

(令 7 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～15
生 物	16～26
地 学	27～31

- ・ 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 質量 m ，高さ h ，底面積 S の密度が一様な直方体を，密度 ρ の液体に入れたところ，図 1(a)のように高さ方向に $\frac{h}{5}$ だけ液面から出て静止した。この直方体を，図 1(b)のように上面が深さ d の位置に来るまで液体に沈めてから静かに手を離すと，図 1(c)のように下面が液面に接するまで上昇し，その後下降に転じた。鉛直上向きを z 軸の正の向き，液面の位置を z 軸の原点 O ，重力加速度の大きさを g として，図 1(a)の状態，および(b)から(c)の状態までの運動に関する以下の問 1～5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。直方体が入ることによる液面の位置の変化，直方体の運動に伴う液体の運動の影響，運動する直方体が液体から受ける抵抗力，および空気の影響を，すべて無視できるものとする。また，直方体は鉛直方向にのみ運動し，静止中も運動中もその底面は常に液面に平行であるとする。(配点 25 点)

問 1 図 1(a)の状態において，直方体にはたらく鉛直方向の力のつり合いの式を示しなさい。

問 2 図 1(b)に示す深さ d の位置で手を離してから，直方体の上面が液面に達するまでの運動方程式を示しなさい。このときの直方体の加速度を a とする。

問 3 図 1(b)に示す深さ d の位置で手を離した時刻を $t = 0$ とする。直方体の上面が液面に達する時刻 t_1 と，そのときの直方体の速度 v_1 を，いずれも g と d を用いて表しなさい。

問 4 直方体の上面が液面から出た後の運動方程式を示しなさい。このときの直方体の加速度を A ，上面の z 軸上の座標を z とする。さらに，直方体の速さが最大になるときの z を h を用いて表しなさい。

問 5 $t = 0$ から直方体の下面が液面に接する図 1(c)の状態までの運動について、直方体の速度 v の時刻 t に対する変化の概略を図示しなさい。その図には、問 3 の t_1 と v_1 がどこであることを明示しなさい。さらに、 $0 \leq t \leq t_1$ と $t \geq t_1$ のそれぞれの範囲について、時刻 t に対する変化の特徴を簡潔に説明しなさい。

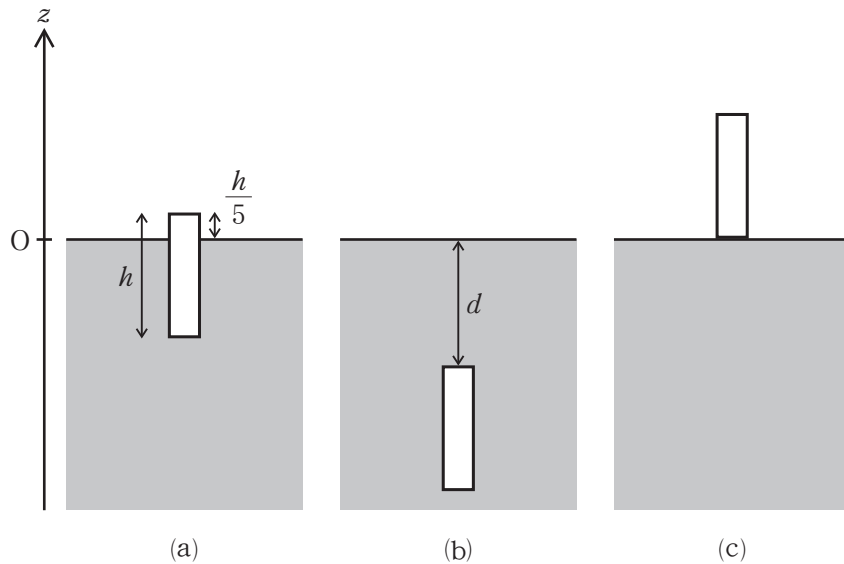


図 1

Ⅱ 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば定義して明示しなさい。ただし最終的な解答は問題文で与えられた物理量を用いて書き表しなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

図 1 のような長さ ℓ 、断面積 S の導体の両端 A と B の間に電圧 V が加えられている。導体内には電荷 $-e (e > 0)$ をもった自由電子が一様に単位体積当たり n 個存在している。

問 1 導体内の電場の大きさと向きを答えなさい。また導体内の 1 個の自由電子が電場から受ける力の大きさと向きを答えなさい。

問 2 自由電子は導体中の陽イオンと衝突して抵抗力を受けるため、平均して一定の速さ v で運動する。抵抗力の大きさを kv (k は比例定数) と仮定したとき、 v の大きさを求めなさい。また電流および電気抵抗の大きさを求めなさい。

問 3 1 個の自由電子が電場からされる単位時間当たりの仕事を求めなさい。また導体から発生する単位時間当たりのジュール熱を求めなさい。

次に図 2 のように水平面内に間隔 L で平行に置かれた 2 本の導線 L_1 , L_2 、抵抗 R_1 、スイッチ S_1 からなる回路を考える。導体棒は導線と垂直な状態を保ちながら摩擦なしで動くように置かれており、紙面に垂直に紙面の裏から表に貫く向きの磁束密度 B の一様な磁場の中に置かれている。ここで、図 2 において R_1 の抵抗値を R とし、 R_1 以外の部分での電気抵抗はすべてゼロであるとする。また導線と導体棒を流れる電流から生じる磁場は無視する。

問 4 S_1 を開いた状態で導体棒を図 2 のように導線に平行な一定の力 F で引いたところ、棒は一定の速さ u で運動した。導体棒の中の電流の向きと大きさを答えなさい。また導体棒の速さ u 、および抵抗 R_1 で発生する単位時間当たりのジュール熱を求めなさい。

問 5 導体棒が静止している状態で S_1 を閉じ、図 2 のように導体棒を導線に平行な一定の力 F で引いたところ棒は静止した状態を保っていた。なぜそのようなになるのか説明しなさい。

