

令和6年度個別学力試験問題

理 科

(先進医療科学科)

解答時間 90分

配 点 100点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～ 11 ページ
化 学	12 ページ～ 18 ページ
生 物	19 ページ～ 27 ページ

問題冊子には上記の3科目の問題が載っていますが、1科目を選択して解答してください。

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入してください。ただし、表紙には氏名も必ず記入してください。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入してください。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認してください。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入してください。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

問題文の訂正

18 ページ・・・3 問2の訂正

【誤】

問2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパンの燃焼熱は Q kJ とする。

【正】

問2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパン 1 mol の完全燃焼による発熱量は Q kJ とする。

問題文の訂正

22 ページ・・・2 問2の訂正

【誤】

問2 H鎖の遺伝子について、下線部 (a), (c), (d) では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。①～④のうち、(a), (c), (d) の遺伝子と同等の長さのPCR産物が得られるものをすべて選び、番号で答えなさい。

【正】

問2 H鎖の遺伝子について、下線部 (a), (c), (d) では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。①～④を鋳型として、PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）法でH鎖の遺伝子全体が増幅できたとする。得られるPCR産物のうち、(a), (c), (d) それぞれのH鎖の遺伝子全体と同等の長さになるのは①～④のどれか、すべて選んで番号で答えなさい。

物 理

1. 物理は全部で4問題あり, 合計11ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は表紙を除いて1ページあります。
4. 問題中の物理量は特にことわらない限り国際単位系(SI)を使って表されています。

- 1 図1—1のように、質量がともに m のおもり A と B が、質量の無視できる固い棒で連結されて、鉛直面内を滑らかに回転できるように、床の上に固定された支持台の上に取り付けられている。おもり A から回転軸までの距離は $2a$ 、おもり B から回転軸までの距離は a である。おもり B と回転軸を結ぶ線分が鉛直方向上向きとなす角を θ とする。すなわち、おもり B が回転軸の真上にあるときを $\theta = 0$ とする。支持台の高さはじゅうぶんにあるため、おもりが床などに衝突することはない。また、空気抵抗は無視できる。重力加速度の大きさを g として、あとの問いに答えなさい。

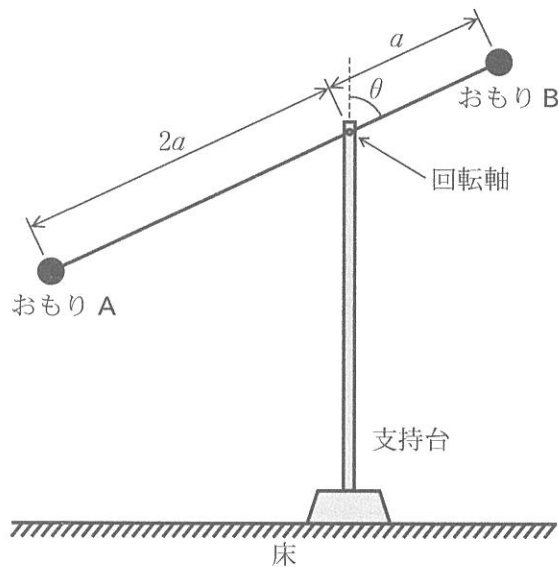


図1—1

問 1 連結された2つのおもりの位置エネルギーの和が最も大きくなるときと、最も小さくなるときとで、位置エネルギーの和はどれだけ変化するか、その大きさを答えなさい。

問 2 おもりと棒が一方方向に回転し続けるとき、おもり A の速さの最大値は少なくともいくらより大きくなければならないかを答えなさい。

おもり B に力を加えて $\theta = \theta_0 (0 < \theta_0 \leq \frac{\pi}{2})$ で静止するようにしたところ、そのときの力は鉛直下向きに F_0 であった。その後、直ちに力を加えるのをやめた。

問 3 F_0 の大きさを答えなさい。

問 4 力を加えるのをやめてから棒が鉛直 ($\theta = 0$) になるまでの間において、おもり B の速さを角度 θ の関数として求めなさい。

θ_0 がじゅうぶんに小さいとき、2つのおもりは単振動をする。この単振動について調べるために、図1—2のように、棒からそれぞれのおもりに対して、鉛直上向きに一定の力が働くと考えた。この力の大きさは、おもりAでは F_A 、おもりBでは F_B とする。

問5 F_A と F_B は内力である。物体の形状が変化しないとき、物体の内力が物体全体に対してする仕事は0である。このとき、 F_A と F_B の間に成り立つ関係式を答えなさい。

