

(平 31 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 5
化 学	6～14 ※末尾に問題訂正あり
生 物	15～24
地 学	25～28

- ・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 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。問題の解答に必要な物理量、物理定数があれば、それらを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。また、問2以降は必要に応じて導出過程も示しなさい。(配点25点)

図1のように、曲面ABとなめらかにつながった水平面BCを持つ質量 M の台が、なめらかで水平な床の上に静止している。ここで、面BCから高さ h の曲面上の点Aから、質量 m の小球を静かにすべらせた。小球と台の間に摩擦はないものとし、重力加速度の大きさを g とする。

問1 小球が曲面ABにあるとき、小球にはたらく力の名称と向きを解答欄の図に記入しなさい。

問2 小球が曲面ABにあるとき、小球と台からなる物体系の水平方向の運動量は保存される。その理由を説明しなさい。また、小球が点Bにきたときの小球の床に対する速さを v とする。このときの台の床に対する速さ V を、 m , M , v を用いて表しなさい。

問3 速さ v を、 g , h , m , M を用いて表しなさい。また、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $h = 1.0 \times 10^2 \text{ cm}$, $m = 8.0 \times 10^2 \text{ g}$, $M = 9.0 \text{ kg}$ の場合について、 v を有効数字2桁で求めなさい。

問4 区間BCで、小球はどのような運動をするか説明しなさい。また、区間BCを小球が運動しているとき、小球と台からなる物体系の重心は、水平方向にどのような運動をするか説明しなさい。

問 5 上記の運動の後、小球は床からの高さが ℓ の点 C からとびだし、床に落下する。小球が床に落下したとき、点 C と小球が水平方向にどれだけ離れているか ℓ と h を含む式で示しなさい。

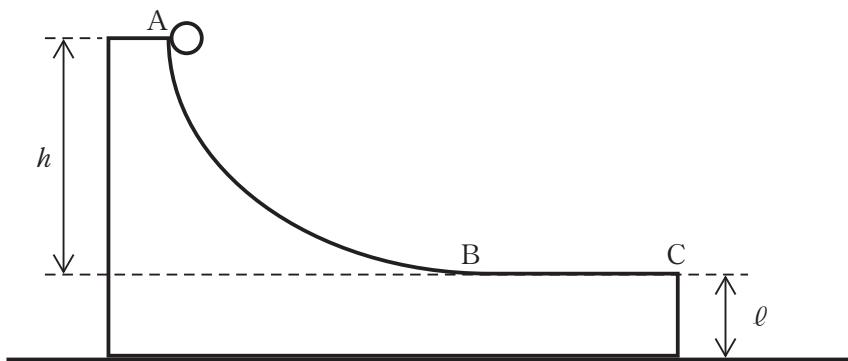


図 1

II 以下の問 1～4に答えなさい。問題の解答に必要な物理量、物理定数があれば、それらを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。また、問 3 以降は導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

まず、一様な磁場中で、磁場に垂直な直線状導線に直流電流が流れている場合を考える。

問 1 磁場がこの導線に及ぼす力の向きを、導線中を流れる自由電子にはたらくローレンツ力から説明しなさい。その際、磁場、電子の速度、ローレンツ力、それぞれの向きを図示して説明しなさい。

次に、図 1 に示す同一平面上の点 O, P₁, P₂を通る、紙面に垂直方向に置かれた十分長い導線がある場合を考える。それぞれには、正の直流電流 I₀, I₁, I₂ が図の向きに流れている。ただし、図の \odot は紙面の裏から表への向きを表す。直線 OP₁ は直線 OP₂ に垂直であり、線分 OP₁ と線分 OP₂ の長さはそれぞれ x₁ と x₂ である。これらの導線は真空中にあり、真空の透磁率を μ_0 とする。また、地磁気の影響は無視する。

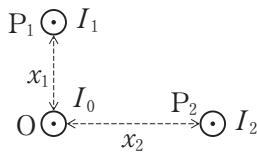


図 1

問 2 電流 I₁ と I₂ により、点 O で発生する磁場の強さをそれぞれ求めなさい。またその向きを、それぞれ図示しなさい。

問 3 電流 I₁ と I₂ から発生する磁場により、電流 I₀ の導線が単位長さ当たりに受ける合力の大きさを求めなさい。

問 4 電流と導線間の距離を, それぞれ $I_0 = 1 \text{ A}$, $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = 4 \text{ A}$, $x_1 = 1 \text{ m}$, $x_2 = 2 \text{ m}$ とする。このとき, 他の導線と同じく紙面に垂直な方向の 1 本の導線を追加し, その導線に電流を流すことにより, I_0 にはたらく力をつりあわせたい。ただし, 追加した導線の O からの距離は 1 m とする。考えられるすべての場合について, その電流の大きさを求め, 電流の向きと導線の位置を図示しなさい。

III 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。問題の解答に必要な物理量、物理定数があれば、それらを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。また、問2以降は導出過程も示しなさい。(配点25点)

片側の閉じたシリンダーに1モルの単原子分子理想気体が入っており、なめらかに動くピストンで閉じ込められている。この気体に対して次の1サイクルの状態変化を行う。

a → b : 断熱膨張, b → c : 体積を V_1 に保って温度を下げる
c → d : 断熱圧縮, d → a : 体積を V_2 に保って温度を上げる

4つの状態 a, b, c, d の温度を T_a , T_b , T_c , T_d とする。また、断熱変化では圧力 P と体積 V の間に $PV^\gamma = \text{一定}$ (γ は定圧モル比熱 C_P を定積モル比熱 C_V で割った量) の関係が成り立つ。

問1 このサイクル a → b → c → d → a を、縦軸を圧力 P 、横軸を体積 V にとつて図に描きなさい。

問2 4つの状態変化のうち、気体が熱を吸収または放出するものをすべて答えなさい。またそれらの熱量を求めなさい。

問3 気体が1サイクルの間に外部にする仕事の総和 W を求めなさい。

問4 次の関係が成り立つことを示しなさい。

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{T_d}{T_c}$$

問5 このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率 e を、 V_1 , V_2 , γ を用いて表しなさい。

