  $R$ 、アボガドロ定数を  $N_A$  で表す。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。なお、問 2 ～ 4 は、解答の導出過程も示しなさい。問題の解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号は全て各自が定義して解答欄に明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 気体の内部エネルギー  $E$  と圧力  $P$  を、温度  $T$  を使って答えなさい。

問 2 気体の内部エネルギー  $E$  と圧力  $P$  を、 $\overline{v^2}$  を使って表しなさい。

問 3  $\overline{v^2}$  を、温度  $T$  を使って表しなさい。

問 4 気体分子の質量が  $6.6 \times 10^{-27}$  kg である場合、温度 600 K での 2 乗平均速度  $\sqrt{\overline{v^2}}$  の値を有効数字 1 桁で求めなさい。ただし気体定数は  $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。

問 5 容器の壁が圧力を受ける理由を、気体分子の運動から説明しなさい。解答欄内に記号や数式を使わず、50 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

# 化 学

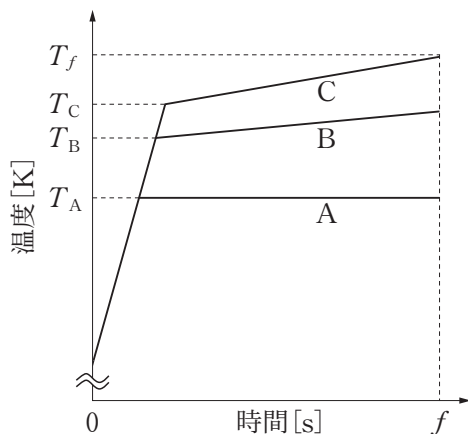
計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 O 16.0 Na 23.0 Al 27.0 Cl 35.5

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

純水 100 g、およびそれぞれ異なる溶質を溶解させた2種類の水溶液がある。それらの水溶液のうち一方は水 100 g に不揮発性物質であるエチレングリコール ( $C_2H_6O_2$ ) 1.86 g を溶かした水溶液である。もう一方は水 100 g に塩化ナトリウム ( $NaCl$ ) 1.17 g を溶かした水溶液であり、完全電離しているものとする。これらを大気圧下の開放系において突沸しないように単位時間当たり一定の熱量を加えることで加熱して沸騰させた。このときの加熱時間に対する純水および各水溶液の温度変化を模式図として以下の図に示す。この温度変化の過程において各水溶液は希薄溶液であるとみなせる。また、純水および各水溶液の熱容量は同じであり、沸騰するまでの水の蒸発量は無視できるものとする。



問 1 溶液の沸点が純粋な溶媒よりも高くなる現象を何と呼ぶか答えなさい。

問 2 エチレングリコール水溶液の質量モル濃度 (mol/kg) はいくらか。有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 塩化ナトリウム水溶液の沸点は  $T_A$  [K],  $T_B$  [K],  $T_C$  [K] のいずれであるか答えなさい。

問 4  $T_B$  [K] と  $T_A$  [K] の温度差は 0.156 K であった。 $T_C$  [K] と  $T_B$  [K] の温度差 (K) はいくらか。有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 沸騰開始後も水溶液 B および C の温度が上昇する理由を記しなさい。

問 6 時刻  $f$  [s] における水溶液 C の温度  $T_f$  [K] と  $T_A$  [K] の差は 0.260 K であった。このときの水溶液 C の質量 (g) はいくらか。有効数字 3 桁で答えなさい。



II 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

原子番号13のアルミニウム(AI)は、現代社会で最も利用されている金属の一つであり、K殻に  個、L殻に  個、M殻に  個の電子をもつ。酸とも強塩基の水溶液とも反応して水素を発生するため  と呼ばれるが、空気中では表面に酸化アルミニウムの被膜を形成するので化学的に安定である。これを利用してAIの表面に人工的に厚い酸化被膜をつけた製品を  という。AIと酸化鉄(III)の粉末の混合物に点火すると、多量の熱を発生して酸化鉄(III)が還元され、融解した鉄の単体が得られる。この反応は  反応と呼ばれ、小規模な金属の製錬や鉄道のレールの溶接などに利用される。

AIはイオン化傾向が大きく、 $Al^{3+}$ を含む水溶液を電気分解しても  極では水の還元によって  が発生するだけでAIの単体を得ることが出来ない。そこで、単体のAIを得るには以下の  を行う。原料鉱石の  を精製して得られた酸化アルミニウムを約1000℃に加熱して融解させた氷晶石に溶かし、炭素を電極として電気分解すると、 極ではAIの単体が析出する。

問1  ～  にあてはまる数字を答えなさい。

問2  ～  と  ・  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問3  にあてはまる適切な物質を化学式で答えなさい。

