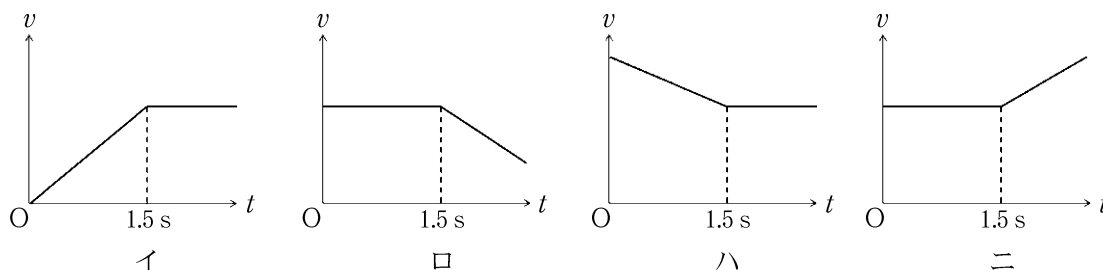


図1は x 軸上を運動する質量 1.0 kg の小球の様子を撮影したストロボ写真である。このストロボの発光間隔は 0.50 s である。小球が $x = 0\text{ m}$ の位置に写った時刻を $t = 0\text{ s}$ とすると、時刻 $t = 2.0\text{ s}$ と 3.0 s の位置はそれぞれ $x = 7.75\text{ m}$ と 9.75 m である。ストロボ写真には時刻 $t = 3.0\text{ s}$ までの運動しか写っていないが、その後も小球は運動を続けた。小球は時刻 $t = 1.5\text{ s}$ までは等速度で運動し、時刻 $t = 1.5\text{ s}$ 以後は x 軸に対して平行な一定の力を受けて等加速度で運動した。以下の問いに答えよ。

- (1) 小球の速度 v と時刻 t の関係を表す v - t 図として最も適切なものを次のイ～ニから1つ選び記号で答えよ。



- (2) 時刻 $t = 1.5\text{ s}$ までの小球の速度の大きさを求めよ。また、速度の向きを{イ. x 軸正の向き, ロ. x 軸負の向き}から選び記号で答えよ。
- (3) 時刻 $t = 1.5\text{ s}$ での小球の運動エネルギーを求めよ。
- (4) $1.5\text{ s} \leq t \leq 2.0\text{ s}$ における小球の平均の速度の大きさを求めよ。
- (5) $2.0\text{ s} \leq t \leq 2.5\text{ s}$ における小球の平均の速度の大きさを求めよ。
- (6) 時刻 $t = 1.5\text{ s}$ 以後の小球の加速度の大きさを求めよ。また、加速度の向きを{イ. x 軸正の向き, ロ. x 軸負の向き}から選び記号で答えよ。
- (7) 時刻 $t = 1.5\text{ s}$ 以後に小球が受ける力の大きさを求めよ。また、力の向きを{イ. x 軸正の向き, ロ. x 軸負の向き}から選び記号で答えよ。
- (8) 小球の速度がゼロになる時刻を求めよ。
- (9) 小球の速度がゼロになる位置を求めよ。
- (10) (8)の時刻以後で小球が $x = 6.0\text{ m}$ の位置を通過する時刻を求めよ。

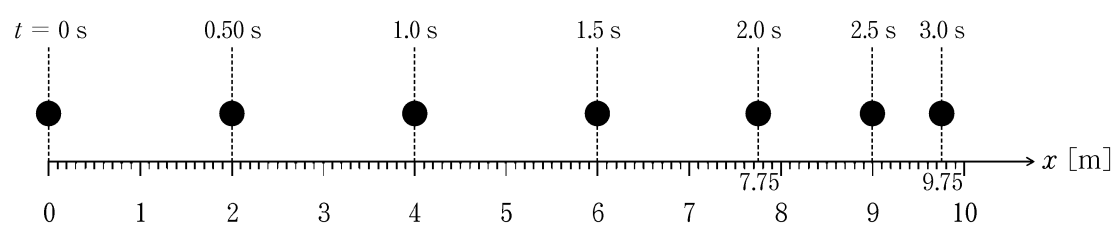


図 1

2

(物理) 屈折率の異なる三層の媒質が図 2 のように重なっており、そこに真空中の波長が λ の単色光を入射させる。媒質 1 は空気 (屈折率 1) とし、媒質 2, 媒質 3 の屈折率をそれぞれ n_2, n_3 とすると、 $1 < n_3 < n_2$ の関係を満たす。また、媒質 2 の厚さを d とする。以下の文中の空欄 (3), (7), (8) には語句を記入し、その他の空欄には数式を記入しなさい。

