

2024年度
理 科
冊子
〔物理・化学・生物〕
(問 題)

<R06185081>

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 出題科目、ページおよび選択方法は以下のとおり。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。

出題科目	ページ	選択方法
物 理	2～3	左の3科目のうちから、必ず、志願時に選択した2科目を解答すること。 なお、解答用紙はその2科目分のみを配付する。
化 学	4～7	
生 物	8～11	

3. 解答はすべてHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
4. 受験番号および氏名は、試験が開始されてから、解答用紙の所定欄に正確に丁寧に記入すること（以下の記入例参照）。なお、解答用紙が複数枚ある場合には、それぞれの所定欄に記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を書いてはならない。
5. 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。読みづらい数字は採点処理に支障をきたすことがあるので、注意すること。

(記入例)

57001番



万	千	百	十	一
5	7	0	0	1

(数字見本)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
7. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き、解答用紙を裏返しにすること。
8. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

物理

[I]

太陽と地球の運動を考えよう。太陽と地球の質量はそれぞれ M と m とし、以下ではどちらも質点とみなす。ニュートンの万有引力定数は G とする。

まず、太陽は一点に静止して動かず、地球が太陽からの万有引力を受けて太陽を中心とする半径 R の円上を等速運動しているとして、以下の間に答えよ。

問 1 地球が太陽のまわりを一周する時間（周期）を求めよ。また単位時間あたりの回転角度（角速度）を求めよ。

問 2 太陽と地球を結ぶ線分（動径）が単位時間に通過する面積（面積速度）を求めよ。

実際には太陽も地球の万有引力を受けて動いている。地球も太陽も両者の重心を中心に等速円運動をしているものとし、地球と太陽の距離は R とする。重心は静止しているとして、以下の間に答えよ。

問 3 地球から重心までの距離はいくらか。

問 4 重心を中心とする地球の等速円運動の周期はいくらか。

問 5 太陽から見た地球の運動はこの場合も半径 R の等速円運動であるが、その周期は問 1 で求めた周期とは異なっている。これを、太陽から見た地球の円運動に対する運動方程式における地球質量のみかけの変化で説明しようとする。その地球のみかけの質量（換算質量）はいくらか。

実際の地球の軌道は真円ではなく楕円であることが知られている。次にこれについて考えよう。再び簡単のため、太陽は一点に静止して動かないものとする。このとき太陽と地球の距離 r と地球の角速度 ω はともに時間変化するが、 r は以下の運動方程式に従う。

$$m a_r = -\frac{GMm}{r^2} + m r \omega^2 \quad (1)$$

ここで a_r は動径方向の運動に対する加速度、右辺第 1 項は太陽の万有引力、第 2 項は曲線運動にともなうみかけの力をそれぞれ表す。ただし、中心から離れる向きを正とする。楕円運動においても面積速度は一定であり、 ω は次の関係式を満たすように変化する。

$$r^2 \omega = C \text{ (定数)} \quad (2)$$

以上のことを用いて以下の間に答えよ。

問 6 式 (2) を用いて ω を消去し、式 (1) の右辺を ω を含まない式で表せ。

問 7 軌道が半径 R の真円だったとすると、式 (2) における定数 C の値はいくらか。 G , M , R のみで表せ。

問 8 地球の軌道が半径 R の真円からわずかしかずれていないとしよう。 $r = R + r'$ と表すと、 $\frac{|r'|}{R} \ll 1$ である。このとき、問 6 で得られた運動方程式 (1) の右辺を、 G , M , m , R , r' のみを用い、 r' に比例するように表せ。ただし、 C の値は問 7 で得られたものと同じとし、 $|x| \ll 1$ のときに成り立つ $(1+x)^n \approx 1+nx$ という近似を用いよ。

問 9 前問の結果より r は R を中心に単振動することがわかる。その周期はいくらか。 G , M , R のみで表せ。

[II]

