

(令6志理) 総合問題 II

問題部分 1 ～ 10 ページ

[第1問： 1 ～ 2 ページ]

[第2問： 3 ～ 4 ページ]

[第3問： 5 ～ 10 ページ]

注意事項

- (1) 使用できるもの：黒鉛筆・シャープペンシル・プラスチック製の消しゴム・小型鉛筆削り・時計等、「受験者心得」で指示したもの。
- (2) 受験番号欄は各答案用紙の解答欄と評点欄の2か所、氏名欄は解答欄に1か所あります。受験番号は5けたの数字を枠内に1字ずつ明確に記入してください。
- (3) 受験番号及び氏名を指示されたところ以外に記入した場合や受験番号の数字が判別できない場合、採点の対象になりません。
- (4) 解答は、黒鉛筆またはシャープペンシルで答案用紙の所定の欄に、明確に記入してください。
- (5) 答案用紙の裏面には何も記入してはいけません。
- (6) 答案用紙に指示された以外のことを記入しても採点の対象になりません。
- (7) 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より 2問を選択・解答してください。医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より 1問を選択・解答してください。
- (8) 選択・解答した問題番号を、別紙「選択問題登録用紙」に登録してください。登録した選択問題以外の問題を答案用紙に解答しても、採点の対象とはなりません。

- ・ 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より 2問を選択・解答してください。
- ・ 医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より 1問を選択・解答してください。

第1問

計算のために必要であれば、以下の値を用いよ。

気体定数：0.0821 atm・L/(mol・K)，ファラデー定数：96500 C/mol

I (配点率 17% 医学部保健学科のみ配点率 34%)

周期表および元素，原子に関する以下の文中の(ア)～(チ)に当てはまる適当な語句，数字，あるいは記号を解答欄に記入せよ。

問1 電池材料として使用される原子番号 3 の元素(ア)は水と反応して(イ)を発生しながら(ウ)に変化する。また，この金属は密度が低く水に投入すると水面に浮く。

問2 原子番号 12 の元素(エ)の族は(オ)と呼ばれ，中性原子は電子(カ)個を放出して(カ)価の(キ)になりやすい。

問3 原子番号 15 の元素(ク)は植物の成長に必要な肥料の成分であり，日本国内での自給率はほぼゼロで輸入に頼っている。他の元素(ケ)および(コ)とあわせて，植物の成長に必要な三大要素と呼ばれている。

問4 原子番号 1 の元素(サ)には，質量数が異なる3つの(シ)が存在する。そのうちの質量数 1 の(シ)，および(ス)と呼ばれる質量数 2 の(シ)は化学的に(セ)であり，質量数が 3 である(ソ)の原子核は(タ)な状態である。福島第一原子力発電所の処理水の海洋放出において国際的な関心事となっている。

問5 原子の最外殻電子1個を放出させるために必要なエネルギーは(チ)である。

II (配点率 16 % 医学部保健学科のみ配点率 32 %)

II-a 中和滴定に関する以下の問い(問1, 問2)に答えなさい。

問1 塩を溶解して, ある濃度の水溶液を調製する場合にはメスフラスコを使用することが多い。操作の最後においてイオン交換水を加えてメスフラスコの標線に合わせる場合の正しい液面の合わせ方を図示せよ。

問2 濃度が不明な塩酸水溶液の塩酸濃度を決定するために, 濃度既知の水酸化ナトリウム水液を用いて中和滴定を行った。中和点を判定するために指示薬としてフェノールフタレインを用いた。

(1) 下線部のフェノールフタレインの中和操作過程における変色について説明し, この中和滴定において指示薬としてフェノールフタレインの選択が適切であることを説明せよ。

(2) 中和点を求める際の中和点付近での滴定操作について, 注意すべき点を含めて説明せよ。

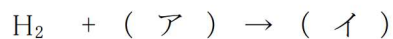
II-b 以下の問3に答えよ。

問3 Cu の安定同位体には質量数 63, 65 がある。Cu の原子量が 63.6 であることから質量数 63 および 65 の割合を有効数字 2 桁で求めよ。

III (配点率 17 %, 医学部保健学科のみ配点率 34 %)

