

化学基礎・化学

16 ページ

I

問3 1～2行目

- (誤) 文章の条件で炭素棒の代わりに陽極と陰極で使用することのできる金属の組み合わせを以下の(ア)から(エ)の中から1つ選びなさい。
- (正) 文章の条件で炭素棒の代わりに陽極と陰極で使用することのできる最もふさわしい金属の組み合わせを以下の(ア)から(エ)の中から1つ選びなさい。



学力検査「数学」・「理科」

教科	試験科目	ページ	解答用紙枚数	時間
数 学	数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学Ⅲ・ 数学A・数学B・数学C	1～8	4枚	2科目で 120分
	理 科	物理基礎・物理	9～14	
化学基礎・化学		15～20	3枚	
生物基礎・生物		21～28	3枚	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. この問題冊子は28ページある。印刷不鮮明の箇所などがある場合には、監督者に申し出ること。
3. あらかじめ届け出た2科目を解答すること。
4. 解答はすべて別紙の解答用紙の枠内に記入すること。
5. 解答用紙の指定欄には必ず氏名および受験番号を記入すること。
6. 解答用紙の評点欄には何も記入しないこと。
7. 解答用紙は持ち帰らないこと。

数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学Ⅲ・数学A・数学B・数学C

I 以下の問いに答えなさい。

(1) 2次方程式 $x^2 + 2x + 6 = 0$ の2つの解を α , β とするとき、 $\frac{\alpha}{\beta} + \frac{\beta}{\alpha}$ の値を求めなさい。

(2) 次の方程式を x について解きなさい。

$$\frac{e^x - e^{-x}}{2} = 1$$

(3) 関数 $f(x) = \frac{x}{4 + x^2}$ の原始関数を求めなさい。

(4) 次のように定められる数列 $\{a_n\}$ の一般項を求めなさい。

$$a_1 = 12, \quad a_{n+1} = 3a_n + 12$$

このページは、計算・下書きに利用してください。

Ⅱ 以下の問いに答えなさい。

(1) i を虚数単位とするとき、以下の問いに答えなさい。

(i) 2つの複素数 $\frac{1+i}{2}$, $\frac{\sqrt{3}+i}{2}$ をそれぞれ極形式で表しなさい。ただし、偏角は 0 以上 2π 未満とする。

(ii) 複素数 $z = {}_{10}C_8 \left(\frac{1+i}{2}\right)^2 \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2}\right)^8$ の値を求めなさい。

(2) 座標平面上に原点 O 、点 $A(5, 0)$ 、点 $B(4, 3)$ を頂点とする三角形 OAB がある。三角形 OAB の重心を点 G とするとき、以下の問いに答えなさい。

(i) 重心 G の座標を求めなさい。

(ii) $k > \frac{5}{3}$ とする。点 $P(k, 0)$ が辺 OA 上にあるとき、直線 PG と辺 OB が交わる k の範囲を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

III

関数 $f(x) = x \sin x$ について、以下の問いに答えなさい。

- (1) $x = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}$ のときの $f(x)$ の値をそれぞれ求めなさい。
- (2) $f'(x)$ を求めなさい。
- (3) 原点 O を通り $y = f(x)$ のグラフと接して傾きが負であるただ 1 つの直線 ℓ の式を求めなさい。また、 x 座標が正で原点 O に最も近い直線 ℓ 上の接点 P の座標を求めなさい。
- (4) (3)での直線 ℓ と点 O, P について、 $y = f(x)$ のグラフと直線 ℓ 上の線分 OP で囲まれる図形の面積を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

IV 箱に色のついた球が5個入っている。この状態から始めて次の操作を行う。

操作：「箱に赤い球を1個入れ、中を見ずに球を1個取り出す。」

このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、箱の中にあるそれぞれの球が取り出される確率は同じであるとし、操作のときに取り出した球は操作の後に戻さないものとする。