図 II-1 のように、幅 a 奥行き b の二枚の電極板 A と B を間隔 d で配置した平行平板コンデンサー、起電力 V の電源、スイッチを直列に接続し、スイッチを閉じて十分な時間待った。以下の問では、何も無い空間の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 とする。また、電極板にはさまれた領域にできる電場は、電極板に垂直で端の効果は無視できるものとする。

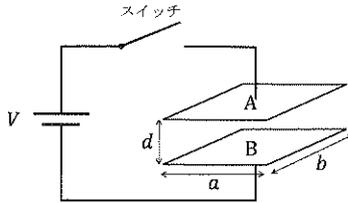


図 II-1

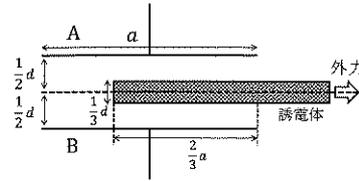


図 II-2

- 問 1 平行平板コンデンサーの電気容量を答えよ。
 問 2 電極板 B に蓄えられている電気量を答えよ。

次に幅 a 、奥行き b 、厚さ $\frac{1}{3}d$ で比誘電率 2 の誘電体を、図 II-2 のように外力によって支えながら、二枚の電極板から等距離の位置に $\frac{2}{3}a$ の深さまでゆっくり挿入した。ここで、誘電体は奥行き方向には電極板からはみ出していない。

- 問 3 誘電体が挿入された状態でのコンデンサーの電気容量を答えよ。
 問 4 誘電体が挿入される間に電源がする仕事を答えよ。
 問 5 誘電体が挿入される間に外力がする仕事を答えよ。

次に図 II-3 のように、幅 a 、奥行き b 、厚さ $\frac{1}{3}d$ の金属板を、二枚の電極板から等距離の位置に挿入し、スイッチを閉じて十分な時間待った。ここで、金属板は奥行き方向にも電極板からはみ出していないとする。

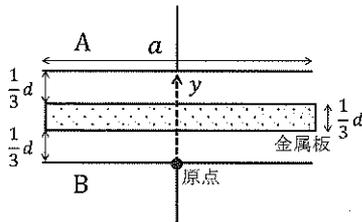


図 II-3

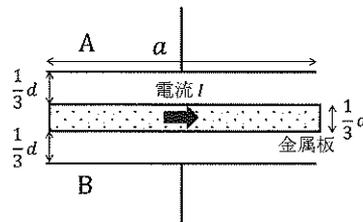


図 II-4

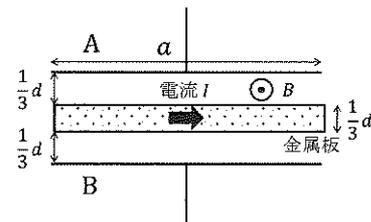


図 II-5

- 問 6 金属板が挿入された状態でのコンデンサーの電気容量を答えよ。
 問 7 二つの電極板の中心を結ぶ線分上の位置と電位との関係を図示せよ。ただし電極板 B の中心を原点として上向きに y 軸をとり、原点の電位を 0 とする。

次に図 II-4 のように、金属板に一樣な電流 I を矢印の向きに流した。このとき、電流 I は、正の電気量 q を持つ荷電粒子が単位体積あたり n 個あり、矢印の向きに一樣な速さ v で動いていることによって生じている。

- 問 8 金属板に流れる電流 I の大きさを q, n, v, b, d を用いて表せ。

最後に図 II-5 のように、金属板に平行で電流に垂直な方向に磁束密度 B の磁場を加えると、ローレンツ力によって金属板の上面と下面に電荷がたまり電場をつくる。この電場から荷電粒子が受ける静電気力が、ローレンツ力と釣り合うため、元の電流と同じ様な電流 I が流れる。

- 問 9 荷電粒子 1 個が磁場から受けるローレンツ力の大きさを答えよ。
 問 10 金属板の両面間に発生する電位差(ホール電圧)を V_H として、荷電粒子 1 個が受ける静電気力の大きさを答えよ。
 問 11 ホール電圧 V_H の大きさを I, B, q, n, b を用いて表せ。

