

2020年度

香川大学医学部医学科第2年次
編入学試験問題冊子

教科等	ページ数
自然科学総合問題	7

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

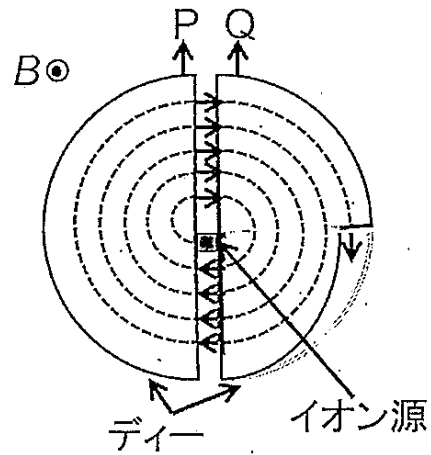
1. 解答は、解答用紙の所定の欄に、横書きではっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。

注意事項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙（5枚）に受験番号を必ず書くこと。
2. 用事があるときは、だまって手をあげて監督者の指示を受けること。
3. 試験が始まると、途中退室はできない。
4. 試験終了時には、解答用紙を順番に重ね机の上に置くこと。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

問題 1

問 1 サイクロトロンの原理について考える。右図のように中央の直径で縦に割った半円筒箱（デュー）を、強い磁場中（磁束密度 B ）においてイオン粒子（質量 m 、電荷 $+q$ ）を円形（図中点線）に走らせる。重力と相対論的な効果は無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。



- (1) PQ 間の電位差が ΔV のとき、デュー間をイオン粒子が通過する際のエネルギーの変化を答えなさい。
- (2) イオンの速さが v のとき、イオン粒子が磁場から受ける力はいくらか答えなさい。
- (3) (2)でイオン粒子が受ける力の名称を答えなさい。
- (4) (2)でイオン粒子が受ける力の方向は速さ方向に対してどのような方向か答えなさい。
- (5) (2)でイオン粒子の円運動の半径が r であるとき、遠心力の大きさを答えなさい。
- (6) (5)のとき、イオン粒子がデューの半円を飛行する時間を答えなさい。
- (7) イオン粒子のエネルギーを増加させ続けるためにはどのようにすればよいか答えなさい。
- (8) (6)(7)の結果からわかるサイクロトロン運動の特徴を答えなさい。
- (9) (8)に基づいて図の PQ 間に印加すべき電圧変動の周波数を答えなさい。

問2 1 mol の理想気体が次の ABCDA の道筋で準静的な過程 (オットーサイクル) に従うとする。

A→B: 体積が V_1 から V_2 , 温度 T_1 から T_2 の断熱膨張,

B→C: 体積一定 (V_2) で, 温度 T_2 から T_3 の等積変化, ただし $T_2 > T_3$,

C→D: 体積が V_2 から V_1 , 温度 T_3 から T_4 の断熱圧縮,

D→A: 体積一定 (V_1) で, 温度 T_4 から T_1 の等積変化, ただし $T_1 > T_4$ 。

ただし, 定積比熱を C_v , 断熱変化において $pV^\gamma = \text{一定}$ とする; すなわち過程 A→B において

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$
 等の関係が得られるものとする。以下の問いに答えなさい。

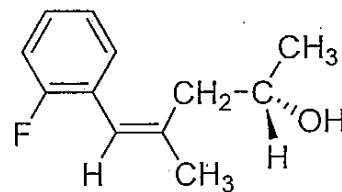
- (1) ABCDA の道筋を p-V 図に図示しなさい。p 軸の値は記載しなくてよい。
- (2) 過程 A→B において, 気体が行う仕事, 吸収する熱, 内部エネルギーの変化を求めなさい。
- (3) 過程 B→C において, 気体が行う仕事, 吸収する熱, 内部エネルギーの変化を求めなさい。
- (4) 過程 B→C で放出する熱と, 過程 D→A で吸収する熱との比を V_1 と V_2 および γ とであらわしなさい。
- (5) このサイクルにおける熱効率を求めなさい。
- (6) オットーサイクルをガソリン・エンジンの理想的機関とみたとき, その動作原理の一回の行程を A→B 等の行程等と示しながら爆発, 膨張という言葉を用いて説明しなさい。ただし, 最初体積ゼロから圧力一定の状態ですり弁を開けて吸気し C にいたり, 一回の行程の後, C から排気弁を開いて排気し圧力一定の状態ですり弁を閉じて体積ゼロとなるものとする。

問題2 以下の問いに答えなさい。

なお、特に指示のない限り、構造式は右に示した記入例にならって書きなさい。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12.0$, $N=14.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$, $Cl=35.5$, 気体定数は $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, 重力加速度は 9.81 m s^{-2} とする。また、必要に応じて以下の値を用いなさい。

$\ln 2 = 0.69$, $\ln 3 = 1.10$, $\ln 5 = 1.61$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$,
 $\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$.