問6 この単振動の周期を求めなさい。

問7 単振り子などでは振り子の振れが小さいとき、その周期は振幅に無関係に決まる。この性質を何と呼ぶか答えなさい。

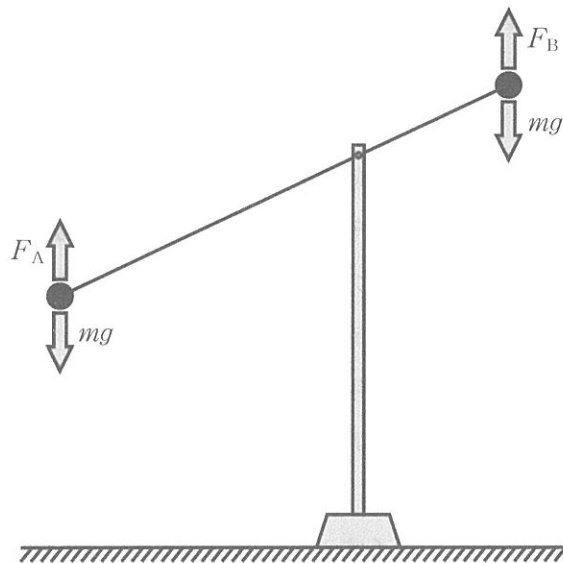


図1—2

2 半導体に関する以下の問いに答えなさい。

問 1 次の文章中の空欄(ア)～(コ)に当てはまる語句を書きなさい。

電流を担う自由電子が金属に比べてはるかに少数しか含まれていない物質を半導体という。その代表はケイ素(Si)である。半導体は、低温では抵抗率が大きく電気を通しにくい。温度が上がると固体中を移動できる電子などが生じ電気を通すようになる。このような半導体を(ア)半導体という。一方、微量の不純物を含み、(ア)半導体と比べて常温でも電気を通しやすくしたものを(イ)半導体という。4個の価電子をもつSiは、電子を互いに共有した共有結合によって結晶をつくる。Siにヒ素(As)やリン(P)などの5個の価電子をもつ不純物を微量混合すると、価電子が1個余る。この余った電子は結晶内を動き回ることができ、おもな電流の担い手となる。電流の担い手を(ウ)という。電子が(ウ)としてはたらく半導体を(エ)半導体という。Siにホウ素(B)やアルミニウム(Al)などの3個の価電子をもつ不純物を微量混合すると、価電子が不足して電子のない所ができる。これを(オ)という。(オ)が(ウ)としてはたらく半導体を(カ)半導体という。

(エ)半導体と(カ)半導体をそれぞれひとつずつ貼り合わせ、その両側に電極を取り付けたものを(キ)といい、その接合部分を(ク)接合という。(ク)接合に電圧を加えると、加える電圧の正・負の向きによって流れる電流に大きな差があり、電流が流れる向きを順方向、電流がほとんど流れない向きを逆方向という。このような、一方向にしか電流を流さない性質を(ケ)作用という。(キ)に順方向電圧を加えて電流を流すと光を発するものがある。このような素子を(コ)という。

問 2 図2-1のような、抵抗、ダイオード、電池、スイッチを接続した回路がある。ダイオードの電流-電圧の特性曲線は図2-2のグラフのようにになっている。電池には内部抵抗はないものとする。

- (1) スイッチSをa側に入れたときに抵抗Rに流れる電流を求めなさい。
- (2) スイッチSをa側に入れたときにダイオードDで消費される電力を求めなさい。
- (3) スイッチSをb側に入れたときに抵抗Rに流れる電流を求めなさい。

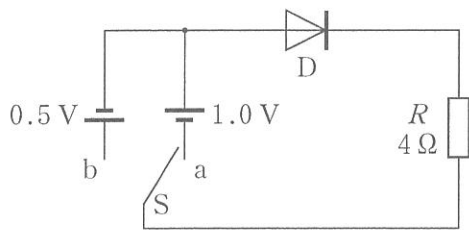


図 2-1

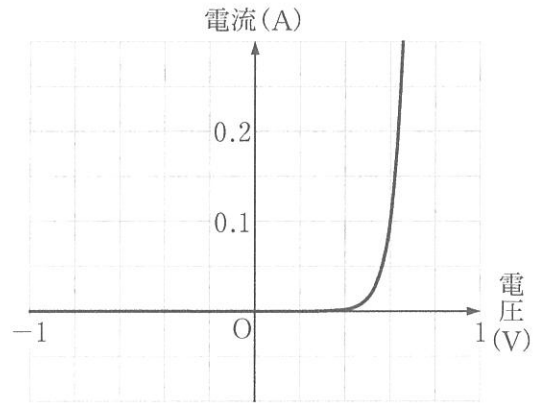


図 2-2

問 3 図 2-3 のような、周期 T 、振幅 V_0 の交流電源にダイオードと抵抗を接続した回路がある。点 b に対する点 a の電圧が図 2-4 のような時間変化を示すとき、抵抗 R に加わる電圧の時間変化を最もよく表すグラフを図 2-5 の①～⑥のうちからひとつ選びなさい。

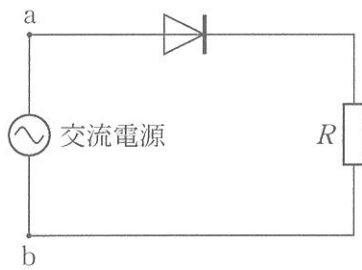


図 2-3

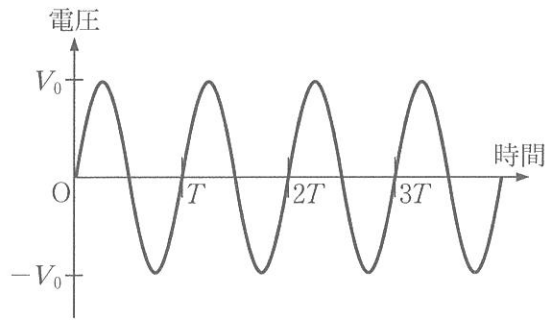


図 2-4

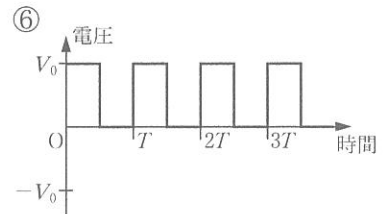
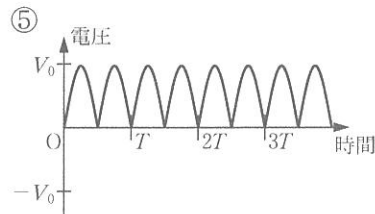
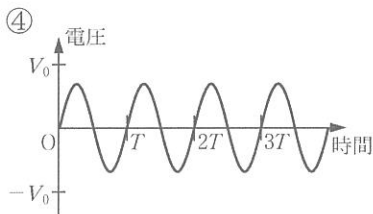
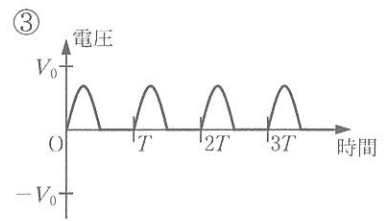
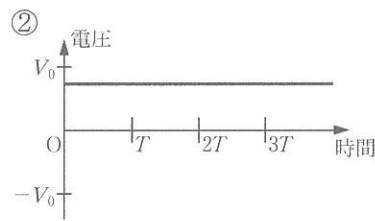
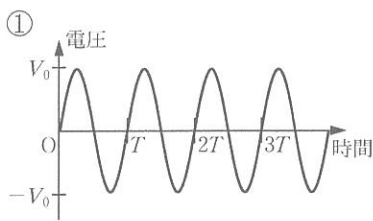