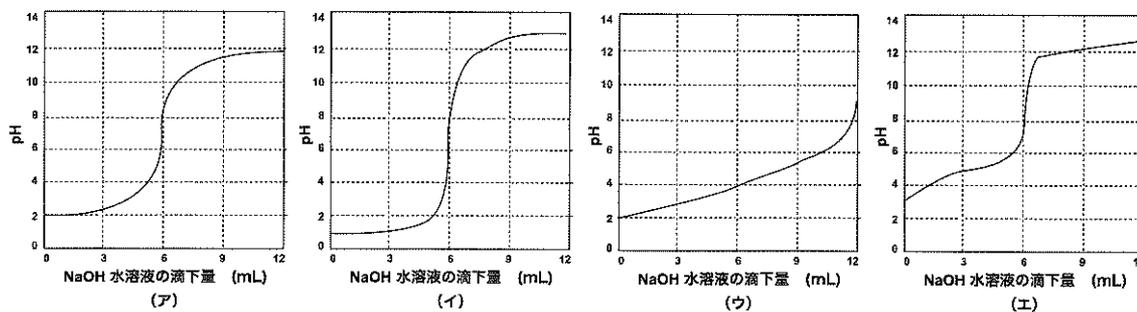
化 学

以下の問 1 から問 12 について答えなさい。解答の指示があるものはその指示に従いなさい。
また、必要ならば、次の数値を用いなさい。

気体定数： $8.31 \times 10^8 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
 ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
 アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} /\text{mol}$
 原子量：H = 1.0, He = 4.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Mg = 24.3, S = 32.1,
 Cl = 35.5, Cu = 63.5, Zn = 65.4
 $\log_{10} e = 0.434, \log_{10} 2 = 0.301, \log_e 2 = 0.693, \sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{10} = 3.16$

問 1 約 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を、0.50 mol/L のシュウ酸 (HOOC-COOH) 水溶液で滴定したところ、1.20 mL で過不足なく中和した。また、食酢 10.0 mL に水を加えて 100.0 mL とし、その 10.0 mL を上記の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、6.0 mL で過不足なく中和した。

- (1) 約 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の正確なモル濃度を答えなさい。
- (2) 薄めた食酢と水酸化ナトリウム水溶液との中和滴定曲線はどれか、(ア) ~ (エ) の中から一つ選び、記号で答えなさい。



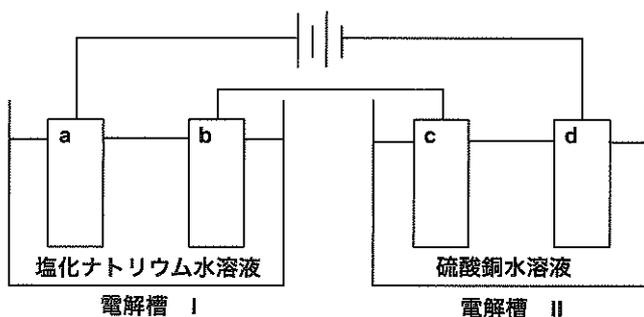
- (3) 薄める前の食酢中の酢酸のモル濃度と質量パーセント濃度をそれぞれ答えなさい。ただし、食酢中の酸は全て酢酸とし、食酢の密度は 1.0 g/mL とする。

問 2 プロパン C_3H_8 の燃焼熱は 2043 kJ/mol である。

- (1) プロパンの完全燃焼を示す化学反応式を書きなさい。
- (2) 二酸化炭素の C=O, 酸素の O=O, 水の O-H, およびプロパンの C-H の結合エネルギーはそれぞれ 799 kJ/mol, 498 kJ/mol, 464 kJ/mol, 413 kJ/mol であるとき、プロパンガスの C-C 結合エネルギーを答えなさい。
- (3) 1 気圧下で水 20 L を 20 °C から 80 °C に上げるために、27 °C で $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のプロパンは何