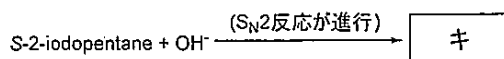
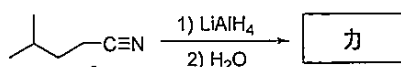
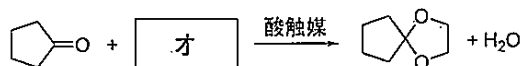
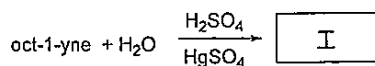
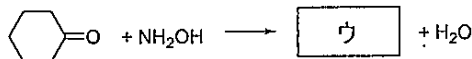
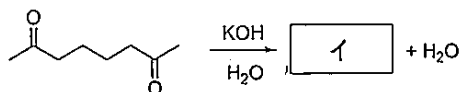
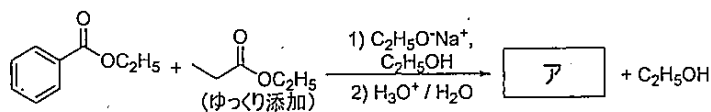
記入例



問1. 各問いに答えなさい。なお、数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。

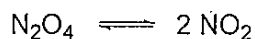
- (1) 0.20 g のデンプンを含む水溶液 100 cm^3 は、300 K において液柱の高さで 5.1 mm に相当する浸透圧を示した。このデンプンの分子量を求めなさい。ただし、デンプン水溶液の密度は 1.0 kg dm^{-3} であり、理想希薄溶液としてふるまうとする。なお、計算過程も示しなさい。
- (2) 上記(1)で用いたデンプン 81 g を加水分解して完全にグルコースに変換した。何 g のグルコースが生成するか、答えなさい。
- (3) グルコースをアルコール発酵して完全にエタノールに変換した。この変化の化学反応式を示しなさい。
- (4) 上記(2)に示した操作で得られたグルコースの完全なアルコール発酵によって、何 g のエタノールが得られるか、答えなさい。

問2 以下の反応において主生成物として得られる有機化合物 (ア~キ) の構造式を書きなさい。なお、(キ) は立体構造がわかるように答えなさい。



問3 次の文章を読み、各問いに答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうとする。なお、数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。

環境汚染の原因物質である窒素酸化物の一つである二酸化窒素 NO_2 は (ク) 色の気体であるが、(ケ) 色の気体である四酸化二窒素 N_2O_4 と、次式であらわされる平衡状態になる。



なお、1.0 mol の N_2O_4 が NO_2 から生成する際に約 57 kJ の熱が発生するため、高温ほど (コ) がより生成する方向に平衡が移動し、全体の圧力が増すと (サ) がより生成する方向に移動する。また、純粋な NO_2 0.368 g を 0.50 dm^3 の容器に入れ、330 K に保ったところ、上記の平衡状態に達した。この平衡状態における圧力は $3.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ であったとする。①

(1) 文章中の (ク) ~ (サ) に適する語句を次の語句群から選びなさい。なお、同じ語句を複数回解答しても良い。

語句群：無，青，緑，白濁，赤褐， N_2 ， O_2 ， NO_2 ， N_2O_4

- (2) この平衡反応の濃度平衡定数 K_C を、 NO_2 および N_2O_4 の濃度 (それぞれ C_{NO_2} および $C_{\text{N}_2\text{O}_4}$) を用いて表わしなさい。
- (3) 下線部①の状態にある気体の物質量 (mol) を求めなさい。
- (4) 下線部①の状態にある時の NO_2 および N_2O_4 の分圧 (P_{NO_2} および $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$) を求めなさい。
- (5) 下線部①の状態にある容器から 0.138 g の気体を取り出した後、容器内に残った気体を 330 K に保ったところ、新たな平衡状態に達した。その際の容器内の NO_2 の物質量 (mol) を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問4 室温において pH が 4.05 である緩衝溶液 1.0 dm^3 を調製するには、0.010 mol のギ酸に加えて、何 mol のギ酸ナトリウムを水に加えればよいか、答えなさい。ただし、ギ酸の $\text{p}K_a$ は 3.75 であるとし、試薬の添加に伴う溶液の体積や温度等の変化は考慮しないものとする。なお、計算過程も示しなさい。