図 2-5

問 4 半導体にある一定以上のエネルギーの光が当たると、半導体を構成する原子から電子が離れ、電流の担い手となる自由電子が発生する。この現象を利用して光エネルギーを直接電気エネルギーに変える半導体素子が太陽電池である。いま、ある半導体で自由電子を発生させるのに必要なエネルギーを $5.4 \times 10^{-19} \text{ J}$ とすると、この半導体に自由電子を発生させる光の波長 λ が取りうる範囲を式で書きなさい。その際、数値は有効数字 2 桁とし、単位もあわせて示しなさい。光の速さ $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とする。

次のページにも問題があります。

3 地球の表面付近で岩盤の破壊が起こると、生じた振動が波として周囲に伝わる。これを地震波といい、地震波が到達すると観測者は揺れを感じる。地震波は、光や音波などと同様に、異なる性質の層の境界面で反射・屈折する。地震波の伝達経路を考慮することで、地層の厚さや地球内部の構造を知る手がかりを得ることができる。断りがない限り層内は均質であり、層の境界面は滑らかであると仮定して、あとの問いに答えなさい。

問 1 性質の異なる2つの地層(上層と下層)が水平構造をとっている。上層を速さ v で進行する地震波が入射角 α で下層に侵入したとき、屈折角は β であった。

(1) 下層を伝わる地震波の速さを、 v 、 α 、 β のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 2 複数の観測地点で揺れをはじめて測定した時刻と震源(地震が起こった地点)までの距離を測定することで、地下構造を推定することができる。その方法の一つである屈折法地震探査の考え方を用いて、図3-1に示すような水平二層構造をとる層1の厚さ d を調べたい。観測地点および震源 S は地表面にあり、簡単のため、図3-1には観測地点は O_1 と O_2 の2箇所のみを示す。層1と層2の中を伝わる地震波の速さをそれぞれ V_1 、 V_2 ($V_1 < V_2$) とし、あとの問いに答えなさい。

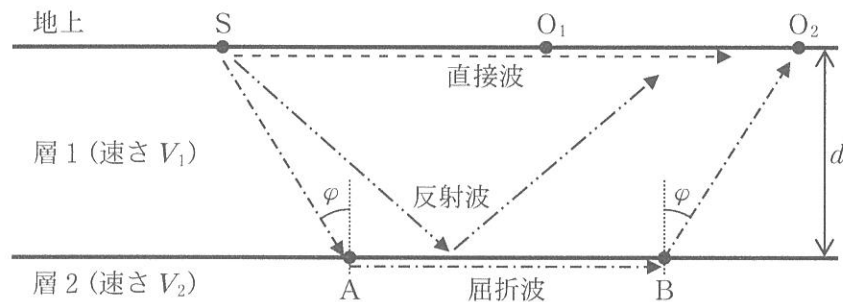


図3-1

(2) 観測地点 O_1 (震源 S からの距離 l_1) では、震源 S から層1の中を直進して届く直接波がはじめに到達する。観測地点 O_1 で、地震発生から揺れを感じるまでの時間を、 l_1 、 d 、 V_1 、 V_2 のうち必要なものを用いて表しなさい。

(3) 層1の中を進行する地震波の一部は層の境界面で反射する(反射波)。反射波と直接波が届く順番について述べた文章(ア)~(オ)から適切なものを選びなさい。

(ア) どの観測地点においても、直接波は反射波より遅れて届く。

(イ) どの観測地点においても、反射波は直接波より遅れて届く。

(ウ) 震源 S からじゅうぶんに離れている観測地点では、直接波は反射波より遅れて届く。

(エ) 震源 S にじゅうぶんに近い観測地点では、直接波は反射波より遅れて届く。

(オ) 層の厚さによって、直接波と反射波の届く順番は異なる。

- (4) 層1の中を進行する地震波は屈折して層2の中に侵入する。入射角 φ が臨界角であるとき、 φ 、 V_1 、 V_2 の関係式を書きなさい。
- (5) 地震波が層1の中を進行し、層1から層2に臨界角 φ でA点に侵入して層2の中を進行し、途中で層1にB点から角度 φ で戻って観測地点に届く地震波を屈折波と呼ぶ。観測地点 O_2 (震源からの距離 l_2)で、地震発生から屈折波が届くまでの時間を、 l_2 、 d 、 V_1 、 V_2 のうち必要なものを用いて表しなさい。
- (6) 層2の中の地震波の伝わる速さが層1より速い場合、ある観測地点より先では直接波より屈折波の方がはやく届く。直接波と屈折波が同時に届く観測地点の震源からの距離を l として、層1の厚さ d を、 l 、 V_1 、 V_2 を用いて表しなさい。

問3 地球内部の地殻やマントルは固体であり、地表から深度が大きくなると密度が徐々に大きくなるため、地震波の伝わる速さが連続的に大きくなる。

- (7) 地表付近の地点 S' で生じた地震波の伝わる経路として適切なもの(矢印)を図3-2の①~⑤から選びなさい。

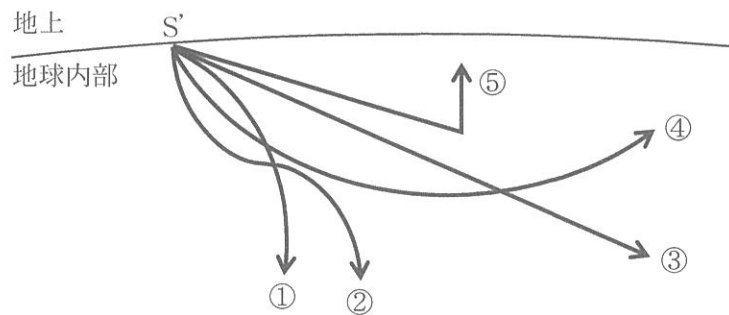


図3-2

4 図4-1に示されるシリンダ内は、ピストンで仕切られ、左側をA室、右側をB室とし、A室とB室には気体定数 R の単原子分子の理想気体が満たされている。A室はスターリングエンジンに類似した構造で、外部から常に加熱と冷却がなされ、満たされている気体の温度を制御する仕組みが内蔵される。この熱機関は、A室とB室の圧力の違いがピストンを動かす仕事を発生させ、ピストンから動力が取り出される。往復動するピストンの漏れは無いものとする。A室は状態①から状態②、状態③、状態④を経て再び状態①に戻る周期的な変化を行う。その変化を図4-2の pV 線図に示す。B室には外部に通じる通気口とそれを開閉するバルブがある。この熱機関について、設問の文章および図に記載の記号を用いて、以下の問いに答えなさい。なお本設問において、記号で示される数値は全て0もしくは正の数とし、ピストンの摩擦やクランク機構の損失は無視できるものとする。