問4  にあてはまる、イオン化傾向の大きな金属の一般的な製錬方法の名称を答えなさい。

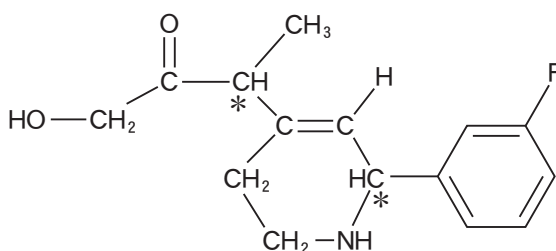
問5 下線部(a)に対応する反応について、化学反応式を答えなさい。

問 6 下線部(b)について，以下の(i)~(iii)の問いに答えなさい。

- (i) Al が析出する電極で発生する化学反応を，電子  $e^-$  を含むイオン反応式で答えなさい。
- (ii) 1.80 g の Al を析出させるために必要な電気量(C)を有効数字 3 桁で答えなさい。
- (iii) 1.80 g の Al を 1 時間で析出させるために必要な電流の値(A)を有効数字 3 桁で答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1～6 に答えなさい。なお、構造式は以下の例にならって示しなさい。(配点 19 点)

構造式の記入例  
 (\*印は不斉炭素原子を示す。)



分子式  $C_{11}H_{12}O_2$  で表されるエステルを、水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解(けん化)したのち中和すると、カルボン酸と化合物 A が生成した。生成したカルボン酸には二つの構造異性体が含まれており、いずれの構造にも不斉炭素原子があった。また、化合物 A を塩化鉄(Ⅲ)水溶液に加えると紫色に呈色した。

化合物 A は次に示す実験 1 で合成できた。

実験 1：アニリンの希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 B が生成した。低温(0～5℃)で安定に存在した化合物 B は、温度が 5℃以上になると加水分解して、化合物 A と気体分子 C と塩酸を生じた。

化合物 A は次に示す実験 2 でも合成できた。

実験 2：クメン(イソプロピルベンゼン)を酸素で酸化すると化合物 D が生成し、化合物 D を硫酸で分解すると、化合物 A と化合物 E が生成した。

化合物 A は実験 1 で生成した化合物 B と反応し、次に示す実験 3 で色素を生成した。

実験 3：化合物 A の水酸化ナトリウム水溶液に化合物 B の水溶液を加えると、橙赤色の化合物 F が生成した。

問 1 化合物 B と気体分子 C の物質名を書きなさい。

問 2 実験 1 において、化合物 B が生成する反応名を書きなさい。

問 3 化合物 D の構造式を示しなさい。

問 4 化合物 E の物質名を書きなさい。

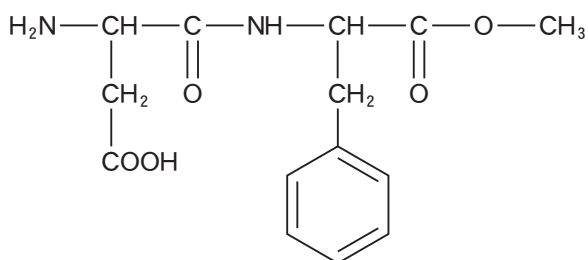
問 5 化合物 F の構造式を示しなさい。

問 6 下線部(a)の記述に該当する二つのカルボン酸の構造式をそれぞれ示しなさい。なお、不斉炭素原子には\*印をつけなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

生命活動を行うのに必要なエネルギーを供給する物質には糖類があり、ヒトの体内では、グルコースが最も重要なエネルギー源として働く。必要なグルコースの多くは、<sup>(a)</sup>砂糖の成分であるスクロースや、デンプンの成分である<sup>(b)</sup>アミロースや<sup>(c)</sup>アミロ<sup>(d)</sup>ペクチンを食物として摂取し消化することで得られる。スクロースはグルコースと  が縮合した二糖であり、アミロースとアミロペクチンは、グルコースが多数縮合した多糖である。アミロースとアミロペクチンを  という酵素で消化すると、二糖であるマルトースが生成し、これに  という酵素を作用させることでさらに<sup>(e)</sup>加水分解し、グルコースが生成する。

ヒトにとって糖類の摂取は必要不可欠であるものの、食物が豊富な現代社会では、過剰摂取により疾病の原因となることもある。このため、アスパルテームのよ<sup>(f)</sup>うな人工甘味料を加工食品に使用することがある。アスパルテームは以下のような構造式を持ち、砂糖の200倍近い甘味を示す。



問 1 ア ~ ウ にあてはまる語句を答えなさい。

問 2 次の(i)~(iv)の反応を示す化合物を、下線部(a)~(f)の中からすべて選び、記号で答えなさい。該当するものが無い場合には「無し」と記しなさい。

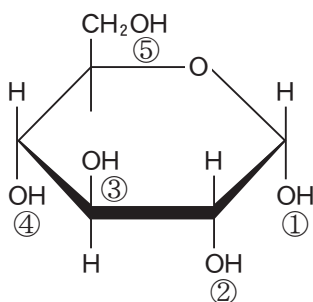
(i) 硝酸銀水溶液にアンモニア水を過剰に滴下した水溶液を調製し、これを加えて試験管内で 60 °C に加温すると、器壁に銀が析出し鏡のようになった。