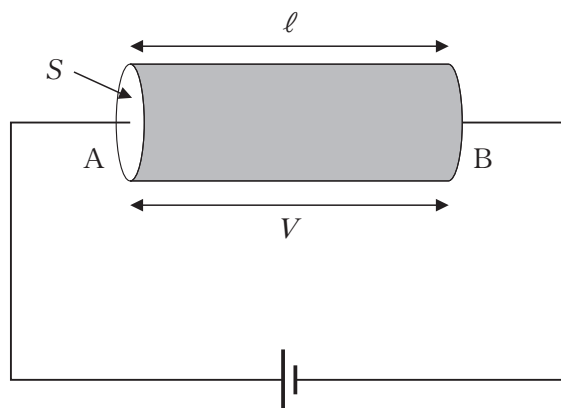


図 1

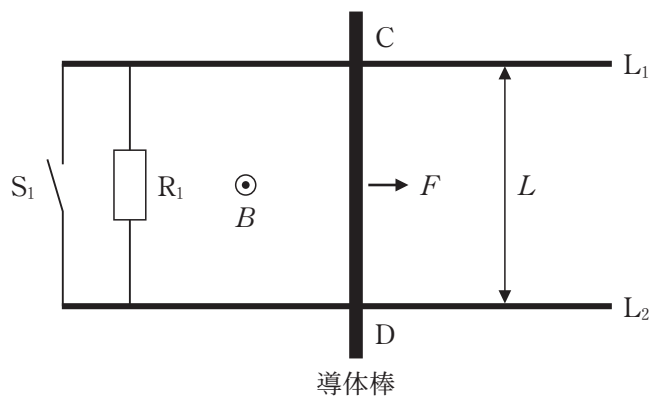


図 2

Ⅲ 静止した空気中におかれた共鳴箱のついた2台のおんさを考える。おんさ A をたたくと振動数 f_A [Hz] の音波を発生させるとともに、その共鳴箱は同じ振動数 f_A の音波に共鳴する。同様に、おんさ B は振動数 f_B [Hz] の音波を発生させ、その共鳴箱は振動数 f_B の音波に共鳴する。ただし、 f_A と f_B はわずかに異なり、 $f_A > f_B$ である。空気中における音波の伝わる速さを V [m/s] とし、おんさの移動する速さは V と比べて十分に遅いと考える。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

問 1 図 1 のように静止しているおんさ A と B を同時にたたいたところ、うなりが発生した。1 秒当たりのうなりの回数 f を f_A 、 f_B を用いて表しなさい。

問 2 図 2 のようにおんさ B だけをたたいておんさ A に近づける向きに一定の速さ v [m/s] で動かしたところ、静止しているおんさ A が共鳴した。このとき、 f_A 、 f_B を f 、 V 、 v を用いて表しなさい。

問 3 図 3 のようにおんさ A、観測者、おんさ B が一直線上に並んでいる。おんさ A と B をたたいてから観測者から遠ざかるように逆向きに同じ一定の速さ v で動かした。静止している観測者が聞くおんさ A と B の振動数 f_A' [Hz]、 f_B' [Hz] をそれぞれ f_A 、 f_B を用いて表しなさい。

問 4 問 3 の観測者が聞く 1 秒当たりのうなりの回数 f_0 を f 、 V 、 v を用いて表しなさい。

問 5 $f_A = 680$ Hz であるとき、図 4 に示すおんさ A の共鳴箱の長さ L [m] の最小値を求めなさい。ただし、 $V = 340$ m/s とし、開口端補正は無視できるものとする。

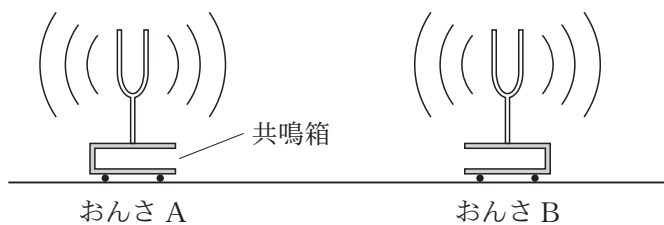


図 1

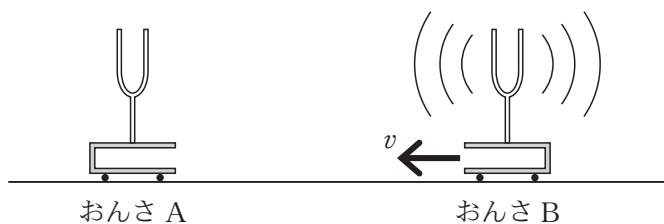


図 2

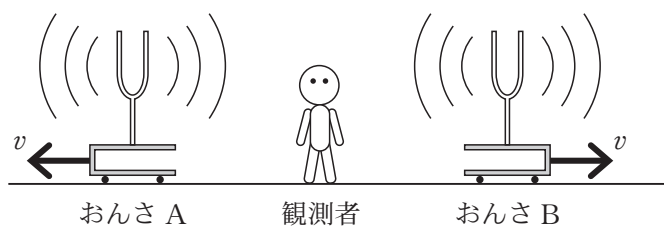
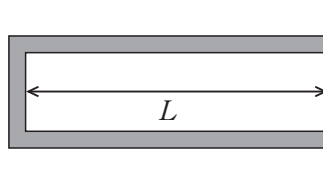


図 3



おんさ A の共鳴箱

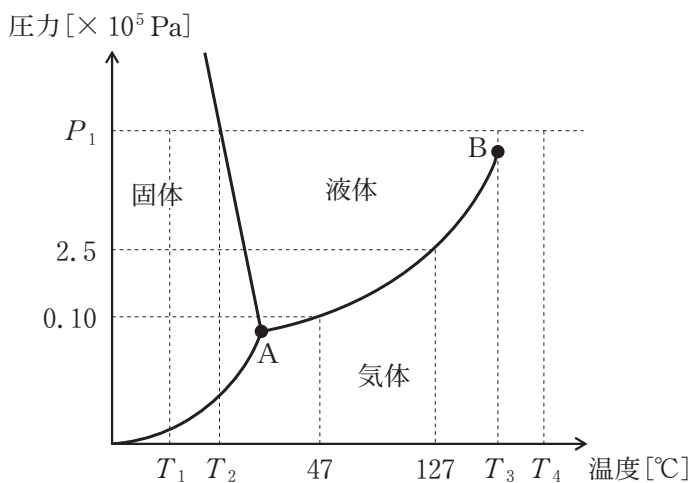
図 4

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 N 14.0 O 16.0

I 水の状態図を下図に示す。以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 19 点)