化 学

※末尾に問題訂正あり

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 S 32.0

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点18点)

白金は化学的に安定であり、特に酸に対する耐性が強い。そのため、白金を溶かすには、金を溶かす場合と同様に、アと呼ばれる液体が用いられる。

アは、共に強酸であるイとウを体積比1:3で混合した液体である。なお、銀はイには溶けるがウには溶けない。白金の結晶は面心立方構造を持つことが知られており、単位格子の中に含まれる原子の数はエ個である。この単位格子の一辺の長さを $a[\text{cm}]$ とすると、基本定数であるアボガドロ定数 N_A は、 a と白金の原子量 M 、密度 $d[\text{g}/\text{cm}^3]$ を用いてオと表される。最近では、同位体

濃縮したケイ素(^{28}Si 99.99%)の結晶で作製した球体の超精密計測により、高精度でアボガドロ定数が決定されている。ケイ素の結晶は図に示すようなダイヤモンド型構造を持ち、単位格子の中に含まれる原子の数はカ個である。この単位格子の一辺の長さを $b[\text{cm}]$ とし、原子を互いに接する球と仮定すると、原子半径 $r[\text{cm}]$ は b を用いてキと表される。

また、白金は様々な化学反応にクとして用いられることが多い。例えば排気ガスの浄化装置では、排気ガスを白金などの微粒子を含むフィルターに通することで有害物質を減少させている。このときに起こる反応の一つに、以下の反応がある。

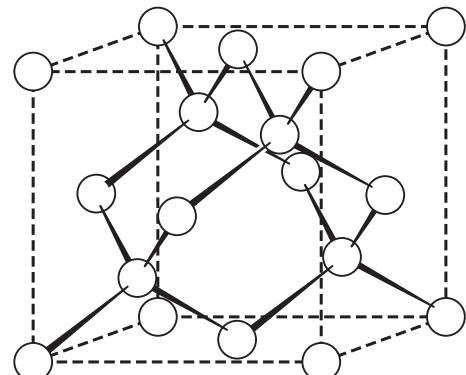
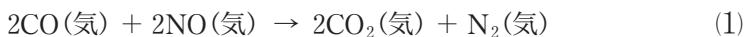


図. ダイヤモンド型構造の単位格子



この反応では一酸化炭素が酸化され、一酸化窒素が還元されている。一酸化炭素の燃焼熱が 283 kJ/mol 、一酸化窒素の生成熱が -90 kJ/mol であるとき、反応式(1)で表される反応の反応熱は ケ kJ である。

問 1 空欄 ア ~ ウ にあてはまる語句を答えなさい。

問 2 空欄 工 , 力 にあてはまる数値を答えなさい。

問 3 空欄 オ , キ にあてはまる文字式を答えなさい。

問 4 ケイ素同位体 ^{28}Si のみでできた結晶の単位格子の体積は $1.6 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ である。この結晶 1 kg の体積を有効数字 2 桁で算出しなさい。なお、 ^{28}Si の質量は 1 mol あたり 28 g とし、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ を用いなさい。計算の過程も書きなさい。

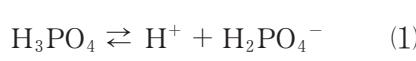
問 5 空欄 ク にあてはまる語句を答えなさい。また、 ク が変化させるものを次の(A)~(E)からすべて選んで記号で答えなさい。

- (A) 反応経路 (B) 反応熱 (C) 活性化工エネルギー
(D) 反応速度 (E) 平衡定数

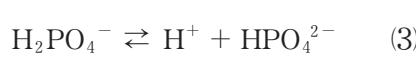
問 6 空欄 ケ にあてはまる数値を答えなさい。

II 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点19点)

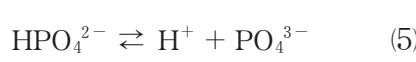
リンには、代表的な2種類の [ア] が存在する。分子式が P_4 と示される黄リン(白リン)は、淡黄色のろう状の固体で反応性に富み、空気中では自然発火するため、通常は [イ] 中に保存する。一方、[ウ] は赤褐色の粉末であり、多数のリン原子が共有結合した構造を持ち、黄リンに比べて反応性が乏しい。リンを空気中で燃焼させると、[エ] が生成する。この粉末に水を加えて加熱すると、リン酸(H_3PO_4)が得られる。リン酸は水中において3段階で電離する。その電離平衡および電離定数は、以下のように表される。



$$K_1 = \frac{[H^+] [H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} \quad (2)$$

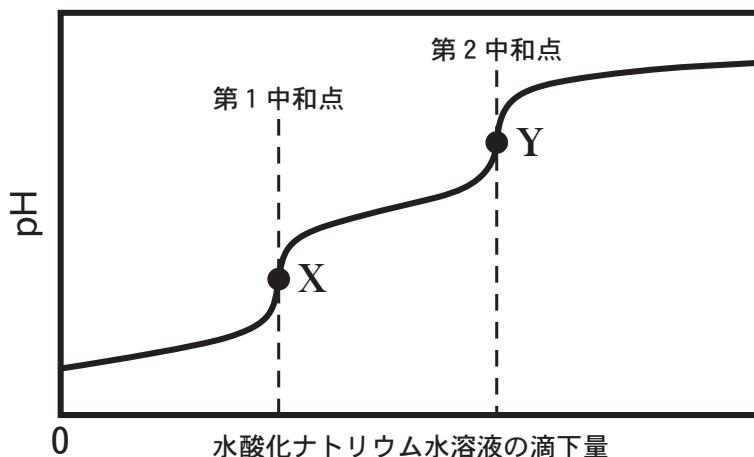


$$K_2 = \frac{[H^+] [HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} \quad (4)$$



$$K_3 = \frac{[H^+] [PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} \quad (6)$$