L 必要か答えなさい。ただし、熱はすべて水の温度上昇に用いられ、水の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、密度は 1.0 g/mL とする。

問3 次のような直列回路の装置に、 1.00 A の電流を 16 分 5 秒間通じて電気分解を行なった。ただし、電極は全て Pt 電極、電解槽 I には塩化ナトリウム水溶液、電解槽 II には硫酸銅水溶液が入れられており、電極は左から a, b, c, d とする。

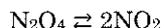


- (1) 電極 b で発生した気体、および電極 d で析出した金属の名称を答えなさい。
- (2) 電極 b で発生した気体の標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) での体積は何 L か答えなさい。
- (3) 電極 d で析出した金属は何 g か答えなさい。

問4 ある物質 A の分解反応の反応速度を考察する実験を行った。物質 A を初濃度 $[A]_0 = 0.60 \text{ mol/L}$ で反応させたとき、20 分後に 75% が分解した。この反応は一次反応で、物質 A の濃度 $[A]$ について、 $\log_e \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$ が成り立つ。

- (1) この反応の速度定数 $k [\text{min}^{-1}]$ を答えなさい。
- (2) この反応の半減期を答えなさい。
- (3) 濃度が初濃度の 8 分の 1 になるのに要する時間を答えなさい。

問5 四酸化二窒素 N_2O_4 は分解して生じた二酸化窒素 NO_2 と平衡状態で存在する。 0.5 mol の N_2O_4 を 27°C , $1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ち平衡状態に達すると、その体積は 8.3 L になる。



- (1) 平衡状態で N_2O_4 の何% が分解したか答えなさい。
- (2) 圧平衡定数 $K_p [\text{Pa}]$ を答えなさい。
- (3) この系において、平衡に達した後に体積を一定に保ったまま、反応に関与しない不活性ガスを添加したとき、平衡はどうなるか答えなさい。

化 学

問6 塩素は常温で(ア)色の気体であり、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱すると生じる。(イ)はハロゲンの単体の中で最も酸化力が強い。(ウ)はハロゲン化水素の中で唯一の弱酸で、蛍石に濃硫酸を加えて加熱すると発生する。硫酸の製造法の一つである接触法では、原料の二酸化硫黄を酸化バナジウム(V)を触媒として(エ)に酸化し、水と反応させて硫酸とする。

(1) (ア)～(エ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部の反応を、化学反応式で書きなさい。

問7 リンの単体には黄リン、赤リンなどがあるが、これらは自然界には存在しない。それはリンが酸素と化合する性質が強いからである。(a)リンを空气中で燃焼させるとリンの酸化物ができる。(b)リンの酸化物に水を加えて加熱すると徐々に反応してリン酸になる。リンはリン酸塩などとして自然界に存在する。

(1) 下線部(a)(b)の反応の化学反応式をそれぞれ書きなさい。

(2) 体内に存在するリン化合物の名称を一つ答えなさい。

問8 アルミニウムは地殻中に、(ア)、(イ)について多く存在する元素である。アルミニウムの単体は原料鉱石である(ウ)から精製した酸化アルミニウム(アルミナ)を熔融塩電解して得られる。(a)アルミニウムは濃硝酸には溶けないが、(b)塩酸や濃い水酸化ナトリウムとは反応して溶ける。このように、酸とも強塩基とも反応する性質を持つ元素を(エ)という。

(1) (ア)～(エ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部(a)の理由を説明しなさい。

(3) 下線部(b)のアルミニウムと塩酸との反応で発生する気体を次から一つ選び、記号で答えなさい。

- ① Cl₂ ② H₂ ③ O₂ ④ HCl ⑤ H₂O

問9 高分子化合物を除く鎖式炭化水素のなかで、分子式 C₅H₈ で表される化合物は、全部で(ア)種類ある。これらの中には、互いに幾何異性体であるものが存在する。

(1) (ア)に入る数値を答えなさい。

(2) 下線部について、これらの構造式を、幾何異性体の違いがわかるようにしてすべて書きなさい。

問 10 分子式がいずれも C_7H_8O で表される 3 種類の芳香族化合物 A, B, C がある。これらの薄い水溶液に、塩化鉄(III)の薄い水溶液を加えると、A のみ濃青色に呈色したが、B と C はこのような呈色を示さなかった。B は穏やかに酸化すると、銀鏡反応を示す D を経て、芳香族カルボン酸である E を生成した。