問 1 図中の点 A および点 B の名称と曲線 AB の名称を書きなさい。

問 2 圧力を図中の P_1 [$\times 10^5$ Pa] に保ったまま、温度を T_1 [$^{\circ}\text{C}$] から T_4 [$^{\circ}\text{C}$] まで変化させた。 $T_1 \sim T_2$ [$^{\circ}\text{C}$], $T_2 \sim T_3$ [$^{\circ}\text{C}$], $T_3 \sim T_4$ [$^{\circ}\text{C}$] での状態をそれぞれ書きなさい。

問 3 二酸化炭素の状態図(曲線と状態)を解答欄に描きなさい。解答欄の A および B はそれぞれ水の状態図の A および B の同じものを示す。

問 4 水の生成および状態変化について以下の実験を行った。以下の問(1)～(4)に答えなさい。ここで気体は理想気体とする。必要な数値は水の状態図の数値を用いなさい。数値は有効数字 2 桁で答えなさい。

体積が一定の密閉容器に水素 0.50 mol と酸素 0.50 mol の混合気体を封入して容器内の温度を 127℃、容器内の圧力を 1.0×10^5 Pa とした。水素を完全燃焼させたのちに温度を 127℃とした(X)。この状態から温度を 47℃まで冷却すると容器内には液体の水が生じていた(Y)。ここで、水への水素や酸素の溶解は無視できるものとする。

- (1) 密閉容器の体積[L]を気体定数 R [Pa・L/(mol・K)]を用いて表しなさい。
- (2) 完全燃焼後(X)について、全圧[Pa]および水蒸気の分圧[Pa]を答えなさい。
- (3) 冷却後(Y)の気体の全圧[Pa]を答えなさい。計算過程も示しなさい。
- (4) Y の時点で生じた水(液体)の物質[mol]を答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、以下の問1～4に答えなさい。(配点19点)

温室効果ガスである二酸化炭素^(a)、メタン、一酸化二窒素などの分子は、地表からの赤外線を吸収・再放射するため、地球の平均気温を上昇させる要因の一つと考えられている。大気中の二酸化炭素濃度は、産業革命以前の1750年頃において0.028%であったが、産業の発展に伴う化石燃料の大量消費などにより、2024年には0.042%に達している。大気中の二酸化炭素濃度の増大は、それと平衡にある海洋中の二酸化炭素濃度を増加させる。この増加した海洋中の二酸化炭素濃度が海洋生態系に深刻な影響を与える可能性がある。一例として、炭酸カルシウム^(c)を骨格とする珊瑚礁は、海洋中の二酸化炭素の増大により破壊される。これは、炭酸カルシウム^(d)が二酸化炭素を含む水に比較的溶けやすくなるためである。

問1 下線部(a)について以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 二酸化炭素は無極性分子であるが、同じく無極性分子であるものを次の(ア)～(カ)の中から全て選びなさい。

(ア) オゾン (イ) アセチレン (ウ) 一酸化炭素
(エ) アンモニア (オ) 硫化水素 (カ) 四塩化炭素

- (2) 実験室などで正確な濃度の水酸化ナトリウム水溶液を調製することは困難であるが、これは水酸化ナトリウムが空気中の二酸化炭素と反応するためである。この化学反応式を示しなさい。

- (3) 二酸化炭素の固体はドライアイスであるが、これは無極性分子である二酸化炭素が A により B 結晶を形成したものである。

空欄 A , B にあてはまる適切な語句を次の(ア)～(カ)の中から選びなさい。

(ア) 分子 (イ) イオン結合 (ウ) ファンデルワールス力
(エ) 共有結合 (オ) イオン (カ) クーロン力

問 2 下線部(b)の記述に関して以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 溶解度が小さい気体では、一定温度で一定体積の液体に溶解する気体の質量または物質量は、液体に接している気体の圧力(混合気体の場合には分圧)に比例する。この法則の名称を答えなさい。
- (2) 二酸化炭素の水への溶解度を、25℃、大気圧(1.0×10^5 Pa)において、 1.45×10^{-3} g/cm³としたとき、1750 年頃の大気(25℃、 1.0×10^5 Pa)と接する水に溶ける二酸化炭素の濃度[mol/L]を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、1750 年頃における大気中の二酸化炭素濃度を 0.028 % とする。
- (3) (2)において二酸化炭素が水に溶解すると炭酸が生じ、以下のような 2 段階の電離平衡を示す。ここで、 K_1 と K_2 はそれぞれの段階における電離定数である。



$K_1 \gg K_2$ により 2 段階目の電離を無視できる場合、炭酸の濃度を C [mol/L]、電離定数を K_1 [mol/L] として、25℃において大気と接する水中の水素イオン濃度[mol/L]を表しなさい。ただし、 C の値は小さく、炭酸の電離度を α とすると $1 - \alpha \approx 1$ の近似は成立しないものとする。また、水の電離は無視できるものとする。

問 3 下線部(c)の分子は塩化ナトリウム、アンモニアとともに炭酸ナトリウムを工業的に合成する原料として用いられる。この合成法は C 法として知られている。炭酸カルシウムを加熱すると二酸化炭素および生石灰(D)が生じる。D と水との反応から消石灰(E)が得られる。飽和塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを十分に吸収させた後、二酸化炭素を吹き込むことにより塩化アンモニウムおよびFが生じる。Fは比較的溶解度が小さいため沈澱するが、これを熱分解することにより炭酸ナトリウム、水および二酸化炭素が生成し、二酸化炭素はFの生成反応に再利用される。また、Eと塩化アンモニウムを反応させることにより、アンモニアを全量回収することができる。