(ii) ヨウ素溶液を加えると、濃青色を示した。

(iii) 水酸化ナトリウム溶液で塩基性にした後に薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると、赤紫色を示した。

(iv) ニンヒドリン溶液を加えて温めると、紫色を示した。

問 3 ジメチル硫酸は  $-OH$  基を  $-OCH_3$  基へとメチル化する試薬である。アミロペクチンをジメチル硫酸と十分反応させた後に加水分解したところ、グルコースの 3 箇所  $-OH$  基がメチル化された化合物 A が主要な生成物として得られた。このほかに、2 箇所  $-OH$  基がメチル化された化合物 B および 4 箇所  $-OH$  基がメチル化された化合物 C も得られた。下に  $\alpha$ -グルコース  $C_6H_{12}O_6$  の構造式が示されているが、A と B でメチル化された  $-OH$  基はそれぞれ①~⑤のどれであるか、答えなさい。



問 4 問 3 と同様の操作において、アミロペクチンをジメチル硫酸と反応させた後、完全に加水分解すると、A が 0.24 mol、B が 0.012 mol 得られた。アミロペクチンの重合度が  $9.3 \times 10^4$  であるとき、1 分子のアミロペクチンに含まれる分枝の数は何個か、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 アスパルテームはアミノ酸を原料として合成されているため、アスパルテームを加水分解すると、二種類のアミノ酸とメタノールが生成する。アスパルテームの加水分解物を中性の緩衝液に溶かし、電気泳動装置に入れて電圧をかけたときに、より陽極側に移動するアミノ酸の構造式を示しなさい。このとき、表示方法はアスパルテームの構造式にならぬ、また、中性でのイオン化状態が分かるようにすること。

# 生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

植物が行う光合成では、細胞内にある葉緑体<sup>(A)</sup>という細胞小器官で、光エネルギーを用いて $\text{H}_2\text{O}$ と $\text{CO}_2$ から有機物が合成され、 $\text{O}_2$ が発生する。この過程は、葉緑体内のチラコイドで起こるATPとNADPHの合成と、で起こる有機物の合成に大きく分けることができる。

チラコイドでは、光化学系Iと光化学系IIの反応中心のクロロフィルに光エネルギーが集められると、これらのクロロフィルからが放出され、NADPH合成に利用される。を失ったクロロフィルは、光化学系IIでは $\text{H}_2\text{O}$ の分解によって生じるを、光化学系Iでは光化学系IIから伝達されてきたを受け取って元の状態に戻る。この過程の間に、チラコイド膜内外に形成される濃度勾配が、<sup>(C)</sup>ATP合成に利用される。

チラコイドで合成されたATPとNADPHを用いて、で起こる代謝反応である回路により、 $\text{CO}_2$ を還元して有機物が合成される。この回路の $\text{CO}_2$ 固定反応では、という酵素の働きにより、 $\text{CO}_2$ が<sup>(D)</sup> $\text{C}_5$ 化合物に固定され、 $\text{C}_3$ 化合物であるが2分子、合成される。

はATPを用いてリン酸化され、さらにNADPHを用いて還元され、グリセルアルデヒド3-リン酸へ変換され、この一部が有機物を合成する材料に利用される。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)に関して、葉緑体は独自のDNAを持っており、その構造は細菌と同じ環状二本鎖である。この理由として考えられていることを、40字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。



問 3 下線部(B)に関して、植物とは異なり、光合成細菌では光合成を行う際に、 $O_2$ が発生しない。この理由を 35 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)に関して、植物において、葉緑体と類似した仕組みで ATP を合成している葉緑体以外の細胞小器官の名称と、その細胞小器官内で ATP 合成酵素が存在する部位の名称を答えなさい。

問 5 下線部(D)に関して、以下の問いに答えなさい。

$C_5$  化合物に  $CO_2$  固定を行う酵素反応は、 $O_2$  により競争的に阻害されることが知られている。この  $CO_2$  固定反応速度を、 $O_2$  が全く存在しない条件、あるいは一定濃度の  $O_2$  が存在する条件で、 $CO_2$  濃度を変化させ測定すると、それぞれの  $CO_2$  固定反応速度はどのように変化すると考えられるか。図 1 のグラフ(a)~(f)のうちから最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えなさい。 $O_2$  が全く存在しない条件を実線、一定濃度の  $O_2$  が存在する条件を点線で示している。ただし、 $C_5$  化合物の濃度はこの酵素の濃度よりもはるかに高く、反応速度に影響しないものとする。また測定中、酵素は失活せず、酵素の濃度は一定であり、 $O_2$  はこの酵素に不可逆的に結合しないものとする。