一般に、光が屈折率 n の物質中を進むとき、光の速さは真空中の $\boxed{(1)}$ 倍となる。よって、光がこの媒質中を距離 l だけ進む時間に、真空中であれば光は距離 $\boxed{(2)}$ だけ進む。この距離のことを $\boxed{(3)}$ と呼ぶ。

図 2 のように光が媒質 1 から媒質 2 に斜めに入射するとき、入射角 θ_1 , 屈折角 θ_2 と屈折率 n_2 との間には $\boxed{(4)}$ の関係がある。入射する光は、ABCDGH を通る経路①と EFGH を通る経路②をそれぞれ通過し、点 G で重なり合う。このとき、異なる経路を通った光の (3) の差を考える。図中の AE, BF, および CG は光の波面であり、波面は光の進行方向と垂直となる。図中の波面 BF の位置までは、どちらの経路でも同じ媒質 1 中を進むが、その後、経路①を進む光が媒質 2 中の経路 BC を進む間に、もう一方の経路②を進む光は媒質 1 中の経路 FG を進む。このため、経路①の光は経路 CDG の長さの分だけ媒質 2 中を余分に進んだのち、経路②を進んだ光と点 G で重なり合う。BD および DG の長さを d と θ_2 から求め、 $\angle BGC$ が θ_2 となることを利用すると、経路 CDG の長さは $\boxed{(5)}$ となる。よって、2 つの経路の (3) の差は、屈折率 n_2 を用いて $\boxed{(6)}$ と表される。

経路①と②を通った光の点 G での干渉を考えると、この 2 つの経路の (3) の差に加え、反射による位相の変化も考慮する必要がある。屈折率の小さい媒質 1 から光が入射し、屈折率の大きい媒質 2 との境界面で光が反射するとき、波の $\boxed{(7)}$ 端反射と同様に位相が π (半波長分) 変化する。一方、屈折率の大きい媒質 2 から光が入射し、屈折率の小さい媒質 3 の境界面で光が反射するとき、波の $\boxed{(8)}$ 端反射と同様に位相は変化しない。よって、点 H で観測される光が強めあう条件式は、(6) の式と波長 λ , および任意の整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いて $\boxed{(9)}$ と表される。点 H で光が強めあっている状態から媒質 2 の厚みを d から増やしていくと、次に光が強めあう厚さは $d, \lambda, n_2, \theta_2$ を用いて $\boxed{(10)}$ と表される。