- (1) 箱に青い球が5個入っているとき、1回の操作で赤い球が取り出される確率を求めなさい。
- (2) 箱に赤い球が1個、青い球が4個入っているとき、1回の操作で赤い球が取り出される確率を求めなさい。
- (3) 最初に箱に青い球が5個入っているとす。3回の操作の後、箱に赤い球が2個以上ある確率を求めなさい。
- (4) 最初に箱に青い球が5個入っているとす。3回の操作の後、箱に赤い球が1個だけある確率を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

物理基礎・物理

注意 解答の過程も重視する。また、解答は解答用紙の枠内に記入すること。

I 図1のように、水平に設置された直線のレール上を一定の大きさ a の加速度で右向きに加速している電車がある。このレール上に点 O を原点とする x 軸をとり、右向きを正とする。電車の天井に質量 m の小球を軽い糸でつると、小球は鉛直方向から角度 θ だけ糸が傾いた位置で電車に対して静止した。このとき、小球の鉛直方向と電車の床面との交点を O' とする。交点 O' からの小球の高度は h であった。重力加速度の大きさを g 、空気抵抗は無視できるものとし、以下の問い(問1～問5)に答えなさい。

問1 電車内に静止している観測者の立場から見たとき、小球にはたらく水平方向と鉛直方向の力のつりあいの式をそれぞれ求めなさい。ただし、小球が糸から受ける力の大きさを T とし、解答は a, g, m, T, θ の中から適切なものを用いて表しなさい。

問2 加速度の大きさ a を求め、 g, θ を用いて表しなさい。

問3 小球が原点 O の真上を通過するとき、すなわち小球の x 座標が 0 (ゼロ) になると同時に、静かに糸を切ったところ、小球は電車の床に落ちた。糸を切った瞬間の電車の速さは v であった。糸を切ってから小球が床に落ちるまでの時間を t とし、床に落ちた瞬間の小球の x 座標を P とする。このとき、 t と P を求め、 a, g, h, v, θ の中から適切なものを用いて表しなさい。

問4 点 O' を原点として右向きを正とする x' 軸をとったとき、問3の現象を電車内に静止している観測者から見たときの小球の軌道を表す図として最も適切なものを、図2の①～⑦のうちから一つ選びなさい。