- (1) A の物質名を答えなさい。
- (2) D の物質名を答えなさい。
- (3) E の物質名を答えなさい。
- (4) C の性質として正しいものを下記の中からすべて選び、記号で答えなさい。

① 沸点は A や B より低い。	② 単体のナトリウムと反応しない。
③ 水によく溶ける。	④ イオン伝導性を示す。
⑤ 室温で無色の固体である。	

問 11 酢酸ビニルを付加重合させると A が得られる。A を水酸化ナトリウムと反応させると、B が得られる。B を 1.0 g とり、水に溶解して 100 mL の水溶液としたのち、300 K におけるこの溶液の浸透圧を測定したところ、249 Pa であった。

- (1) 化合物 A の名称を答えなさい。
- (2) 化合物 B の名称を答えなさい。また、下線部の反応の名称として最も適切なものを下記の中から一つ選び、記号で答えなさい。

① けん化	② 酸化還元	③ 環化	④ 解重合	⑤ 重縮合
-------	--------	------	-------	-------
- (3) B の分子量を答えなさい。

問 12 ポリエチレンテレフタレートは多数のベンゼン環とエステル結合などからなる芳香族ポリマーであり、テレフタル酸と A を原料とした重合反応によって得られる熱可塑性樹脂である。

- (1) 分子量 5.0×10^4 のポリエチレンテレフタレートに含まれるエステル結合の数を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) ポリエチレンテレフタレートに関する記述として正しいものを、下記の中からすべて選び、記号で答えなさい。

① 水によく溶けて透明な粘稠溶液を与える。	② 縮合重合によって合成される。
③ 付加重合によって合成される。	④ イオン交換樹脂としての性質を示す。
⑤ 室温でゴム弾性を示す。	⑥ 飲料の容器などに用いられる。
- (3) 問題文中の A に入る化合物について、化学構造式を書きなさい。

生 物

[I] 次の文章を読み、後の問い（問1～5）に答えなさい。

生物は、細胞の構造により①真核生物と原核生物の二つのグループに分けられる。さらに、これらのうち原核生物は、系統の深い分岐により②細菌と古細菌の二つのグループに分けられる。このように、生物を真核生物、細菌、および古細菌に大別する考え方を「ア」説と呼ぶ。真核生物に特徴的な細胞は真核細胞と呼ばれ、③ある原核生物を取り込んだ、別の原核生物に由来するという説（「イ」説）が有力である。この説の根拠となっている事実の一つは、④真核細胞にあるミトコンドリアが独自のゲノムを持つことである。

真核生物である動物では、細胞膜を挟んで細胞内で「ウ」が多く、細胞外で Na^+ が多くなっている。この濃度差は、「エ」と呼ばれる膜タンパク質による「オ」によって維持されている。「オ」に使用されるエネルギーは、ミトコンドリアから供給された「カ」を分解することで得られている。

問1 文中の空欄ア～カに当てはまる最も適当な語句を記しなさい。

問2 下線部(1)に関連して、真核生物と原核生物の特徴として適当な記述を、次の①～⑤のうちから全て選びなさい。

- ① 原核生物は、呼吸に酸素を使用する生物を含まない。
- ② 真核生物は、単細胞の生物を含まない。
- ③ 原核生物は、核膜を持つ生物を含まない。
- ④ 真核生物は、細胞小器官を持つ生物を含まない。
- ⑤ 原核生物は、光合成を行う生物を含まない。

問3 下線部(2)に関連して、細菌と古細菌に含まれる生物の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