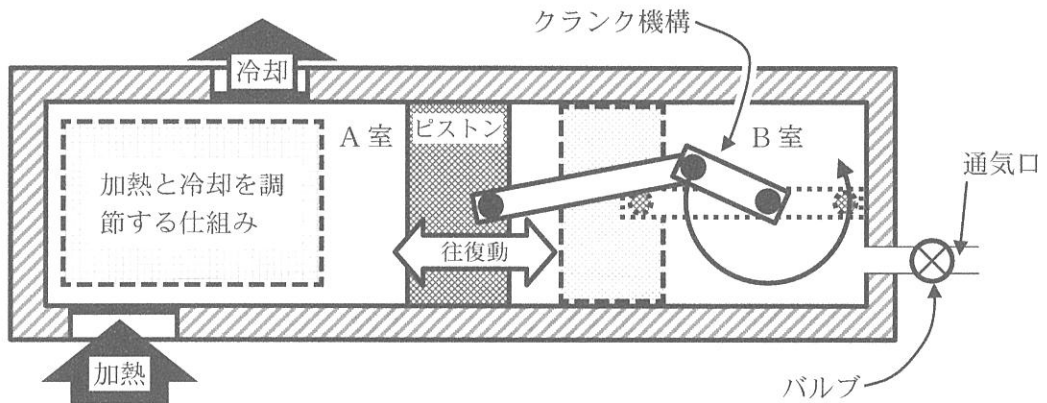


図4-1

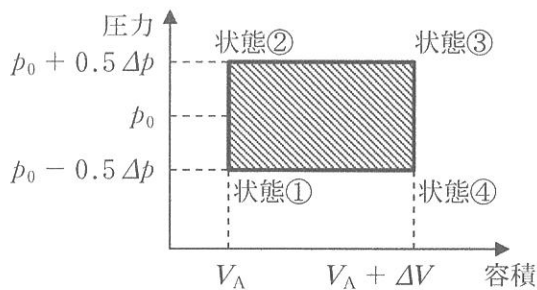


図4-2

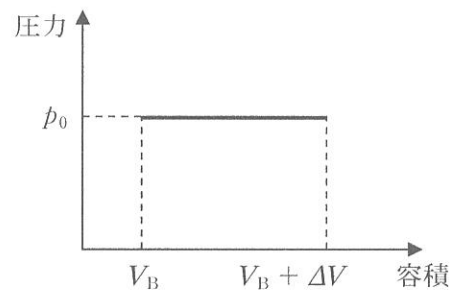


図4-3

問 1 まず通気口を開くと、B 室の圧力は図 4—3 が示すように p_0 で一定となる。このとき、

(1)~(5)について答えなさい。

- (1) 状態①における A 室の温度が均一に T であると仮定して、A 室の気体のモル数を示しなさい。
- (2) A 室の気体について、状態①に対する状態③の内部エネルギーの比を求めなさい。
- (3) 状態①から状態②、状態③、状態④を経て、再び状態①に戻る間に、A 室の気体がピストンにする正味の仕事を示しなさい。
- (4) 状態①から状態②、状態③、状態④を経て、再び状態①に戻る間に、B 室の気体がピストンにする正味の仕事を示しなさい。
- (5) ピストンの移動方向に垂直な断面積を S とすると、状態②から状態③に変化する過程で、ピストンの移動距離は $\Delta V/S$ で表される。このとき、「状態①から状態②を経て状態③にいたる過程」と「状態③から状態④を経て状態①にいたる過程」について、A 室と B 室の圧力差がピストンになす仕事を示しなさい。

問 2 次に、B 室の圧力の最小値が $p_0 - 0.5 \Delta p$ となるように B 室の通気口を閉じ、B 室の気体を断熱変化させる。断熱変化では $pV^{(5/3)}$ が一定となる。また、A 室は図 4—2 のサイクルを維持する。このとき、(6)と(7)について答えなさい。

- (6) 状態②における B 室の気体の圧力 ($p_0 - 0.5 \Delta p$) と体積 ($V_B + \Delta V$)、状態③における B 室の気体の体積 V_B を用いて、「A 室が状態②から状態③にいたる間に、B 室の気体がなされる仕事」を表しなさい。
- (7) 外部からの力を必要とせずに、A 室の加熱と冷却を調節するだけでピストンを運動させ続けるには、「A 室が状態②から状態③にいたる過程」で A 室の圧力が B 室の圧力以上を維持し、「A 室が状態④から状態①にいたる過程」で A 室の圧力が B 室の圧力以下を維持する必要がある。このとき、最小の体積 V_B を求めなさい。

化 学

1. 化学は全部で3問題あり，合計7ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は□1と□3に1ページずつ，□2に2ページ，合計4ページあります。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

分子間に働く力を分子間力^(a)といい、ファンデルワールス力や水素結合などがある。分子間力は、(ア)結合に比べてはるかに弱い。

無極性分子にも分子内の瞬間的な電荷の偏りに基づく引力があり、これをファンデルワールス力という。たとえば、窒素などの無極性分子の気体も低温になると凝集するようになる。一般に、性質や構造の似た無極性分子では、分子量が大きくなるほどファンデルワールス力は大きくなる。^(b)一方、塩化水素などの極性分子の間に働く引力は、^(c)静電気的な引力が加わり、分子量が同程度の無極性分子間の引力より大きくなる傾向がある。ファンデルワールス力は、極性の有無に関わらずあらゆる分子に働く。また、極性分子間に働く引力と無極性分子間に働く引力を合わせて、ファンデルワールス力ということもある。