0.10 mol/L のリン酸 10 mL を純水で 100 mL に希釈した。この溶液を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液で滴定する実験を行った。この時の滴定曲線を下図に示した。



リン酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下していくと、図のように急激にpHが上昇する第1中和点(点X)が見られる。点Xにおける0.10 mol/L水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は、 A mLである。点Xにおいては、以下の(7式)で示される平衡反応が生じ、 $[H_3PO_4] = [HPO_4^{2-}]$ となる。



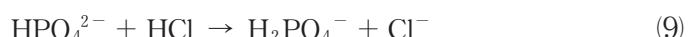
したがって、(2)式と(4)式より、

$$K_1 K_2 = \frac{[H^+]^2 [HPO_4^{2-}]}{[H_3PO_4]} = [H^+]^2 \quad (8)$$

という関係が成り立つ。よって、点XにおけるpHは B と計算される。0.10 mol/L水酸化ナトリウム水溶液をさらに C mL滴下すると、第2中和点(点Y)が見られる。点YにおけるpHは、第1中和点と同様に求めると9.6となる。点Xは、指示薬として{(フェノールフタレン・メチルオレンジ}を用い、{(赤・青・緑・黄・無)}色から{(赤・青・緑・黄・無)}色への変色を確認することによって判定できる。

0.10 mol/Lのリン酸水素二ナトリウム(Na_2HPO_4)水溶液10 mLと0.10 mol/Lのリン酸二水素ナトリウム(NaH_2PO_4)水溶液10 mLを混合し、純水で100 mLに希釈して溶液1を作製した。溶液1において、ナトリウム塩は完全に電離し、(3式)の平衡のみが起こるとすると、pHは(4)式より D と計算される。ここでは、(1)式と(5)式の平衡および水の電離が無視できると考える。

100 mLの溶液1に1.0 mol/Lの塩酸(HCl)を0.20 mL添加し、溶液2を作製した。添加する塩酸の体積は少量であるので、溶液2の体積は100 mLに近似できるとする。塩酸の添加により、以下に示した(9式)の反応が進むとすると、溶液2におけるリン酸水素イオン(HPO_4^{2-})の濃度は E mol/Lに、リン酸二水素イオン($H_2PO_4^-$)の濃度は F mol/Lになる。



したがって、**溶液2**におけるpHは、(4)式により G と計算される。このように、**溶液1**は、少量の塩酸を添加しても pH はあまり変化せず、pH をほぼ一定に保つ緩衝液として使用できる。

問 1 空欄 ア ~ ウ にあてはまる語句を答えなさい。また、空欄 エ にあてはまる化学式を答えなさい。

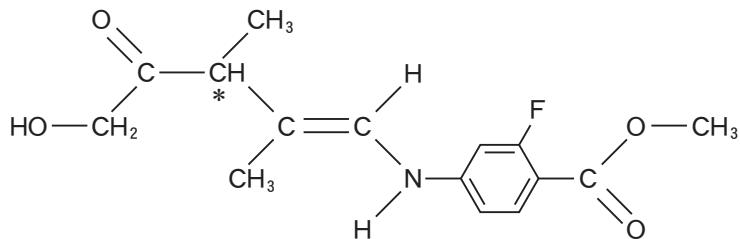
問 2 空欄 A ~ G にあてはまる数値を有効数字2桁で答えなさい。

ただし、 $K_1 = 7.1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_1 = -2.1$, $K_2 = 6.3 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_2 = -7.2$, $K_3 = 4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_3 = -12$ を用いなさい。
計算に必要であれば、 $\log_{10}(a \times b) = \log_{10}a + \log_{10}b$,
 $\log_{10}a^n = n\log_{10}a$ の関係式、および $\log_{10}2.0 = 0.30$, $\log_{10}3.0 = 0.48$ の値を用いなさい。

問 3 下線部(a)~(c)にあてはまる語句を、{ }の中からそれぞれ1つずつ選んで答えなさい。

III 以下の文章(a)～(i)を読んで、問1～5に答えなさい。なお、構造式は下記の例にならって書きなさい。(配点19点)

[構造式の記入例(*印は不斉炭素原子を示す。)]



- (a) 化合物A(分子式 $C_9H_{12}O$)はベンゼン環をもつ化合物であり、2種類の構造異性体が存在する。
- (b) 化合物Aに濃硫酸を加えて加熱すると化合物Bが得られ、化合物B(1分子)に水素(1分子)を付加させると化合物C(1分子)が得られた。化合物Cはベンゼンとプロパンから合成することもできる。
- (c) 化合物Bをオゾン(O_3)と反応させると、化合物Dと化合物Eが生成した。
- (d) 化合物Dの水酸化ナトリウム水溶液に対してヨウ素を加えたところ、化合物Fのナトリウム塩および特有の臭気をもつ黄色の沈殿が生成した。化合物Fはトルエンを過マンガン酸カリウム水溶液中で加熱しても合成できる。
- (e) 化合物Eをアンモニア性硝酸銀水溶液へ加えたところ銀鏡反応が観察され、さらに酸化するとギ酸が得られた。
- (f) 化合物Cを酸素で酸化したのち、硫酸で分解すると化合物Gと化合物Hが生成した。

(g) 化合物 G と塩化ベンゼンジアゾニウムを反応させると赤橙色の化合物が生成した。

(h) 化合物 G に臭素水を十分に加えると、化合物 I の白色沈殿が生じた。

(i) 化合物 H は化合物 J の熱分解(乾留)によって合成することもできる。

問 1 下線部(ア)の化合物名と分子式を書きなさい。

問 2 化合物 C と化合物 J の化合物名を書きなさい。

問 3 化合物 D と化合物 I の構造式を書きなさい。

問 4 下線部(イ)の化合物名と、この化合物が生成する反応名を書きなさい。

問 5 化合物 A の 2 種類の構造異性体の構造式をそれぞれ書きなさい。不斉炭素原子が含まれている場合には、その炭素原子に*印を付けなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