水素燃料電池の発電に関する以下の問い(問1~3)に答えよ。

問1 下の水素燃料電池で電力を発生させるための化学反応式中の(ア), (イ)に適語を答えよ。



問2 1.00 A の電流を得るために必要な 1 時間あたりの水素供給量を求めよ。水素供給量は 25.0°C, 1.00 atm における体積(L)として有効数字 3 桁で示せ。なお, 上記反応での電子の供給は 2 電子であるとして考え, 気体は理想気体と考えてよい。

問3 上記反応の 25.0°Cでの理論電圧は 1.23 V である。回路の抵抗などにより電圧が低下するが実質発電電圧が 0.600 V であるとして, 1.00 kW の電力を得るために必要な単位時間あたりの水素の供給量を求めよ。水素供給量は 25.0°C, 1.00 atm における体積(L)を有効数字 3 桁で示せ。

第 2 問

I (配点率 18% 医学部保健学科のみ配点率 36%)

図 2-1 のように単原子分子理想気体が内径 200mm の円筒シリンダーに封入されており、ピストンには質量 20.0 kg のおもりが置かれている。シリンダー、ピストンは熱をよく伝える材料で作られており、ピストンの重さは無視できるとする。初め、外部の気圧は 1.00×10^5 Pa, 気温は 300 K, シリンダー内部の底からピストンまでの高さが 500 mm であった。シリンダー内の気体の温度は外部の気温と同じで維持されるとした場合について、以下の問い(問 1~2)に答えよ。なお、気体定数は 8.31 J/(mol·K), 重力加速度は 9.81 m/s² である。

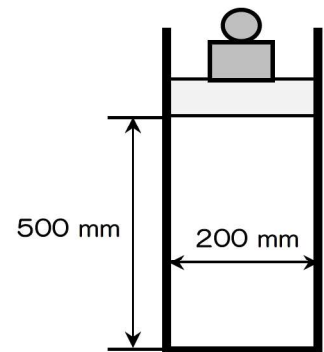


図 2-1

問 1 シリンダー内の気体の圧力を求めよ。

問 2 シリンダー内の気体のモル数を求めよ。

このシリンダーを図 2-2 のように温度 450 K の電気炉内に設置すると、ピストンが持ち上げられた。十分な時間が経過し、静定した状態について以下の問い(問3~6)に答えよ。なお、電気炉内の圧力は外部の気圧と同じとする。

問 3 ピストンの上昇幅を気体の体積変化から求めよ。

問 4 気体の内部エネルギーの変化量を求めよ。

問 5 気体が外部にした仕事を求めよ。

問 6 おもりの位置エネルギーの増大量を求めよ。

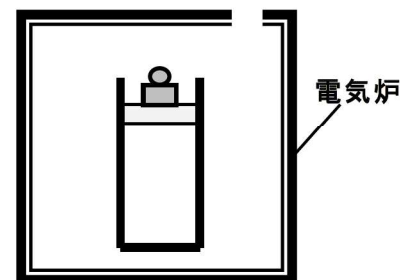


図 2-2

II (配点率 12% 医学部保健学科のみ配点率 24%)

図 2-3 のように点 P から、水平面から角度 θ 傾いた向きにボールが速度 v_0 で打ち出される。このボールが点 P から水平距離 L 離れた地点の高さ H の壁を越える条件を考える。重力加速度を g とし、ボールの直径, 壁の厚さ, 空気抵抗が無視できる場合について以下の問い(問 1~4)に答えよ。

問 1 壁に到達するまでの時間 t_w を, L, θ, v_0 を用いて表せ。

問 2 最高到達点までの水平距離 X_p を, g, θ, v_0 を用いて表せ。

問 3 時間 t_w でのボールの高さ Y を, L, g, θ, v_0 を用いて表せ。

問 4 角度が 30° である場合, ボールが壁を越えるために必要な最低速度 v_0 を求めよ。なお, 重力加速度 g は 9.81 m/s² である。壁までの水平距離 L を 100m, 壁の高さ H を 15m とする。