	細菌	古細菌
①	大腸菌	メタン菌
②	大腸菌	シイタケ
③	メタン菌	大腸菌
④	メタン菌	シイタケ
⑤	シイタケ	大腸菌
⑥	シイタケ	メタン菌

問4 下線部(3)に関連して、このときに取り込まれた細菌はどのような機能を持つ生物だったと推察されるか。根拠を含めて45字以内で答えよ。

問5 下線部(4)に関連して、次の図1は生物全体の系統樹から一部の分類群を抜き出し、模式的に表したものである。葉緑体とミトコンドリアの系統的位置を图中的の①～④から選び、その組合せとして最も適当なものを、後の①～⑨から一つ選びなさい。なお、系統樹の枝長は遺伝的距離を反映しないものとする。

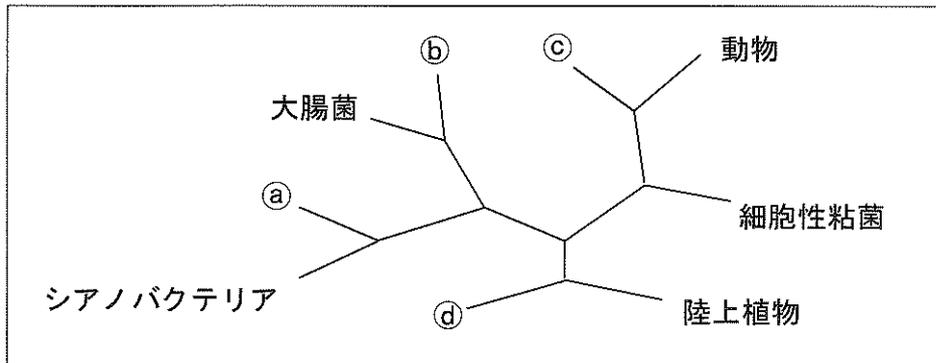


図1

	ミトコンドリア	葉緑体
①	①	①
②	②	②
③	③	③
④	④	④
⑤	⑤	⑤
⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨

生 物

[II] 次の文章を読み、後の問い（問1～6）に答えなさい。

窒素は、アミノ酸や核酸などの生物に必須の物質を構成する重要な元素の一つである。植物における窒素同化では、土壌中の「ア」イオンや「イ」イオンが根から吸収され、アミノ酸の一つである「ウ」がはじめに合成される。その後にアミノ基転移酵素によってその他の様々なアミノ酸が合成される。これらのアミノ酸が「エ」結合によって多数つながったものが①タンパク質の基本構造となる。シロツメクサやゲンゲなどの「オ」科植物の根に見られる②根粒には、大気中の窒素を還元して「ア」イオンに変えるはたらきを持つ微生物が共生しており、これらの植物はここから供給される「ア」イオンも用いて窒素同化を行っている。ヒトは「A」ため、植物を含む他の生物を摂食することで窒素を得ている。

生物の死後、③タンパク質やアミノ酸に含まれていた有機態窒素は、土壌に生息する菌類や細菌のはたらきによって形態変換される。また、④そのように形態変換された窒素の一部は細菌のはたらきによって窒素分子となり、大気中へと放出される。

問1 文中の空欄ア～オに当てはまる最も適当な語句を記しなさい。

問2 下線部(1)に関連して、ある生物の mRNA によってコードされているタンパク質の分子量が 90000 であり、このタンパク質に含まれているアミノ酸の平均分子量が 120 であったとき、この mRNA を構成している塩基数を答えなさい。なお、開始コドンおよび終止コドンについては考慮しなくて良い。

問3 下線部(2)と同じく植物根と微生物が共生したものに菌根がある。根粒と菌根の相違点について述べたものとして最も適当な記述を、次の①～⑥から二つ選びなさい。

- ① 根粒は植物と菌類が、菌根は植物と細菌がそれぞれ共生したものである。
- ② 根粒は植物と細菌が、菌根は植物と菌類がそれぞれ共生したものである。
- ③ 根粒は窒素分を植物に供給し、菌根は炭水化物を植物に供給する。
- ④ 根粒は窒素分を植物に供給し、菌根はリンや窒素分を植物に供給する。
- ⑤ 根粒・菌根どちらにおいても、植物から微生物に無機リン化合物が供給される。
- ⑥ 根粒・菌根どちらにおいても、植物から微生物に有機リン化合物が供給される。