フッ化水素、水、アンモニアのように、(イ)の大きな原子と水素原子が結合した分子には、一般の極性分子間に働く引力よりも大きな水素結合が働く。核酸のうち DNA の二本鎖は二重^(d)(ウ)構造をとっているが、一方の鎖中の塩基と、他方の鎖中の塩基との間で水素結合している。^(e)また、タンパク質の二次構造には分子内の水素結合が関与しており、骨格部分に(ウ)形構造や(エ)形構造をもつものがあり、それぞれ α -ヘリックス、 β -シート構造^(f)(β 構造)という規則的な立体構造がつくられる。さらに、多糖類では水素結合がその性質に影響を及ぼすことがある。たとえば、セルロースは、デンプンとは異なる直鎖状の構造をとり、分子内および分子間の水素結合により部分的な(オ)構造を形成し、多くの溶媒に溶けにくくなっている。

問 1 下線部(a)は融点や沸点に影響するが、分子間力の大きさを比較するには、沸点の方が適していると考えられる。その理由を 90 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

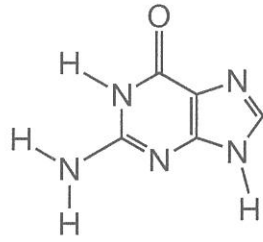
問 2 空欄(ア)~(オ)に適切な語句を記入しなさい。

問 3 下線部(b)について、非金属元素からなる適当な 4 つの非極性分子をあげ、それらの沸点の大小を不等号で示しなさい。また、分子量が大きくなるほどファンデルワールス力が大きくなる理由を 70 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

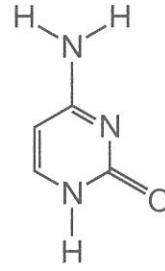
問 4 下線部(c)について、静電気的な引力の様子を模式的に図で示しなさい。

問 5 下線部(d)は、糖の部分、リン酸の部分、塩基の部分からなる重合体であるが、糖の部分に五角形、リン酸の部分に円形、塩基の部分に四角形を用いて、主鎖方向に引き伸ばしたときの構造を模式的に図で示しなさい。

問 6 下線部(e)について、グアニン部分とシトシン部分は3本の水素結合により塩基対を形成している。グアニンとシトシンは下のような構造である。グアニンに対してシトシンを適切に配置して書き、水素結合を「」で表しなさい。



グアニン

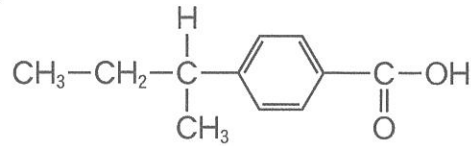


シトシン

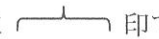
問 7 下線部(f)には、タンパク質のペプチド結合が関与している。その結合が分かるようにタンパク質の構造を模式的に図で示すとともに、水素結合を「」で表しなさい。

- 2 脂肪族モノカルボン酸に関する以下の問いに答えなさい。なお、構造式は例にならって書きなさい。

(例)



問 1 ある脂肪族モノカルボン酸の 0.20 mol/L 水溶液 100 mL を 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。この脂肪族モノカルボン酸の電離定数 K_a は 3.0×10^{-5} mol/L であり、水のイオン積は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とする。必要であれば常用対数 $\log 1.05 = 0.02$, $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$, $\log 9.52 = 0.98$ を用いなさい。

- (1) 滴定前の脂肪族モノカルボン酸水溶液の pH を小数第 1 位まで求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (2) 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 50 mL 滴下した。このときの混合水溶液の pH を小数第 1 位まで求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (3) 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 100 mL 滴下した。このときの混合水溶液は弱酸性、中性、弱塩基性のいずれか、丸で囲みなさい。また、その理由を、化学式や化学反応式を用いずに 70 字以内(句読点を含む)で述べなさい。
- (4) 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 110 mL 滴下した。このときの混合水溶液の pH を小数第 1 位まで求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (5) 上記の(1)~(4)までの結果を考慮して、滴定曲線の概略を描きなさい。さらに、緩衝液として適当な領域を滴定曲線上に  印で示しなさい。

問 2 脂肪族モノカルボン酸である酢酸は、医薬品や合成繊維の製造に利用されている。酢酸を酸無水物に変換して、これをサリチル酸に作用させると(ア)が生じる。(ア)は医薬品として利用されている。

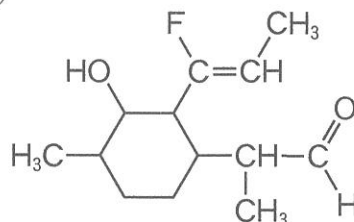
また、セルロースに酢酸、無水酢酸、少量の濃硫酸を十分に作用させると(イ)が得られる。続いて、部分的に加水分解すると(ウ)が生じる。これを(エ)に溶解して細孔から押し出し、(エ)を蒸発させると(オ)という繊維ができる。

(1) 空欄(ア)～(オ)に適切な語句を記入しなさい。

(2) 下線部(a)の化学変化を、構造式を用いた化学反応式で示しなさい。

- 3 有機化合物に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。計算値はすべて有効数字3桁で答えなさい。なお、構造式は例にならって記しなさい。

(例)



鎖式飽和炭化水素はアルカンと総称される。アルカンは空気中で燃焼すると多量の熱を生じるため、燃料として広く利用されているが、不完全燃焼をすると、すすや(ア)が生じる。天然ガスの主成分であるメタンが低温、高圧の一定条件下で、複数の水分子によって形成されるカゴ状構造の中に取り込まれた氷状の物質を(イ)と呼ぶ。(イ)は日本近海にも豊富に存在しており、シェールガスと並び未来のエネルギーとして注目されている。メタンは実験室では(ウ)に強塩基を加えて加熱することで得られる。アルカンは安定で反応性に乏しく塩素と混合しただけでは反応しないが、光を照射するとアルカンの水素原子が塩素原子と置き換わり、塩素が十分にあれば水素原子はさらに塩素原子に置き換わっていく。環状構造を持つ飽和炭化水素をシクロアルカンといい、一般式では(エ)と表される。シクロヘキサンは立体異性体の関係にあるいす形と舟形の構造の平衡混合物であり、この2つの構造のうち(オ)形は不安定なためほとんど存在しない。シクロヘキサンは化学的に安定で反応性に乏しいが、最も炭素数の少ないシクロアルカンである(カ)は歪みが大きく不安定である。このため(カ)は室温で臭素と反応して開環する。アルカンはアルキンに白金や(キ)などの金属を触媒として用いて水素を付加することでも得ることができる。アルキンの1つであるアセチレンは、アルミ箔に包んだ(ク)を水に浸すことで得られる。