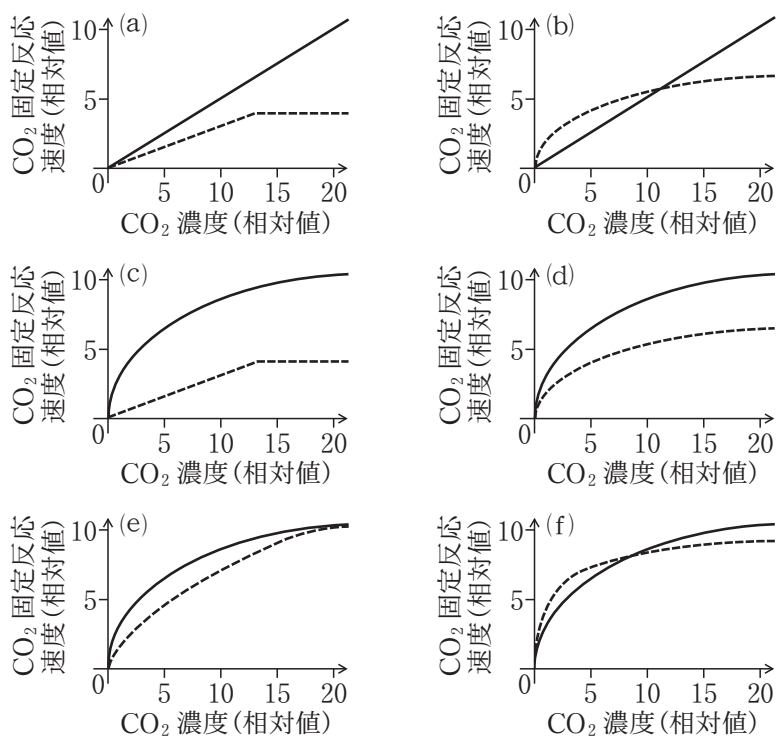


図 1

II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

細胞分化とは、比較的均質な細胞集団から異なる性質を持った細胞が生じる現象であり、胚発生はその最たる例であろう。単一の細胞である受精卵が、細胞分裂を繰り返しながら複雑かつ多様な器官を形成し、高度に組織化された「個体」となるためには、細胞分化が適切な場所で行われることが必要である。

細胞分化はしばしば細胞間の相互作用に依存しており、胚を構成するそれぞれの細胞が近接した他の細胞からのシグナルを受け取ることにより、細胞分化が促進されると考えられている。例えば、カエルの胚発生では、予定内胚葉の細胞は予定外胚葉領域に働きかけて中胚葉を生じさせる<sup>(A)</sup>ことが知られている。背側の中胚葉(原口背唇部)<sup>(B)</sup>は形成体と呼ばれる領域であり、近傍の外胚葉の細胞に働きかけて神経板を生じさせる。このような細胞間の相互作用は、胚を構成するそれぞれの細胞が「自分はどこにいるか」という位置情報を得るための手がかりとなっており、各細胞はそれに応じた適切な細胞分化を遂げる。

上記の例では、形成体を生じさせるシグナルとしてノーダルタンパク質<sup>(C)</sup>が、神経板を生じさせるシグナルとしてコーディンタンパク質<sup>(D)</sup>やノギンタンパク質が知られている。いずれも細胞外へ分泌されるタンパク質であり、細胞間の相互作用に重要な役割を果たしていることがわかっている。

問1 下線部(A)、(B)の現象をそれぞれ何と呼ぶか、名称を答えなさい。

問2 下線部(C)、(D)について、ノーダルタンパク質およびコーディンタンパク質は、それぞれ胚のどの領域の細胞で発現していると考えられるか答えなさい。

問3 脊椎動物の外胚葉、中胚葉、および内胚葉が、それぞれ将来形成する組織・器官を、以下の(a)～(i)から全て選び、記号で答えなさい。

- (a) 角膜 (b) 骨格筋 (c) 肺 (d) 脊髄 (e) 肝臓 (f) 腎臓  
(g) 心臓 (h) すい臓 (i) 腸管上皮(腸の内壁)

問 4 発生初期(胞胚期)のカエル胚の予定内胚葉領域と予定外胚葉領域をそれぞれ単独で培養すると、予定内胚葉領域からは内胚葉組織が、予定外胚葉領域からは表皮が分化することが知られている。予定内胚葉領域と予定外胚葉領域を組み合わせ、それぞれが互いに接触した状態で培養すると、予定外胚葉領域からはどのような組織が生じると考えられるか、30字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 5 コーディングタンパク質やノンコーディングタンパク質は、BMP と呼ばれるタンパク質に結合し、その機能を阻害することで外胚葉の一部を神経板へと分化させると考えられている。以下の問いに答えなさい。

(1) カエル胚において BMP タンパク質を過剰に発現させた場合、神経胚期の外胚葉ではどのような変化が生じると予想されるか、30字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) カエル胚において BMP タンパク質の発現を抑制した場合、神経胚期の外胚葉ではどのような変化が生じると予想されるか、30字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