以下の問(1)～(2)に答えなさい。

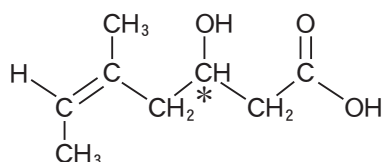
- (1) 空欄 C にあてはまる合成法の名称を答えなさい。
- (2) 空欄 D ～ F にあてはまる化学式の組み合わせとして正しいものを次の(ア)～(エ)から選びなさい。

- (ア) D : CaO , E : Ca(OH)_2 , F : NaHCO_3
- (イ) D : Ca(OH)_2 , E : CaO , F : NaHCO_3
- (ウ) D : CaO , E : Ca(OH)_2 , F : CaCO_3
- (エ) D : Ca(OH)_2 , E : CaO , F : CaCO_3

問 4 下線部(d)を化学反応式で示しなさい。

Ⅲ 化合物 A ～ H に関して実験 1 ～ 5 を行った。ただし，化合物 A ～ H はいずれも酸無水物(カルボン酸無水物)ではないことがわかっており，化合物 A ～ C は分子式 $C_5H_6O_4$ で表される。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。構造式は以下の例にならって書き，不斉炭素原子がある場合には*を付すこと。(配点 19 点)

構造式の記入例(*は不斉炭素原子を示す。)



実験 1：化合物 A, B, C に水酸化ナトリウムを加えて加熱し，その後塩酸を加えて中和したところ，化合物 A は変化せず，1 mol の化合物 B からは化合物 D, E がそれぞれ 1 mol ずつ生じ，1 mol の化合物 C からは化合物 F, G, H がそれぞれ 1 mol ずつ生じた。化合物 E は不斉炭素原子をもつ化合物であった。分子式 C_2H_4O で表される化合物 F は不安定であり，異性体である化合物 F' に変化した。

実験 2：化合物 A, D, G, H は酸性，化合物 B, C, E, F, F' は中性の化合物であった。更に化合物 A, D, G, H について中和滴定実験を行ったところ，化合物 A, D は 2 価の酸，化合物 G, H は 1 価の酸であることがわかった。

実験 3：化合物 A に水素を付加させると不斉炭素原子が一つ生じた。

実験 4：化合物 G に水酸化ナトリウムを加えて得られたナトリウム塩と，化合物 E のそれぞれに単体のナトリウムを作用させると，水素が発生した。

実験 5：化合物 F', H は還元性を示した。

問 1 1 mol の化合物 A を加熱すると、1 mol の酸無水物(カルボン酸無水物)X と 1 mol の水が生成した。化合物 A と X として考えられる構造式をそれぞれ一つずつ書きなさい。

問 2 化合物 B の構造式を書きなさい。

問 3 実験 5 で還元性の有無を調べる反応名を一つ書きなさい。

問 4 化合物 F' , G の構造式を書きなさい。

問 5 化合物 H の化合物名を書きなさい。

IV 次の文章を読んで、以下の問1～6に答えなさい。(配点18点)

人類は数千年前から天然繊維として綿、麻、羊毛、絹などを利用してきた。その主成分は綿と麻では多糖のセルロース、羊毛と絹ではそれぞれタンパク質の A とフィブロイン^(a)である。19世紀以降、高価な絹の代わりとなる繊維の需要が高まり、人工的に作られる化学繊維の開発が進んだ。現在の化学繊維は、再生繊維、半合成繊維、合成繊維に大別できる。

再生繊維には、セルロースを原料として作られるレーヨンおよびキュプラなどがある。レーヨンは、セルロースを水酸化ナトリウムおよび二硫化炭素と反応させた溶液から繊維を再生する。反応の過程でビスコースが生じることからビスコースレーヨンとも呼ばれる。一方キュプラは、シュバイツァー試薬(シュワイツァー試薬)^(b)でセルロースを処理した溶液から繊維を再生するため、銅アンモニアレーヨンとも呼ばれる。セルロースは分子間に B 結合を多数形成しているために難溶性であるが、これらの処理によって B 結合が減少して溶解状態となり、それを繊維状に再生している。

半合成繊維にはアセテートなどがある。セルロースを少量の濃硫酸、氷酢酸存在下^(c)で無水酢酸と反応させて生成するトリアセチルセルロースや、トリアセチルセルロースのエステル結合を一部加水分解して生成するジアセチルセルロースを繊維化することで、トリアセテートやジアセテートが作られる。

合成繊維には、ナイロン66、ナイロン6、ポリエチレン、アクリル^(d)などがあり、基本骨格によっては天然繊維に近い性質を出すことができる。また最近では環境に配慮して、ポリ乳酸のような生分解性高分子(樹脂)^(e)から成る繊維も注目されている。

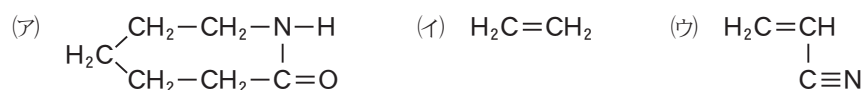
問1 空欄 A , B にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部(a)のフィブロインは、^{かいこ まゆ}蚕の繭ではアミノ酸のセリンを多く含むセリシンというタンパク質に包まれ存在している。セリンは分子式が $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$ でヒドロキシ基をもつ α -アミノ酸である。セリンの構造式を書きなさい。

問 3 下線部(b)のシュバイツァー試薬(シュワイツァー試薬)は濃アンモニア水に水酸化銅(Ⅱ)を溶かして得られる。この溶液内に存在する銅の錯イオンの名称を答えなさい。

問 4 下線部(c)の反応で 150 g のジアセチルセルロースを得た。この反応に用いたセルロースの重量は何 g か。セルロースの重合度は 100 以上であり、かつ反応効率および回収効率は 100 % として、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 下線部(d)の合成繊維は、下記の原料(ア)～(エ)から得られる。それぞれの構造式を参考に、以下の問(1)、(2)に答えなさい。