問1 文章中の(ア)～(ク)において、(エ)には式を入れ、それ以外には適当な語句を入れなさい。

問 2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパンの燃焼熱は Q kJ とする。

- (1) アルカンの一つであるプロパンは家庭用のガス燃料として用いられている。プロパンが完全燃焼するときの熱化学方程式を書きなさい。
- (2) プロパン 8.80 g が完全燃焼したときに消費される酸素の標準状態 (0°C , 1.013×10^5 Pa, 気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ Pa \cdot L/(K \cdot mol))での体積を計算式とともに答えなさい。なお、酸素は理想気体として考えなさい。
- (3) メタンとプロパンではどちらの方の燃焼熱が大きいか、大きい方を丸で囲みなさい。

問 3 下線部(I)の操作でメタンを捕集する方法として、上方置換、下方置換、水上置換のうち最も適している方法を丸で囲みなさい。

問 4 炭素数が5のシクロアルカンの構造式をすべて書きなさい。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

問 5 下線部(II)の反応の生成物の構造式と化合物名を答えなさい。

問 6 アセチレンに関する以下の問いに答えなさい。

- (1) アンモニア性硝酸銀水溶液にアセチレンを通したところ、白色沈殿が生じた。この反応の化学反応式を答えなさい。
- (2) 赤熱した鉄触媒にアセチレンを触れさせたところ重合反応が起こり、特有のにおいをもつ無色の液体が得られた。この反応で得られた化合物の名称を答えなさい。

生 物

1. 生物は全部で4問題あり，合計9ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ，合計4ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入してください。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

生物にとって重要な物質の一つにタンパク質がある。タンパク質は多数のアミノ酸が鎖状につながって、複雑な立体構造をしている分子である。生物のタンパク質を構成するアミノ酸には20種類あり、アミノ酸の基本構造は1つの炭素原子にアミノ基($-NH_2$)、カルボキシ基($-COOH$)、水素原子($-H$)、および側鎖が結合したものである。側鎖の違いによって、疎水性や親水性などのアミノ酸の性質が異なる。(a)

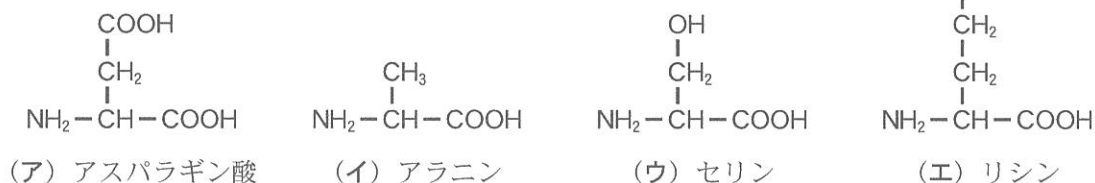
アミノ酸が2個以上結合したものをペプチドといい、ペプチド結合によってつながっている。タンパク質は多数のアミノ酸がつながったポリペプチドからなり、このアミノ酸の並び方を一次構造という。タンパク質は部分的な立体構造である二次構造をもちながら、分子全体としてより複雑な固有の立体構造(三次構造)を形成する。これらの立体構造によって特定の機能をもつことになる。(b)(c)

タンパク質には多くの種類があり、化学反応の触媒作用としてはたらく酵素や物質の輸送など、それぞれが固有のはたらきをもつ。タンパク質は細胞内で合成され、細胞内や細胞外ではたらく。(d)

古くなったタンパク質は、リソソームなどでアミノ酸に分解され、アミノ酸は再利用される。また、タンパク質は呼吸基質となることがある。(e)タンパク質は分解されてアミノ酸になった後、アンモニアを遊離して有機酸になる。この過程を脱アミノ反応という。有機酸は呼吸の過程に入って、水と二酸化炭素に分解される。

問1 下線部(a)に関し、タンパク質を構成するアミノ酸について次の問いに答えなさい。

- (1) 次のアミノ酸(ア)～(エ)がもつ側鎖の性質にあてはまるものを、下記の①～④からすべて選び、番号で答えなさい。



- | | |
|------------------|---------------------|
| ① 親水性の側鎖 | ② 疎水性の側鎖 |
| ③ 酸性(負の電荷をもつ)の側鎖 | ④ アルカリ性(正の電荷をもつ)の側鎖 |

(2) 側鎖に硫黄を含むアミノ酸の名称をすべて答えなさい。

(3) 必須アミノ酸は、どのようなアミノ酸かを説明しなさい。

問 2 下線部(b)に関し、次の問いに答えなさい。

(1) 三次構造には、硫黄どうしが結合して固有の立体構造をとるものもある。この結合の名称と、この結合をもつタンパク質の例を1つあげなさい。

(2) タンパク質の中には四次構造をもつものもある。四次構造をもつタンパク質の例を1つあげ、四次構造とはどのような構造であるかを説明しなさい。

問 3 下線部(c)に関し、ヒトの涙などに含まれているタンパク質にリゾチームがある。ヒトのリゾチームは130個のアミノ酸からなるが、35番目のグルタミン酸と53番目のアスパラギン酸が重要なはたらきをもつとされている。これら2つのアミノ酸が、細菌に対してどのようなはたらきをするのかを説明しなさい。

問 4 下線部(d)に関し、アミラーゼはだ液に含まれる消化酵素である。アミラーゼが、だ液腺の腺細胞で遺伝子の転写から細胞外に分泌されるまでの過程を、次の語句をすべて用いて説明しなさい。