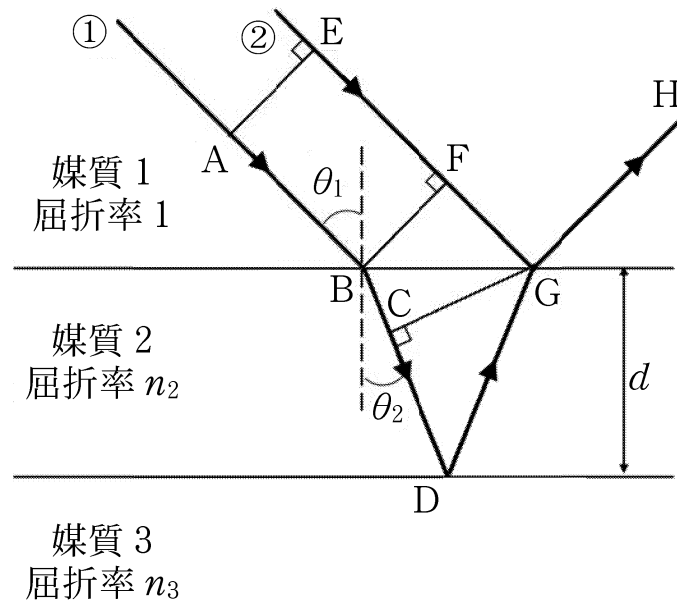


图 2

次の各設問に答えよ。

1. 次の (1) ～ (6) の各設問に記号で答えよ。

(1) 次の a ～ e の分子のうち、分子内に 2 組の共有電子対と 4 組の非共有電子対をもつものを記号で答えよ。

a. CH_4 b. H_2O c. N_2 d. O_2 e. CO_2

(2) 次の a ～ e の元素のうち、電気陰性度がもっとも大きいものを記号で答えよ。

a. H b. C c. N d. O e. F

(3) 次の a ～ e の分子のうち、分子内の結合には極性があるが、分子全体として極性がないものを記号で答えよ。

a. H_2 b. H_2O c. HF d. CO_2 e. NH_3

(4) 次の a ～ e の 2 つの元素の組合せのうち、2 つの元素が遷移元素であるものを記号で答えよ。

a. Na と Al b. Fe と Cu c. Ag と Zn d. Ca と Hg e. Mg と Zn

(5) pH (水素イオン指数) が 2 の水溶液の水素イオン濃度は、pH が 4 の水溶液の水素イオン濃度の何倍か。次の a ～ e のうちからもっとも適当なものを記号で答えよ。

a. 0.01 倍 b. 0.5 倍 c. 2 倍 d. 8 倍 e. 100 倍

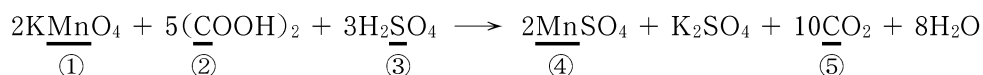
(6) 次の a ～ e の塩を含む水溶液のうち、その水溶液が酸性を示すものを記号で答えよ。

a. Na_2SO_4 b. Na_2CO_3 c. NH_4Cl d. CaCl_2 e. CH_3COONa

2. 次の (1) ～ (5) の各設問に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.0$, $N = 14$, アボガドロ定数は $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) での 1 mol の気体の体積は 22.4 L とする。なお、計算結果はいずれも有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) 標準状態で気体の体積が 1.12 L のアンモニアの物質量は何 mol か答えよ。
- (2) 標準状態で気体の体積が 1.12 L のアンモニアの質量は何 g か答えよ。
- (3) 標準状態で気体の体積が 1.12 L のアンモニアに含まれているアンモニア分子の数は何個か答えよ。
- (4) 標準状態で気体の体積が 1.12 L のアンモニアをすべて水に溶かして 200 mL とした。このアンモニア水のモル濃度は何 mol/L か答えよ。
- (5) (4) のアンモニア水 10.0 mL を過不足なく中和するためには、 0.100 mol/L の塩酸が何 mL 必要か答えよ。

3. 硫酸酸性水溶液中での過マンガン酸カリウム KMnO_4 とシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ の反応は以下の化学反応式で表される。この反応に関し、次の (1) ～ (3) の各設問に答えよ。



- (1) 下線を引いた原子 ① ～ ⑤ の酸化数をそれぞれ答えよ。
- (2) この反応で KMnO_4 は (a) 酸化剤, (b) 還元剤のどちらのはたらきをしているか。記号で答えよ。
- (3) 濃度未知の KMnO_4 水溶液 10.0 mL に、硫酸酸性のもとで 0.0500 mol/L $(\text{COOH})_2$ 水溶液を 12.0 mL 加えると、 KMnO_4 と $(\text{COOH})_2$ は過不足なく反応した。この KMnO_4 水溶液のモル濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で答えよ。

次の各設問に答えよ。

1. 次の文章を読み, [a] ~ [e] の空欄にあてはまる適切な有機化合物の物質名をそれぞれ答えよ。

アセチレン 1 分子に白金やニッケルを触媒として水素 1 分子を付加させると [a] が生じ, アセチレン 1 分子に同様の触媒を用いて水素 2 分子を付加させると [b] が生じる。アセチレン 1 分子に酢酸亜鉛を触媒として酢酸 1 分子を付加させると [c] が生成する。また, 硫酸水銀(II)を触媒として, アセチレン 1 分子に水 1 分子を付加させると, 不安定な [d] を経て, その異性体である [e] が生成する。