季節に応じて開花する植物には、日の長さ(日長)を認識して花芽形成を誘導する仕組みがある。この反応を持つ植物には、一定時間以下の日長が与えられると花芽形成が促進される  植物、逆に一定時間以上の日長が与えられると花芽形成が促進される  植物がある。 植物の花芽誘導には一定時間の連続した暗期が必要であり、暗期に光照射を行う  によって暗期が一定時間以下に分断されると花芽誘導が阻害される。 による花芽誘導の阻害には、赤色光が最も効果を持ち、その効果は遠赤色光により打ち消されることから、光受容体である  が関与している。植物の日長に応じた花芽誘導に関する身近な問題として、街灯や深夜営業する店舗近くの水田で栽培されるイネの花芽誘導が遅延する現象が知られている。

植物の花芽誘導には花成ホルモンであるフロリゲンが関わっている。フロリゲンの実体はタンパク質であり、植物の  で合成され、 を介して茎頂分裂組織に運ばれて花芽を誘導する。

ここで、ある作物の2つの品種について花芽誘導に要する日数を調べたところ、品種Xは約80日、品種Yは約150日であった。これら2つの品種の花芽誘導については、フロリゲンをコードするF遺伝子が単独で制御していることが分かっている。

問1 空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、花芽形成が誘導されるかどうかの境界となるような連続した暗期は何と呼ばれるか、答えなさい。

問3 下線部(B)について、人工照明の近くで栽培されるイネの花芽誘導が遅延する理由を45字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 空欄  と  にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを、以下の(a)~(d)から選び、記号で答えなさい。

- |     |                                    |                                     |
|-----|------------------------------------|-------------------------------------|
| (a) | <input type="text" value="オ"/> : 根 | <input type="text" value="カ"/> : 道管 |
| (b) | <input type="text" value="オ"/> : 根 | <input type="text" value="カ"/> : 師管 |
| (c) | <input type="text" value="オ"/> : 葉 | <input type="text" value="カ"/> : 道管 |
| (d) | <input type="text" value="オ"/> : 葉 | <input type="text" value="カ"/> : 師管 |

問 5 品種 X と品種 Y を用いて行った交配実験について、以下の問いに答えなさい。

(1) 品種 X と品種 Y を交配して得られた雑種第 1 代 ( $F_1$ ) である 50 個体は、いずれも花芽誘導に約 80 日を要した。この  $F_1$  を品種 Y と交配し、合計 440 粒の種子を得た。この種子を発芽させて栽培した 440 個体のうち、品種 Y と同様に花芽誘導に約 150 日を要する個体数の期待値を答えなさい。

(2) この作物において、生育初期の苗を枯死させる病原菌  $\alpha$  に対する抵抗性を規定する S 遺伝子は、染色体上で F 遺伝子のごく近傍に位置しており、これら遺伝子間での組み換えは事実上起こらない。品種 X と品種 Y の苗に病原菌  $\alpha$  を接種したところ、品種 X はいずれも抵抗性反応を示し、枯死する個体は見られなかったが、品種 Y はいずれも感受性を示して枯死した。また、品種 X と品種 Y を交配して得られた  $F_1$  である 50 個体の苗に病原菌  $\alpha$  を接種したところ、いずれも抵抗性反応を示し、枯死する個体は生じなかった。この  $F_1$  と品種 Y を交配して得られた 730 個の種子を発芽させ、その苗に病原菌  $\alpha$  を接種した。この時、枯死しなかった個体のうち、品種 Y と同様に花芽誘導に約 150 日を要する個体数の期待値を答えなさい。また、そのように考えた理由を 60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点18点)

生物種は、同じ場所に生息する他の種と様々な種間関係をもっている。例えば、種Xと別の種Yが互いに利益を得る関係は  と呼ばれる。一方、種Xが <sup>(A)</sup> 利益を受け、種Yは利益も不利益もない関係は  <sup>(B)</sup> という。また、種Xが種Yを捕食したり、種Yに  したりする場合、種Xは利益を得るが、種Yには不利益となる。種Xと種Yの間で競争がある場合は互いに不利益を生じうる。

<sup>(C)</sup> 種間関係のうち、食う食われるの関係、つまり捕食者と  の関係がつながっていくことを  という。このような関係を通じて、ある種が直接的な <sup>(D)</sup> 相互作用をもたない離れた栄養段階に属する別の種にも影響を及ぼすことがあり、これを  という。特に、  の上位にあり、生物量はそれほど多くないが、ほかの生物の生活に大きな影響を与えるものを  と呼ぶ。  がいなければ生態系のバランスが大きく崩れる。

問1 空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2  の例として知られている生物名を1つ答えなさい。

問3 下線部(A)～(C)のそれぞれについて、種Xと種Yの関係にあてはまる生物種として最も適切な組み合わせを次の(a)～(g)から1つずつ選び、記号で答えなさい。