ニワトリ卵白に含まれる卵白タンパク質の50%以上は、オボアルブミンという複合タンパク質であり、栄養学的にアミノ酸供給源として重要な役割を果たしている。この卵白に約5倍量の水を加えて親水コロイドとし、少量の塩化ナトリウムを(a)加えた。得られた水溶液(A液とする)を試験管に3mL取り、6mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を1mL加えて振り混ぜ、さらに、0.05mol/Lのある水溶液を(b)2～3滴加えたところ、赤紫色になった。これを ア 反応といい、一般的に、
イ 個以上の ウ 結合を有するペプチドの検出に用いられる。一方、別の試験管にA液を3mL取り、濃硝酸を数滴加えて加熱し、冷却後、6mol/Lのアンモニア水を加えると橙黄色を呈した。これを エ 反応という。この呈色は、卵白タンパク質の構成アミノ酸のうち、特定のアミノ酸の側鎖が、(c)オ化されることによって生じる。さらに、卵白タンパク質を精製して得られたオボアルブミンを酸性水溶液に溶解後、加熱したところ、沈殿が生じた(d)。この沈殿をろ過し、ろ液にフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色沈殿が生じた(e)。

問1 空欄 ア ~ オ にあてはまる語句もしくは数字を答えなさい。

問2 下線部(a)の操作のかわりに、多量の塩化ナトリウムを加える操作を行うと、この親水コロイドのコロイド粒子はどうなるか答えなさい。

問3 下線部(b)の水溶液中に含まれる金属イオンをイオン式で答えなさい。

問4 下線部(c)のアミノ酸の中の一つは、炭素、水素、酸素、窒素のみからなり、1分子中に-NH₂を1個含んでいた。このアミノ酸の元素分析の結果は、炭素59.7%，水素6.1%，窒素7.7%(質量%)であった。このアミノ酸の組成式を答えなさい。

問 5 下線部(d)の現象を何というか答えなさい。また、この現象が生じた理由を20字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含まれるものとする。

問 6 下線部(e)から、ある官能基の存在がわかった。この官能基の存在から、オボアルブミンには糖類が含まれていることが推察される。この官能基名を日本語で答えなさい。また、下線部(e)の赤色沈殿の化学式を答えなさい。

生 物

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

ヒト血液中の血糖濃度が上昇すると、視床下部の血糖調節中枢がそれを感知する。その刺激は、副交感神経を介して、すい臓のランゲルハンス島の [ア] に伝えられる。それとともに、高血糖の血液は直接ランゲルハンス島の [ア] を刺激し、そこからインスリンが分泌される。インスリンは血流に乗って運ばれ、肝臓や筋肉などの標的細胞でのグルコースの取り込みを高める。

血糖濃度の低下も、視床下部の血糖調節中枢によって感知される。その刺激は交感神経や脳下垂体に伝わり、副腎髄質からは [イ] が、副腎皮質からは [ウ] が、それぞれ分泌される。また、低血糖の血液はランゲルハンス島の [エ] を刺激して、そこからは [オ] が分泌される。 [イ] や [オ] は肝臓などの細胞に働きかけ、グリコーゲンの分解を促進させる。一方、 [ウ] は、 [カ] からのグルコース生成反応を促進する。

このように、視床下部からの情報が伝わると血糖値が変化し、その変化を視床下部が感じ取って再び調節が行われる。このような調節の仕組みは一般にフィード (A) バック調節とよばれる。

ある種のホルモンは、細胞膜に存在する受容体に結合すると、細胞内の小胞の移動をひきおこす。その後、小胞の生体膜は細胞膜と融合する。これにより小胞に存在していた膜タンパク質は細胞膜に移動し、細胞膜の機能が変化する。インスリンもその一例である。図1に示すように、インスリンが標的細胞の細胞膜に存在するインスリン受容体に結合すると、細胞内におけるシグナル伝達により、普段は小胞の生体膜に存在している GLUT4 という名称のグルコース輸送体が細胞膜へと移動する。これによってグルコースの細胞内への取り込みがすばやく増加し、血糖値が低下する。

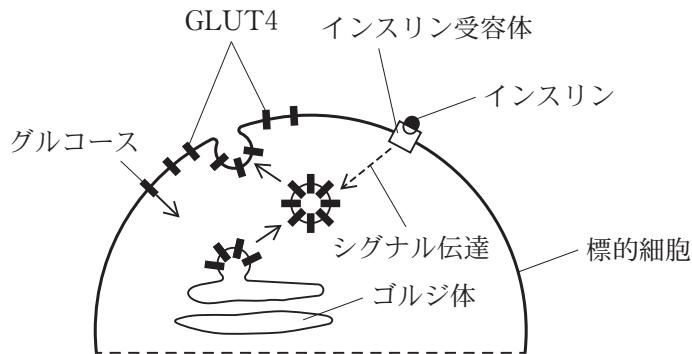


図 1

問 1 空欄 ア ~ カ 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、生物における血糖値調節以外のフィードバック調節の例を一つあげ、それがどのように行われているかを 70 字以内で説明しなさい。
ただし、句読点も字数に含める。

問 3 下線部(B)のような作用を示す、インスリン以外のホルモンの例をあげなさい。また、そのホルモンの作用について、どのような膜タンパク質が細胞膜に移動し、その結果どのような細胞機能が調節されているのかを 80 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 下線部(C)のような小胞と細胞膜との融合現象は、細胞外に物質を分泌する際に認められる。この現象を何というか、答えなさい。また、反対に細胞膜が陷入して細胞内に物質を取り込むこともある。この現象を何というか、答えなさい。