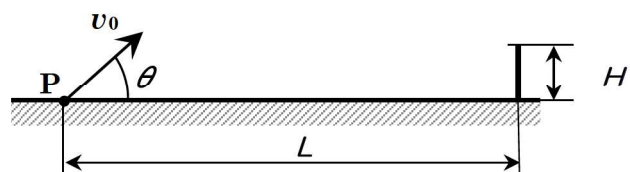


図 2-3

Ⅲ (配点率 12% 医学部保健学科のみ配点率 24%)

図 2-4 のように観測点, 音源, 反射板が一直線上に並んでいる。観測点, 音源は固定されているが, 反射板は速度 v_p で観測者から遠ざかっている。音源の周波数を f_0 , 音の速さを V として以下の問い(問 1~3)に答えよ。

問 1 反射板で反射した音の観測点での周波数 f_1 を, v_p, f_0, V を用いて表せ。

問 2 観測点で観測される 1 秒当たりのうなりの回数 f_2 を, v_p, f_0, V を用いて表せ。

問 3 観測点を固定したまま, 音源を移動させることでうなりを消したい。うなりが消える条件を示せ。

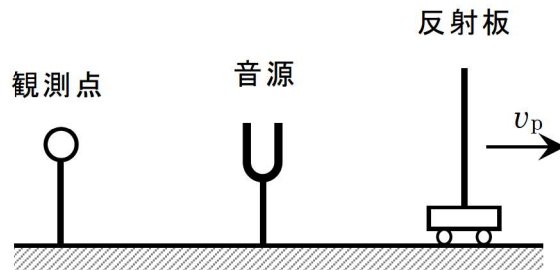


図 2-4

Ⅳ (配点率 8% 医学部保健学科のみ配点率 16%)

図 2-5 のように起電力 E の電池, 抵抗値 R_1, R_2, R_3, R_4 の 4 つの抵抗, 検流計 G , スイッチ S からなる回路を考える。以下の問いに答えよ。

問 スイッチを入れても検流計に電気が流れない場合, 4 つの抵抗には $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ の関係があることを証明せよ。

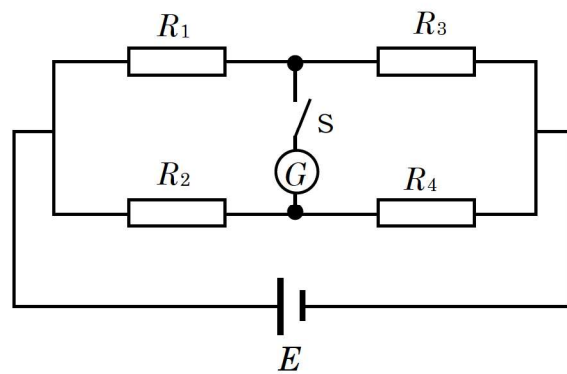


図 2-5

第3問

I (配点率 12% 医学部保健学科のみ配点率 24%)

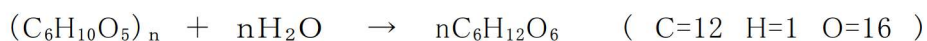
清酒の製造工程で大切な働きをするコウジカビと酵母の働きに関する以下の問い(問1～5)に答えよ。

神戸市、西宮市の沿岸部に栄えた灘五郷(西郷, 御影郷, 魚崎郷, 西宮郷, 今津郷の5つの地域)は、室町、江戸時代から受け継がれる「日本一の酒どころ」である。

清酒の主な製造工程は、まず玄米を磨き表層部の脂肪やたんぱく質を削り取る(精米)。米の表面に付着している糠(ぬか)などを水で洗い落とし、米に吸水させる。その後、白米を蒸し、蒸した米にコウジカビを生やした麴(こうじ)を仕込む。これにより、蒸した米のデンプンは、コウジカビが分泌する酵素によってグルコースまで分解される。やがてグルコース濃度が高くなり、乳酸菌と酵母が増殖する。その後、乳酸の濃度が高くなると乳酸菌の増殖は停止するが、酵母はその影響を受けずにアルコール発酵を続ける。このようにして清酒ができあがる。