- |               |            |
|---------------|------------|
| (a) 種X：ジンベイザメ | 種Y：コバンザメ   |
| (b) 種X：ブナ     | 種Y：ヤドリギ    |
| (c) 種X：チーター   | 種Y：ジャガー    |
| (d) 種X：ナミハダニ  | 種Y：カブリダニ   |
| (e) 種X：カクレウオ  | 種Y：ナマコ     |
| (f) 種X：クマノミ   | 種Y：イソギンチャク |
| (g) 種X：イワナ    | 種Y：ヤマメ     |

問 4 下線部(C)について、以下の問いに答えなさい。

ゾウリムシ、ヒメゾウリムシ、ミドリゾウリムシを別々の容器で単独飼育すると、それぞれ図1の(I)，(II)，(III)のような成長曲線を描いて増殖する。単独飼育と同様の条件で、ゾウリムシとヒメゾウリムシを同じ容器で混合飼育すると激しい競争が生じた。同様にゾウリムシとミドリゾウリムシを同じ容器で混合飼育すると弱い競争が生じた。混合飼育によってそれぞれの種はどのような成長曲線を描いたか、図2の(a)～(f)から最も適切なものを1つずつ選び、記号で答えなさい。ただし、図2の実線はゾウリムシを、点線はヒメゾウリムシまたはミドリゾウリムシを示す。

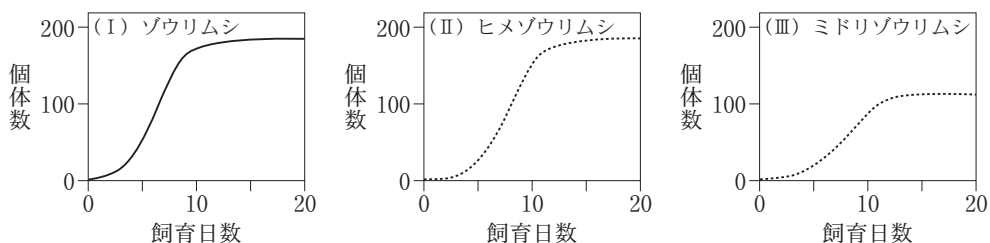


図 1

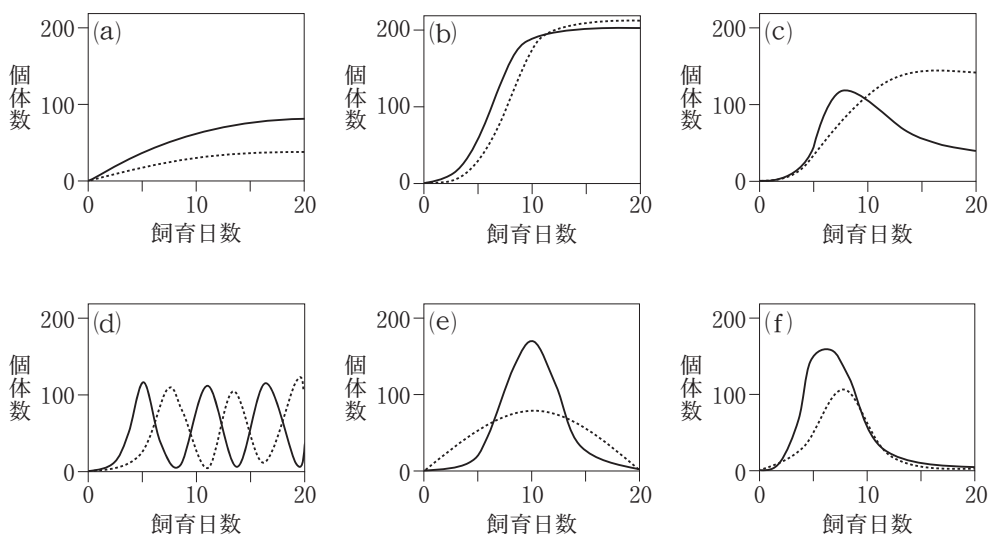


図 2



問 5 下線部(C)について、競争は種間だけでなく種内でも生じる。種 X にとって種 Y との競争より同種内の競争の方が種 X の個体群密度に及ぼす影響が大きい。その理由を 30 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 6 下線部(D)について、以下の問いに答えなさい。

鳥類のシジュウカラは植物の葉をほとんど食べないが、日本の夏緑樹林で、シジュウカラの個体数が減少すると、ミズナラの葉の食害が増加する傾向が観察された。このような傾向が生じる理由として考えられることを、60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

# 地 学

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点25点)