小胞 分泌小胞

問 5 下線部(e)に関し、トリプトファン($C_{11}H_{12}N_2O_2$)が呼吸基質として分解されたときの呼吸商を計算し、小数第3位を四捨五入した値を答えなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

ヒトの体に病原体が侵入すると、まず自然免疫にはたらく細胞が活性化されて、(ア)と総称されるタンパク質を放出し、食細胞の食作用を強くしたり、他の免疫細胞を引き寄せたり、毛細血管を緩めたりして(イ)反応を引き起こす。その後樹状細胞は、抗原の情報を(ウ)という分子に結合して細胞表面に出し、T細胞に提示する。これにより活性化されたヘルパーT細胞がB細胞を活性化し、(エ)というタンパク質である抗体が産生される。

抗体はH鎖とL鎖の2種類のポリペプチドからなる。非常に多くの種類の抗原に対応できる抗体がつくられるためには、特別なしくみが必要である。B細胞の場合、抗体が多様性を獲得するため「再構成」という遺伝子組換えが起きる。抗原と結合する部位を可変部といい、B細胞ごとにアミノ酸配列が異なっている。造血幹細胞からB細胞が成熟・分化する過程で、可変部の遺伝子再構成が生じる。未分化なB細胞にあるH鎖の遺伝子領域にはV、D、Jそれぞれの遺伝子、L鎖の遺伝子領域にはV、Jそれぞれの遺伝子が並んでいる。^(a)
B細胞が成熟するにつれてH鎖はV、D、J遺伝子から、L鎖はV、J遺伝子からそれぞれ1つずつが選ばれ、成熟した^(b)B細胞の遺伝子として再構成される。^(c)再構成の際のDNA切断部位が修復される時、修復に関わる酵素の作用により塩基配列の変化や塩基の挿入などが起き、さらに抗体の多様性は増加する。その後遺伝子から転写され、成熟 mRNA (伝令 RNA)^(d)となり、翻訳を経てH鎖、L鎖ができ抗原を認識する。T細胞のT細胞受容体でもB細胞と同じ酵素のはたらきによって、V、D、J遺伝子の再構成が行われ、多様な抗原を認識できる。^(e)しかし、B細胞ではさらにT細胞と異なるしくみがある。抗原により活性化された後に別の酵素のはたらきにより、V遺伝子に高頻度に一塩基単位の変異が生じ、そのことによりV遺伝子が翻訳された可変部(V領域という)となっ^(f)て^(g)より強く抗原と結合できる抗体が産生されることが知られている。

問1 文中の(ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問2 H鎖の遺伝子について、下線部(a)、(c)、(d)では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。

①～④のうち、(a)、(c)、(d)の遺伝子と同等の長さのPCR産物が得られるものをすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 分化したB細胞から抽出したDNA
- ② 分化したB細胞から抽出したRNAをもとに逆転写酵素で作成したcDNA
- ③ マクロファージから抽出したDNA
- ④ 肝臓から抽出したDNA

問 3 下線部(b)について、H鎖のV遺伝子が40種類、D遺伝子が23種類、J遺伝子が6種類、L鎖のV遺伝子が60種類、J遺伝子が5種類とすると、これだけで考えられるH鎖とL鎖からなる抗体の可変部の遺伝子の組み合わせは何通りになるか答えなさい。

問 4 下線部(c)と(d)の配列の長さが異なるのはどういうしくみによるか、しくみの名称を答えなさい。

問 5 下線部(e)、(f)に関して、再構成、および高頻度の一塩基変異にはそれぞれ別々の酵素のはたらきが必要である。再構成に関わる酵素(e)に生まれつき遺伝子異常があつて酵素のはたらきが低い場合(E)と、下線部(f)に関する酵素に生まれつき遺伝子異常があつて酵素のはたらきが低い場合(F)があり、(E)、(F)ともに感染症にかかりやすい病気になる。しかし(E)と(F)を比べると感染症のかかりやすさに違いがある。かかりやすさの違いを簡単に説明しなさい。またその違いが生じる理由を推察し、以下の語句をすべて使って説明しなさい。

抗体 T細胞 B細胞 病原体 体液性免疫 細胞性免疫

問 6 下線部(g)に関して、B細胞が抗原によって活性化されると、高頻度の一塩基変異がランダムにV遺伝子におこり、抗体可変部のV領域が変化して、より強く抗原と結合できる抗体がつくられることにつながるといわれている。一塩基の変異がランダムに起きた遺伝子から作られた抗体の中から、より結合性の高い抗体が生み出される理由を推察し、以下の語句をすべて使って説明しなさい。

アミノ酸 構造 選択

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、文章中の対立遺伝子(アレル)A と a, B と b, D と d は、それぞれ大文字を優性(顕性)、小文字を劣性(潜性)の対立遺伝子とする。また、遺伝子型(遺伝型)において「-」は優性遺伝子および劣性遺伝子どちらでもよい場合を示す。

地球には多様な生物がいる。生物は共通の特徴をもちつつ、それぞれに特有な形や性質をもっている。生物の遺伝的な多様性の源泉は、突然変異による DNA 配列の変化である。また、生物の生殖方式には無性生殖と有性生殖があるが、有性生殖は遺伝的な多様性を生み出すことに寄与している。^(a)一方で、無性生殖には環境が適していれば短期間に個体数を増やすことができるという利点がある。^(b)

生物の遺伝する形質を規定する要素を遺伝子といい、複数の遺伝子が一つの形質に寄与していることもある。例えば、ニワトリの鶏冠(トサカ)の形質には、別々の染色体上に存在する2対の遺伝子(A/a および B/b)が関与している。優性である A 遺伝子と優性である B 遺伝子を少なくとも一つずつもつ場合(A-B-)、鶏冠の形態はクルミ冠となる。同様に、A 遺伝子を少なくとも一つもつが B 遺伝子をもたない場合(A-bb)はバラ冠、A 遺伝子をもたないが B 遺伝子を少なく