問1 清酒以外で、コウジカビを利用した食品を2種類答えよ。

問2 デンプンからグルコースが生成する化学反応は次のとおりとする。



白米 270g が、下線部の作用によって完全にグルコースにまで分解され、さらに酵母による呼吸によって二酸化炭素と水に完全に分解されるとき、発生する二酸化炭素の重量(g)を求めよ。ただし、白米はすべてデンプンからできていると仮定する。

酵母は酸素の存在下で好気呼吸と嫌気呼吸(発酵)の両方を行う。ある種の酵母には、野生型(W株とする)の他に様々な突然変異株が知られており、P株もW株から生じた変異株の一種である。また、最近では遺伝子を導入した変異株も登場している。例えば、W株はアミラーゼを合成できないが、アミラーゼを合成できる生物のDNAをW株の細胞に取り込ませることによって、アミラーゼが合成できるようになった変異株(A株とする)がつくられている。

これらの酵母を用いて、次の実験1～実験3を行った。酵母の培養に用いた培地には、生育に必要な無機塩類やビオチンの他に、エネルギー源としてグルコースまたはデンプンを加えた。グルコースを加えた培地をグルコース培地、デンプンを加えた培地をデンプン培地と呼ぶことにする。また、培養実験はすべて一定温度で行い、加えた酵母の菌数は同じにした。

実験1 グルコース培地を2個用意し、好気条件下で、W株とP株を培養した。それぞれの個体数の変化を図3-1に示す。

実験2 グルコース培地を2個用意し、嫌気条件下で、W株とP株を培養した。その結果、W株とP株の個体数の変化は、ともに図3-1のP株のものと同じになった。

実験3 デンプン培地を2個用意し、好気条件下で、W株とA株を培養した。また、グルコース培地を1個用意し、好気条件下で、A株を培養した。それぞれの培地での個体数の変化を調べた結果を図3-2に示す。

著作権保護の観点から図は掲載していません

問3 実験 1 では、W 株が吸収した酸素の体積は、W 株が放出した二酸化炭素の体積の60%であった。W 株が嫌気呼吸で消費したグルコースは好気呼吸で消費したグルコースの何倍か、答えよ。

問4 実験 1 で P 株の増殖速度が W 株に比べて遅いのはなぜか。「ATP」の語を用いて 50 字以内で答えよ。

問5 図 3-2 のbとcはそれぞれの酵母を培養したときの結果を示しているか。次のア～ウからそれぞれ選び、記号で答えよ。

- ア デンプン培地でW株を培養した。
- イ デンプン培地でA株を培養した。
- ウ グルコース培地でA株を培養した。

II (配点率 配点率 12% 医学部保健学科のみ配点率 24%)

光学顕微鏡とマイクロメーターを用いた実験に関する以下の問い(問 1~5)に答えよ。

まず、10 倍の接眼レンズと 10 倍の対物レンズの組み合わせで、ピントを合わせる操作を行った。これらの過程で、aピントが合う前にすでに 1 種類の目盛りが見え、ピントが合った時点で 2 種類の異なる目盛り(A目盛りとB目盛り)が見えた。このときA目盛りの 14 目盛り分とB目盛りの 10 目盛り分がちょうど一致した。次に接眼レンズは 10 倍のまま、対物レンズだけを 40 倍に変えた。その結果、bA目盛りは拡大され、A目盛りの 7 目盛り分とB目盛りの 20 目盛り分がちょうど一致した。

続いて、対物マイクロメーターを顕微鏡からはずし、かわりにオオカナダモの葉のプレパラートをステージにセットし、接眼レンズを 10 倍、対物レンズを 40 倍にして観察を行った。その結果、葉の細胞中に多数の葉緑体を見ることはできたが、c核を明確に観察することはできなかった。d観察された葉緑体は、細胞壁に沿って流れるように動いていた。動いている葉緑体の 1 つに着目したところ、このe葉緑体は接眼マイクロメーターの 10 目盛り分の距離を 8.2 秒で動いた。また、静止している葉緑体の直径を測定したところ、f接眼マイクロメーターの 2.1 目盛り分であった。

問 1 下線部aで見えていた目盛りと下線部 b の A 目盛りは、それぞれ対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターのどちらの目盛りであるかを答えよ。

問 2 下線部cについて、核を明確に観察するためには、プレパラートを作製するときどのような処理をすればよいか答えよ。答えは 15 字以内で記せ。なお、句読点も文字数に含める。