海洋プレートは1年あたり数  程度の速度で水平方向に移動し、沈み込み帯で  の蓄積をもたらす。このように蓄積された  は、プレート境界で発生する大地震などによって解放される。このようなプレート境界付近での地殻変動は、現在では  などの宇宙測地学的手法で計測されている。海洋プレートは海溝やトラフから地球内部に沈み込み、沈み込んだプレートは、周囲のマントルに比べて、温度が  ぐ、密度が  いため、マントル中を下降していく。沈み込んだプレートは、地震波トモグラフィーによって、 速度領域(速度異常域)として見出されている。一方、南太平洋とアフリカの直下では、地震波トモグラフィーにより、鉛直方向に延びた  速度領域(速度異常域)の存在が確認されている。このような領域は、周囲のマントルに比べて、温度が  ぐ、密度が  いため、マントル中を上昇していると考えられており、このような上昇流のことを  と呼ぶ。このように地球内部では、固体地球を冷却させる大規模な循環的な流れが生じている。とくに、地球表層では、地球内部から地表に向かう熱の移動を地殻熱流量として測定することができる。

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(A)について、2011年東北地方太平洋沖地震が発生したとき、東北地方の陸域では、「日本海側から太平洋側に向かうにつれて、東南東方向の移動量が徐々に大きくなり、太平洋岸では数メートル程度に達した」といった地殻変動が地表で観測された。このような地殻変動が起こった理由を、太平洋プレートの運動とこの地震の発震機構(震源メカニズム)に基づいて説明しなさい。

問 3 下線部(B)について、地震波トモグラフィーでは、観測された膨大な量の地震波の走時を用いることで、マンツルの3次元速度構造を明らかにしてきた。今、地球は半径  $R$  の完全な球体であると仮定し、地球内部は一定の地震波速度  $v$  で伝播する均質な物質で構成されているものとする。震源と観測点が地表にあるとき、走時を震央距離(角距離) $\theta$  を用いて表しなさい。計算の過程も示しなさい。また、解答欄に描かれている横軸と縦軸を用いて、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  の範囲で、走時曲線の概形を描きなさい。その際、 $\theta = 90^\circ$  と  $\theta = 180^\circ$  のときの値を縦軸上に書くこと。

問 4 下線部(C)について、地殻熱流量は、次の式で求められる。

$$\text{地下増温率(地温勾配)} \times \text{岩石の熱伝導率}$$

今、地表で観測された地殻熱流量が  $0.06 \text{ W/m}^2$ 、地表の温度が  $20^\circ\text{C}$ 、岩石の熱伝導率が  $3.0 \text{ W/(m}\cdot^\circ\text{C)}$  であったとき、温度が  $520^\circ\text{C}$  になるのは、深さが何  $\text{km}$  のときか、有効数字2桁で答えなさい。計算の過程も示しなさい。ただし、地殻熱流量、地下増温率、岩石の熱伝導率は深さによって変わらないものとする。

II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点25点)

地球は、およそ46億年前に誕生したと推定されている。40億年前から現在までの地質時代の環境変動の記録は、地層から読み取ることができる。地質時代には、何度も氷期が訪れた。先カンブリア時代のうち、25億年前～5.4億年前の  代は、スノーボール・アースと呼ばれる全球凍結が起こったとされる。全球凍結の要因として、大気中の温室効果ガスの減少が考えられている。第四紀にも氷期が繰り返し訪れた。海底堆積物や氷床の  の比率を利用して、第四紀の氷床量や気温が推定されている。それらの古気候の記録では、 サイクルと呼ばれる地球軌道要素の周期的変化に対応する氷期—間氷期の繰り返しが確認される。

海洋は、海流による熱の輸送や物質の循環を通じて気候変動に深く関わっている。風によって生じる海水の流れをエクマン吹送流と呼ぶ。海流は北半球において、<sup>(B)</sup> 亜熱帯高気圧のまわりを吹く低緯度の  風と中緯度の  風により時計回りの環流となり、<sup>(C)</sup> 西側で強い流れ(西岸強化)となる。深層水の循環も気候変動に関わっている。北大西洋のグリーンランド沖では、表層海水が沈み込み、深層水が形成されている。その深層水は約1500年かけて北太平洋に到達する。

海に生きる生物も、物質の循環を通じて、長期的な環境変化に関わっている。海洋浅層に生きる、 を主成分とする殻をもつ有孔虫などの遺骸はマリンスノーとなって深海に沈降し、軟泥となって海底に堆積する。その軟泥はやがて岩石化し、 となる。 は、ある水深以深の海底では溶解速度が堆積速度を上回るためほとんど堆積しない。その境界の深さを  深度と呼ぶ。一方、それ以深では、放散虫や珪藻を主とした生物遺骸からなる軟泥が堆積し、その軟泥が岩石化すると  になる。

問 1 空欄 

ア
---

 ~ 

ケ
---

 にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、大気から二酸化炭素の除去につながる鉱物の化学的風化反応はいくつかあるが、そのうちの一つを化学反応式で示しなさい。

問 3 下線部(B)について、北半球におけるエクマン吹送流の深さ方向の流れの特徴を説明しなさい。必要ならば、図を用いてもよい。

問 4 下線部(C)について、(1)北半球ではなぜ時計回りの環流になるのか、(2)西岸強化はどのような要因で生じるのか、それぞれ説明しなさい。

問 5 下線部(D)について、北太平洋の深層水の年齢を推定するために最も適切な放射性年代測定法を答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点25点)