問 5 小球が電車の床に落ちた位置は、 x' 軸上で点 O' から距離 d だけずれていた。このとき、 d を求め、 h 、 θ を用いて表しなさい。

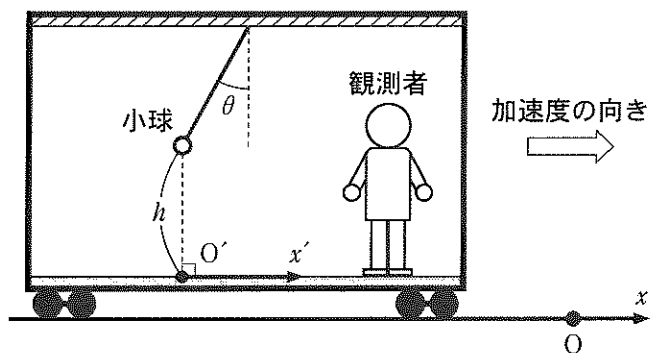


図 1

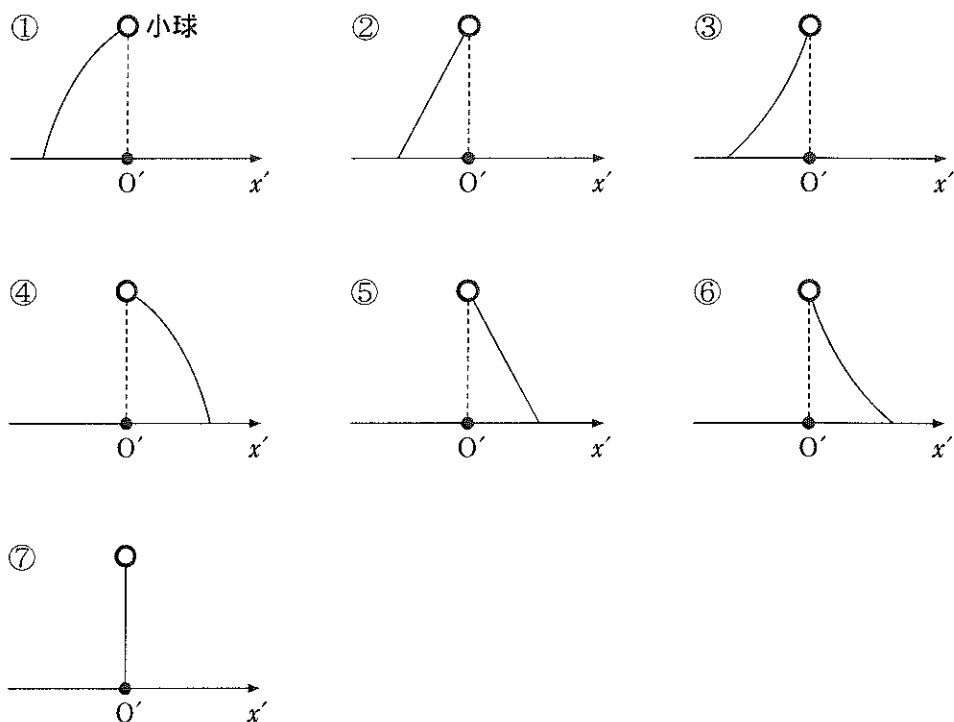


図 2

Ⅱ 図3に示すように、水平面上に x, y 軸をとり、原点を O として、点 $A(a, 0)$ 、点 $B(-a, 0)$ 、点 $C(0, a)$ をとる。点 A に正電荷 Q 、点 B に負電荷 $-3Q$ の点電荷を固定する。また、負電荷 $-q$ に帯電した、点電荷とみなすことができる質量 m の小球を P とする。クーロンの法則の比例定数を k としたとき、以下の問い(問1～問4)に答えなさい。ただし、小球 P にはたらく重力および空気抵抗は無視できるものとする。

問1 点 C における電場の強さ E を求めなさい。

問2 点 C における電位 V を求めなさい。ただし、電位の基準($V=0$)は無限遠点とする。

問3 小球 P を無限遠点から点 C までゆっくり運んだ。このときに必要な仕事 W を求めなさい。

問4 小球 P を点 C に静かに置いたところ、小球 P は動き始め、その後に無限遠点に達した。無限遠点での小球 P の速さ v を求めなさい。

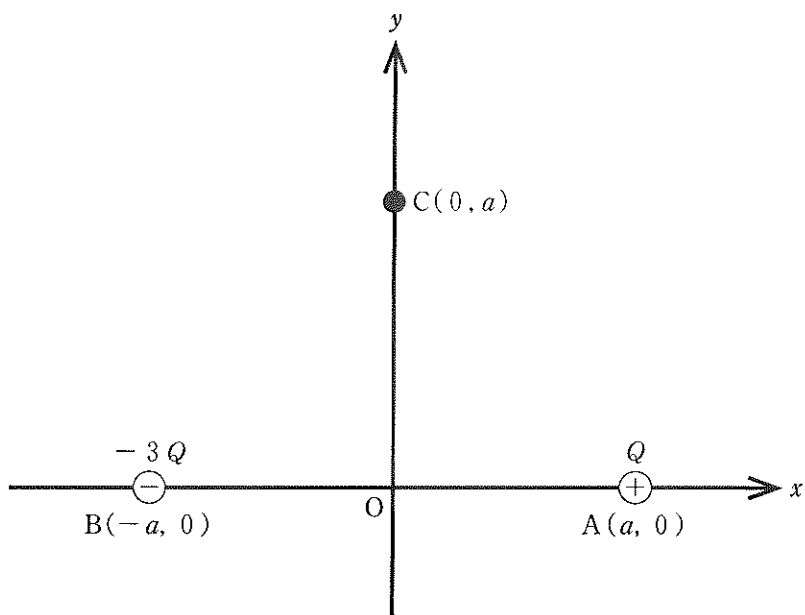


图 3

Ⅲ 放射線の一種である γ 線は波長の短い電磁波であり、X 線と同様に光子としてみなすことができる。いま、図 4 のように真空中を x 軸上の正の向きに進む波長 λ_0 の γ 線が静止している電子に衝突したところ、 γ 線は波長 λ_1 となって x 軸上を負の向きに進んだ。また、衝突された電子は x 軸上を正の向きに速さ v で進み出した。この現象をコンプトン効果として捉え、以下の問い(問 1～問 9)に答えなさい。なお、光の速さを c 、電子の質量を m 、プランク定数を h とする。