(1) 原料(ア)～(エ)について、重合反応が起こる際に以下の各条件①～③に当てはまるものをそれぞれ記号で答えなさい。複数ある場合はすべて答えなさい。

- ① 付加重合反応を起こす。
- ② アミド結合が生じる。
- ③ 水が生じる。

(2) アクリル繊維の原料(ウ)は 1,3-ブタジエンと共重合すると合成ゴムとなる。この反応で得た合成ゴムについて炭素原子と窒素原子の物質質量比を調べたところ、15 : 1 であった。この合成ゴム中の原料(ウ)の質量比は何 % か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 下線部(e)のポリ乳酸は、何のはたらきによって、どのような反応で生分解されるのか、句読点を含めて 50 字以内で説明しなさい。

生 物

I 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 19 点)

バイオマスとは、動植物などから生まれた生物資源の総称で、これらの資源からつくる燃料をバイオマス燃料とよぶ。バイオマス燃料には、ペレットなどの固体燃料、バイオエタノールやバイオディーゼルなどの液体燃料、そして気体燃料とさまざまなものがある。世界のバイオエタノール生産量、バイオディーゼル生産量は、共に年々増加し続けている。バイオエタノールの主な原料は、トウモロコシ、コムギ、イネ、サトウキビ、テンサイ、キャッサバ^(A)および糖蜜(砂糖の製造時にできる副産物)のデンプンや糖分であり、バイオディーゼルの主な原料は、ダイズ、ナタネ、アブラヤシ^(B)などの種子や果実から抽出される油脂および廃食油^(C)(使用後の食用油)である。これらデンプン、糖分、油脂は、いずれも上記の高等植物が行う光合成によってできた有機物が代謝されたものである。植物の光合成には図 1 のような C_3 、 C_4 とよばれる炭素固定経路があり、 C_4 植物はバイオマス燃料に利用されることが多い。現在のバイオマス燃料の代表的な利用例としては、SAF (Sustainable Aviation Fuel, 持続可能な航空燃料) があげられる。

問 1 図 1 は C_3 、 C_4 植物の光合成における炭素固定経路を表したものである。図の空欄 **ア** ～ **カ** にあてはまる最も適切な語句を選択肢から選んで書きなさい。

選択肢

オキサロ酢酸 ピルビン酸 ホスホエノールピルビン酸 ホスホグリセリン酸
 リブローズ-1,5-ビスリン酸 リンゴ酸

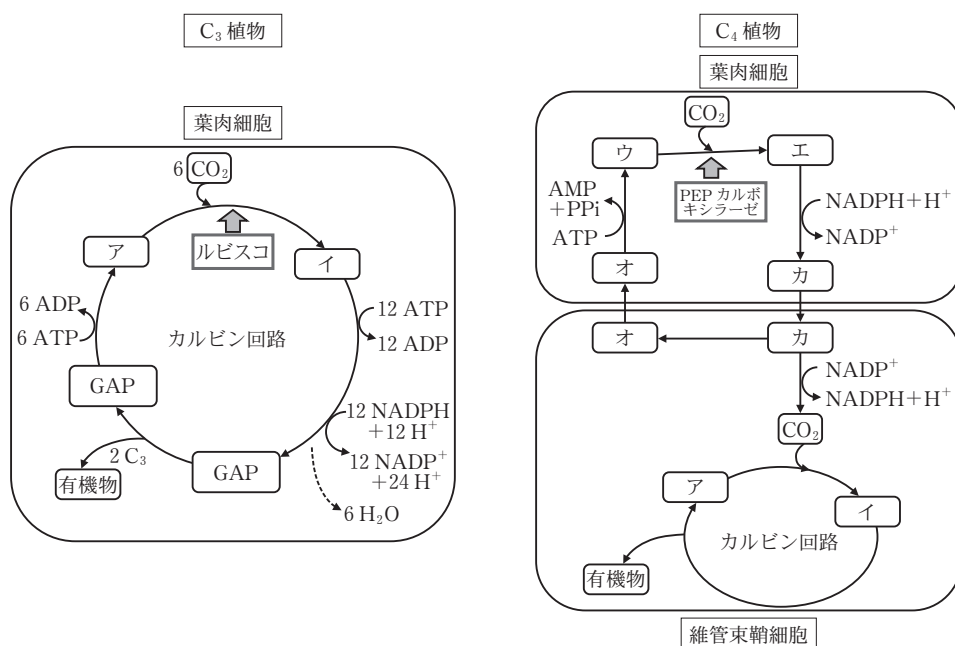


図 1

問 2 下線部(A/B)にあげたバイオマス燃料の原料植物のうち、 C_4 植物を全て選べなさい。

問 3 C_4 植物がバイオマス燃料の原料によく使われる理由を 30 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。また、 C_4 は 1 字とみなす。

問 4 下線部(C)に関して次の文章の空欄 キ ～ ケ にあてはまる語句を答えなさい。

廃食油は、ほとんどが植物油由来である。
 その主体は脂肪または中性脂肪ともよばれる
 トリアシルグリセロールで、グリセリンに3
 つの キ がエステル結合したものであ
 る(図2)。キ は通常プラスチックで合
 成される。高等植物の場合、光合成のカルビ
 ン回路と同様に葉緑体の ク で16～
 18炭素数の キ にまで合成され、小胞
 体に運ばれてトリアシルグリセロール合成に
 使われる。種子や果実に蓄積したトリアシル
 グリセロールは、ケ 時のエネルギー
 源として使われる。

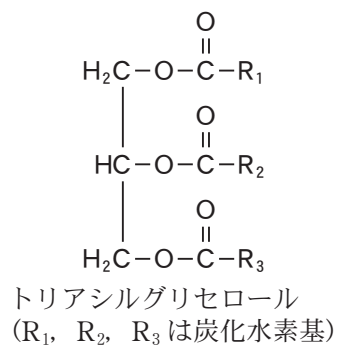


図 2

問 5 バイオマス燃料を使うことは「カーボンニュートラル」であると言われ、地球温暖化の抑制につながるとされている。その理由について、環境の視点から100字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。なお水の量は 100 mL 未満を四捨五入したおおよその量で扱うこととする。(配点 19 点)