問 5 GLUT4などの膜タンパク質は、ゴルジ体から小胞を介して細胞膜に移動する。このようなタンパク質はどこで合成されるか。正しいものをア～エから一つ選び、その記号を答えなさい。

- ア 核
- イ ミトコンドリア
- ウ 遊離したリボソーム
- エ 粗面小胞体に付着したリボソーム

問 6 ゴルジ体から生じる小胞は、細胞膜に移動するもの以外に、ある細胞小器官を形成することもある。その細胞小器官の名称を答えなさい。

II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

我々の生命活動は、植物の光合成による有機物の生産によって支えられている。

光合成反応は、葉緑体内の **ア** で行われる光エネルギーを化学エネルギーに変換する段階と、**イ** で行われる化学エネルギーを利用して無機物である CO_2 と水から有機物を合成する段階に分けることができる。植物の成長と光合成量の間には密接な関係があることから、農作物の生産性を評価する目的で、光合成速度の測定が行われている。主な光合成速度の測定方法としては、葉における CO_2 または O_2 のガス交換速度を測定する方法や、主要な光合成色素である **ウ** が吸収した光エネルギーから生じる蛍光を測定する方法などがある。

[実験1]

植物の光合成速度を CO_2 濃度から推定する実験を行った。 CO_2 は赤外線を吸収する性質があることから、空気中の CO_2 濃度は赤外線ガス分析計を用いて測定することができる。図1のように葉を植物から切り離さずに、葉の部分のみを透明な箱(同化箱)に入れ、給気口と排気口を設置し、空気(0.04% 二酸化炭素, 21% 酸素、残りは窒素)を一定の流速で給気口から通気させた。同化箱の中にファンを設置して同化箱内の空気を十分に攪拌し、給気口と排気口を通る空気の CO_2 濃度を測定した。なお、これらの通気口以外からの空気の出入りは無いものとする。

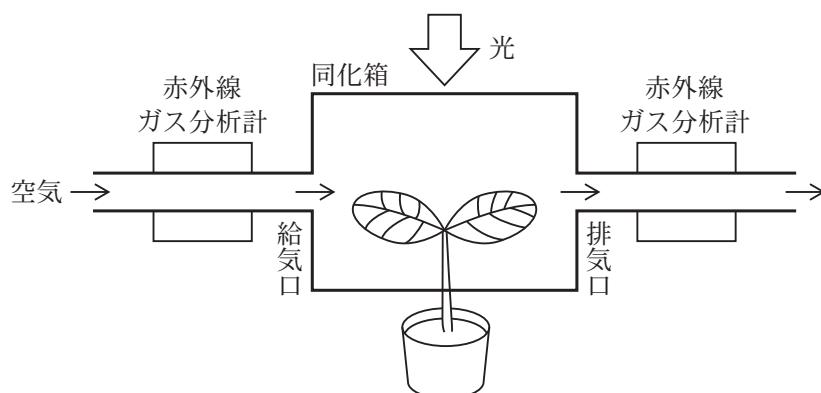
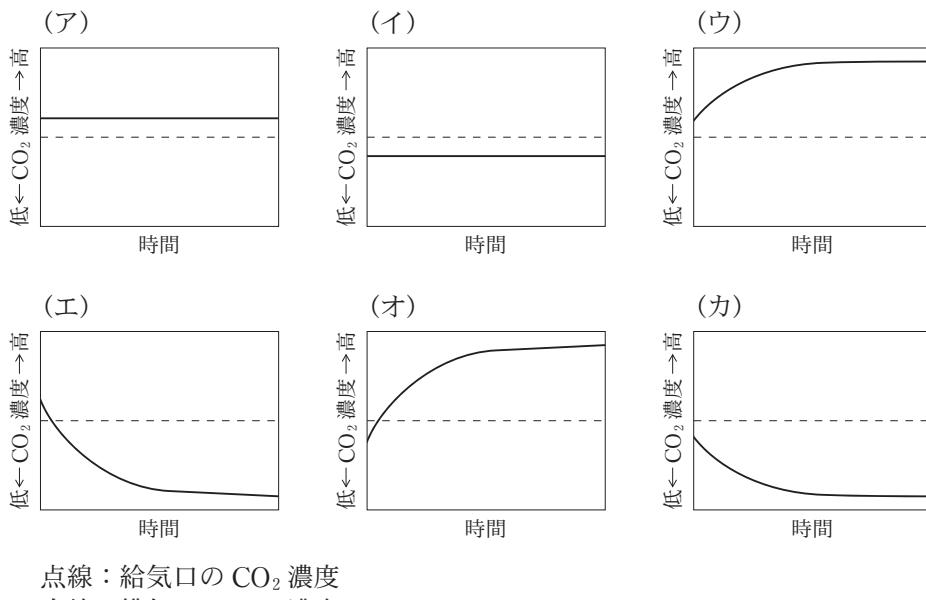


図1

問 1 空欄 [ア] ~ [ウ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 実験 1 では、まず暗条件に十分な時間、同化箱をおいてから、給気口と排気口の CO_2 濃度を一定時間測定した。その後、光合成を行うのに十分な光を照射し、光照射直後から同様に CO_2 濃度を一定時間測定した。暗条件と光照射後の排気口の CO_2 濃度の変化を表すグラフを(ア)~(カ)より、それぞれ選びなさい。



点線：給気口の CO_2 濃度
実線：排気口の CO_2 濃度

問 3 暗条件での給気口と排気口の CO_2 濃度の差が 0.00024%，光照射を開始してから光合成速度が十分に安定した後の給気口と排気口の CO_2 濃度の差が 0.00200% であった。同化箱を通過する空気の流速が 100 L/1 時間、葉面積が 20 cm^2 であった場合の葉面積当たりの光合成速度(単位は $\text{mg CO}_2/100 \text{ cm}^2 \text{ 葉面積}/1 \text{ 時間}$)を計算しなさい。なお、給気口と排気口の空気の流速は同じ、明条件と暗条件で呼吸速度は同じと仮定する。また、 CO_2 の分子量は 44、気体の体積は 0 °C、1 気圧として計算し、光合成速度の数値は四捨五入して小数点以下 1 術まで答えなさい。