遺伝子型	表現型
A- B-	クルミ冠
A- bb	バラ冠
aa B-	マメ冠
aa bb	単冠

表1

とも一つもつ場合(aaB-)はマメ冠、A 遺伝子と B 遺伝子両方をもたない場合(aabb)は単冠となる。遺伝子型と対応する鶏冠の表現型をまとめたものを表1に示す。純系のバラ冠のニワトリ(AAbb)と純系のマメ冠のニワトリ(aaBB)を交配すると、得られる雑種第1世代の個体はすべて(ア)となる。さらに、得られた雑種第1世代の個体同士を交配すると、雑種第2世代ではクルミ冠、バラ冠、マメ冠、単冠が分離比(イ)で得られる。また、雑種第1世代の個体に単冠の個体を交配すると、クルミ冠、バラ冠、マメ冠、単冠が分離比(ウ)で得られる。

問1 下線部(a)について、自然環境で無性生殖を行うことができる生物を下の7つの生物の中からすべて選びなさい。

酵母 ハツカネズミ ジャガイモ ヒト
ヒドラ ゾウリムシ メダカ

問2 下線部(b)について、有性生殖に際して遺伝的な多様性を引き起こすしくみを2つ答えなさい。

問3 文中の(ア)に入る鶏冠の表現型を答えなさい。また、(イ)および(ウ)に入る分離比をそれぞれ答えなさい。

問 4 遺伝子 A と同じ染色体上に脚の表現型を決める遺伝子 D/d が存在するものとする。劣性遺伝子 d をホモ接合でもつ個体 (dd) は正常脚となり、優性遺伝子 D と劣性遺伝子 d をヘテロ接合でもつ個体 (Dd) は短脚となる。ところが、優性遺伝子 D をホモ接合でもつ個体 (DD) は胚の時期に死亡し卵は孵化しない。バラ冠で正常脚の個体 (AAbbdd) と単冠で短脚の個体 (aabbDd) を交配した時、正常に孵化してくる次世代個体の遺伝子型をすべて答えなさい。

問 5 問 4 で得られた次世代個体のうち、短脚の表現型を示す個体どうしを交配した。得られる個体の表現型 (バラ冠・短脚, バラ冠・正常脚, 単冠・短脚, 単冠・正常脚) の予想される理論上の比を答えなさい。遺伝子 AD 間の組換え価は 20% である。

問 6 同じ染色体上の A 遺伝子と D 遺伝子の間に、ある表現型を決める E 遺伝子 (E/e) があり、交配によって AE 間, ED 間, AD 間のそれぞれの組換え価を求めたところ、図 1 のように AE 間の組換え価 (8%) と ED 間の組換え価 (14%) の合計は AD 間の組換え価 (20%) よりも大きくなった。その理由について説明しなさい。

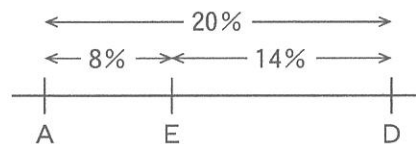


図 1

4 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

動物は遺伝的にプログラムされた様々な生得的な行動を行う。ある刺激を受けて常に定まった行動を示す場合、この刺激をかぎ刺激という。トゲウオ(イトヨやハリヨなどの総称)は、春になると、性ホルモンのはたらきで、雄の腹部は婚姻色を示し、川や池の深いところに水草を集めて巣をつくる。同種の別の雄が近づくと、攻撃して追い払う生得的行動を示す。腹部の色という情報が雄の神経で処理され、攻撃行動が引き起こされたのである。巣に近づいてきたのが雌である場合、雌の特徴がかぎ刺激となって雄は求愛行動を行う。雌が求愛に応じると、次々と相手の行動がかぎ刺激となって行動の連鎖が進み、巣の中で産卵が行われる。

周囲からの特定の刺激に対して、特定の方向に向かって反応する行動を定位という。メンフクロウは視覚がほとんど役に立たない暗闇の中でも、獲物の居場所を正確に特定し、すばやく飛び立って捕えることができる。このとき、獲物がある方角は、獲物が動いたときなどに立てるわずかな音だけをたよりに判断している。同じ獲物が立てた音でも場所によって左右の耳に到達した音は異なっている。また、メンフクロウの右耳は眼より下方で上向きに、左耳は眼より上方で下向きに開口しており、このような左右非対称の形態は定位に役立っていると考えられる。その情報の差は神経回路で処理された後、統合されることによって3次元の聴覚空間地図が脳内につくりあげられる。

伝書バトが見知らぬ遠距離の土地からでも帰巣することができるのは、地磁気や他の情報を利用して定位を行うからである。ハトの内耳には壺のうと呼ばれる部位があり、地磁気を受容にはたらく。壺のうは鉄を含む耳石をもつため生体磁石ともよばれ、地磁気を検知した耳石が感覚毛を刺激し、方角を決めていると考えられる。

体外に分泌された物質が、かぎ刺激として同種の個体に特有の定まった反応を起こさせる場合、この物質をフェロモンという。フェロモンには異性を引き寄せる性フェロモンなどいろいろな種類がある。

問 1 下線部(a)について、腹部の婚姻色が攻撃行動のかぎ刺激であることはどのような実験で確かめることができるか、実験の方法と観察される行動について80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 2 下線部(b)について、雄の求愛行動を引き起こすかぎ刺激は雌のどのような特徴か。また、雄はどのような求愛行動を行うか、答えなさい。

問 3 下線部(c)について、耳に到達した音は左右で何が異なっているか、2つ答えなさい。

- 問 4 下線部(d)について、メンフクロウの左右非対称な耳は定位にどのように役立っていると考えられるか、50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。
- 問 5 下線部(e)について、ハトが定位に利用している情報は地磁気の他に何があるか、答えなさい。
- 問 6 下線部(f)について、壺のうがハトの帰巢に役立っていることはどのような実験で確かめることができるか、実験の方法と観察されるハトの行動について40字以内(句読点を含む)で答えなさい。
- 問 7 下線部(g)について、性フェロモンの他にどのようなフェロモンがあるか、名称を2つ挙げてそれぞれのはたらきを答えなさい。