体重 70 kg のヒト男性は 1 日あたり食物とともに 1200 mL の水を摂取する。また、唾液として 1500 mL、胃酸として 2000 mL、胆汁として 500 mL、膵液として a mL、粘液などとして 1500 mL の水が分泌され、消化管に流入する。一方、食物の消化と栄養の吸収がおこなわれる小腸では、6700 mL の水が吸収される。小腸上皮は一層の上皮細胞が ア で接着した構造を持ち、グルコースなどの栄養は輸送体を介して上皮細胞を透過する一方で、水は ア で接着した細胞間を透過するだけでなく、 イ を介して上皮細胞を透過する。小腸で吸収されなかった食物繊維などが通過する大腸では b mL の水が吸収され、最終的に 100 mL の水が便とともに排出される。

小腸で吸収された水やグルコースは、毛細血管を介して血液に移動する。この血液は ウ を通って エ に入り、再び毛細血管を通過する際に、一部のグルコースが細胞に吸収され、グリコーゲンに合成され、貯蔵される。毛細血管は血管内皮細胞とこれを包み込む細胞外マトリックスタンパク質で構成されており、血管の他の部分よりも水の透過性が高い。また、 ア がいないためグルコースは単純拡散で透過する。毛細血管の細胞外マトリックスは器官ごとに透過性が異なり、多くの場合、タンパク質と細胞以外の物質を透過する。例外として、 エ の毛細血管はタンパク質も透過するため、アルブミンなど血液中のタンパク質の多くがこの器官で産生される。これらのタンパク質は血液中にとどまるため、血液と組織液の間には浸透圧の差が生じる。これに加えて、心臓の働きにより生じた血圧が、浸透圧とともに毛細血管を介した血液と組織液の間における水の移動を駆動している。

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 体重 70 kg のヒト男性の血液は 5500 mL であり，これに赤血球が占める体積の割合を表すヘマトクリット値は 45 % である。血液から血球を除いた部分を血しょうとよび，その 2.3 倍の水が 1 日に消化管に分泌される。これらの水は腸で再び吸収されるため，血しょうの量は大きく変化しない。この事を踏まえて，空欄 と にあてはまる数値を答えなさい。ただし，100 mL 未満は四捨五入した概数で答えること。

問 3 下線部(A)に関する以下の問(1)，(2)に答えなさい。

(1) 最もグルコースの濃度が高いのはどの溶液か，以下から選び，数字で答えなさい。

- | | |
|----------------------|--------------|
| 1. 消化管の内腔の液 | 2. 上皮細胞の細胞内液 |
| 3. 上皮細胞と毛細血管の間にある組織液 | 4. 毛細血管内の血液 |

(2) によって上皮細胞を水が透過しない場合，(1)で答えた溶液のグルコース濃度はどのように変化し，結果としてグルコースの吸収がどのような影響をうけるか，理由を含めて 100 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(B)に関して，グルコースを貯蔵するためにグリコーゲンを合成するのは，どのような利点があるか，水の移動という視点から 100 字以内で答えなさい。ただし，句読点も字数に含める。

問 5 下線部(C)に関して、ヒトは飢餓状態になると、血液中のタンパク質濃度が下がり、腹水とよばれる水が腹腔にたまることが知られている。これに関する水の移動の説明として最も適切なものを以下から選び、数字で答えなさい。

1. 血液の浸透圧が上がり、血圧による駆動が優位になったため、組織液から血液への水の移動が増加した。
2. 血液の浸透圧が上がり、浸透圧による駆動が優位になったため、血液から組織液への水の移動が増加した。
3. 血液の浸透圧が下がり、血圧による駆動が優位になったため、血液から組織液への水の移動が増加した。
4. 血液の浸透圧が下がり、浸透圧による駆動が優位になったため、組織液から血液への水の移動が増加した。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 19 点)

宿主植物と植物病原菌との間ではさまざまな攻防が繰り広げられている。病原菌はさまざまな二次代謝物質や分泌性タンパク質などを作り、宿主植物に作用することで感染に有利な環境を作り出している。例えば、病原菌 X はジベレリンを産生し草丈を伸長させ、^(A)病原菌 Y はコロナチンを産生することにより、^(B)気孔を開口させ宿主植物内への侵入を容易にしている。また、病原菌 Z は分泌性タンパク質 P^(C)を産生することにより、感染した植物組織を肥厚化させる。

一方、植物においては、特定の病原菌に対して病気にかかりにくい特徴を持つ品種が存在している。^(D)この形質を担う遺伝子を抵抗性遺伝子とよんでいる。抵抗性遺伝子のほとんどは病原菌を認識する受容体として機能しており、その多くは顕性遺伝する。しかし、一部の抵抗性遺伝子は潜性遺伝することがある。

問 1 下線部(A)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) ジベレリンはどのような作用で草丈を伸長させているのか、以下の語句をすべて用いて 60 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

ジベレリン セルロース繊維 オーキシン

- (2) ジベレリンが種子発芽に及ぼす影響について答えなさい。

問 2 下線部(B)に関連して、植物の気孔を閉じる作用を有する植物ホルモン名を答えなさい。

(1) 真核生物において転写調節がどのような仕組みで行われているのか、以下の語句をすべて用いて 100 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) 植物病原菌 Z の分泌性タンパク質 P は宿主植物の遺伝子 H の転写調節領域に結合することが以下の図 1 に示すような電気泳動実験により明らかとなった。実験では転写調節領域を含む DNA を標識し、分泌性タンパク質 P と混合させた後に電気泳動をおこない、標識シグナルを検出した結果、DNA が高分子量側にも検出されるようになった。また、転写調節領域を含む未標識 DNA を添加した場合、濃度依存的に高分子量側に検出される DNA が減少した。このことについて、分泌性タンパク質 P が転写調節領域の塩基配列に特異的に結合していることを証明するためには、さらにどのような実験が必要であるか 60 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(D)の抵抗性遺伝子の遺伝様式について、次の問に答えなさい。