問 1 衝突前の γ 線の運動量 p_0 を h 、 λ_0 を用いて表しなさい。

問 2 衝突前の γ 線のエネルギー E_0 を c 、 h 、 λ_0 を用いて表しなさい。

問 3 衝突前後での運動量保存の法則を h 、 m 、 v 、 λ_0 、 λ_1 を用いて表しなさい。

問 4 衝突前後でのエネルギー保存の法則を c 、 h 、 m 、 v 、 λ_0 、 λ_1 を用いて表しなさい。

問 5 問 3 の結果より $(mv)^2$ を求め、 h 、 λ_0 、 λ_1 を用いて表しなさい。

問 6 問 4 と問 5 の結果から λ_1 を求め、 c 、 h 、 m 、 λ_0 を用いて表しなさい。ただし下記の近似式を用いてよい。

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_0} + \frac{\lambda_0}{\lambda_1} \doteq 2$$

問 7 衝突後の γ 線のエネルギーを求め、 c 、 h 、 m 、 λ_0 を用いて表しなさい。

問 8 衝突後の電子のエネルギーを求め、 c 、 m 、 E_0 を用いて表しなさい。

問 9 $E_0 = 6.6 \times 10^5 \text{ eV}$ のとき、衝突後の電子のエネルギーを求めなさい。なお、 $mc^2 = 5.1 \times 10^5 \text{ eV}$ とする。

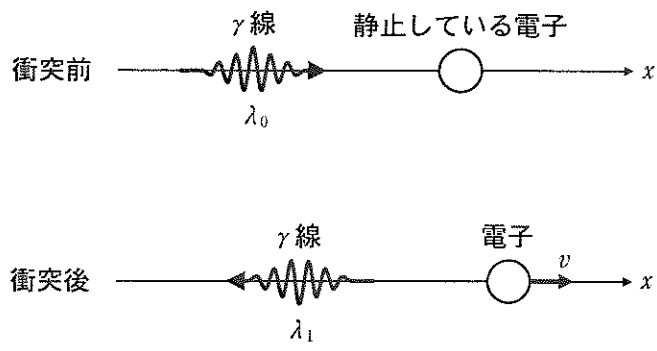


図 4

化学基礎・化学

注意 計算問題については、計算過程がわかるように書きなさい。必要があれば、以下の数値を用いなさい。

各元素の原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(mol·K)

I 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

近年、燃料電池自動車の動力源をはじめとするクリーンなエネルギー資源として水素が注目されている。水素の製造方法の一つとして水の電気分解があげられる。たとえば、水酸化カリウム水溶液を電解液、陽極と陰極に炭素棒を用いた反応を考える。この場合、陽極では(あ)反応が起こり酸素が発生し、陰極では(い)反応が起こり水素が発生する。目的とする水素を発生させるためには、電解液の種類や電極の材質を適切に選択することが重要である。

問 1 文章中の(あ)および(い)に入る適切な語句を答えなさい。

問 2 文章の条件で陽極と陰極でそれぞれ起こる反応について、イオンと電子を含む化学反応式で書きなさい。

問 3 文章の条件で炭素棒の代わりに陽極と陰極で使用するのことができる金属の組み合わせを以下の(ア)から(エ)の中から 1 つ選びなさい。

- (ア) 陽極：鉄 陰極：ニッケル
- (イ) 陽極：白金 陰極：ニッケル
- (ウ) 陽極：鉄 陰極：アルミニウム
- (エ) 陽極：白金 陰極：アルミニウム