問 4 植物が光合成を行うには赤色光のみで十分である。しかし、赤色光に青色光を少し加えると、ある光受容体タンパク質の働きが高まり、光合成による CO_2 固定が促進されることがわかっている。この光受容体タンパク質の名称を答えなさい。また、この光受容体タンパク質が CO_2 固定を促進する作用について15字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

[実験 2]

葉内における光合成速度の限定要因を明らかにするために、光合成に関するタンパク質を特異的に発現抑制した遺伝子組換えタバコを作成した。特異的な発現抑制には、対象遺伝子のアンチセンス RNA を発現させるアンチセンス法を用いた。これにより様々なレベルで対象タンパク質の発現が抑制された複数の遺伝子組換えタバコを作成し、実験 1 の方法で光合成速度を測定した。

問 5 図 2 のグラフはカルビン・ベンソン回路のリブロース 1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(ルビスコ)とグリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼ(GAPDH)について、それぞれの酵素量をアンチセンス法により特異的に減少させた遺伝子組換えタバコの光合成速度の測定結果である。この結果から判断して、遺伝子組換えをしていない通常のタバコでは、ルビスコとGAPDH のどちらが光合成の主要な限定要因となっていると考えられるか、理由も含めて80字以内で述べなさい。ただし、句読点も字数に含める。

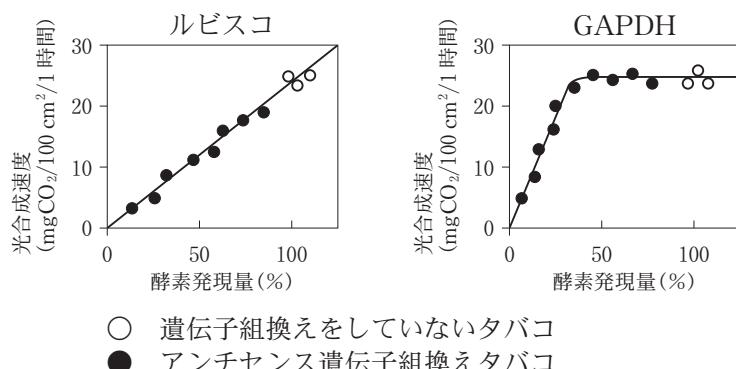


図 2

III 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

地球上には、形も大きさも多様な生物が生息しており、それぞれに名前がつけられている。生物の最も基本的な分類の単位は種である。種より高次の分類には、似ている生物群を集めてより上位の分類群としてまとめる階層的分類法が用いられる。
〔A〕

様々な生きものが存在していることを指す生物多様性は種の多様性だけでなく、生態系の多様性、遺伝的多様性を含む3つの段階の多様性に分けて考えられる。生態系の多様性とは、例えば森、草原、河川、水田などのように様々な種類の生態系が存在することである。ある生物が占める空間や食物連鎖上の位置などの生態的な位置づけを〔ア〕というが、多様な生態系は多様な〔ア〕を生み、多くの種が共存できるようになる。また、繁殖や成長などの生活史における各段階において複数の生態系を利用する種にとっては、それらの複数の生態系が隣接していることが重要となる。遺伝的多様性は、種内の遺伝的な多型の豊富さを示しており、遺伝的多様性の減少は環境変動や感染症等による絶滅リスクを高めると考えられる。
〔B〕
〔C〕

生物多様性を生み出す原動力となるのは遺伝子の突然変異によってもたらされる生物の進化である。多細胞生物の場合、突然変異は〔イ〕でも〔ウ〕でもおこるが、そのうち〔ウ〕でおきた変異は次世代に伝わる可能性がある。突然変異によって個体の生存や繁殖にとって有利な形質を獲得した個体は、そうでない個体より多くの子孫を残すことができる。このような過程を経て有利な形質を持つ個体が集団内に増加し、不利な形質を持つ個体が減少することを〔エ〕と呼ぶ。一方、生存や繁殖にとって有利でも不利でもない遺伝的変異が〔オ〕によって偶然集団内に固定されることがある。このような中立的な変異も進化の重要な要因とされる。

近年、生物多様性は様々な要因によって減少している。特に、開発などによる生息地の分断と縮小、そして外来生物の侵入による影響が大きいとされる。これらの原因で個体群の縮小や遺伝的多様性の減少がおこると、個体群の絶滅リスクが高くなる。
〔D〕

問 1 空欄 ア ~ オ 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、より上位の分類階級から下位の分類階級の順に並んでい るものは以下の①～⑥のどれか、選びなさい。

- ① 科一目一属一種
- ② 科一属一目一種
- ③ 目一科一属一種
- ④ 目一属一科一種
- ⑤ 属一科一目一種
- ⑥ 属一目一科一種

問 3 下線部(B)について、複数の生態系を利用する生物の例をあげ、その生物がど のような生態系をどのように利用するか 50 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 下線部(C)について、近年の研究によって、ヒトの Y 染色体の遺伝的多様性 は約 4,000 ~ 8,000 年前に大きく減少したと考えられている。一方、同時期に ヒトのミトコンドリア DNA の遺伝的多様性は大きな変化を示していないとさ れている。このような遺伝的多様性が Y 染色体では減少しミトコンドリア DNA では減少しないという現象はどのような場合におこりえるのか、80 字以 内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 5 下線部(D)について、日本の「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止 に関する法律」(外来生物法)によって特定外来生物に指定されている外来生物 を 1 つあげなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