問 3 下線部dの現象を何と呼ぶか、答えよ。

問 4 下線部eについて、この葉緑体の動く速度は何 $\mu\text{m}/\text{秒}$ か、答えよ。答えは小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで求めよ。

問 5 この葉緑体の直径は何 μm か、答えよ。答えは小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで求めよ。

Ⅲ (配点率 配点率 15% 医学部保健学科のみ配点率 30%)

ヒトの眼球及び筋肉に関する以下の問い(問 1～7)に答えよ。

下の図 3-3 はヒトの眼球の水平断面を頭頂部側から見たときの、切断面付近の視細胞の密度分布を示したものである。視細胞Aは網膜の中心部(この部位を 0° とする)に密集し、その数は中心部から離れるにしたがって急激に減少する。一方視細胞Bは中心部にはなく、約 20° 離れた部位に最も多く分布している。また、網膜の中心部から一方向へ約 $12\sim 18^\circ$ 離れたところには視細胞のない部位Cがある。

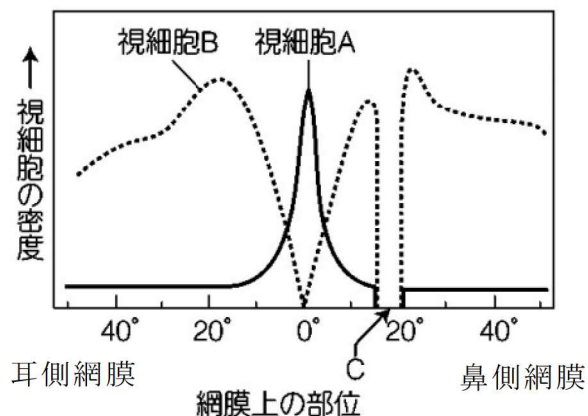


図 3-3

問 1 視細胞AとBはそれぞれ何と呼ばれるか、答えよ

問 2 視細胞Aが密集している網膜の中心部は何と呼ばれるか、答えよ。

問 3 部位Cの名称を答えよ。また、部位 C に視細胞が存在しない構造上の理由を答えよ。

問 4 図は右目、左目のどちらの断面図か、答えよ。

下図 3-4 に示すように、カエルの足のふくらはぎの筋肉を、複数の神経繊維の束(座骨神経)をつけたまま取り出して次の 2 つの実験を行った。以下の問いに答えよ。

【実験】 筋肉と座骨神経の接続部分から 1.2cm 離れたA点を瞬間的に電気刺激した場合(刺激電圧は 0.5V)、3.2 ミリ秒後に筋肉が収縮した(1 ミリ秒 = 1000 分の 1 秒)。A点から 3.0cm 離れたB点を同様に電気刺激した場合、4.2 ミリ秒後に筋肉は収縮した。

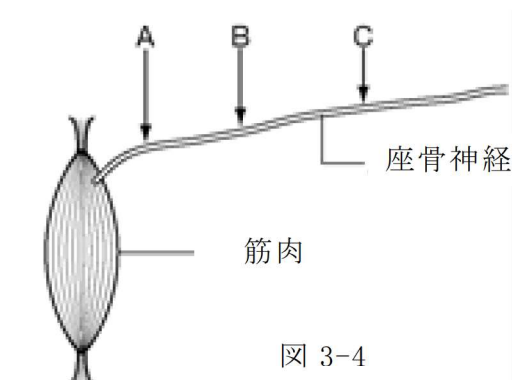


図 3-4

問 5 実験に用いた座骨神経の興奮の伝導速度(m/秒)を求めよ。

問 6 座骨神経のB点から 4.2cm 離れたC点を電気刺激した場合、何ミリ秒後に筋肉の収縮が起こるか求めよ。

問 7 興奮が軸索末端(神経終末)から筋繊維へ伝達され、筋肉が収縮するまでにかかる時間を求めよ。

IV (配点率 配点率 11% 医学部保健学科のみ配点率 22%)