問 4 下線部について、水酸化カリウムを溶解させる理由を説明しなさい。

問 5 下線部について、水の電気分解に使用できる電解液として水酸化カリウム水溶液を用いているが、他の溶液も電解液に使用することができる。以下の(ア)から(エ)の中から文章と同様に効率よく水素を発生させるために最もふさわしい溶液を選びなさい。なお、陽極・陰極はいずれも炭素棒を使用するものとする。

- (ア) 濃硫酸
- (イ) 希硫酸
- (ウ) エタノール水溶液
- (エ) アンモニア水

問 6 水の電気分解装置に 5.00 A の電流を 2.00 時間流した場合に発生する水素の物質量を計算しなさい。

問 7 問 6 で生じた水素の 273 K, 1.01×10^5 Pa (標準状態)での体積を計算しなさい。

II 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

銀は延性、展性に富み、電気をよく通すなどの性質を持つ金属である。銀のイオン化傾向は小さいのでイオンになりにくいが、硝酸と反応して溶ける。⁽¹⁾また、熱濃硫酸とも反応して溶ける。⁽²⁾湿った空気中では硫化水素とも容易に反応し、黒色となる。⁽³⁾銀イオンを含む水溶液に少量の塩基を加えると褐色沈殿が生じる。この沈殿は過剰のアンモニア水には溶けて、無色の水溶液となる。⁽⁴⁾銀イオンは塩化物イオン、臭化物イオン、ヨウ化物イオンと反応し、沈殿を生成する。⁽⁵⁾各沈殿の色は、それぞれ白色、淡黄色、黄色である。一般に銀の化合物は光により容易に分解しやすい。⁽⁶⁾

問 1 下線部(1)の変化を濃硝酸と希硝酸の場合に分けて化学反応式で示しなさい。

問 2 下線部(2)の反応で、特有のにおいのある気体が発生する。その気体を化学式で示しなさい。

問 3 下線部(3)の変化で生じる黒色の物質を化学式で示しなさい。

問 4 下線部(4)で、沈殿を化学式で示しなさい。また、沈殿とアンモニア水との反応をイオンを含む化学反応式で示しなさい。

問 5 下線部(5)で、ヨウ化物イオンとの反応をイオンを含む化学反応式で示しなさい。

問 6 下線部(5)で、3種の沈殿を実験で判別する方法を説明しなさい。

問 7 下線部(5)の 3 種の沈殿とチオ硫酸ナトリウム水溶液との反応を行うと、どのような変化が見られるか。化学反応式を含め、簡潔に説明しなさい。

問 8 下線部(6)について、銀の化合物の保存方法について簡潔に説明しなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

有機化合物を分類するとき、化合物の特有な性質に基づいて分ける方法がある。有機化合物の性質は、その化合物に存在する特定の原子団によって決まる。このような、特有の性質を示す原子団を(あ)という。カルボニル基を持つ化合物の中で、カルボニル基にひとつの水素原子とひとつの炭化水素基が結合した化合物を総称して(い)といい、ふたつの炭化水素基が結合した化合物を総称して(う)という。第1級アルコールを酸化すると、(い)が得られる。メタノールやエタノールを酸化するとそれぞれ(え)、(お)になる。(い)は酸化されて(か)になりやすいので、(き)性がある。したがって、フェーリング液を(き)して赤色沈殿を生じる。(⁽¹⁾え)は無色、刺激臭の気体で、水によく溶ける。(え)は、消毒、殺菌剤として用いられる。また、(え)は合成樹脂の原料としても重要である。(⁽²⁾)

第1級アルコールを酸化して得られる(い)をさらに酸化すると(か)になる。分子量の小さい(か)は水や有機溶媒によく溶ける。しかし、分子量が大きくなると水に溶けにくくなる。(か)は水に溶けるとわずかに電離して弱い酸性を示す。

二重結合を含む(か)の化合物に(く)がある。(く)がトランス体であるのに対して、シス体である化合物にマレイン酸がある。このマレイン酸を160℃に急熱すると分子内で脱水し、無水マレイン酸が生じる。