2. 次の文章を読み, (1) および (2) の各設問に答えよ。

硫黄は周期表の [ア] 族に属する典型元素で, その原子は [イ] 個の価電子をもち, [ウ] 価の陰イオンになりやすい。単体の硫黄には斜方硫黄・[エ] 硫黄・ゴム状硫黄などの同素体がある。

硫黄は空気中で点火すると, 青い炎を上げて燃焼し, 二酸化硫黄になる。二酸化硫黄は, 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると発生する。硫化水素を含む水溶液に二酸化硫黄を吹き込むと, 硫黄の単体が遊離する。

- (1) [ア] ~ [エ] の空欄にあてはまる適切な数値または語句をそれぞれ答えよ。

- (2) 下線部 ① ~ ③ の反応をそれぞれ化学反応式で答えよ。

3. アルミニウムの結晶の単位格子は、その単位格子の一辺が $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の図4のような立方体である。これに関し、次の(1)～(5)の各設問に答えよ。ただし、原子量は $\text{Al} = 27$ 、アボガドロ定数は $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、 $\sqrt{2} = 1.4$ とする。

- (1) 図4のアルミニウムの結晶の単位格子は、(a)面心立方格子、(b)体心立方格子のどちらか。記号で答えよ。
- (2) この単位格子中に含まれるアルミニウム原子の数は何個か答えよ。
- (3) アルミニウム原子の半径は何 cm か。有効数字2桁で答えよ。
- (4) アルミニウムの結晶 1.0 cm^3 には何個の原子が含まれているか。有効数字2桁で答えよ。
- (5) アルミニウムの結晶の密度は何 g/cm^3 か。有効数字2桁で答えよ。

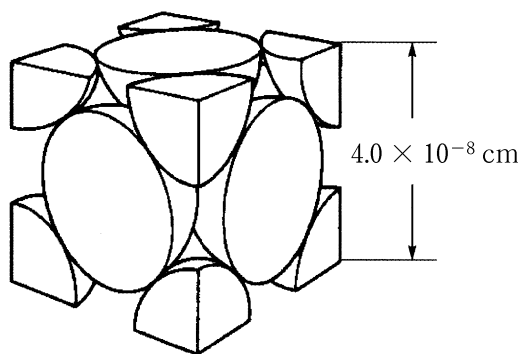


図4

次の文章を読み、下記の設問（問1～5）に答えよ。

血液中のグルコースを血糖という。ヒトの血糖濃度は（ア）%前後に調整されている。食事後、血糖濃度が急激に上昇すると、すい臓の（イ）のB細胞からインスリンが分泌される。また、血糖濃度の高い血液が間脳の（ウ）を流れると、血糖濃度の調節中枢からの信号が、副交感神経¹を通じてすい臓に伝わり、インスリンの分泌を促す。インスリンは、標的細胞でのグルコースの取りこみと消費を促進するとともに、ヒトでは最大の臓器である（エ）や筋肉でのグルコースからグリコーゲンへの合成を促進する。その結果、血糖濃度が低下して、通常の濃度にもどる。逆に、激しい運動などによって血糖濃度が低下すると、交感神経を通じて副腎髄質からはアドレナリン²が、副腎皮質からは糖質コルチコイドが分泌される。また、血糖濃度の低い血液による直接の刺激や、交感神経の刺激により、すい臓の（イ）のA細胞からは（オ）が分泌される。これら3つのホルモンのはたらきにより、血糖濃度は上昇し、通常の濃度に戻る。

慢性的に血糖濃度が高くなる病気が糖尿病³で、主にⅠ型とⅡ型がある。Ⅰ型糖尿病では、インスリン分泌細胞が破壊され、食後でもインスリンがほとんど分泌されなくなる。Ⅱ型糖尿病は、遺伝・加齢・生活習慣などが原因で、インスリンの分泌量が低下したり、標的細胞がインスリンを受け取れなくなったりする。糖尿病の治療には、運動療法や食事療法、薬物療法などがあり、インスリンを投与する必要のある人もいる。また、糖尿病では、尿中にグルコースが排出されることがある⁴。