優性と劣性の2つの対立遺伝子があるとき、このヘテロ接合体同士を交配すると、得られる3つの遺伝子型は、優性ホモ接合とヘテロ接合と劣性ホモ接合が1:2:1の比で出現するのが一般的である。この分離比は、ヘテロ接合体において2つの対立遺伝子が配偶子へ均等に分配され、いずれの対立遺伝子を持った配偶子も同じ効率で受精卵の形成にあずかることが前提となっている。そしてこの前提が成り立つことは、ヘテロ接合体に劣性ホモ接合体を交配する ア 交雑を行った子世代で、ヘテロ接合と劣性ホモ接合が イ に分離することにより確認できる。しかし、この前提が成り立たない場合、子世代での分離比は1:2:1からゆがむことになる。

ある被子植物に、独立した遺伝子座IおよびIIがあり、それぞれ優性Aおよび劣性a、優性Bおよび劣性bの各対立遺伝子が存在している。遺伝子座IとIIは別の染色体上にあり、お互い相手の形質には影響を与えない。ヘテロ接合体を自家受精したところ、遺伝子座IでもIIでも、子世代での優性ホモ接合とヘテロ接合と劣性ホモ接合の分離比が1:2:1にならなかった。そこで以下に示すような交雫実験を行って、それぞれの対立遺伝子が雌性あるいは雄性配偶子を通して受精卵へどのように伝達されるか調査した。

- ・実験結果(1) 遺伝子座Iのヘテロ接合体に、AA個体の花粉を受粉させたところAAとAaの子が、またaa個体の花粉を受粉させたところAaとaaの子が、いずれも1:1に分離した。すなわち、遺伝子座Iのヘテロ接合体の雌性側からは、Aの配偶子とaの配偶子が等しく後代に伝えられた。
- ・実験結果(2) 遺伝子座Iのヘテロ接合体の花粉を、AA個体に受粉させたところAAとAaの子が、またaa個体に受粉させたところAaとaaの子が、いずれも2:1に分離した。すなわち、遺伝子座Iのヘテロ接合体の花粉側からは、Aの配偶子の方がaの配偶子の2倍の頻度で後代に伝えられた。
- ・実験結果(3) 遺伝子座IIのヘテロ接合体に、BB個体の花粉を受粉させたところBBとBbの子が、またbb個体の花粉を受粉させたところBbとbbの子が、い

ずれも 4:1 に分離した。すなわち、遺伝子座Ⅱのヘテロ接合体の雌性側からは、*B* の配偶子の方が *b* の配偶子の 4 倍の頻度で後代に伝えられた。

- ・実験結果(4) 遺伝子座Ⅱのヘテロ接合体の花粉を、*BB* 個体に受粉させたところ *BB* と *Bb* の子が、また *bb* 個体に受粉させたところ *Bb* と *bb* の子が、いずれも 2:1 に分離した。すなわち、遺伝子座Ⅱのヘテロ接合体の花粉側からは、*B* の配偶子の方が *b* の配偶子の 2 倍の頻度で後代に伝えられた。

問 1 空欄 ア にあてはまる最も適切な語句と、空欄 イ に入る分離比を答えなさい。

問 2 実験結果(1)と(2)をふまえて、遺伝子座Ⅰのヘテロ接合体を自家受精したときの、遺伝子型が *AA* と *Aa* と *aa* である子の分離比を答えなさい。

問 3 実験結果(3)と(4)をふまえて、遺伝子座Ⅱのヘテロ接合体を自家受精したときの、遺伝子型が *BB* と *Bb* と *bb* である子の分離比を答えなさい。

問 4 遺伝子座Ⅰと遺伝子座Ⅱ両方のヘテロ接合体を自家受精したとき、どのような遺伝子型の子が出現するか、その分離比とともに答えなさい。

地 学

I 地震とマグマ生成に関する次の問 1～4 に答えなさい。(配点 25 点)

問 1 P 波速度を V_P , S 波速度を V_S , 初期微動継続時間を T とする。この場合, これらを用いて震源距離 D を表す式を求めなさい。導出過程も示すこと。

問 2 ある地震について, 初期微動継続時間から震源距離が求められたとする。この場合, この地震の震源と震央の位置を決める方法を説明しなさい。必要であれば図を使っててもよい。

問 3 図 1 は, かんらん岩の融解曲線を示している。マントルの大部分は固体でありマグマは生成していない。マグマが生成していない場合の地下の温度分布を, 答案用紙の図上に描きなさい。また, そのように描いた根拠を述べなさい。

問 4 問 3 のかんらん岩の融解曲線と地下の温度分布の図を参考にして, プレートの拡大境界である中央海嶺では, どのようにマグマが生成するのかを説明しなさい。

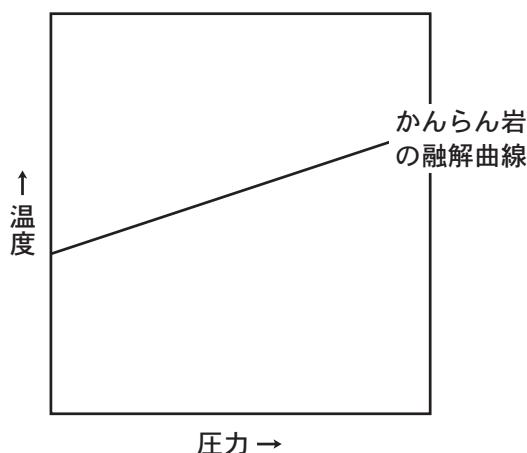


図 1

II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点25点)

図1は、地球の大気の圧力と温度の高度変化を表す。地球の大気は、圧力が高度とともに単調減少するのに対して、温度は高度によって変化の様子が異なる。大気
(A)の圧力は、その高度よりも上空にある大気の質量と関係がある。地球の大気は、温度の変化に基づいて高度領域に名称がつけられており、図1に示すように地表から上空に向かって順に、対流圏、ア、イと呼ばれる。また、アとイの境界はウと呼ばれる。