トルエンを(け)で酸化すると芳香族(か)である安息香酸が得られる。2価の芳香族(か)には、フタル酸やテレフタル酸などがある。(3)

- 問 1 文章中の(あ)から(け)に入る適切な語句または物質名を答えなさい。
- 問 2 下線部(1)で生じる赤色沈殿はなにか。物質名を答えなさい。
- 問 3 下線部(2)にあてはまる合成樹脂にはどのようなものがあるか。ひとつ答えなさい。
- 問 4 下線部(3)の物質のうち、加熱をするとマレイン酸と同様の反応を起こす物質はどれか。物質名を答えなさい。また、その化学反応式を答えなさい。ただし、化学反応式を答える時は、有機化合物は構造式を用いて答えなさい。
- 問 5 安息香酸は 20°C の水 100 g に 0.29 g 溶ける。 2.44 g の安息香酸を溶かして 1.0 L の水溶液にした時の pH が 3.0 であった時、安息香酸の電離度 α を求めなさい。

生物基礎・生物

I 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

動物の神経系は、眼や耳、鼻などの(ア)から、筋肉などの(イ)の間を連絡している。眼や耳、鼻などからの情報は、末梢神経系の1つである(ウ)を通り中枢神経系に送られる。中枢神経系では、受けた刺激に応じて情報の統合や整理といった処理が行われる。その後、中枢神経系から筋肉などを動かす命令が、末梢神経系の1つである(エ)より送られる。(ウ)と(エ)を合わせて(オ)という。

中枢神経系は、ヒトをはじめとした脊椎動物では脳と脊髄から構成される。①脳は脳大、間脳、中脳、小脳および延髄という部位に分けられる。脳皮質には、視覚や聴覚などの感覚の中核である感覚野、運動の中核である運動野などがある。

動物は、経験に基づいて行動を変化させることがあり、これを②学習という。多くの鳥類の雄は繁殖期までに、種に固有の音声構造をもつ歌(以下、「自種の歌」とする)をさえざるようになる。一部の鳥類では、若鳥が孵化後の一定期間(以下、X期)に主に父鳥の歌を聴いて記憶し、後の成長過程の一定期間(以下、Y期)に、記憶した歌と自らがさえざる歌を比較しながら練習を繰り返すことで、「自種の歌」が固定する。

「自種の歌」の獲得における学習の役割に関して、A種とB種の若鳥の雄に対し、X期に聴かせる「自種の歌」の有無、およびY期における若鳥の聴覚の有無に関する実験(実験1～4)を行ったところ、結果が表1のようになった。表中の「不完全な歌」とは、成鳥となった際のさえずりが「自種の歌」の特徴が壊れた歌であった場合である。

表 1

	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
X 期に聴かせる歌	なし	なし	自種の歌	自種の歌
Y 期における若鳥の聴覚	なし	あり	なし	あり
成鳥となった際に固定した歌				
A 種	自種の歌	自種の歌	自種の歌	自種の歌
B 種	不完全な歌	不完全な歌	不完全な歌	自種の歌

問 1 文中の(ア)～(オ)に入る適切な語を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部①に関して、ヒトの脳の正中断面図を図 1 に示す。次の(i)～(v)のはたらきをもつ脳の部位はどこか、図 1 の①～⑤の中から 1 つずつ選び、その部位の記号と名称を記しなさい。ただし、部位の名称は下線部①の中から選択するものとする。

- (i) 自律神経の中枢がある。
- (ii) 眼球運動や瞳孔の大きさを制御している。
- (iii) 記憶や意思など精神活動の中枢がある。
- (iv) 体の平衡を保ち、随意運動の統合を行っている。
- (v) 呼吸運動や血液循環などを調節する中枢がある。