問題3 以下の文章を読んで問に答えなさい。

日立製作所とHIROTSUバイオサイエンス（東京・港）は18日、線虫を使ったがん検査の実用化に向けた共同研究を始めると発表した。患者の尿からがんの匂いをかぎわけると、線虫を活用し、自動で解析できる装置を開発する。2019年末をめどに実用化を目指す。

体長1ミリメートルほどの線虫はがん患者の尿に近づく性質があり、がんの早期診断への応用が期待されている。イヌと同等以上の嗅覚をもち、微量の物質でも検知できるという。安価に培養できるため、検査費用は1人あたり数千円ですむと見込む。尿を使えば、体を傷つけずに簡便に検査できる。

（日本経済新聞 web 版 2017 年 4 月 18 日の記事より抜粋）

【ホームページ掲載にあたっての補足】
この記事は、2017年4月18日発行の日経電子版
「線虫でがん検査 日立など、19年末の実用化めざす」
からの引用です。

問1 下線部①について

- (1) 線虫とは線形動物門に属する動物の総称であるが、ここでは *C. elegans* という線虫を利用している。神経、筋、消化器官、生殖器を含めた体細胞数が 959 個で、受精卵からこれら細胞群が生み出される系譜がすべて明らかになっている。こうしたことから、*C. elegans* は発生の基本的なメカニズムの解析に優れたモデル動物として繁用されている。
- (i) *C. elegans* は基本的に雌雄同体であり、遺伝学的解析を進めるための操作が雌雄異体の生物より容易である。なぜ、雌雄同体だと、こうした遺伝学的操作がより簡便となるのか、説明せよ。
- (ii) *C. elegans* では受精は自己の精子と卵によって体内でおこなわれる。受精の基本的な仕組みは動物界でおよそ共通しており、精子と卵が接合すると、局所的に細胞質のカルシウムイオン濃度が上昇し、その後、卵全体に波のように伝わっていくという現象が観察される。
- (a) 我々自身の細胞を含め、細胞質のカルシウムイオン濃度は極めて低値に保たれている。我々の細胞において、細胞質のカルシウムイオン濃度がどのような仕組みにより低値に保たれているか、説明せよ。
- (b) この現象はカルシウム振動と呼ばれ、卵の「活性化」に必要であるが、その発生の仕組みは種によって異なる。*C. elegans* では精子のカルシウム透過性チャネルが重要であることが示されているが、マウスでは精子由来のホスホリパーゼ C が重要であることが知られており、その仕組みは、体細胞で見られるものと基本的に同様である。では、ホスホリパーゼ C はどのようにして細胞内カルシウムイオン濃度の上昇を導くのか、説明せよ。
- (iii) *C. elegans* も他の動物と同様に発生初期の分裂時にはゲノム DNA からの転写はほとんど認められない。しかしながら、分裂により生じた細胞が将来どのような機能を持つ細胞になるかは、この時には既に決定されている。では、他の動物も含めて、こうした細胞機能の特殊化などに必要とされるタンパク質などは、どこからもたらされて、どこにあったものなのか、簡潔に説明せよ。
- (iv) 細胞機能特殊化の決定の一部は、こうしたタンパク質などが分裂した細胞に不均等に分配されることによりおこなわれる。線虫の受精卵の第一分裂はその典型例としてよく解析されており、ある種のプロテインキナーゼ C が不均等に分配されることが知られている。プロテインキナーゼ C は様々な生命現象に関わっているが、一般的なプロテインキナーゼ C を活性化する物質の名称を 2