植物種トマトの純系品種 T1 は病原菌 F によって病気となるが、病原菌 G に対して抵抗性である。一方、トマトの純系品種 T2 は病原菌 F に対して抵抗性であるが、病原菌 G により病気になる。純系品種 T1 と T2 を交配した雑種第一代 (F_1) は、すべての個体が病原菌 F に対して抵抗性で病原菌 G により病気となった。この F_1 を、病原菌 F と病原菌 G の抵抗性に関わる遺伝子をどちらも潜性に持つトマトの純系品種 T3 と検定交雑した。その結果、2 つの抵抗性に関わる遺伝子はそれぞれ単一であり、同一染色体上に存在し、組換え価が 10 % であるとわかった。純系品種 T1 と純系品種 T2 の F_1 の自家受精によって、1200 個体の雑種第二代 (F_2) 種子をえた。2 つの病原菌すべてに抵抗性となる個体は何個体となることが期待されるか答えなさい。

IV 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 18 点)

窒素(N)は、生体を構成するタンパク質や核酸、ATPなどに含まれ、生物に欠くことのできない元素である。しかし、ほとんどの生物は、大気中の体積の約8割を占める窒素(N_2)を直接に利用することができない。自然界では、一部の微生物のみ大気中の窒素(N_2)からアンモニウムイオン^(A)を合成することができる。さらに、アンモニウムイオンは、別の微生物によって亜硝酸、硝酸イオンに変換される^(B)。植物は、アンモニウムイオンや硝酸イオンを吸収して 窒素化合物を合成する。 窒素化合物を直接に吸収できない動物は、植物を消費することによって窒素(N)を同化する。

20世紀前半まで、作物を栽培するために、家畜のふん尿などの堆肥が用いられてきた。堆肥に含まれる 窒素化合物を土壌中の微生物が分解して 窒素化合物に変換することで植物が利用できるようになるが、作物の生産効率は必ずしも高くなかった。ところが、大気中の窒素(N_2)と水素(H_2)からアンモニアを合成する技術が発明され、化学肥料が普及したことによって、作物を大量生産することが可能となった。化学肥料の使用は、人口増加に伴う食糧需要を満たす反面、水域生態系で環境問題を引き起こす原因ともなりうる。

作物が吸収できる量を上回る化学肥料が施肥されると、土壌中の 窒素化合物の濃度が増加する。地下水や河川を通じて陸域から海洋に流出した 窒素化合物を植物プランクトンが吸収し、増殖することによって汚濁するなど、世界各地の沿岸域で富栄養化の問題が深刻となった。富栄養化した海域では、一次生産量が増加することによって、表層でプランクトンを食べる一部の魚類で個体数が増える反面、海底で生活する魚介類の生物多様性は低下することもある^(C)。しかし、近年、先進国の沿岸域では、富栄養化の原因となる 窒素化合物の流入量が減少する貧栄養化とよばれる現象がみられるようになり、水質は改善されつつある^(D)。

問 1 下線部(A)について，陸域生態系と水域生態系で窒素固定をおこなうことができる代表的な微生物を以下の(a)～(f)からそれぞれ 1 つずつ選び，記号で答えなさい。

- | | |
|--------------|-----------|
| (a) 大腸菌 | (b) 酵母 |
| (c) 根粒菌 | (d) ミドリムシ |
| (e) シアノバクテリア | (f) 乳酸菌 |

問 2 下線部(B)の微生物のはたらきを何とよぶか答えなさい。

問 3 空欄

ア

 と

イ

 にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 4 下線部(C)について，海底で生活する魚介類の多様性が低下する原因について，以下の語句をすべて用いて，100 字以内で説明しなさい。ただし，句読点も字数に含める。

光合成 酸素 有機物 分解

問 5 下線部(D)について，先進国の沿岸域で近年，農業以外の原因で貧栄養化がみられるようになったのは何故か，主な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 次の問 1 ～ 3 に答えなさい。(配点 25 点)

問 1 河川が地球の地形に及ぼす影響について、次の問(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 河川が運搬する最大の岩片の体積は、河川の流速のおよそ 6 乗に比例する。この関係の比例定数は同じ河川ならば同じ値をとるとし、岩片の形を球とする。運搬される岩片の最大直径が d のときの河川の流速は v であった。同じ河川で、運搬される岩片の最大直径が $0.01 d$ のときの河川の流速 w を v を用いて表しなさい。導出過程も示しなさい。
- (2) 河川の流速が減少すると、浸食作用の強さはどのようにになるか、答えなさい。
- (3) V 字谷が形成されやすいのは、どのような地域であるか、理由とともに答えなさい。
- (4) 扇状地が形成されやすいのは、どのような地域であるか、理由とともに答えなさい。

問 2 月のクレーターは直径が小さいものほど数が多い。一方、金星では、直径が数 km 以下の小さいクレーターはほとんど見つかっていない。金星に小さいクレーターができにくい理由を、金星大気の特徴に基づいて推測しなさい。

問 3 切り立った崖の地形を断崖地形^{だんがいちけい}という。水星では、長さ数百 km におよぶ断崖地形がみられる。この水星の断崖地形の断層型は正、逆、横ずれのいずれであると推定されるか、理由とともに答えなさい。

Ⅱ 次の問 1, 2 に答えなさい。(配点 25 点)

問 1 湿った空気塊が山を越えて、暖かく乾いた風が吹きおろす現象をフェーン現象という。風上側山麓の高度 0 m で温度 22.0°C の空気塊が、高さ 2400 m の山を越えて吹きおろしたときに、フェーン現象が起こった。これについて、次の問(1)～(3)に答えなさい。ただし、乾燥断熱減率を $1.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 、湿潤断熱減率を $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ とする。