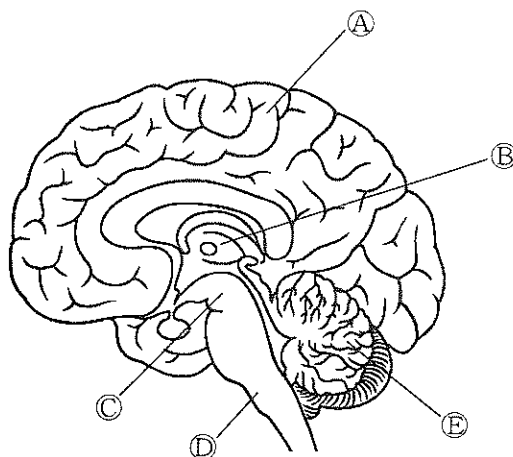


図 1 ヒト脳の正中断面図

問 3 下線部②について、次の記述 a～dのうち、学習が関与する行動をすべて選びなさい。

- a. アヒルの雛が、孵化直後に見た動くものの後をついて歩くようになる。
- b. 繁殖期のイトヨの雄が、婚姻色を呈したほかの雄だけでなく、同様の色をつけた模型に対しても攻撃するようになる。
- c. ミジンコが光に向かって泳ぐ。
- d. アメフラシは、水管を刺激されるとえらを引っ込めるが、刺激し続けるとえらを引っ込めなくなる。

問 4 A種とB種それぞれについて、成鳥となった雄が「自種の歌」をさえずることができるようになるためのX期およびY期における条件について考え、表1に基づいて記述しなさい。また、学習が関与しているか否かについても書きなさい。

Ⅱ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

ある一定地域で生活する、同じ生物種の集まりを個体群とよぶ。同じ地域に生息している異なる種の個体群の集まりを(ア)という。

ある生物が生存や繁殖に必要とする資源に制約がない理想的な状況では、個体数は世代を重ねるごとに急速に増加する。しかし、このような増加がいつまでも続くわけではない。多くの場合、個体数が少ないうちは増加率が高く、個体数は急激に増える。時間の経過とともに個体数が増え、個体群密度が高くなると、増加率は徐々に低下し、増加の勢いも緩やかになる。そして最終的に個体数は一定の水準に落ち着く。このときの個体数を(イ)という。また、個体群密度の変化に伴って、個体群を構成する個体の発育や生理などが変化することを①密度効果とよぶ。

問 1 文章中の(ア)(イ)に入る適切な語を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部①の密度効果を表す例として誤りを含むものをA～Dから1つ選び、その誤っている部分を修正した正しい文章を解答欄に記述しなさい。

- A. ダイズを個体群密度が高い環境で栽培すると、個体群密度が低い場合と比べて、個々の植物体は小さくなり、単位面積当たりの乾燥重量も少なくなる。
- B. トノサマバツタには、長い後脚をもち単独で生活する孤独相と、体長と比べて長い翅をもち群れて生活する群生相が存在する。
- C. ショウジョウバエを一定の食料と空間で飼育したとき、空間内の成虫密度が増加すると、雌1匹あたりの産卵数は減少する。
- D. アユの強い個体は餌場を確保するために縄張りを形成する。しかし、個体群密度が高くなると、縄張りを放棄して群れを作るようになる。

問 3 個体数を推定する手法のひとつに標識再捕法がある。ある動物の生息地において、標識再捕法を実施した。まず、対象動物を生きのまま捕獲するワナを仕掛け、捕獲された 80 個体すべてに標識を付けた後、その場で放した。十分な時間が経過した後に 2 回目の捕獲を行ったところ、100 個体が捕獲され、そのうち 16 個体に標識がついていた。このとき、推定される生息地全体における対象動物の個体数を、計算過程とともに解答欄に記入しなさい。

Ⅲ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

地球には多様な生物が存在する。これらの生物にはさまざまな特徴があり、共通する点や異なる点がある。これらの共通点の連続性や相違点を知ることは、生物がこれまでにたどってきた歴史や環境への適応を知るうえで重要である。しかし近年、生物多様性の急速な消失が地球規模の環境問題となっている。生物多様性は、(X)多様性、種の多様性、(Y)多様性などの要素から構成されており、①各種の生態系サービスの基盤となっている。