遺伝子突然変異に関する以下の問い(問 1~5)に答えよ。

同じ種のゲノム DNA には個体間で 1 塩基単位での塩基配列に違いがみられることがあり、この違いを一塩基多型と呼ぶ。病変を生じた細胞や、病変を生じる可能性のある個体では、この一塩基多型が見られることがあり、一塩基多型を解析することで、個人に最も適した薬や治療を施すオーダーメイド医療や発症前診断に役立てることができる。例えば、このような 1 塩基の変異が制限酵素によって識別される部位に生じると、制限酵素処理によって生じる DNA 断片の長さに変化が生じる。変異していない DNA 断片と、変異した DNA 断片をそれぞれ制限酵素で処理し、生じる DNA 断片の長さを測定するだけで、全塩基配列を決定しなくても変異の有無を調べることができる。

問 1 制限酵素は、もともと細菌内に存在している。細菌内でどのような働きをしているか、答えよ。

問 2 ある制限酵素 Q で 12kbp (1kbp は 1000 塩基対) の長さの鎖状 DNA を処理すると、9kbp と 3kbp の断片が得られた。また、別の制限酵素 W でこの鎖状 DNA を処理すると、7kbp と 5kbp の断片が得られた。制限酵素 Q と W の両方でこの鎖状 DNA を処理すると、得られる可能性のある DNA 断片の組み合わせはどれか。次のア~カからすべて選び、記号で答えよ。

- ア 1kbp・2kbp・9kbp イ 3kbp・4kbp・5kbp ウ 2kbp・4kbp・6kbp
エ 2kbp・3kbp・7kbp オ 3kbp・3kbp・6kbp カ 2kbp・5kbp・5kbp

ヒトのある病気の原因となる遺伝子に変異があるかどうかを調べるために、次の実験 1 と実験 2 を行った。なお図 3-5 と図 3-6 の A は変異していない DNA をもつヒト、B は変異した DNA をもつヒトの実験結果である。

実験 1 目的とする遺伝子のある部分から 301bp の断片を取り出し、制限酵素 P で処理してから電気泳動を行った。図 3-5 はその結果を示している。

実験 2 同じ遺伝子の別の部分から 235bp の断片を取り出し、制限酵素 X で処理してから電気泳動を行った。図 3-6 はその結果を示している。

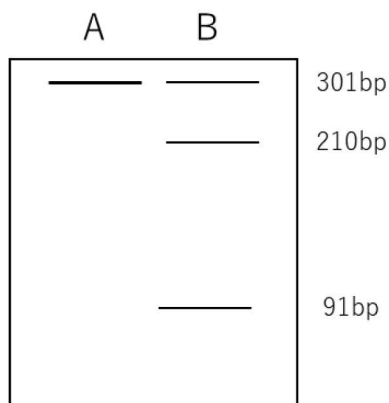


図 3-5

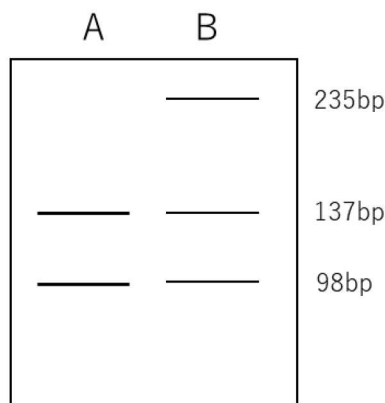


図 3-6

問3 下線部について、次の文章の空欄ア～ウに入る適切な語を答えよ。

下線部のように、寒天ゲルなどに電流を流し、その中で DNA などの帯電した物質を分離する方法は、電気泳動法と呼ばれる。DNA は(ア)に帯電するため、寒天ゲル中で電気泳動を行うと(イ)極へ向かって移動する。このとき、長い DNA 断片ほど網目構造をもつ中では、移動が(ウ)。したがって、一定時間電流を流すと、DNA 断片の長さに応じて移動距離に差が生じる。

問4 実験2の結果から、実験に用いた変異した DNA をもつヒトでは、DNA 断片にどのような変異が生じたと考えられるか、答えよ。

問5 実験1と2で、変異した DNA をもつヒトにも、変異していない DNA をもつヒトと同じ DNA 断片が見られる。この理由を50字程度で答えよ。

*このページ以降は白紙です