対流圏では、平均的には高度とともに温度が低下する。高度に対する温度の低下率を気温減率と呼び、対流圏では平均的には高度100mにつき約0.65°Cである。この気温減率は、乾燥断熱減率よりも小さく、湿潤断熱減率よりも大きい。一方、
(B)対流圏においても、早朝の地表付近では、高度とともに温度が上昇するような層が形成されることもある。このような層をエと呼ぶ。

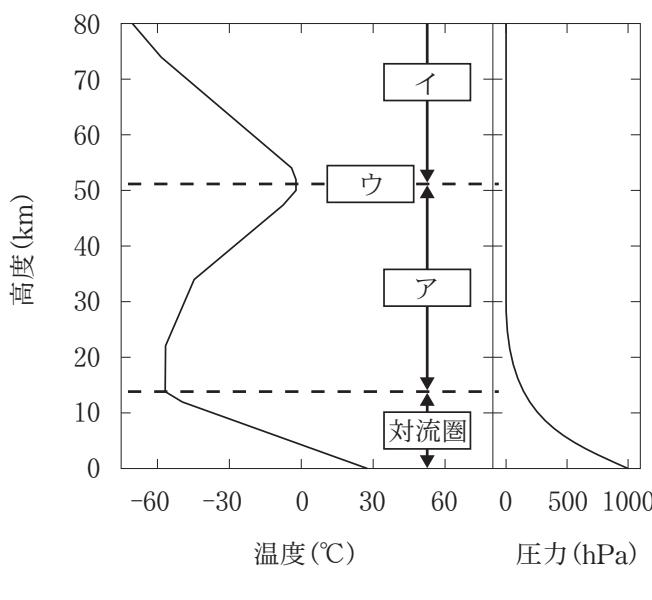


図1

高度(km)	圧力(hPa)
30.0	12.2
20.0	56.5
10.0	286
5.0	559
4.0	633
3.0	715
2.0	805
1.0	904
0.0	1013

表1. 大気の圧力の高度分布

問1 空欄ア～エにあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 表1は、図1に表した圧力の高度変化の数値を示す。下線部(A)に関して、高度5.0 kmから10.0 kmまでの大気の表面積 1.0 m^2 あたりの質量を、表1を利用して有効数字2桁で求めなさい。導出過程も示すこと。なお、重力加速度を 9.8 m/s^2 とすること。

問 3 下線部(B)について、以下の(1), (2)に答えなさい。

- (1) 乾燥断熱減率の意味を説明しなさい。
- (2) 晴れた日に、地表付近の気温減率が乾燥断熱減率より大きくなることがある。このとき、大気の状態が絶対不安定である理由を答えなさい。

問 4 対流圏における温度の高度変化は、大気に含まれる水の状態変化の影響を受ける。いま、地表にある、温度が $27.0\text{ }^\circ\text{C}$ で露点が $15.0\text{ }^\circ\text{C}$ の空気塊を高度3.0 kmまで断熱的に持ち上げたとする。このとき、高度3.0 kmにおいて空気塊の体積のうち水蒸気が占める割合は何%であるか、有効数字2桁で答えなさい。導出過程も示すこと。なお、乾燥断熱減率と湿潤断熱減率を 100 m あたりそれぞれ $1.0\text{ }^\circ\text{C}$, $0.50\text{ }^\circ\text{C}$ とし、計算には表1および表2を利用しなさい。

温度 ($^\circ\text{C}$)	飽和 蒸気圧 (hPa)						
0.0	6.1	7.0	10.0	14.0	16.0	21.0	24.9
1.0	6.6	8.0	10.7	15.0	17.1	22.0	26.5
2.0	7.1	9.0	11.5	16.0	18.2	23.0	28.1
3.0	7.6	10.0	12.3	17.0	19.4	24.0	29.9
4.0	8.1	11.0	13.1	18.0	20.7	25.0	31.7
5.0	8.7	12.0	14.0	19.0	22.0	26.0	33.6
6.0	9.4	13.0	15.0	20.0	23.4	27.0	35.7

表2. 水の飽和蒸気圧

III 以下の問1, 2に答えなさい。(配点25点)

問1 恒星を特徴づける量のうち、次の(A)～(C)を観測により推定する方法を考える。

- (A) 恒星までの距離
- (B) 恒星の絶対等級
- (C) 恒星の表面温度

このとき、(A)～(C)のそれぞれについて、推定に必要な観測量と、推定する方法を答えなさい。推定に必要な観測量として、複数の観測量を用いてもよく、上記の(A)～(C)を用いてもよい。ただし、(A)を推定するときに、(A)そのものを推定に必要な観測量として用いることはできない。(B)と(C)についても同様である。

問2 金星と火星のそれぞれが地球と会合する周期を用いて、金星と火星の軌道半径の比を求めることを考える。これに関して、以下の(1)～(3)に答えなさい。ただし、これら3つの惑星の公転軌道は同一平面上の円軌道とする。導出過程も示すこと。

- (1) 金星と地球の会合周期が1.60年であることを用いて、金星の公転周期を有効数字2桁で求めなさい。
- (2) 火星と地球の会合周期が2.14年であることを用いて、火星の公転周期を有効数字2桁で求めなさい。
- (3) 金星と火星の軌道半径をそれぞれ a_V , a_M とし、公転周期をそれぞれ T_V , T_M とする。このとき、 a_M/a_V を T_V と T_M を用いて表しなさい。

(平3 1前)

問題訂正

理科（化学）

訂正箇所	7ページ 大問I 問4 上から2行目
誤	この結晶 1 kg の…
正	この結晶 1.0 kg の…

訂正箇所	9ページ 大問II 問題文 文末
誤	… <input type="text"/> F mol/L になる。
正	… <input type="text"/> F mol/L になる。ここでは、 (9)式の反応で生じたリン酸二水素イ オンの解離は無視してよい。