一般的にもっとも知られている種の多様性の消失は、種の絶滅によって生じる。種の絶滅は、さまざまな要因の相互作用によって起こる。様々な外的要因によって、連続していた個体群で分断化が生じる。個体群の分断化は、他の個体群との連続性を失わせ、繁殖可能な個体群内の個体数は少なくなる。加えて②近交弱勢などの個体数の少ない個体群特有の要因によっても、個体群の縮小は加速する。

問 1 図 2 は、陸上に生育する植物のグループおよび脊椎をもつ動物のグループが有する特徴についてまとめたものである。空欄の A~L について、語群から最も適切な語句を選んで解答しなさい。なお、空欄の B のように複数のグループにまたがる特徴は、それぞれのグループが共通して有するものである。また、両生類は、K および L の双方に掛かっているが、これは、両生類が K と L の特徴を成長の過程で切り替えることを示している。

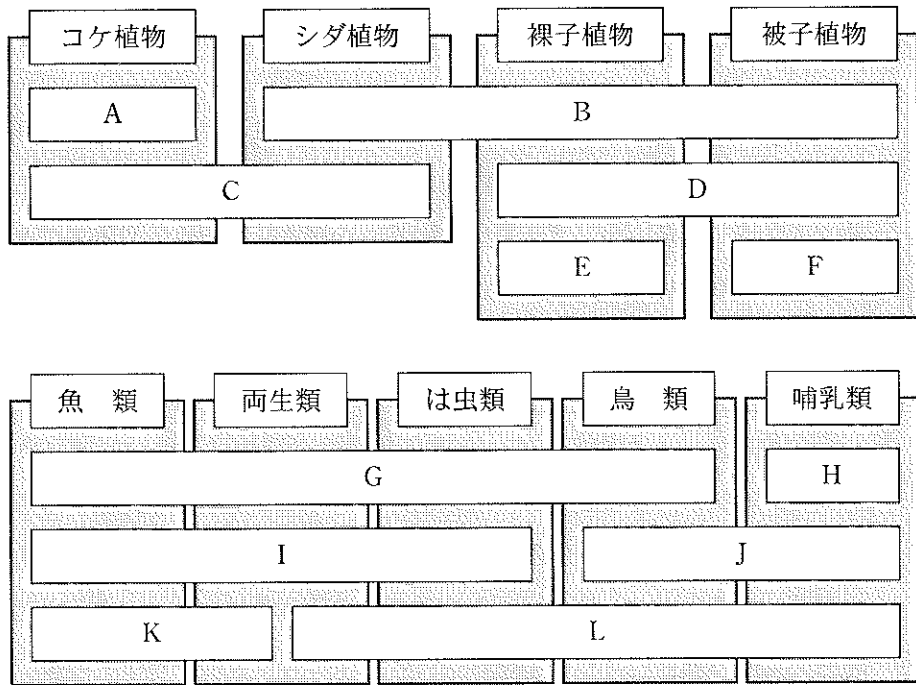


図 2

語群

- ・胞子でふえる ・種子でふえる ・卵生 ・卵胎生 ・胎生
- ・葉緑体をもつ ・葉緑体をもたない ・変温 ・恒温
- ・胚珠がむき出し ・胚珠が子房で包まれている ・えら呼吸
- ・肺呼吸 ・脊椎をもつ ・脊椎をもたない ・維管束がない
- ・維管束がある

問 2 生物多様性について、X および Y に入る適切な言葉を記入しなさい。

問 3 下線部①の生態系サービスには様々なものが含まれる。なかでも経済活動や文化活動に関わるものは、その保全や持続可能な利用が重要である。たとえば、「秋の七草」として親しまれるキキョウは環境省によって絶滅危惧種に選定されている。もしキキョウが絶滅してしまえば「秋の七草」に親しむ文化は形骸化してしまうことになる。このような野生生物の具体的な名前を1つ挙げて、その生物が絶滅することによって失われる経済活動もしくは文化活動について答えなさい。

問 4 下線部②に関して、近交弱勢とはどのような現象で、なぜ小さな個体群のさらなる個体数の減少をまねくのか。「近親交配」という語句を用いて説明しなさい。