問1 文章中の空欄（ア）～（オ）に入る適切な数字もしくは語句を答えよ。

問2 下線部1の副交感神経の作用として適当なものを次から4つ選び、番号で答えよ。

- ① 瞳孔の拡大 ② 血圧の上昇 ③ 心臓拍動の抑制 ④ 気管支の収縮 ⑤ 立毛筋の弛緩
⑥ 排尿の促進 ⑦ 胃腸ぜん動の促進 ⑧ 皮膚の血管の収縮 ⑨ 発汗の促進

問3 下線部2のアドレナリンについて述べた次の文章のうち正しいものを1つ選び、番号で答えよ。

- ① アドレナリンは酵素の一種で、感情をたかぶらせる作用がある。
② 皮膚や血液の温度が上昇すると、アドレナリンが分泌される。
③ 体の水分量が減少し体液の塩類濃度が上昇すると、アドレナリンが大量に分泌される。
④ アドレナリンは、肝臓に貯蔵されているグリコーゲンの分解を促し、血糖濃度を上昇させる。
⑤ アドレナリンは、組織中のタンパク質からのグルコースの合成を促し、血糖濃度を上昇させる。

問4 下線部3の糖尿病の診断法に、空腹時に75gのグルコースを飲み、その前後で血糖量や血液中のインスリン濃度などを調べる糖負荷検査がある。図1は、3人の被験者(A, B, C)の糖負荷検査の結果である。3人の被験者は、(Ⅰ)Ⅰ型糖尿病の可能性のある患者、(Ⅱ)インスリンを投与しても症状の改善が見込めないと診断された患者、(Ⅲ)健康な人、のどのタイプに分類されるか、各タイプに相当する被験者をA～Cの記号からそれぞれ1つずつ選べ。

問5 下線部4の現象について、腎臓の機能を説明した以下の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

尿は血液から2つの過程を経てつくられる。まず、血液は腎臓へ送られ、腎小体の(カ)からボーマンのうへろ過されて原尿になる。次に、(キ)で原尿から体に必要な物質が毛細血管へ再吸収される。(キ)を通過した原尿は集合管へ送られ、さらに水分などが再吸収されて残りが尿となる。健康な人であれば、グルコースは(キ)を通過する段階でほぼ100%再吸収されるが、糖尿病の患者の場合は、過剰なグルコースを再吸収しきれないため、尿中にグルコースが排出されることがある。

(1) 文章中の空欄(カ)と(キ)に入る腎臓の構造をあらわす適切な語句を答えよ。

(2) (カ)でろ過されないものを以下から2つ選び、番号で答えよ。

① 赤血球 ② 尿素 ③ グルコース ④ ナトリウム ⑤ 水 ⑥ タンパク質

(3) 図2は、血しょう中のグルコース濃度と、毎分あたり原尿中にろ過されるグルコース量(実線)および毎分あたり尿中に排出されるグルコース量(点線)を示すグラフである。このグラフから読み取れることは何か、次の中から適切なものを4つ選び、番号で答えよ。

- ① 血しょう中のグルコース濃度が約2 mg/mLに達すると、尿中にグルコースが排出されはじめる。
- ② 血しょう中のグルコース濃度が約3 mg/mLに達すると、尿中にグルコースが排出されはじめる。
- ③ 毎分あたり再吸収できるグルコース量の上限は、約150 mgである。
- ④ 毎分あたり再吸収できるグルコース量の上限は、約350 mgである。
- ⑤ グラフに示されたる過量のデータの範囲内では、血しょう中のグルコース濃度が約3 mg/mLに達すると、毎分あたり再吸収できるグルコース量は、ほぼ一定になる。
- ⑥ グラフに示されたる過量のデータの範囲内では、血しょう中のグルコース濃度によらず、毎分あたり再吸収できるグルコース量は、ほぼ一定である。
- ⑦ グラフに示されたる過量のデータの範囲内では、血しょう中のグルコース濃度によらず、毎分あたりろ過されるグルコース量は、ほぼ一定である。
- ⑧ グラフに示されたる過量のデータの範囲内では、血しょう中のグルコース濃度が2倍になれば、毎分あたりろ過されるグルコース量も2倍になる。