つ挙げよ。

- (2) *C. elegans* の受精卵の分裂を観察すると、1 個の受精卵が 1090 個の体細胞になることがわかる。しかしながら、実際に *C. elegans* を構成している体細胞は 959 個である。
- (i) 131 個の細胞は発生時に失われたのだが、ランダムに失われるのではなく、必ず決まった細胞系譜の細胞が死んで失われることがわかる。このような細胞死を何と呼ぶか、英語で記せ。
- (ii) このようにして細胞死を起こした細胞は速やかに周囲の細胞に食食される。以下の語群のうち、こうした細胞の食食に最も関連の高いものを 1 つ抜き出して解答欄に記せ。
- endocytosis exocytosis phagocytosis pinocytosis transcytosis
- (iii) このような細胞死をおこさない変異体の探索から、その分子機構の解明が飛躍的に進んだ。このとき単離された原因遺伝子の一つ *ced-3* は、この過程で活性化されて細胞死を引き起こすタンパク質加水分解酵素をコードしていた。この酵素は一般的に何と呼ばれているか、その名称を記せ。
- (iv) *ced-3* がコードする酵素は通常は不活性な状態で細胞内に存在しているため、むやみに細胞が死んでしまうことはない。この酵素を活性化し、細胞死の引き金を引くタンパク質の名称を記せ。
- (v) 我々の身体の中でもこうした細胞死は起きており、細胞死を起こした細胞は、自身を見つけて処理してもらうために特定の物質を放出する。こうした物質の一つは、プロテインキナーゼ A を活性化させる物質の元となる物質と同じであることが知られている。この物質の名称を記せ。

問 2 下線部②について

- (1) 匂いを受容するタンパク質 (嗅覚受容体) は細胞膜を 7 回貫通する特徴的な構造を有している。匂い物質が結合したこの嗅覚受容体に直接結合するタンパク質の名称を記せ。
- (2) 匂い物質の結合により、我々の場合では、感覚神経が興奮して活動電位が生じる。
- (i) 活動電位はどのように生じるのか、説明せよ。
- (ii) 実は、線虫の神経では活動電位は生じないことが知られている。我々の神経には必ず存在する、あるタンパク質が、線虫にはないからであるが、それは何だと考えるか。上記の問題 ((2) の (i)) の解答文の適切な語句を囲むことにより示せ。
- (iii) さて、我々の神経では活動電位が次々と発生していくことにより、こうした感覚神経の興奮は末端へと伝わっていく。しかしながら、末端に伝わった興奮が逆方向へと戻っていくことはない。これはなぜか、説明せよ。
- (iv) こうして軸索の末端へ伝わった興奮は、次の神経に伝えられる。この伝達部のことを何と呼ぶか、記せ。
- (v) この伝達における神経伝達物質として、タンパク質を構成する 20 種のアミノ酸のうちのいくつかが使われている。こうしたアミノ酸のうちの 2 つをアルファベットの 1 文字表記で記せ。
- (3) 線虫もヒトも、多数の異なる匂いを嗅ぎ分けることができる。なぜ嗅ぎ分けることができるのか、説明せよ。

問3 下線部③について

- (1) 尿を産生する臓器の名称を漢字で記せ。
- (2) 糸球体では血しょうの一部が血圧によってボーマン嚢へ押し出されるが、この際の濾過障壁は、主として糸球体上皮細胞と基底膜によって担われている。
 - (i) 基底膜を構成するタンパク質の名称を2つ記せ。
 - (ii) 糸球体上皮細胞と基底膜とは1回膜貫通型タンパク質を介して結合している。この膜貫通型タンパク質の名称を記せ。
- (3) 水分を補給せずにいると尿量は減少するが、それはなぜか、この時に働いているペプチドホルモンの名称とその作用に触れながら説明せよ。

問4 下線部④について

- (1) 匂いの濃度勾配の検知情報が運動神経に伝えられ、適切な筋が適切に収縮することにより誘引行動が誘発される。このとき、線虫でもヒトでも、運動神経から筋へ同じ伝達物質が放出されているが、その名称を記せ。
- (2) 筋の収縮にも筋のカルシウムイオン濃度の上昇が重要な役割を果たしている。
 - (i) 筋に収縮力をもたらす主因となる2種のタンパク質の名称を記せ。
 - (ii) カルシウムイオンと結合し筋収縮を開始させるタンパク質の名称を記せ。
 - (iii) カルシウムイオンと(ii)のタンパク質との結合がどのように(i)のタンパク質に作用して筋収縮をもたらすのか、収縮前の(i)のタンパク質の状態にふれつつ説明せよ。