問4 空欄 A に入る文章として最も適当なものを、次の①～⑥から一つ選びなさい。

- ① 植物根のように無機態窒素を環境中から得る手段を持っていない。
- ② 無機窒素化合物からアミノ酸を合成することができない。
- ③ 必須アミノ酸しか合成できない。
- ④ 他の生物のアミノ基転移酵素を取り込んで利用することができる。
- ⑤ 他の生物が合成したタンパク質をそのまま利用することができる。
- ⑥ 消化器内に共生している微生物が行う窒素同化に依存している。

問5 下線部(3)の窒素の形態変化について、その過程を 50 文字以内で説明しなさい。

問6 下線部(4)の現象を何というか答えなさい。

[以下余白]

<R06185181>

受験 番号	万	千	百	十	一
加氏名					
氏名					

2024年度

No.

1

 /

2

探 点 欄

--	--

物 理
(解 答 用 紙)

(所定欄以外に番号・氏名を書いてはならない)

物理
〔I〕

問 1	周期：	角速度：
問 2	面積速度：	
問 3	地球から重心までの距離：	
問 4	周期：	
問 5	地球の換算質量：	
問 6	$m a_r =$	
問 7	$C =$	
問 8	$m a_r =$	
問 9	周期：	

(裏面使用不可)

2024年度

No.

2

 /

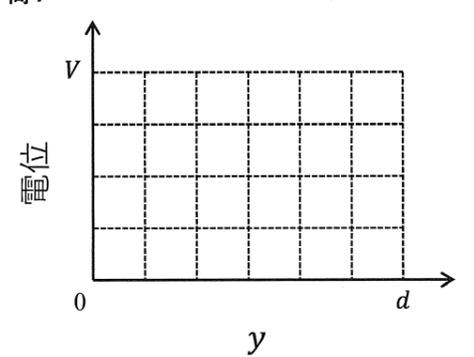
2

探 点 欄

--	--

物 理
(解 答 用 紙)

物理
〔II〕

問 1	コンデンサーの電気容量：	
問 2	電極板 B に蓄えられる電気量：	
問 3	コンデンサーの電気容量：	
問 4	電源がする仕事：	
問 5	外力がする仕事：	
問 6	コンデンサーの電気容量：	問 7 
問 8	電流の大きさ：	
問 9	ローレンツ力の大きさ：	
問 10	静電気力の大きさ：	
問 11	ホール電圧の大きさ：	

(裏面使用不可)

<R06185281>

受験 番号	万	千	百	十	一
か氏名					
氏名					

2024年度

No. /

採点欄

--	--

化学
(解答用紙)

(所定欄以外に番号・氏名を書いてはならない)

化学

問1	(1)	(2)	(3) モル濃度		質量パーセント濃度
	mol/L		mol/L		%
問2	(1)				
	(2)	kJ/mol		(3)	L
問3	(1) 電極 b	電極 d	(2)	(3)	
			L		g
問4	(1)	(2)	(3)		
	min ⁻¹		min		min
問5	(1)	(2)	(3)		
	%	Pa			
問6	(1) (ア)	(1) (イ)	(1) (ウ)	(1) (エ)	
	(2)				
問7	(1) (a)			(2)	
	(1) (b)				

(裏面使用不可)

2024年度

No. /

採点欄

--	--

化学
(解答用紙)

化学

問8	(1) (ア)	(1) (イ)	(1) (ウ)	(1) (エ)	
	(2)			(3)	
問9	(1)				
	(2)				
問10	(1)	(2)	(3)	(4)	
	(1)	(2) 化合物 B の名称	記号	(3)	
問11	(1)		(2)		
	(3)				
問12	(1)			(2)	
	(3)				

(裏面使用不可)