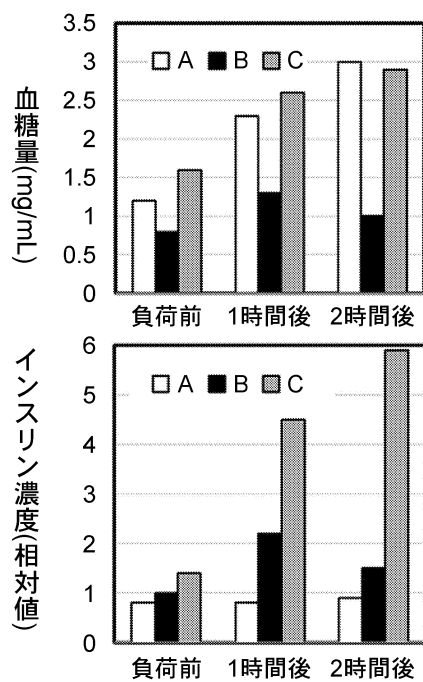


図 1

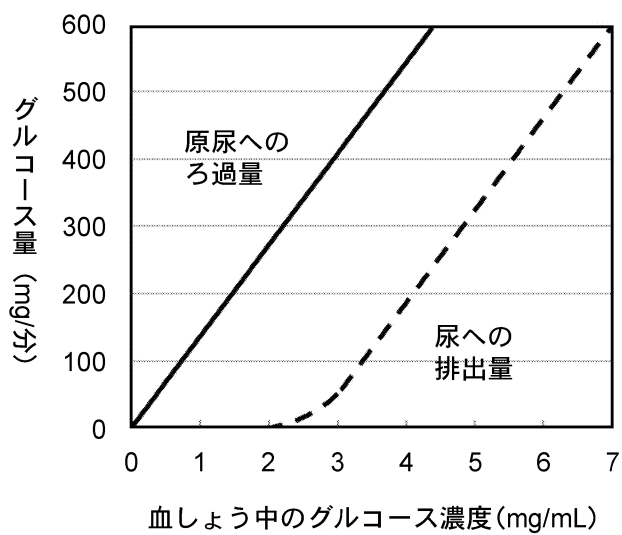


図 2

6

(生物)

植物の成長と環境応答に関する次の文章を読み、下記の設問（問1～問7）に答えよ。

植物は様々な環境の影響を受けながら成長し一生を送っている。被子植物の器官は大きく葉、茎、根に分けられ、根の先端の分裂組織である（ア）組織からは根、茎の先端の分裂組織である（イ）組織からは茎、葉、花などがそれぞれ作られる。（イ）組織で分裂した細胞は10倍以上の長さに成長するが、細胞体積の増加¹はほとんど吸水によって起こる。

環境変化による植物の成長には様々な植物ホルモン²がはたらいている。植物ホルモンの1つであるオーキシンは細胞壁の緩みを引き起こし、吸水を促進するはたらきを持つ。さらに、植物は、頂芽が盛んに成長をしているときには下方の側芽の成長が抑制される（ウ）という現象を示すことが多く、これにもオーキシンは関わっている。頂芽を切り取ったあとにオーキシンを塗っておくと側芽の成長が抑制され、頂芽のあるなしにかかわらず側芽に植物ホルモンの1つである（エ）を塗ると側芽の成長が起こる。

植物は光や接触など外部から刺激を受けると、屈曲することがある。このように外界からの刺激に反応して屈曲するのも成長の一種である。植物が刺激の方向に対して一定の方向に屈曲すること³を屈性と言い、刺激の方向にかかわらず屈曲することを傾性という。一般的に植物体を水平に保つと、茎は上方に屈曲し根は下方に屈曲する。

問1 本文中の空欄（ア）～（エ）に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

問2 下線部1について、植物の細胞の体積増加において、形や大きさが著しく変化する細胞内構造として最も適切なものを、以下から1つ選び記号で答えよ。

- ① ミトコンドリア ② 葉緑体 ③ 液胞 ④ 核

問3 下線部2について、一般に植物体から小片を切り出し、栄養分や植物ホルモンを含む適当な培地で培養すると、未分化な細胞塊として増殖する。この未分化な細胞の塊をなんというか、その名称を答えよ。