8つの惑星のうち、水星、金星、地球、火星を  と呼び、木星、土星、天王星、海王星を木星型惑星と呼ぶ。  は木星型惑星に比べて、半径は小さいが、平均密度が高い。このように平均密度が異なるのは、惑星の主な構成物質<sup>(A)</sup>が異なるためである。

と木星型惑星はその周りを公転する衛星の数も大きく異なる。 は衛星の数が少なく、木星型惑星は衛星の数が多し。地球の衛星は月のみである。地球から月を見た場合、月の見かけの大きさと太陽の見かけの大きさはほぼ等しい。そのため、太陽と地球と月が一直線に並ぶと、  や月食<sup>(B)</sup>といった天体現象が起こる。また、地球を回る月の公転軌道は楕円軌道である。そして、その公転軌道上の近点(近地点)に月が位置するとき、地球から見える月は最大の見かけの大きさになる。この現象を<sup>(B)</sup>スーパームーンと呼ぶことがある。

木星の衛星は70個以上存在し、そのうち、イオ、エウロパ、ガニメデ、カリストの4つの大きな衛星を総称して  と呼ぶ。イオは太陽系で最も激しく、活発な  活動が観察される。エウロパは表面が厚い氷で覆われているが、地下には  が存在し、生命が存在する可能性が考えられている。イオの  活動やエウロパの  が維持される原因は、主に木星から及ぼされる潮汐力(起潮力)によって、衛星が伸縮を繰り返し、内部に熱が発生・維持されるためと考えられている。

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(A)について、木星型惑星(木星・土星・天王星・海王星)は、構成物質に着目すると、さらに2つに分けられる。それぞれの主要な構成物質を挙げ、両者の違いを説明しなさい。

問 3 下線部(B)について、2021年5月26日、皆既月食とスーパームーンが同時に観測された。この天体現象について、次の(1)~(3)に答えなさい。なお、月の直径は  $3.5 \times 10^3$  km、月の軌道長半径は  $3.8 \times 10^5$  km、月の離心率は  $5.5 \times 10^{-2}$ 、月の平均公転速度は 1.0 km/s、太陽の直径は  $1.4 \times 10^6$  km、地球の直径は  $1.3 \times 10^4$  km、地球の軌道長半径は  $1.5 \times 10^8$  km とする。また、地球の公転軌道は円軌道とし、その軌道長半径を軌道半径とみなす。

- (1) 地球から見た場合、遠点(遠地点)に位置する月の見かけの大きさ(直径)と比較して、スーパームーンの見かけの大きさは何倍になるか、有効数字2桁で答えなさい。
- (2) 図1に示すように、月食は太陽光がほぼ遮られる本影(灰色の領域)に月が入った時に起こり、月の全てが本影に入ると皆既月食が見られる。太陽と真反対の地点(図1の☆)で皆既月食が見られる時間の長さを、有効数字2桁で答えなさい。計算の過程も示しなさい。計算には、次の2つの仮定を用いること。
  - ・ 図1において、月の公転軌道面は紙面にある。
  - ・ 図1において、M-M'の間は、月は拡大図に示す直線軌道を平均公転速度で公転する。その間、地球は自転も公転もしない。
- (3) 日本でこの現象を観測した場合、皆既月食が実際に観測される時間の長さは、(2)で計算される長さと比較して短い。時間が短くなる理由を2つ挙げ、それぞれ説明しなさい。

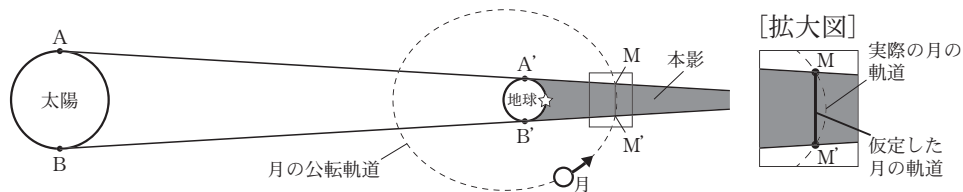


図1 太陽，地球，月，本影の位置と，月の公転軌道の概略を示す。本影は，直線 A-A' と B-B' の延長線に挟まれた地球より右側の灰色の領域である。本影内の月の公転軌道 M-M' を含む四角で囲まれた領域の拡大図を右に示す。なお，太陽，地球，月の大きさや距離は，実際の縮尺を表していない。

(令4前)

## 問題訂正

### 理科（生物）

訂正箇所	22 ページ 大問Ⅳ 問3の1-2行目
誤	あてはまる生物 <u>種</u> として...
正	あてはまる生物として...



(令4前)

# 問題訂正

## 理科（地学）

訂正箇所	28 ページ 大問Ⅱ問3の1行目
誤	深さ方向 <u>の</u> ...
正	深さ方向 <u>に変化する</u> ...