- (1) 乾燥断熱減率と湿潤断熱減率を、2つの用語の違いがわかるように説明しなさい。また、湿潤断熱減率が乾燥断熱減率より小さくなる理由を述べなさい。
- (2) 空気塊の凝結高度が 1200 m であった。この空気塊が風下側山麓の高度 0 m に達したときの温度を求めなさい。導出過程も示しなさい。
- (3) 風上側山麓の空気塊の湿度が(2)より高かった場合、凝結高度と風下側山麓の高度 0 m に達したときの温度は、それぞれどのように変わるか、理由とともに述べなさい。

問 2 地震に関する次の問(1), (2)に答えなさい。

- (1) ある地点で観測した地震動の初期微動継続時間は T であった。地下の P 波速度、S 波速度は一定で、それぞれ V_P 、 V_S とする。この地震の震源距離 D を、 T と V_P 、 V_S を用いて表しなさい。導出過程も示すこと。
- (2) (1)の地点において、2つの地震 A と地震 B を観測したとき、その震度はいずれも同じであったが、初期微動継続時間は、地震 A の方が地震 B と比べて十分に長かった。この2つの地震のマグニチュードは、いずれの方が大きいと推測されるか、理由とともに述べなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 6 に答えなさい。(配点 25 点)

星々の間の空間にある星間ガスの主成分は である。星間ガスの濃い部分が自身の重力により収縮すると、降り積もるガスの中心部で温度が上昇して が誕生する。 はまわりを取り巻く物質にさえぎられているため見えないが、赤外線源として観測される。やがて を取り巻くガスやちりは、原始惑星系円盤とよばれる円盤状の構造になる。 が自身の重力でさらに収縮し、中心部の温度が K 以上になると の核融合反応が始まり、 となる。恒星は一生のうち長い期間を の段階で過ごす。 としての寿命は、質量が大きい恒星ほど短い。

^(A)
太陽系の惑星のうち、質量が最大である や平均密度が最小である は巨大ガス惑星とよばれる。これらは原始惑星系円盤のガスを取り込んで形成され、その主成分は である。これらの惑星のまわりを公転する衛星の中には、生命環境の存在する可能性が指摘されているものもあり、^(B)探査機による詳しい調査が計画されている。

問 1 空欄 にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 空欄 と にあてはまる適切な語句を下から選び、それぞれ(a)～(f)の記号で答えなさい。

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (a) 超新星 | (b) 原始星 | (c) 赤色巨星 |
| (d) 主系列星 | (e) 白色矮星 | (f) 褐色矮星 |

問 3 空欄 にあてはまる適切な数値を下から選び、(a)～(f)の記号で答えなさい。

- | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| (a) 10^3 | (b) 10^4 | (c) 10^5 | (d) 10^6 | (e) 10^7 | (f) 10^8 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|

問 4 下線部(A)のような理由を述べなさい。

問 5 空欄 オ と カ にあてはまる惑星の名前を答えなさい。

問 6 下線部(B)に関して，惑星の衛星を観測する探査機の運動を考える。図 1 ～ 3 で，実線は探査機の軌道を表し，破線は衛星の軌道を表す。衛星と探査機は惑星の重力のみをうけ，惑星のまわりの同一平面上を同一方向に周回する。衛星はつねに半径 a_s の円軌道上を公転周期 P_s で運動する。このとき，次の問(1)～(3)に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。ただし(1)～(3)の a_1 ，および(2)，(3)の v_1 はそれぞれ同じものを表す。

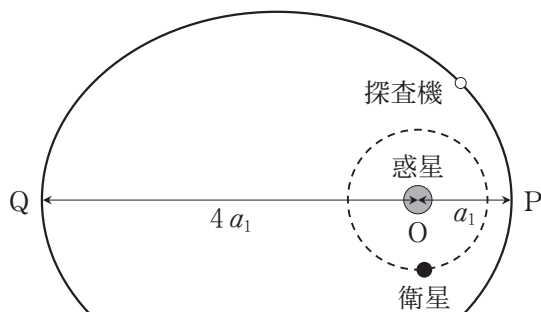


図 1

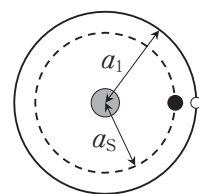


図 2

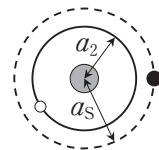


図 3

- (1) 惑星を周回し始めた直後に探査機の軌道は図 1 のような楕円であった。惑星の中心を O 、探査機の軌道上で惑星に最も近い点を P 、惑星から最も遠い点を Q とするとき、 $|OP| = a_1$ 、 $|OQ| = 4a_1$ である。点 P における探査機の速さを v_P とするとき、点 Q での速さ v_Q を求めなさい。
- (2) 探査機のを速度を調節した結果、軌道は図 2 のような、半径 a_1 の円となった。探査機はこの円軌道上を速さ v_1 で運動し続け、図 2 のように惑星、衛星、探査機の 3 つがこの順で一直線上に並ぶたびに衛星表面の撮影を行う。このような撮影機会を得る時間間隔 T を、 a_1 、 a_S 、 P_S を用いて表しなさい。
- (3) 探査機のを速度をさらに調節した結果、軌道は図 3 のような、半径 a_2 の円となった。このときの探査機の速さを v_2 とする。速さの変化 $\Delta v = v_2 - v_1$ を、 a_1 、 a_2 、 v_1 を用いて表しなさい。

問 題 訂 正

理科（物理）

訂正箇所	大問Ⅱ 3 ページの問題文の末尾に以下の文を追加。
誤	・・・生じる磁場は無視する。
正	・・・生じる磁場は無視する。なお，導体棒と導線 L_1 ， L_2 の接点をそれぞれ C，D とする。

理科（化学）

訂正箇所	13 ページ 大問Ⅲ 問 2
誤	化合物 B の構造式を書きなさい。
正	化合物 B <u>として考えられる構造式</u> <u>を一つ書きなさい。</u>

理科（生物）

訂正なし

理科（地学）

訂正箇所	31 ページ 大問Ⅲ問 6 (1) 問題文の末尾に以下の文を追加。
誤	・・・求めなさい。
正	・・・求めなさい。 ただし， $ OP $ ， $ OQ $ はそれぞれ OP 間，OQ 間の距離を表す。