問4 下線部3について、次の現象①～④は屈性と傾性のどちらに当てはまるか。それぞれ番号で答えよ。

- ① オジギソウの葉は、触れられるとすぐに葉がとじる。
- ② 花粉管は、胚のうに向かって伸長する。
- ③ チューリップの花は、温度が上昇するにつれ開く。
- ④ キュウリの巻きひげは、支柱に接触すると支柱にまきつく。

問5 下線部3について、光屈性の刺激受容には、ある光受容体が関与している。気孔の開口にも関わるこの光受容体の名称を答えよ。

問6 下線部3について、植物の芽ばえを暗所で水平におくと、茎は負の重力屈性を示し、根は正の重力屈性を示すことが知られている。茎でも根でもオーキシンは下方（重力方向）に移動して、下側のオーキシン濃度が同じように高くなるにもかかわらず、茎と根が反対の重力屈性を示すのはなぜか。そのしくみを、40文字以上60文字以内で説明せよ。

問7 下線部3について、ボイセン イェンセンはマカラスムギの幼葉鞘を使って、雲母片やゼラチン片を挿入し先端部に一方向から光を当てて下記の1～5のような実験を行った。以下の問(1)および(2)に答えよ。ただし、光のくる側をA、光の反対側をBとする。

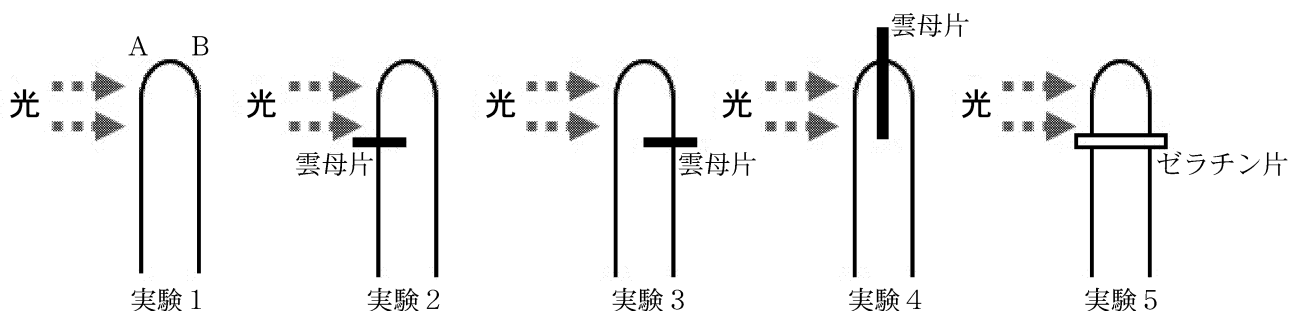
実験1：幼葉鞘の先端にA側からB側に向かって光を当てた結果、A側に曲がりながら伸びた。

実験2：先端部に雲母片をA側に差し込み、実験1と同様に光を当てた結果、A側に曲がりながら伸びた。

実験3：先端部に雲母片をB側に差し込み、実験1と同様に光を当てた結果、屈曲しなかった。

実験4：先端部に光に垂直に雲母片を差し込み、実験1と同様に光を当てた結果、（オ）。

実験5：先端部を一度切り取り、間に水溶性物質を通すゼラチン片をはさみ、実験1と同様に光を当てた結果、（カ）。



(1) 前記の（オ）および（カ）に当てはまる文を①～③から選んでそれぞれ1つずつ番号で答えよ。

- ① A側に曲がりながら伸びた ② B側に曲がりながら伸びた
- ③ 屈曲しなかった

(2) 前記のようなボイセン イェンセンの実験から示されたことは何か。以下の文章①～④のうち、最も適切なものを1つ選び番号で答えよ。

- ① 光刺激の情報は、先端部でつくられた脂溶性の物質が、光のくる側を通過して下方へ移動することによって伝えられる。
- ② 光刺激の情報は、先端部でつくられた脂溶性の物質が、光の反対側を通過して下方へ移動することによって伝えられる。
- ③ 光刺激の情報は、先端部でつくられた水溶性の物質が、光のくる側を通過して下方へ移動することによって伝えられる。
- ④ 光刺激の情報は、先端部でつくられた水溶性の物質が、光の反対側を通過して下方へ移動することによって伝えられる。